

TRAITÉ  
THÉORIQUE ET PRATIQUE  
DE  
**L'ART DE BATIR**

---

SUPPLÉMENT

---

TOME II



TRAITÉ  
THÉORIQUE ET PRATIQUE  
DE  
L'ART DE BATIR

DE JEAN RONDELET  
ARCHITECTE, MEMBRE DE L'INSTITUT

---

SUPPLÉMENT  
PAR G. ABEL BLOUET

ARCHITECTE DU GOUVERNEMENT  
ANCIEN PENSIONNAIRE DE L'ACADÉMIE DE FRANCE A ROME, MEMBRE DU CONSEIL GÉNÉRAL  
DES BATIMENTS CIVILS, INSPECTEUR GÉNÉRAL DES BATIMENTS DES PRISONS  
PROFESSEUR DE THÉORIE D'ARCHITECTURE A L'ÉCOLE  
DES BEAUX-ARTS.

---

TOME SECOND



PARIS

LIBRAIRIE DE FIRMIN DIDOT FRÈRES, FILS ET C<sup>IE</sup>

IMPRIMEURS DE L'INSTITUT, RUE JACOB, 56

1868



En acceptant la tâche difficile de faire un supplément à l'ouvrage de Rondelet, nous avons cru convenable, ainsi que nous l'avons dit dans la préface de notre premier volume, de terminer notre travail par l'examen des questions de théorie de l'art qui se déduisent de la construction, et qui forment la base principale de l'architecture.

L'art de bâtir, qui fait le sujet de l'ouvrage de notre auteur, n'est point en effet le seul élément dont l'architecture soit constituée; il répond à cette partie de l'art connue sous le nom de pratique : c'en est la partie matérielle et savante; c'est la connaissance des matériaux dont il peut disposer pour réaliser ses conceptions, et de leur mise en œuvre. La théorie, cet autre élément de l'architecture, est l'art de bien employer cette science; c'est à l'imagination, au génie, qu'il appartient d'en déterminer l'objet. Mais que peut le génie s'il ignore la valeur des moyens à l'aide desquels il doit se manifester? Qu'en fera-t-il si, la connaissant, il ne sait pas les appliquer à propos? Ou ses projets demeureront des illusions vaines, ou son œuvre ne sera qu'une fausse expression de ses intentions.

Le génie ne peut donc se produire qu'appuyé d'une part sur la science des constructions, de l'autre sur la théorie de l'art. C'est la conscience de cette vérité qui nous a fait croire qu'il ne pouvait qu'être avantageux de joindre à la connais-

sance des éléments dont l'architecte dispose quelques notions sur la manière de les employer. Regrettant que notre auteur, qui en entrant dans cette voie en quelques occasions semble nous avoir tracé la route, n'ait pas lui-même continué de la suivre, nous nous sommes résolu à ajouter aux exemples de construction que nous donnons une revue théorique de tout l'ouvrage, qui fait le sujet du présent volume.

Les anciens, qui ont vu sortir l'architecture de son enfance, et qui en quelque sorte l'ont élevée à sa perfection, n'ont eu d'autre guide qu'une impérieuse utilité; aussi leurs œuvres sont-elles en général l'expression parfaite de la réalisation de cette utilité, autant que pouvaient le permettre les qualités diverses des matériaux employés, pour ainsi dire les œuvres de la raison, de la vérité dictées par la nature.

Ces œuvres si belles n'ont pas manqué d'agir puissamment sur les peuples modernes, lorsque, après l'oubli des traditions de l'antiquité, les yeux se sont reportés vers ces temps éloignés. Alors les motifs si simples de ces constructions étaient devenus des mystères; mais ceux qui les contemplaient y trouvaient toujours des formes harmonieuses et de gracieuses et nobles proportions. Plusieurs, s'attachant aveuglément aux effets, et ne soupçonnant même point sans doute les causes qui les avaient produits, puisqu'ils n'en ont point tenu compte, n'ont aspiré qu'à reproduire textuellement leurs modèles, sans égard pour les circonstances dans lesquelles ils les appliquaient : de là les déplorables résultats qu'a produits cet esprit d'imitation; de là aussi la transformation de ces sources

si fécondes en sources d'erreur, par l'application qui a été faite des plus beaux motifs dans des circonstances qui, loin de la réclamer, semblaient au contraire devoir l'exclure.

Ce n'était point de la beauté de la forme qu'il fallait s'emparer! Tout homme reçoit des impressions déterminées à l'aspect des œuvres d'architecture; l'architecte seul sait les produire : pour lui, ce n'est point le hasard qui doue les formes de la propriété qu'elles ont de provoquer en nous des sensations déterminées; l'impression qu'il reçoit d'une disposition de lignes quelconque n'est point pour lui le motif d'une reproduction servile, c'est un aiguillon qui le stimule; sa pensée remonte par l'analyse de l'effet à la cause, et il arrive ainsi à pouvoir poser des principes qui avec leurs développements constituent ce qu'on appelle la théorie.

Tel est le fruit qu'on doit recueillir de l'examen des œuvres de l'antiquité, dans lesquelles les effets se rattachent aux causes par un enchaînement si évident, qu'il devient bientôt facile, lorsqu'on les médite, de remonter jusqu'à la pensée créatrice qui les a produites.

Ainsi, les anciens sont nos maîtres, eux qui n'en ont point eu! et nous puisons notre théorie dans leurs œuvres, pour en faire une science sans laquelle nous serions chaque jour exposés à commettre de nouvelles fautes. L'esprit d'imitation, qui nous inviterait à copier même les meilleures productions de l'antiquité, ne peut le plus souvent que nous égayer. Si les anciens ont légué tant d'œuvres excellentes à notre admiration,

c'est qu'ils ne prenaient pour guide que la raison, et qu'ils agissaient, pour ainsi dire, avec toute la vérité de l'instinct.

Cependant, bien qu'ils nous aient instruits par leur sagesse, que nous tenions d'eux ce flambeau qui nous éclaire sur la valeur des productions de notre art, nous ne devons point accepter sans examen l'autorité même de leurs œuvres; car si nous leur devons la reconnaissance et le respect, nous devons plus encore à l'art qui les a si bien inspirés; au reste, entreprendre de sonder ces œuvres, n'est-ce pas être tout près de les admirer?

L'origine de l'architecture se perd dans la nuit des temps : aussitôt que la grotte ou la forêt ne put suffire à l'homme, il se créa des abris avec les arbres de la forêt ou la pierre du rocher, suivant les lieux qu'il avait primitivement habités. D'abord, en satisfaisant au besoin, il réalisa l'utile; puis la chose utile il s'efforça de la faire solide, afin qu'elle fût durable; et la bonté de l'œuvre fut constituée par l'union de ces deux qualités : utilité, solidité. Plus tard il ajouta à la bonté, belle déjà par elle-même, la représentation des objets qui lui étaient le plus agréables, ce qui en constitua la beauté. Il fit d'abord la chose utile, voulut qu'elle le fût longtemps, et qu'elle fût belle aussi bien qu'utile et durable. Ainsi, ces trois qualités s'unirent dès l'origine de l'architecture, et depuis ses éléments abstraits n'ont pas cessé d'être *utilité*, *solidité*, *beauté*. L'*utilité* répond au besoin, et est variable comme lui : elle s'exprime par la *disposition*; la *solidité* résulte de la *construction*, qui est subordonnée aux exigences de la distri-

bution, et qui cependant la modifie; enfin, la *beauté*, c'est la *décoration* : elle résulte à la fois de la *disposition* et de la *construction*. Dans chaque édifice ces trois éléments ont entre eux des rapports déterminés par sa nature même; c'est l'harmonie de ces rapports qui constitue la valeur artistique des ouvrages d'architecture.

Plus les moyens employés pour répondre aux besoins seront simples, plus les conditions de solidité et de beauté seront faciles à remplir, et plus l'expression en sera saisissante. C'est par cette raison que les monuments de l'antiquité dans lesquels la tradition originelle a été conservée sont encore aujourd'hui pour nous des modèles incomparables de raison et de goût.

En remontant à l'origine de l'architecture pour la suivre dans ses progrès on voit que même à l'époque de sa plus grande splendeur elle n'est réellement rien autre chose que la construction adaptée le plus exactement possible à la réalisation de l'*utile*, et offrant dans cette condition le plus bel aspect possible : ce n'est donc que par l'étude de la construction qu'on peut s'initier à l'art de l'architecture. Si la raison ne suffit point à la démonstration de cette vérité, suivons, pour en être convaincus, l'architecture dans sa marche progressive. Nous la voyons d'abord exprimer de la manière la plus simple les premiers besoins, et par conséquent porter en elle le caractère le plus évident de son utilité. Ainsi, l'édifice est convenable pour sa destination; il l'est, et son apparence en porte le témoignage; sa construction, à défaut de science, est basée

sur le principe le plus évident de la statique, qui a pour résultat la stabilité parfaite. Ces convenances de disposition, cette solidité de construction, constituent une beauté simple, qui convient à l'édifice auquel elle est appliquée. Par ces causes, à cette époque primitive, l'architecture est parfaite dans son application, et reste dans tous les genres le principe de tous les chefs-d'œuvre.

Avec le temps, le luxe est venu se placer à côté de l'utilité; alors la construction a abandonné une partie de sa solidité, qui a été remplacée par la finesse des formes et l'élégance des proportions : c'est ainsi que l'art est arrivé à sa perfection chez les Grecs. Cependant, bien que la résistance matérielle eût diminué, le principe de solidité était encore dans toute son intégrité. Les édifices qui datent des époques où la science des constructions a acquis le plus de développement sont ceux qui semblent avoir le moins de durée en partage : tantôt la solution des difficultés compromet la solidité; tantôt de calculs trop justes, dans lesquels le temps a été oublié, résultent des édifices que le temps a bientôt détruits.

Ce que nous avons dit de la construction s'applique aussi à la distribution et à la décoration : sous l'empire de besoins croissants les distributions se sont compliquées, et n'ont souvent été qu'un assemblage hétérogène de formes et de divisions, soit empruntées à l'antiquité, soit commandées par l'inévitable nécessité, et où la raison n'avait quelquefois que peu de part. De son côté, la décoration en est venue à accuser sur des édifices des formes et des dimensions qui leur étaient

complètement étrangères. Au reste, il est aisé de saisir les traces de dégénération de l'architecture, en la considérant dans son origine et en la suivant dans ses modifications.

Dans l'Égypte, berceau de l'architecture, pays de pierre et de sable, le premier abri de l'homme fut le creux du rocher; plus tard, pour éviter les inconvénients de cette habitation souterraine, il la transporta pour ainsi dire à la surface; le temple des dieux fut formé de blocs posés verticalement, à des distances déterminées par les dimensions des pierres qui furent placées dessus horizontalement : aussi les plans de ces édifices, dont le caractère dominant est la force matérielle, présentent-ils partout des espaces restreints, ou des quinconces de colonnes dont les intervalles étaient couverts de grandes dalles portant sur les sommiers ou architraves. Rien de plus simple que ces constructions, puisqu'elles n'étaient formées que de la couverture en plafond et de ses supports, entre lesquels étaient établies les clôtures latérales nécessaires.

Cette couverture en terrasse est le caractère distinctif de la structure égyptienne, car elle suffit à un pays qui n'est arrosé que par les débordements du fleuve, tandis que les autres pays dont nous considérons l'architecture ont à abriter leurs constructions contre les pluies fréquentes sous leurs climats. C'est à cette circonstance qu'est due cette extrême simplicité de disposition, qui trouve toute sa force dans ses propres éléments, sans emprunter à la construction des éléments étrangers.

En effet, le plafond qui tend à descendre verticalement ne peut avoir d'action que sur ses appuis verticaux; il en ré-

sulte que, à part les causes extraordinaires de destruction qui peuvent se produire, l'édifice égyptien restera debout tant que les matériaux dont il est formé n'auront pas été détruits par le temps, et son granit semble devoir durer autant que le monde. C'est que l'architecture égyptienne est fondée sur la vérité! c'est qu'elle est de pierre, et que cette pierre est mise en œuvre selon ses propriétés! c'est que les grands blocs employés ne présentent pour ainsi dire aucune prise à la destruction! c'est que la stabilité en est parfaite!

Si nous considérons le mode de décoration des monuments égyptiens dans ses rapports avec la construction, ainsi que nous devons l'envisager ici, nous voyons qu'elle se compose principalement non d'ornements sculptés, mais simplement d'ornements gravés. Ce genre de travail est en quelque sorte déterminé par la dureté de la matière le plus communément employée; mais cette gravure, qui ne s'applique souvent qu'à tracer des contours, devient imperceptible à quelque distance, et ne distingue guère la partie qu'elle enveloppe de celle dont elle est enveloppée. Aussi ce travail semble réclamer un secours étranger qui rende plus apparent l'objet représenté, et qui le détermine d'une manière positive; cet auxiliaire employé en Égypte fut la coloration: c'est par elle qu'on rendit plus apparents les objets représentés en les distinguant du fond, et qu'on les divisa eux-mêmes en accentuant diversement les parties dont ils étaient composés.

Ainsi, ce système de décoration mixte doit être attribué à la nature des matériaux employés, et l'explique en quelque

sorte, puisqu'on n'y a taillé que ce que les objets offrent de plus important, les contours, afin d'en déterminer la forme avec précision et d'en rendre ineffaçable la représentation, qu'il a été réservé à la coloration de compléter dans les données de simplicité de ces temps primitifs.

En résumé, les principes généraux qui ressortent de l'architecture égyptienne sont invariablement ceux qui doivent servir de base à toute œuvre architecturale, en tout temps et en tout lieu; ils consistent : 1<sup>o</sup> à concevoir ce qu'il faut, rien de plus, et à le réaliser le plus simplement possible; ce qui ne peut être obtenu qu'en subordonnant d'abord ses conceptions, qui doivent devenir des réalités, aux moyens d'exécution et aux propriétés des matériaux dont on dispose; 2<sup>o</sup> à n'employer la décoration que pour compléter l'expression en ébauche dans la disposition et la construction, accentuer les parties en raison de leurs fonctions relatives, et déterminer, par suite, avec plus de précision, le caractère de l'édifice à l'aide des moyens que favorisent les matériaux auxquels ils sont appliqués; de moyens, en un mot, rendant sensibles à la fois le but de l'édifice et sa construction, tant sous le rapport du mode d'exécution que sous celui de la nature des matières employées.

L'architecture grecque est à son origine essentiellement différente de l'architecture égyptienne : elle en diffère par la disposition résultant d'un climat pluvieux, le toit, inutile et inconnu en Égypte; par la matière employée, le bois, d'un travail très-facile, abondant dans la Grèce, et dont l'Égypte

est dépourvue; enfin, elle en diffère par la durée éphémère de ses productions, comme la durée du bois diffère de celle de la pierre.

Cependant, à cette époque on peut considérer l'architecture grecque comme parfaite dans ses principes : si la durée n'est pas son partage, ce n'est que la matière qu'on peut en accuser; car si dans la cabane primitive, type de l'architecture grecque, tout n'est pas en repos absolu comme dans les monuments égyptiens, les pentes du toit sont les seules parties dont l'action ne soit pas verticale, et les pièces horizontales dans lesquelles elles s'assemblent y forment un obstacle qui la neutralise, en sorte que l'ensemble de la couverture, toit et plafond, n'a plus qu'une action verticale.

Mais toutes ces qualités ne purent soustraire à une prompte destruction l'édifice en bois; aussi les Grecs eurent-ils recours pour la construction des édifices importants, pour celle des temples par exemple, à la pierre et au marbre, qui possèdent, outre leur solidité, des qualités de beauté que n'offre point le bois.

Ils avaient un édifice tout composé, qui n'avait d'autre inconvénient que d'être formé d'une matière peu durable; ils se bornèrent donc à en changer la matière : c'est ainsi que les formes typiques de la cabane ont été portées dans le temple jusqu'à la perfection. Mais qu'est-il résulté de cette substitution? La création première, faite en vue de certaines propriétés de la matière, se réalise désormais avec des matériaux ne

possédant pas ces mêmes propriétés; de la substitution du marbre au bois ne résultent pas réellement des édifices en marbre, mais simplement des traductions en marbre d'édifices en bois. Que sont, en effet, les mutules ou modillons, sinon la représentation de l'extrémité des solives inclinées du toit? et que sont les triglyphes, sinon la décoration de l'extrémité des pièces formant le plancher?

Comme nous l'avons dit, l'architecture grecque diffère essentiellement de l'architecture égyptienne, dont les productions sont éternelles, par son comble et par la matière dont il est formé; c'est aussi par là qu'elle périt : tout est détruit dans le temple, que la colonne porte encore son architrave. Mais si l'édifice grec le cède à d'autres en durée, il n'en est aucun qui rivalise avec lui de grâce et d'élégance.

Ces qualités, l'architecture les dut à l'emploi du bois dans son modèle, et en partie aussi sans doute au concours de la sculpture et de la peinture, au progrès de ces arts, qui, en arrivant à la découverte de la perfection des formes et de l'harmonie des rapports du corps humain, lui communiquèrent ce sentiment du beau dont sont empreintes ses productions.

L'architecture trouvait dans les arts auxquels elle avait en quelque sorte donné naissance le type de toutes les convenances disposées par la nature et expliquées par le besoin. L'habitude de voir les œuvres de la nature, de les sonder pour en trouver la raison, lui inspira le désir de l'imiter dans ses pro-  
b.

ductions, et lui apprit à produire à son tour des œuvres de raison; elle ne copia point la nature dans ses résultats, elle l'imita dans ses moyens.

La sculpture et la peinture, qui semblent nées pour l'architecture, s'appliquent dès l'origine à la décorer, et s'unissent à elle si étroitement, qu'elles obtiennent ensemble un résultat dont ni l'un ni l'autre de ces arts n'affecte l'unité; leurs progrès sont identiques pour ainsi dire; mais, à force de progresser, leurs intérêts se divisent : la sculpture et la peinture oublient leur objet pour s'approcher de leur modèle, et l'unité, cette qualité si précieuse, finit par en être altérée.

En Grèce, où la matière employée était plus facile à travailler que les durs matériaux dont l'usage était fréquent en Égypte, la sculpture du monument eut une mission plus haute que celle qu'elle avait eue dans ce pays; elle fut par elle-même assez puissante pour pouvoir se passer à l'extérieur du concours de la coloration : la lumière l'expliquait suffisamment par ses ombres.

La coloration, utile pour l'intelligence de la gravure ou bas-relief égyptien, devient inutile, nuisible même à la sculpture grecque. D'où vient donc que souvent les monuments grecs, bâtis de marbre durable et magnifique, ont été couverts de couleurs? Était-ce pour dérober aux yeux la beauté de la matière dont ils étaient formés? Fallait-il en effacer l'aspect de solidité? C'est cette solidité apparente et réelle qui fait les monuments et qui les caractérise. Dans quel but alors la colo-

ration détruisait-elle ainsi la suave harmonie qui résulte, pour nos yeux éblouis, de la couleur dont la nature elle-même s'est plu à décorer le marbre, de tout l'art du sculpteur éclairé par le soleil, flambeau magique qui dore les surfaces découpées par des ombres où le ciel reflète son azur?..... L'esprit d'imitation seul peut nous expliquer l'erreur dans laquelle les Grecs sont tombés en cette circonstance. Comme les temples de marbre étaient la reproduction des édifices primitifs en bois, et que la peinture était nécessaire à la conservation de ceux-ci, ce qui justifie pleinement dans ce cas son emploi comme décoration, il est très-probable que, jaloux des résultats acquis, des formes déjà consacrées, les Grecs n'ont vu dans la substitution du marbre au bois dans leurs constructions que l'addition à leur œuvre de l'avantage qui résulte de l'emploi du premier, et qu'ils ont en conséquence asservi le marbre au mode de construction et de décoration que l'emploi du bois avait suggéré à la raison.

De la beauté du marbre, de son aspect de solidité, de la perfection de la sculpture en Grèce, de l'éclat même du ciel de ce beau pays, résultait une magnificence que nous regrettons d'avoir quelquefois vue disparaître sous une coloration parasite, véritable tatouage, heureusement éphémère\*.

\* Nous n'entendons point ici proscrire absolument la peinture de la face des édifices : nous discutons seulement, d'une manière générale, le caractère spécial de cet élément de décoration. Quoique, à l'extérieur, nous considérons la peinture comme devant le céder à la sculpture, nous l'admettons cependant comme susceptible de former sur le marbre de légers ornements. Mais pour que la coloration en vint à envahir tout l'extérieur d'un édifice en marbre, il faudrait que cette coloration, comme fond uniforme, fût telle, que

La forme veut le soleil; c'est à lui qu'elle doit ces modulations qui la mettent en harmonie avec la nature entière, que cet astre éclaire et vivifie, modulations que la coloration se refuse à subir. C'est donc à l'extérieur que la sculpture est spécialement appelée à produire ses mâles beautés, qui donnent à l'édifice cette mobilité d'expression qui le met à chaque instant en harmonie avec tout ce qui l'environne.

Mais si la peinture en général semble peu propre à être employée à l'extérieur dans les circonstances que nous venons de considérer, le rôle qu'elle joue dans la décoration de l'édifice n'en est pas moins de la plus haute importance, et cette importance même s'accroît ou diminue en raison de l'application plus ou moins judicieuse qu'on en fait.

le marbre conservât sa transparence et son aspect de solidité; il faudrait, en un mot, qu'il pût être considéré comme doué par la nature de la couleur que l'art lui aurait imposée.

La peinture à l'extérieur est d'autant moins admissible qu'elle est appliquée sur une matière plus belle et plus solide; car l'édifice qui en est revêtu est naturellement considéré comme construit en stuc, en bois, ou en toute autre matière qui peut réclamer pour sa conservation et son embellissement le secours de la peinture. Les édifices formés de ces matériaux sont les seuls, suivant nous, qui admettent à l'extérieur la décoration par la peinture; nous disons plus, non-seulement ils l'admettent, mais ils la réclament même; et c'est dans ces circonstances seulement que nous la proclamons utile à la décoration extérieure, comme devant en être le principal élément. Au reste, l'usage de tous les temps, dans tous les pays, vient corroborer notre opinion.

Il nous semble inutile d'ajouter que si nous réclavons le secours de la peinture éphémère à l'extérieur pour des matériaux qu'elle peut embellir et protéger contre l'action du temps, nous recommandons à plus forte raison pour la décoration par la couleur des édifices à l'extérieur l'emploi des matériaux que la nature a faits solides et qu'elle a enrichis de couleurs variées et brillantes, tels que les granits, les marbres, les basaltes, les porphyres, etc.

Dans le demi-jour intérieur, les formes de la sculpture deviennent sinon inappréciables, au moins peu expressives; la peinture, au contraire, y règne en souveraine : elle est de complexion délicate et énergique d'expression; elle vivifie l'ombre du marbre inerte, et lui prête ses charmes en retour de la force qui la protège; elle porte en elle ses lueurs et ses ombres, fixes comme le demi-jour qui l'éclaire. Dans cette situation, elle n'a pas à redouter le temps plus que le monument lui-même, et rien ne peut rivaliser de puissance avec elle. La peinture est donc spécialement, mais non exclusivement, la décoration de l'intérieur, comme la sculpture est spécialement, mais non exclusivement, la décoration de l'extérieur.

En comparant l'architecture grecque à l'architecture égyptienne qui l'a précédée, on voit que sous le rapport de la structure, jusqu'au-dessous des deux pans de son toit, le principe de stabilité est identiquement le même pour l'édifice grec que pour l'édifice égyptien : tous deux sont basés en effet sur une vérité évidente, instinctive; mais cependant une différence notable les distingue, et cette différence est le résultat de l'application d'un même principe à des matériaux de natures différentes : le premier est resté dans sa vérité primitive; le principe du second s'est vu légèrement faussé par une substitution de matière. Le magnifique temple de marbre n'est guère qu'une transmutation du temple de bois; rien n'altère la vérité du temple de granit, en quelque sorte immuable comme elle, protégé qu'il est par la simplicité de ses formes. Le développement beaucoup plus considérable des surfaces de l'édifice en bois relativement à son volume, rapport re-

produit dans l'édifice en marbre, l'expose davantage à l'action du temps. Jusque-là cependant la solidité de la matière neutralise suffisamment les effets de cette déviation de la vérité, pour qu'on n'ait pas à en redouter les résultats matériels. C'est au faite que réside le mal : le comble commandé par le climat pluvieux de la Grèce n'a pu être traduit en pierre, il eût renversé l'édifice; le bois seul pouvait soutenir la lutte incessante que se livrent les éléments dont il se compose, et les réduire au repos; mais s'il dérobaient l'édifice à l'action de ces forces, il l'exposait à l'incendie, et pouvait le laisser un jour, par sa nature périssable, en proie aux intempéries.

Ainsi, l'édifice grec doit ce qui lui manque de durée pour égaler l'édifice égyptien, d'une part, à l'erreur qui s'est introduite dans l'emploi de la matière, de l'autre, à la complication de la construction nécessitée par le climat.

Cependant, si la multiplicité des formes du temple grec en a un peu altéré la solidité, et a un peu diminué en lui ce grand caractère monumental qui appartient à l'Égypte, on n'eût peut-être point eu sans elle, vu l'état de la science à cette époque où la voûte était sans doute inconnue, cette variété de formes qui, sous l'influence des progrès des arts dont la base est l'étude des formes qu'enfante la nature, est arrivée à la perfection que ces monuments nous révèlent.

Que l'on compare maintenant ces deux architectures sous

le rapport de la décoration : en Égypte, la sculpture et la peinture sont plus un développement de l'architecture que l'imitation de la nature, car elles résultent principalement de la nature de la matière employée; aussi le monument égyptien est-il essentiellement unitaire. Le perfectionnement de ces arts en Grèce affecta cette qualité, en raison de leur progrès vers la nature.

Les qualités de l'architecture égyptienne, basée sur la vérité, sont donc : la *durée éternelle*, comprenant la stabilité parfaite exprimée par la disposition verticale et horizontale des masses, le volume de la matière employée, et sa solidité exprimée par la simplicité des formes et la sobriété du travail; l'*unité parfaite*, comprenant la construction basée sur un principe unique de stabilité, et la décoration résultant de la destination de l'édifice, et exécutée conformément aux qualités de la matière employée.

Dans l'architecture grecque, où la vérité n'est plus dans toute sa pureté, ces qualités sont légèrement altérées; la *durée*, par la stabilité, qui n'est plus parfaite, ce qu'expriment les pentes du toit, et par un emploi de la matière, qui ne lui est pas parfaitement propre, ce qu'expriment l'élégance des formes et leur multiplicité; l'*unité*, par l'action du comble, à laquelle la nature du marbre ne lui permet pas de résister, et par le perfectionnement des arts d'imitation, qui diminuent cette qualité à mesure qu'ils approchent de la nature au delà de certaines limites : car la nature ne peut s'incorporer à l'œuvre humaine, et y reste comme étrangère.

Cependant si l'architecture grecque n'arrive pas sous ces deux rapports à la perfection égyptienne, nous n'y trouvons pas moins des modèles de convenance et de goût; car elle n'a pour ainsi dire qu'en germe les défauts que nous venons de signaler, et elle abonde de formes parfaites. Sa devise est : Convenance, élégance et beauté.

L'art en Grèce, affranchi des difficultés résultant de l'emploi d'une matière trop résistante, ainsi que de l'obligation d'observer rigoureusement des formes consacrées par la religion, prit l'essor sous l'inspiration divine des artistes, et produisit, par l'imitation idéalisée de la belle nature, les plus beaux modèles qui aient été offerts à l'admiration des siècles.

Les Romains, éblouis par les œuvres des arts en Grèce, voulurent s'en approprier les beautés : tout concourait à ce résultat; car n'ayant jamais eu de conception philosophique ou religieuse qui leur fût propre, ils adoptèrent celle des Grecs, et prirent leur temple pour abriter leur divinité. Cependant l'accroissement de la puissance romaine semblait accuser d'insuffisance le chef-d'œuvre qu'ils avaient emprunté; d'ailleurs les besoins augmentant en raison même de cette puissance, ils se trouvèrent dans l'impossibilité d'y répondre à l'aide de moyens qu'avaient suggérés des circonstances différentes. Les matériaux de choix qu'exige la construction grecque étaient devenus devant ces besoins aussi insuffisants par la qualité que par la quantité; il fallait cependant que Rome élevât à sa grandeur des édifices utiles dans le présent qui pussent l'attester dans les âges à venir; c'est alors qu'une ère nouvelle

apparaît. Rome vient de faire une conquête que nul n'avait faite encore; l'art est pour ainsi dire délivré du joug de la matière; le moindre caillou suffit désormais à former les plus vastes et les plus somptueux édifices : la voûte se courbe sous les plus lourds fardeaux.

L'élément fécond de notre art, l'élément romain, la voûte, était trop puissant pour s'allier au principe qu'il venait remplacer, et l'architecture subit une modification profonde. Les beautés de l'art grec ne furent pas abandonnées cependant, mais elles ne servirent plus qu'à parer le géant qui l'effaçait par sa taille et sa constitution.

La colonne et son architrave ne porteront plus l'édifice; ces éléments constitutifs de l'architecture grecque ne seront plus une réalité que dans les portiques et autres parties accessoires, et deviendront une fiction lorsqu'ils seront appliqués à l'édifice lui-même, lorsqu'ils formeront l'encadrement d'une arcade comme pour la protéger : aussi ces restes de la dépendance, qui sont autant d'entraves à la liberté, ne permettent pas à l'art romain d'acquérir son entier développement.

La voûte, cette force qui réside dans la disposition et l'union d'un grand nombre de parties, n'est point, comme la plate-bande, susceptible d'être maintenue par des appuis verticaux de petite section, car elle joint à son action verticale une action latérale à laquelle il faut une résistance latérale, qui n'est point dans la colonne. Quand l'arc remplace l'architrave, la colonne sans auxiliaire ne suffit plus. Comme nous l'avons

dit, ce qui reste de l'art grec à Rome n'est plus qu'une parure que s'approprie l'art romain, et qu'il paye quelquefois au prix de l'altération de la physionomie qui lui est propre, en la couvrant partiellement comme d'un masque étranger.

L'architecture grecque, basée sur un principe auquel la matière assignait une courte carrière, atteint pour ainsi dire dès l'origine son entier développement; aussi, ne pouvant plus dès lors grandir ou s'étendre, arriva-t-elle à la perfection; mais le nouveau principe, la voûte, vint enrichir l'art au point de le mettre pour toujours à la hauteur des vues de l'espèce humaine, quelque extension que puissent donner à ses exigences son accroissement, sa civilisation et son luxe.

La fécondité de ce nouveau principe, la variété de ses combinaisons avec le principe primitif, constituent pour l'art un domaine dont les limites nous sont inconnues : c'est pour cette raison que, libre dans ses aspirations, il tend toujours à s'étendre, à produire une expression nouvelle, au lieu de travailler à son perfectionnement.

Ainsi l'art grec, dirigé dans sa marche par les limites qui lui étaient posées, est arrivé au bout du chemin, il a fourni sa carrière; l'art romain a enlevé les obstacles et continué la route. Si le premier se distingue par la stabilité naturelle, l'élégance et la beauté, le second est robuste et devient stable par l'équilibre; il est tout-puissant, et n'a abandonné quelque peu de la pureté grecque que pour la grandeur et la magnificence.

Depuis l'invention de la voûte, rien ne s'est produit de nou-

veau en architecture, tout est la conséquence des principes connus; mais ces principes sont féconds et susceptibles de produire, mis en œuvre par le génie, des résultats qui, tous semblables par le fond, différent cependant tous dans l'expression.

L'époque romaine finit avec l'empire, et comme lui les arts s'anéantirent devant les barbares; cependant la vue de tant de chefs-d'œuvre ne pouvait manquer de subjuguier à son tour ces farouches conquérants, qui finirent par mêler, dans des édifices nouveaux, aux beautés constitutives des modèles qu'ils imitaient, la naïve grossièreté de leur goût. Frappés du principe de solidité qui faisait la structure matérielle de l'édifice romain, en un mot de l'édifice lui-même, plus qu'ils ne l'avaient été, à cause de leur grossièreté, de sa physionomie, belle en vérité, mais empreinte d'un caractère étranger dont ils n'avaient conservé qu'un vague souvenir, ils en vinrent à constituer avec le principe romain une architecture qui, en quelques parties, est peut-être plus en rapport avec lui que n'avait été celle de l'époque romaine.

Dans cette architecture, en effet, la structure apparente rentre dans la réalité de la structure réelle; rien ne simule plus à l'œil ce qui n'est pas la vérité, ce qui n'est pas la voûte ou la résistance à sa poussée : le pilier massif a remplacé la gracieuse colonne; il ne subsiste plus d'elle qu'un vague et grossier souvenir répandu dans la colonne qui fait partie du pilier, comme l'arc ou nervure fait partie de la voûte, sorte de nervure prolongée, terminée par une base et un chapiteau. Au

reste, plus de ce qu'on appelle proportion d'ordre, mais un faisceau supportant individuellement tous les arcs accusés à l'œil comme décoration, et formant lui-même la décoration du pilier, saillies du support qui reçoivent celles des parties supportées.

On conçoit que dans ces données la colonne n'ait plus ces rapports de proportion qui lui avaient été donnés en Grèce en raison des charges qui lui étaient imposées et de la hauteur de son fût. Comme elle n'a plus à recevoir que les retombées des arcs, son diamètre est déterminé par la grosseur de ces arcs, quelle que soit d'ailleurs sa hauteur, car sa stabilité est garantie par le pilier dont elle fait partie.

La basilique, empruntée à l'antiquité, a subi à l'époque romane deux modifications importantes : d'une part, le chœur y a été ajouté en avant du sanctuaire, et les bas-côtés ont été prolongés autour de ces parties, afin d'en faciliter l'approche et de grouper les chapelles principales dans le voisinage du maître-autel; de l'autre, le clocher s'est élevé vers les cieux, comme pour montrer au chrétien sa patrie et ranimer son espérance, et des cloches y ont été établies pour l'appeler à la prière. Il n'est alors resté de la basilique antique dans l'église que la salle d'assemblée, qui s'y trouve encore dans sa vérité.

En prenant l'arc romain pour base de sa construction, l'art roman a conservé cet aspect de solidité et de durée qui caractérise l'architecture romaine; il lui a fallu ces masses de construction qui résistent à la poussée de sa voûte, ce qui ré-

pand sur l'édifice ce caractère de noble gravité qu'on ne peut contester à l'architecture de cette époque.

L'époque qui succède à l'art roman reçoit de lui comme héritage l'église qu'il a faite, et son interprétation du principe romain. Elle conserve intact le monument, mais modifie la structure : c'est la poussée de la voûte qui lui inspire l'idée de cette modification. Alors apparaît l'ogive, d'abord indécise, comme toute innovation, puis bientôt plus caractérisée. Les deux arcs qui se coupent exercent en effet moins de poussée que l'arc plein-cintre ; mais la brisure que forme leur intersection en détruit l'unité, ne présente en effet autre chose que les deux parties d'un même arc, et manque conséquemment à l'œil de cette fermeté de l'arc plein-cintre, qui résiste également en tous points : c'est presque, en apparence, un arc écrasé par des pressions latérales.

Pour compléter ce système de construction, outre que la poussée de l'arc était diminuée, on avait encore cherché le moyen d'offrir à celle dont il était cependant susceptible une résistance plus directe, plus efficace que celle qu'elle rencontrait dans les massifs verticaux. Afin de n'employer que le moins de matière possible, on voulait l'employer de la manière la plus utile : de là l'invention de l'arc-boutant, qui, par sa poussée, neutralise celle de la voûte qu'il doit contenir, et reporte la sienne sur des masses suffisamment résistantes pour qu'on puisse les considérer comme fixes.

L'architecture ogivale forme en quelque sorte un terme

moyen entre l'architecture grecque et l'architecture romaine, qui peuvent être appelées *rectiligne* et *curviligne*, d'après les éléments qui les distinguent l'un de l'autre.

L'ogive, élément principal de l'architecture dite gothique, ne peut-elle pas être considérée en effet comme formée, pour ainsi dire, de deux arbalétriers courbes? et le résultat ne vient-il pas corroborer notre opinion, en offrant les avantages qui résultent du principe romain alliés à la légèreté qui peut résulter du principe grec? Et il est si vrai de dire que l'architecture ogivale est un terme moyen entre les architectures grecque et romaine, résultant, l'une de l'emploi du bois, l'autre de celui de la pierre, qu'en elle rien ne s'oppose à l'emploi de l'une ou de l'autre de ces matières.

La structure de cette époque, basée sur la raison, forme à elle seule l'édifice; et cet édifice est beau, car l'inutilité en est proscrite. Dans l'église, qui est l'édifice dont nous parlons, le besoin explique la disposition; son usage commande sa grandeur et sa majesté; ses voûtes élevées sont composées de nervures solides et de remplissages légers, c'est ce que peuvent porter ces supports élancés; la hauteur des piliers que veut renverser la voûte appelle à leur aide l'arc-boutant; les nervures expliquent le faisceau de colonnettes adossées au pilier qui porte les voûtes dans leur ensemble et leurs détails. On voit la lutte des éléments de la structure de cet édifice, on le voit se tenir debout. Mais cette haute, cette artistique intelligence de la construction, trop vaine de ses succès, oublie que si la matière docile est subordonnée à ses conceptions, elle

doit résister au temps; que sans elle son œuvre ne peut parvenir au tribunal de la postérité, et que le temps qui la détruit la juge; elle l'oublie; elle réduit à l'extrême la matière qu'elle met en œuvre; elle fait une construction stable, mais aussi peu durable que la pensée créatrice fut imprévoyante. C'est ainsi qu'a péri cette époque : l'art ogival a été détruit par l'exagération de ses qualités. La cause de son existence, qui fut celle de sa ruine, commença à exercer son action funeste lorsque, après avoir acquis son entier développement, il franchit cette limite, et passa de la hardiesse à la témérité.

Comme l'architecture ogivale était vraie et intelligible dans sa construction, elle le fut dans sa décoration. La sculpture et la peinture prirent pour modèle la nature sous le climat qui vit s'élever les édifices qu'elles avaient à décorer, et dans les attributs et l'histoire de la religion. Une construction rigoureuse et bien entendue, n'offrant à la peinture que des membres utiles et des surfaces peu propres à recevoir l'empreinte de ses inspirations, semble lui avoir désigné la place que ses perspectives devraient toujours occuper, si ce n'est en réalité, au moins en apparence. Elle eut sa place dans l'édifice, et ne se substitua à aucune de ses parties : son domaine fut l'espace; elle l'occupa sans affecter l'unité de l'édifice; loin de là, elle concourut puissamment à le caractériser : tout dans l'église fut comme imprégné d'un sentiment religieux; tout, jusqu'au jour qui pénétrait à travers ce monde biblique et évangélique que les peintres de cette époque ont fait revivre sur ses vitraux.

Le style de la sculpture et de la peinture de cette époque, comme celui de l'architecture, porte l'empreinte d'une vérité naïve; elles sont réellement bien loin d'atteindre à cette idéale beauté des formes qui fut la gloire de l'art au temps de Périclès et d'Auguste; mais si elles ne sont point arrivées à cette perfection matérielle, on ne peut leur refuser la justice de reconnaître que ces arts se sont appliqués au développement des beautés morales, qui agissent sur notre âme comme la beauté matérielle agit sur nos sens. Qui n'a admiré la candeur de la Vierge? Qui n'a été ému de compassion à la vue des douleurs de son fils?

A l'apogée de sa gloire, l'art du moyen âge ne pouvait plus que descendre vers sa ruine. Les artistes qui le virent dans sa splendeur, séduits par la faiblesse des moyens qui avaient suffi au génie de cette époque pour produire de magiques résultats, voulurent le faire encore progresser dans cette voie. L'intelligence semblait, pour ainsi dire, sur le point de suppléer à la matière; on éleva de merveilleux édifices, dans lesquels on oublia de faire la part du temps; et le temps, auquel il faut sa proie, a dévoré ces prodigieux entassements, où le goût, par la substitution du tour de force étonnant à l'austérité des premiers temps, s'était fourvoyé comme la raison.

Telle fut la maladie qui tua ce style, que personne ne tenta de ressusciter : cette époque était accomplie. N'ayant plus d'autre route à suivre que celle qui venait d'être signalée par un naufrage, on ne trouva rien de mieux à faire que de reprendre la carrière à son centre, au point de départ.

Ce retour à l'origine, à la source de l'art vivant, si l'on peut s'exprimer ainsi, après cette époque qui s'était anéantie à force de grandir, fut appelé Renaissance. Ce style s'avança tantôt avec la gravité antique, tantôt brillant de toute cette abondance que l'époque qui l'avait précédé lui avait transmise, et qu'elle sut transformer en élégance et en grâce.

Si d'un côté l'art, en se retrem pant aux eaux vives de l'antiquité, y puisa de nouvelles forces, de l'autre il ne négligea point d'y associer l'énergie morale acquise par le moyen âge, et qui caractérise l'art des temps modernes. La sculpture et la peinture de cette époque ne portent-elles pas l'empreinte évidente de cette double origine?

Que dire de plus à la louange de la Renaissance? si ce n'est qu'elle ne s'appropriâ rien de ce qui avait appartenu à une autre époque, mais qu'elle accepta du légitime héritage que le passé légua à l'avenir, les éléments qui lui étaient appropriés par ses besoins mêmes, et que son architecture diffère de l'architecture romaine et de celle du moyen âge, sur lesquelles elle s'appuie, comme ses mœurs diffèrent de celles des peuples dont elles sont émanées.

Après avoir été noble et gracieuse, l'architecture acquit, au siècle de Louis XIV, une grandeur pompeuse qu'elle poussa quelquefois jusqu'à l'enflure; elle s'éloigna des bonnes traditions, et préféra quelquefois l'apparence à la réalité, témoin les triples dômes de nos grands édifices. Enfin, fière de l'application des connaissances géométriques à la coupe des pierres,

elle ne les employa que pour lutter contre la nature, et n'obtint alors que de déplorables succès. Ce qui constitue le grand défaut de l'architecture de cette époque, c'est que son mobile fut l'orgueil.

Sous le règne suivant, la mollesse remplace la pompe; et, de royale qu'elle était, l'architecture devient efféminée; le ciseau de la sculpture s'émousse sur de souriants visages : plus de gravité, plus d'élévation; l'art est déchu de sa grandeur, tout édifice porte l'empreinte de ce regrettable progrès.

Arrivés comme au seuil de notre époque, nous devons nous arrêter; c'est à l'avenir à la considérer dans son ensemble, et à prononcer sur elle.

Que d'enseignements pour nous dans cette suite de monuments de tout âge, qui forme à la terre qui les porte comme une parure digne d'elle! L'Égypte lui donna le premier joyau de cette chaîne; son art est assis sur de larges bases : la *vérité*, l'*immobilité*; et, comme elles, il est éternel, car la matière à laquelle s'appliquent ces qualités est le granit, noyau de notre globe.

Le tribut qu'apporta la Grèce est plus brillant, mais moins durable; car il n'est plus ni parfaitement immobile, ni parfaitement vrai; il se distingue par la pureté, la perfection des rapports de dimensions et de formes.

Rome après elle, Rome toute-puissante, enlève la barrière dans laquelle l'art était enfermé, et lui donne l'espace pour

domaine; mais cette ère nouvelle n'est point cependant entièrement affranchie du joug de la beauté grecque. L'architecture romaine s'efforce d'effacer l'architecture grecque, dont elle diffère essentiellement, et pourtant ne peut entièrement se résoudre à ne point lui ressembler; elle est magnifique et durable; elle serait parfaite si son apparence exprimait en tout point sa réalité.

L'architecture romane, après elle, n'est encore que l'architecture romaine, mais dépouillée par les barbares des charmes grecs dont elle était revêtue, pour une parure moins élégante, mais plus vraie; en sorte qu'au point de vue de la structure l'architecture romane, mâle et sévère, est peut-être, sous certains rapports, un perfectionnement apporté dans l'expression du principe romain.

Vient ensuite l'art ogival, remarquable par sa grandeur et son austérité, si austère dans sa construction, d'ailleurs excellente, qu'il devient frêle et peu durable. L'emploi de la matière y est parfait, mais la matière même y est insuffisante.

L'art dans l'époque suivante remonte à sa source, et la Renaissance, s'appuyant d'une part sur l'antiquité, de l'autre sur le moyen âge, produit une architecture pleine de noblesse et de grâce.

A ces qualités vient succéder la pompeuse architecture de l'époque de Louis XIV, où la construction prend quelquefois pour règle la vanité de l'auteur plutôt que la raison, style

où la magnificence est quelquefois exagérée; puis celle de Louis XV, où la grâce va jusqu'à la mollesse.

Nous voyons donc l'art dégénérer à partir de la Renaissance. En général, l'art n'est point stationnaire; il marche dans une voie vers sa perfection, il y arrive et se dégrade, puis reprend une voie nouvelle, pour suivre la même progression. On peut remarquer aussi que si l'architecture n'a pas toujours eu le caractère qui lui convenait le mieux, chacune de ses phases a été distinguée de celles qui l'avaient précédée, de manière à ne pouvoir être attribuée à une autre époque que celle à laquelle elle a réellement appartenu; et il en sera toujours ainsi lorsqu'on ne s'astreindra pas à copier des édifices d'une époque déterminée; car il est impossible que des mœurs différentes ne se révèlent pas dans des œuvres différentes, quand leurs auteurs obéissent à leurs propres inspirations.

Ne craignons donc point d'être accusés d'avoir manqué à cette condition, d'avoir une architecture qui nous appartienne; il suffit pour anéantir cette accusation de se dérober à la servilité.

Si l'époque moderne a été précédée d'un temps de décadence, nous n'avons qu'à nous en féliciter; car rétablir l'art sur son piédestal est une noble tâche, que pourraient envier, s'il leur était donné de revoir le jour, ceux qui, l'ayant trouvé sublime, semblent avoir eu pour mission de le dégrader.

Courage donc! portons nos regards dans les profondeurs

du passé! que la vérité nous vienne en aide! qu'elle éclaire de sa pure lumière les architectures qui y sont ensevelies! Nous y trouverons avec elles les causes qui les ont arrêtées dans leur marche; gravons-les dans notre mémoire, pour qu'elles nous servent de guides dans les sentiers de l'avenir. Cherchons le mal, c'est le plus sûr enseignement du bien; puis mettons-nous bravement à l'œuvre! Ainsi préparés, nous trouverons dans l'héritage des siècles écoulés des richesses que nous saurons employer à l'œuvre d'art que chaque âge est destiné à produire. Que la raison nous fraye la route, nous n'aurons point à craindre de nous égarer! Mais comme nous aurons appris à éviter les écueils signalés par les naufrages de nos devanciers, sachons aussi nous arracher à un danger beaucoup plus grand, puisqu'il est plein d'attraits! Évitions de nous laisser séduire par les charmes qu'ils ont su répandre sur les merveilles dont ils ont semé le monde! N'oublions pas ce qu'ils étaient et ce que nous sommes, et que ces merveilles ne soient pour nous que les degrés qui permettent à notre pensée de s'élever à la hauteur du génie qui les a conçues! Qu'elle embrasse alors à la fois les motifs qui l'ont déterminé, les moyens dont il a pu disposer, et la manière dont il les a mis en œuvre : voilà la seule et grande leçon dont nous devons être reconnaissants envers le passé; elle nous ouvre une voie de progrès continuels. Mais ne copions pas les œuvres elles-mêmes : ces lueurs qui brillent derrière nous peuvent nous égarer. Suivons notre route : nous connaissons les besoins de notre époque et de notre pays; tâchons d'y satisfaire à l'aide des moyens que mettent à notre disposition la nature et la science. C'est en observant ces préceptes que l'on profite réellement des leçons

de l'antiquité; alors on est artiste à son tour, et non le copiste des prédécesseurs. Mettons-les en pratique; notre art dans son indépendance nous représentera sur la terre quand nous serons passés, et sera la page impérissable et véridique de notre histoire dans l'histoire des générations.

---

SUPPLÉMENT AU TRAITÉ  
DE  
L'ART DE BATIR.

---

EXAMEN

ANALYTIQUE, THÉORIQUE ET PRATIQUE DE TOUT L'OUVRAGE.

---

LIVRE PREMIER

CONNAISSANCE DES MATÉRIAUX (1).

---

Si, comme nous l'avons démontré dans notre Introduction, on a pu se convaincre que la nécessité de s'abriter a donné naissance aux premières habitations des hommes, et que des formes déterminées par le besoin à satisfaire est sorti l'art de bâtir, qui n'est autre que l'architecture, il faut bien être convaincu aussi que les matériaux dont on pouvait disposer pour satisfaire à ces conditions, soit lorsqu'il ne s'agissait, comme dans l'origine, que de simples cabanes, soit lorsque, plus tard, le luxe et l'abondance ont fourni l'occasion de bâtir des édifices somptueux, d'après les mêmes principes; il faut être bien convaincu, disons-nous, que les matériaux ont toujours dû avoir une grande influence sur ces mêmes formes, qu'ils soient envisagés sous le rapport de leur disposition ou sous celui de la résistance qu'ils pouvaient opposer à l'action du temps ou à celle du poids qu'ils devaient supporter.

Comme la durée des édifices dépend en grande partie de la qualité

(1) Rondelet, tome I, p. 1.

des matériaux employés à leur construction, on doit comprendre combien il est important de les bien connaître avant de bâtir, et non-seulement dans leurs qualités constitutives, mais encore dans leurs formes et dimensions, dans leurs forces relatives, dans leurs propriétés d'adhésion avec les autres, et dans leur force de résistance aux diverses influences de température.

---

## PREMIÈRE SECTION (1).

### DESCRIPTION ARCHITECTONIQUE DES PRINCIPALES MATIÈRES EN USAGE DANS LA CONSTRUCTION DES BATIMENTS.

---

#### CHAPITRE PREMIER.

##### DES PIERRES.

A l'aide des connaissances minéralogiques qui lui étaient familières, et qu'un architecte doit acquérir, Rondelet donne l'analyse des substances terreuses ou sablonneuses dont se composent les pierres (2); il les divise en quatre classes, qui sont : les pierres argileuses, les pierres calcaires, les pierres gypseuses et les pierres scintillantes. Il fait connaître les caractères distinctifs de chacune d'elles; il traite ensuite des grès, des pierres quartzieuses, appelées pierres à briquet ou à fusil, et des pierres meulières, enfin de celles qu'on désigne sous le nom de roches composées.

L'étude des caractères distinctifs de chaque espèce de pierre et de ses propriétés particulières est une des plus importantes parmi celles que doivent faire les constructeurs, puisqu'elle apprend à connaître les qualités qui les rendent spécialement propres à tel ou tel usage, et que de l'absence de ces importantes connaissances peut résulter un faux emploi de la matière, et par conséquent des constructions que le temps ou la charge détruisent promptement, et qui, loin de résister aux siècles,

(1) Rondelet, tome I, page 1.

(2) Id., ib.

ne donnent en définitive, après très-peu de temps, que des ruines anticipées.

*Basaltes antiques et modernes.*

Dans l'examen que fait Rondelet des pierres qui ont été employées pour ériger des monuments, soit de construction, soit de sculpture, il commence par le basalte antique, qui est d'une excessive dureté et dont on ne connaît que quelques monuments sculptés (1). Ensuite il fait connaître les basaltes modernes (2), dont le caractère distinctif est de se trouver souvent par colonnes prismatiques régulières, qui leur donnent l'apparence de tuyaux d'orgues.

*Phorphyres antiques et modernes.*

Les porphyres antiques et modernes dont la description suit (3) se rapprochent, comme dureté, des basaltes. Les Romains sont de tous les peuples ceux qui en ont fait le plus fréquent usage, et dans les monuments d'Italie on en retrouve des colonnes, des vases, des statues, etc., qui attestent que, malgré la difficulté qu'on éprouve à travailler cette matière, les anciens et même les modernes l'ont souvent employée, et ont tiré parti de sa richesse et de son indestructibilité.

*Granits antiques et modernes.*

Les granits antiques, qui se composent de petits grains, ainsi que l'indique leur nom (4), sont aussi d'une dureté qui en rend le travail difficile; cependant cette matière a été fréquemment employée par les anciens pour des monuments de tous genres, et la plupart des monuments de l'Égypte, qui ont résisté à plusieurs milliers d'années et à toutes les causes de destruction qui ont successivement désolé ce pays, le berceau des arts, sont encore en grande partie sur pied et attestent par leur conservation l'excellente qualité de la matière et la puissance des Égyptiens de l'antiquité.

(1) Rondelet, tome I, page 6.

(2) Id., ib., page 7.

(3) Id., ib., page 8.

(4) Id., ib., page 13.

Toutefois, il ne faut pas conclure de l'état où nous trouvons aujourd'hui ces édifices, après tant de siècles de durée, que l'action du temps soit nulle sur les matériaux dont ils sont formés; leur parfaite conservation ne doit être attribuée qu'au climat favorable sous lequel ils ont été élevés : chez nous, le froid et les pluies les auraient très-sensiblement altérés, ainsi que l'expérience nous le prouve.

Si quelques monuments peuvent encore aujourd'hui, mieux que d'autres, faire juger des moyens extraordinaires qu'ont dû employer ces peuples pour exploiter le granit, nous citerons les nombreux obélisques (1), ces monolithes gigantesques qu'ils élevaient devant leurs temples, et qui, par la simplicité de leur forme et la beauté de la matière, sont encore aujourd'hui pour nous un sujet d'admiration. Quel qu'ait été chez les anciens Égyptiens l'usage des obélisques, en les considérant simplement sous le rapport de leur masse, on est amené à reconnaître qu'il fallut une cause puissante pour porter cette nation à élever en aussi grand nombre d'aussi dispendieux monuments; et si par la simple uniformité de leur surface et la solidité de la matière ils semblent une image de l'éternité, le prestige qui s'attache à cette idée est encore augmenté par le sentiment qu'on a des difficultés inouïes qu'entraîna leur érection.

Par l'emploi que les anciens ont fait du granit d'Égypte pour en faire des colonnes et des statues colossales, qui n'excitent pas moins l'admiration que les obélisques, on est convaincu qu'ils attachaient une grande importance à la beauté et à la dureté de la matière, à la grandeur des blocs qu'ils mettaient en œuvre, et aussi à la perfection des formes qu'ils donnaient à cette matière. Les nombreux exemples qu'ils nous ont laissés de colonnes de granit ou de porphyre, qui sont par leur nature de couleurs riches, nous font voir qu'ils trouvaient dans la richesse du ton un équivalent à la richesse de la forme; c'est sans doute pour cela que les colonnes corinthiennes qu'on retrouve de l'une et l'autre de ces matières n'ont jamais de cannelures, tandis que toutes celles dont la couleur n'a pas la même richesse sont, au contraire, ornées de cannelures, indispensable dans ce cas à l'ordre corinthien. La description que donne Rondelet des diverses colonnes de granit d'Égypte qu'on retrouve encore aujourd'hui (2), soit comme monuments

(1) Rondelet, tome I, pages 15 et 323, pl. I.

(2) Id., ib., page 17, pl. II.

isolés, soit comme faisant partie d'édifices importants, fournit autant d'exemples à l'appui de nos observations.

A la suite de la description des granits d'Égypte, notre auteur donne celle des granits les plus connus qui se trouvent en Europe (1). La multiplicité des gisements de cette matière, les nombreuses variétés que présentent les différentes carrières, soit sous le rapport de la dureté, soit sous celui de la couleur, font voir combien la nature a été prodigue de richesses en toutes choses. Tous ces matériaux si divers donnent à l'homme expérimenté qui est appelé à construire l'occasion de rechercher à en faire un emploi judicieux suivant les lieux et les cas où il doit les employer, et à combiner chacun d'eux de manière à en tirer le meilleur parti pour en faire des édifices durables, soit qu'il s'agisse de les employer comme principaux matériaux, soit encore comme revêtement si le fond des constructions se compose d'autres matières.

Rondelet termine ce chapitre par la description intéressante du grand bloc de granit qui sert de base à la statue de Pierre le Grand à Saint-Pétersbourg, et de ceux des grandes colonnes de Saint-Isaac de la même ville, et fait connaître que les moyens employés pour exploiter et transporter ces énormes masses doivent être les mêmes que ceux qu'ont dû employer les anciens Égyptiens pour de semblables opérations (2).

#### *Marbres antiques et modernes.*

Les anciens, qui comprenaient dans les catégories des marbres toutes les pierres susceptibles de recevoir le poli, diffèrent en cela des lithologues modernes, qui n'admettent dans la classe des marbres que les pierres calcaires qui peuvent être polies; mais en les considérant par rapport à l'effet qu'ils produisent dans les constructions, le classement des anciens peut très-bien être admis (3).

Le marbre, en raison de sa rareté et de l'éloignement où il peut être des lieux où on veut bâtir, doit être considéré comme un objet de luxe, dont l'emploi ne peut avoir lieu que pour les édifices d'une grande magnificence. D'accord avec ce que l'économie enseigne, les faits

(1) Rondelet, tome I, page 18.

(2) Id., ib., page 23.

(3) Id., ib., page 26.

démontrent que l'on n'a élevé de grandes constructions en marbre que là où les marbres étaient ce que sont les pierres ailleurs; et les anciens eux-mêmes n'en usaient que dans des cas semblables; pour n'en citer qu'un exemple, nous rappellerons que le grand temple de Jupiter à Olympie, bien qu'un des plus magnifiques de la Grèce, était construit en tuf poreux assez grossier, et qu'il ne devait sa magnificence apparente qu'aux stucs colorés dont cette pierre était couverte et qui lui donnaient l'aspect de richesse que devait avoir un des plus beaux temples de la plus belle époque des arts.

Les Romains eux-mêmes, au temps où le luxe était arrivé chez eux au plus haut degré, ont très-rarement employé le marbre comme élément principal de leur construction, et, à l'exception de quelques temples et des arcs de triomphe où cette matière est l'élément constitutif, on voit qu'elle ne figure dans tous les autres que comme parties ornées, telles qu'entablements, bandeaux, revêtements, etc., et comme colonnes. Sous ce dernier rapport, les Romains, considérant les colonnes comme décoration et point d'appui, ont fait un emploi de colonnes d'un seul bloc qui fut véritablement prodigieux. On voit combien ils attachaient d'importance à ce genre de luxe en considérant qu'ils mirent à contribution toutes les carrières de marbre connues, pour en construire les péristyles de leurs temples, les galeries intérieures de leurs palais, les portiques de leurs places publiques, etc.; et c'est dans cette catégorie d'édifices qu'on doit admettre qu'ils ont considéré comme marbres les granits d'Égypte ou de l'île d'Elbe, les porphyres, les albâtres et toutes les manières qui, par la variété de leurs couleurs, pouvaient répondre à la magnificence qu'ils recherchaient.

Dans l'emploi qu'ils ont fait du marbre à la construction des plates-bandes d'un seul morceau qui couronnaient leurs portiques, on reconnaît que dans ce cas, ayant à satisfaire à une question de solidité, ils trouvaient dans cette matière une qualité que la pierre pouvait rarement leur donner. Envisageant donc les choses de ce point de vue, en employant également les colonnes de marbre comme donnant une plus grande solidité que la pierre, et en faisant les entablements de la même matière, ils pouvaient obtenir la force de résistance nécessaire, et satisfaisaient en même temps à la richesse qui résultait de la beauté de la matière et de la belle exécution dont elle était susceptible.

Considéré comme moyen de décoration, le marbre, par la diversité

de ses couleurs et par l'emploi judicieux qu'on peut en faire en ce sens, soit comme revêtement, soit comme pavement, offre mille ressources dont l'effet est toujours d'une grande influence sur les sensations que nous éprouvons à la vue des édifices qui en sont décorés ; tout ce qui offre l'idée de rareté, de difficulté et de cherté agit toujours sur nos sens de manière à exciter en nous un sentiment d'admiration, que la décoration a pour but de produire : or, le marbre réunissant à ces qualités celle de la beauté réelle, qui lui vient de ses riches couleurs et des belles formes que peut lui donner le travail, il est plus propre que beaucoup d'autres matières à produire cet effet.

A l'imitation des anciens, les modernes se sont appliqués à produire, par des compartiments de marbre bien étudiés, des effets de richesse qu'ils n'auraient pas pu obtenir sans ces moyens : l'emploi des marbres est donc d'une grande ressource dans les décorations architecturales. Indépendamment du prix attaché à la matière et de celui que peut y ajouter le bon goût de l'artiste qui l'emploie, il faut reconnaître qu'il y a dans le choix des marbres, dans leurs couleurs et dans les formes qu'ils peuvent recevoir une grande ressource offerte à l'architecte pour donner à chaque édifice le caractère qui lui convient.

La longue énumération que fait Rondelet de toutes les richesses dont la nature a si bien pourvu les parties du globe qui nous environnent fait connaître toutes les variétés des marbres, leurs diverses natures et leurs diverses couleurs (1) ; et par les exemples très-nombreux qu'il cite des monuments où chacun d'eux a déjà été employé, il met à même de se régler par l'exemple du parti qu'on en a déjà tiré, et par conséquent de s'appuyer d'autorités pour l'application qu'on peut avoir à en faire, soit qu'on s'autorise des choses faites pour les imiter, soit que, par induction, on en tire des combinaisons nouvelles : dans l'un et l'autre cas on reconnaîtra sans doute que ces combinaisons peuvent être variées à l'infini, et que l'art décoratif peut en tirer de grands avantages.

Rondelet, en décrivant les marbres modernes de l'Italie (2), les passe tous en revue en les désignant par les noms génériques de *veinés*, *jaspés*, *panachés*, *maculés*, *mouchetés*, *tigrés*, *picotés*, *pointillés*, *arborisés*, etc. Tout en faisant connaître les richesses que possède

(1) Rondelet, tome I, page 26.

(2) Id., ib., page 34.

à cet égard d'Italie, il fait remarquer que la France n'a rien à envier à ses voisins sous ce rapport, et qu'il ne manque à nos marbres que d'être plus exploités et mieux connus. C'est ce qu'il prouve suffisamment par les nombreuses variétés de ces marbres, qu'il décrit (1).

L'Espagne, l'Allemagne et l'Angleterre fournissent aussi des marbres dont quelques-uns offrent des particularités dont l'art peut aussi tirer avantage; leur nomenclature, quoique moins étendue que celles des autres pays, a cependant paru mériter d'être donnée (2).

*Pierres ordinaires de différents pays comprises sous la dénomination de pierres de taille* (3).

Sous cette dénomination se trouve comprise la matière la plus généralement employée dans la construction des édifices, celle qui en fait la partie essentielle et la meilleure, celle enfin à laquelle les monuments de la plus haute antiquité ont dû de traverser des milliers d'années pour arriver jusqu'à nous et faire connaître aux générations modernes la sagesse et le savoir des anciens en fait de construction; c'est en effet à la bonne qualité de cette matière que nous devons d'avoir aujourd'hui sous les yeux des faits d'une puissance irrécusable, qui nous apprennent que la théorie de l'antiquité est encore la meilleure à suivre. Les pierres se divisent en deux classes, qu'on désigne par *pierres dures* et *pierres tendres*; elles doivent être d'un grain uniforme et compacte, et résister, suivant les cas et les lieux où on veut les employer, à la gelée, à l'humidité et à l'action du feu.

Ces qualités par lesquelles les constructions peuvent arriver à la postérité, lorsque les matériaux qui les possèdent sont mis en œuvre avec sagesse, se trouvent rarement réunies dans les mêmes pierres; c'est pourquoi il est de la plus haute importance pour un architecte de bien connaître les qualités des matériaux, afin de choisir ceux qui sont les plus propres à l'emploi qu'il en veut faire, car de ces matériaux dépend la durée de ses constructions, et même souvent leur plus ou moins de salubrité.

Les qualités distinctives des pierres en général et de chaque espèce

(1) Rondelet, tome I, page 45.

(2) Id., ib., page 56.

(3) Id., ib., page 58.

en particulier, que Rondelet fait connaître (1) en passant en revue toutes les pierres connues de la France et de l'étranger, et en indiquant les principaux monuments dans lesquels ces pierres ont été employées, mettront à même de juger de l'importance pour l'art de bâtir de cette matière, qui du reste entre pour tout ou partie dans la formation de presque tous les édifices.

Si les qualités différentes des pierres doivent servir à déterminer la place que chaque espèce est appelée à occuper dans les constructions qu'on veut élever, il n'est pas moins important, sous le rapport de la solidité, et même sous celui de l'économie, de connaître aussi les dimensions qui résultent de l'exploitation usuelle de ces mêmes pierres ; car ces dimensions et les formes que leur donnent les carriers pour en tirer le meilleur parti possible d'après les dispositions qu'elles ont dans la carrière, ne peuvent manquer d'avoir une grande influence dans leur emploi, non-seulement sous le rapport de la solidité comme appareil, mais encore sous celui de la décoration, qui doit être subordonnée à la nature des matériaux employés, sans quoi la solidité même peut se trouver compromise.

Pour expliquer notre pensée à ce sujet, nous ferons d'abord remarquer que les anciens, à moins de circonstances particulières et tout à fait exceptionnelles, n'ont jamais adopté pour leurs édifices de formes architecturales qui sortissent des justes limites fixées par la nature de leurs matériaux, et que c'est probablement par cette raison, qui a sa source dans un excellent principe, qu'ils ont toujours fait des monuments d'une échelle qui rendait facile l'exécution de toutes les parties ; quand, par exception, ils sont sortis de ces mesures, ils faisaient venir à grands frais des matériaux extraordinaires, au moyen desquels ils satisfaisaient encore, dans ces cas exceptionnels, aux conditions de la bonne exécution : il n'en est pas ainsi lorsque, avec des matériaux de dimensions ordinaires, on veut faire du colossal ; car alors naissent les difficultés de tous genres, les appareils compliqués, et par conséquent les constructions défectueuses.

Non-seulement les dimensions des pierres mettent des limites aux proportions des édifices en ce qui touche simplement à la question de solidité, mais elles en mettent aussi aux formes architecturales

(1) Rondelet, tome I, p. 58.

qui peuvent être adoptées pour leur décoration; là nous trouvons encore une preuve que la bonne décoration est toujours d'accord avec la construction; car, prenant pour exemple la construction d'ordres d'architecture de dimensions colossales, avec des pierres ayant les mesures que donnent les carrières des environs de Paris, la projection considérable des entablements ou autres parties saillantes ne pourrait s'obtenir qu'avec des complications et des difficultés que réprouve la bonne construction. Dans l'hypothèse contraire, si, au lieu de faire des ordres démesurés pour obtenir une grande hauteur, on divise cette hauteur en deux ordres, tous les détails deviennent faciles d'exécution, soit comme hauteur, soit comme saillie; en outre, l'édifice gagne en grandeur apparente; car les dimensions des ordres d'architecture étant en quelque sorte déterminées par celle des éléments dont ils sont formés, qui ne varient que dans des limites assez restreintes, ces ordres sont devenus pour notre œil une mesure comparative, qui sert d'échelle pour apprécier la grandeur des monuments. Au delà d'une certaine mesure à laquelle se sont arrêtés les anciens, et qui est celle que leurs matériaux avaient déterminée, les ordres ne présentent plus en apparence à l'œil ce qu'ils ont en grandeur réelle; et si un édifice d'une grande hauteur est divisé par des ordres de dimension ordinaire, qui restent dans la mesure de l'unité comparative, c'est le contraire qui a lieu: c'est pourquoi Saint-Pierre de Rome avec ses ordres de dimensions colossales ne paraît pas aussi grand qu'il est, tandis que les édifices du moyen âge et de la renaissance, où les détails sont petits, produisent l'effet contraire, et ont encore eu le grand avantage d'avoir été beaucoup plus faciles à exécuter, et par conséquent moins dispendieux.

Après avoir envisagé les pierres sous le rapport de l'influence que leurs dimensions naturelles peuvent avoir sur les formes décoratives des édifices, il n'est pas moins intéressant de faire remarquer que la taille qu'on doit leur faire subir et l'ornementation qu'elles doivent recevoir doivent être proportionnées à leur degré de dureté, en raison de la destination de l'édifice auquel elles sont destinées.

Dans les monuments de l'Égypte, qui sont assez généralement en granit, et qui semblent avoir été faits pour durer éternellement, tout est conséquent avec cette idée et la nature rebelle de la matière; les tailles et les sculptures sont simples: point de saillies fragiles, le travail est

tel que le permettait la matière, et le tout est compris de manière à résister le plus possible aux efforts du temps.

Dans les monuments des Grecs et des Romains construits en marbre, matière plus facile à tailler, on voit les moulures se compliquer, et l'ornementation et même la statuaire prendre des formes plus délicates et par conséquent devenir plus altérables par le temps.

Si l'art décoratif s'est perfectionné sous le rapport de la forme, en passant de l'Égypte à la Grèce et à Rome, il a perdu de sa gravité et de son caractère de durée. La facilité du travail des matériaux tendres dont les modernes font usage leur a facilité l'abus de la richesse; ils ont répandu avec profusion les ornements sur leur architecture, mais leur travail périt bientôt avec la matière qui s'est si facilement prêtée à la satisfaction de leur caprice. Ce qui précède nous amène à conclure que l'emploi des diverses natures de pierres, aussi bien que leur ornementation, est déterminé par leurs qualités et leurs dimensions naturelles.

---

## CHAPITRE DEUXIÈME.

### DES PIERRES ARTIFICIELLES.

Suivant notre auteur, le résultat des premières tentatives faites pour suppléer à la pierre dans certaines localités où l'on se trouvait dans la nécessité de remplacer cette matière, soit à cause de la mauvaise qualité de celle qu'on y trouvait, soit par son absence, a été la découverte des briques crues, c'est-à-dire d'un composé de terre et de paille hachée, moulé en forme de parallépipèdes rectangles, et séché à l'air au lieu de l'être au feu comme les briques ordinaires que nous connaissons et qu'on désigne par opposition sous le nom de briques cuites (1).

La simplicité de la fabrication et l'économie qui en est la conséquence firent d'abord adopter ces matériaux; mais, soit à cause de la longueur du temps nécessaire à leur dessiccation complète (2), soit à cause de leur solidité comparativement médiocre, les anciens, qui ont si bien témoigné, par leurs monuments, de leur goût pour les choses

(1) Rondelet, tome I, page 94.

(2) Id., ib., page 97.

durables, recherchèrent un moyen de faire disparaître ces défauts; pour cela ils eurent recours à la cuisson par le feu de ces mêmes briques, dont le prix se trouva alors augmenté, mais qui, comme le marbre et la pierre, ont traversé les siècles pour nous transmettre les beaux principes de construction que nous a légués l'antiquité.

Si les briques crues qu'on faisait alors ne pouvaient être employées que longtemps après l'époque de leur fabrication, c'est que leurs dimensions étaient telles, que l'évaporation de l'humidité qu'elles contenaient ne pouvaient s'effectuer que très-lentement (1).

Quant à la durée, s'il s'agissait de constructions monumentales à faire en employant la brique crue, nous n'insisterions point sur cet article; mais comme la durée de ces briques, restreinte dans ce cas, peut être estimée longue, si on les considère dans leur application à des constructions d'un ordre inférieur, à des maisons rustiques par exemple, nous avons cru devoir ajouter quelques notions sur ce genre de constructions (2), que Rondelet regarde comme inadmissible sous un climat froid et pluvieux (3), et dont le plus grand inconvénient, ce nous semble, est de nécessiter, par l'épaisseur indispensable aux murs, une superficie de terrain qu'il est, quelquefois aussi, indispensable de ménager.

*Des briques en mortier et des carreaux de plâtre.*

Ici (4) Rondelet fait connaître le procédé de M. de la Faye pour faire des briques en mortier, leur composition et la méthode de moulage employée, ainsi que les circonstances dans lesquelles elles peuvent être mises en œuvre, soit à défaut de briques cuites, soit pour former des cloisons plus légères que celles qu'on obtiendrait par l'emploi de ces dernières.

Les carreaux de plâtre se trouvent à peu près conçus dans les mêmes données, et peuvent être appliqués avec grand avantage à la formation des cloisons lorsqu'il s'agit d'appartements qui doivent être immédiatement occupés, et que l'on veut éviter l'insalubrité qui résulte de l'humidité que l'évaporation des plâtres frais répand dans les habitations.

(1) Rondelet, tome I, p. 97.

(2) Supplément, tome I, page 67.

(3) Rondelet tome I, p. 94.

(4) Id., ib., page 101.

*Du pisé.*

Comme les constructions en briques crues, celles en pisé, dont parle Rondelet, tome I, page 103, joignent, à l'avantage de ne point fournir d'aliment aux incendies, celui d'être très-salubres par l'obstacle qu'elles offrent aux brusques changements de température, et doivent être, pour ces raisons, très-propres à la formation des bâtiments agricoles et des habitations rurales.

« Lorsque les murs en pisé sont bien faits, dit Rondelet, ils ne forment qu'une seule pièce ; et lorsqu'ils sont revêtus à l'extérieur d'un bon enduit, ils peuvent durer plusieurs siècles. »

Il cite, à l'appui de cette opinion, un fait dont lui-même a été le témoin : c'est qu'après cent cinquante années d'existence, les murs d'un château, bâti en pisé, dans le département de l'Ain, qu'il avait été chargé de restaurer, avaient acquis une dureté et une consistance égales à celles des pierres tendres de moyenne qualité, telles que la pierre de Saint-Leu.

Cette opinion ne peut-elle pas être regardée comme une contradiction de ce qu'il dit lui-même au sujet des briques crues, tome I, page 94, et donner un nouveau poids aux faits rapportés tome I, page 67 du Supplément ?

Après avoir donné un aperçu de ce que sont les constructions en pisé, Rondelet passe aux moyens de le fabriquer, sur lesquels il donne des instructions assez étendues, et qu'il est intéressant de consulter, tant sous le rapport de la manipulation et de l'emploi de cette matière, que sous celui des observations qu'il a été à même de faire par suite de sa propre expérience.

*Des briques cuites (1).*

Les qualités remarquables des briques obtenues par la simple dessiccation à l'air n'ont pas tardé à faire place à d'autres plus importantes. Il a suffi pour cela de provoquer une dessiccation plus prompte, plus uniforme et plus complète que celle qui résultait du traitement ordinaire auquel on soumettait le mélange ; le feu a été l'agent employé.

(1) Rondelet, tome I, page 110.

Il est résulté de cette modification que les nouveaux matériaux obtenus ont renfermé des propriétés telles que leur usage s'est répandu presque à l'égal de celui de la pierre, et non-seulement dans les constructions ordinaires, mais même dans les monuments les plus considérables. Par ce nouveau procédé la fabrication est devenue plus dispendieuse, il est vrai, mais on a trouvé en échange une durée et une force au moins égales à celles de la pierre. Ainsi cette nouvelle espèce de matériaux a pris rang parmi ceux destinés à former les édifices de premier ordre, et a restreint l'usage des briques crues aux constructions où l'économie du moment est préférable à ces qualités de force et de durée, qui, pour certains établissements, sont en effet surabondantes.

L'origine de l'emploi des briques cuites remonte à une très-haute antiquité; elles furent successivement en usage chez les Égyptiens, les Grecs et les Romains, et s'appliquèrent aux constructions, en raison de leur forme et de leurs dimensions, toujours à faire des supports verticaux chez les premiers, soit qu'elles formassent le plein de la maçonnerie, soit qu'elles ne fussent appliquées que comme revêtement; les Romains, outre ces usages, en formèrent des voûtes, dont leurs prédécesseurs avaient ignoré le principe.

Ce ne fut que dans les rares occasions que ces peuples l'employèrent exclusivement à la construction des édifices, et on trouve, en général, la pierre jouant, comme il lui convient, le rôle principal, soit par sa force, soit par sa beauté; ainsi on la voit, comme au Colisée à Rome, constituer les supports principaux en même temps que la décoration architecturale, et marquer à la brique la place qui lui appartient près d'elle. C'est donc ordinairement comme remplissage qu'on l'utilisa chez les anciens; cependant on la voit aussi exclusivement employée à la construction des édifices entiers et du premier ordre, sinon au point de vue des dimensions, au moins à celui de la destination.

On a vu un exemple de ce mode d'application de la brique tome I du Supplément, page 71, et planche 20, fig. 13 et 14; c'est le temple du dieu Ridicule.

Là, matériaux de construction et de décoration, tout est en brique, et cependant le temps n'a fait ressortir aucun vice de ce mode de construction.

Examinant ce monument au point de vue de la construction, ce qui frappe d'abord, c'est la finesse des joints qui résulte, comme il

a été dit plus haut, de ce que les briques, concaves sur leurs lits pour recevoir le mortier, se touchent directement suivant leurs arêtes. Si les vides formés par les parties concaves des lits des briques pouvaient être exactement remplis de mortier incompressible et non sujet à réduction, elles porteraient, en effet, toujours, suivant toute la surface de leur lit, et pourraient conséquemment être appliquées de la même manière en toute circonstance; mais comme il n'en est point ainsi, la solidité, dans le cas dont il s'agit, ne doit être attribuée qu'au peu d'élévation des murs; cependant il est bon de noter ici un résultat important de ce système d'appareil, c'est que, à moins d'écrasement des briques, le sol étant d'ailleurs considéré comme inflexible, aucun tassement ne peut avoir lieu.

Quant à la décoration, on conçoit que, d'après leur mode de fabrication, les briques puissent recevoir telle forme qu'il convient de leur donner; on voit donc d'abord quel parti l'on peut tirer de la terre cuite sous ce rapport, et cela sans être entraîné dans les dépenses considérables qui résultent des tailles et de la sculpture de la pierre.

Les Romains firent une heureuse application et un judicieux emploi de la brique dans la construction de leurs voûtes; les qualités de la matière se prêtaient particulièrement à ce genre de travail. Plus légères que les pierres, les briques sont naturellement plus propres qu'elles à être établies au faite d'un édifice; à cet avantage elles joignent encore, par leur porosité qui leur procure une grande force d'adhérence avec les mortiers et le grand nombre de leurs joints, celui de neutraliser jusqu'à un certain point la poussée.

A l'époque de la Renaissance, les Italiens ont fait un fréquent usage de la brique dans leurs constructions: au fameux palais Farnèse à Rome elle forme un fond coloré sur lequel se dessinent les lignes d'architecture, telles que chaînes d'angles, bandeaux, corniches, socles et moulures de tout genre. Ce bel exemple de l'emploi judicieux de la brique est, à lui seul, suffisant pour démontrer la possibilité de tirer bon parti de ce genre de matériaux dans les constructions monumentales.

A Ferrare, quelques palais de la même époque sont entièrement construits en briques. On peut se convaincre, par la perfection d'exécution qui s'y fait remarquer, que ce parti peut être adopté sans inconvénient; cependant l'emploi qui en a été fait dans les exemples que nous citons

n'est pas à l'abri de la critique : entre autres parties défectueuses on y voit des chaînes en tout semblables à celles qu'on fait en pierre de taille. Ce genre de décoration résulte trop évidemment de propriétés qui ne sont pas celles des matériaux employés, pour qu'il soit convenable de l'appliquer dans le cas dont il s'agit; on aurait pu le remplacer par des pilastres, par exemple, mais non y figurer des refends.

La brique étant, par sa nature, pour ainsi dire, indestructible par le feu, est en ce sens préférable à la pierre; aussi s'emploie-t-elle exclusivement aujourd'hui dans la construction des cheminées et de tous les bâtiments que l'on veut mettre à l'abri des ravages de l'incendie. Elle est, comme nous venons de le dire, susceptible d'une telle adhérence avec les mortiers, que, s'ils sont de bonne qualité, les murs composés de ces matériaux de petites dimensions peuvent être en quelque sorte, au bout d'un certain temps, considérés comme d'une seule pièce.

Chez nous, l'emploi du plâtre conjointement avec la brique a amené dans la construction des voûtes une modification que nous avons cru devoir consigner ici. La propriété du plâtre d'augmenter de volume ayant mis dans la nécessité de ne fermer les voûtes qu'après que le plâtre déjà employé avait acquis le maximum de son augmentation, afin d'éviter la poussée qu'elle aurait exercée sur les piédroits, on perdait l'avantage qui pouvait résulter de cette pression pour l'union des matériaux entre eux et pour la solidité de la voûte : M. d'Olivier, capitaine du génie, a imaginé des briques de forme particulière au moyen desquelles on profite de la propriété d'expansion du plâtre, sans qu'il en résulte aucun inconvénient pour les supports (1).

Nous avons joint à ces exemples de constructions en briques diverses dispositions usitées en Toscane pour former des murs à claire-voie, comme murs de séchoirs, appuis, etc., afin d'indiquer combien ces matériaux peuvent recevoir d'applications diverses (2).

En résumé, la brique peut égaler la pierre en durée, ainsi qu'on peut s'en convaincre par l'examen des monuments antiques; en outre, elle a sur elle l'avantage de résister au feu; considérée dans ses qualités décoratives, elle peut, comme la pierre, recevoir toutes les formes qu'on veut lui donner, avec cette différence que ces formes qui résultent du

(1) Supplément, tome I, page 109; pl. XX, fig. 15, 16, 17 et 18.

(2) Voir Supplément, tome I, page 71; pl. XX, fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8.

moulage sont beaucoup moins dispendieuses que celles qu'on peut donner à la pierre.

---

### CHAPITRE TROISIÈME.

#### DU MORTIER (1).

Rondelet, dans ce chapitre, traite de la nature de la chaux, de ses qualités et de ses propriétés, ainsi que des procédés de calcination appliqués aux pierres pour opérer leur conversion ; il passe ensuite en revue les diverses espèces de sables ; puis il parle de la pouzzolane et du ciment ; enfin il fait connaître la manière de faire le mortier, entre autres les méthodes Lorient et de la Faye.

L'importance du rôle que joue le mortier dans les constructions est assez facile à concevoir ; c'est le lien qui de parties distinctes doit former, en les unissant, un tout solide et durable. Dans les édifices en pierre de taille, à la vérité, où le poids et la direction des surfaces constituent principalement la stabilité, il ne sert point tant à unir les pierres qu'à en régulariser l'assiette ; cependant, en remplissant les vides formés par les piqûres des lits, il forme obstacle au glissement des assises les unes sur les autres.

Certains monuments antiques, postérieurs à la découverte de ce précieux intermédiaire, à une époque où l'art était dans sa splendeur, ont été construits sans son secours ; on n'a suppléé à son absence que par un surcroît de travail et par le soin qu'on a apporté à l'exécution. Nous reviendrons plus tard sur cette manière de construire des anciens, qu'il nous suffit d'indiquer en ce moment. Si, comme nous venons de le faire voir en citant les anciens pour exemple, l'emploi du mortier n'est pas indispensable dans les constructions en matériaux de gros échantillon régulièrement taillés, il les simplifie.

Au contraire, dans les constructions en petits matériaux dont le déplacement est facile, le mortier est indispensable ; et il faut qu'il soit de bonne qualité ; car, outre qu'il doit régulariser leur assiette, il faut qu'il les pénètre pour les unir par sa solidification et en former un tout com-

(1) Rondelet, tome I, page 115.

pacte et en quelque sorte indivisible. Sans un intermédiaire de cette nature, quel emploi eût-on fait du moellon, de la meulière si résistante, de la brique elle-même? Le mortier forme l'une des ressources les plus fécondes que l'architecture ait eu à mettre en œuvre : sans lui, le nombre de ses productions serait sans doute peu considérable; il a donc été, de tous temps, digne de l'étude la plus sérieuse, de rechercher les moyens de l'améliorer, en étudiant les propriétés des éléments dont il doit se composer, pour les assortir et les mélanger d'une manière convenable, et les employer ensuite selon leur nature.

Longtemps on n'a connu de cette partie importante de l'art de bâtir que ce que la routine peu clairvoyante nous en avait transmis; les précieuses recherches de M. Vicat sur ce sujet sont venues, en l'éclairant d'un jour nouveau, nous présenter des faits, et nous faire connaître les moyens de les produire, en nous mettant à même de distinguer les qualités propres aux divers ingrédients du mortier, les résultats qu'on obtient de tel ou tel mélange; en un mot, la faculté d'opérer avec certitude.

Nous avons donné, tome I<sup>er</sup> du Supplément, page 84, un aperçu des principaux résultats de ces recherches, les regardant comme indispensables pour compléter les notions que notre auteur a déjà données lui-même sur ce sujet.

---

## CHAPITRE QUATRIÈME.

### DU PLÂTRE.

Le plâtre est, comme la chaux, d'une grande utilité dans les constructions et est appliqué au même usage, c'est-à-dire à former un corps qui unit, par son interposition, les matériaux entre eux. Notre auteur a donné, sur la nature et les qualités de ce précieux élément de construction, des explications qui peuvent mettre à même d'apprécier toute son importance et de l'appliquer suivant ses propriétés (1).

Il a sur la chaux l'avantage de pouvoir former, à lui seul, un corps

(1) Rondelet, tome I, page 156.

solide au moyen de l'eau seulement et de durcir très-prompement; mais sa durée est beaucoup moindre. On l'applique, soit comme mortier, soit comme enduit. Dans les constructions usuelles, qui, par leur destination, ne comportent pas nécessairement l'emploi des matériaux de grandes dimensions, tels que la pierre, dont on se sert pour les édifices publics, le plâtre sert à décorer les façades construites en moellons. Ainsi appliqué, il se trouve à la vérité exposé aux pluies, qui le détériorent; mais sa durée est encore suffisante eu égard à la nature de l'édifice et à la dépense peu considérable qu'il occasionne comparativement à celle des décorations en pierre. Longtemps on en a fait un grand usage dans la construction des tuyaux de cheminée, quoique le feu en altère les qualités; mais on pouvait ainsi les élever en ne leur donnant que de faibles épaisseurs et sans charger les murs et les planchers qui les recevaient.

Cependant on a fini par reconnaître les inconvénients qui en résultaient et qui se manifestaient par des crevasses susceptibles d'occasionner de graves accidents. On a été ainsi amené à substituer la brique au plâtre dans la construction de ces tuyaux. Nous ferons connaître plus loin ce mode de construction, qui donne de très-bons résultats tant sous le rapport de la sécurité que sous celui de la solidité.

---

## CHAPITRE CINQUIÈME.

### DU BOIS.

Le bois est la substance dont se composent le tronc et les branches des arbres; c'est une des matières dont l'emploi est le plus général pour la construction des édifices de tous genres.

La formation et l'exploitation des bois, le temps où il faut les couper, les propriétés de certains arbres, les qualités de chaque espèce soumises à l'influence de la nature et de l'exposition du sol sur lequel ils croissent, les indices auxquels on peut reconnaître l'âge des arbres, les moyens à employer pour accélérer l'écoulement de leur sève et leur parfaite dessiccation, sont des connaissances très-importantes à acquérir pour un constructeur, et sur lesquelles Rondelet donne d'excellentes

notions (1). On doit concevoir combien il est nécessaire de porter son attention sur cette étude, puisque des soins apportés dans la culture des bois dépend leur bonne qualité, et que des soins apportés dans leur exploitation dépend leur durée et par conséquent celle des édifices dont ils forment les parties.

Par leurs natures diverses, les bois d'Europe et ceux des autres parties du monde peuvent être diversement employés dans les constructions suivant les lieux et les circonstances; l'étude de cette question importante est facilitée par Rondelet (2); et quoiqu'il soit bien reconnu que certains bois sont préférables aux autres et plus généralement employés dans les constructions, il est vrai aussi que certaines qualités qui se trouvent dans les derniers peuvent, dans beaucoup de cas particuliers, les faire admettre et même quelquefois les rendre préférables aux premiers.

Dans la construction des édifices, les bois sont employés ou comme parties intégrantes, ou comme moyens d'exécution. Dans le premier cas, ils servent à établir les fondations lorsque le sol n'offre pas une résistante suffisance; on en fait la charpente des combles, des planchers et des pans de bois; ils sont employés à la construction des escaliers et aux menuiseries qui décorent les intérieurs des édifices. Les bois sont employés également à la construction des ponts en charpente, à celle des estacades; enfin ils s'appliquent à une grande quantité d'ouvrages; et en ce qui concerne l'art du charpentier, ils remplacent, dans beaucoup de cas, la maçonnerie, soit par des motifs d'économie dans les dépenses, ou pour ménager la place; soit par l'obligation ou le désir d'une prompte jouissance. Comme moyens d'exécution on emploie les bois à former les échafauds, les cintres, les ponts de service, les batardeaux, les grues, cabestans, etc. Enfin ils sont d'un usage assez fréquent pour les rendre indispensables dans les travaux de tous genres que comprend l'art de bâtir.

(1) Rondelet, tome I, page 160.

(2) Id., ib., page 174.

---

## CHAPITRE SIXIÈME.

## DU FER (1).

De tous les matériaux qui entrent dans la construction des édifices, le fer est sans contredit celui qui, relativement à son volume, offre le plus de résistance; par cette raison il donne le moyen de faire des constructions solides avec des éléments de dimensions trop faibles pour se maintenir par eux-mêmes, et qui, rendus solidaires les uns des autres, acquièrent une stabilité suffisante.

C'est en ce sens, et comme moyen de liaison seulement, que, dans l'antiquité et jusqu'à ces derniers siècles, le métal avait été employé; encore les anciens n'en avaient-ils usé que très-sobrement, leurs principes de construction étant tels, que leurs édifices étaient parfaitement solides sans ces moyens; par suite nous verrons quels abus les modernes en ont fait.

Restant dans les limites que lui avait données son emploi comme moyen de liaison dans les édifices, ou comme ouvrages de serrurerie, tels que grilles, rampes, etc., le fer n'était pas moins déjà un des éléments essentiels et constitutifs de nos constructions, et il n'y en avait point, quelle qu'en fût la simplicité, où il n'entrât pour y jouer un rôle plus ou moins important; mais là ne devait pas se borner l'emploi de ce métal; car, sortant de ces limites, vers la fin du siècle dernier, il commença à recevoir des applications nouvelles, soit comme fonte, soit comme fer forgé; il remplaça dans beaucoup de cas le bois et la pierre: on le substitua au bois dans les planchers et les combles, et à la pierre dans la construction des arcs et des points d'appui. Là commença pour le fer une ère nouvelle qui a beaucoup contribué au développement de l'exploitation de cette matière; et réciproquement l'industrie du fer, par ce développement, a fourni aux constructeurs une infinité de ressources dont les applications se multiplient tous les jours, et dont on ne saurait prévoir le terme. Par les progrès qu'a déjà faits l'emploi du fer comme élément de construction, il nous paraît certain que, vu la grande variété des combinaisons auxquelles peut

(1) Rondelet, tome I, page 197.

se prêter cette matière, elle est appelée à opérer une révolution dans l'art de bâtir, révolution qu'il faut admettre, qui est déjà commencée, et qu'il appartient aux architectes de bien diriger pour qu'elle ne dégénère pas en abus par le faux emploi qu'on en pourrait faire, ce qui a déjà eu lieu, ainsi que le prouvent certains exemples existants.

Dans ces exemples, que nous nous abstiendrons de citer, on a fait, suivant nous, un mauvais emploi de la matière en imitant en fer, et sans nécessité, des formes qui ont trouvé leur origine dans l'emploi de la pierre ou d'autres matériaux qui ne peuvent avoir de solidité que sous un gros volume; on sera surpris, par exemple, de voir de grosses colonnes, de lourds entablements, etc., exécutés en fonte de fer, le tout peint en pierre pour donner le change, c'est-à-dire pour substituer au contre-sens un mensonge.

La vérité en tout est la meilleure loi à suivre; en appliquant ce principe à l'architecture en général, et en particulier au point qui nous occupe, on admettra avec nous que chaque matière doit affecter des formes qui lui soient propres et qui soient en quelque sorte déterminées par sa nature; c'est la leçon que nous recevons des anciens, et que nous devons suivre: or le fer étant, comme nous l'avons dit, une matière qui, sous un petit volume, donne comparativement beaucoup de force, c'est à faire des choses légères qu'il doit être employé, par exemple, à couvrir de grands espaces lorsque l'on veut réduire le plus possible les points d'appui.

Si nous avons parlé d'exemples blâmables en ce sens qu'on a fait un faux emploi du métal en lui donnant les formes et la couleur d'une autre matière, nous en pouvons citer d'autres aussi où, se tenant dans de vrais principes, on en a fait un usage judicieux. Parmi ces derniers on peut compter les nombreux magasins de Paris, où on en abuse cependant quelquefois, les serres chaudes, et les volières, où les rayons du soleil et les rayons visuels doivent rencontrer le moins d'obstacles possible, et qui nous semblent être de fort heureuses applications du fer à des édifices.

Rondelet (1) dit qu'il ne faut employer le fer que lorsque la nécessité le rend indispensable; il entend par là qu'il faut que les diverses parties d'un édifice puissent se maintenir sans le secours du fer, c'est-à-dire

(1) Rondelet, tome I, page 197.

qu'il faut tâcher de les combiner de manière à ce qu'elles se régissent entre elles sans auxiliaire, en un mot, que les efforts divers de ces parties se fassent mutuellement équilibre.

Quoi qu'il en soit de l'excellence de ce principe observé par les anciens, la complication de nos édifices modernes et l'économie qu'on apporte dans leur établissement obligent souvent à ne pas le suivre; alors, le fer judicieusement employé pour obtenir la stabilité nécessaire est le meilleur auxiliaire auquel on puisse avoir recours.

Le fer est sujet à se décomposer à l'air (1); cet effet a lieu à différents degrés, suivant les lieux, les cas et les diverses natures de la matière; d'ailleurs on peut le prévenir par des moyens déjà connus du temps de Rondelet, et par de nouveaux dont l'expérience a consacré l'usage.

Bien que le fer soit susceptible d'être altéré ou affaibli par la rouille, dont on peut toutefois le préserver, il a sur le bois un avantage incontestable, c'est son incombustibilité; aussi, pour cette raison, doit-on en prescrire l'usage pour tous les édifices dont on veut éloigner toutes chances d'incendie: déjà par ce motif son application a eu lieu dans plusieurs monuments nouvellement construits ou restaurés, et il est présumable qu'elle deviendra plus générale; car les perfectionnements apportés dans l'industrie des fers prennent une telle extension que bientôt les raisons d'économie même lui feront donner la préférence sur le bois; ce dernier, au contraire, devenant chaque jour plus rare et plus cher.

La fonte de fer, qui, dans ces derniers siècles, n'avait guère d'autre emploi que l'application qu'on en faisait à la confection de gros tuyaux de conduite, est devenue d'un usage très-fréquent; elle a servi à une infinité de travaux de tous genres, et notamment à la construction des machines; on en a fait, en ce sens, un emploi qui excite déjà l'admiration générale, et qui nous promet pour l'avenir encore d'autres merveilles.

Jusqu'à la fin du dernier siècle, la fonte de fer, en ce qui concerne l'ornementation, avait reçu très-peu d'applications; et sous ce rapport on s'était, pour ainsi dire, borné à en faire des plaques de cheminées, où étaient représentés en bas-reliefs des ornements ou des figures, les uns et les autres très-grossiers; mais les moyens employés depuis pour perfectionner la matière, en la rendant plus facile à travailler, l'ont amenée à ce point qu'on peut en faire tout ce qui se fait avec le bronze,

(1) Rondelet, tome I, page 197.

qu'elle peut recevoir au moulage toutes les formes imaginables, et que déjà on en a fait de très-nombreuses applications, soit comme sculpture d'ornement, soit même comme sculpture statuaire. Il suffit, du reste, de jeter les yeux sur ce qui a déjà été fait avec la fonte pour décorer nos édifices et nos places publiques pour juger du parti que peut tirer l'art de cette matière, aussi favorable que le bronze à la reproduction des formes les plus riches et les plus variées, aussi durable et beaucoup moins dispendieuse. C'est donc, comme moyen de construction et de décoration, en quelque sorte, un nouvel élément dont l'architecture doit profiter, mais avec discernement et en usant comme on doit user d'un métal résistant et capable de donner une très-grande force avec les formes les plus légères.

Rondelet entre dans les détails des études nécessaires pour décider les cas où les fers sont indispensables ; pour déterminer les formes et dimensions qu'il convient de leur donner, ainsi que la manière de les disposer (1). Il fait des observations essentielles sur la durée des fers, et sur les précautions à prendre pour les sceller dans la maçonnerie. Il donne un précis sur leur exploitation, leur fabrication et leur nature, et les causes des grandes différences qu'on remarque dans leur qualité. Il indique le genre de travail qui convient à chaque nature de fer, et termine le chapitre par des détails sur la préparation des fers de Suède, extraits de la *Chimie du fer* de Berzélius. Toutes ces notions, où se trouvent réunies à la science les connaissances pratiques du constructeur, viennent encore donner de l'intérêt aux études à faire pour employer avec parfaite connaissance de cause une matière qui, dans beaucoup d'édifices modernes, a été considérée comme l'âme des constructions, et qui, par les perfectionnements qu'elle a reçus de la science, peut fournir à l'art de bâtir les plus heureuses combinaisons, soit sous le rapport de la solidité qu'elle peut donner aux édifices, soit sous le rapport de la décoration, par les embellissements qu'elle peut leur fournir.

(1) Rondelet, tome I, page 197.

---

## DEUXIÈME SECTION.

RÉSULTATS D'EXPÉRIENCES FAITES POUR DÉTERMINER LA FORCE  
DES MATÉRIAUX.

## CHAPITRE PREMIER.

## DE LA FORCE DES PIERRES.

Rondelet, après avoir donné le moyen de reconnaître la pesanteur spécifique des corps, a réuni dans une table celles des granits, porphyres, marbres et albâtres les plus remarquables (1), ainsi que des résultats d'expériences faites pour s'assurer des différents degrés de dureté des matières employées au pavement des édifices (2). On conçoit quelle importance il y a à pouvoir établir ce rapport, afin de faire une application convenable de la matière qui, devant être soumise au frottement, doit résister par sa dureté.

Comme les épreuves faites dans ce sens ne peuvent déterminer d'une manière absolue les qualités des matériaux employés dans les constructions à un autre usage qu'à celui de pavement, Rondelet y a joint un tableau renfermant un grand nombre de pierres d'espèces différentes, et indiquant leur pesanteur et leur force de résistance à l'écrasement (3).

D'après ces notions, on peut aisément effectuer le classement des pierres suivant l'ordre qui leur est assigné dans un édifice par leurs qualités mêmes : ainsi l'on conçoit que les pierres les plus dures ou plutôt celles qui résistent le mieux à l'écrasement en occupent les parties inférieures, et que les autres y soient établies à des hauteurs en raison inverse de leur résistance. Cette distribution de la matière est d'autant plus rationnelle qu'en général les pierres les moins résistantes sont en

(1) Rondelet, tome I, page 203.

(2) Id., ib., page 208.

(3) Id., ib., page 215.

même temps les plus légères et les moins dures, et que, par conséquent, outre qu'elles chargent moins, elle se prêtent mieux à l'exécution des lignes et ornements d'architecture que les pierres de la base, qui, si elles n'en sont pas complètement dépourvues par leur position même, conservent au moins une grande simplicité comparativement aux parties plus élevées.

## CHAPITRE DEUXIEME.

### EXPÉRIENCES FAITES POUR DÉTERMINER LES FORCES D'UNION D'ADHÉRENCE ET DE RÉSISTANCE DU MORTIER ET DU PLÂTRE

Après ses études sur la résistance des pierres, Rondelet fait connaître celles qu'il a faites sur les forces du mortier et du plâtre pour résister à la compression (1), sur leur force d'adhérence, enfin sur leur force de cohésion.

Les résultats de ces expériences sont consignés dans des tables, où l'on peut faire ces remarques principales :

1° Que la force du mortier augmente avec le temps, tandis que celle du plâtre diminue;

2° Qu'au bout de six mois la force d'union du plâtre est d'un tiers plus considérable que celle du mortier; mais qu'après dix ou douze ans celle du mortier devient plus grande: de sorte qu'en moyenne, la force du plâtre peut être considérée approximativement comme étant les  $\frac{2}{3}$  de celle du mortier; et que ces forces, abstraction faite de la qualité du mortier et du plâtre, augmentent ou diminuent suivant la porosité et l'inégalité plus ou moins grande des surfaces des pierres qu'ils unissent;

3° Que l'adhérence du mortier est plus forte que sa cohésion, c'est-à-dire que si on soumet à un effort de traction deux pierres unies par du mortier, la séparation s'opérera au milieu de l'épaisseur du joint, et non suivant les surfaces, et que le contraire a lieu pour le plâtre.

On voit, ainsi que nous l'avons dit plus haut, que le plâtre employé comme liaison entre les matériaux est, par la promptitude de sa prise et par la déperdition de sa qualité à l'air extérieur, particulièrement

(1) Rondelet, tome I, p. 218.

convenable pour des constructions usuelles qui doivent s'exécuter promptement, et satisfaire au besoin d'une époque, peut-être d'une ou deux générations de durée, et auxquelles il serait onéreux dans le présent, et inutile pour l'avenir, de préparer une plus longue existence. En un mot, on peut en construisant avec le plâtre assurer, dès l'origine, aux constructions auxquelles on l'applique, une force qu'on n'obtient que plus tard en employant le mortier, et économiser ainsi le temps et l'argent, tout en satisfaisant à la condition de beauté, comme nous l'avons déjà dit plus haut ; en sorte que les constructions ainsi faites réunissent toutes les conditions désirables en rapport avec leur nature et leur destination.

Le mortier ordinaire, au contraire, composé d'éléments grossiers ne se consolidant qu'avec le temps, ne s'applique convenablement que comme liaison entre les matériaux, et convient particulièrement aux édifices destinés à satisfaire à des besoins auxquels le temps ne peut faire subir que de lentes modifications, et qu'il est de bonne économie de construire d'une manière durable. Dans ce cas la décoration, au lieu d'être en plâtre, comme nous venons de le dire, doit être comme le mur lui-même en pierre, et porter en elle le caractère de durée qui convient à l'édifice ; et cela d'autant plus nécessairement que ce serait manquer à sa destination que de la faire moins durable, puisque la décoration, qui doit être en harmonie avec la disposition, est une inscription muette qui a pour objet de communiquer aux sens les impressions qui doivent résulter de la destination même, et par là la faire concevoir.

---

## CHAPITRE TROISIÈME.

### QUALITÉS, FORCE ET PROPRIÉTÉS DES BOIS DE CHARPENTE.

Les bois devenant de plus en plus rares, il est indispensable d'apporter dans leur emploi la plus judicieuse économie : et pour que cette économie ne soit pas obtenue au préjudice de la solidité, il faut :

1° Que les constructions en charpente soient composées de bois sains et qui offrent les garanties de durée relative à la destination qu'on leur donne ;

2° Que toutes les parties en soient disposées de la manière la plus favorable à la position qu'elles reçoivent dans chaque combinaison ;

3° Enfin, que les dimensions en soient calculées d'après les fonctions de résistance qu'elles ont à remplir suivant chacun des cas particuliers auxquels on les applique.

Ces considérations importantes, mais toutes de pratique, sont parfaitement développées par Rondelet (1), et leur étude est indispensable pour pouvoir se livrer avec certitude à l'emploi d'un élément de construction dont l'usage est si général, qu'il n'y a pas d'édifices où il ne trouve son application.

Cette étude a paru d'une telle importance, que les hommes les plus illustres dans les hautes sciences y ont consacré de sérieuses expériences. Ainsi l'on voit Galilée appliquer le premier les lois de la mécanique à la résistance des solides en général ; Leibniz, faire après lui des recherches très-curieuses sur le même sujet ; Mariotte, Bélidor, Muschenbroeck viennent ensuite ; et enfin Buffon, qui réunit tous les moyens de faire en grand les expériences qui avaient manqué à ses prédécesseurs dans cette carrière.

L'emploi que les Grecs ont fait du bois et le parti qu'ils en ont tiré pour en former les principes de leur architecture, qui devint par suite celle de presque tous les peuples, nous font comprendre comment on doit entendre cette imitation de formes enfantées par le besoin, pour en déduire des principes qui sont les véritables règles de l'architecture. Ne voulant pas traiter ici complètement le point qui fait le sujet principal de notre introduction, nous nous bornerons à faire remarquer que la nécessité pour l'homme de se donner un abri l'a amené à trouver, dans les dispositions que ce besoin à satisfaire lui suggérait, des combinaisons qui furent pour lui, de tous temps et selon les progrès de l'esprit humain, l'application qu'il pouvait en faire à l'architecture selon les lois générales de la nature et les facultés de son intelligence.

On ne saurait admettre que les hommes, dans les premiers temps où ils se réunirent en société, et ayant alors besoin de constructions plus solides et plus étendues, aient, dès ce moment, imaginé de

(1) Rondelet, tome I, page 226.

créer avec l'emploi de la pierre un ensemble de combinaisons raisonnées qui ne peuvent être que le produit de la science; on ne peut admettre non plus que des combinaisons aussi compliquées puissent être attribuées au hasard, et encore moins que ce hasard ait donné naissance à un ensemble de combinaisons imitatives, où chaque partie a sa raison et son principe tiré d'un besoin satisfait par l'application plus ou moins étendue des simples notions de la stabilité instinctive.

C'est à la nécessité de se former des abris qu'il faut attribuer l'origine de l'architecture, et c'est dans la nature des matériaux employés qu'on trouve la raison des combinaisons qui déterminèrent leurs fonctions et leurs rapports. Partout où il y eut des forêts, l'élément primitif de construction fut le bois. Cherchant l'influence que cet élément put avoir ensuite de développement avec les progrès de la civilisation, on voit que son application dut être très-grande, car il est dans la nature du bois de se prêter à toutes les combinaisons, par un travail facile et avec plus ou moins de dépenses, aux exigences et aux progrès des sociétés. Ce fut ainsi que les Grecs façonnèrent peu à peu, suivant les convenances dictées par la nécessité, l'œuvre rustique formée d'abord d'éléments grossiers comme leurs habitudes, mais que leur génie en se développant sut aussi améliorer et perfectionner en lui donnant des formes plus déterminées, en rapport avec la marche progressive de leur civilisation.

Ceci, qui est tout simplement de l'histoire écrite d'après nature, prouve qu'il n'y eut rien de fortuit dans les premiers pas faits par les Grecs dans l'art de bâtir, et que ce fut tout simplement la conséquence naturelle dérivant de causes qui ont leur source dans la nature.

De ces faits incontestables on peut conclure que la charpente fut et dut être la construction habituelle; mais, comme l'art de travailler le bois comporte de nombreux degrés, on ne saurait dire combien de temps les Grecs mirent à épurer les formes d'ensemble et de détail de leurs édifices, pour les amener de leur grossièreté primitive à la perfection à laquelle ils sont arrivés plus tard.

Si cela n'a pas d'importance pour l'étude de la construction, il n'est pas plus nécessaire de connaître à quelle époque la pierre vint prendre la place du bois; ce qu'il est bon de constater c'est que, longtemps après que la pierre eut pris la place du bois, il est certain que ce dernier

continua à être employé conjointement avec elle dans les édifices des Grecs, ce qui est prouvé par les précieux restes que nous retrouvons encore de ces édifices.

Nous n'avons parlé ici succinctement des causes originaires de l'architecture grecque, que pour faire connaître de quelle importance le bois a été dans les constructions chez les Grecs, et comment les combinaisons qui résultèrent de l'emploi de cette matière purent dans la suite servir de modèle à celles qui furent exécutées en pierre.

Le bois a donc incontestablement donné naissance à l'architecture grecque, qui est devenue l'architecture universelle; et si nous ne pouvons croire, avec M. Quatremère, qu'il ait aussi produit entièrement l'architecture du moyen âge dite gothique, nous avons au moins, en ce qui concerne l'architecture grecque, une preuve de plus que l'esprit d'imitation domine dans les actions de l'homme; qu'il ne crée rien dans le vrai sens du mot, et qu'il lui faut dans toutes ses œuvres un antécédent, qu'on ne connaît pas toujours parce que le temps en a effacé la trace.

Une des qualités qui donnent au bois l'avantage sur la pierre, c'est la propriété qu'il a de se prêter aux combinaisons les plus simples et les plus composées : la pierre ne peut être appliquée à de grandes portées sans être exposée à se rompre; en raison de sa contexture et de sa grande pesanteur, son transport et son élévation sont difficiles; le bois, au contraire, se prête également à couvrir les grands espaces et les petits; sa légèreté, son élasticité, sa force jointe à la facilité avec laquelle il se travaille, lui constituent l'ensemble des qualités propres à l'art de bâtir : employé comme point d'appui ou en butée, conditions les plus favorables à sa nature, il donne les meilleurs résultats possibles; employé comme plates-bandes et tirants, il offre encore dans ces conditions de très-grands avantages; toutefois comme le plus souvent, dans ce cas, il est dans une position qui favorise la flexion, nous ferons connaître, en traitant de la charpente, comment on peut remédier à cet inconvénient par des combinaisons ingénieuses que permet le bois lui-même, et comment aussi, admettant toujours ces combinaisons, dans quelles conditions certaines parties peuvent être avantageusement remplacées par du fer et, par l'emploi simultané des deux matières, se trouver l'une et l'autre dans les conditions les plus favorables à leur nature.

Après avoir fait connaître les qualités par lesquelles le bois doit d'avoir la supériorité sur la pierre, il est juste de dire aussi quels sont ses côtés défectueux. S'il donne la possibilité de construire facilement, promptement et avec économie des édifices de tout genre, il a l'inconvénient de ne pas donner à ces édifices ou aux parties dans lesquelles il est employé le caractère de durée qui appartient à la pierre, laquelle seule, par ses qualités presque inaltérables, peut éterniser les constructions élevées par les hommes. L'état dans lequel sont arrivés jusqu'à nous les monuments de l'antiquité est une preuve irrécusable de ce fait : la pierre a résisté aux siècles, et on ne trouve plus vestiges de bois.

On peut attribuer ce résultat à deux causes principales : la détérioration inhérente à la nature du bois, et sa combustibilité.

Le bois s'altère de lui-même, et la pourriture s'y propage plus ou moins vite, suivant les cas et les lieux où il se trouve ; sa décomposition se manifeste, soit dans les chantiers où on le dépose, soit après la mise en œuvre. Des courants d'air trop rapides et trop secs, trop de chaleur, l'humidité, et plus encore des alternatives de sécheresse et d'humidité, sont les causes qui agissent sur lui le plus puissamment et produisent sa détérioration.

On prévient l'altération des bois dans les chantiers en les mettant à couvert et dans des conditions qui neutralisent les causes qui la produisent : les divers moyens en pratique dans ce cas sortant de la théorie, nous renvoyons au chapitre pratique relatif à ce sujet (1).

Les bois mis en œuvre sont exposés aux mêmes causes de destruction ; même dans l'intérieur des édifices, ils peuvent être sujets à se pourrir partiellement, si l'humidité pénètre dans les assemblages ou si les extrémités sont engagées dans des maçonneries de construction trop récente ou exposées aux influences des pluies. Nous nous bornerons ici à dire qu'il est de la plus haute importance de prévenir ces causes par des moyens que notre auteur indique, et qui consistent en général à mettre les bois à l'air et hors du contact de tout corps humide, et autant que possible à ne pas les enfermer, comme cela se pratique tous les jours dans toutes les constructions. En cela nos ancêtres agissaient bien plus sagement que

(1) Rondelet, tome I, page 160.

nous : l'antiquité, le moyen âge et la renaissance nous donnent des leçons que nous eussions dû suivre ; car si nous retrouvons encore des charpentes d'édifices de ces diverses époques, c'est que d'abord les plus grands soins avaient été apportés dans le choix et l'emploi de la matière, et qu'ensuite les bois des combles, des voûtes et des planchers n'étaient jamais enfermés dans les maçonneries. Fidèles en cela à ce principe de vérité qui caractérise leurs œuvres, ils laissent leurs bois apparents ; ils en perpétuaient ainsi la durée, et y trouvaient des motifs de décoration qui, ayant pour principe la construction, satisfaisaient tout à la fois le goût et la raison.

La combustibilité du bois, qui est peut-être la principale cause de destruction de la plupart des édifices où il est employé, est un des côtés par lesquels la pierre a sur lui un grand avantage ; de tous temps des édifices, des villages, des villes même ont été la proie des flammes, et le bois entrant pour tout ou partie dans les constructions, a toujours été le principal aliment de l'incendie. Beaucoup de tentatives ont été faites pour rendre les bois incombustibles. Les dissolutions salines, les mastics et les enveloppes de feuilles de métal, outre que leur application n'atteint pas le but qu'on se propose, celui d'empêcher la combustion, et ne fait, tout au plus, qu'en retarder pour un moment les effets, ces moyens, ou certains d'entre eux au moins, ont l'inconvénient très-grave d'attirer, de retenir l'humidité, et de ne résister qu'aux premières atteintes des flammes.

---

## CHAPITRE QUATORZIÈME.

### QUALITÉS, FORCE ET PROPRIÉTÉS DES FERS.

Rondelet, dans ce chapitre, fait connaître les résultats d'expériences faites pour déterminer la force des fers éprouvés par la traction, et indique le poids et la force du fer en raison de sa grandeur et de sa qualité (1). Il rapporte des expériences faites sur la roideur de barres de fer exposées horizontalement sur deux appuis, et donne des tables indiquant les résultats d'expériences comparatives faites sur des

(1) Rondelet, tome I, page 275.

barres de fer forgé, de fer fondu, de bois de chêne et de bois de sapin, posées horizontalement sur deux appuis. Il donne en outre des notions sur la résistance du fer éprouvé par la pression, et sur la force des fers placés dans une direction oblique.

Dans une seconde partie du même chapitre, notre auteur fait connaître quels sont les effets du froid et de la chaleur sur les métaux et autres matières, et donne, d'après divers auteurs, les mesures de la dilatation qu'éprouvent l'or, l'argent, le cuivre, l'acier, le fer forgé, la fonte de fer, l'étain, le plomb, le verre et la pierre, depuis le terme de zéro jusqu'à celui de l'eau bouillante (1) ; il rapporte ensuite les expériences du marquis de Poleni sur le même sujet, et donne quelques notions sur la condensation des matières exposées à l'action d'un froid rigoureux. Il termine par une remarque sur certaines observations faites à ce sujet, et sur les conséquences qu'on peut en tirer pour les constructions, et particulièrement pour l'emploi de la pierre, où, en raison de la grande épaisseur sous laquelle elle est employée, l'effet de dilatation est, pour ainsi dire, anéanti.

Cependant, si la température n'agit pas directement sur les pierres avec assez de puissance pour qu'on doive attacher quelque importance à ses effets, il résulte de leur texture perméable que l'action du froid sur l'humidité dont elles sont imprégnées peut occasionner la désunion des molécules qui les constituent par l'augmentation de volume qui résulte de la congélation, et les détruire ainsi successivement en les attaquant à la surface.

On sent, en raison de cette observation, combien il est nécessaire, avant de faire une construction quelconque, de s'assurer de la résistance que peuvent offrir aux gelées les pierres à employer, c'est-à-dire de constater, par des épreuves, leur degré de gelivité qui doit les faire admettre ou rejeter suivant le climat aux influences duquel elles auront à résister.

Sans cette connaissance préalable de la qualité de la matière avant son emploi, on s'exposerait à voir, après quelques hivers, les édifices qui en seraient formés présenter déjà des traces de destruction qui feraient présager avec raison une ruine prochaine.

Pénétrée des avantages qui pouvaient résulter de ces recherches, la

(1) Rondelet, tome I, page 302.

science s'est mise à l'œuvre et a trouvé la possibilité de s'assurer du degré de gelivité des pierres, en produisant, par d'autres moyens toujours applicables, des effets semblables à ceux qui sont la conséquence des gelées.

Rondelet fait à ce sujet la description d'un procédé de l'invention de M. Brard, minéralogiste, à l'aide duquel on peut se rendre un compte exact de la manière dont le froid agira sur telle ou telle pierre (1); il y joint le compte rendu des expériences faites à l'inspection générale des carrières de Paris sur les pierres d'appareil, sur les marbres, les briques et les mortiers antiques et modernes, par M. le vicomte Héricart de Thury (2), avec les tableaux indiquant les résultats obtenus pour les divers matériaux éprouvés; enfin il termine cet article par une instruction pratique pour essayer les pierres d'appareil d'après le procédé de M. Brard (3): les moyens à employer sont simples et de nature à ne donner que des résultats certains. En effet, on opère au moyen d'une dissolution de sulfate de soude dont on imbibe la pierre; ce corps la pénètre ainsi facilement, vu la division de ses parties; mais en reprenant sa force primitive par l'évaporation du dissolvant, il augmente de volume comme l'eau en passant à l'état de glace, et agit par conséquent d'une manière identique.

De tout ce qui précède on doit conclure qu'il est de la plus grande importance pour un architecte de bien connaître les matériaux, tant ceux propres à bâtir, que ceux qui, par leur richesse ou leur rareté, ne peuvent entrer dans la construction des édifices que comme revêtements ou ornements.

Leur nature, leurs dimensions, leurs formes, sont autant de points qu'il faut particulièrement étudier pour en faire un bon emploi; car c'est de la judicieuse application qu'on peut en faire dans les innombrables variétés que présente l'art de bâtir, que les édifices reçoivent, en résultat, la plus grande solidité, avec le moins de frais possible.

Les matériaux, suivant leur nature, ayant des destinations qui leur sont particulières, et étant par cette raison propres à recevoir des formes spéciales, il s'ensuit qu'ils exercent par cela même une grande influence sur les divers caractères que peuvent en recevoir les édifices,

(1) Rondelet, tome I, page 307.

(2) Id., ib., page 312.

(3) Id., ib., page 319.

non-seulement sous le rapport de l'aspect, mais aussi sous celui de leur disposition et de leur distribution; car, suivant les matériaux dont on peut disposer, et qui sont habituellement ceux que fournit la localité où l'on doit bâtir, on doit rechercher, tout en satisfaisant avant tout aux convenances du programme, à le faire au moyen des combinaisons les plus propres à procurer le meilleur emploi des matériaux : c'est ce qu'enseignent la raison, le goût et le principe d'économie, qu'on ne doit jamais oublier lorsqu'on est appelé à ériger des édifices, même ceux qui, par leur importance et leur destination, sont susceptibles de la plus grande magnificence.

Mais si les principes de sagesse, d'économie, de goût et de raison nous enseignent à agir ainsi, l'expérience de tous les temps nous apprend que c'est ainsi qu'ont toujours fait nos prédécesseurs, lorsqu'aux plus belles époques des arts, ils érigeaient des édifices qui ont excité et excitent encore aujourd'hui l'admiration universelle. Une des qualités qui font distinguer toutes ces œuvres, c'est que leurs auteurs s'étaient donné, comme condition première, de les former autant que possible des matériaux qui se trouvaient sur les lieux; et c'est par le bon parti qu'ils savaient en tirer qu'ils ont fait parvenir jusqu'à nous des édifices où la raison se montre partout, et où l'économie est toujours satisfaite.

L'expérience nous prouve donc que les qualités des matériaux, par le bon emploi qui en a été fait, ont eu la plus grande et la plus heureuse influence sur la disposition, la forme et le caractère des édifices, et qu'où il n'y a pas de matériaux, les édifices sont rares, parce que les éléments nécessaires à leur érection étaient difficiles à obtenir. Mais la plupart de ces édifices doivent leur existence à la facilité avec laquelle on pouvait se procurer la matière nécessaire pour les produire; c'est donc par conséquent aussi à cette circonstance que les villes elles-mêmes doivent en grande partie leur développement et leur prospérité; car, malgré toutes les causes morales, politiques et religieuses qui déterminent l'origine et la position des villes, Thèbes, Athènes, Rome et Paris même n'auraient pas atteint le développement et le degré de magnificence auquel elles sont arrivées, si elles n'eussent été fondées dans les localités fournissant abondamment les matériaux propres à bâtir.

## LIVRE DEUXIÈME.

## CONSTRUCTION EN PIERRES DE TAILLE.

## CHAPITRE PREMIER.

## DE L'APPAREIL DES CONSTRUCTIONS ANTIQUES.

Dans ce chapitre, Rondelet passe successivement en revue les différents genres d'appareil connus et pratiqués par les anciens pour la construction des murs (1); il fait d'abord ressortir le caractère des constructions primitives, et surtout de celles des Égyptiens, qui consistait dans l'emploi de matériaux de grande dimension, posés, en général, sans intermédiaire d'aucun mortier ou ciment. Il résultait de ce mode de construction :

1° Que le travail était moins considérable qu'il ne l'eût été pour arriver au même résultat avec des matériaux de petite dimension ;

2° Que le petit nombre d'éléments dont un édifice était composé permettait de les disposer entre eux de manière à ce que chaque effort trouvant une résistance directe ne pût, par sa permanence, augmenter son action en raison de l'affaiblissement par le temps des parties résistantes, et leur assurait par conséquent une stabilité en quelque sorte éternelle ;

3° Que ces éléments n'ayant qu'un faible développement de surface, eu égard à leur volume, ne présentaient que peu de prise à la destruction, et étaient en même temps en état de résister, par leur masse, aux accidents qui eussent été susceptibles, dans d'autres circonstances, de porter atteinte à la stabilité de l'ensemble.

Alors la matière était employée de la manière la plus avantageuse eu égard aux besoins de ces temps primitifs ; au reste, le temps lui-même, en respectant les monuments de cette époque, a fait ressortir la valeur des principes suivant lesquels ils avaient été érigés.

Cependant, soit par la nature des roches, soit par un besoin d'élégance

(1) Rondelet, tome II, page 1.

qui ne paraît pas s'être fait vivement sentir en Égypte, soit aussi à cause de cet esprit d'imitation qui amena les Grecs à traduire en pierre les monuments qu'ils avaient d'abord élevés en bois, ce qui n'avait pu avoir lieu en Égypte, vu l'absence de ce précieux élément de construction, soit peut-être pour toutes ces causes à la fois, la Grèce ne produisit ses édifices que par l'assemblage de matériaux de moindres dimensions : aussi furent-ils moins durables que ceux de l'Égypte. On trouve dans Rondelet les différentes combinaisons de ces parties (1) suivant leurs positions respectives, verticales, horizontales ou inclinées. Plus tard, l'apparition des voûtes compliqua ces combinaisons, au point qu'on en vint à ne plus pouvoir les effectuer qu'à l'aide des lumières de la science, qui peu à peu se substitua, pour ainsi dire, à la matière; celle-ci, réduite aux moindres dimensions possibles pour la stabilité dans le présent, compromit sérieusement la solidité pour l'avenir.

Quant au mode d'exécution, les pierres furent taillées dans l'origine; leurs surfaces, dressées avec soin, s'appliquèrent directement l'une sur l'autre, et cela même après la découverte du mortier, ce puissant auxiliaire indispensable de nos jours.

La raison que pouvaient avoir les anciens d'agir ainsi était qu'en employant des matériaux d'une grande dimension qui ne présentaient à l'œil que des surfaces unies, l'épaisseur des joints en mortier dont l'emploi n'était point indispensable, eût, soit dès le présent, soit dans l'avenir, en attirant l'œil sur des lignes auxquelles souvent on n'avait point eu égard dans la composition, détruit jusqu'à un certain point l'aspect architectural qu'on avait projeté d'imprimer à l'édifice.

Le fini des surfaces, au moyen duquel les pierres se sont alors en quelque sorte unies l'une à l'autre, aurait certainement été suffisant si l'on n'avait considéré que l'état de repos sans songer aux événements accidentels, comme les tempêtes, les tremblements de terre, etc., qui pouvaient un jour mettre à une rude épreuve la solidité de ces édifices. Aussi a-t-on jugé nécessaire d'aviser, au besoin, aux moyens de maintenir en état d'équilibre les éléments qui les constituaient : on s'est servi pour cela de crampons de bronze qui, en empêchant le glissement des pierres, les empêchaient de sortir de la verticale, et remplissaient ainsi le but qu'on s'était proposé. Quelquefois, au lieu de ces pièces de métal d'un

(1) Rondelet, tome II, page 3.

usage très-répandu dans l'antiquité, l'encastrement des pierres se faisait directement, c'est-à-dire que les parties saillantes et concaves correspondantes étaient ménagées dans les faces en contact, ce qui donnait le même résultat.

Plus tard, les difficultés qui surgissaient de la condition de dissimuler les joints, et peut-être aussi un sentiment de répugnance pour cette dissimulation même, ont fait trouver le moyen d'en tirer parti pour la décoration, et de revenir à une expression plus franche de la vérité; de là, les lignes de refend qui, en permettant de simplifier l'exécution par l'emploi du mortier, réunissent encore à l'avantage décoratif celui de mettre le joint à l'abri des dégradations du temps. Ce n'est plus le nombre des pierres qui se trouve dissimulé, mais bien l'inévitable irrégularité du joint, qui tôt ou tard se manifeste et se trouve cachée dans l'ombre du refend; en sorte que tout ce qui apparaît est vrai et se présente sous le meilleur aspect, tandis que, dans le premier cas, la vérité qui se faisait jour ne pouvait que déplaire à la vue, puisqu'on avait senti le besoin de la dissimuler à défaut du moyen de la rendre agréable.

Toutefois, ce progrès ne s'étendit pas d'abord jusqu'aux pilastres et aux colonnes auxquelles on voulait conserver l'aspect que comportait leur origine; cependant l'antiquité fournit quelques exemples de déviation à ce principe.

Ce ne fut guère qu'à l'époque de la Renaissance que l'habitude se répandit d'accuser la construction de ses supports, soit par des refends ou des bossages, comme au palais du Luxembourg, à l'imitation du palais Pitti à Florence, soit par la saillie de certains tambours qui peuvent être considérés comme des anneaux destinés à en relier ostensiblement entre elles les parties dont ils étaient formés, ainsi qu'on le voit au Louvre et aux Tuileries.

Considérés comme anneaux ou colliers, ce qui nous paraît la manière la plus favorable d'envisager ces tambours saillants, il reste à savoir si cette idée une fois admise n'eût pu être rendue avec plus de vérité et de convenance qu'elle ne l'a été dans les exemples précités. Qu'on examine les propriétés de la pierre, on n'en trouve point qui lui permette de résister dans ces conditions à un mouvement qui exercerait sur elle un effort de traction; on comprend déjà que le métal eût été, d'après ces considérations, d'un emploi convenable dans cette

circonstance ; ainsi peut juger la raison ; les yeux se trouveraient-ils d'accord avec elle ? Sans l'affirmer, nous le croyons.

D'après ce qui vient d'être dit, on voit que le système de décoration à l'aide de refends et bossages résulte et du mode d'assemblage des pierres et de leurs formes ; cependant, quoique leur origine soit évidente, elle a été méconnue de certains constructeurs, qui ont eu le tort de l'appliquer sans avoir égard aux joints des pierres, qui finissent un jour par protester contre cet abus, en détruisant par leur dégradation le bon effet qu'on se croyait en droit d'en attendre.

Nous avons donné, planche I du Supplément, quelques exemples de constructions antiques de la Grèce qui réunissent les principaux genres d'appareils, tels que l'appareil polygonal irrégulier dit cyclo péen, et l'appareil rectangulaire simple à refends et à bossages par assises alternativement grandes et petites.

---

## CHAPITRE DEUXIÈME.

### PRINCIPES DE L'APPAREIL POUR LES MURS, PILIERS ET MASSIFS EN PIERRES DE TAILLE.

Après avoir défini la stabilité et donné quelques notions sur le phénomène de la pesanteur des corps et sur leur centre de gravité, Rondelet en déduit la forme et la position à donner aux pierres de taille qui doivent former les murs et pieds-droits, comme aussi le rapport qui doit exister entre leurs dimensions, pour qu'elles offrent de la stabilité et qu'elles soient en même temps à l'abri des ruptures ; il fait connaître ensuite une nouvelle méthode pour l'appareil des massifs et revêtements en pierre de taille. Cette méthode consiste, lorsqu'on a à construire en pierre de taille des piliers ou massifs d'une grandeur considérable, à incliner légèrement les lits des pierres, de l'extérieur à l'intérieur, afin d'augmenter la stabilité de l'ensemble (1) ; dans ce cas, pour éviter les angles aigus qui ne sont jamais sans inconvénient, surtout à l'extérieur, on donne aux faces un léger talus qui fait disparaître ce défaut.

(1) Voir Rondelet, tome II, page 19, et planche XIV, fig. 1.

Rondelet regarde avec raison cette méthode comme particulièrement applicable aux murs de soutènement, tels que murs de terrasse, de remparts, etc. ; nous donnons dans les planches VII, VIII et IX quelques exemples de murs construits d'après ce principe, et qui mettront à même de comprendre les applications qui peuvent en être faites. Dans l'exemple de la planche VII, les murs et les contre-forts sont appareillés de la même manière ; mais dans l'exemple de la planche IX, où il s'agissait de maintenir les talus d'une tranchée pratiquée dans un terrain dont la partie supérieure est occupée par un rocher d'une grande épaisseur qui repose sur un terrain glaiseux, humide à sa couche supérieure, on conçoit qu'il ait fallu, dans ce cas difficile, avoir recours à des dispositions particulières de construction, afin de suppléer à la charge de la partie enlevée du rocher, pour le maintien de l'équilibre.

L'énorme poids de rocher, agissant sur un terrain sans consistance, constituait la difficulté ; on a donc été amené à soulager ce terrain de la charge qui en aurait rendu la pression contre les murs de revêtement très-considérable, afin de rentrer à peu près dans les conditions ordinaires. A cet effet, comme on le voit par les figures 1 et 3 de cette planche, des piliers formant contre-forts ont été établis pour supporter le rocher, et comme ils devaient conséquemment présenter une grande résistance, ils sont appareillés en arcs de cercle ; ils reposent en outre sur un arc renversé qui maintient leur écartement et reporte la charge sur une surface plus grande. En cet état, la question des murs de revêtement se trouve ramenée aux circonstances ordinaires, et les supports construits sous le rocher, susceptibles, par leur appareil et leur position, de résister jusqu'à l'écrasement des matériaux qui les composent, servent en même temps de contre-forts aux murs auxquels ils sont adossés et dont ils font partie. Des conduits sont ménagés dans ces murs afin que les eaux contenues dans les terres puissent s'écouler au dehors, et que les constructions soient ainsi à l'abri des dégradations et de la ruine qui deviendrait la conséquence de leur séjour à l'intérieur.

Par cet ingénieux appareil, dont le principe peut se prêter à diverses combinaisons, on acquiert la preuve que les constructions les plus propres à assurer la stabilité des édifices sont aussi d'accord avec l'économie, puisque, dans cet exemple, la force nécessaire est obtenue avec moins de matériaux qu'il n'en faudrait pour un mur droit donnant le même résultat ; et l'on doit ajouter même que ces contre-

forts étudiés avec goût seraient susceptibles de former une bonne décoration.

*De la pose (1).*

Si de la nature des matériaux employés et de leur disposition dépend la durée des édifices, la manière dont ces matériaux sont mis en place n'est pas d'une moindre importance sous ce rapport ; aussi les anciens, qui ont si bien su satisfaire dans leurs constructions aux besoins qui en avaient commandé l'exécution, ont-ils apporté le plus grand soin à la pose des matériaux, qu'ils ont évidemment appréciée à sa juste valeur, fidèles à ce principe écrit dans leurs œuvres, de donner aux dispositions d'édifices ainsi qu'aux diverses parties de la construction l'importance relative qui convenait à chacune d'elles.

Lorsqu'ils ont employé le mortier pour la pose des matériaux de grande dimension, ce n'a été que pour remplir les inégalités des lits, qui, du reste, présentaient souvent des surfaces aplanies par le frottement des pierres les unes sur les autres, en sorte que ces surfaces coïncidaient pour ainsi dire sans intermédiaire. L'adhérence que procure le mortier s'y trouvait compensée et par le poids des pierres mises en œuvre, et par les crampons à l'aide desquels elles étaient reliées entre elles.

On obtenait par ce moyen un résultat doublement avantageux, si on le compare à nos constructions ordinaires. D'abord au point de vue de solidité, les murs construits de cette manière n'étaient point susceptibles de tassement en les supposant établis sur une fondation inflexible, puisqu'ils n'étaient composés que d'éléments invariables de forme et de dimension ; de nos jours, au contraire, l'épaisseur des joints en mortier occasionne des tassements inévitables puisqu'il diminue de volume en perdant son humidité. D'un autre côté, ces joints coupent en certaines parties désagréablement les lignes architecturales ; tandis qu'à la manière antique, c'est à peine s'ils sont visibles dans l'ensemble.

La nécessité d'apporter la plus grande économie possible dans les constructions modernes a sans doute fait substituer à la perfection du fini des surfaces de joint des constructions antiques, le joint en mortier, qui dispense en même temps de la multiplicité des crampons alors en usage ; toutefois cette innovation n'entraîne point nécessaire-

(1) Rondelet, tome II, page 23.-

ment à sa suite les fâcheux résultats dont on l'a souvent vue suivie, et que l'on ne doit attribuer qu'à la négligence avec laquelle les lits étaient taillés et aux mauvais procédés employés pour la pose.

Rondelet signale les vices qui se sont introduits dans l'exécution des constructions en pierre de taille (1), en ce qui est relatif à la pose, et donne aussi les moyens pour effectuer cette opération de manière à former des constructions solides (2).

Nous avons donné dans la pl. II de notre Supplément des détails qui font connaître les soins apportés à la pose des pierres dans l'antiquité.

## LIVRE TROISIÈME

### STÉRÉOTOMIE.

Dans la première section du livre III sur la Stéréotomie, Rondelet fait connaître les courbes qui peuvent servir à former la surface intérieure des voûtes (3); il les divise en deux espèces : les courbes fermées, et les courbes ouvertes. La première de ces divisions comprend l'ellipse, les ovales et anses de panier, la cycloïde, la cassinoïde, les cintres à onze centres, les courbes surhaussées et les cintres pour les arcs rampants ; la seconde comprend la parabole, l'hyperbole et la chaînette. La deuxième section est relative au tracé des épures (4), et indique la méthode des projections et du développement des solides à surfaces planes et à surfaces courbes. Enfin, la troisième section de ce même livre renferme les notions préliminaires sur l'appareil et la construction des voûtes (5).

#### *Des voûtes.*

Les voûtes ont pour but de couvrir les espaces au moyen de matériaux de dimensions petites relativement à ces espaces. Ces construc-

(1) Rondelet, tome II, page 24.

(2) Id., ib., p. 29.

(3) Id., ib., page 39.

(4) Id., ib., page 75.

(5) Id., ib., page 96.

tions nécessitent de la part de ceux qui les élèvent des connaissances qui ne peuvent appartenir aux peuples primitifs ; aussi n'est-ce point aux temps les plus reculés de l'antiquité qu'il faut remonter pour en trouver la source. L'art de voûter fait le principal caractère distinctif de l'architecture romaine. On doit attribuer cette innovation dans l'art de bâtir, d'une part, aux besoins qui se multiplièrent avec la civilisation, et, de l'autre, à la nature des matériaux qu'on avait à employer.

Comme les premiers édifices avaient été élevés avec la plus grande simplicité de disposition, de même les voûtes ne furent dans l'origine que de simples berceaux résultant de la simplicité des formes, mais renfermant déjà un principe qui s'est développé depuis dans une multitude d'exemples divers : nous voulons parler de la disposition des joints formés par les éléments de ces voûtes.

La liaison de ces éléments au moyen du mortier a suggéré l'idée de remplacer les pierres taillées formant les claveaux par des matériaux beaucoup plus petits et sans forme déterminée ; de là les voûtes en blocage, qui, si elles n'offrent point en elles-mêmes une solidité égale à celle des voûtes en pierres taillées, n'en ont pas moins, souvent, des résultats préférables dans l'ensemble. En effet, ces voûtes, devant être composées de matériaux susceptibles de s'unir solidement au mortier, et pouvant conséquemment être de nature poreuse, offrent une grande légèreté. Dans tous les cas, quelle que soit la nature des matériaux employés ; le mortier y entrant pour une part considérable, elles sont plus légères que les voûtes tout en pierre ; ainsi donc elles chargent moins les murs ; d'ailleurs, ne faisant qu'un tout sans divisions, elles exercent sur les pieds-droits une poussée moins considérable, avantages qui, joints à la facilité d'exécution, les ont fait souvent appliquer chez les Romains, qui n'ont construit en pierre d'appareil que les arches de pont, et en général les voûtes devant résister à un effort quelconque, mais qui ont appliqué les voûtes en blocage chaque fois que ces voûtes n'avaient d'autre objet que de former couverture.

D'un autre côté, considérant ce système de construction des voûtes en pierres du point de vue de l'art décoratif, on remarque qu'à la vérité, comme la voûte en pierre d'appareil, le caractère rationnel de celle en blocage est de présenter une surface continue sans saillies ni renforcements : dans la voûte appareillée, en effet, les claveaux ayant

tous la même fonction doivent avoir la même position relativement à la surface. Cependant elles peuvent offrir des renforts ou nervures situées dans des plans verticaux, sans que ces saillies soient contraires au principe de leur construction. La même observation s'applique à plus forte raison aux voûtes en blocage, dans lesquelles il est non-seulement possible, mais même utile de former des divisions en matériaux plus résistants, afin que les effets qui peuvent se produire sur une grande surface, où ils ne manqueraient pas d'être très-apparens, soient anéantis par la division de cette surface au moyen d'arcs sinon invariables, au moins sujets à des changements réguliers et peu considérables.

Si l'on examine la décoration des voûtes existantes, on voit qu'elle se compose le plus souvent de renforcements appelés caissons ; ce mode, que nous ne considérons pas comme le plus rationnel, en tant qu'il s'agit de voûtes en pierre, s'exécute avec le blocage plus facilement qu'avec les pierres d'appareil, et en général cette espèce de maçonnerie épouse toutes les formes avec la plus grande facilité, puisqu'elle les reçoit par une espèce de moulage.

Après avoir indiqué les principes qui doivent servir de guide dans la disposition des saillies et des renforcements des voûtes, nous croyons pouvoir dire que l'élément le plus propre à leur décoration est la peinture ; et nous nous appuyons pour cela sur cette raison, que la construction naturelle des voûtes donnant des surfaces qui ne sont que peu ou point interrompues, et par conséquent des formes très-simples qui peuvent ne pas être en harmonie d'aspect avec le reste de l'édifice dont elles sont cependant la partie principale, puisque les murs sont en quelque sorte construits pour les supporter, il est nécessaire de leur donner la richesse que comporte l'édifice dont elles font partie en ayant égard à l'importance qu'elles ont dans cet édifice ; il faut donc avoir recours à un genre de décoration qui, sans altérer les surfaces, leur prête cependant l'intérêt nécessaire ; quoi de plus propre à remplir ce but que la peinture. La peinture est donc suivant nous la décoration rationnelle des voûtes en pierre, et c'est dans l'application de ce moyen d'embellissement que l'avantage des voûtes en blocage à ce point de vue ressort le plus ostensiblement.

En effet, le tissu serré de la pierre ne permet point à l'enduit nécessaire pour recevoir les couleurs de s'incorporer en elle comme cela

a lieu avec le blocage; c'est pourquoi elle n'est bien dans le premier cas qu'un enduit éphémère, qu'un accident peut détacher, tandis que dans le second elle fait corps avec la maçonnerie au point de pouvoir être considérée comme la surface même de la voûte, et présente ainsi toutes les garanties de solidité désirables, puisque la surface que les couleurs ont pénétrée ne craindra pas l'action du temps plus que la voûte à laquelle elle adhère parfaitement.

Lors de la grande révolution qui s'opéra dans l'architecture au moyen âge, les voûtes élevées sur les temples que l'on construisit à cette époque prirent un caractère mixte. Ces voûtes, composées d'arcs solides et de remplissages légers, participent par les premiers, nommés nervures, de la voûte en pierre de taille, et par les seconds, de celle en blocage.

On peut trouver la cause de cette innovation en considérant et le nombre des édifices religieux que l'on construisit alors, et leurs dimensions. Pour couvrir ces nefs élevées il fallait que les voûtes eussent le moins de poussée possible, sans quoi l'épaisseur qu'on eût été obligé de donner aux pieds-droits et aux contre-forts eût entraîné dans des dépenses très-considérables, qui seraient devenues un obstacle à la manifestation du sentiment religieux prédominant au moyen âge.

Ainsi, pour que ces édifices répondissent au sentiment qui les créait il fallait que leur construction matérielle fût aussi peu dispendieuse que possible, afin de pouvoir leur donner la grandeur réelle et apparente que comportait le sujet, et les multiplier suivant le besoin. Pour cela, il fallait distribuer la matière avec intelligence, afin d'obtenir le plus grand effet possible, et par là d'être à même d'en restreindre la quantité au minimum. A cet effet, la forme des voûtes a été changée : l'arc ogive a été substitué à l'arc plein cintre comme exerçant une moindre poussée sur les murs, et les arêtes de la voûte et de ses pénétrations ont seules été construites en pierre d'appareil de petite dimension. Les retombées de ces arcs, qui forment l'ossature de la voûte, ont été soutenues par les piliers qui séparent les fenêtres; et au lieu de chercher dans la grosseur de ces piliers la résistance à la poussée de ces arcs, grosseur qui eût dû être considérable eu égard à leur hauteur, on en a établi une directe, conséquemment beaucoup plus énergique, et là encore on a économisé la matière. Cette résistance, au lieu d'être

appliquée sous forme de contre-fort, s'est élevée en arcs qui ont opposé leur poussée à celle des nervures pour lui faire équilibre. Ces arcs extérieurs, connus sous le nom d'arcs-boutants, ont servi en même temps à porter au-delà du toit des bas côtés, les eaux de celui des nefs, au moyen de canaux creusés dans leur partie supérieure. En cet état, il s'agissait d'ajouter le moins possible à la poussée des nervures de la voûte : on a ainsi été conduit à les charger le moins possible : les voûtes de remplissage ont donc été de la plus grande légèreté.

En récapitulant, nous trouvons que ces édifices se composent de diverses parties bien distinctes : le mur, qui forme l'enceinte et qui a peu d'épaisseur ; le pilier, qui porte les nervures et par conséquent la voûte ; et l'arc-boutant, qui balance la poussée de la voûte : rien qui ne soit indispensable.

Toutes les forces se font bien équilibre dans l'édifice ; mais se maintiendront-elles longtemps en cet état ? Non ; la matière a été employée avec grande intelligence, mais avec trop d'économie, et la quantité de matière qui constitue l'excédant de force est trop petite pour que le temps ne l'ait pas bientôt détruite. Aussi aujourd'hui nous voyons, après quelques siècles d'existence, ces édifices exiger, pour la plupart, d'importants travaux de consolidation.

Considérées sous le rapport de leur apparence, les voûtes du moyen âge sont bien d'accord avec leur construction ; la nervure qui en constitue la solidité apparaît en saillie et ornée de moulures qui en font la partie importante à l'œil, comme elle l'est en réalité. Les panneaux de remplissage, d'une surface unie comme il convient, sont, dans divers exemples, décorés de peintures dont les nervures forment l'encadrement : c'est tantôt le ciel avec ses anges, tantôt le firmament avec ses étoiles. Ainsi, dans les données du programme, ces voûtes sont bien construites et bien décorées ; elles sont cependant critiquables en ce sens que, considérées comme couverture, elles ne le sont qu'en apparence à l'intérieur, puisqu'elles sont surmontées d'un comble, qui forme la couverture réelle ; mais comme par ce moyen on obtenait une économie considérable, puisque les efforts latéraux de la charpente étaient maintenus par les entrants de cette charpente, tandis qu'il eût fallu trouver d'autres résistances si elle se fût combinée avec les nervures de la voûte, et que d'ailleurs cette double couverture n'est point sensiblement préjudiciable à l'aspect du monument, la somme des avan-

tages, dépassant notablement celle des inconvénients, on a adopté ce parti, qui est un mensonge, mais en quelque sorte pardonnable, puisqu'il s'efforce, pour ainsi dire, de ne point déguiser la vérité, au point qu'on croirait, d'après sa forme, qu'en effet le toit est établi immédiatement sur les reins de la voûte. La seule cause qui ait donc empêché les artistes de cette époque d'être vrais en ce point, c'est que cette vérité leur eût coûté trop cher, car ils paraissent y avoir été sincèrement attachés.

Nous avons donné, planches IX et X de notre Supplément, quelques exemples de voûtes du moyen âge qui nous ont paru intéressantes et auxquelles nous avons joint quelques explications sur les voûtes de cette époque en général, pour compléter autant que possible ce qu'en a donné notre auteur.

Lorsque l'architecture ogivale eut acquis tout le développement dont elle était susceptible, les progrès qu'on tenta de lui faire faire l'amènèrent à sa ruine; alors la simplicité des formes primitives fut détruite avec les bons principes dont elles étaient le résultat, et les frêles appuis dont nous avons parlé furent réduits en un état de maigreur excessive, compromettant pour les édifices, et présageant la fin du règne de l'architecture ogivale dont on avait oublié le motif pour s'attacher à la recherche du merveilleux en outrant ce que ses principes avaient de bon.

Alors une réaction se manifesta par l'abandon de ces abus, et sans chercher une route nouvelle, on remonta à la source primitive. Ce mouvement rétrograde fut désigné sous le nom de Renaissance. L'époque précédente avait produit les temples, celle-ci produisit les châteaux des grands seigneurs; l'architecture, ne se trouvant plus dans les mêmes données, se ressaisit de la voûte romaine; ce principe admis se développa, et l'on vit apparaître dans l'art de bâtir une nouvelle branche basée sur la géométrie. La science de la coupe des pierres peut être attribuée à cette époque.

L'architecture se rattache aux sciences mathématiques par l'une de ses parties les plus importantes, la construction, qui, en même temps qu'elle assure aux conceptions architecturales la solidité et la durée, doit exercer sur elles une influence considérable. Il est donc important que l'architecte y soit initié non-seulement pour être à même de réaliser par la construction les intentions qu'il formule par le dessin, mais

encore pour que ces intentions mêmes prennent naissance dans les limites du naturel et du possible, pour que les besoins de construction, comme ceux de disposition, y soient satisfaits et en réalité et en apparence, et que l'expression visible de cette satisfaction y soit accentuée en raison de l'importance de ses besoins. En restant dans ces données, la simplicité et la richesse architecturale d'un édifice résulteraient, celle-ci de la multiplicité des besoins de disposition et de construction, celle-là du petit nombre de ces besoins. Les édifices conçus suivant ces principes auront toujours le caractère qui leur est propre, puisqu'ils exprimeront uniquement le besoin satisfait à l'aide des moyens de construction en rapport avec leur importance. La physionomie architecturale se trouvera donc ainsi constituée par les parties essentielles que la décoration proprement dite doit se borner à embellir.

Il est important surtout que l'architecte se rappelle que ses efforts doivent tendre à maintenir entre les diverses branches de son art l'équilibre harmonieux qui fait que l'important n'est jamais sacrifié au secondaire, et que les avantages qui peuvent être obtenus d'un côté ne doivent jamais être le résultat d'un sacrifice plus grand d'un autre; en un mot, que les meilleures dispositions ne sont pas toujours celles qui répondraient le mieux au besoin puisqu'elles peuvent être inexécutables, mais celles qui réunissent au plus haut degré les qualités de convenance, de disposition, de solidité de construction, et de beauté de formes, dans un juste équilibre, qualités qui caractérisent les œuvres antiques.

Bien qu'attachés à ces principes, les architectes du moyen âge, on vient de le voir, ont failli à la condition de durée qui devait être le partage des temples qu'ils ont construits, non à la vérité par ignorance des lois de la statique, qu'ils ont au contraire bien su observer, mais pour avoir trop économisé sur la quantité de matière à employer; toutefois, chez eux les formes architecturales étaient bien la conséquence des moyens de construction applicables aux matériaux mis en œuvre.

Lorsque le retour aux éléments de l'architecture antique eut fait disparaître les voûtes ogives pour les remplacer par les voûtes romaines, il fallut combiner ces voûtes de manière à satisfaire aux besoins de l'époque. Il s'en suivit une complication de formes qui amena des difficultés dans la coupe des pierres dont on les composait; c'est, comme

nous l'avons dit, à cette époque que la coupe des pierres put être considérée comme une science, et que la géométrie fournit des moyens d'arriver avec certitude au résultat. Cette impulsion nouvelle donnée à l'art de voûter fixa particulièrement l'attention des architectes, et on fit d'importants progrès en ce genre; mais, ébloui par eux, on finit par oublier l'architecture elle-même pour se livrer à la recherche des difficultés de la coupe des pierres, au point qu'à l'époque de Louis XIV on ne se contenta plus de les rencontrer dans certains cas particuliers, on inventa pour les produire les formes les plus hostiles au bon goût; en sorte qu'en examinant certains édifices de ce temps on peut croire qu'à défaut d'architectes, de simples appareilleurs en ont été les auteurs.

Ainsi, les connaissances précieuses qui avaient été acquises en ce genre, loin de déterminer un avantage, sont devenues momentanément, au dix-septième siècle, un nouvel écueil, par l'abus qui en a été fait. Au reste, les écarts de nos prédécesseurs sont pour nous aussi utiles que les beaux exemples que certaines époques nous ont légués, et les tendances actuelles peuvent faire espérer un retour prochain aux saines doctrines fondées sur les bases immuables de l'art, la vérité et la simplicité.

*Des plates-bandes et plafonds non appareillés.*

Le premier abri de l'homme fut, suivant les pays, ou la forêt ou le rocher; mais ces asiles naturels ne répondant point à ses besoins d'une manière satisfaisante, il tenta de les remplacer par d'autres appropriés autant que possible à son usage. A cet effet, il abattit les arbres pour les transplanter en un lieu choisi et en former une habitation agréable et salubre, ou bien il emprunta au rocher sa muraille et sa couverture.

C'est ce dernier procédé qui a été appliqué en Égypte, pays sans végétation, mais riche en carrières fournissant des pierres excellentes et de grande dimension; cette dernière qualité les rendait particulièrement propres à l'usage qu'on en faisait; il était naturel en effet que pour couvrir les espaces on eût recours dans l'origine aux matériaux de la plus grande dimension, et pour former les points d'appui verti-

caux qui devaient porter les plates-bandes et plafonds posés horizontalement dessus, et surtout pour former ces pièces horizontales, afin d'embarasser par le moins de piliers possible les espaces qu'on avait à couvrir ; aussi les soutiens des plafonds étaient-ils alors le plus souvent des piliers et non des murs, puisque les premiers suffisaient pour porter les plafonds ; les murs n'étaient alors qu'un remplissage élevé entre les piliers de l'enceinte.

Rien de plus simple donc que les combinaisons à l'aide desquelles ces édifices étaient formés, et rien en même temps qui pût donner en résultat des édifices plus durables ; la cause en est d'ailleurs facile à saisir : le principe de stabilité dont l'homme a d'abord été frappé a été l'équilibre le plus parfait, car il était amené à le reconnaître par instinct ; c'était un axiome, la stabilité évidente, le résultat obligé de tout système de forces en équilibre, puisque toute matière est soumise à la loi de la pesanteur, dont l'action est verticale. Ainsi toutes les fois qu'on s'est écarté de ce principe par des besoins quelconques, ç'a toujours été pour y revenir, mais par une autre voie, et on n'y a jamais réussi avec une exactitude parfaite ; les monuments égyptiens sont donc destinés à la plus longue durée, et par la nature de la pierre, et par la manière dont elle fut mise en œuvre.

Le bois dont était pourvue la Grèce facilita la construction des premières habitations ; car si le plafond suffisait au climat de l'Égypte, où l'on n'avait à s'abriter que du soleil, il fallait en même temps dans ce pays se préserver des pluies : on inventa à cet effet le toit à deux pentes ; mais les parties dont il était composé exerçant dans la direction de leur inclinaison un effort qui aurait renversé les appuis verticaux, si on n'avait pu l'anéantir, il fallait réduire le comble composé des plates-bandes et du toit à exercer, comme le plafond égyptien, un simple effort vertical sur les soutiens. Le bois était particulièrement propre à atteindre ce but, car l'effort auquel on avait à opposer un obstacle se décompose en deux parties : un effort vertical, et un effort horizontal ; et conséquemment les plates-bandes qui recevaient les pieds des pièces inclinées du toit ou arbalétriers avaient à résister à deux efforts horizontaux opposés se faisant équilibre, ce qui déterminait un effort de traction sur la pièce horizontale qui, en raison de sa fonction, a reçu le nom de tirant ; or le bois est capable d'une grande résistance dans ce sens. Les poussées du toit trouvaient donc dans le plafond la force

nécessaire pour réduire leur action à un simple effort vertical égal à leur poids. On voit que le résultat était semblable en définitive à celui qui avait été obtenu en Égypte, sauf la matière, qui y présentait plus de garantie de durée.

Les qualités du bois étant de joindre à une dimension en longueur considérable une force de cohésion longitudinale beaucoup plus grande que celle de la pierre, on pouvait le soumettre à un effort transversal beaucoup plus grand, et par conséquent, tout en l'employant sous un moindre volume, donner plus d'espacement aux points d'appui.

La physionomie qui distingue l'architecture grecque primitive de l'architecture égyptienne eut donc pour causes, et le climat et les matériaux employés; ses traits les plus caractéristiques sont d'abord le toit à deux pentes, ensuite la légèreté de forme déterminée par l'emploi d'une moindre quantité de matière, et le plus grand espacement des points d'appui.

Cependant le bois, qui avait été si favorable aux premiers essais d'habitation, fut remplacé dans la construction du temple par le marbre, qui fut jugé plus digne de cet emploi. Toutefois, les procédés en usage avec le bois continuèrent à être mis en pratique, et ces monuments ne furent en quelque sorte que des imitations de la cabane primitive, mais amenées à cette perfection de rapports, de formes et d'ornementation qui met l'architecture grecque au premier rang. Ce premier pas fait dans la voie du perfectionnement avait cependant déjà entraîné l'introduction d'une funeste erreur, qui, bien qu'à peine sensible encore, n'en était pas moins réelle : nous voulons parler de la substitution du marbre au bois dans les plates-bandes. A la vérité, lorsque cette transformation eut lieu, l'espacement des points d'appui diminua, et ces plates-bandes eurent une solidité considérable; l'architecture grecque se rapprocha alors de celle d'Égypte, sinon pour la modénature qu'elle tenait des édifices en bois qui lui servaient de type, au moins pour la construction par l'emploi d'une matière analogue à la sienne. Aussi l'aspect des anciens monuments grecs participe-t-il par la lourdeur de celui des monuments égyptiens. Toutefois, habitués aux grands espaces libres que leur permettait l'emploi du bois, les Grecs ne purent se résoudre à les diviser comme on le faisait en Égypte, où ils étaient nécessairement subordonnés aux dimensions des pierres, et conséquem-

ment l'emploi des plafonds en pierre, constitués d'ailleurs comme l'étaient ceux formés de solives en bois, et par conséquent offrant des compartiments d'un effet agréable, dut être restreint aux colonnades de leurs temples, enfin aux parties où les espacements des points d'appui étaient tels que ce mode ne pouvait compromettre la solidité; mais quand à la *cella*, ou son plafond devait être en bois, ou elle devait être sans couverture. Dans tous les cas, le bois ne put en aucun temps être exclu complètement de la construction des temples des Grecs : comment auraient-ils pu sans son concours établir les pentes de leur toit et en maintenir l'écartement? C'est par ce point qu'a dû commencer la ruine de leurs édifices.

Plus tard, lorsque l'élégance, compagne de la civilisation, se fut communiquée aux formes de l'architecture pour y remplacer ce caractère de solidité primitive dont il vient d'être question, l'erreur signalée s'accrut d'autant que la légèreté des supports et leurs espacements relatifs; la dimension des plates-bandes en pierre se rapprocha plus de celle des solives en bois, et le développement de la beauté ne s'y effectua qu'aux dépens de la durée. On doit cependant reconnaître que cette analogie d'application de deux matières de qualités différentes ne fut pas poussée jusqu'au point de compromettre la solidité; les anciens, que leur goût épuré avait attachés à certaines relations de formes et de dimensions, avaient compris la nécessité de rester dans certaines limites, desquelles ils ne se sont point départis. Ils ont donc été amenés à subordonner la grandeur de leurs édifices à la longueur possible de leurs plates-bandes. Il en est résulté cet avantage que la vue, familiarisée à la longueur de la plate-bande, prenait cette dimension ou celle de la colonne qui en résultait comme unité pour ainsi dire invariable, et mettait ainsi le jugement à même d'apprécier avec rapidité, en quelque sorte instinctivement, les dimensions d'un édifice quelconque; ce qui n'eût point eu lieu si, comme cela s'est fait depuis, on eût pu conserver les proportions consacrées par l'usage, au moyen d'une construction factice des plates-bandes, en leur donnant arbitrairement une grandeur quelconque. Nous trouvons ce grave défaut dans un grand nombre d'édifices modernes, qui sont pour cette raison des colosses sans en avoir l'apparence, qui ne produisent pas plus d'effet que ces mêmes monuments réduits, vus de plus près, dans lesquels enfin ont été entassées des sommes énormes sans qu'il en soit rien

résultat de perceptible pour nous, qui sommes doués de sens auxquels ces combinaisons échappent.

En résumé, le plafond, qui est le trait caractéristique des architectures égyptienne et grecque, forme à la fois, dans la première, couverture intérieure et extérieure, et est, eu égard à la nature des matériaux, dans les meilleures conditions possibles, n'ayant rien à soutenir; d'ailleurs aucune force ne tendant à détruire l'équilibre au moyen duquel subsiste l'édifice qu'il couvre, cet édifice est dans un repos absolu et doit durer autant que la matière dont il est formé, qui paraît éternelle. Dans l'architecture grecque le plafond n'est que la couverture intérieure; celle extérieure est le toit construit en marbre; il simule les pièces nécessaires au maintien de la poussée des pans du toit, mais ne les remplace pas, vu qu'il n'est pas dans la nature des pierres d'offrir une résistance suffisante à l'effort de traction qui en résulterait. Il y a donc à la fois dans le temple grec le plafond visible en marbre qui cache le plafond utile en bois et le représente, ainsi que les compartiments qu'il serait naturel d'y former s'il était apparent : déjà l'erreur s'est introduite dans ce perfectionnement.

Le repos, on le voit, n'est pas absolu dans l'édifice grec; cependant la résistance opposée à l'effort qui y réside est suffisante pour que la stabilité puisse y être considérée comme aussi parfaite que dans l'édifice égyptien; dans les deux, même principe de stabilité; mais tout est vrai dans celui-ci, son avenir est indéfini : la vérité dans l'autre est déjà altérée; l'élégance de la forme et la matière dont son comble est formé en font une chose qui, quoique vouée à un long avenir, est néanmoins périssable. Ainsi donc, si la Grèce nous fournit d'admirables modèles sous le rapport de la forme, c'est l'Égypte qui nous apprend à élever des monuments impérissables.

Nous avons cru devoir ajouter aux exemples que Rondelet donne de la construction à plates-blandes et plafonds non appareillés quelques détails de plafonds grecs considérés du point de vue de la construction et de celui de décoration. Ces exemples sont contenus dans les planches VII et VIII du Supplément.

*Des plates-bandes et plafonds appareillés (1).*

Si, comme nous venons de le dire, la plate-bande et le plafond ont été les premiers moyens dont on se soit servi pour former la couverture des édifices, on n'avait alors évidemment d'autre garant de solidité que la force de cohésion de la matière employée, et conséquemment ces parties ont toujours été d'une seule pièce dans la longueur de leur portée, qui déterminait alors l'écartement des points d'appui; ces moyens, simples comme toutes les découvertes primitives, suffisaient sans doute aux besoins de ceux qui les employaient. Dans la suite, ces besoins s'étant accrus, on s'est vu forcé, au lieu de borner la construction au toit et aux appuis nécessaires pour le supporter, de faire afin d'occuper sur le sol, devenu plus utile, le moins de place possible, des constructions renfermant cet espace et le contenant plusieurs fois, c'est-à-dire de superposer à lui-même l'édifice primitif un certain nombre de fois. On conçoit qu'il soit alors devenu indispensable de trouver plus de résistance dans la couverture de chacune des parties, puisqu'elles étaient destinées à recevoir des charges, tandis que dans l'origine elles n'avaient guère à soutenir que leur propre poids; d'ailleurs les rapports entre les habitants de localités différentes s'établissant de tous côtés et s'accroissant de jour en jour, nécessitaient des moyens de communication qui pussent les faciliter. C'est alors que des ponts furent établis sur les cours d'eau et autres obstacles; il fallait que, dans ce cas, la surface qu'on substituait au sol fût en quelque sorte aussi résistante que le sol lui-même, et qu'elle fût en outre comme suspendue, afin de ne point former obstacle à l'écoulement des eaux; c'était donc un plafond qu'il fallait établir: ce sont probablement ces édifices, ou plutôt les constructions qui, situées sous le sol, devaient offrir une grande résistance, qui amenèrent à chercher un moyen de remplacer le plafond primitif par un élément plus résistant. Il est hors de doute que dans les pays produisant du bois les premiers ponts furent construits en cette matière; mais comme elle s'altère promptement par l'humidité, à moins qu'elle ne soit complètement et constamment immergée, elle dut être exclue, après quelques tentatives, des constructions souterraines; c'est

(1) Rondelet, tome II, page 114.

donc à ces constructions qu'il est naturel d'attribuer la cause de la découverte du principe des voûtes. Mais ce principe ne dut point s'appliquer d'abord à des surfaces planes : la réunion de plusieurs éléments pour former un espace menait trop évidemment au cercle pour qu'on les suppose.

La forme des baies, en Grèce, déterminée par un linteau horizontal et des jambages inclinés, paraît en effet être déjà un acheminement vers cette forme. D'ailleurs, en Égypte même, n'avait-on pas vu dès l'origine le linteau, trouvé insuffisant, remplacé par deux pierres posées en décharge comme à la porte d'entrée de la grande pyramide, pl. IX de Rondelet, fig. 4, ou bien par des pierres en encorbellement formant aussi un vide triangulaire, et enfin la coupole du trésor d'Atrée, construite d'après ce principe, à laquelle il ne manquait que l'appareil pour être réellement une voûte : un pas de plus, et le problème était résolu. D'ailleurs, si l'on considère que la solidité qui résulte de l'appareil dans la voûte à surface courbe est sinon anéantie au moins extrêmement réduite dans l'application de ce principe à la surface plane, on sera convaincu que les plates-bandes appareillées sont d'une origine moins ancienne que la voûte.

On conçoit que le principe trouvé on ait tenté de l'appliquer aux formes en usage, et il était tout naturel qu'on cherchât ainsi soit à augmenter la force des linteaux, architraves et plafonds, soit à leur donner une portée plus considérable; mais tous les efforts faits dans ce sens n'ont eu d'autre résultat que de convaincre de l'incompatibilité existant entre le principe de la coupe des claveaux ou des voussoirs et la surface plane des plates-bandes et des plafonds. Dans ce cas, en effet, le principe qui consiste à avoir des joints perpendiculaires à la surface de la voûte ne peut être appliqué (1); il en résulte des poussées de claveaux qui s'exercent à faux les unes les autres, et qui ne peuvent être maintenues que par une force qu'ils n'ont point en eux.

Cette force doit donc se trouver dans les culées contre lesquelles s'appuie la plate-bande; et comme son action s'exerce horizontalement, agit par conséquent de la manière la plus défavorable, il faut que la stabilité de ces culées soit très-grande pour pouvoir lui résister. Dans ce cas l'emploi de cet élément entraînerait donc dans des dépenses considérables; en outre, les joints inclinés suivant lesquels les claveaux

(1) Rondelet, tome II, page 116.

sont en contact, forment des angles aigus incapables d'une grande résistance; supposant donc les culées fixes, la plate-bande elle-même ne peut répondre aux vues du constructeur. En un mot la plate-bande appareillée n'a de rapport avec l'arcade, outre ses joints en coupe, que par l'exagération de l'inconvénient de celle-ci, sans rien offrir de ses qualités; nous voulons parler de la poussée, qui existe à la vérité dans l'arcade, mais qui est beaucoup plus considérable dans la plate-bande.

Cependant, des exemples importants de son application témoignent de la possibilité d'en tirer parti; c'est au moins ce que l'on doit croire par la vue des grands édifices modernes d'ordonnance grecque. Mais en réalité ces plates-bandes appareillées, même dans les meilleurs exemples de ce genre, n'existent que pour la forme et ne constituent point la solidité, en sorte qu'elles pourraient être remplacées par toute autre matière présentant les mêmes surfaces. C'est la pierre qui est apparente, c'est le fer caché qui est utile: ainsi cette application de la pierre est fautive parce qu'elle est contraire à sa nature.

On peut voir par quels moyens on est parvenu à donner aux architraves la force nécessaire, en se reportant au tome III de Rondelet, pages 302 à 310, où il fait connaître les armatures d'architrave de la colonnade du Louvre, et celles du second ordre du portail Saint-Sulpice, de la colonnade de la place Louis XV et du portail de l'église Sainte-Geneviève.

*Appareil des arcs, des portes et des voûtes en berceau (1).*

D'après les exemples donnés par notre auteur dans la planche XXX de son Traité de l'art de bâtir, on voit que les anciens avaient connaissance des procédés géométriques de la coupe des pierres; cependant, comme il le fait remarquer, la pierre de taille n'est pas employée dans la construction des voûtes, dont les formes ont quelque complication.

Comme nous l'avons dit précédemment, ils paraissent avoir en général donné la préférence aux petits matériaux pour la construction des voûtes, et ne s'être servi de la pierre de taille que quand les circonstances l'exigeaient. Or, on conçoit très-bien que dans les constructions telles que l'émissaire du lac d'Albane, pl. XXXI, fig. 1, la

(1) Rondelet, tome II, page 121.

*Cloaca maxima* fig. 4, des ponts et autres édifices de même genre, les voûtes soient de forme simple, tandis que le caractère de ceux où elles n'ont qu'à former couverture entraîne naturellement des formes plus compliquées; et nous pensons que si, possédant les connaissances nécessaires pour appareiller les voûtes en pierres de taille, ils ne l'ont pas fait, c'est qu'ils ont su choisir parmi les divers moyens de construction dont ils pouvaient disposer les plus convenables pour le cas dont il s'agissait, et qu'en ne dépassant pas les bornes de l'utile, ils ont évité l'abus, dont les conséquences sont toujours fâcheuses.

Après quelques considérations préliminaires, Rondelet fait des applications de la géométrie à la stéréotomie; il donne d'abord l'appareil des divers arcs, droits, biais, etc., ainsi que la manière de tracer les pierres; il passe ensuite aux arrière-voûtures, puis successivement aux voûtes en berceau qui se pénètrent, aux descentes, aux voûtes d'arête, à celles des arcs de cloître; enfin, il traite des voûtes coniques et conoïdes, sphériques et sphéroïdes, des voûtes composées et des escaliers.

Nous n'avons rien cru devoir ajouter à cette partie, si ce n'est quelques exemples de voûtes du moyen âge contenus dans les planches IX et X de notre Supplément.

#### *Des arcs (1).*

Un arc est une construction faite dans l'épaisseur d'un mur et disposée suivant une courbe à laquelle doivent être perpendiculaires les joints des pierres dont il est composé. Ces constructions servent à former des vides d'une grande ouverture au moyen de matériaux de petite dimension, et sont conséquemment particulièrement applicables à nos usages.

Sous le rapport de l'aspect, les arcs ont l'avantage de convaincre l'œil de la force qui réside en eux et qui ne se trouve ni en apparence ni en réalité dans la plate-bande; d'autre part, en ne considérant l'arc que sous le rapport des formes, n'a-t-il pas l'avantage, en interrompant les lignes droites, d'y apporter de la variété?

L'importance des arcs au point de vue de la solidité les a fait accuser

(1) Rondelet, tome II, page 125.

à l'œil en raison de leur fonction dans l'ensemble, et ils ont ainsi fourni un nouveau motif de décoration.

Dans l'architecture romaine, une ligne de moulures en saillie sur la surface du mur et partout à égale distance de l'ouverture, encadre les claveaux dont l'arc est formé et en détermine la longueur; d'autres fois, l'ensemble de ces claveaux est décoré des mêmes lignes que l'architrave qu'il remplace. La forme de ces arcs est généralement ce qu'on nomme le *plein-cintre*, c'est-à-dire qu'ils sont formés d'une demi-circonférence de cercle. Dans l'architecture moresque, les claveaux eux-mêmes sont accusés tantôt par la diversité de couleur des matériaux dont les arcs sont alternativement composés, tantôt par des compartiments formés sur chacun d'eux. Quant à leur courbure, c'est aussi généralement un arc de cercle, mais plus grand que la demi-circonférence.

Le système de décoration des arcs du moyen âge leur donne un caractère particulier : ils sont formés d'un faisceau de moulures continues qui paraît déceler la matière dont ils ont pu être originairement formés, c'est-à-dire le bois; une autre particularité qui établit encore entre eux et les précédents une différence plus tranchée que leur décoration, est la forme haute et brisée qu'ils tiennent des deux arcs dont ils ont été composés dans le but de diminuer leur action latérale sur les murs.

#### *Des voûtes en berceau (1).*

Les voûtes en berceau, qui ont indubitablement été la première application faite du principe des arcs, ne sont en effet que des arcades d'une grande épaisseur; elles sont spécialement applicables aux espaces ou pièces d'une grande longueur eu égard à leur largeur, et nécessitent pour les murs ou pieds-droits sur lesquels elles sont établies une épaisseur suffisante pour résister à leur poussée, à moins toutefois qu'une force extérieure ne lui fasse équilibre.

Nous indiquerons comme le moyen de résister à la poussée de ces voûtes l'épaisseur du mur et non des contre-forts placés de distance en distance; car la surface étant continue, et cette poussée s'exerçant uniformément dans toute la longueur des pieds-droits il est rationnel

(1) Rondelet, tome II, page 137.

de lui opposer en tous points une force égale, et par conséquent de faire les murs d'égale épaisseur et sans saillies. Cependant si la voûte est construite en matériaux dont la nature puisse nécessiter son interruption de distance en distance par des arcs en matériaux plus résistants, il sera alors naturel de donner à ces arcs plus forts une saillie sur la surface, et dans ce cas de retrouver en correspondance des appuis saillants sur le mur : ces arcs se nomment arcs-doubleaux.

Ces voûtes simples se compliquent par la rencontre de voûtes de la même génération, soit perpendiculairement, soit obliquement, soit à diamètre égal, plus grand ou plus petit ; soit enfin en s'établissant en descente, c'est-à-dire sur un plan de naissance incliné (1), soit en couvrant l'intervalle compris entre deux murs circulaires concentriques, etc.

#### *Des voûtes d'arête.*

La voûte d'arête est le résultat de l'intersection de deux voûtes en berceau de même hauteur qui se pénètrent et forment des angles saillants qui lui ont fait donner son nom. Dans les voûtes de cette espèce, la charge et la poussée se reportent entièrement sur les angles de la surface qu'elles couvrent, et pour cette raison elles ne sont jamais dans des conditions préférables à celles où elles se trouvent lorsqu'elles sont le résultat direct de la croisée de deux berceaux, puisque dans ce cas les pieds-droits de ces berceaux forment à leurs rencontres des angles qui sont la résistance naturelle à la poussée de la voûte.

Cependant, la combinaison des voûtes cylindriques ayant donné la voûte d'arête, on l'a employée à couvrir des espaces de la forme desquels cette voûte ne résultait pas nécessairement. Ainsi, des espaces rectangulaires ont été couverts d'une suite de voûtes d'arête, comme on le voit dans quelques édifices romains et dans les églises du moyen âge.

Dans ce cas la préférence accordée à ces voûtes peut avoir pour causes la disposition des ouvertures, l'économie de construction, et l'aspect.

(1) Rondelet, tome II, page 141.

La nécessité de percer les murs pour donner accès à l'intérieur et pour y introduire l'air et la lumière les rendait plus faibles dans les parties où ces percements avaient lieu; il était donc naturel de distribuer les charges en raison de cet affaiblissement. La voûte en berceau, que semblait réclamer la forme de l'espace à voûter, par son action uniforme, ne pouvait remplir le but aussi bien que la voûte d'arête, au moyen de laquelle on pouvait reporter la charge sur les parties pleines des murs.

Il résulte de cette disposition, la charge d'une voûte d'arête étant répartie sur quatre pieds-droits d'une surface restreinte, que ces pieds-droits doivent être formés de matériaux plus résistants que ceux qui composent les constructions intermédiaires, qui n'ont à porter que leur propre poids; d'autre part, la poussée des voûtes n'agissant aussi qu'en ces points, ces pieds-droits ou piliers doivent présenter, outre la résistance verticale au poids de la voûte, une résistance horizontale à sa poussée; et pour cette raison leur section faite par un plan perpendiculaire à la face du mur doit être, en raison de cette poussée, plus considérable que celle du mur, qu'il n'est pas nécessaire de faire plus épais que ne l'exige sa propre stabilité, puisqu'il n'a plus d'autre fonction que de former clôture. En raison de la forme qu'affectent ces piliers et de leur saillie sur le mur, on leur a donné le nom de contre-forts.

Outre les contre-forts, qui ont été d'un usage ordinaire à l'époque du moyen âge, on a aussi employé les arcs-boutants, qui, vu leur plus grande force, ont été appliqués à contenir la poussée des grandes voûtes des nefs des églises de cette époque.

D'après ces données, on voit qu'il est aisé de reconnaître, par la simple inspection du plan, le genre de couverture que les murs sont destinés à porter, et que conséquemment, pour donner au plan la physionomie qui lui appartient, il faut, en le composant, se rendre compte du parti de couverture qu'il convient le mieux d'adopter.

Nous ne parlerons point des cas particuliers qui peuvent se présenter, et auxquels d'ailleurs peuvent s'appliquer les remarques qui précèdent; cependant, comme ils peuvent être intéressants sous le rapport de la coupe des pierres, Rondelet a donné comme exemples la voûte d'arête irrégulière, sur un quadrilatère dont les côtés sont

inégaux (1); celle élevée sur un hexagone régulier (2); la voûte d'arête gothique (3); la voûte à doubles arêtes en plein cintre (4); enfin, la voûte gothique à triples arêtes (5).

Pour les voûtes à nervures, nous renvoyons à ce qui vient d'être dit sur les voûtes, et aux exemples donnés page 12 et suivantes du tome I<sup>er</sup> du supplément.

*Des voûtes en arcs de cloître (6).*

Les voûtes en arcs de cloître sont, comme les voûtes d'arête, le résultat de l'intersection de deux voûtes cylindriques ou berceaux de même hauteur; seulement elles diffèrent complètement les unes des autres en ce que, considérant la voûte d'arête élevée sur un plan carré, la surface de la voûte en arcs de cloître correspondante, c'est-à-dire formée par les mêmes berceaux, sera précisément formée des parties des surfaces cylindriques retranchées dans la voûte d'arête, tandis qu'au contraire rien ne subsistera plus de la surface de celle-ci. Il résulte de ces deux modes de génération que les arêtes qui étaient saillantes deviennent rentrantes, et que le vide de la voûte d'arête comme aussi le cube de pierres qu'elle contient est plus considérable que celui de la voûte en arcs de cloître. Au reste, si cette différence des quantités de matière nécessaires à la construction de l'une et de l'autre de ces voûtes est à l'avantage de cette dernière, c'est que, dans les cas où nous les avons considérées, elle résulte directement de la forme du plan, tandis que l'autre se trouve pour ainsi dire en contradiction avec cette forme, puisque les arêtes y sont saillantes quoique en correspondance avec des angles rentrants; cependant, elle peut y être convenablement placée si l'on établit des piliers saillants dans les angles. Dans ce cas, comme dans toutes les autres applications de la voûte d'arête, les murs compris entre les piliers qui la supportent deviennent de simples remplissages, tandis que ces piliers doivent avoir toute la solidité et la sta-

(1) Rondelet, tome II, p. 149.

(2) Id., ib., page 150.

(3) Id., ib., page 152.

(4) Id., ib., page 153.

(5) Id., ib., page 155.

(6) Id., ib., page 158.

bilité nécessaires pour résister au poids et à la poussée de la voûte. La voûte en arcs de cloître, particulièrement applicable lorsqu'il s'agit de couvrir une pièce carrée sans saillie à l'intérieur, offre en outre cet avantage sur la voûte d'arête, qu'elle n'exerce que peu ou point de poussée sur ses pieds-droits, si elle est construite en plein cintre. On pourrait croire cependant que la poussée doit augmenter graduellement à partir des angles où elle est nulle, vers le milieu des côtés, en sorte que l'effort le plus considérable semblerait devoir s'exercer contre la partie la plus faible du mur. Cet inconvénient existerait à la vérité si les joints des voussoirs, au lieu d'être croisés, se trouvaient en correspondance; mais comme il n'en est point ainsi, et que, par le croisement des joints, la charge des rangs supérieurs de voussoirs se reporte également sur toute la surface des rangs inférieurs, il en résulte que, réciproquement, si les efforts inverses que peuvent exercer les rangs inférieurs sont égaux à ceux des rangs supérieurs, ils se font équilibre, et que conséquemment cette voûte n'a pas de poussée (1).

*Voûte d'arcs de cloître sur un plan octogone* (2).

Lorsqu'on établit une voûte en arcs de cloître sur un plan octogone, l'irrégularité de la poussée, s'il en existe lorsqu'elle est construite sur un plan carré, diminue en raison de la diminution de la longueur des côtés; or, comme cette diminution est en raison inverse du nombre de côtés, l'inconvénient résultant de l'inégalité de poussée suivra la même marche; et comme le cercle peut être considéré comme un polygone d'un nombre infini de côtés, cet inconvénient aura totalement disparu dans la voûte en arcs de cloître qui la couvrira. Cette voûte, qui n'est autre qu'une voûte sphérique, est donc la perfection des voûtes en arcs de cloître.

Dans une observation à la suite de cet article, Rondelet indique la manière d'appareiller les voûtes en arcs de cloître sur un plan irrégulier, tout en conseillant de l'éviter; on conçoit en effet que l'action de ces voûtes participe de l'irrégularité des formes et ne doit être exécutée, comme en général toutes les irrégularités possibles, que quand on s'y voit contraint par la nécessité; car les constructions irrégulières, bien

(1) Rondelet, tome IV, page 307.

(2) Id., tome II, page 159.

qu'elles soient moins solides que les régulières, sont plus difficiles d'exécution et coûtent plus cher.

Quant aux voûtes d'arcs de cloître barlongues (1), c'est-à-dire dont le plan est un rectangle, comme elles sont en quelque sorte un composé de la voûte en berceau et de celle en arcs de cloître sur plan carré, nous renvoyons à ce que nous avons dit de ces voûtes, pag. 58 et 61.

*Voûte en arc de cloître avec plafond au milieu (2).*

Ces voûtes, qui sont d'un bon effet sous le rapport de l'aspect comme formant transition entre les murs et le plafond et donnant en même temps à la pièce plus de hauteur, nous semblent et par leur forme et par leur position résulter du besoin de diminuer la portée du plafond, et doivent par ce motif se combiner soit avec un plafond en pierre, soit avec un plancher en charpente. Nous nous bornerons ici à dire que la première de ces combinaisons ne nous paraît pas de bonne construction, renvoyant pour les motifs à l'article *plafonds bandés* et *plafonds appareillés*, page 54; au contraire, nous croyons la seconde susceptible de donner de bons résultats, car si, construites en pierre, les voûtes entraînent le plafond appareillé qui est vicieux, il n'en résulte dans la construction en charpente qu'un soulagement pour les pièces du plancher; ainsi, considérée de tous les points de vue, cette dernière méthode est satisfaisante; puisque à son utilité dans la construction elle joint l'avantage de donner des formes agréables et très-favorables à la décoration.

APPAREIL DES VOUTES CONIQUES, SPHÉRIQUES, SPHÉROÏDES ET CONOÏDES,  
DES VOUTES COMPOSÉES ET DES ESCALIERS.

*Des voûtes coniques et conoïdes (3)*

Les voûtes coniques sont des voûtes ayant pour pieds-droits des murs non parallèles; on ne trouve guère à faire l'application de ce

(1) Rondelet, tome II, page 161.

(2) Id., ib., page 162.

(3) Id., ib., page 163.

genre de voûte que dans quelques cas particuliers et dans les ébrasements des baies; elles prennent alors le nom d'arrière-voussures (1).

Rondelet donne quelques exemples de voûtes coniques : ce sont d'abord diverses trompes, l'une droite, dans l'angle; l'autre dans l'angle rachetant un angle saillant; une autre dans un angle rentrant terminée en tour ronde; une voûte conique biaise et inclinée dans un mur en talus; enfin, une voûte conique à double ébrasement, biaise et percée dans un mur en talus. Nous nous bornerons ici à faire remarquer que ces sortes de constructions, qui datent du moyen âge, ont vraisemblablement eu pour origine des constructions analogues, mais exécutées en bois et par conséquent offrant une solidité apparente que ne comporte pas l'emploi de la pierre; au reste, ces constructions, dont le but a été sans doute, dans certains cas, d'éviter les frais de fondation des parties ainsi ajoutées, ou, dans d'autres, d'éviter les embarras qu'elles auraient pu occasionner sur la voie publique, sont maintenant tombées en désuétude et ne s'emploient que lorsqu'on y est contraint par la nécessité.

A la suite des voûtes coniques, Rondelet donne comme exemple de voûte conoïde une imitation de la coupole intermédiaire du Panthéon français, ou nouvelle église Sainte-Genève (2), à laquelle il ajoute quelques explications sur cette voûte elle-même.

C'est à tort que Rondelet donne à cette voûte le nom de conoïde, puisque sa surface est engendrée par la révolution de la courbe chaînette autour de son axe, et par conséquent une surface de révolution, tandis que le conoïde est une surface réglée dont la génération s'opère au moyen d'une droite qui s'appuie sur une droite et une courbe, et se meut parallèlement à un plan donné qu'on nomme plan directeur. Nous citerons entre autres exemples de voûte conoïde la surface qui pénètre une voûte annulaire pour former voûte d'arête. Les rangs des voussoirs de cette surface devant être horizontaux, ses génératrices doivent pareillement être horizontales; et comme elles passent en même temps par l'axe des cylindres formés par les pieds-droits de la voûte, elles répondent à la définition de la surface conoïde donnée ci-dessus, puisqu'elles se meuvent sur une droite, l'axe du cylindre, et une courbe, et ont l'horizon pour plan directeur.

(1) Rondelet, tome II, page 132.

(2) Id., lb., page 172.

La voûte du Panthéon dont il vient d'être question est la voûte intermédiaire, c'est-à-dire celle qui se trouve située entre la coupole inférieure et le dôme (1). La coupole inférieure, destinée à terminer l'édifice à l'intérieur, est décorée de caissons et ouverte à sa partie supérieure; la seconde coupole, fermée à sa partie supérieure, est ouverte à sa partie inférieure par quatre grands arcs invisibles d'en bas, au moyen desquels elle reçoit la lumière de douze des fenêtres de l'attique. Cette coupole a été construite pour faire illusion au spectateur, car l'apothéose qui y est peinte la fait disparaître aux yeux et la remplace en quelque sorte par le ciel; mais, soit qu'il fallût préserver la peinture des accidents qui auraient pu résulter de sa position si elle eût été exécutée sur la face interne du dôme, soit qu'on ait jugé nécessaire, pour l'aspect extérieur de l'édifice, de l'élever à une plus grande hauteur qu'on ne l'avait fait à l'intérieur, une troisième enveloppe fut superposée aux deux autres.

Si l'on admet cette hypothèse que les formes et les rapports architectoniques des parties entre elles aient nécessité pour la satisfaction de l'œil une élévation plus grande à l'extérieur qu'à l'intérieur, on ne peut nier que cette surélévation, qui n'est alors qu'une décoration, ne soit un peu coûteuse pour son objet; d'ailleurs, elle détruit l'unité de l'édifice, ou plutôt le besoin de cette surélévation est la conséquence du défaut d'unité et d'harmonie entre l'intérieur et l'extérieur, qui sont deux choses en désaccord, lorsqu'elles doivent être, au contraire, assez intimement liées pour n'exprimer qu'une même chose, puisque c'est de cette disposition d'ensemble que l'un et l'autre doivent résulter.

Considérant maintenant cette triple couverture comme motivée par l'illusion que la peinture était destinée à produire, nous croyons que c'était payer cette illusion trop cher que de l'obtenir par la construction de trois dômes, et surtout de lui sacrifier l'édifice lui-même en en détruisant l'unité.

*Des voûtes sphériques et sphéroïdes (2).*

Les voûtes sphériques, et en général toutes celles comprises sous les désignations de coupoles et dômes, dont on trouve divers exemples dans

(1) Rondelet, planche CXCVII.

(2) Id., tome II, page 174.

l'antiquité, ont été appliquées à la couverture des édifices ou des salles circulaires; dans ce cas elles donnaient le meilleur résultat possible, tant sous le rapport de la forme que sous celui de la construction; car ces voûtes n'exercent point de poussée (1). Le plus important de ces exemples est la voûte du Panthéon d'Agrippa, qui n'a pas encore été surpassée en grandeur dans les temps modernes.

La perfection de la forme et tous les avantages attachés à l'emploi de ces voûtes ont engagé les modernes à les appliquer à la construction de leurs monuments les plus importants; c'est ainsi que des dômes ont été élevés à l'intersection des nefs longitudinales et transversales des temples chrétiens auxquels on voulait donner toute la magnificence possible; cependant, comme ces édifices avaient eu dès l'origine du culte des formes en quelque sorte consacrées, on appropria le dôme à la place qui lui fut destinée; comme nous venons de le dire, ce fut le plus souvent à la croisée des nefs qu'il fut établi. La voûte motivée en ce point par la disposition des pieds-droits est évidemment la voûte d'arête; néanmoins, elle peut être remplacée par la voûte sphérique; mais cette espèce de voûte, n'ayant pas été jugée susceptible de produire par elle-même assez d'effet, a été établie en ce point uniquement pour transformer la forme carrée en forme circulaire au moyen d'une section horizontale faite dans cette voûte: c'est sur cette base circulaire qu'on a alors élevé la tour qui porte le dôme; on voit donc que cette construction superposée forme en quelque sorte un monument à part, qui conséquemment altère l'unité de l'ensemble. D'ailleurs, n'est-il pas naturel de croire que le dôme n'est élevé à cette grande hauteur que pour faire sentir l'importance de la destination de la partie qu'il couvre dans l'église, et que c'est sur le sanctuaire qu'il doit être établi, comme il l'est au reste à Sainte-Marie-des-Fleurs et à Saint-Pierre. A Sainte-Marie-des-Fleurs il est dans les meilleures conditions possibles, considéré dans son application à un édifice qu'il ne couvre pas tout entier; c'est-à-dire que du point de vue de la convenance il est en harmonie par son importance avec l'autel qu'il couvre, et qu'en même temps il est élevé sur un plan octogone comme les pieds-droits qui le supportent et qui ne forment avec lui qu'une seule et même chose, tandis que le dôme de Saint-Pierre et la plupart des dômes

(1) Rondelet, tome IV, page 307.

modernes manquent à cette importante condition d'unité, puisqu'ils couvrent des tours cylindriques établies sur des piliers renfermant un espace de forme différente, et que par conséquent ils forment deux édifices l'un sur l'autre.

Une autre cause qui affecte encore plus fortement cette qualité essentielle, c'est le défaut d'harmonie qui existe entre l'intérieur et l'extérieur par la multiplicité des voûtes qui couvrent ces parties; ce défaut est d'autant plus important qu'il se rencontre dans presque tous les grands dômes de l'époque moderne.

Les premiers qui furent construits à l'imitation des coupoles antiques conservent encore le principe dans sa pureté, comme on peut s'en convaincre par celui de l'église de Sainte-Sophie à Constantinople, bâtie sous Justinien, aux sixième et septième siècles. La voûte est simple en son épaisseur, qui est beaucoup moindre que celle des murs qui la supportent. La coupole de Sainte-Marie-des-Fleurs à Florence, construite en 1425, par Brunelleschi, est double, c'est-à-dire formée de deux voûtes, mais qui sont construites de telle manière qu'elles n'en forment qu'une seule, c'est-à-dire que les deux épaisseurs de voûte et leur intervalle formant ensemble une épaisseur égale à celle des pieds-droits qui la supportent, la partie intérieure et celle extérieure peuvent être considérées, la première comme l'intrados du dôme, la seconde comme son extrados; en sorte qu'elles ne forment réellement qu'une seule et même voûte, et que la condition d'unité se trouve complètement satisfaite; la même remarque est applicable au dôme de Saint-Pierre, construit par Michel-Ange. Depuis lors cette unité disparaît, et les dômes de la Sorbonne, du Val-de-Grâce, par François Mansard, et de l'Assomption, sont formés de deux voûtes, mais n'ayant entre elles aucun rapport; il semblerait que l'élévation convenable pour l'intérieur n'était pas suffisante pour l'extérieur, qui au reste n'avait du dôme que la forme: nous ne disons pas cela parce qu'ils étaient construits en bois, car rien ne s'oppose dans ce cas à l'emploi de cette matière, qui a peut-être été mise en œuvre dans les premiers essais de voûtes sphériques, mais parce que les dispositions de leur charpente sont applicables à des combles quelconques, puisqu'elles ne servent qu'à déterminer une vaine forme en la maintenant en certains points de distance en distance.

La coupole de l'église du Val-de-Grâce, dont il vient d'être question,

est ornée de peintures; or, comme ces peinturés tendaient à cette époque à produire une illusion complète en offrant aux yeux soit des figures aériennes, soit une apothéose, conséquemment, en raisonnant dans cette hypothèse, à faire disparaître la voûte et à laisser l'édifice sans couverture, Jules Hardouin Mansard, ayant sans doute remarqué cet inconvénient, voulut y remédier en construisant le dôme des Invalides, et pour cela, ou peut-être pour rendre l'illusion plus complète encore, il construisit trois voûtes au lieu de deux; celle inférieure, qui doit être pour le spectateur la clôture supérieure, est décorée de compartiments qui peuvent résulter de la construction: c'est encore l'édifice; mais au centre de la voûte est une lunette à travers laquelle apparaissent les peintures exécutées sur la voûte immédiatement supérieure et éclairées d'une vive lumière: alors ce n'est plus la voûte, c'est bien le ciel qui seul se trouve au-dessus; cette seconde voûte, destinée à ne point faire partie de l'édifice, est surmontée d'une troisième, qu'on doit admirer de l'extérieur sans qu'on puisse la soupçonner de l'intérieur.

Une critique analogue peut être appliquée au dôme de Saint-Paul de Londres et au Panthéon de Paris, dont nous avons déjà parlé, page 65.

C'est ainsi que l'erreur se produit: au Panthéon de Rome, la voûte sphérique est simple et monte de fond, étant établie sur un cylindre; à Sainte-Sophie de Constantinople, la calotte sphérique, pour être établie sur un plan carré, nécessite l'emploi de pendentifs; jusque-là cependant l'unité n'est point détruite, car les pendentifs et la calotte forment ensemble la voûte unique; à Sainte-Marie-des-Fleurs, la coupole octogone, pour former une épaisseur égale à celle des murs, afin qu'à leur rencontre, qui est apparente, ils soient bien la continuité l'un de l'autre, est composée de deux voûtes parallèles et monte de fond; là, comme nous l'avons dit, aucun inconvénient encore. Mais il faut à Saint-Pierre une voûte sphérique comme étant la forme la plus parfaite, et cependant il ne convient pas que les piliers formant la rencontre de ses nefs renferment un espace cylindrique: aussi des pendentifs qui peuvent porter une tour circulaire sont construits pour cacher la contradiction de la forme de la voûte et de celle de sa base.

On élève sur l'édifice un édifice nouveau une tour cylindrique portant le dôme. Bientôt à cette déviation des saines doctrines vient s'ajou-

ter la multiplicité des voûtes en germe à Sainte-Marie-des-Fleurs; ces voûtes sont d'abord au nombre de deux pour satisfaire à un besoin de hauteur plus grande à l'extérieur, afin de se marier avec la masse totale de l'édifice, qu'à l'intérieur, où la hauteur ne se trouve guère en rapport qu'avec la largeur comprise entre les piliers du dôme, besoin qui résulte sans doute de l'établissement d'un dôme sur un édifice par la disposition duquel il n'est pas motivé.

Après l'adoption du double dôme, la décoration de la coupole par des peintures suggéra l'idée de leur donner, au moyen de dispositions architecturales particulières, l'effet magique qui semblait convenir aux sujets traités dans ces peintures; alors on construisit trois voûtes, ainsi que nous l'avons dit plus haut, et comme l'intérieur de la voûte supérieure, dans le cas des doubles et des triples voûtes, se trouva entièrement caché, on ne s'attacha plus qu'à lui conserver sa forme extérieure, et on employa, pour arriver à ce résultat, des moyens de construction qui n'étaient nullement en rapport avec elle.

D'après ce qui précède, nous croyons pouvoir poser en principe que, pour qu'un dôme soit d'un bon effet dans un édifice il faut qu'il ait la même forme que l'espace dont ses supports sont l'enceinte, et qu'il ne forme qu'une seule et même clôture, et surtout qu'il couvre la partie la plus importante de l'édifice sous peine de voir l'effet si puissant de sa forme converti, pour ainsi dire, en une monstrueuse inutilité.

Après avoir donné l'appareil des voûtes sphériques simples, Rondelet donne un exemple de voûte sphérique incomplète sur un plan carré, appareillée par assises horizontales (1), et celui d'une voûte sphérique aussi sur plan carré, mais appareillée par carrés inscrits (2); il traite ensuite des voûtes en niche (3), et donne comme exemple une trompe en niche sur le coin; à la suite sont deux exemples de voûtes sphéroïdes (4), et une note sur la manière de tracer les caissons dans diverses espèces de voûtes (5).

(1) Rondelet, tome II, page 178.

(2) Id., ib., page 179.

(3) Id., ib., page 180.

(4) Id., ib., page 182.

(5) Id., ib., page 187.

*Des voûtes composées* (1).

Ce que nous avons dit des voûtes simples pouvant s'appliquer aux voûtes composées, nous croyons inutile de revenir sur ce sujet. Les exemples de voûtes composées dont Rondelet donne la construction sont : les pendentifs, la voûte d'arête annulaire (2), formée par la pénétration d'un conoïde dans une voûte annulaire de même hauteur, et la trompe en tour ronde, érigée sur un mur droit (3).

*Des escaliers en pierre.*

Les escaliers qui sont des assemblages de degrés ou marches au moyen desquelles on communique d'un lieu à un autre qui lui est supérieur, et réciproquement, sont de deux espèces : les uns couverts, les autres découverts. Les premiers se construisent ordinairement en pierre ou en marbre; on emploie à la construction des seconds, suivant les circonstances, le marbre, la pierre, le bois, la fonte, le fer et les poteries.

Outre les escaliers pratiqués dans l'épaisseur des murs et qui peuvent être considérés simplement comme escaliers dérobés, l'antiquité ne nous a laissé que des escaliers de construction simple, tels que ceux des théâtres et des amphithéâtres; on peut croire, par cette raison, que les escaliers intérieurs des habitations étaient peu importants, puisqu'ils étaient construits de matière assez peu durable pour qu'aucun vestige ne nous en soit parvenu. Dans tous les cas, on est autorisé à penser que cette partie des édifices était loin d'avoir alors l'importance qu'elle a acquise depuis et que les mœurs et les usages de l'époque moderne lui ont donnée.

Ce ne fut que lorsque l'art de la coupe des pierres se fut développé qu'on put tirer tout le parti possible des escaliers; toutes les combinaisons de voûtes et de voussures qu'exige dans certains cas leur construction nécessitaient en effet en ce genre, des connaissances étendues.

Depuis l'époque de la renaissance on a obtenu dans la construction

(1) Rondelet, tome II, page 195.

(2) Id., ib., page 198.

(3) Id., ib., page 200.

des escaliers des effets et une magnificence que rien n'avait encore égalé ; cependant, à cette époque et dans le moyen âge, la place qu'ils occupaient dans la distribution les caractérisait et ajoutait en même temps un trait de plus à la physionomie extérieure de l'édifice. Nous voulons parler de la position des escaliers en dehors des appartements, comme on le voit dans les principaux châteaux de ce temps.

Cette disposition joignait aux avantages qu'elle offrait sous le rapport de l'aspect celui de donner la facilité d'introduire convenablement, et en tous points, la lumière du jour, puisque les escaliers étaient situés dans des tourelles ou avant-corps en grande partie isolés.

Lorsque l'escalier est enclavé dans les bâtiments, comme cela se pratique exclusivement maintenant, il est souvent difficile de l'éclairer régulièrement sans l'ouvrir à sa partie supérieure, et c'est quelquefois le seul moyen dont on puisse disposer ; à la vérité, quand l'escalier n'est pas trop élevé, cette manière d'éclairer les marches est très-convenable, mais elle a toujours l'inconvénient, qui résulte dans nos climats des jours horizontaux, d'occasionner un entretien onéreux.

La principale condition à laquelle doivent satisfaire les escaliers étant de desservir convenablement les divers étages d'un bâtiment, ils doivent être en communication directe avec les pièces communes qui donnent accès aux autres, telles que vestibules, antichambres, etc. Quant à leurs dimensions, elles doivent être en rapport avec celles des appartements auxquels ils conduisent, et leur aspect doit résulter plutôt de leur disposition que de la décoration proprement dite ; par leur fonction ils nous semblent sous ce rapport devoir tenir le milieu entre le vestibule et les pièces principales, qui nous paraissent devoir l'emporter en richesse sur toutes les autres parties. Il est inutile d'ajouter que toutes ces considérations de situation, de grandeur et d'aspect sont subordonnées à cette condition première de toute construction, la solidité.

Le premier exemple d'appareil d'escalier que donne Rondelet est celui de la vis Saint-Gilles sur plan carré (1) ; il donne la génération de cette voûte, qu'il signale comme présentant beaucoup de difficultés d'exécution, et indique ensuite la méthode à suivre pour son appareil.

(1) Rondelet, tome II, page 202.

Nous renvoyons à notre auteur pour la construction de l'épure, que nous considérons comme un bon exercice de coupe de pierres, mais que nous ne conseillons pas d'appliquer, la génération de cette voûte nous paraissant incompatible avec la forme carrée du plan, défaut dont la complication et les difficultés sont le résultat. D'ailleurs, comme Rondelet le dit lui-même (1), il n'est jamais nécessaire de faire usage de cette voûte, et les raisons pour lesquelles on doit l'éviter sont puissantes, pour ne pas dire irrésistibles; d'abord, des marches disposées dans une cage d'escalier carrée autour d'un noyau carré, au centre duquel elles tendent, offrent dans leur largeur, en approchant du noyau, des irrégularités dangereuses, étant contraires au principe basé sur la régularité du pas de l'homme, qui veut que les girons de toutes les marches soient égaux; d'autre part, la surface irrégulière de cette voûte est plus désagréable que celle formée directement par le dessous des marches, qui, portant coupe, peuvent se soutenir d'elles-mêmes; enfin, il faudrait faire une dépense très-considérable, sans autre but que d'obtenir les plus mauvais résultats, si ce n'est de satisfaire une aveugle vanité.

Quoique la vis Saint-Gillesronde, que Rondelet donne à la suite selon deux méthodes différentes (2) ne présente pas les mêmes défauts que celle dont il vient d'être question, néanmoins, vu la difficulté d'exécution et la dépense, il est bon d'en réserver l'application pour les cas, très-rares, où elle peut être nécessaire, et ce n'est guère, comme le dit Rondelet (3), pour les escaliers que cela peut arriver.

Nous citerons entre autres exemples, comme bonne application de la vis Saint-Gillesronde, les pentes douces au moyen desquelles les voitures ont accès au tunnel qui passe sous la Tamise à Londres.

Après les vis Saint-Gilles, Rondelet donne un grand escalier à repos, soutenu par des voussures rampantes et par des trompes dans les angles, ou par des parties de voûtes en arcs de cloître (4). Nous ne partageons pas l'avis de notre auteur au sujet de l'aspect de solidité qu'il attribue à ces sortes d'escaliers; nous pensons, au contraire, que la voussure ou demi-voûte adossée au mur est plutôt de nature

(1) Rondelet, tome II, page 207.

(2) Id., ib., p. 208.

(3) Id., ib., page 211.

(4) Id., ib., page 212.

à étonner l'œil par sa hardiesse qu'à le convaincre de sa solidité, et nous pensons qu'ils sont d'apparence lourde plutôt que solide. Au reste, nous croyons qu'en général les escaliers dont les piliers sont soutenus par des appuis verticaux sont préférables à ceux-là, tant sous le rapport de l'aspect que sous celui de la construction.

Les exemples qui viennent ensuite sont d'abord un grand escalier soutenu par la seule coupe de ses marches avec limon ou sans limon (1); puis un escalier à jour avec limons arrondis dans les angles, paliers et marches tournantes (2); enfin, un escalier à base circulaire, appelé vis à jour avec limon et sans limon (3).

Nous bornerons nos observations à faire remarquer que ces escaliers, ainsi qu'on peut s'en convaincre en se reportant à notre auteur pour en apprécier la disposition, sont plus propres à être exécutés en bois qu'en pierre.

Tout ce qui vient d'être dit sur la stéréotomie amène suivant nous à cette conclusion, que cette science est d'un grand secours pour l'architecte, mais en même temps qu'elle devient un fléau dans les mains de celui qui n'est point assez inspiré par l'art lui-même pour comprendre qu'elle peut par son aide ajouter à son éclat, mais qu'elle ne peut sans l'anéantir lui imposer ses témérités.

Le constructeur qui se voue à la vanité des succès géométriques ne le fait que parce qu'il sent que l'art est trop haut pour sa taille, et quelquefois, le plus souvent peut-être, parce qu'il ne l'a pas même soupçonné : aussi ne cherche-t-il que les difficultés pour les vaincre; il fait plus, il les crée et oublie pour elles jusqu'à la condition première que lui impose sa mission, qui est de satisfaire aux besoins le mieux possible en dépensant le moins possible. L'architecte digne du titre qu'il porte sait au contraire que cette condition, même rigoureuse, est un frein qui guide son imagination à l'art réel; aussi apporte-t-il tout son soin à éviter ces difficultés de construction, afin de n'employer que les moyens les plus simples qui assurent à ses œuvres la physionomie que comporte leur destination; en un mot, il ne perd jamais de vue le but auquel doivent tendre ses efforts, et ne regarde la science que comme un auxiliaire; mais il l'aime, parce qu'en l'amenant à la con-

(1) Rondelet, tome II, page 216.

(2) Id., ib., page 217.

(3) Id., ib., page 219.

naissance des relations exactes des moyens dont il dispose, il peut arriver à en faire le plus judicieux emploi, et conséquemment à les réduire à leur simple expression.

---

## LIVRE QUATRIÈME.

### MAÇONNERIE (1).

---

#### CHAPITRE PREMIER.

##### DES VOIES PUBLIQUES ET GRANDS CHEMINS.

Après avoir défini la maçonnerie, Rondelet commence par traiter de l'établissement des aires, et à ce sujet il fait succinctement l'histoire des chemins, à compter de ceux qu'exécutèrent les anciens peuples de l'Égypte, tant pour faciliter le transport des matériaux dont ils composaient leurs monuments, que pour donner accès à leurs temples. En traitant ensuite des voies publiques et grands chemins (2), il fait connaître l'importance que les Romains attachaient à la construction des routes, dont il indique les différentes espèces.

Dans un paragraphe à la suite, il dit de quelle manière et à l'aide de quels matériaux ces travaux étaient exécutés. On y voit que les Romains ont su non-seulement faire des routes avec toute la perfection et toute la solidité possibles, mais encore qu'ils ont su vaincre toutes les difficultés qui se rencontrent fréquemment dans ce genre d'ouvrages, et qui ont pour cause soit la nature du sol, soit la disposition du terrain.

A l'article des *Chemins modernes* (3), nous avons ajouté quelques

(1) Rondelet, tome II, page 220.

(2) Id., ib., page 228.

(3) Id., ib., page 235.

exemples de bonnes routes d'Angleterre que nous avons cru pouvoir offrir quelque intérêt ; ils se trouvent contenus dans les planches XI, XII et XIII de notre Supplément, où sont représentées en profil diverses routes à niveau, en tranchée et en remblai, avec les canaux disposés pour l'écoulement des eaux, qu'il est de la plus grande importance, pour la conservation de la chaussée, de rendre prompt et facile.

Il nous a paru naturel d'ajouter à ce qui est relatif aux routes un aperçu sur le pavage en bois et quelques indications sur la manière d'établir les conduites d'eau, de gaz, et les égouts. Ayant considéré ces divers détails comme faisant en quelque sorte partie de la voie, nous les avons placés à la suite des exemples de routes ; ils font le sujet de la planche XIV.

Rondelet termine son chapitre *Des voies publiques et grands chemins* par une note sur les différentes espèces de chemins et ornières (1) (c'est le nom donné originellement aux chemins de fer) ; cette note ne renfermant que des notions très-succinctes sur ce genre de voies de communication, alors qu'il n'en était encore qu'à son origine, nous avons dû, sinon présenter en détail les progrès faits depuis dans cette branche qui se rattache à l'art de bâtir, au moins signaler les plus importants. Nous renvoyons à la page 34 du premier volume de notre Supplément pour l'aperçu général sur cette importante découverte des temps modernes, et pour les détails aux planches XV, XVI, XVII, XVIII, XIX, XX, XXI, XXII, XXIII, et à leurs explications contenues dans ce même volume ; on y trouvera des exemples de gares, divers modes d'établissements des rails, tant sous le rapport de leurs fondations, et de leur pose dans les coussinets au moyen desquels ils s'y attachent, que sous celui des formes et qualités requises pour ces supports eux-mêmes ; divers modes de changement de voie ; les formes de rails le plus en usage, leurs propriétés particulières ; enfin un exemple de plaque tournante.

On trouvera peut-être que, quoique nous n'ayons fait que donner un aperçu de la construction des chemins de fer, nous nous étendons plus sur ce sujet que ne le comporte l'ouvrage auquel ces exemples sont ajoutés en supplément ; nous n'avons pour excuse, en ce cas, que l'importance immense de ces voies nouvelles de communication qui

(1) Rondelet, tome II, page 241.

nous a fait penser qu'on ne pourrait que nous savoir gré de les avoir fait entrevoir. Cette plainte pourrait-elle subsister devant les merveilleux résultats de cette nouvelle conquête de l'intelligence, qui va bientôt en quelque sorte unir les bouts du monde et porter en tous lieux la civilisation, faire de tous les hommes comme un seul peuple, et, en diminuant les distances, contribuer puissamment au bien-être général et augmenter en quelque sorte la vie de chacun ?

Tels sont, en effet, les fruits qu'on doit attendre de ce nouveau mode de communication, et que nous espérons lui voir porter bientôt.

---

## CHAPITRE DEUXIÈME.

### DES AIRES ET PAVÉS INTÉRIEURS (1).

Chez les anciens, les aires à l'intérieur se construisaient, pour la maçonnerie, à peu près de la même manière que leurs grands chemins. Rondelet rapporte dans son entier le passage de Vitruve relatif à la formation des aires ; il traite ensuite de diverses sortes de pavés aujourd'hui en usage en Italie, et indique leur mode de construction.

Les aires ou pavés à la grecque dont parle Vitruve (2) étaient composées d'une couche de blocage à laquelle on superposait un lit de charbon sur la surface duquel on étendait un mortier de chaux et de sable mêlé de cendre. Rondelet pense que des aires ainsi composées pourraient, par la propriété qu'elles ont d'emboire à l'instant même les liquides qui y sont répandus, être employées avec avantage pour des salles à manger, des salles de bain, ou des laboratoires de chimie ; nous ne partageons point son avis à cet égard, pensant que cette propriété d'absorption ne peut avoir pour résultat que de porter atteinte à la salubrité.

Les pavés à la vénitienne, dit *composti et pavimenti terrazzati* (3), sont des aires sur la surface desquelles on sème de petits morceaux de marbres de diverses couleurs que l'on fait entrer dans la couche supé-

(1) Rondelet, tome II, page 245.

(2) Id., ib., page 252.

(3) Id., ib., page 253.

rieure au moyen d'un rouleau, et que l'on enfonce par un abattage fait avec soin; après quoi, on en dresse la surface en la frottant avec des grès dont le grain doit diminuer de grosseur à mesure que la surface s'égalise, et enfin avec de la pierre ponce.

On comprend tout le parti que l'on peut tirer de ce genre de pavé; aussi en fait-on qui sont très-variés de dessin et de couleur: ce sont des tapis couverts d'arabesques exécutés sans modelé, comme il convient pour la place qu'ils occupent.

Ces mosaïques peu dispendieuses doivent être conformes, quant au mode d'exécution, à celles qui furent faites lorsque ce genre de décoration apparut; ce fut incontestablement la formation des aires qui lui donna naissance, comme on le voit dans les ruines de Pompéi; bientôt cet art, encore à son enfance, aspira à imiter la peinture; alors on sentit la nécessité d'employer une plus grande variété de couleurs que celles que pouvaient fournir les matières naturelles; à cet effet, on colora de petits cubes de verre au moyen desquels il devint possible d'imiter les tons de la peinture et leurs gradations. Arrivé à ce point de perfectionnement, ce genre de décoration ne pouvait plus avoir sa destination primitive, c'est-à-dire servir à l'embellissement des pavements, car toute décoration applicable dans ce cas doit être d'accord avec le caractère essentiel de ces surfaces, qui est d'être parfaitement planes, afin d'offrir à la marche toute la facilité possible, sous peine de devenir fausse et désagréable à l'œil en rendant en apparence incommode, sinon impossible, l'usage auquel ces surfaces avaient été destinées. Par une raison analogue, les sujets de décoration ne doivent point y être arbitraires; il semblerait, en effet, inconvenant d'y figurer des hommes ou des animaux, et les seuls ornements rationnels qui puissent y entrer sont des divisions de compartiments, des feuillages, entrelacs, etc., et toujours exécutés sans saillie.

Employée dès l'antiquité, la mosaïque devint d'un usage assez fréquent au moyen âge, et c'est ainsi que depuis a été exécutée toute la décoration de Saint-Pierre de Rome: la coupole, les pendentifs qui la supportent, et les tableaux qui ornent les chapelles. Si ce mode de représentation n'est pas aussi parfait que la peinture, en revanche le temps n'altère point ses productions, qui semblent éternelles. La propriété qu'a la mosaïque de conserver indéfiniment les couleurs dans toute leur intégrité, sa surface, que n'affectent point les intempé-

ries des saisons, la rendent particulièrement propre à la décoration des édifices, même à l'extérieur; l'antiquité fournit d'heureux exemples de son emploi dans ce cas.

Outre les diverses espèces d'enduits dont il vient d'être question, il en est une autre en usage à Naples, désignée sous le nom de *lastrico* (1) : c'est une espèce de béton composé de chaux, de débris de pierres poncees et de tuf brûlé; il a la propriété d'acquérir une force de cohésion telle, qu'on en peut faire des marches d'escalier, etc.; il peut être comparé, sous le rapport de la force et de la dureté, aux pierres connues sous le nom de lambourde de Saint-Maur et de Vergelé, quoique sa pesanteur spécifique n'excède guère celle du bois de chêne (2).

Le chapitre *Des aires et pavés intérieurs* est terminé, dans notre auteur, par un paragraphe sur les aires en plâtre; ces aires, ne présentant pas par elles-mêmes une dureté suffisante, ne peuvent servir que pour recevoir un carrelage; il est aisé de comprendre, d'après ce qui vient d'être dit, que ce carrelage puisse fournir aussi de beaux motifs à la décoration.

---

## DEUXIÈME SECTION.

### CONSTRUCTION DES MURS EN MAÇONNERIE.

---

#### CHAPITRE PREMIER.

##### DES MURS EN MOELLONS (3).

Rondelet rapporte un extrait du chapitre VIII du livre II de Vitruve dans lequel il traite des différentes espèces de maçonneries connues de son temps. Ce sont, d'abord, l'*opus incertum*, qui est un composé de pierres irrégulières dont les joints sont disposés de manière que

(1) Rondelet, tome II, page 256.

(2) Id., ib., p. 258.

(3) Id., ib., p. 259.

les irrégularités inverses soient en correspondance, de telle sorte qu'il en résulte un ensemble compacte et solide.

Ce n'est pas arbitrairement que doit être choisi ce genre de maçonnerie, d'ailleurs inexécutable lorsque la pierre à employer est disposée par lits dans la carrière, puisque pour produire l'irrégularité des joints de l'*opus incertum* il faudrait la poser en délit, ce qui donne les plus mauvais résultats. Au contraire, les pierres propres à ces sortes d'ouvrages, n'ayant point de lit, ne doivent pas être chargées dans une direction unique, et conséquemment ne peuvent être placées par rangs d'assises régulières, mais bien suivant la méthode de l'*opus incertum* dans lequel les pressions s'exercent en tous sens sur chaque élément.

Vient ensuite l'*opus reticulatum* (1), c'est-à-dire exécuté en pierres à faces carrées avec joints disposés en forme de réseau. Vitruve et Pline disent que les maçonneries de ce genre sont sujettes à se lézarder. Rondelet pense que, quoique cette disposition des pierres soit contraire aux vrais principes de l'art de bâtir, la cause des accidents signalés doit être plutôt attribuée à la mauvaise qualité du mortier et à la saison où ces constructions avaient été faites qu'à la nature des pierres employées. Nous nous rangeons à cette opinion, pensant toutefois qu'au cas où les pierres sont de la nature de celles employées dans l'*opus incertum*, c'est-à-dire sans lit, il est préférable non-seulement au point de vue de l'économie de ne pas les tailler pour en faire de l'*opus reticulatum*, mais encore au point de vue de la construction, parce que les surfaces brutes s'unissent mieux avec le mortier que ne le font les surfaces taillées. D'un autre côté, si les pierres employées ont un lit, la pression qu'elles ont à supporter s'exerçant en tous sens, elles se trouvent posées en délit par rapport à l'une de ces directions, et forment conséquemment une construction vicieuse. Ainsi nous pensons que ce genre de construction, d'une disposition peut-être agréable à l'œil, doit être banni, à cause des inconvénients qu'elle présente.

Nous n'ajouterons rien à ce que dit Rondelet au sujet de l'*isodomum* et du *pseudisodomum* des anciens : la première de ces méthodes, et la plus parfaite, correspond à nos constructions par assises réglées ; la

(1) Rondelet, tome II, page 265.

seconde, qui n'offre la même régularité ni dans les dimensions des pierres ni dans celles des assises, n'en est pas moins très-bonne, tant sous le rapport de la solidité que sous celui de l'aspect, par la variété dont elle est susceptible.

---

## CHAPITRE DEUXIÈME.

### DES MURS EN BRIQUES (1).

La brique tient le milieu entre la pierre de taille et le moellon, et s'emploie de diverses manières : quelquefois on en a construit des édifices sans le secours de la pierre; le plus souvent on s'en sert conjointement avec la pierre taillée, elle forme alors les remplissages; enfin, on l'emploie avec le moellon, et c'est elle, à son tour, dont on se sert pour former les piliers, angles de murs, arcs, encadrements de baies, etc.

La brique se cuit de deux manières : quelquefois au soleil, le plus souvent au feu. Nous avons donné, page 68 du premier volume de notre Supplément, le mode de fabrication des briques crues dans le midi de la Russie, ainsi que la manière dont elles y sont mises en œuvre. Comme exemple de construction entièrement exécutée en briques, nous donnons, pl. XXIV du Supplément, les fig. 13 et 14, qui sont l'élévation postérieure et le plan du temple du dieu Ridicule, avec quelques dispositions de briques pour former des murs à claire-voie; à ces combinaisons nous joignons quelques exemples de construction de cloisons et murs en briques creuses ou poteries, joignant à l'avantage d'être très-légères celui d'être incombustibles et de former un puissant obstacle à la transmission des sons; ces exemples sont contenus dans les neuf premières figures de la planche XXV du Supplément. Les autres figures de cette planche et la planche suivante tout entière sont consacrées à la construction des tuyaux de cheminée au moyen de briques faites exprès. Nous renvoyons aux explications de ces figures pour l'appréciation des avantages qui résultent de ce mode de formation des tuyaux de

(1) Rondelet tome II, page 270.

cheminée, au triple point de vue du chauffage, de la sécurité et de la solidité. Bien que ces conditions soient les plus importantes auxquelles soit soumise la construction des cheminées, il en est une autre qu'on ne doit point perdre de vue dans leur distribution dans les édifices, c'est celle de la décoration : elles sont en effet susceptibles de fournir de beaux motifs en ce sens, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur; on n'a besoin pour s'en convaincre que de jeter les yeux sur la plupart des constructions de l'époque de la renaissance.

### CHAPITRE TROISIÈME.

#### DES MURS ET MASSIFS EN MAÇONNERIE MIXTE (1).

Ce genre de construction consiste à faire les parements des murs de moellons taillés ou de briques, et à remplir l'intervalle entre ces parements en matériaux plus petits posés à bain de mortier, ou bien à former de petits matériaux toute l'épaisseur du mur, et à la diviser par des chaînes de moellons ou de briques établies de distance en distance. Dans cette combinaison, les matériaux réguliers ont pour objet de diviser les irrégularités qui pourraient se manifester dans des constructions de cette nature, et d'offrir en certains points une plus grande solidité, motivée par les charges à supporter, comme aussi de donner aux arêtes ou contours apparents une plus grande régularité. En général, la maçonnerie nécessite pour présenter de la solidité l'emploi de mortier énergique, afin que toutes les parties dont elle se compose, qui n'ont pas par elles-mêmes une grande stabilité, arrivent à ne faire qu'un tout. Les exemples de ce genre de construction que l'antiquité nous a transmis nous font voir tout le parti qu'on en peut tirer lorsque l'exécution en est conduite avec soin. Toutefois des murs construits de cette manière ne sont pas de nature à supporter des charges aussi considérables, à épaisseur égale, que ceux construits en matériaux régulièrement taillés, mais ils n'en sont pas moins d'excellentes constructions : c'est ainsi qu'un grand nombre de monuments antiques, et des plus importants, sont construits; nous cite-

(1) Rondelet, tome II, page 272.

rons entre autres les Termes et le Panthéon. Les murs en maçonnerie mixte sont particulièrement propres, vu l'épaisseur qu'ils exigent et la stabilité qui en résulte, à résister à la poussée des voûtes; les autres sont plus capables de résister à la pression, et ces qualités spéciales les affectent en quelque sorte à un style d'architecture déterminé; ceux-ci au principe grec, ceux-là au principe romain; ce qui, considéré en général, est d'accord avec les faits. Les matériaux réguliers ne sont-ils pas effectivement les éléments le plus généralement employés dans les constructions grecques? et l'époque romaine la plus caractérisée ne se fait-elle pas remarquer par ses constructions en maçonnerie mixte? On ne doit point omettre de compter au nombre des qualités de la maçonnerie les facilités qu'elle offre pour l'application des revêtements de toutes natures, et qui permettent de la couvrir des plus splendides décorations.

Ce genre de maçonnerie paraît dans l'antiquité avoir été exécuté par encaissement (1). De nos jours, les constructions en pisé et en béton s'exécutent de la même manière. La solidité de ces dernières réside tout entière dans la bonne qualité du mortier qui unit les petits matériaux dont il est composé, et dans l'adhérence plus ou moins grande de ces éléments avec le mortier.

Nous renvoyons pour les explications sur ce mode de construction, qui peut trouver des applications fréquentes et être d'un grand secours dans certaines circonstances particulières, à la page 98 de notre premier volume, qui a rapport aux figures 1 et 2 de la planche XXVII, représentant un mode d'exécution des murs en béton au moyen d'encaissements en briques, et aux fig. 7 et 8, qui font voir la reprise en sous-œuvre exécutée à l'arsenal de Sa Majesté Britannique, à Chatham.

#### *Des revêtements en pierres de taille.*

Les revêtements dont on couvre les maçonneries de moellon ou de blocage ont des buts différents : ou simplement de dissimuler l'apparence irrégulière et désagréable de ces constructions, ou d'augmenter leur stabilité en donnant la plus grande résistance à leurs faces. Considérés comme un moyen de régulariser les surfaces, les revêtements

(1) Rondelet, tome II, page 273.

les meilleurs seront ceux qui avec le moins de poids auront au plus haut degré la propriété de faire promptement corps avec les maçonneries et occasionneront le moins de dépense : tels sont ceux en plâtre, en mortier, en stuc ; mais en ce moment nous ne nous occuperons que de ceux en pierres de taille, ayant plus tard à parler spécialement des enduits.

Lorsque les revêtements en pierres font partie intégrante des murs, les surfaces offrant dans ce cas une résistance plus considérable que les maçonneries intérieures, s'opposent au déversement et donnent à ces murs une stabilité qu'on peut regarder comme équivalente à celle qu'auraient des murs de même épaisseur tout en pierres de taille. Ce système de construction est avantageux au point de vue de l'économie, qui augmente en raison de l'épaisseur des murs.

Lorsque les revêtements en pierres de taille ne servent qu'à dissimuler la pauvreté des constructions qu'ils couvrent, pour affecter une richesse qui n'existe pas, ils sont d'abord trop dispendieux pour le but qu'on se propose ; et, d'un autre côté, comme la pierre de taille ne peut, par sa nature, être considérée comme un objet de décoration, puisque certains édifices en sont entièrement construits, c'est faire un mensonge onéreux et contraire à la saine raison que d'acheter à ce prix, pour de telles constructions, l'apparence d'une solidité qu'on a jugée inutile ou qu'on n'a pu leur donner.

Cependant s'il s'agit d'un édifice pour la construction duquel on puisse se dispenser d'employer la pierre de taille, et que cet édifice comporte une richesse qu'on ne trouve point dans les enduits dont on couvre habituellement les maçonneries, on peut faire des revêtements, mais il faut qu'ils soient tels que leur aspect produise une impression en harmonie avec le sens moral attaché à la destination de l'édifice, et tels en même temps qu'on ne les prenne point pour la construction, et qu'ils n'en soient évidemment que la décoration. Les marbres de couleur disposés en compartiments, les mosaïques répondent à ces conditions, et les exemples qui s'en trouvent en Italie peuvent être produits à l'appui de ce que nous avançons sous le rapport de la convenance et de la beauté.

Dans la comparaison que fait ensuite Rondelet des constructions en plâtre avec celles en mortier (1), il fait voir que la force du plâtre, très-

(1) Rondelet, tome II, page 277.

grande à l'origine de la construction, va en s'amoindrissant, tandis que celle du mortier, au contraire, nulle au moment de la construction, acquiert une force qui devient avec les années presque aussi grande que celle de la pierre. D'un autre côté, le plâtre en séchant augmente de volume; l'inverse a lieu pour le mortier.

Il résulte de ces propriétés du plâtre que les maçons qui s'en servent abusent de la promptitude et de la force avec lesquelles il unit les matériaux, construisent mal, et que si l'on ne prend les précautions nécessaires, sa propriété d'expansion fait gauchir les murs à la construction desquels il est employé.

L'emploi du mortier exige, au contraire, assez de soin dans la pose des matériaux pour que la stabilité des murs soit assurée en quelque sorte sans son secours, puisqu'il ne prend que lentement de la consistance.

---

### TROISIÈME SECTION.

#### CONSTRUCTION DES VOUTES EN MAÇONNERIE.

---

#### CHAPITRE PREMIER.

##### DES VOUTES EN MOELLONS (1).

Les voûtes en moellons étant composées de matériaux de petite dimension, et le mortier y jouant par conséquent un rôle important, sont préférables dans beaucoup de circonstances aux voûtes en pierres de taille, en ce sens qu'elles en viennent à ne former en quelque sorte qu'un massif, et qu'en conséquence leur poussée est comparativement peu considérable.

(1) Rondelet, tome II, page 279.

## CHAPITRE DEUXIÈME.

## DES VOUTES EN BRIQUES (1).

Ce que nous venons de dire des voûtes en moellons s'applique à plus forte raison à celles en briques, qui joignent à cette union de toutes leurs parties une légèreté qui résulte du peu d'épaisseur qu'elles peuvent avoir.

Les voûtes en briques sont de deux sortes : ou elles sont faites en briques ordinaires de champ, ou elles sont formées de briques posées de plat et maçonnées en plâtre (2). Au sujet de ces dernières nous avons présenté pl. XXIV, fig. 15, 16, 17 et 18, de notre Supplément, un exemple de perfectionnement apporté par M. d'Olivier à la construction de ce genre de voûtes au moyen des briques à crochets qu'il a inventées, et qui sont disposées de telle sorte que les inconvénients qui résulteraient dans les voûtes en briques ordinaires de la propriété d'expansion du plâtre, si l'on ne prenait les précautions nécessaires pour les éviter en perdant cette force, non-seulement disparaissent, mais encore que cette propriété tourne au profit de la solidité de la voûte.

Après avoir parlé des voûtes plates du palais Bourbon (3) et des voûtes de la Halle au blé de Paris (4), notre auteur traite des voûtes en poteries creuses (5), qui ont l'avantage d'être plus légères que celles en moellons ou en briques; nous avons donné, pl. LXIII de notre Supplément, quelques exemples de ce genre de voûtes, auxquels il est inutile de rien ajouter ici.

## CHAPITRE TROISIÈME.

## DES VOUTES EN MAÇONNERIE MIXTE (6).

Les voûtes en maçonnerie mixte sont celles dont les anciens ont fait le plus fréquent usage. Nous avons déjà fait ressortir les avantages des

(1) Rondelet, tome II, page 281. — (2) Id., ib., page 283. — (3) Id., ib., page 289. — (4) Id., ib., page 290. — (5) Id., ib., page 291. — (6) Id., ib., page 294.

constructions en blocage; nous nous bornerons ici à rappeler ce que nous avons dit au sujet des murs construits en maçonnerie mixte, page 81; nous ferons aussi remarquer que cette construction des voûtes, en même temps qu'elle offre de grands avantages sous le rapport de la stabilité, en ce que le mortier unit les petits matériaux qui les composent, de telle sorte qu'au bout d'un certain temps elles ne forment plus qu'un tout sans poussée, se prête mieux que les constructions en matériaux de gros échantillon à recevoir les décorations dont ces parties sont susceptibles, à cause de la facilité avec laquelle on y peut former des compartiments et y appliquer soit des enduits aussi durables qu'elle et susceptibles de recevoir des peintures, qui en s'y incorporant, sont assurées d'un aussi long avenir, soit des revêtements de toute autre nature.

---

## QUATRIÈME SECTION.

### COMPOSITION ET APPLICATION DES ENDUITS.

Dans le premier chapitre de cette section, Rondelet traite des enduits en mortier. Son article premier (1) concerne les enduits antiques; il rapporte à ce sujet divers passages de Vitruve relatifs aux enduits sur les murs, à ceux sur les cloisons (2), enfin à ceux qu'on emploie dans les lieux humides (3); cet article est terminé par quelques remarques faites sur les enduits que faisaient les anciens pour les ouvrages de maçonnerie destinés à contenir de l'eau (4). Les enduits modernes font le sujet de l'article deux (5). Le second chapitre traite des enduits en plâtre; enfin le troisième chapitre (6) contient des extraits de Vitruve sur la composition, la préparation et l'emploi des stucs dans l'antiquité; ces extraits sont suivis de documents analogues relatifs aux stucs modernes.

(1) Rondelet, tome II, page 299.

(2) Id., ib., page 302.

(3) Id., ib., page 304.

(4) Id., ib., page 308.

(5) Id., ib., page 309.

(6) Id., ib., page 313.

Comme nous l'avons dit en parlant des revêtements en pie rresde taille, si le revêtement que l'on veut appliquer n'a pour but que de régulariser la surface d'une construction formée de matériaux bruts pour la garantir des dégradations et la rendre moins désagréable aux yeux, et qu'on le considère du point de vue de la construction, le meilleur sera celui qui avec le moins de poids aura la propriété de faire le plus promptement corps avec la maçonnerie et occasionnera le moins de dépense. Le plâtre ayant la propriété de s'attacher presque instantanément aux constructions sur lesquelles il est appliqué s'emploie dans toutes les localités qui en sont pourvues, en partie aussi à cause du peu d'élévation de son prix ; ailleurs, on le remplace par le mortier de chaux et sable. On emploie aussi le stuc, mais lorsque l'édifice qu'il couvre est susceptible de recevoir de la décoration. Cet enduit, composé de chaux et de poussière de marbre, acquiert une consistance plus grande que celle du plâtre, mais il l'acquiert plus lentement ; on en a fait un grand usage dans l'antiquité. Aussi, grâce à sa durée et à la propriété dont il jouit de bien recevoir les couleurs et de les conserver, lui devons-nous une partie des beaux modèles que cette époque féconde nous a légués. Il est résulté de ces propriétés du stuc que l'enduit, qui n'avait pour but que de préserver une construction qui donnait trop de prise à la destruction et d'en cacher aux yeux l'aspect désagréable, est devenu un objet de décoration, par la facilité avec laquelle il a pu être moulé et taillé et les couleurs s'y incorporer.

Il est résulté de ces propriétés du stuc, et peut-être aussi du besoin de le préserver de l'action destructive du temps, qu'on l'a couvert de peinture, profitant ainsi de ses qualités pour suppléer à ses défauts. Les anciens ont agi en cette circonstance avec d'autant plus de raison que la matière sur laquelle la peinture était appliquée n'a pas cette apparence de solidité de la pierre ou du marbre qui, en apportant à l'esprit l'idée de durée pour ainsi dire éternelle, est d'un effet plus puissant à l'extérieur que ne le seraient les couleurs sous lesquelles on la ferait disparaître.

D'après ce qui vient d'être dit sur la maçonnerie nous arrivons à conclure que ce genre de construction, qui est moins coûteux que la construction en pierres de taille et plus favorable qu'elle à l'application des revêtements, fournit à l'art les plus grandes ressources : en effet, tel édifice qui construit en pierres de taille est resté dans un état de

nudité déplorable, eût pu construit en maçonnerie être aussi satisfaisant sous le rapport de la solidité, et recevoir la décoration que comportait sa destination et qui a été absorbée pour ainsi dire par la stérile dépense qu'a entraînée la valeur des matériaux employés. En un mot, un édifice construit en maçonnerie n'a de beauté qu'à la surface; ceux construits en pierres de taille ou en marbre renferment au contraire dans l'épaisseur de leurs murs des matériaux dont la beauté n'est plus appréciable aux yeux, et qui n'en a pas moins son prix, en sorte que cette beauté devient en quelque sorte négative.

Ainsi ces éléments vulgaires dont se compose ce genre de construction qu'on appelle maçonnerie sont aussi bien placés dans les murs des édifices les plus somptueux que dans ceux des plus humbles chaumières; seulement, ils n'ont à satisfaire dans ceux-ci qu'au besoin matériel de la solidité, tandis qu'ils doivent dans les autres se revêtir en outre des plus riches parures.

---

## LIVRE CINQUIÈME.

### CHARPENTE (1).

La charpente est, en ce qui concerne l'architecture, l'art de tailler et d'assembler de gros bois, de manière à en former des édifices, quels qu'ils puissent être; mais l'usage auquel on l'applique le plus communément est relatif aux ponts, aux bâtiments d'habitation ou autres, soit que le bois y soit employé pour la totalité, soit qu'il n'y entre que pour en former quelques parties, telles que combles, planchers, pans de bois, cloisons, escaliers, etc.

Rondelet, rappelant au sujet de la charpente l'origine des habitations des hommes, attribue les premiers essais faits dans l'art de bâtir à l'emploi du bois, qui dans les pays boisés donna naturellement naissance à l'architecture, et, citant à ce propos des passages de Vitruve, fait voir comment ces premières habitations, qui n'étaient d'abord que de simples cabanes, devinrent par la suite des combinaisons ingénieuses.

(1) Rondelet, tome III, page 1. Nous admettons avec Rondelet cette dénomination, bien que *charpenterie* nous semble préférable.

où les hommes, suivant l'impulsion donnée par les progrès de la civilisation, recherchaient à l'envi la gloire d'introduire quelque invention nouvelle (1).

L'utilité des productions de la charpenterie est trop généralement évidente pour tout le monde pour qu'il soit utile d'insister sur ses avantages. Depuis les temps les plus reculés nous voyons cet art appliqué à la défense des villes, à l'établissement de chemins solides sur les fleuves et les marais, à la formation des navires, maisons flottantes qui portent sur toutes les mers les armées et les produits des arts et de l'industrie, et à une multitude d'usages divers, qu'il serait trop long d'énumérer.

Si, comme nous l'avons déjà dit, les constructions en charpente sont sujettes à être détruites par l'incendie (ce qui sous ce rapport doit faire préférer celles en maçonnerie), nous devons dire aussi que dans les pays où les tremblements de terre sont à craindre les édifices en charpente doivent avoir la préférence, par la raison que les combinaisons que permet l'emploi du bois dans les édifices en rendent toutes les parties tellement solidaires, qu'ils sont capables de résister aux secousses les plus violentes.

Sans vouloir indiquer ici tous les cas où nous appelons à notre aide l'art du charpentier, nous dirons seulement que dans les cérémonies, dans les fêtes publiques, et dans toutes les circonstances où des constructions temporaires sont nécessaires, c'est encore à cet art qu'on a recours : c'est aux échafauds et aux cintres en charpente que nous empruntons les points d'appui nécessaires pour donner à nos édifices les grandes hauteurs auxquelles nous les élevons, et pour en construire les voûtes ; c'est enfin avec son aide qu'on exécute les machines pour extraire de la terre et pour monter à leur place les matériaux, petits ou grands, qui s'emploient dans la construction.

Comme dans les autres branches de l'art de bâtir, on n'arrive à la perfection dans les ouvrages de la charpente qu'en obtenant la solidité avec économie, c'est-à-dire en faisant le plus judicieux emploi de la matière : pour atteindre ce but, après avoir apporté tout son soin au choix des bois, on doit étudier avec attention les dimensions qu'il convient de leur donner suivant leur destination ; il n'est pas moins impor-

(1) Rondelet, tome III, pages 1 et 183, planche LXXI.

tant de veiller à la parfaite exécution des assemblages au moyen desquels toutes les pièces se rattachent les unes aux autres pour se prêter un mutuel appui.

S'il s'agit d'une couverture, plus l'espace entre les points d'appui est grand, plus la charpente pour couvrir cet espace aura de portée et de pesanteur, et plus aussi ses joints seront multipliés ; chaque pièce étant plus grande, l'action du levier se fera sentir avec d'autant plus de force sur ses assemblages. La plus petite négligence apportée dans l'exécution des joints et la moindre inexactitude dans les longueurs de quelques pièces, en se combinant avec la flexion des bois, peuvent occasionner dans une charpente une action irrégulière, qui contribue pour beaucoup à accélérer sa détérioration et sa ruine.

Aux époques du moyen âge et de la renaissance, lorsque l'art de bâtir était encore régi par les principes vrais de la naïveté primitive, les maisons en bois de quelque richesse se composaient de compartiments résultant de combinaisons triangulaires nécessaires pour assurer la stabilité ; tous ces bois apparents étaient parfaitement dressés et assemblés, et souvent ornés de moulures et de sculptures ; quelquefois même ils étaient rehaussés de brillantes couleurs, qui en assuraient la conservation. Dans l'intérieur, les bois apparents des planchers, et même ceux des combles habitables, étaient également ornés de sculptures et de peintures ; la dorure elle-même venait souvent ajouter à cette décoration, qui, prenant ses formes principales de la construction, satisfaisait tout à la fois le goût et la raison, et donnait aux édifices en bois un aspect de vérité naïve qu'on doit regretter de ne plus retrouver dans les constructions de notre temps.

Il est cependant vrai de dire que quelques heureuses tentatives de retour à ces principes ont été faites récemment (1) ; espérons que cette impulsion sera féconde en bons résultats, et que la décoration motivée par la construction, dont les Grecs nous ont donné les plus parfaits exemples, redeviendra chez nous la seule doctrine suivie, comme elle l'a été à toutes les époques où l'architecture a produit ses chefs-d'œuvre dans tous les styles.

Lorsque plus tard un faux goût fit invasion dans l'architecture, on voulut donner aux constructions en bois l'apparence des constructions

(1) Voyez pl. LVII, LVIII et LIX du Suppl.

en pierres, parce que ces dernières annonçaient plus d'opulence : on atteignit ce but en recouvrant d'enduits tous les bois pour tracer dessus des simulacres d'appareil ; dès lors il devint inutile d'équarrir et de dresser des bois qui devaient être cachés ; la main-d'œuvre fut négligée, et tout le talent des charpentiers consista à employer les bois les plus irréguliers. S'il y a en effet quelque talent à remédier aux défauts de la matière, il faut convenir qu'il vaut beaucoup mieux l'employer à corriger ces défauts qu'à les dissimuler, surtout quand par un léger travail on peut obtenir de grands avantages ; or, comme il est certain qu'une construction en bois ne peut réunir toutes les conditions de perfection qu'autant que toutes les parties en ont été dressées et équarrées, puisque les bois droits ont plus de force que les bois irréguliers, et que la justesse des assemblages, d'où dépend en grande partie la solidité des travaux de charpente, ne peut être obtenue qu'avec des pièces bien dressées, c'est cette préparation des éléments à mettre en œuvre qui doit former le travail du charpentier, et sur lequel on doit juger de son habileté.

Sans parler des altérations que subit la matière, plusieurs causes peuvent contribuer à la détérioration des ouvrages de charpente : l'action des vents, le poids momentané des neiges, les percussions ou vibrations qui peuvent résulter, soit de travaux qui s'exécutent dans l'intérieur d'un édifice, soit du mouvement d'une grande population ou du roulement des voitures : tout cela produit un ébranlement qui, si petit qu'il soit, a pour effet à la longue d'altérer les surfaces en contact et de donner du jeu dans les assemblages ; sans compter que les variations continuelles de la température, en faisant sans cesse changer les dimensions des bois, viennent encore contribuer au dépérissement des points de liaison des ouvrages de charpente, au dépérissement, qui est d'autant plus accéléré que la main-d'œuvre en aura été plus négligée, surtout dans les assemblages, dans l'exécution desquels la plus grande perfection doit être apportée.

Il tombe sous le sens que des bois difformes et des assemblages portant à faux ne peuvent agir convenablement pour recevoir ou transmettre les efforts combinés d'un ensemble de charpente, et qu'on ne peut remédier à des inconvénients aussi graves que par l'équarrissage des bois et la parfaite exécution de leurs points de réunion. Ajoutons que toutes les faces bien dressées d'une charpente contri-

buent à en perpétuer la durée en laissant moins de prise aux causes de dégradation ; les moyens de les conserver, tels que la peinture, etc., s'y appliquent mieux, et il est aussi plus facile d'y entretenir la propreté, ce qui en éloigne les insectes et les protège contre l'attaque de la pourriture.

Si la perfection apportée dans la manière d'assembler les pièces d'une charpente est de toute importance, le point capital est de bien les disposer pour qu'elles donnent toute la force qu'on peut en attendre. On entend par disposition les différentes positions qu'on donne à ces pièces selon les lieux et selon les effets qu'elles peuvent produire les unes à l'égard des autres. Elles doivent être placées de manière à former un tout qui puisse, par sa parfaite liaison, résister solidairement aux différents efforts qui peuvent agir en certains points et aux mouvements qui pourraient en être la conséquence ; les divers exemples que nous allons passer en revue feront connaître à fond l'application de cette théorie.

On ne peut nier que les progrès qu'a faits avec le temps l'art de façonner les bois n'aient contribué pour beaucoup à la civilisation et au bonheur des hommes ; cet art, né du besoin, a dû être un des premiers à se perfectionner, et en se perfectionnant il est devenu, à juste titre, le type de l'architecture. Si l'on considère que, parti de la plus modeste origine, il est arrivé progressivement, avec l'aide de la science, jusqu'à donner naissance à des édifices des plus grandes dimensions, on sera étonné de la distance à laquelle ces résultats se trouvent du point de départ : comparons par la pensée les navires dont les mers sont aujourd'hui couvertes à ce qu'a pu être la première pirogue, et nous serons forcés de reconnaître, à la vue de tant de merveilles, que l'art de la charpenterie peut être, avec raison, considéré comme un art de la première importance.

Cependant, malgré les beaux résultats obtenus, cet art, s'aidant des développements de la science, acquiert chaque jour encore de nouvelles ressources ; ainsi, quoique son passé soit magnifique, l'avenir que lui prépare la combinaison du bois et du métal dans ses productions n'est pas moins intéressant à entrevoir.

Rondelet, dans son livre V<sup>e</sup>, rapporte, d'après Vitruve, l'origine des constructions en charpente et les notions qu'a laissées cet auteur sur la formation des combles chez les anciens ; nous ne revien-

drons pas sur ce point important à connaître et parfaitement traité (1).

Des considérations générales et des notions historiques nous passerons aux principes théoriques d'après lesquels toutes les combinaisons de l'art de la charpente doivent être établies, en commençant par les assemblages dont parle Rondelet, mais qu'il n'a pas particulièrement traités.

---

## PREMIÈRE SECTION.

### PRINCIPES DU TRAIT DE CHARPENTE.

---

#### CHAPITRE PREMIER.

##### ASSEMBLAGES (2).

Assemblage, dans l'acception la plus large du mot, se dit, en architecture, de l'art de réunir les parties avec le tout; appliqué à la charpente ou à la menuiserie, il désigne la manière d'assembler des pièces de bois pour en former des ouvrages quelconques.

Une charpente se compose d'un nombre plus ou moins considérable de pièces de bois, façonnées de telle sorte que, suivant les diverses positions qu'on leur donne, les extrémités des unes portent sur quelques points des autres, en sorte qu'elles se prêtent un mutuel appui et forment des compartiments d'où résultent la force et la stabilité.

Deux pièces de bois qui se rencontrent et s'arc-boutent n'ont pas de tendance à tourner l'une sur l'autre lorsque leurs axes passent par un point commun, condition d'où il résulte que ces pièces, étant dans un même plan, se trouvent dans les meilleures conditions de solidité.

Pour réunir les pièces, on y réserve des parties saillantes, et on y fait des entailles qui, s'ajustant les unes dans les autres d'une manière

(1) Rondelet, tome III, pages 1 et 183, pl. LXXI.

(2) Supplément, tome I, page 110.

invariable, en constituent l'assemblage ; pour que ces diverses coupes soient solides et propres, il faut qu'elles soient cachées, ou au moins comprises dans l'étendue du joint ; elles doivent être renfermées dans les faces de parement, ce qui oblige à tenir ces faces parallèles au plan des axes.

L'étude de la construction d'une charpente doit être précédée de celle des divers assemblages au moyen desquels les différentes pièces dont elle se compose seront réunies les unes aux autres. Il est très-important de bien connaître les moyens de réunion, par la raison que toutes les fois qu'il s'agit de combiner un système de charpente on ne doit y établir aucune pièce sans savoir comment elle s'assemblera avec les autres, et comment le levage pourra en être opéré.

Les pièces d'une charpente peuvent se réunir en formant un angle, par un assemblage à tenon et mortaise, ou bout à bout au moyen d'entures, ou encore longitudinalement l'une contre l'autre : nous donnons des exemples de ces divers assemblages dans notre Supplément (1).

Les moyens de relier entre elles les diverses pièces d'une charpente, de manière à ce que sans altérer la force de chacune elles se prêtent au contraire un mutuel appui qui ne fasse que l'augmenter, sont sans contredit une partie importante des études qu'ont à faire les constructeurs.

L'art d'entailler les bois pour les assembler n'a sans doute été inventé que longtemps après l'époque à laquelle pour la première fois on fit des habitations en charpente. Ce moyen ingénieux d'exécution est déjà un grand perfectionnement, qui est loin d'une création primitive ; on trouve du reste la preuve à l'appui de cette opinion dans les habitations des sauvages, qui sans contredit sont encore la création naïve suggérée par le besoin naturel, et où il ne se trouve jamais d'assemblages à tenons et mortaises comme on les pratique partout où l'art de bâtir est en progrès. Des liens faits avec des cordes ou des lanières de bois ou de cuir sont les seuls moyens par lesquels toutes les pièces se rattachent les unes aux autres ; ces ligatures sont le plus souvent enduites d'une espèce de mastic qui les resserre et les durcit, tout en contribuant à leur conservation.

(1) Supplément, tome I, pl. XXXIII, XXXIV et XXXV.

Une observation à faire relativement aux assemblages, c'est que leurs coupes, soit comme tenon, soit comme entaille, doivent toujours être faites de manière à ne pas affaiblir les pièces de bois dont ils forment la réunion. Si ceci ne peut s'entendre de la partie taillée en elle-même, puisqu'il est impossible d'ôter de la matière sans ôter de la force, cela doit s'entendre de la place qu'occupent ces entailles; elles peuvent dans certaines positions mal entendues, ou par de fausses coupes, ou une mauvaise exécution, contribuer à faire rompre des pièces d'une charpente, et un semblable accident pourrait entraîner dans sa chute tout ou partie de l'édifice.

C'est par des assemblages ingénieusement combinés qu'on a pu suppléer à l'insuffisance des bois qui manquent de longueur; c'est en les unissant par des entures qu'on arrive à former des pièces de dimensions telles qu'il est possible de couvrir de très-grands espaces sans autres points d'appui que ceux des extrémités, ou d'élever dans les airs des mâts tels que ceux des vaisseaux, qui paraissent être d'un seul morceau et qui sont cependant un composé d'un nombre considérable de parties.

Par ces ingénieuses combinaisons, les ressources de l'art ont pu s'étendre : les salles, les galeries, les temples, dont les dimensions étaient fixées par les longueurs des bois, n'ont plus été subordonnés, quant à leur largeur, à ces mesures restreintes; les édifices ont pu s'élever dans les airs aux plus grandes hauteurs; et si les assemblages, en favorisant le développement de l'architecture pour les édifices comme pour les vaisseaux, ne sont point par eux-mêmes des décorations, on verra à la suite que les combinaisons auxquelles ils ont donné naissance ont été et peuvent être encore le principe d'heureux motifs d'ornementation.

#### *Combles à deux pentes (1).*

Les combles sont la construction ordinairement en charpente dont se compose la partie supérieure du plus grand nombre des édifices.

Dans son chapitre premier, Rondelet, traitant des combles à deux pentes et entrant dans les moyens d'exécution, développe les prin-

(1) Rondelet, tome III, page 9.

cipes d'après lesquels on doit opérer pour le tracé des projections en charpente. Nous renvoyons à ce chapitre, qui sort de la théorie de l'art, et où, appliquant les éléments de la science aux combinaisons par lesquelles tous les points difficiles peuvent être abordés, il traite de la formation d'un comble à deux pentes sur un plan dont la largeur est inégale et dont le faîtage et la base doivent être de niveau.

Dans un deuxième chapitre il traite des *combles pyramidaux* et des *rencontres ou pénétrations de combles* (1), et des *noues et noulets*; au chapitre troisième, des *combles à plusieurs épis* (2); au chapitre quatrième, des *combles coniques* (3), et termine en traitant des *combles dont les surfaces sont courbes sur la hauteur et droites sur leur longueur* (4). Les diverses particularités qui peuvent donner lieu à l'application de ces principes se rencontrent souvent dans la pratique, et quoique l'architecte dans ses conceptions doive s'appliquer à éviter les irrégularités qui donnent toujours des difficultés dans l'exécution, il faut bien reconnaître que souvent ces difficultés sont inévitables; aussi Rondelet, qui, dans les chapitres que nous venons de mentionner, donne les moyens d'exécution applicables aux combinaisons simples, donne pareillement ceux par lesquels on peut résoudre les difficultés qui naissent de dispositions particulières motivées par des besoins spéciaux ou par les localités.

Pour les combles dont la largeur est inégale, un des moyens indiqués par notre auteur pour conserver le faîtage de niveau (5), a pour résultat d'obliger à faire les fermes de diverses proportions et de donner des surfaces gauches, inconvénients déjà assez grands et auxquels il faut ajouter celui de compliquer considérablement l'exécution en ne donnant pas au toit une pente uniforme; s'il peut résulter un effet désagréable de l'inclinaison du faîtage pour éviter ces défauts, nous pensons que malgré cela ce moyen doit être préféré, parce qu'il est de meilleur principe, en ce que tous les efforts se font régulièrement et qu'il donne par cette raison même une meilleure construction.

Le second moyen de conserver le faîtage de niveau, qui consiste

(1) Rondelet, tome III, page 15.

(2) Id., ib., page 28.

(3) Id., ib., page 32.

(4) Id., ib., page 48.

(5) Id., ib., page 10, pl. LXXII.

à faire une noue ou bien une plate-forme, qu'on est obligé de couvrir en métal, en compliquant aussi la construction, prouve encore, ainsi que nous l'avons déjà dit, qu'on ne saurait trop éviter les irrégularités, parce qu'elles ont des conséquences fâcheuses, qui s'étendent jusqu'aux moindres détails. Ces observations sont aussi applicables aux exemples suivants (1), où l'on traite des autres cas d'irrégularité des combles.

Les combles à plusieurs épis, malgré les inconvénients qu'ils présentent par la multiplicité des noues, sont cependant les seuls au moyen desquels on puisse couvrir les pavillons qui ont beaucoup de largeur; malgré ces inconvénients, comme on est souvent dans la nécessité de les employer, il est bon d'en étudier les principes et autant que possible d'en régulariser toutes les parties (2).

Les combles coniques, qui terminent habituellement les bâtiments dont la base est circulaire (3), et dont on trouve beaucoup d'exemples dans le moyen âge et la renaissance, peuvent et doivent encore trouver aujourd'hui de nombreuses applications. Disposés isolément et sur des plans réguliers, ces sortes de combles sont d'une construction simple et solide. Ce n'est que lorsqu'ils se rattachent à d'autres combles, et surtout lorsque cette réunion offre des irrégularités, que les pièces de charpente dont ils se composent présentent quelques difficultés dans leurs combinaisons, difficultés que Rondelet donne les moyens de résoudre.

Les combles à surfaces courbes, selon la hauteur dont les siècles passés nous ont aussi laissé des exemples, et que quelques constructeurs modernes ont mis en pratique (4), peuvent être heureusement appliqués dans les cas où l'on veut le plus possible profiter du vide que peuvent laisser les combles pour en former des étages habitables, ou bien encore pour donner aux édifices qu'ils couvrent plus de grandeur apparente en laissant pénétrer l'œil dans leur vide intérieur jusqu'aux parois de la couverture.

(1) Rondelet, tome III, page 12, et planches LXXIII, LXXIV, LXXV, LXXVI.

(2) Id., ib., page 28, planche LXXVII.

(3) Id., ib., page 32, planche LXXVIII et suiv.

(4) Id., ib., page 46, planche LXXXIII.

## DEUXIÈME SECTION.

## PRINCIPES DES CONSTRUCTIONS PERMANENTES EN CHARPENTE (1).

## CHAPITRE PREMIER.

## DES PANS DE BOIS, CLOISONS ET PLANCHERS.

Les pans de bois et cloisons sont, ainsi que le dit Rondelet, des grillages en charpente qu'on emploie pour remplacer les murs des bâtiments, soit pour en former les façades, soit pour les diviser à l'intérieur.

Si l'on considère la facilité que donne le bois pour construire, il devient bientôt évident que dans les pays où les bois étaient abondants l'usage des pans de bois a dû nécessairement précéder celui des constructions en maçonnerie. Toutefois, les constructions de ce genre qu'on fait aujourd'hui sont sans doute bien loin de la simplicité primitive que devaient avoir les premières cabanes.

Tant que les bois ont été abondants, on a préféré cette matière à la maçonnerie, par la facilité qu'elle donnait pour ériger des édifices promptement et à peu de frais; mais maintenant qu'ils deviennent de plus en plus rares, les pans de bois ne sont plus en usage que pour ménager la place : en général, en France, et particulièrement à Paris, la raison d'économie est du côté de la maçonnerie.

Aujourd'hui qu'on élève les pans de bois de plusieurs étages et jusqu'à la hauteur des grands édifices, il est facile de concevoir qu'ayant peu d'épaisseur, ils n'ont pas par eux-mêmes de stabilité et qu'ils ne peuvent en obtenir que par des combinaisons bien entendues qui, en les liant aux planchers et aux murs, fassent du tout un ensemble solidaire qui constitue la solidité de ce genre de construction. Le principe d'où dépendent la durée et la stabilité des pans de bois tient donc principalement à leur parfaite liaison avec les autres parties des édifices dont

(1) Rondelet, tome III, page 49.

ils dépendent ; outre cela, il tient encore à l'arrangement des pièces verticales dont ils sont composés, qui doivent être bien à l'aplomb les unes des autres pour offrir le plus de résistance possible à la charge des parties supérieures, ainsi qu'à celui des pièces de remplissage, qui doivent être combinées avec des jambes de force ou décharges, dont l'effet est de garantir l'ensemble de tout mouvement oscillatoire. Au surplus, nous renvoyons à notre auteur pour les détails d'exécution (1).

Lorsque l'usage des constructions en bois était presque général, nos ancêtres laissaient les bois apparents et en faisaient la décoration de leurs habitations ; souvent même ces bois étaient ornés de sculptures qui en rehaussaient l'intérêt.

Par cette sage méthode, qui résultait d'un principe de vérité qu'on voudrait trouver partout, la raison était satisfaite, et les bois qu'on avait soin de peindre, en restant à l'air, ont duré plusieurs siècles. C'est à cette coutume aussi que nous devons de retrouver encore beaucoup de ces constructions qui, si elles ne trouvent pas grâce devant le vulgaire et la mode, ont encore de nombreux admirateurs.

Dans la construction des pans de bois qui se font aujourd'hui, on recouvre les bois d'enduits, afin de leur donner l'apparence des murs qu'ils accompagnent le plus souvent, ce qui a pour résultat de les mettre dans le cas d'être promptement détériorés par le manque d'air et par l'humidité : cet usage est donc contraire tout à la fois à la raison et à la conservation de ce genre de construction.

Cette observation, il est vrai, n'est pas applicable aux cloisons et pans de bois intérieurs, que l'on est presque toujours obligé de couvrir d'enduits ou de lambris ; mais il est vrai aussi que dans ces conditions les bois sont affranchis de l'humidité et par conséquent de la principale des causes qui détruisent ceux dont sont formés les pans de bois extérieurs.

Il est à remarquer, au sujet des cloisons de séparation dites *cloisons légères*, que c'est à grand tort que presque toujours on les place indifféremment sur les planchers sans qu'aucune disposition ait été prise pour les établir solidement ; il résulte toujours d'un

(1) Rondelet, tome III, page 50, planche LXXXIV.

tel état de choses des écrasements, qu'il serait cependant facile d'éviter en suivant à ce sujet les prescriptions de notre auteur (1).

*Des planchers (2).*

Les planchers sont une espèce de grillage en charpente qu'on établit sur les murs qui forment les parois des bâtiments pour les diviser en étages; ces grillages ont pour objet de porter les aires soit en bois, soit en maçonnerie dont se compose le sol artificiel sur lequel on marche : c'est de l'usage de les faire en planches que leur vient le nom de *planchers*.

La nature destructible du bois est cause qu'aucun plancher de l'antiquité n'est parvenu jusqu'à nous; mais, à défaut de restes qu'on doit regretter de ne plus voir, on peut, à l'aide des entailles qu'on retrouve dans plusieurs monuments, et par les plafonds en marbre qui existent encore, et qui sont incontestablement des imitations de ceux en charpente, on peut, disons-nous, juger des combinaisons des planchers en usage chez les anciens, au moins dans les temples (3).

A l'époque de la renaissance, et encore aujourd'hui en Italie et dans quelques provinces de France, les traditions des principes de l'antiquité étaient et sont encore observées; c'est-à-dire que les bois dont se composent les planchers sont apparents et que la combinaison nécessaire à la solidité forme, à la partie supérieure des pièces, une décoration dont les poutres et les solives sont les éléments principaux.

Si cet usage, excellent comme principe de construction et de décoration, est considéré, à ce double point de vue, préférable à celui d'enfermer les bois dans les maçonneries, comme cela se pratique généralement aujourd'hui, il offre l'inconvénient de ne pas suffisamment séparer les étages, et d'être, à cause du bruit, incommode à ceux qui habitent les étages inférieurs. Il convient donc, à cet égard, de faire quelques dispositions dans la construction des planchers à solives apparentes pour prévenir cet inconvénient, ce qui est facile, soit en donnant plus d'épaisseur à l'aire supérieure, soit en doublant le fond des entrevous.

(1) Rondelet, tome III, page 54.

(2) Id., ib., page 55.

(3) Supplément tome I, page 10, planches VII et VIII.

La méthode généralement suivie à Paris maintenant consiste à cacher les bois par des plafonds, et l'on évite, autant que possible, les poutres apparentes. Quoiqu'on soit bien convaincu que cette pratique est au grand préjudice de la solidité, parce que les combinaisons ne peuvent pas y être aussi bonnes, et que les bois s'y détériorent beaucoup plus vite, on ne la préfère pas moins à l'ancienne parce qu'à tort on croit voir dans les plafonds unis des dispositions plus favorables à la décoration intérieure des appartements. Ce que nous avons dit précédemment fait assez connaître que nous désapprouvons cette méthode; et nous le faisons avec d'autant plus de conviction que nous la trouvons tout à la fois contraire à la solidité des planchers et à la décoration des plafonds, qui gagneraient même sous ce rapport si on tirait parti de la combinaison des bois de charpente pour y ménager des compartiments, qui bien étudiés seraient préférables, comme aspect, à l'insipide monotonie des plafonds unis.

Nous n'avons pas à entrer ici dans les détails de la combinaison des planchers; Rondelet donne à cet égard tout ce qu'on peut désirer (1). Il fait connaître aussi les mesures à observer dans leur disposition à l'égard des âtres, des jambages et des tuyaux de cheminée; il donne en outre la description des principales pièces qui entrent dans la composition des planchers, et les moyens à employer pour les rendre plus fermes et plus solides, etc.

L'exemple donné par Rondelet (2) fait voir un plancher simple dans les conditions ordinaires; tous les détails d'exécution de ce plancher sont ceux qu'on applique communément; toutefois il est à remarquer que comme la plupart des solives sont scellées dans les murs, il résulte de là que ces derniers sont tranchés sur une grande partie de leur épaisseur ce qui en altère la solidité.

Nous avons fait connaître précédemment que les planchers à solives apparentes, à moins de dispositions particulières, avaient pour inconvénient de ne pas intercepter suffisamment le bruit qui résultait de l'habitation des étages supérieurs, ce qui rendait les étages inférieurs désagréables. C'est pour éviter cet inconvénient

(1) Rondelet, tome III, page 55.

(2) Id., ib., planche LXXXV.

et celui de la communication des odeurs du dessous au-dessus que jadis on construisait des planchers composés de pièces de bois dont les intervalles étaient remplis par de petites voûtes en maçonnerie, comme cela est représenté par l'exemple que nous en donnons (1). S'il peut résulter de là l'obligation de prendre plus de hauteur que n'en demandent des planchers ordinaires, il en faut cependant moins que pour des voûtes, quelque basses qu'elles puissent être; on évite aussi par ce moyen la poussée que ces dernières exercent toujours sur les murs qui les supportent.

Nous avons vu en Angleterre plusieurs exemples de planchers à peu près semblables : la seule différence qu'on y remarquât se trouvait dans les poutres, qui, au lieu d'être en bois, étaient en fonte et creuses; elles avaient en apparence la forme et les dimensions de celles en bois.

Si ce dernier système de plancher peut être plus dispendieux que les planchers ordinaires en bois, on conçoit facilement qu'il puisse offrir plus de solidité, donner par les combinaisons qu'il permet de beaux motifs de décoration, et joindre encore à ces avantages et à ceux signalés plus haut celui de diminuer les chances d'incendie.

Lorsque les planchers ont une grande portée, et qu'en raison de cela on craint que la flexibilité des bois n'occasionne des fissures dans les enduits des plafonds, on peut éviter cet effet au moyen d'un faux plancher entièrement isolé du plancher réel et n'ayant d'autre but que de porter le plafond (2); mais on remarquera à ce sujet que ces doubles planchers, en prenant beaucoup d'épaisseur, doivent occasionner une grande dépense, et sous le rapport de la décoration nous ne voyons pas qu'ils doivent être préférés à ceux qui résulteraient de compartiments bien entendus divisant les plafonds de manière à ne pas faire craindre de rupture.

Deux autres exemples font voir des planchers ordinaires (3), l'un avec des parquets de frise et des plafonds dessous; l'intervalle des solives serait de mortier ou de mousse dans le cas où l'on voudrait intercepter les sons; le second est avec carrelage, et sans plafond,

(1) Supplément, tome I, page 122, planche XXXVI, fig. 1.

(2) Id., ib., page 123, planche XXXVI, 3 et 4.

(3) Id., ib., fig. 5, 6, 7 et 8.

seulement les solives apparentes sont hourdées au fond, ce qui peut remplir le même but en chargeant moins les planchers.

La manière de disposer les enchevêtrures pour former les âtres de cheminée, et d'établir les grillages en fer appelés bandes de trémie complètent ces exemples par des détails ordinairement en usage dans les constructions (1); c'est par la bonne combinaison de ces diverses parties qu'on éloigne des habitations les chances d'incendie et qu'on assure aux édifices une durée qu'ils n'auraient pas si l'on apportait quelque négligence, soit dans la disposition des parties dont se composent les planchers, soit dans leur exécution.

La principale cause de la prompte détérioration des planchers en bois tient à la manière dont ils sont liés aux maçonneries, et c'est surtout dans les portées que cet effet a lieu le plus souvent; aussi n'est-il pas rare de voir des planchers qu'on a dû refaire quelques années après l'exécution. C'est dans le but de prévenir cette chance de destruction à laquelle sont sujets les bois renfermés dans la maçonnerie que M. Lahure, ayant à refaire un plancher qui n'avait résisté que vingt-cinq ans, a établi celui qui était destiné à le remplacer sur des corbeaux en fer scellés dans les murs, en sorte que les bois dont il se compose se trouvent complètement isolés de la maçonnerie. Les détails que nous donnons à ce sujet (2) font connaître toutes les particularités de cette heureuse combinaison, qui n'a d'inconvénient que d'être plus dispendieuse que le moyen ordinaire, mais qui, par compensation, est d'une bien plus longue durée.

Un autre système, dont l'application a eu lieu en Angleterre, a pour but d'éviter les entailles qui se font habituellement dans les bois pour les assembler; il consiste à poser toutes les solives sur des sabots en fonte qui font l'office d'étriers (3). Ce moyen, qu'il suffit d'indiquer, permet de faire les planchers moins épais, puisque les bois conservent toute leur force, n'étant plus affaiblis par les entailles comme dans la méthode ordinaire.

Pour des planchers d'assemblage, composés de solives qui se soutiennent mutuellement les unes les autres, suivant un méthode

(1) Supplément, tome I, page 124, planche XXXVI, fig. 9.

(2) Id., ib., page 125, planche XXXVII, fig. 1 à 9.

(3) Id., ib., page 126, planche XXXVII, fig. 10 à 13.

pratiquée en Hollande on peut employer des bois de différentes longueurs; mais l'exemple qui se trouve dans Rondelet (1), ne donnant que des compartiments irréguliers, ne se prête pas à la décoration et oblige à plafonner le dessous des solives pour cacher les irrégularités.

Un autre plafond du même genre (2), et qui se trouve à la halle aux draps de Paris, a l'avantage sur le premier d'être parfaitement régulier; mais cette combinaison, tout ingénieuse qu'elle est, présente une déféctuosité de construction en ce que presque toute la superficie du plancher est portée sur huit assemblages seulement.

Serlio donne un moyen fort simple pour combiner des planchers avec des bois qui n'auraient pas la longueur suffisante pour aller d'un mur à l'autre; par ce moyen ingénieux on pourrait combiner des compartiments réguliers qui fussent favorables à la décoration (3).

Notre auteur donne encore un autre plancher exécuté en Hollande (4); il a de l'analogie avec l'exemple précédemment cité: quoique composé de poutrelles de courte dimension, il couvre cependant un assez grand espace, et donne en même temps des compartiments carrés qui pourraient former des caissons réguliers.

L'autre système, représenté même planche (5), consiste à former des planchers sans solives, au moyen seulement de trois rangs de planches clouées les unes sur les autres et croisées. Cette combinaison prouve combien l'aire en planche ajoute de forces aux planchers, puisqu'en la formant de trois épaisseurs de planches on peut arriver à se passer de solives.

Les planchers en parquets comme ceux indiqués dans notre auteur (6) ont l'inconvénient de ne pas présenter partout la même solidité, par la raison que les bois de différentes longueurs, à moins de les débiter exprès, ne peuvent donner qu'une résistance irrégulière, de sorte que, dans le cas où ces planchers seraient chargés uniformément, ils pourraient être sujets à fléchir en certains points.

(1) Rondelet, tome III, page 58, planche LXXXVI, fig. 1.

(2) Id., ib., page 59, planche LXXXVII, fig. 6.

(3) Id., ib., planche LXXXVIII.

(4) Id., ib., page 61, planche LXXXVI, fig. 3.

(5) Id., ib., fig. 2.

(6) Id., ib., page 62, planche LXXXVII, fig. 4 et 5.

Une autre combinaison de plancher consiste à disposer les bois diagonalement et à en former une espèce de grillage qui, bien que composé de pièces moins longues que l'espacement des murs, n'en fait pas moins, au moyen des assemblages et par la manière dont elles sont entaillées, un système qui, éprouvé par le temps, a donné jusqu'à ce jour une preuve convaincante de sa solidité, puisque ce plancher, quoique fort étendu, a résisté presque autant qu'une voûte.

Rondelet, après avoir dit qu'il était regrettable qu'on eût abandonné le système de planchers à entrevous, c'est-à-dire à poutres apparentes, parce que ce système était beaucoup plus favorable à la conservation des bois que celui des plafonds, indique quels moyens ont d'abord été employés pour faire des planchers plafonnés en dessous (1), et comment, en perfectionnant ce système, on est arrivé à faire ce qui se pratique aujourd'hui; comment, au moyen de lambourdes accolées aux maîtresses poutres, on a évité d'entailler ces pièces, et par conséquent comment on a pu arriver à réduire autant que possible l'épaisseur des planchers, ce qui est un point important aujourd'hui, que l'on est si restreint pour la hauteur des étages d'habitation.

A la suite de tous ces exemples, dont les combinaisons, plus ou moins ingénieuses, peuvent en suggérer d'autres, Rondelet, faisant l'application des règles sur la force des bois aux pièces qui entrent dans la combinaison des planchers (2), détermine les proportions que doit avoir chacune des parties dont ils se composent suivant les dimensions des espaces qu'ils doivent couvrir.

Nous ne reviendrons pas sur ce que nous avons dit d'accord avec lui sur les fâcheux effets qui sont résultés, sous le rapport de la solidité et du goût, de l'abandon des charpentes apparentes dans la construction des planchers; nous dirons seulement que ce qui reste encore d'exemples de ces planchers, et ce qu'il est possible de concevoir en combinant judicieusement les matériaux journellement en usage, prouvent jusqu'à l'évidence que rien n'empêche de revenir à combiner les bois qui les composent de manière à former un ensemble de compartiments qui serait d'un bien meilleur effet que les plafonds unis. Ce mode de construction des planchers, tout en répondant mieux à la condition

(1) Rondelet, tome III, page 64, planche XC.

(2) Id., ib., page 65.

de durée et à celle de décoration que la méthode suivie de nos jours, satisferait aussi aux conditions de séparation convenable et d'économie de place et de dépense; il suffirait, pour obtenir ces avantages, que dans tous les cas où cela serait possible, et il y en a beaucoup, on voulût bien sortir de la routine ouvrière, qui seule peut s'opposer à ce retour à un bon principe.

*Des poutres et des solives armées (1).*

Pour l'exécution des planchers à grande portée, il faut faire entrer dans leur combinaison des poutres principales de grande dimension; et comme les bois dits d'échantillon sont rares, et qu'en raison de leur vieillesse sur pied leur qualité est moins sûre, on a imaginé d'y suppléer en composant des pièces de plusieurs morceaux, qui, par la manière dont ils sont combinés entre eux, se prêtent un mutuel secours et donnent un résultat dans lequel la solidité se trouve alliée à l'économie.

On peut obtenir ce résultat en armant les poutres par des fourrures supérieures ou latérales, et l'on supplée à la longueur et à l'équarrissage des bois par divers assemblages.

Rondelet donne pour exemples diverses combinaisons qui répondent aux conditions exigibles en pareil cas; il fait aussi connaître à ce sujet les principaux moyens d'assemblage par lesquels on obtient la solidité désirable. Les principes qui font la base de ces combinaisons consistent à former, en prenant le moins de hauteur possible, des espèces de petites fermes ou poutres armées et à les employer en remplacement des poutres ordinaires. Les pièces dont se composent les poutres armées, étant disposées et assemblées de manière à tirer le meilleur parti possible des forces de traction et de butée de la matière, offrent une puissance de résistance à la charge que ne renfermeraient pas des pièces d'un seul morceau contenant une quantité de matière égale à celle de l'ensemble des parties constituant l'armature.

(1) Rondelet, tome III, page 68.

---

## CHAPITRE DEUXIÈME.

## DES ESCALIERS, DES VOUTES ET PONTS.

*Des escaliers (1).*

En traitant des escaliers en pierre, nous avons donné quelques notions sur leur origine et sur les principes généraux d'après lesquels ils doivent être établis (2); ces principes étant les mêmes pour les escaliers en charpente, nous n'y reviendrons pas. Comme ceux en pierre, les escaliers en charpente se composent de marches soutenues au milieu par des limons ou des noyaux, et latéralement par les murs qui forment habituellement la cage de l'escalier; quelquefois même ces escaliers sont suspendus et soutenus seulement par leurs assemblages.

L'importance des escaliers en raison des locaux qu'ils sont destinés à desservir et la dimension et la forme de la cage où ils doivent être établis peuvent donner lieu à tant de formes et de combinaisons diverses, qu'il serait difficile sinon impossible de les décrire toutes; c'est surtout pour les escaliers en charpente, qui sont destinés plus que ceux en pierre à desservir les parties secondaires des édifices, et par conséquent à être souvent resserrés dans des espaces étroits et irréguliers, que cette difficulté toucherait à l'impossible. Nous nous bornerons donc à rappeler ici que, quelles que soient les dispositions qu'on adopte pour un escalier, on doit particulièrement avoir en vue d'en disposer les marches de manière à en rendre l'usage facile; il faut, pour obtenir ce résultat, éviter surtout qu'elles ne soient trop resserrées près des limons dans les parties tournantes, parce qu'ainsi ces escaliers deviennent dangereux.

Quoique les escaliers en charpente ne puissent avoir le caractère monumental que comportent les escaliers en pierre, ils sont cependant susceptibles de prendre assez d'importance pour être convenablement placés dans des édifices d'un ordre assez élevé. Ce qui peut surtout caractériser les escaliers en bois et servir à déterminer leur

(1) Rondelet, tome III, page 73.

(2) Supplément, tome II, page 70.

emploi suivant les lieux et les cas, c'est, d'une part, la légèreté et l'élégance que permet la nature des matériaux dont ils se composent, et de l'autre, les moyens de dégagement qu'ils peuvent offrir et qui dépendent également des ressources de construction que donne la matière.

Les premiers exemples que donne Rondelet avec les détails de construction (1) font voir des escaliers enfermés dans des cages de petite dimension, carrées ou circulaires, et dont les marches sont supportées au milieu de la cage par des limons suspendus à des poteaux montant de fond ou à des noyaux ; ces moyens simples sont ceux qui étaient en pratique dans les anciennes constructions.

Un autre exemple (2) est celui d'un escalier à limon évidé enfermé dans une cage demi-circulaire ; il se compose de marches droites et de marches tournantes ; les détails font connaître les moyens à employer pour faire danser les marches autour du cercle, et la manière de les raccorder avec celles des parties droites pour conserver un rapport de largeur qui les rende d'un usage facile.

Dans les escaliers à jour sur un plan rectangulaire, lorsque les limons sont suspendus, comme cela se pratique journellement, la solidité tient au mode d'assemblage des marches dans le limon, et la commodité dépend de la manière dont se raccordent les parties tournantes avec ce même limon pour que deux marches ne se trouvent pas l'une sur l'autre dans les angles, ce qui formerait un casse-cou (3).

On obtient encore plus de légèreté dans les escaliers en charpente par un moyen qui consiste à les faire sans limon et à profiler les marches du côté où se place habituellement la rampe ; mais comme on se prive, en ne faisant pas de limon, d'un puissant moyen de solidité, on ne peut donner celle nécessaire à ces sortes d'escaliers qu'au moyen de boulons et de coupes qui à la vérité sont ingénieuses, mais qui, quoi qu'on fasse, ne donnent jamais la sécurité des escaliers à limon (4).

Rondelet joint aux détails que nous venons d'indiquer ceux nécessaires au tracé des volutes formées par les limons sur les premières marches, et l'on conçoit qu'avec raison il attache de l'import-

(1) Rondelet, tome III, page 73, planche XCII.

(2) Id., ib., page 74, planche XCIII.

(3) Id., ib., page 77, planche XCIV.

(4) Id., ib., page 78, planche XCIV.

tance à ce détail, puisqu'il forme l'un des principaux ornements des marches et qu'il fait de la première la plus importante d'entre elles, ce qui est effectivement vrai, puisque ce point mal établi pourrait compromettre la solidité de tout l'ensemble (1).

Au surplus, non-seulement il est important de bien établir les premières marches d'un escalier, mais il l'est également que toutes les autres parties en soient bien combinées et bien exécutées; les escaliers, surtout ceux qui n'ont pas de paliers droits qui sont toujours de puissants moyens de consolidation, ne répondent convenablement au service auquel ils sont assujettis qu'autant qu'ils sont d'une exécution parfaite. La solidité dans cette partie difficile de la charpente dépendant uniquement de la justesse du tracé des coupes et de la précision des assemblages, on conçoit que la moindre malfaçon de ces détails importants peut produire un relâchement dans les ajustements et occasionner les tassements qu'on remarque souvent dans ces sortes d'ouvrages.

*Des voûtes en charpente (2).*

Ainsi que le dit Rondelet, les voûtes en charpente durent probablement leur origine au besoin qui se fit sentir d'utiliser, au profit de l'intérieur des anciens édifices, les grands combles dont était formée leur couverture, soit qu'on voulût y pratiquer des espaces habitables, soit qu'on voulût ajouter la hauteur que cette combinaison pouvait donner aux salles inférieures pour en augmenter l'importance sans changer l'aspect extérieur : on retrouve beaucoup de voûtes de ce genre dans les monuments du moyen âge et dans ceux de la renaissance.

Quelquefois aussi, à l'imitation des anciens, qui pratiquaient ce genre de voûtes, ainsi que le dit Vitruve, l'extrados des voûtes formait en tout ou en partie la surface extérieure des combles, ce qui leur donnait l'apparence d'un navire renversé.

Le bois par sa nature se prêtant à toutes les combinaisons, on a pu facilement en faire des voûtes; aussi, dans les temps modernes au moins, lui a-t-on fait prendre toutes les formes qui semblaient être le partage des constructions en maçonnerie : les voûtes en

(1) Rondelet, tome III, page 78, planche XCV.

(2) Id., ib., page 81.

berceau, les voûtes sphériques, les voûtes d'arête, et les voûtes en arc de cloître, furent faites en bois après avoir été faites en pierre. Dans les pays riches en bois, l'emploi des voûtes de ce genre n'exigeant pas une aussi grande dépense que celui des voûtes en maçonnerie, on eut recours à ce système toutes les fois que l'on jugea la forme circulaire préférable à la forme droite pour former à leur partie supérieure les espaces qu'on voulait couvrir. Mais alors, comme ces voûtes, bien que plus légères que celles en maçonnerie, exerçaient encore une certaine poussée sur les murs, il fallait ou que ces murs fussent assez forts pour résister à cette poussée, ou que des tirants ou entrants y fussent appliqués et y restassent apparents, comme cela se remarque du reste dans beaucoup de constructions de ce genre que nous ont léguées les siècles derniers.

Les voûtes en bois pratiquées sous les planchers et qui sont d'invention moderne, peuvent être considérées comme inutiles, à moins que formant voussures elles ne donnent moyen de soulager la trop grande portée des planchers; dans cette donnée plusieurs beaux exemples seraient à citer.

Si l'on considère ces voûtes au point de vue de la décoration, on trouve que souvent, par une fausse manière de voir, on a simulé sur les bois ou les enduits dont elles étaient revêtues les appareils de la pierre, et qu'ainsi on a donné à ces constructions une apparence qu'elles ne devraient pas avoir. Mais par opposition nous devons dire que d'autres exemples bien mieux entendus, en donnant à la décoration apparente l'expression de la matière qui en faisait la construction, nous paraissent aussi bons à suivre que les premiers nous paraissent condamnables.

Comme exemples de voûtes à courbures simples, Rondelet donne une ferme de voûte en berceau, plein cintre, une forme ogivale, et une surbaissée; ces trois fermes, à moins de murs suffisamment résistants, doivent être complétées par des entrants ou des tirants en fer comme il s'en trouve dans beaucoup d'églises d'Italie (1).

Lorsque ces voûtes ne sont pas comprises entre des murs parallèles, les irrégularités se rachètent, soit en formant la voûte d'une suite d'arcs-doubleaux cylindriques de diamètres différents,

(1) Rondelet, tome III, page 82, planche XCVI.

soit en faisant une voûte conique ; dans ce cas, l'arête supérieure ou les naissances sont inclinées ; dans l'autre, les éléments dont se compose la voûte, considérés dans leur ensemble, amènent au même résultat. Les moyens de tracer les épures de ces voûtes sont détaillés dans notre auteur (1).

Les moyens de construire en bois les voûtes d'arête et les voûtes en arc de cloître sont également donnés (2). Dans ces deux cas, les arêtières sont les parties principales du système ; les autres pièces n'étant plus en quelque sorte qu'un remplissage destiné à recevoir des lambris de menuiserie ou des enduits de plâtre ou autres, elles peuvent être droites ou courbes suivant la direction qu'on leur donne ; mais comme le bois se présente plus naturellement droit, le premier parti sera presque toujours préféré.

Les voûtes à double courbure (3) sont celles dont le plan est une ligne courbe ; les éléments de ces voûtes, quelles qu'elles soient, sont toujours des courbes qui tendent au centre ou sommet de la voûte, et qui sont assemblées par le bas dans une sablière ou plate-forme, et reliées à diverses hauteurs par des entretoises ou liernes. Les voûtes de ce genre données comme exemples par Rondelet, étant d'un petit diamètre, ne sont composées que de quatre fermes principales qui se croisent, ou s'assemblent dans un poinçon ; mais si ces coupoles étaient plus grandes, ce nombre de fermes deviendrait insuffisant. Au surplus, les dômes, dont nous parlerons plus tard, nous donneront matière à nous étendre sur ce point : c'est alors que nous ferons connaître les avantages que peuvent offrir les formes circulaires pour établir par des moyens simples et solides les voûtes de ce genre.

Nous ne parlerons ici que pour le mentionner du moyen que Rondelet propose pour établir une lunette en plein cintre dans une voûte en berceau également à plein cintre, mais d'un plus grand diamètre (4). Cette particularité importante de la stéréotomie doit prendre sa place à côté des autres épures dont notre auteur parle au chapitre précédent.

(1) Rondelet, tome III, page 83, planche XCVI.

(2) Id., ib.

(3) Id., ib., page 85, planche XCVII.

(4) Id., ib., page 86, planche XCVII.

Dans beaucoup de palais on construit, sous les planchers, des parties de voûte en charpente qui laissent au milieu une grande partie de plafond droit dont elles forment en quelque sorte l'encadrement : ces parties de voûte s'appellent voussures ; souvent elles sont interrompues par les pénétrations dont on peut remarquer un grand nombre d'exemples très-heureux, particulièrement dans les édifices d'Italie.

Les voûtes de ce genre que donne Rondelet (1) sont simples et sans pénétration ; mais elles font voir qu'elles peuvent, dans un cas comme dans l'autre, être d'un grand secours, puisqu'elles sont susceptibles de se combiner de manière à former avec le plancher même des armatures très-solides qui soulagent les bois dans leur portée.

Dans la plupart des édifices où ces voûtes sont employées, elles sont revêtues d'enduits sur lesquels sont appliquées diverses décorations. Ainsi, indépendamment des avantages qu'elles donnent pour la consolidation des planchers, ces voûtes offrent encore celui de former autour de la partie droite du milieu un encadrement dont la forme se marie très-bien avec elle, et peut motiver des compartiments dont la peinture peut tirer un très-grand et très-beau parti ; c'est, au reste, ce qui est prouvé par beaucoup de productions des grands peintres de la renaissance et de ceux de nos jours.

#### *Des ponts de charpente (2).*

Rondelet considère avec raison les ponts de bois comme des planchers qui ont pour objet d'établir une communication directe entre deux points dont l'intervalle ne pourrait que difficilement être franchi sans eux ; ces sortes de planchers sont habituellement établis sur des ravins ou des rivières.

En recherchant à remonter à l'origine des ponts, on est tout naturellement amené à penser que les premiers essais faits en ce genre de construction durent être en bois, et il est très-vraisemblable que les premiers ponts furent formés d'arbres couchés en travers sur le

(1) Rondelet, tome III, page 87, planche XCVII.

(2) Id., ib., page 88.

courant des rivières, puis couverts de fascines et de terre ; et comme ce moyen primitif ne permet pas de supposer qu'il pût se compliquer d'assemblages et d'autres moyens qui ne vinrent que plus tard avec la civilisation, on doit reconnaître qu'il n'était applicable qu'à des portées dont la longueur était subordonnée aux dimensions des bois dont on pouvait disposer.

Les radeaux, qui semblent être la première découverte faite dans l'art de la navigation, peuvent aussi, dans l'origine, avoir formé les premiers ponts ; les progrès qui se firent ensuite en ce sens durent amener l'invention des ponts de bateaux. Il est probable que cette seconde sorte d'essai a dû consister à lier entre eux plusieurs bateaux et à établir dessus un plancher. Ce système, au moyen duquel on pouvait traverser les plus grands fleuves, est encore en usage dans les opérations militaires, et s'est perpétué jusqu'à nos jours dans quelques villes de la France et de l'étranger.

La science, partant de ces premiers essais, en vint à créer des ponts de charpente. La nature et la forme de la matière ne nous laissent pas de doute sur l'origine des ponts : les premiers furent certainement en bois, comme étant de construction plus facile ; d'ailleurs les ponts en maçonnerie nécessitant l'application des voûtes, et ce système n'ayant été connu que tard chez les nations civilisées, il faut bien admettre l'existence de ponts avant l'invention des voûtes, ce qui, du reste, est prouvé par des documents historiques.

Suivant l'ordre naturel indiqué par les observations qui précèdent et celui de la marche des inventions des hommes, il faut reconnaître deux divisions distinctes dans la construction des ponts en charpente : la première, qui consiste à établir les travées ou plates-formes qui devaient constituer le chemin sur des pieux plantés dans le terrain que recouvrait l'eau ; la seconde, qui arriva lorsqu'on eut appris à construire le batardeau qui facilite les constructions en maçonnerie, ce qui permit de faire des piles en pierre pour recevoir les travées en charpente.

N'ayant à nous occuper ici que des ponts en bois, nous trouvons que Rome même, qui dans tous les genres de construction a surpassé les autres peuples, a fait dans ses commencements d'assez grands travaux en ce genre, et que sur le Tibre, fleuve dont les crues subites et le courant rapide nécessitèrent plus tard des constructions plus

solides, elle fit d'abord ses premiers ponts en bois : tel fut celui de Sublicius, qui reposait sur des pieux et des poutres, et dont la charpente était assemblée sans fers ni chevilles pour qu'il fût facile de la démonter au besoin.

Laissant la question historique, qui n'est pas l'objet de notre travail, et arrivant à la question théorique, nous trouvons que les principes d'après lesquels sont établis les ponts sont les mêmes que ceux appliqués à la combinaison des combles; et loin de chercher, comme certains auteurs l'ont fait, si le hasard a pu être pour quelque chose dans la combinaison des premières armatures appliquées aux ponts, nous sommes plutôt disposé à admettre que les charpentiers ayant déjà fait des combles en ont tout naturellement appliqué les procédés à la construction des ponts. En effet, nous voyons que ces constructions sont composées de fermes comme les combles des habitations, et que ces fermes soutiennent des poutrelles qui font l'office de pannes; sur ces poutrelles sont des longerons qui remplacent les chevrons, les uns supportant le plancher, les autres la couverture; d'où il suit que le système est le même et qu'il n'y a de différence que dans l'application.

Les ponts en bois, ainsi que nous l'avons dit, peuvent être portés sur des piles composées de pieux, et auxquelles on donne le nom de palées, ou sur des piles en maçonnerie. Considérés sous le rapport de leur direction à l'égard de l'influence que cette condition doit exercer sur les combinaisons des assemblages dont ils se composent, ils peuvent être droits ou biais, suivant les angles que forment les rivières sur lesquelles on veut les établir avec la direction des routes qu'ils doivent desservir.

Enfin, en raison du service auquel ils sont destinés et des charges auxquelles ils seront soumis, les ponts doivent être variés dans leurs combinaisons de manière à répondre largement à la question de solidité suivant les circonstances dont nous venons de parler; ces circonstances doivent aussi influencer sur la nature des matériaux à employer pour former la chaussée, et il est tout simple que puisque un pont en bois peut être, suivant la nécessité, pavé ou ferré ou simplement planchéié, les études en soient faites, dans ces différents cas, diversement pour tous les détails.

En examinant, sous le rapport théorique, les exemples qui suivent

nous ferons connaître les divers systèmes que les constructeurs anciens et modernes ont mis en pratique pour la construction des ponts de charpente suivant les localités et les circonstances dans lesquelles ils se trouvaient.

Le pont de Sublicius sur le Tibre et celui de César sur le Rhin (1), rétablis d'après les descriptions qu'en ont données les auteurs, font voir, autant que permettent d'en juger ces représentations, toujours un peu conjecturales, que ces constructions, quoique très-simples dans leurs combinaisons, présentaient cependant un caractère de solidité qui résultait des heureuses combinaisons du bois dans des conditions bien entendues et qui se rapprochent des dispositions primitives. Le pont de Sublicius, auquel cette observation est plus particulièrement applicable comme étant plus ancien que l'autre, présente cependant une défec-tuosité, en ce qu'il manque de pièces inclinées ou contre-fiches, qui auraient été nécessaires pour le maintenir et s'opposer au mouvement que le cours rapide du Tibre pouvait lui imprimer. Le pont de César, qui présente déjà des combinaisons plus savantes, ne laisse rien à désirer sous ce rapport. Des trois essais faits sur ce pont, dont deux sont dus, l'un à Palladio, l'autre à Scamozzi, celui de Rondelet, qui est le plus conforme à la description, est aussi celui qui, présentant le plus de solidité, paraît être aussi le mieux conçu dans les données simples d'une construction de cette nature, surtout à l'époque où celle dont il s'agit a été exécutée.

Le pont que Trajan fit jeter sur le Danube dans la basse Hongrie nous montre sans doute le plus ancien exemple de pont en charpente porté sur des cintres. Ce système, bien préférable à celui des ponts suspendus à des armatures, et celui qui a donné lieu dans ces temps modernes aux meilleures combinaisons, offre l'avantage sur les autres, où la chute du plancher peut résulter de la rupture d'une des pièces servant à la suspension, de présenter au contraire un système où les bois n'ont à résister qu'à des pressions dans le sens de leurs fibres.

La représentation de ce pont, qui fait voir que l'art de la charpente était alors arrivé à un degré d'avancement que les constructions modernes ont à peine dépassé, présente d'autant plus d'intérêt qu'elle

(1) Rondelet, tome III, pages 88 et 89, planche XCVIII.

est sans doute d'une grande exactitude, puisqu'elle est donnée d'après le dessin de l'architecte lui-même, Appollodore de Damas, architecte aussi de la colonne Trajane, sur laquelle se trouve sculpté ce pont tel que le donne Rondelet (1).

Après avoir mentionné ces précieux restes de l'art antique, dont nous avons pu tirer quelques notions intéressantes au point de vue historique, nous revenons à l'art moderne pour reprendre l'étude des ponts de charpente, en commençant par les plus simples comme détail et comme importance.

### *Passerelles (2).*

Nous avons déjà dit que le premier moyen dont on se soit servi pour mettre en communication les deux bords d'une petite rivière ou d'un ruisseau consista sans doute à jeter un arbre en travers sur l'espace à franchir; cet arbre, débité pour faire un madrier qui présentât une forme plus favorable au passage, fut probablement le premier perfectionnement apporté à l'idée primitive. Nous nous abstenons de figurer ces premiers essais, qui se conçoivent suffisamment sans cela, pour commencer par ceux qui, dans ce genre de construction, comportent déjà un sentiment d'art.

Les passerelles, dont nous voulons parler, sont les ponts les plus simples et les plus restreints; destinées au passage des piétons et tout au plus des bestiaux, il n'y a pas lieu de leur demander la force qui leur serait nécessaire si elles devaient servir à supporter de lourds fardeaux. Toutefois, dans ces données simples, elles peuvent permettre au charpentier intelligent de montrer son savoir et faire voir, par les combinaisons ingénieuses dont elles sont susceptibles dans des données restreintes, qu'en satisfaisant aux conditions de solidité en rapport avec le sujet, on peut encore satisfaire à la condition d'art sous le rapport pittoresque.

(1) Rondelet, tome III, page 91, planche XCIX.

(2) Supplément, tome I, page 126, planche XXXVIII.

*Ponceaux et ponts (1).*

Lorsque des ponts de peu de portée, ou ponceaux, sont destinés au passage de voitures pesamment chargées, on doit donner aux pièces de bois dont ils se composent la force nécessaire pour qu'ils répondent, dans ce cas, à la question de solidité convenable. On trouve en Pruess de petits ponts qui satisfont à ces conditions avec des bois d'un faible équarrissage, et qui ne doivent leur solidité qu'à une combinaison d'armatures formées de poutrelles superposées, les unes au-dessus du plancher, les autres au-dessous, et rendues solidaires au moyen de boulons. L'exemple que nous empruntons à l'ouvrage du colonel Émy suffit à bien faire comprendre la simplicité de cette combinaison (2).

Parmi les exemples qui accompagnent celui-ci, on remarque une disposition de pont à palée simple formée d'une seule file de pieux portant un plancher dans les conditions ordinaires (3).

Lorsque les bois dont on peut disposer sont trop courts pour atteindre d'une rive à l'autre, on peut, sans le secours des palées, en alternant les pièces et en les reliant par des moises, suppléer à leur insuffisance sous le rapport de la longueur; c'est ce qui est indiqué par le troisième exemple (4).

Les deux figures qui suivent, dans un système qui a quelque analogie, présentent cependant des particularités ingénieuses, qui ont pour résultat de donner une force supérieure à celle obtenue dans l'exemple précédent. Pour suppléer également au défaut de longueur des bois, on les dispose en croix et on en forme un chevalement qui est maintenu sans le secours des moises par des pièces en travers qui forment clefs.

Ce système, en usage en Suisse et que nous représentons ici (5), est appliqué, dans nos exemples, à un pont où la combinaison est simple et à un autre où elle est double. On peut concevoir qu'elle pourrait se compliquer encore davantage et arriver ainsi jusqu'à former une espèce d'arc.

(1) Supplément, tome I, page 127, planche XXXIX.

(2) Id., ib.

(3) Id., ib.

(4) Id., ib., page 128, planche XXXIX.

(5) Id., ib., page 129, planche XXXIX.

*Ponts en bois de Palladio (1).*

Sous ce titre notre auteur donne plusieurs dessins de ponts offrant des combinaisons ingénieuses ; quelques-uns sont d'une seule arche. Le plus simple de ces ponts, celui de Bassano, quoique le plus important, en ce qu'il se compose de plusieurs arches portées par des palées composées d'une seule file de pieux, se distingue par une disposition de contre-fiches ou liens qui ont pour effet de soulager la trop grande portée des poutres ou sablières qui vont d'une pile à l'autre.

Les autres ponts, moins importants, y compris celui exécuté par un charpentier de Bergame, sont d'une seule arche. Ce qui caractérise ces ponts très-légers, c'est que les armatures qui en font la force sont combinées de manière à se régir comme les fermes d'une charpente de comble, et n'exercent aucune action de poussée sur les culées qui les supportent, à l'exception cependant de celui de ces ponts dont les armatures forment une espèce de cintre composé de voussoirs maintenus par des croix de Saint-André.

Rondelet, en décrivant les particularités de chacun de ces ponts, considère ce dernier comme le moins solide, en ce que ses assemblages sont plus susceptibles de varier, et s'explique aussi sur la solidité relative de chacun des autres, en donnant la préférence sous ce rapport à celui représenté fig. 8, parce qu'à l'avantage de donner un plancher droit sa combinaison joint celui de former un assemblage polygonal qui, retenu par la corde, conserve plus de fermeté dans toutes ses parties.

Rondelet donne en outre le projet d'un pont conçu à l'imitation de celui de Bassano par Palladio (2). Quoique dans un système qui a de l'analogie avec la combinaison de Palladio, ce pont, destiné à être construit sur la Seine où est aujourd'hui le pont des Arts, dont chaque arche a environ vingt mètres d'ouverture, et qui devait être assez solidement établi pour le passage des voitures, en diffère cependant en ce qu'il est établi sur des piles en pierre, et que son système de fermes, dont les deux extérieures sont doublées, présente en apparence et en réalité une force suffisante pour résister au service

(1) Rondelet, tome III, page 92, planche C.

(2) Id., ib., page 93, planche CI.

auquel il était destiné et pour supporter en outre la galerie supérieure qui le couvre.

Quant au pont d'une seule arche construit sur la Kandel en Suisse par le charpentier Ritter, et qui a 50 mètres 67 centimètres entre les deux culées, sa position entre deux berges fort élevées au-dessus de la rivière, a permis de pouvoir le fortifier au-dessous par plusieurs rangs de contre-fiches qui, grandissant progressivement, s'étendent presque jusqu'au milieu du pont; les autres particularités de cette construction décrites par Rondelet (1) et son plancher en pente contribuent à lui donner une grande solidité.

Le pont de Wettingen (2), décrit par Chrétien de Mechel, et qui présente comme particularité d'avoir son plancher suspendu au-dessous des arbalétriers, était, suivant cet auteur, plus étonnant que celui de Schaffouse, par la hardiesse et la solidité de sa construction : il avait 118 mètres 89 centimètres de longueur sans autre support que les culées sur lesquelles il s'appuyait.

L'aspect de ce pont, qui prouve une grande intelligence de la part des hommes (simples charpentiers de village) qui l'avaient construit, démontre, comme beaucoup d'autres belles productions de ce monde, que l'expérience et le génie peuvent quelquefois suppléer à la science. Toutefois, en payant à cette grande œuvre le tribut de juste admiration qu'elle mérite, il faut bien reconnaître qu'il y a là encore, malgré les améliorations suggérées aux auteurs par la vue du pont de Mellingen, construit antérieurement (3), une complication de moyens que la science aurait pu simplifier; ce qui eût permis d'obtenir sans tant de frais les bons résultats que donnent les assemblages un peu confus des combinaisons de cette charpente.

*Ponts suspendus à des cintres (4).*

Des circonstances particulières, telles que l'impossibilité de prendre la hauteur nécessaire pour établir les cintres sous les planchers des

(1) Rondelet, tome III, page 95, planche CII.

(2) Id., ib., page 97, planche CIII.

(3) M. le colonel Emy dit, à la page 405 du deuxième volume de son ouvrage, que le pont de Mellingen a été construit en 1794, et celui de Wettingen en 1799.

(4) Supplément, tome I, page 129, planche XL.

ponts, ont pu amener à les établir au-dessus, à y suspendre les planchers, et à les combiner de manière à en former une armature dont la masse principale se trouvât en contre-haut du tablier.

Le pont de Custrin sur l'Oder, que nous empruntons à l'ouvrage du colonel Émy, est une des plus simples constructions de ce genre (1). Sur chacune des travées, dont la largeur est déterminée par l'espace-ment des palées en bois, une poutre de fort équarrissage, cintrée naturellement, et à laquelle sont suspendues par des boulons les poutrelles transversales, constitue la solidité de ce pont, qui donne passage aux voitures les plus pesamment chargées.

Suivant le même système, mais avec des combinaisons plus compliquées, sont construits le pont du Necker (2), qui diffère peu du précédent, et celui de Schuylkill établi à Peter's Island, près de Philadelphie; ce dernier, qui est couvert comme celui du Necker, a cela de particulier qu'il se compose de quatre grandes fermes qui donnent dans les intervalles qui les séparent un passage pour un chemin de fer, un de même largeur pour les voitures ordinaires, et entre les deux un passage pour les piétons.

Au pont d'Eglisaw en Suisse (3), on a employé des fermes composées de pièces superposées courbées en cintre, boulonnées, et entretenues par des moises et des entrails pour composer des arcs de suspension qui ont pour effet de remplacer le système d'armature avec arbalétriers appliqué à la charpente du pont de Vettingen; système bien inférieur à celui des arcs.

La propriété qu'ont les bois courbes maintenus par des armatures convenables d'offrir une grande résistance aux efforts transversaux, propriété dont il a déjà été question au sujet des poutres armées, a dû tout naturellement amener à faire entrer les arcs dans la combinaison des fermes de grande portée.

L'excellence de ce système fut suffisamment prouvée par quelques expériences, et il devint une source féconde de combinaisons nouvelles applicables aux charpentes des ponts et des combles des grands édifices.

(1) Supplément, tome I, page 129, planche XL.

(2) Id., ib.

(3) Rondelet, tome III, page 103 et 190, planche CIV.

Dans cet exemple, dont Rondelet fait ressortir tous les avantages, on voit que tout a été fait pour concourir à augmenter la force de résistance de toutes les parties dont se compose cette ingénieuse combinaison.

Ce pont, par sa disposition, présente l'avantage d'offrir deux galeries latérales pour le passage des piétons, indépendamment de la galerie du milieu, destinée aux voitures, et chacun de ces passages, suivant l'importance du service auquel il est destiné, a été étudié comme construction, de manière à conserver à chaque partie toute la force relative nécessaire.

#### *Ponts supportés par des cintres.*

Le système des ponts en charpente, portés sur des cintres, a été inventé bien antérieurement à celui des ponts suspendus à des cintres comme ceux dont nous venons de parler; le pont de Trajan, dont nous avons fait mention précédemment (1), ce qui est donné par Rondelet, prouve que dans l'antiquité même ce mode de construction des ponts a été appliqué à de grands travaux; si, après bien des expériences, on est revenu à ce système, c'est que, dans les cas où il peut être adopté, il est préférable à l'autre sous bien des rapports, et particulièrement sous celui de la solidité, et aussi parce que, dans ces derniers temps, on y a apporté des perfectionnements qui méritent plus de confiance et présentent plus de sûreté. Dans les ponts suspendus à des armatures, la chute du plancher peut résulter de la rupture d'une des pièces de suspension, et les bois ont à résister à un effort de traction; tandis qu'au contraire dans les combinaisons qui font le sujet de cet article, par la disposition des arcs relativement au plancher, les bois sont dans les meilleures conditions, n'ayant à résister qu'à des efforts de pression.

Le pont d'Ivry, que nous donnons avec beaucoup de détails, résume en quelque sorte, par les soins dont son exécution a été l'objet, tous les perfectionnements apportés à ce système de construction en charpente.

Ainsi, par exemple, comme dans une œuvre de cette nature, où les matières employées sont exposées, plus que dans toute autre, aux

(1) Voir ci-contre, page 115.

influences destructives de l'humidité, il était de la plus grande importance d'employer tous les moyens par lesquels on peut en prévenir ou au moins en atténuer les funestes effets, on a évité d'entailler les bois, pour ne pas les affaiblir ni livrer passage aux infiltrations qui se font particulièrement dans les assemblages. On a, en outre, placé entre les points où les bois sont en contact des plaques de métal pour empêcher qu'ils ne s'échauffassent : les principales pièces sont établies dans leurs portées sur des sabots en fonte disposés de manière à les laisser, en cette partie, en contact avec l'air et à faciliter l'écoulement de l'eau qui peut s'y introduire. Les armatures et tous les moyens de liaison sont combinés de manière à opposer la plus grande résistance possible à tout mouvement oscillatoire, et les planchers disposés de façon à présenter le plus de solidité et de durée possible. Nous n'entrerons pas ici dans plus de détails sur cette construction remarquable, que font connaître les figures et les explications que nous en donnons dans notre Supplément (1).

#### *Ponts en treillis.*

La quantité, la qualité et la beauté des bois que fournissent les forêts d'Amérique ont favorisé dans ce pays le développement des travaux de charpenterie, et n'ont pas peu contribué à enhardir les architectes dans les entreprises hasardeuses qu'ils ont quelquefois tentées dans ce genre de construction. On trouve, du reste, dans le nouveau système de construction des ponts inventé par M. Ithiel Town, architecte de New-York, un exemple qui met en évidence, par sa simplicité, l'intelligence des charpentiers américains. Ce système est particulièrement applicable aux viaducs des chemins de fer, et peut s'exécuter sans boulons ni ferrure.

Ces ponts se caractérisent par un système d'armatures composé de deux fermes de tête, en forme de réseau ressemblant beaucoup à celui figuré par les anciennes feuilles de parquet; ces deux réseaux résultent chacun de la combinaison de madriers de champ qui se croisent à peu près à angle droit; les madriers sont fixés par des chevilles de bois qui les traversent sur toute leur épaisseur à chaque point de croisement.

Ce système a un grand avantage sur les autres, pour les viaducs des

(1) Tome I, page 130, planche XLI.

chemins de fer, en ce qu'il a beaucoup moins d'élasticité, et que, par cette raison, les convois peuvent y passer sans qu'il soit nécessaire de ralentir leur marche.

L'exemple que nous donnons, d'après M. Michel Chevalier (1), est un pont construit sur le Schuylkill, près les écluses de Peacock, pour le chemin de fer de Mount-Carbon à Philadelphie, terminé en 1840 par M. Robinson; il offre un résumé des améliorations successives introduites dans ces nouvelles constructions.

Rondelet, considérant les ponts comme de forts planchers (2), ainsi qu'il en avait déjà exprimé l'avis, fait remarquer cependant que les moyens employés ordinairement pour les poutres d'un plancher seraient insuffisants pour des ponts, en raison de la charge qu'ils ont à supporter.

Donnant la proportion des bois suivant la longueur de leur portée, il fait remarquer que la force doit avoir pour but de suffire à la mobilité de la charge qui est successivement portée sur tous les points; cependant, comme il peut se trouver des circonstances où un pont soit chargé sur tous les points à la fois, par exemple par la foule un jour de fête, et qu'il peut en résulter une pression tellement considérable que, s'il n'a été calculé que dans l'hypothèse d'une charge mobile, sa chute peut en être la conséquence, il est indispensable de donner aux armatures et aux planchers dont se composent les ponts une force calculée bien au-dessus de celle nécessaire pour le service auquel ils doivent être habituellement assujettis. Rondelet donne à ce sujet des calculs sur la force des bois, et y ajoute des observations auxquelles sa grande expérience et son savoir donnent toute garantie (3).

#### *Charpente des fondations (4).*

L'emploi du bois dans les fondations est souvent d'un grand secours, surtout dans le cas où le terrain sur lequel on veut fonder un édifice est d'une nature compressible. Pour remédier à cet inconvénient, on

(1) Supplément, tome II, page 134, planche XLI.

(2) Rondelet, tome III, page 105.

(3) Id., ib.

(4) Supplément, tome I, page 134.

fait usage de pilotis qui ont pour effet ou de resserrer les terres, ou d'aller s'appuyer sur une couche résistante.

Sans vouloir entrer ici dans des détails que nous donnons ailleurs (1), nous nous bornerons à faire ressortir l'importance qu'on doit attacher à la question des fondations et à l'examen sérieux de la nature du sol sur lequel on veut bâtir.

Certaine nature de terrain est favorable à l'emploi des pilotis, certaine autre, par sa mollesse, exclut ce moyen : dans les deux cas, toutefois, on fait usage de grillages qui se posent, ou sur les pilotis pour les relier, ou sur le sol pour en régulariser le tassement. Cependant, en général, on ne doit employer les bois dans les fondations que lorsqu'ils sont constamment couverts d'eau douce. L'eau de mer, la sécheresse et les alternatives de sécheresse et d'humidité sont autant de causes qui les détériorent, et l'on conçoit qu'arrivés à l'état de pourriture, ils laissent des vides qui donnent en résultat un affaiblissement du sol, au lieu de la consolidation qu'on cherche à obtenir en appliquant ce moyen.

Par l'exemple que nous donnons, il est facile de voir l'application qu'on peut faire en général de ce mode de fondation, et ce qu'il a de particulier dans son application aux culées et piles des ponts.

#### *Des brise-glace.*

Les brise-glace peuvent être considérés comme des constructions accessoires des ponts : placés devant les palées, ils servent à les protéger contre les chocs que peuvent produire les glaces ou tout autre corps que précipiterait sur elles le courant plus ou moins rapide des rivières. Ils peuvent faire partie des palées en se combinant avec leur charpente, ou bien en être détachés ; dans le premier cas, les secousses qu'ils reçoivent ont pour effet d'ébranler tout le pont et par conséquent d'en altérer la solidité : le plus sage est de les rendre indépendants du reste de la construction.

On voit, par la description et par la figure que nous en donnons (2), que ces défenses peuvent également être favorablement placées sur les

(1) Supplément, tome I, page 134, planche XLIII.

(2) Id., ib., page 137, planche XLIII.

rivières devant toute autre chose que des piles de pont, et qu'on peut aussi établir des brise-glace devant des bateaux fixes ou tout autre objet qu'on voudrait protéger.

---

## CHAPITRE TROISIÈME.

### DES COMBLES A SURFACES PLANES (1).

Après avoir parlé de la formation des combles, Rondelet donne des exemples de fermes de combles surbaissés qui pour la plupart sont tirés d'édifices de Rome, et entre autres de l'ancienne basilique de Saint-Paul hors les Murs (2); ces divers exemples appliqués à des portées différentes, simples pour les petites, et se compliquant progressivement jusqu'aux plus grandes, peuvent être considérés comme des imitations traditionnelles des charpentes antiques; ces fermes, qui depuis plusieurs siècles sont en place quoique chargées d'une couverture en tuiles creuses qui est très-pesante, et malgré leur peu de pente, attestent encore aujourd'hui, par leur parfaite conservation (3), l'excellence de la simplicité de leurs combinaisons.

La construction des combles eut sans doute pour cause la nécessité d'établir des couvertures en pente pour favoriser l'écoulement des eaux de pluie et celui des neiges, et de mettre les édifices à l'abri des intempéries de l'air.

On pourrait penser, et c'est du reste l'avis de quelques auteurs, que c'est la situation donnée à l'édifice et le climat sous lequel il est élevé qui règlent la pente des toits, et qu'on doit leur donner plus ou moins de pente suivant qu'ils seront exposés à recevoir une plus ou moins grande quantité de pluie. Cependant, bien que dans les pays du nord on trouve plus généralement des combles élevés que dans ceux du midi, pour donner un écoulement plus facile aux eaux et aux neiges dont la chute est fréquente dans ces pays, il ne faudrait

(1) Rondelet, tome III, page 114.

(2) Id., ib., page 15, planche CV.

(3) Il faut en excepter toutefois la charpente de Saint-Paul, que l'incendie a consumée en 1823, mais qui au moment de ce sinistre était encore en bon état.

pas en conclure que cette cause ait seule introduit cette coutume, car dans ces pays mêmes on trouve des exemples de toits plats, qui semblent faire contradiction à ce système; et l'on remarque des exemples du contraire dans les pays du midi, où l'on fait assez généralement les toits plats; cependant il pleut moins fréquemment dans les pays méridionaux, les pluies y sont plus abondantes, elles y sèchent plus vite, et par cette raison détériorent moins les matériaux dont sont formées les couvertures. Quoique ces constructions existent, il n'en faut pas moins admettre que la question de climat doit être une raison déterminante pour donner plus ou moins d'inclinaison aux toits; mais il en est une autre, qui doit être prise en considération et exercer une grande influence : c'est la nature des matériaux qu'on doit employer pour les couvertures.

Les combles destinés à recevoir des couvertures en plomb, en zinc, en cuivre ou autres métaux, n'ont pas besoin d'être très-inclinés; ceux couverts en tuiles creuses doivent l'être davantage; et plus encore ceux couverts en tuiles plates ou en ardoises, parce que ces dernières, surtout par l'effet de la capillarité, sont sujettes à laisser passer l'eau dans les intérieurs lorsque le toit n'est pas suffisamment incliné, ce qui arrive souvent lorsque dans les orages le vent refoule violemment la pluie contre les couvertures; d'un autre côté le vent, pénétrant facilement entre les ardoises lorsque les toits ont peu de pente, les arrache, ce qui s'ajoute encore aux autres raisons qui commandent de les établir suivant des pentes rapides.

Si donc l'inclinaison à donner aux combles doit être déterminée par le climat et la nature des matériaux dont on forme les couvertures, la pesanteur, les propriétés et la position de ces matériaux servent à régler les dimensions des pièces de bois dont la charpente est composée, en ayant égard en même temps aux pressions accidentelles qui résultent de la violence du vent et de la chute des neiges.

Le principe sur lequel repose la combinaison d'un système de charpente consiste en ce que ce système doit pouvoir être considéré comme s'il n'était formé que d'une seule pièce; ses formes et ses dimensions principales doivent être calculées d'après les formules, et les pièces disposées et assemblées de manière à former un tout solidaire, qui ne puisse exercer aucune action de poussée sur les points d'appui destinés à le supporter. Autant que possible, la combinaison d'une charpente

doit présenter des figures triangulaires, parce que ces figures jouissent de la propriété d'être invariables, propriétés que n'ont point en partage les autres formes polygonales.

Les exemples trop rares de combles que nous a laissés l'antiquité, et dont on ne retrouve plus que des traces à Pompéi et dans d'autres monuments, ceux du moyen âge qu'on retrouve encore en Italie et en Sicile, et qui ne sont sans doute que des imitations traditionnelles de ce qu'avaient fait les Grecs et les Romains, nous font voir comment les anciens savaient tirer parti des combles en charpente pour en déduire les principaux motifs de la décoration de leurs édifices (1). Dans la plupart de ces monuments toute la charpente est apparente et laisse voir à travers l'assemblage des entrails, des poinçons et des liens, le rampant de la couverture avec ses pannes et ses chevrons formant des compartiments décoratifs qui, comme toutes les autres parties, sont justifiés par la construction. Dans ces combinaisons, d'autant plus ingénieuses qu'elles ont pour base un principe vrai, tout est étudié dans le même esprit, et il n'est pas jusqu'au fer qui, comme boulons, étriers ou chevilles, ne devienne le motif d'une forme décorative; la peinture même qui recouvre de plus ou moins de richesse ces œuvres si bien conçues, est aussi soumise à ces principes d'un goût parfait, puisqu'en contribuant à la conservation des bois, elle vient ajouter à cette vérité des formes motivées, des ornements appropriés, qui ne font qu'y ajouter de l'intérêt en les rendant plus sensibles.

Cette leçon que nous recevons des architectes de l'antiquité, du moyen âge, et même de la renaissance, ne nous apprend-elle pas suffisamment dans quel esprit nous devons combiner les combles en charpente. Et puisque la raison doit toujours présider aux conceptions de l'architecture, ne se trouve-t-elle pas satisfaite par des combinaisons qui donnent pour résultat le moyen d'obtenir le plus d'espace possible et de profiter de tout ce qu'on en peut avoir, la possibilité de présenter à la vue une décoration donnée par les moyens d'exécution, et en même temps de satisfaire à la question importante d'économie, puisque ainsi on est dispensé des faux planchers, qui, en diminuant l'espace que peut embrasser l'œil dans un édifice, ont encore l'inconvénient d'augmenter la dépense. Il est vrai que, comme nous l'avons

(1) Voyez Rondelet, tome III, pages 115, 116 et 183, planches LXXI et CV.

déjà dit, il faut, pour faire une charpente apparente, que les bois soient choisis et dressés, ce qui nécessairement est plus coûteux; mais, par compensation, on trouve à ce système les avantages déjà signalés, et en outre celui d'assurer aux bois une bien plus longue durée.

Toutefois, en cherchant quelle a pu être la cause de l'abandon aussi général d'un système de combles qui présente tous ces avantages, on la trouve peut-être dans les rigueurs de notre climat, qui a obligé à doubler les couvertures pour remédier au contact trop immédiat de l'air et des intempéries extérieures, et aussi, en certains cas, dans la nécessité de rendre habitable le vide des combles.

Ces raisons sont d'une grande valeur [sans doute, et la question sanitaire qui se rattache à la première ne permet pas de l'écartier : aussi pensons-nous qu'il faut l'admettre tout entière; mais elle peut l'être sans fausser le principe que nous indiquons, car les moyens de répondre à l'objection se présentent tout naturellement à l'esprit des constructeurs. On conçoit en effet que dans les cas où des couvertures simples, et cependant closes, ne pourraient pas suffire, rien ne s'oppose à ce qu'elles soient doublées; mais alors il faut que les doublures elles-mêmes, d'accord avec ce principe, soient combinées suivant le rampant des combles.

Ces observations, relatives à l'influence que doivent avoir les combinaisons des charpentes des combles sur les formes décoratives des édifices dans leurs parties supérieures, lorsque les charpentes doivent rester apparentes, nous amènent tout naturellement à citer un autre exemple où la charpente est cachée et où cependant le principe est encore observé; nous voulons parler du comble de Sainte-Marie Majeure, à Rome, que Rondelet donne comme exemple (1). Dans cet exemple, qui présente un système de fermes accouplées, d'une combinaison simple et bien entendue, et d'une solidité démontrée par plus de quatre siècles de durée, on a établi, à hauteur des entrants, un plafond en compartiments de menuiserie, qui forment autant de caissons carrés dont la largeur est déterminée par l'espacement des fermes : ainsi les entrants des fermes présentent à l'œil autant de soffites qui séparent les caissons établis en renforcement dans leurs intervalles. On trouve sans doute dans cette ingénieuse combinaison, dont l'effet en exécution est

(1) Rondelet, tome III, page 192, planche CXVI.

des plus heureux, un exemple traditionnel de ce que pouvaient être les plafonds des basiliques et des autres édifices analogues de l'antiquité romaine; toutefois, en payant à cet exemple le juste tribut d'admiration qu'il mérite, nous ne pouvons nous empêcher de faire remarquer que s'il satisfait en un sens aux principes vrais sur lesquels il est basé, il y manque d'un autre côté, car si les soffites qui traversent la nef dans toute la largeur sont parfaitement motivées par les grands entrants, il n'en est pas de même de celles qui leur sont perpendiculaires, et qui ont la même saillie sans exprimer rien qui soit dans la charpente ou qui même puisse y jouer un rôle utile. En jetant les yeux sur les temples grecs dont la construction résulte de l'emploi du bois, et dont les études des modernes ont donné plus ample connaissance, on y trouve la décoration justifiée par la construction; les grands entrants motivent de grandes soffites; des solives transversales, posées au-dessus, donnent lieu à des compartiments d'un second ordre dont les saillies sont moindres, les portées étant plus petites; et enfin un troisième ordre de caissons plus petits encore forme les plafonds et complète cette combinaison décorative, qui se trouve ainsi parfaitement conséquente avec la construction, et qui, par cette raison comme par toutes les autres est parfaite aussi sous le rapport du goût. Nous avons donné divers exemples de ce mode de construction dans les planches VII et VIII de notre Supplément.

Sans revenir sur les assemblages, dont nous avons suffisamment parlé (1), nous avons cru, pour bien faire comprendre les principes élémentaires de l'art du charpentier, devoir ajouter à Rondelet quelques exemples de combles simples dans la combinaison desquels il est aisé de reconnaître que la triple condition de stabilité, de durée et d'économie a été observée (2). Dans ces exemples, sanctionnés par l'expérience, on peut voir que tous les bois sont employés de manière à présenter le plus de force possible, que leurs longueurs sont divisées également pour qu'il n'y ait pas de parties plus faibles les unes que les autres, et que toutes les pièces, soit qu'elles agissent en butée, soit qu'elles se trouvent employées comme tirants, forment entre elles un tout solidaire assez stable par lui-même pour

(1) Supplément, tome I, page 110.

(2) Id., ib., page 138, planche XLIV.

n'exercer aucune action de poussée sur les points d'appui destinés à le supporter.

Le premier de ces exemples présente un comble d'une dimension si petite, qu'il suffit, dans ce cas, de chevrons pour former la pente du toit; ces chevrons sont maintenus dans leur écartement par des entrails établis de distance en distance, et avec lesquels est assemblée la plateforme ou sablière qui reçoit le pied des chevrons.

Le second exemple représente un comble ordinaire dont la portée a rendu inadmissible le moyen dont il vient d'être question : il a fallu le composer de toutes les pièces qui constituent un système complet.

Le troisième, plus étendu et par conséquent plus compliqué, offre cette particularité qui très-souvent a son application : c'est qu'au moyen d'un faux-entrait, dit entrait retroussé, on a pu ménager dans la hauteur du comble un étage habitable.

On voit, par les exemples donnés, que les fermes des combles surhaussés (1) sont formées de triangles à peu près réguliers, et qu'ils sont par conséquent très-favorables au maintien des assemblages; car les pièces agissent, pour la plupart, dans le sens de leur longueur et n'éprouvent en ce sens aucun effet sensible de rallongement ni de diminution par les variations de la température.

Les grands avantages de ces fermes, en raison de leur élévation, sont : d'avoir peu de poussée, de donner de grands espaces dont on peut profiter à l'avantage des parties inférieures; en outre, si l'on suppose que les entrails peuvent être en fer, on concevra que, dans ce cas, l'effet en serait encore plus satisfaisant.

Depuis le quinzième siècle jusqu'à la fin du dix-septième, un système de fermes surhaussées a été fort en usage pour les combles de Paris (2) : dans le vide que les fermes laissaient entre l'entrait et le faux-entrait, on pouvait pratiquer un étage qui était éclairé par des lucarnes; quelquefois, pour rendre cet étage plus habitable, on mettait l'entrait en contre-bas de l'entablement qui formait dans ce cas l'appui des fenêtres, et pour compléter ce système on reliait, au moyen de jambes de force, l'arbalétrier à l'entrait.

Un autre comble a été aussi fort usité, c'est celui proposé par Bullet : il est moins élevé que les précédents; mais si, par cette raison, il exige

(1) Rondelet, tome III, page 119, planche CVI.

(2) Id., ib., page 120, planche CVI, fig. 2.

moins de bois, il ne donne pas la facilité d'y trouver un espace habitable (1).

Le système des combles brisés, qui a pour avantage de satisfaire à cette condition, a pour inconvénient de compliquer la combinaison des fermes; et s'il donne plus que les combles simples la possibilité d'obtenir un étage tout près d'être carré, il oblige à faire des couvertures en deux parties, dont l'une est trop inclinée quand l'autre ne l'est pas assez, ce qui pour cette dernière fait souvent recourir au métal (2).

Les exemples suivants sont des combles du moyen âge (3) : ces combles ont pour caractère distinctif de ne se composer ordinairement que de chevrons, lorsque toutefois leurs dimensions ne sont pas de nature à exiger davantage; lorsque la portée est grande, comme dans la figure 1, chaque chevron est une ferme. Dans cet exemple, qui présente une voûte montant dans la hauteur du comble, il n'y a pas d'entrait, ce qui n'est admissible qu'autant que, comme dans ce cas, les murs sont assez forts pour résister à l'action de poussée de ces fermes, qui n'est maintenue que par là.

Le second exemple diffère du premier en ce qu'il comporte des entrails et des fermes complètes, que, dans ce cas, on appelle maîtresses fermes. Les chevrons intermédiaires sont, comme dans l'exemple précédent, autant de fermes secondaires qui n'ont pas d'entrait.

Le troisième et dernier comble est représenté par trois figures, le plan et deux coupes : il est établi sur une grange exécutée à Meslay au commencement du quinzième siècle; cette charpente, qui couvre un grand espace divisé en cinq nefs, présente des lignes de poteaux qui montent jusque sous les arbalétriers pour y recevoir l'extrémité des pannes et des entrails. Cette disposition est très-favorable, car elle donne en résultat, au-dessous de ces entrails, des espaces libres dans toute la hauteur que peut avoir chaque nef, suivant l'inclinaison du toit : ce qui n'aurait pas lieu avec un comble ordinaire, où l'entrait se trouve sur toute la largeur, à hauteur de la naissance du toit. Il suffit de jeter les yeux sur la simplicité de cette combinaison pour voir qu'aux avantages signalés elle joint encore celui d'une grande solidité.

Il est à remarquer que les bois employés dans les combles n'ont pas

(1) Rondelet, tome III, page 121, planche CVI, fig. 5.

(2) Id., ib., fig. 3, 4, 6 et 7.

(3) Supplément, tome I, page 140, planche XLV.

besoin d'être plus forts que ceux des planchers, car si les premiers ont à supporter une charge constante, celle de la couverture, de quelque nature qu'elle soit, les planchers sont sujets à être chargés plus inégalement et à recevoir des secousses auxquelles les combles ne sont pas exposés : ceux-ci n'ont à craindre que l'action des vents et le poids des neiges.

L'expérience d'ailleurs fait voir que généralement en France, et à Paris surtout, les bois employés dans les combles sont plus forts qu'il ne faut, et ce qui se pratique en Italie vient à l'appui de cette observation : les toits y sont généralement plus plats, les bois y sont moins forts et les couvertures plus pesantes : toutes conditions défavorables, qui n'ont révélé cependant aucun inconvénient.

Dans les pays où règnent des vents violents, outre la solidité habituelle, les combles doivent être disposés de manière à résister à leur action ; les moyens habituellement employés dans ce cas consistent à établir, suivant le rampant du toit, des grillages en croix de Saint-André qui maintiennent le roulement en liant entre eux tous les arbalétriers (1).

Le moyen le plus sûr pour obtenir des fermes solides est de les composer de compartiments triangulaires dont les figures ne peuvent jamais varier, quand toutefois les assemblages en sont bien disposés et bien exécutés.

Plusieurs combinaisons peuvent donner ces bons résultats : l'une en couvrant une grande étendue peut être divisée en trois étages séparés par des entrails qui permettent d'y pratiquer des planchers pour des greniers (2) ; l'autre, d'après les mêmes principes, se compose de triangles réguliers ayant des poinçons pour pièces verticales, et, parallèlement aux arbalétriers, des contre-fiches qui relient tout le système avec l'entrait et le faux-entrait (3). Si cette combinaison a l'avantage d'être plus solide que la précédente, elle a l'inconvénient d'obstruer beaucoup plus le vide du comble.

Un troisième exemple, combiné d'après les mêmes principes, offre les mêmes avantages et autant de solidité : l'un et l'autre peuvent trouver leur application suivant les lieux, les cas et les particularités qui les caractérisent (4).

(1) Rondelet, tome III, page 123, planche CIX, fig. 1 et 2.

(2) Id., ib., page 123, planche CIX, fig. 4.

(3) Id., ib., page 124, planche CIX, fig. 5.

(4) Id., ib., planche CIX, fig. 6.

En général, les fermes d'un comble offrent cette ressemblance avec les planchers que lorsque les poutres sont armées elles forment autant de petites fermes dont les enchevêtrures représentent les pannes et les solives les chevrons.

Cette théorie, dont nous ne donnons ici qu'une idée générale, est développée et appuyée d'exemples par Rondelet (1).

La ferme du théâtre de Lyon fait voir comment on peut neutraliser l'effort des contre-fiches qui chargent le poinçon en leur opposant des pièces qui agissent en sens contraire (2).

Les deux fermes représentées sur la planche CVIII sont celles du Panthéon de Paris (3). L'une et l'autre, avec des particularités qui les caractérisent, font voir ce qui a été fait dans cette circonstance pour combiner des systèmes qui pussent se maintenir sans le secours d'entrants, afin de laisser libre la place que ces pièces auraient occupée. Il importait, en effet, de donner cet espace aux voûtes dont l'intérieur de l'édifice est décoré; car ces voûtes étant trop légèrement construites pour qu'on pût les charger du poids des couvertures, on a dû établir les couvertures le plus près possible des voûtes, afin d'éviter toute surélévation dispendieuse.

D'autres fermes de grande portée, mais basées sur les principes théoriques développés plus haut, offrent plusieurs exemples dans lesquels Rondelet signale quelques défauts de combinaison qu'il donne le moyen d'éviter (4).

Les exemples dont nous venons de parler, et beaucoup d'autres, prouvent que jusque vers le milieu du siècle dernier les fermes qui avaient à peu près 80 pieds de portée (environ 26 mètres) étaient ce qu'on avait exécuté de plus hardi et ce qu'on avait considéré comme atteignant les limites du possible : on voit par là qu'avant l'établissement du pont de Wettingen et de la salle d'exercice de Darmstadt, toutes les ressources de l'art du charpentier n'étaient pas encore connues.

Cependant si la salle d'exercice de Darmstadt a offert un mérite

(1) Rondelet, tome II, page 125, planche CVII.

(2) Id., ib., page 127, planche CVII, fig. 10.

(3) Id., ib.

(4) Id., ib., page 128, planches CIX, CX et CXI.

jusqu'alors ignoré, celui de sa grande dimension, ses fermes ne présentent pas celui d'une combinaison sans reproche; et si le but a été atteint, il ne l'a pas été de manière à offrir une bonne leçon théorique (1).

Cette leçon, nous la trouvons dans le grand manège de Moscou construit par M. de Bétancourt, et dont les dimensions sont de 502 pieds (162<sup>m</sup>16) sur 150 pieds (48<sup>m</sup>72) (2).

Dans le premier de ces combles, le système n'est pas simple, et les pièces ne sont pas disposées de manière à donner le plus de force possible et à présenter par leur union le caractère de solidarité qui constitue un bon système de charpente; les arbalétriers, sur lesquels le plus grand effort se fait sentir, sont faibles à leurs points de jonction avec l'entrait (3). Dans les fermes de Moscou, au contraire, le système est régulier et bien entendu; les arbalétriers, simples à leur sommet, où l'effort est le moindre, sont doublés, triplés et même quadruplés en descendant vers leur base, c'est-à-dire à mesure que l'effort augmente. Chaque subdivision offre en quelque sorte une ferme complète, où chaque pièce est disposée de manière à neutraliser l'effet de l'autre, et le tout est combiné de manière à satisfaire presque complètement aux principes théoriques, tandis que le comble de Darmstadt est vicieux sous ce rapport.

Un des projets qui avaient été présentés avant l'exécution de celui dont nous venons de parler, est donné par Rondelet (4). Il diffère du précédent en ce que le principal soutien de chaque ferme est un arc en bois composé de pièces posées les unes sur les autres, assemblées à crémaillère, et liées entre elles au moyen de boulons et de plates-bandes de fer; des moises assemblées de la même manière soutiennent les arbalétriers et les entrails.

Rondelet approuve avec raison la juste défiance qui a empêché d'adopter ce projet, malgré ce qu'il pouvait avoir de séduisant; en effet, quoique ingénieusement combinée, cette charpente eût été trop faible pour pouvoir se maintenir. En raison de la grande portée de cette ferme, sa charge et son propre poids, qui s'accroît à mesure

(1) Rondelet, tome III, pages 132 et 191, planche CXII.

(2) Id., ib., page 132, planches CXIII et CXIV.

(3) Id., ib., pages 132 et 191, planche CXII.

(4) Id., ib., page 139, planche CXV, fig. 3.

qu'elle s'éloigne des points d'appui, ne peuvent laisser croire qu'un seul entrain eût pu suffire pour maintenir l'effort du grand arc qui en est la partie principale.

Ce sont des considérations qui ont amené Rondelet à proposer un projet dans lequel il donne les moyens de remédier aux vices qu'il signale, tout en se renfermant dans les mêmes données, mais en doublant l'entrait, en composant l'arc de cinq pièces au lieu de trois, et en le soulageant d'une partie de son propre poids au moyen d'une sous-ferme, qui est, ainsi que lui, saisie par les poinçons formant moises (1). Cet exemple d'un arc en bois dans la combinaison d'une ferme est d'un principe qui, bien étudié, peut recevoir son application dans beaucoup de cas, lorsqu'on veut obtenir une grande solidité. Nous avons eu précédemment l'occasion d'en faire ressortir les avantages, lorsque nous avons traité des ponts de charpente.

Lorsqu'on s'est occupé de la construction des marchés de Paris, on a dû rechercher les moyens d'en assainir toutes les parties en les combinant de manière à y faire arriver le plus possible l'air et la lumière. Le comble de la boucherie du marché des Blancs-Manteaux, construit par Jules Delespine (2), fait comprendre comment on a atteint ce but : c'est en élevant le milieu du comble au-dessus du faux-entrait et en laissant tout ouverts les deux côtés de la surélévation pour donner un libre passage à l'air ; la bonne combinaison de cette charpente, qui est simple et satisfaisante sous tous les rapports, s'explique d'elle-même.

Le comble de l'abattoir de Grenelle, qui offre les mêmes avantages (3), présente toutefois une particularité : c'est qu'il n'y a pas de partie surélevée au milieu, et que les ouvertures pour la ventilation se trouvent dans les murs de face ; les toits ont aussi cela de particulier que par la grande saillie qu'ils forment sur les murs, ils portent, loin de ces murs, l'égout des eaux, et donnent par conséquent un abri qui facilite la circulation le long des bâtiments. Aux avantages qui résultent de ces heureuses combinaisons sous le rapport du service, on doit ajouter ceux qu'elles donnent au point de vue de l'art ; car ces établissements reçoivent encore de ces particularités, conséquences du besoin et de la cons-

(1) Rondelet, tome III, page 140, planche CXV, fig. 4.

(3) Supplément, tome I, page 142, planche XLVI, fig. 1, 2 et 3.

(3) Id., ib., page 143, planche XLVI, fig. 4 et 5.

truction bien entendue, un caractère distinctif qui est du meilleur effet.

Les exemples que renferme la planche XLVII du Supplément sont pris parmi les combles surhaussés ; leur combinaison a pour but la suppression de l'entrait, afin de faire monter dans une partie de la hauteur du comble les voûtes inférieures. La solidité de cette combinaison est due aux croix de Saint-André, qui, en établissant entre toutes les pièces la solidarité nécessaire à tout bon système de fermes, neutralise l'action de poussée que ne manquerait pas d'exercer cette charpente sans leur concours puissant.

Quoique ces fermes soient ingénieusement combinées, il n'est cependant pas inutile de faire remarquer qu'il y a surabondance de moyens, et qu'il serait possible de supprimer les poteaux montants intermédiaires et les liernes qui augmentent sans nécessité le poids de ces fermes. Il est de principe, en construction, de faire ce qui est nécessaire pour assurer la solidité ; mais, une fois ce but atteint, aller au delà par des moyens qui n'ajoutent rien sous ce rapport, c'est augmenter la charge et par conséquent l'action destructive, tout en augmentant les dépenses.

Le comble du grand magasin aux vivres du Helder (1) donne l'idée de la solidité qu'on peut obtenir dans la combinaison d'une charpente, au moyen d'un arc qui, relié aux arbalétriers par des moises, supporte directement le poids de la couverture : à sa force ce système de comble joint l'avantage de laisser un grand espace précieux pour des magasins, greniers, etc.

#### *Combles en bois plats.*

Dans la ferme d'un comble exécuté en Hollande (2), nous trouvons que les bois sont plats et posés de champ, ce qui donne en résultat un comble très-léger et cependant solide ; par cette simple et ingénieuse combinaison et au moyen de la croix de Saint-André, qui a permis de supprimer l'entrait, on obtient comme avantage de trouver plus de hauteur pour les pièces que recouvrent les combles.

L'exemple donné fig. 4 est un développement du même principe. Les pièces dont il se compose sont des madriers.

(1) Supplément, tome I, page 144, planche XLVIII, fig. 1 et 2.

(2) Id., ib., fig. 3.

Le même système de croix de Saint-André formant moises nous fournit encore un autre exemple dont l'application, faite pour couvrir un atelier à Rouen, peut souvent trouver à être imitée (1). Il fait voir comment on peut en tirer parti pour trouver le passage d'une voûte, par l'absence de l'entrait, que ce système permet de supprimer.

L'ingénieuse et très-simple combinaison représentée par les figures 6 et 7 est celle d'un toit à deux égouts et à contre-pentes, établi entre quatre murs et porté par des fermes qui ne sont autre chose que des croix de Saint-André. Les murs extrêmes sont percés de deux ouvertures qui donnent passage aux eaux pluviales. Par leur combinaison, en raison de ce que les extrémités de ces petites fermes sont scellées dans les murs latéraux, elles ne sont sujettes à aucune action de poussée.

Les derniers exemples de combles que nous venons de passer en revue, par les éléments simples dont ils se composent, par leur légèreté, et par le peu de matière qu'ils exigent, peuvent faire obtenir, comparativement à d'autres systèmes, une notable économie sur la dépense; et ce résultat est d'autant plus certain que, n'ayant aucune action de poussée, ils peuvent être établis sur des murs dont les épaisseurs peuvent être réduites au minimum admissible par les règles de la stabilité.

Le système de Philibert Delorme, remis en pratique par l'application qu'en avaient faite Legrand et Molinos à la couverture de la Halle au blé de Paris, eut alors beaucoup de succès, et dans beaucoup de constructions nouvelles il fut employé de diverses manières par les architectes et les ingénieurs. Toutefois cette mode n'empêcha pas quelques constructeurs de rechercher d'autres systèmes de combles en bois plats.

L'exécution des charpentes en bois plats consiste à réduire les bois jusqu'à n'avoir plus que l'épaisseur rigoureusement nécessaire pour leur portée, et à les poser de champ. Voulant obtenir par ce moyen toute l'économie possible, on arriva jusqu'à n'employer que des madriers, ce qui, à la rigueur, pouvait suffire pour des constructions temporaires, mais ce qui était insuffisant pour répondre aux chances inévitables de détérioration que le temps amène. La charpente de l'ancienne salle des séances du Corps législatif (2) est un exemple que nous empruntons à l'excellent ouvrage de M. le colonel Émy, qui, avec raison, considère

(1) Supplément, tome I, page 145, planche XLVIII, fig. 5.

(2) Id., ib., page 145, pl. XLIX.

ce comble comme une des meilleures applications qu'on ait faites des bois plats, et comme le résultat d'un progrès aussi marquant que l'invention de Philibert Delorme, sur laquelle il doit avoir la préférence au point de vue de l'économie, puisqu'il consomme moins de bois en donnant autant de solidité, et qu'il entraîne moins de façon et de déchet.

Par cet exemple, il est facile de reconnaître que ce système emprunte toute sa rigidité à la force des bois posés de champ. On conçoit que si chaque ferme ainsi placée se trouvait isolée sur une grande longueur, telle que celle de la portée du comble dont il s'agit, les bois de champ seraient sujets, à un effet de torsion qui en amènerait promptement la ruine; mais on peut remarquer qu'avec un esprit de prévoyance bien entendu l'auteur, M. Gisors, a empêché cet effet au moyen d'entretoises également en bois de champ. Les croix de Saint-André qui complètent cette combinaison viennent ajouter à sa solidité, qui est d'autant plus assurée que les fermes sont disposées sur un plan demi-circulaire.

Après l'heureuse invention à laquelle Philibert Delorme a donné son nom et celle qui peut avoir des avantages sur elle lorsqu'on peut se procurer de grandes pièces de bois, le colonel Émy, qui a rendu de si grands services à l'art de bâtir, a su imaginer un système de charpente qui réunit tous les avantages de ceux dont nous venons de parler : ce qui ne peut plus être mis en doute aujourd'hui, que l'application en a été faite dans beaucoup de cas et dans diverses localités.

Ce système consiste à construire, avec des bois longs et minces, faciles à courber sans le secours du feu, des arcs légers, d'une portée qui peut atteindre la dimension des plus grands espaces à couvrir; ce mode de charpente, convenablement étudié et bien exécuté, a la propriété de maintenir sa forme sans exercer de poussée, ou en exerce si peu qu'elle ne produit aucun effet sur les murs. Cette propriété se conçoit facilement quand on se rend compte que, par les moyens employés pour assembler les madriers, une fois la courbure donnée et maintenue par les boulons, il s'établit entre eux une telle solidarité, qu'ils ne forment plus, en quelque sorte, qu'une seule pièce. D'ailleurs, les autres parties de cette charpente, telles qu'arbalétriers, jambes de force, doublures, moises, etc., sont combinées avec les cintres de manière à faire du tout une seule et même armature dont le succès est aujourd'hui incontestable.

Les deux exemples que nous rapportons, d'après le colonel Émy, des charpentes de Marac et de Libourne (1), suffisent à l'appréciation du système et de toutes les combinaisons dont il est susceptible.

Ces combinaisons peuvent être variées à l'infini en multipliant plus ou moins le nombre des arcs, et suivant leur portée, en augmentant ou diminuant le nombre des feuilles dont ils se composent, se réglant à cet égard d'après l'expérience ou sur des épreuves toujours nécessaires dans des constructions importantes.

Cette ingénieuse combinaison présente comme avantage incontestable, appliquée à la couverture des grands espaces, d'unir à l'économie la force et la légèreté.

Cette charpente, qui laisse libre tout l'espace qu'elle couvre et satisfait ainsi à une condition essentielle, est d'un très-bel aspect, et, en raison de la régularité de ses combinaisons, on conçoit qu'elle peut se prêter facilement à recevoir un système de décoration de peinture ou de sculpture, de sorte qu'au point de vue décoratif elle peut encore donner les plus heureux résultats.

*Combinaison du bois et du fer dans la charpente des combles (2).*

Quelques-unes des pièces qui entrent dans la combinaison des combles en charpente n'agissant qu'en tirant, on a heureusement essayé d'y substituer le fer, qui dans ce cas est dans les meilleures conditions relativement à sa nature. Les fers soumis à un effort de pression ne peuvent être employés dans les parties élevées des charpentes, à moins que ces pièces ne soient courtes; autrement, pour offrir une force suffisante, elles deviennent d'un poids dangereux pour la solidité du système. La fonte de fer, au contraire, n'est favorablement employée dans la combinaison des charpentes que pour résister à la pression; nous ferons voir, en traitant des combles en fer, comment la fonte peut être appliquée à la construction de cette partie des édifices. Le fer forgé peut bien aussi être employé comme soutien; mais dans ce cas il y a avantage, sous le rapport de la force et de l'économie, à lui préférer le fer coulé. Ce ne fut que progressivement que le fer arriva à jouer un rôle important dans les constructions; d'abord il fut appelé à

(1) Supplément, tome I, pages 146 et 156, planche L.

(2) Id., ib., page 162.

remplacer le bois dans l'exécution de certaines pièces où cette substitution présentait le moins d'inconvénients possible ; c'est ainsi qu'on en fit des poinçons, ces pièces n'ayant pour effet que de résister verticalement à un effort de traction. En conséquence de ce même principe, et dans les cas où les entrails ne sont pas destinés à porter plancher, on a pu également les remplacer par des tirants en fer. Le colonel Émy, développant ce principe, en a fait un système complet, dans lequel il n'emploie le bois que pour les pièces destinées à agir en butée et applique le fer à toutes celles qui agissent en tirage. Cet auteur a fait en cela le meilleur emploi possible de ces deux éléments de construction ; et par les ingénieuses combinaisons qu'il tire de ce système parfaitement en harmonie avec les forces relatives des différentes matières, en laissant jouir du vide des combles, il donne tout à la fois le moyen de faire profiter de tout l'espace que prendraient les pièces lourdes d'une charpente tout en bois, et répond en même temps à la condition de solidité et d'économie.

C'est ici le lieu de signaler un fait que l'expérience a démontré et qu'il est nécessaire de prévoir lors de la construction, afin de ne point s'exposer à ses conséquences : nous voulons parler de l'extensibilité du fer forgé. Cette propriété, qui rend le fer très-convenable pour résister aux efforts de traction, a cependant un inconvénient dont le temps peut découvrir la gravité : c'est que soumis à un effort de traction permanent, il s'allonge progressivement et s'affaiblit en même temps. Cet inconvénient est à craindre lorsque ce métal est employé avec des dimensions rigoureuses comme tirant maintenant l'écartement des fermes, surtout s'il n'est pas soulagé dans sa portée par des tiges de suspension. Nous croyons qu'il convient, lorsque ces pièces sont en fer, soit de leur assurer une résistance suffisante par les dimensions qu'on leur donne, soit de leur adjoindre un faux entrail en bois formant moise.

Nous avons déjà dit que beaucoup d'édifices de l'antiquité, du moyen âge et de la renaissance donnaient de beaux exemples où la charpente laissée apparente à l'intérieur devenait le motif d'une décoration d'autant plus belle qu'elle résultait de la construction même : dans ce cas, les édifices gagnaient en grandeur, puisque la vue au lieu d'être bornée par des plafonds à la hauteur des entrails, pénétrait jusqu'au rampant du comble qui formait des plafonds

inclinés habituellement décorés de peintures et de sculptures. On doit concevoir que dans des cas semblables, et avec des études faites en conséquence, les moyens de construction indiqués ici donneraient en ce sens de grands avantages, puisqu'au lieu des lourds entrails et des gros poinçons qui obstruent toujours une partie des combles, on ne verrait plus que des fers légers, qui ne seraient presque pas apparents.

La fonderie de Romilly, divisée longitudinalement en trois parties par deux rangs de colonnettes en fonte, présente, pour chacune de ses trois divisions, un système de charpente où le poinçon en bois est remplacé par une tringle de suspension en fer supportant dans son milieu l'entrait qui, dans ce cas et par le moyen indiqué, peut être en deux morceaux (1).

La charpente de la grande salle de l'hôpital du Christ (2) se compose de fermes principales espacées l'une de l'autre de 5<sup>m</sup>, 18 et de fermes intermédiaires qui se relient aux fermes principales par d'autres fermes plus petites disposées longitudinalement, et qui ont pour effet de reporter sur les fermes principales une partie du poids de celles intermédiaires. Ce qui particularise encore cette charpente, c'est que les poinçons sont en fer et que les portées et les assemblages sont enfermés dans des boîtes en fonte qui les garantissent de l'humidité des murs d'une part, et consolident de l'autre les points de liaison des bois. Outre cela, les arbalétriers sont d'un équarrissage plus fort à leur partie inférieure qu'à leur sommet, ce qui permet d'employer les bois plus conformément à leur forme naturelle et plus conformément aussi à la direction de leurs fibres.

Une autre charpente anglaise du hangar d'attente de la station du pont de Londres du chemin de fer de Croydon (3), remarquable par sa simplicité, présente, comme particularité de sa combinaison, une suite de contre-fiches inclinées en bois et de poinçons verticaux en fer, qui, agissant contrairement, les unes en butée, les autres en tirage, forment avec l'entrait et les arbalétriers un réseau inflexible. Des boîtes en fonte sont ingénieusement combinées pour recevoir les têtes des deux arbalétriers, le faitage et le poinçon.

(1) Supplément, tome I, page 162, planche LI.

(2) Id., ib., page 164, planche LII.

(3) Id., ib., page 165, planche LIII.

La ferme du comble des forges de Rosières (1), qui a de l'analogie avec celle de la fonderie de Romilly, construite aussi par M. A. Ferry, en diffère cependant en ce que l'entrait est en fer et soulagé dans son milieu par une autre tringle verticale très-fine attachée au poinçon. Il suffit de jeter un coup d'œil sur l'ingénieuse combinaison de cette ferme, pour être frappé des avantages qu'elle peut donner par l'heureux arrangement que présentent les contre-fiches basses avec les sous-arbalétriers, et pour voir combien le système appliqué à ce comble peut donner de réduction comparativement au poids des mêmes charpentes exécutées tout en bois.

Ce qui caractérise la ferme du comble des docks de Liverpool (2), c'est que l'entrait est remplacé par deux tirants inclinés, liés d'une part aux sabots de fonte qui reçoivent le pied des arbalétriers, et de l'autre à l'extrémité de l'aiguille pendante qui forme poinçon.

La ferme de la remise des voitures d'une gare de chemin de fer à Londres et celle d'un atelier à Liverpool (3), se distinguent en ce que les arbalétriers se terminent à l'extrémité des faux-entrants et sont soulagés dans leur milieu par des contre-fiches qui en reportent le poids sur l'entrait, au point où il est soulagé lui-même par les tiges de suspension en fer qui remplacent le poinçon.

Dans ces fermes comme dans les autres, les boîtes en fonte interposées aux points de jonction ont pour effet d'empêcher la pénétration réciproque des fibres des bois, sous la charge qu'ils ont à supporter.

La charpente de la nouvelle halle de laminage des fonderies de Romilly (4) a été construite en 1837 par M. Ferry, qui, ainsi que nous l'avons dit, a construit aussi celle de Romilly et de Rosières que nous avons données précédemment.

Combiné suivant le principe de M. Émy, le système de cette charpente d'une grande portée, et dans laquelle le fer joue un rôle important, consiste non-seulement dans la substitution à l'entrait de tirants en fer comme à la ferme de Rosières, mais encore, et c'est en cela que cet exemple prend un caractère de nouveauté, dans l'application

(1) Supplément, tome I, page 165, planche LIV.

(2) Id., ib., page 166, planche LIV.

(3) Id., ib., page 167, planche LIV.

(4) Id., ib., planche LV.

du fer à toutes les pièces de cette ferme qui agissent en tirant.

Cet exemple, remarquable par l'ingénieuse combinaison de tous les détails, présente sur un espace d'une grande étendue l'expression complète d'un système de charpente qui, bien étudié, peut souvent trouver son application, et qui réunit ces trois qualités : solidité, légèreté, économie.

Dans la charpente qui couvre la rotonde du Panorama aux Champs-Élysées (1), M. Hittorf, architecte, a fait une heureuse application du système de chaînes de suspension pour supporter son comble, dont les données particulières motivaient cette innovation.

Dans cette circonstance, l'auteur ayant à couvrir un grand espace et devant éviter d'établir ses fermes sur des entrails qui, en traversant l'intérieur au-dessous des vitrages, auraient eu pour inconvénient grave de projeter des ombres sur les tableaux dont sont recouverts les murs, a conçu cette ingénieuse combinaison par laquelle il a évité l'interposition d'un corps quelconque entre le vitrage et le tableau, et est ainsi arrivé à son but.

Ainsi que le représentent les figures, le comble conique, dont les arbalétriers, les faux-entrails, les poinçons, etc., sont en bois légers, se trouve suspendu sur douze câbles en fil de fer appuyés sur des bielles en fonte. L'une des extrémités de ces câbles est engagée dans des contre-forts disposés à cet effet, et l'autre est liée à un anneau qui les réunit toutes au centre de la rotonde.

#### *Exemples de charpentes apparentes formant décoration.*

Nous avons déjà dit qu'il est possible que les combinaisons de la charpente dans la construction des combles deviennent des motifs de décoration intérieure pour les édifices. D'ailleurs, ce fait est démontré par les exemples rares qu'on retrouve encore de l'antiquité et par ceux très-nombreux du moyen âge et de la renaissance, et nous avons cité à ce sujet, entre autres, le plafond de Sainte-Marie-Majeure donné par Rondelet, planche CXVI, lequel, bien, qu'ayant motivé une observation critique de notre part, n'en est pas moins un des beaux exemples qu'on puisse citer.

(1) Supplément, tome I, page 169, planche LVI.

Revenant sur ce sujet, sans vouloir choisir parmi les beaux exemples de décoration que permet l'usage des bois apparents que nous a transmis le moyen âge et dont un des plus beaux se trouve à Londres, à Westminster-Hall, nous nous bornerons à donner quelques exemples simples et de construction récente de ce système de décoration, qui, inspirés des rares et précieuses indications de l'antiquité, suffisent pour faire connaître ce que peut produire l'application d'un bon principe de construction dans les combinaisons décoratives des édifices.

Le premier de ces exemples (1) est dû à M. Hittorf et est appliqué à la couverture du Cirque des Champs-Élysées à Paris, dont le plan est polygonal. Il est résulté de cette disposition qu'au moyen d'une parfaite liaison des sablières qui reçoivent l'extrémité des arbalétriers on a pu neutraliser l'action de poussée qu'ils pouvaient exercer sur les faibles murs de cette construction, dont la charpente était sans entrails. C'est cette absence d'entrails qui fait le caractère particulier de cette charpente, dont la portée est d'une grande étendue. Par l'absence des entrails une grande partie du rampant du comble reste apparente, et ce n'est qu'à moitié à peu près que se trouvent de faux-entrails qui motivent en ce point une partie de plafond.

Cette heureuse combinaison, qui emprunte sa force à la forme polygonale de son plan, s'explique d'elle-même en ce qui est relatif à la solidité; elle offre outre cela un autre avantage: c'est qu'elle donne toujours des compartiments réguliers; l'auteur a su en tirer un très-bon parti pour en former une décoration d'autant plus belle qu'elle n'a rien qui ne soit motivé par la combinaison la plus simple des éléments indispensables à la rigidité de toutes les parties de l'édifice.

La charpente du comble de la chapelle de la Maison royale d'aliénés de Charenton (2), que nous devons à l'obligeance de notre ami M. Gilbert, qui est l'architecte de ce vaste et bel établissement, nous fournit, dans un parti différent et plus simple, un second exemple qui peut donner une idée de ce que peuvent être les charpentes appliquées à des cas analogues. Dans cette charpente, qui nous paraît être l'expression complète d'un principe de décoration résultant de la construction, nous voyons que toutes les parties qui constituent ce

(1) Supplément, tome I, page 171, planche LVII.

(2) Id., ib., page 172, planche LVIII.

système simple d'armatures sont restées visibles à l'intérieur ; les entrants, faux entrants, arbalétriers, sous-arbalétriers et poinçons sont combinés ensemble pour assurer la solidité du système, et mis en œuvre avec une régularité telle que, par cela seul, il offre déjà un heureux aspect ; les pannes divisent en trois parties égales chaque côté du rampant du comble, et chacune de ces divisions est décorée de caissons réguliers qui sont formés par les chevrons et les traverses nécessaires pour porter la couverture, qui dans ce cas est en zinc, ce qui justifie son peu d'inclinaison.

Les peintures simples et de bon goût qui ornent tous ces bois, en contribuant à leur conservation, ajoutent encore par leurs tons un complément de richesse qui en rehausse l'effet et fait encore mieux ressortir les combinaisons de cette heureuse conception.

On retrouve l'application du même principe dans le comble et les portiques du bâtiment qui sépare les préaux des convalescents de la chapelle de la même maison. Là point d'armature, tout y est soumis aux conditions de la plus rigoureuse simplicité : de simples chevrons apparents, portant la couverture et soutenus à leurs extrémités par des architraves en bois, forment tout le système pour les portiques et pour le comble au-dessus des cellules ; un faitage y porte le sommet des mêmes chevrons prolongés. Pourtant, dans cette extrême simplicité qui donne en résultat la plus judicieuse économie, l'art a encore trouvé sa part, car dans cette combinaison, qui a de l'analogie avec ce que devait être la charpente du camp des soldats à Pompéi, l'auteur, au moyen de bois bien dressés et peints avec la simplicité que réclamait le sujet, a su donner à cette sage combinaison un caractère d'un effet très-heureux et qui satisfait tout à la fois aux conditions de bon goût, de raison et d'économie bien entendue.

De tous les exemples que nous venons de passer en revue on peut conclure, en ce qui concerne les fermes de charpente, que les moyens que l'art emploie pour établir un bon système reposent toujours sur les mêmes principes. Lorsque la portée est petite, la combinaison peut être simple, et lorsqu'elle est grande elle se complique, mais toujours avec les mêmes moyens et tout simplement en multipliant les combinaisons de manière à former, en quelque sorte, une grande ferme de plusieurs petites.

Lorsque les points sur lesquels on s'appuie ne peuvent pas s'écartier,

ce qui a lieu pour les culées d'un pont, deux arbalétriers ou un cintre peuvent suffire pour former une ferme ; mais lorsqu'on a pour base des murs susceptibles d'écartement, il faut compléter le système par un entrain qui en assure la solidité : tout est dans ce principe, quels que soient les accessoires auxquels on doit avoir recours pour les charpentes, où, en raison de leur étendue, on doit introduire les poinçons de suspension, les faux entrains, les moises pendantes, les contrefiches, les doublures, etc. ; en général, c'est toujours une pièce en butée opposée à une autre ou à un tirant, et une force qui en neutralise une autre, et c'est en général en portant toute son attention sur ce principe simple, ainsi que sur les moyens d'assemblage plus ou moins compliqués et détaillés dans toutes leurs parties, qu'on peut exécuter des combles qui répondent à ces trois conditions si importantes dans tout ouvrage d'art : la simplicité, la solidité et l'économie.

---

## CHAPITRE QUATRIÈME.

### DES COMBLES A SURFACES COURBES (1).

Si des conditions particulières qui ne pouvaient être remplies par les formes que donnaient les combles à surfaces planes, et qui sont déjà en partie satisfaites par les voûtes en charpente dont nous venons de parler, où un besoin plus ou moins justifié de donner aux édifices extérieurement ou intérieurement une apparence nouvelle qui ne pouvait résulter surtout des premiers de ces combles, ont amené à chercher des combinaisons différentes, il faut bien reconnaître que les premiers pas faits dans cette voie sont une déviation des principes primitifs et une complication de l'emploi de la matière, et qu'en s'éloignant des données naturelles, en créant de nouvelles difficultés, on a dû aussi être entraîné dans des dépenses plus grandes que celles qui résultent de l'emploi des bois suivant leurs formes primitives.

A la suite de cette observation nous devons ajouter que par cette innovation l'art de la charpenterie a pris un nouvel essor, et qu'il en

(1) Rondelet, tome III, page 144.

est résulté une série de combinaisons qui ont donné naissance à des développements de principes féconds d'après lesquels ont été construits un grand nombre d'édifices qui, en satisfaisant à des conditions nouvelles, ont produit aussi des formes apparentes du plus bel aspect.

Les basiliques du moyen âge et de la renaissance, dont il existe encore de beaux exemples en Italie, les grandes salles qui se trouvent dans beaucoup de palais des mêmes temps et d'époques plus recentes, enfin les dômes anciens et modernes dus à l'art de la charpente, sont autant de preuves qui attestent à tous les yeux que c'est à cet emploi du bois dans les constructions que la plupart des grandes villes de tous les pays, et principalement celles de l'Orient, doivent leur plus bel ornement.

Si l'on ne trouve dans beaucoup de ces édifices, toujours très-remarquables par leurs formes extérieures, la justification de ces formes par le besoin intérieur, c'est-à-dire s'il s'y trouve souvent des infractions aux principes basés sur la raison, qui sont la règle suivie dans les plus beaux monuments de l'antiquité, nous devons dire que pour quelques-uns cette règle a été observée; c'est suffisamment prouver qu'elle peut l'être encore, et indiquer qu'on doit toujours s'efforcer de ne point s'en écarter.

L'antiquité ne nous a rien laissé à ce sujet qui puisse nous faire connaître comment les anciens avaient traité les combles courbes; mais, par induction, nous sommes portés à penser qu'aussi rigoureux qu'ils l'étaient ils avaient fait pour les combles courbes, s'ils en ont fait, ce que leurs principes les avaient amenés à faire pour les combles à surfaces planes; c'est-à-dire que les formes extérieures devaient être d'accord avec les formes intérieures.

Sans nous appesantir sur la question de savoir si, comme le pense Rondelet, ce genre de construction a dû son origine à l'imitation de l'architecture navale, et jusqu'où on peut faire remonter la date des premiers essais, au moins voyons-nous encore aujourd'hui, par les exemples d'édifices du moyen âge, que Philibert Delorme n'en a pas été le premier inventeur. Toutefois, on doit reconnaître qu'il a rendu un service signalé à l'art en créant un système qui peut avoir de fréquentes applications.

Des circonstances et des besoins divers qui peuvent déterminer l'emploi

des formes courbes pour la couverture des bâtiments, soit pour trouver dans la hauteur des combles des espaces suffisants pour y ménager des étages habitables, soit qu'on veuille augmenter de toute leur hauteur la partie inférieure de l'intérieur des édifices, soit pour d'autres motifs encore ; ces sortes de combles peuvent d'autant mieux être adoptés que la construction en est simple et facile, et que leur aspect tant intérieur qu'extérieur est toujours d'un bel effet.

Bien qu'il résulte des combles à surfaces cylindriques des combinaisons où les moyens d'exécution ont beaucoup d'analogie avec celui appliqué aux combles à surfaces planes, les exemples donnés par Rondelet et ceux que nous y ajoutons font suffisamment comprendre l'utilité de porter son attention sur cet objet.

Au sujet des dômes en maçonnerie, nous avons dit quels étaient les principes d'après lesquels on pouvait déterminer l'importance des dômes en général et leurs formes, et, nous appuyant sur l'autorité des anciens pour les trop rares exemples qui nous restent d'eux en ce genre d'édifices et sur les premiers dômes construits par les modernes, nous avons fait voir que, fidèles aux doctrines sages dictées par la raison d'accord avec le goût, les architectes de l'antiquité et les premiers architectes modernes n'avaient pas considéré les dômes comme un vain simulacre, et s'étaient toujours astreints à faire concorder la forme intérieure avec l'extérieur (1) ; depuis on s'est affranchi de ces principes, et, considérant seulement les dômes pour leur effet extérieur, on leur a donné à l'extérieur plus de hauteur qu'il n'en fallait à l'intérieur. Cette observation générale, faite au sujet des dômes en maçonnerie, est également applicable aux dômes en charpente. Les exemples que nous allons passer en revue nous donneront l'occasion de déterminer d'une manière plus précise les erreurs graves dans lesquelles on est tombé à ce sujet.

La construction des dômes est d'autant plus facile, qu'en raison de leur forme circulaire ou polygonale on peut au moyen d'un anneau formé par des sablières posées sur les murs et reliées entre elles, obtenir une force de résistance capable de neutraliser l'action de poussée des appareils ou des armatures, et par conséquent dispenser de donner aux murs la grande épaisseur qui deviendrait

(1) Supplément, tome II, page 65.

nécessaire s'ils avaient à maintenir seuls la poussée de la voûte.

La coupole de l'église Saint-Marc de Venise (1), dont la construction remonte à l'année 976, prouve suffisamment, ainsi que nous l'avons déjà dit après Rondelet, qu'avant Philibert Delorme les cintres en planches de champ avaient été en usage et appliqués à des constructions importantes. L'ancienneté de la coupole de Saint-Marc est aussi une preuve de la bonté de ce système de charpente, qui, avec sa simple épaisseur, et sans le secours des armatures qui s'y remarquent aujourd'hui, et que Sansovino a fait placer en 1530 pour soutenir cette coupole, qui s'affaissait sous le poids de la lanterne dont elle est surmontée, s'est maintenue d'elle-même pendant plusieurs siècles.

Malgré l'ancienneté de cette coupole, et quoiqu'elle présente ainsi que celles qui l'accompagnent une forme byzantine qui donne à l'église Saint-Marc l'aspect des riches édifices de l'Orient, elle nous paraît manquer aux principes que nous avons rappelés ci-dessus, en ce que les deux voûtes dont elle se compose n'étant pas concentriques, il reste entre elles un vide inutile, que ne justifie pas le besoin d'un aspect extérieur, vide dont on aurait pu, du reste, profiter à l'avantage de l'intérieur.

La coupole de l'église *della Salute* à Venise, bâtie en 1631 et donnée aussi par Rondelet (2), nous fournit un autre exemple de courbes en planches qui forment le galbe extérieur de l'édifice, et qui recouvrent une seconde voûte intérieure construite en briques; celle-ci, ornée de caissons, forme la décoration apparente à l'intérieur. Ce dernier exemple, quoique se rapprochant un peu du rapport que nous croyons désirable de trouver dans les voûtes dont se composent les dômes, ne nous paraît pas encore atteindre complètement le but.

Si Philibert Delorme n'a pas été, ainsi que nous l'avons dit, le premier à construire des courbes en planches clouées les unes sur les autres, pour former des voûtes ou des cintres, on ne peut contester qu'il n'ait fait en ce système une innovation aux combles à deux égouts en reliant les planches dont il formait ces courbes par des liernes qui en les traversant en complétaient la solidité : l'examen des

(1) Voir Rondelet, tome III, page 145, planche CXXII.

(2) Id., ib., page 147, planche CXVII.

diverses figures données sur ce sujet (1) indique suffisamment les moyens par lesquels l'application peut en être faite et les bons résultats qu'on peut en tirer.

Rondelet conteste avec raison les avantages de ce système sous le rapport de l'économie, car toutes les fois que les moyens employés pour mettre les matériaux en œuvre nécessitent des tailles et des façons plus ou moins compliquées, parce que ces moyens ne permettent pas de les employer dans leurs formes primitives, cette complication de main-d'œuvre doit plus ou moins augmenter la dépense; par conséquent, les bois débités et taillés du système de Philibert Delorme doivent être d'un emploi plus onéreux que les bois droits, qui peuvent être employés sans déchet.

Comme principe cela est vrai; mais si l'on se rend compte que ce système permet de former des combles de grande dimension avec des bois courts, qui sont moins chers que les bois de longueur, et qu'il dispense de beaucoup de pièces nécessaires pour les combles à surfaces planes, on peut reconnaître que dans beaucoup de cas il peut offrir sur ce dernier de grands avantages, même au point de vue de l'économie.

Un autre système de combles courbes, inventé par M. Lacase, consiste à former les courbes avec des solives de 14 à 20 centimètres de grosseur, refendues en deux, et liées entre elles par des assemblages à trait de jupiter. Suivant Rondelet (2), ce système réunit tous les avantages de celui de Philibert Delorme et est moins dispendieux.

D'accord avec M. le colonel Émy, qui ne partage pas à ce sujet l'opinion de Rondelet, et tout en reconnaissant cependant que cette méthode peut être utilement employée, nous dirons que, malgré la solidité de cette charpente, elle ne peut être comparée à celle de Philibert Delorme, les entures à fil de bois des courbes du système Lacase, et leur flexibilité, ne pouvant donner la stabilité des hémicycles de l'autre méthode.

Dans le système Lacase, les entailles et les assemblages affaiblissent aussi comparativement plus la charpente, et quant à l'économie, le volume des matières étant égal, la dépense doit être la même. Le

(1) Rondelet, tome III, page 149, planches CVIII et CXXIX.

(2) Id., ib., page 153, planche CXX.

système de Philibert Delorme est donc préférable sous le rapport de l'invention et de la solidité, et le système de M. Lacase ne peut l'emporter sur lui que lorsqu'on n'a pas de planches à sa disposition.

Après les coupoles en madriers de champ formant le galbe extérieur des voûtes, nous croyons devoir parler d'un autre système de voûtes en bois, dont Rondelet donne un exemple, et qui diffère essentiellement des autres (1). Ce système de coupole disposé sur un plan polygonal, et qui est en usage à Varsovie, est exécuté en couches d'assemblage formant le cintre; tous les bois sont méplats et superposés en encorbellement et par assises horizontales, comme le seraient des assises en pierre; ils sont assemblés à plats joints et arrasés pour former les courbes intérieure et extérieure du dôme. Dans ce mode de construction, où notre auteur reconnaît toute la simplicité de l'industrie primitive, ce qui est en faire l'éloge à nos yeux, on peut reconnaître aussi un principe qui donne la solidité par les plus simples moyens et l'expression apparente et réelle d'une construction qui n'a rien de factice et de mensonger. Quant à la solidité, chaque assise formant un anneau dont chaque pan est d'une seule pièce de bois, on conçoit que ces pièces reliées entre elles forment pour chaque anneau un système complet qui peut se passer des couches supérieures, dont la pose est facile, puisqu'elle n'exige pas de cintre, et qui n'exerce aucune action de poussée sur les murs. En évitant, ce qui est facile, les imperfections que présente l'exemple ici donné, et entre autres les angles trop aigus, ce système, avec les perfectionnements dont il est susceptible, peut donner dans beaucoup de cas les meilleurs résultats.

Les trois exemples de dômes en charpente qui suivent, tirés des ouvrages de Mathurin Jousse, de Nicolas Fourneau, et du recueil de Krafft (2), et les variantes qui y ont été proposées par Rondelet, font voir que pour construire des coupoles de cette manière les moyens sont ceux appliqués à la construction des combles droits, à la seule différence près qu'ayant à s'établir sur des plans de forme circulaire ou polygonale, on est amené à disposer les fermes en rayons, pour les réunir au sommet, soit sur un poinçon qui forme le centre, soit sur les poteaux montants de la lanterne dont on couronne habituellement ces sortes d'édifices. Un grand avantage qui résulte de

(1) Rondelet, tome III, page 183, planche CXXII.

(2) Id., ib., page 153, planches CXXI et CXXII.

la forme des dômes, c'est qu'elle donne le moyen de relier à toute hauteur, par les pièces mêmes de la charpente, ou par des cercles, toutes les parties du système, et en les rendant ainsi parfaitement solidaires, d'en détruire complètement toute action de poussée sur les murs.

Les figures de ces charpentes et les explications que donne Rondelet sur les particularités qui les distinguent suffisent pour en bien faire comprendre toutes les combinaisons théoriques et pratiques.

Les deux derniers exemples de dômes en charpente sont ceux du Val-de-Grâce et des Invalides (1) ; ils sont combinés d'après les mêmes principes que ceux des exemples précédents, et n'offrent de différence que par les dimensions et quelques particularités dans la combinaison des bois. Ce qui distingue celui du Val-de-Grâce, c'est que, la coupole en maçonnerie qui forme la décoration intérieure de l'église ne montant pas dans la charpente, on a pu en combiner le système avec de grands entrants qui le relient à sa base, et qui, étant disposés contrairement aux principes indiqués par la forme du dôme, donnent naissance à des dispositions de bois défectueuses sur plusieurs points.

Ces deux exemples de coupoles en charpente et ceux qui précèdent font voir que pour l'application de ce système on est obligé de prendre au-dessus de la voûte intérieure un espace suffisant pour la combinaison des fermes, et de faire pour l'extérieur une seconde coupole qui ne s'accorde pas avec la forme intérieure. Mais à ce défaut de principe près, qui est plus remarquable encore dans le dôme du Val-de-Grâce que dans les autres, on ne peut s'empêcher de reconnaître que les architectes des Invalides et du Val-de-Grâce, ne cherchant pour l'extérieur de leur édifice que la forme, ont su la trouver ; car l'un dans un style élégant et l'autre avec plus de gravité satisfont complètement à cette importante condition.

(1) Rondelet, tome III, page 156, planche CXXIII.

---

## TROISIÈME SECTION.

## PRINCIPES DES CONSTRUCTIONS AUXILIAIRES EN CHARPENTE.

## CHAPITRE PREMIER (1).

## DES ÉCHAFAUDS.

Les échafauds sont des espèces de constructions auxiliaires dont on fait usage pour construire et réparer les édifices, pour élever des fardeaux et pour des opérations extraordinaires ; ils servent à établir des planchers à toute hauteur pour porter des matériaux et les ouvriers qui les mettent en œuvre, ainsi que les agrès nécessaires à l'exécution de ces travaux ; quelquefois même on les dispose de manière à servir momentanément de points d'appui ou d'étais pour maintenir certaines parties en construction, jusqu'à leur entier achèvement.

Les principes d'après lesquels se font les échafauds sont ceux qu'on applique à la construction des amphithéâtres et autres édifices que l'on élève momentanément pour les fêtes publiques ; ces constructions sont quelquefois établies d'une manière durable et peuvent être fixes ou mobiles.

La condition indispensable de la structure des échafauds, quels qu'ils soient, est la solidité ; car la moindre négligence sous ce rapport peut occasionner la chute des matériaux qu'ils doivent supporter et la mort des ouvriers qui les emploient. Après cette condition impérieuse de solidité, la question d'économie est la seule à considérer, puisque ces travaux provisoires ne laissent après l'exécution des édifices aucune trace de leur utilité et de leur existence.

Les échafauds de maçon les plus simples et les plus ordinairement employés, puisqu'ils servent à construire toutes les maisons et même des bâtiments d'un ordre supérieur, sont remarquables par les moyens simples et économiques avec lesquels les maçons eux-mêmes les établissent. De grandes perches verticales entées les unes sur les autres,

(1) Rondelet, tome III, page 158.

des boulins horizontaux scellés d'un côté dans les murs et de l'autre liés aux perches au moyen de cordages, et sur ces boulins des planches, forment tous les éléments dont se composent ces échafauds, qui s'élèvent assez et donnent une sécurité suffisante pour qu'on les emploie à la construction des plus grandes maisons de Paris.

Les échafauds-machines, combinaison ingénieuse, inventée par M. Journet, peuvent, par tous les moyens d'assemblage appliqués aux parties dont ils se composent, et par la facilité avec laquelle ils se montent et se démontent, se prêter à l'exécution de tous les travaux qui se font avec les échafauds ordinaires; mais ce moyen est resté jusqu'à présent exploitable par l'auteur seul. Le but qu'il s'est proposé dans la construction de ces échafauds est de donner aux ouvriers de tous genres la facilité de se porter sur tous les points d'un édifice sans obstruer la voie publique, comme cela arrive journellement avec les échafauds ordinaires.

Les échafauds fixes en charpente sont nécessaires lorsqu'ils doivent supporter des matériaux pesants et les machines au moyen desquelles ils doivent être montés; ces échafauds sont alors de véritables constructions qui doivent s'établir suivant les principes qu'on applique à la formation des pans de bois des maisons. On doit observer cependant que comme la durée de ces constructions est habituellement assez limitée et que leurs parois ne sont pas fermées comme celles des maisons, on ne les compose rigoureusement que des pièces nécessaires à leur soutien, et qu'on ne donne à ces pièces que les dimensions qui leur sont nécessaires pour se maintenir contre les efforts auxquels elles ont à résister.

L'exemple que donne Rondelet des échafauds qui ont servi à la construction du dôme du Panthéon de Paris (1) suffit pour bien faire connaître les principes d'après lesquels s'établissent ces constructions; dans le cas particulier où se trouvent ceux-ci, il a fallu vaincre de grandes difficultés pour les établir sur des points déjà très-élevés de ce grand édifice et sans aucun appui sur le sol. Ces échafauds ont servi non-seulement à porter les matériaux très-pesants qui entraient dans la construction de l'édifice et les ouvriers nombreux qui y étaient occupés, mais ils ont encore servi de cintres pour la construction des voûtes du dôme.

(1) Rondelet, tome III, page 158, planches CXXIV et CXXV.

Les échafauds mobiles sont ceux qu'on fait mouvoir tout montés sur les diverses parties des édifices, pour y exécuter des travaux qui doivent se faire successivement. Le but qu'on doit se proposer dans la construction de ces échafauds est de les rendre faciles à transporter d'un lieu à un autre; et comme ils sont le plus souvent destinés à l'exécution de travaux d'achèvement ou de conservation des monuments, il est surtout important que leur déplacement puisse s'opérer sans occasionner aucune dégradation.

Rondelet cite comme un des échafauds mobiles les plus remarquables celui qui servit en 1773 pour restaurer les ornements et la dorure de la grande nef de l'église de Saint-Pierre de Rome (1).

Cet échafaud, qui avait pour point d'appui la saillie de la corniche de l'ordre intérieur, et qu'on pouvait faire marcher facilement, était une espèce de cintre d'assemblage composé de deux fermes qui, formées par des entrails et des arbalétriers moisés, présentaient des polygones inscrits les uns dans les autres. Les fermes, réunies par des entretoises fortifiées par des croix de Saint-André, donnaient place à onze planchers dont la hauteur correspondait aux points principaux de la voûte.

L'échafaud volant ou mobile qui a servi pour restaurer la coupole du Panthéon de Rome, et dont parle Rondelet sans en donner le dessin (2), fait juger de l'avantage que peuvent offrir les formes circulaires pour ces sortes de constructions, en ce qu'elles permettent de les simplifier, puisque les échafauds, qui y sont employés dans les édifices ronds, peuvent tourner autour d'un axe vertical, au moyen de roues ou galets qui en rendent le mouvement très-simple et très-facile. La description et les figures que nous en donnons d'après la gravure de Piranesi (3) feront suffisamment comprendre l'ingénieuse combinaison de cet échafaud.

Nous empruntons au colonel Émy, qui en est l'auteur, deux systèmes d'échafauds mobiles qui, dans des proportions beaucoup moindres, ne sont pas moins ingénieux que le précédent : le premier se compose d'un poteau établi provisoirement au centre d'une rotonde, et servant de pivot à l'échafaud, composé d'un plateau qui se meut le long de

(1) Rondelet, tome III, page 160.

(2) Id., ib., p. 161.

(3) Supplément, tome I, page 173, planche LX.

deux pièces courbes et se place à tous les points de la coupole en conservant toujours sa position horizontale; le second, plus simple vu la possibilité de trouver, au moyen du jour supérieur de la coupole, un point fixe au sommet sans y causer de dommage, se compose d'un poteau et de deux échasses sur lesquelles est établi le petit plateau qui répond aux mêmes conditions que celui de l'exemple précédent. La description détaillée et les figures que nous donnons de ces deux échafauds, en en faisant comprendre les combinaisons, en feront ressortir tout le mérite (1).

---

## CHAPITRE DEUXIÈME.

### DES CINTRES (2).

Les premières assises de retombée des voûtes en pierre restent par elles-mêmes en place jusqu'à une certaine hauteur; mais, arrivées à ce point, l'inclinaison des voussoirs devient telle, qu'on est obligé de les soutenir pour empêcher le glissement.

L'angle d'inclinaison sous lequel les corps polis commencent à glisser les uns sur les autres est de  $18^{\circ} 20'$  avec l'horizon; mais l'expérience a prouvé que les voussoirs en pierre, en raison de l'aspérité de leurs lits, ne commencent à glisser que sous un angle de  $39^{\circ} 4'$ . C'est à partir de ce point qu'il faut soutenir les voussoirs par des cintres de charpente composés de fermes équidistantes, dont la force, par les assemblages et les dimensions, doit être telle qu'elles puissent supporter sans altération tout le poids de la voûte, jusqu'à son achèvement.

Des amas de terre argileuse massivée et pilonnée sont quelquefois employés pour former des cintres qui remplissent tout le vide des voûtes; et dans les pays où le plâtre est commun on l'emploie avec du moellon pour atteindre le même but.

De toutes les combinaisons mises en pratique relativement au sujet

(1) Supplément, tome I, pages 174 et 175, planches LX.

(2) Rondelet, tome III, page 162

qui nous occupe, la première fut sans doute le cintre portant de fond, composé de pièces courbes posées sur des supports verticaux comme le décrit Rondelet (1). Mais dans la suite, la nécessité de ne point entraver la navigation pendant la construction des ponts, et d'autres causes, dans d'autres circonstances, firent vraisemblablement recourir aux cintres composés de fermes n'ayant d'appui qu'à leurs extrémités.

Une ferme composée d'un entrait et de deux arbalétriers (2) fut probablement la première combinaison qui ait suivi celle que nous venons de citer; en développant le même principe, on arrive à des combinaisons composées qui peuvent répondre à tous les cas, et qui sont exprimées dans sept exemples que donne notre auteur (3), et parmi lesquels se trouve, fig. 8, le cintre fait pour la construction des voûtes de la nef de Saint-Pierre, belle composition attribuée à San-Gallo et regardée comme pouvant servir de règle dans beaucoup de circonstances, principalement pour la construction des ponts.

Ces divers exemples font voir que toutes les fois que les pieds-droits présentent assez de stabilité pour résister à l'effort d'écartement que les arbalétriers exercent contre eux, l'entrait peut être supprimé comme inutile.

Les cintres exécutés pour la construction du pont de Waterloo à Londres (4), composés de triangles formés par des arbalétriers et des contre-fiches, et où l'on a fait l'emploi de boîtes de fonte pour recevoir les portées des principales pièces de charpente, offrent en cela, et pour toute la combinaison, un bon exemple à suivre pour des constructions d'une aussi grande importance.

Au sujet des cintres du pont d'Orléans, de la construction des voûtes du pont de Moulins et d'autres détails pratiques très-importants à étudier en ce qui concerne les cintres de charpente, Rondelet donne dans son chapitre deuxième (5) d'excellentes notions auxquelles il est utile de recourir,

Les cintres pour la construction des voûtes ayant beaucoup d'ana-

(1) Rondelet, tome III, page 162, planche CXXVI.

(2) Id., ib.

(3) Id., ib.

(4) Id., ib., page 175, planche CXXVI.

(5) Id., ib., page 162, planche CXXVI.

logie avec les combles dont la surface est courbe en élévation, les exemples donnés par Rondelet, pl. LXXXIII, peuvent également servir comme cintres.

#### *Cintres en menuiserie (1).*

Les cintres en menuiserie, qu'on doit préférer à ceux en charpente lorsque les voûtes qu'on veut construire sont d'une nature légère comme celles données par Rondelet pl. CXIX, peuvent être composés de courbes en planches doublées, moisées et entretenues par d'autres planches; d'après les principes que nous avons développés plus haut, il est facile de concevoir que des armatures ou cintres combinés avec des planches ou au plus des madriers peuvent suffire à la construction d'un grand nombre de voûtes, et que leur emploi doit donner une grande économie comparativement aux cintres en charpente, par la raison qu'ils exigent moins de matière et que leur exécution est plus facile.

La plupart des voûtes construites en petits matériaux, même en moellon, s'établissent sur des cintres en planches, et ce qu'on retrouve encore des constructions dans les antiquités romaines où les moyens d'exécution sont encore apparents ne laisse pas douter que ce moyen ne fût celui le plus généralement employé dans des cas semblables; ce qui prouve que de tout temps un sentiment de convenance et d'économie a présidé à l'exécution des grands ouvrages, dans les moyens qui étaient employés, même lorsqu'il s'agissait des édifices les plus somptueux.

Ces cintres, lorsqu'ils sont destinés à la construction des voûtes en blocage, peuvent, au moyen de formes en bois ou caisses, se prêter à former dans les voûtes des compartiments ou caissons propres à leur décoration.

#### *Cintres en charpente.*

Les cintres en charpente, destinés plus particulièrement à la construction des voûtes en pierre, quelles que soient leurs combinaisons, doivent être composés de manière à résister sans se déformer

(1) Rondelet, tome III, page 165.

à tous les efforts produits par la charge successive des voussoirs jusqu'au dernier, qui est la clef (1). On doit surtout penser à les combiner de manière à ce qu'ils puissent résister à la pression irrégulière qu'ils supportent en raison de l'ordre de pose des voussoirs qui pèsent sur leurs flancs quand leur milieu n'est pas chargé (2).

Pour atteindre ce but avec certitude, la force des bois à employer et les calculs donnés à ce sujet (3) fournissent tous les éléments nécessaires pour régler scientifiquement les proportions des parties dont se composent les cintres. Les exemples donnés par Rondelet lui fournissent matière à des observations par lesquelles il complète cette série d'études en appelant l'attention sur certains points défectueux de ces exemples (4).

---

## CHAPITRE TROISIÈME.

### DES ÉTAYEMENTS (5).

On entend par *étayements* des pièces de bois isolées ou assemblées, disposées de manière à soutenir un édifice, soit en totalité, soit en partie.

Lorsqu'il s'agit de soutenir par des étais des parties de construction qui menacent ruine, toutes les précautions doivent être prises pour que cette opération, qui exige plus de connaissances qu'on ne pense, atteigne le but qu'on se propose; car lorsqu'elle n'est pas faite avec tout le soin convenable, elle peut produire l'effet contraire et contribuer à la ruine de l'édifice qu'on veut conserver. L'art de bien combiner les étais consiste à les disposer de telle sorte qu'ils soutiennent les parties qui sont en mauvais état sans préjudice pour la solidité des autres.

Une grande expérience est donc nécessaire, et l'architecte ne devrait jamais abandonner ces opérations aux seuls soins des charpentiers;

(1) Rondelet, tome III, page 167.

(2) Id., ib., page 168, planche CXXVII.

(3) Id., ib., page 169.

(4) Id., ib., page 173, planche CXXVIII.

(5) Id., ib., page 176.

là, comme partout, il ne faut faire que ce qu'il faut et le bien faire, car des accidents graves peuvent résulter d'un système d'étayement mal entendu ou exécuté sans précaution.

Rondelet indique la manière d'étayer un mur de face pour soutenir un trumeau entre deux croisées, afin de former au-dessous une grande ouverture; à ce sujet il fait remarquer avec raison que cette opération, qui se pratique tous les jours pour poser des poitrails chargés des trumeaux supérieurs, constitue un vice de construction qu'en bon principe on devrait toujours éviter (1).

Les étais pour les planchers, les étré sillons, et les éléments de détail ordinairement pratiqués pour ces sortes de travaux, occupent également notre auteur, qui termine ce chapitre en donnant comme exemple d'un grand étayement celui qu'il a employé à la restauration des piliers du dôme du Panthéon de Paris (2).

Dans cette circonstance grave, et qui nécessitait la plus grande expérience et l'emploi de moyens extraordinaires que pouvaient seules suggérer les particularités de l'opération, notre auteur, à qui elle fait le plus grand honneur, a su combiner tous les éléments qui composaient ce grand appareil de manière à soutenir les parties en souffrance et à ménager en même temps les moyens de les réparer. En formant les cintres et les pieds-droits avec des pièces jointives fortement liées par des moises et des boulons, il a obtenu une force qu'il n'aurait pas obtenue sans cela. Chaque arcade était maintenue par deux cintres formant des polygones concentriques; dans quelques parties de cet étayement la maçonnerie a été employée conjointement avec la charpente, et l'on a même eu recours à la pierre de taille. C'est par les sages et heureuses combinaisons de toutes les parties de cette immense opération que Rondelet a su sauver le Panthéon français d'une ruine anticipée, et conserver à la capitale de la France un édifice qu'elle était menacée de perdre et qui fait aujourd'hui l'un de ses ornements les plus importants.

Après avoir passé en revue les divers usages auxquels le bois peut être employé, il est aisé d'apprécier les immenses services que ce genre de matériaux a de tout temps rendus à l'art de bâtir. En effet, les propriétés du bois, l'immensité des forêts, les facilités que présentait pour

(1) Rondelet, tome III, page 176.

(2) Id., ib., page 177, planche CXXX.

l'exploitation leur situation à la surface de la terre, tout concourait dans l'origine à faire donner aux bois la préférence sur tous les matériaux dont l'homme pouvait disposer pour se former des abris; aussi ce n'est qu'à l'absence de ce précieux élément de construction qu'on doit attribuer l'emploi d'aucun autre. Il a fallu que l'Égypte fût un pays de pierre pour que l'art de la charpente ne fût pas l'enfance de son architecture.

Il n'en a pas été ainsi dans la Grèce : les bois y abondaient; c'est à eux que furent empruntés les éléments de la construction qui devait un jour servir de type à ces monuments que le monde admire. Outre son utilité matérielle, la charpente a donc exercé aussi la plus grande influence sur l'art, influence dont la cause est dans les propriétés mêmes de la matière qu'elle met en œuvre, car c'est de ces propriétés que résulte la variété des combinaisons et des formes qui constituent la richesse et la fécondité de l'art.

A ces titres, la charpente doit être considérée comme une des branches les plus importantes de l'architecture, et en elle se résumerait certainement l'architecture tout entière si ses productions n'étaient pas exposées comme elles le sont à la destruction, d'un côté par le feu, qui les dévore en un instant, de l'autre par l'humidité, qui agit avec plus de lenteur, mais non pas avec moins de certitude. Le bois employé conjointement avec la pierre et devant rester apparent a cet avantage sur le métal, au point de vue de l'art, que le volume sous lequel il est employé offre avec les constructions en pierre des rapports de formes et de dimensions plus harmonieux que ceux qui résultent de l'emploi du métal; c'est sans doute à cette harmonie, à cette similitude de rapports, qu'il faut attribuer la facilité et l'exactitude avec laquelle les Grecs ont traduit en pierre et en marbre l'édifice typique en bois qui a donné naissance à leur architecture et qu'en retour elle a amené à la perfection.

## LIVRE SIXIÈME.

## MENUISERIE.

## PREMIÈRE SECTION.

DISPOSITION DES REVÊTEMENTS ET DES ESCALIERS  
EN MENUISERIE (1).

Après avoir défini la menuiserie, Rondelet désigne les espèces de bois dont on se sert le plus ordinairement pour les ouvrages de ce genre; ce sont : le chêne, le châtaignier, le noyer, le hêtre, le sapin et le peuplier (2). A ces notions notre auteur en ajoute qui sont relatives aux diverses qualités de ces bois, aux points sur lesquels doit se porter l'attention dans le choix que l'on fait de celui que l'on va mettre en œuvre (3), aux différentes manières de le débiter (4), aux dimensions des pièces qu'on est dans l'usage d'en obtenir suivant sa nature (5), et aux effets qu'il subit sous l'influence des variations de température (6).

La menuiserie se divise en deux parties distinctes, désignées par les dénominations de *menuiserie dormante* et de *menuiserie mobile*; la première comprenant tous les ouvrages fixes exécutés en ce genre, la seconde tous ceux employés à la clôture des ouvertures des édifices. Nous n'énumérerons point toutes les applications qui peuvent en être faites, il nous suffira de faire remarquer que le bois renferme de précieuses qualités, qui le rendent très-propre à servir de revêtement aux murs à l'intérieur; car, outre qu'il contribue dans certains cas d'une manière très-efficace à la salubrité des habitations, il forme en toute circonstance un revêtement très-convenable pour toutes les parties de

(1) Rondelet, tome III, page 199.

(2) Id., ib., page 200.

(3) Id., ib., page, 202.

(4) Id., ib., page 203.

(5) Id., page 206.

(6) Id., ib., page 209.

murs avec lesquelles on peut se trouver en contact, et fournit, par la facilité avec laquelle on peut le travailler et par ses couleurs mêmes, de grandes ressources à la décoration.

---

## CHAPITRE PREMIER.

### DES PLANCHERS ET PARQUETS (1).

On appelle *plancher* un assemblage de planches jointives formant une surface plane. L'usage des planchers fait assez comprendre que leur surface ne doit pas présenter d'irrégularité; c'est pour cette raison qu'on n'y emploie ordinairement que des planches de peu de largeur, afin que les effets qui peuvent s'y manifester n'y soient que peu sensibles. Quoique ce genre de travail ne se prête guère à la décoration, on varie cependant l'aspect des planchers en les assemblant à *points de Hongrie*, comme on le voit par les fig. 3 et 4 de la planche CXXXII de Rondelet.

Dans les appartements qui comportent plus de richesse, le plancher est formé de compartiments dans lesquels les bois sont disposés de diverses manières. Ils forment ainsi des aires qui prennent le nom de *parquets*, qui ne sont pas sujettes à se tourmenter, et qui, quoique n'admettant point de saillies, peuvent cependant présenter une grande variété de dessins et de couleurs par les bois de diverses natures qui peuvent y être employés et la disposition des morceaux dont les panneaux sont composés. On peut former de cette manière des mosaïques de la plus belle apparence; toutefois, il faut choisir autant que possible des bois d'égale résistance, afin que les frottements auxquels ils seront soumis n'altèrent pas l'uniformité de la surface.

(1) Rondelet, tome III, page 211.

---

## CHAPITRE DEUXIÈME.

## DES LAMBRIS ET CLOISONS (1).

Les lambris et cloisons sont, comme les planchers et parquets, des assemblages de menuiserie, mais ils en diffèrent en ce qu'ils ne sont pas astreints à la condition de n'offrir qu'une surface uniforme comme celle de ces derniers.

C'est grâce à cette circonstance qu'on est parvenu, dans ce genre de travail, à obvier aux inconvénients qui résultent des mouvements auxquels l'hygrométrie du bois le rend sujet ; nous renvoyons à notre auteur pour le mode d'assemblage que l'on doit appliquer à ces sortes de constructions pour que ces mouvements puissent s'effectuer sans que l'apparence extérieure en soit affectée. Quant au système de décoration qui en résulte, il consiste en encadrements solides, en quelque sorte invariables, puisque les bois ne varient que fort peu sur leur longueur, et en panneaux de moindre épaisseur, qui varient suivant leur largeur et qui pour cette raison ne peuvent dépasser une certaine limite en ce sens, afin qu'on ait la possibilité de dissimuler à la vue les mouvements qui y ont lieu. Ce système d'encadrement et de panneaux dont la construction semble nécessiter des moulures, des saillies et des renforcements, outre qu'il peut se mettre en harmonie avec les décorations architecturales qu'il accompagne, est susceptible d'offrir de nombreuses variétés qui font d'un revêtement, qu'il est dans certains cas très-utile d'employer pour éviter le contact de la pierre un fécond élément de décoration.

Ce qui vient d'être dit au sujet des lambris ou revêtements fixés sur les murs peut s'appliquer aux cloisons, en tant que les bois seraient apparents et non couverts d'enduits ou de tentures (2).

Quant à l'emploi des bois au revêtement des surfaces courbes (3), telles que voûtures, arrière-voûtures (4), voûtes (5), on conçoit

(1) Rondelet, tome III, page 215.

(2) Id., ib., page 220.

(3) Id., ib., page 222.

(4) Id., ib., page 225.

(5) Id., ib., page 229.

que le mode d'assemblage des bois formant revêtement permet d'obtenir dans ces divers cas toutes les sallies et renforcements que comporte la décoration de ces parties.

Pour ce qui est des escaliers en menuiserie, ne trouvant point lieu de les envisager d'un autre point de vue que celui de la construction matérielle, nous nous contentons de renvoyer à notre auteur, qui traite des divers éléments qui les composent et donne, d'après Krafft, la solution de trois problèmes relatifs au *minimum de grandeur des espaces dans lesquels il soit possible d'établir des escaliers circulaires* (1).

Dans la deuxième section de ce livre (2), sous le titre de Menuiserie mobile, Rondelet traite des croisées, volets, persiennes, jalousies et portes. L'importance des ouvrages de menuiserie qui s'exécutent dans les églises (3) lui a fait consacrer la troisième section du même livre à la construction des chapiers et autres armoires (4), des stalles (5), des confessionnaux (6), des buffets d'orgues (7), des chaires à prêcher (8); enfin, il termine par les moyens d'exécution des colonnes, bases, chapiteaux et entablements de menuiserie (9).

Nous n'ajouterons rien à ce que notre auteur a dit au sujet de ces divers exemples, qui sont suffisamment développés sous le rapport de la construction, et qui sont soumis aux lois qui régissent l'architecture tout entière, c'est-à-dire qu'ils doivent être conçus de manière à rendre leur usage le plus simple et le plus facile, et que l'on doit subordonner les moyens de construction aux propriétés diverses de la matière dont ils doivent être formés; enfin, qu'ils doivent être dans ces données en harmonie d'aspect avec l'architecture du reste de l'édifice dont ils font partie, afin de n'en point détruire l'unité, mais, au contraire, concourir dans le même sens à son embellissement.

Si nous rappelons ici que pour la menuiserie, comme pour toutes les autres branches de la construction, on doit avoir grand soin de tenir compte de l'état et des qualités des matériaux que fournit l'exploitation, c'est que cette condition est de la plus grande importance. Il faut, pour avoir le caractère qui leur convient comme décoration et ne pas occasionner de dépenses trop considérables, que les ouvrages

(1) Rondelet, tome III, page 232. — (2) Id., ib., page 239. — (3) Id., ib., page 254. — (4) Id., ib., page 255. — (5) Id., ib., page 260. — (6) Id., ib., page 265. (7) Id., ib., page 267. — (8) Id., ib., page 269. — (9) Id., ib., page 270.

de menuiserie soient conçus et exécutés en raison des propriétés de la matière et des formes et dimensions des pièces communément employées à leur exécution.

Nous avons réuni dans la planche LXI de notre Supplément divers exemples de petits escaliers mobiles, de sièges et autres meubles formant escaliers et pouvant être employés dans les bibliothèques. A ces figures sont joints des détails d'un râtelier d'armes et d'une guérite à panneaux mobiles. Cette planche fait voir à combien d'usages divers la menuiserie peut être appliquée, et tout le parti que l'on peut tirer du bois.

La planche LXII renferme des exemples de décoration de boutiques à l'extérieur appelées *devantures*; elles nous ont paru bien combinées, et de nature à montrer que si le bois employé suivant la nature donne de bons résultats sous le rapport de la solidité, ceux que l'on en obtient sous le rapport de la décoration ne sont pas moins satisfaisants.

La menuiserie joue dans les constructions un rôle très-important, aussi bien sous le rapport de l'art que sous le rapport de l'utilité matérielle. Comme nous l'avons dit, sa fonction est double : d'une part, elle est mobile et s'applique à la clôture des édifices ; de l'autre, elle est fixe et forme alors des revêtements. Elle doit à la nature de la matière qu'elle met en œuvre les propriétés dont elle jouit ; et comme le plus souvent ses productions se trouvent, pour ainsi dire, en contact avec nous, elle devient chargée de la double fonction d'être agréable à la vue aussi bien qu'utile : c'est ainsi qu'on est amené à tirer parti des propriétés signalées.

Nous ne croyons pas devoir donner de développements à ce sujet, pensant qu'ils deviendraient superflus ; car si les productions de cette branche de l'art de bâtir sont assez près de nous pour qu'elle doive satisfaire aux besoins du goût de la décoration détaillée, elle ne peut échapper à l'attention ; d'ailleurs, les chefs-d'œuvre qui, à certaines époques, ont été produits en ce genre sont connus de tous, et personne n'a pu manquer d'être frappé des beautés que ce travail est susceptible de répandre sur les édifices même du plus haut style, ce dont un grand nombre d'églises du moyen âge et de la renaissance témoignent hautement.

Ces faits nous amènent à conclure qu'il faut apporter le plus grand

soin à l'étude de la menuiserie; comme utile, elle est d'un usage journalier et susceptible, d'autre part, de contribuer puissamment à embellir et caractériser les édifices.

---

## LIVRE SEPTIÈME.

### SERRURERIE.

---

#### PREMIÈRE SECTION.

##### EMPLOI DU FER DANS LES BATIMENTS (1).

La serrurerie comprend trois genres d'ouvrages d'où résultent la solidité, la sûreté, et la décoration des bâtiments.

Le fer étant de toutes les matières employées dans les constructions celle qui exige le plus de préparation, elle est, par cette raison, celle qu'il faut choisir avec le plus de soin avant de l'employer, parce que, dans certains cas, de l'admission de fer de mauvaise qualité peut résulter la chute d'un édifice.

Par ce qui a été donné dans notre auteur pour évaluer la force des fers suivant leurs diverses positions, on peut en fixer les dimensions pour les différents cas où on veut employer cette matière.

Les qualités des fers étant un point très-important à connaître, Rondelet donne des détails très-circonstanciés sur ceux dont on fait le plus d'usage en France, et met à même d'acquérir à cet égard toutes les connaissances pratiques nécessaires (2).

(1) Rondelet, tome III, page 279.

(2) Id., ib., page 280.

---

## CHAPITRE PREMIER.

DES CHAINES. TIRANTS ET LINTEAUX (1).

*Des tirants et des chaînes.*

Dans les constructions où les murs ont des dimensions suffisantes pour se maintenir d'eux-mêmes, il ne faut pas cependant négliger de se prémunir contre les effets de tassement ou autres accidents auxquels sont sujettes toutes les constructions ; c'est pour cela qu'on fait usage de chaînages qui s'opposent à l'écartement des murs. Si, en général, les chaînages sont utiles, ils sont indispensables dans la construction des maisons d'habitation, où les murs ont si peu d'assiette que sans les planchers qui les divisent sur la hauteur et les chaînages, combinés avec ces planchers, ces constructions ne pourraient se régir. Ces combinaisons, dont les applications sont si fréquentes, sont indiquées par notre auteur, soit qu'on emploie des chaînes entières, soit qu'elles soient le résultat de la liaison du bois et du fer, comme cela se pratique journellement par raison d'économie.

Dans les constructions où la rigidité ne repose que sur le chaînage on ne peut apporter trop de soin à s'assurer des bonnes qualités de la matière par des épreuves supérieures à l'intensité de l'action qu'elle aura à subir. Ces précautions sont d'autant plus importantes que des ruptures, que la dilatation ou toute autre cause peut déterminer dans une armature, sont susceptibles d'occasionner la chute d'un édifice dans lequel l'emploi de ces moyens a été jugé utile.

Pour faire connaître à quels accidents sont exposés les édifices retenus seulement par des chaînages, nous citerons l'exemple de la cathédrale de Troyes, où la chute de l'extrémité du transept de droite avait été arrêtée depuis deux cents ans environ par cinq chaînes de fer de très-fortes dimensions, lesquelles se sont rompues en 1840 par l'effet du retrait extraordinaire qu'avait produit sur elles une très-forte gelée. Le mouvement excentrique qui résulta de cet accident pour les constructions s'arrêta heureusement assez longtemps pour

(1) Rondelet, tome III, page 284.

qu'on pût les étayer, mais il ne fallut pas moins les démolir pour reconstruire toute cette façade.

Cet exemple et beaucoup d'autres que nous pourrions citer nous amènent à dire qu'en principe il ne faut pas trop compter sur le fer pour assurer la stabilité des édifices; qu'il ne doit pas être employé comme agent principal de solidité, mais seulement comme agent auxiliaire; et pour appliquer les leçons que nous ont données les anciens à ce sujet, nous devons autant que possible admettre leurs principes, qui consistaient à faire des constructions qui se régissaient d'elles-mêmes, et dans lesquelles le métal n'entrait que comme un surcroît de précaution, utile sans doute, mais non indispensable.

Arrivant aux moyens d'exécution, Rondelet parle des trois manières différentes de former les assemblages des chaînes, et joint les exemples à la leçon (1); de ces divers exemples que la pratique a sanctionnés et qu'il a lui-même appliqués aux constructions du Panthéon, il résulte que le plus grand soin doit être apporté dans la combinaison de ces assemblages et dans leur exécution, parce que si un effort trop considérable peut amener des chaînes à se rompre, la rupture aura plutôt lieu dans les assemblages que dans le cours de la chaîne, où le fer n'a pas pu être altéré ou affaibli par la forge ou par les nœuds que forment toujours ces assemblages.

Les chaînes de fer, dont l'application est assez généralement faite dans les constructions neuves pour prévenir l'écartement, et dans les anciennes pour arrêter les mouvements que la vétusté occasionne souvent, peuvent aussi être utilisées pour rapprocher des murs qui auraient cédé à la poussée des voûtes. Un moyen ingénieux, employé à cet effet au Conservatoire des arts et métiers de Paris, consiste à avoir obtenu le rallongement des chaînes déjà serrées, en les échauffant, et à profiter de ce rallongement pour serrer les écrous. Après cette opération, le retrait qui s'opéra par le refroidissement du fer rapprocha les murs, qui, par la répétition de cette opération, retrouvèrent leur aplomb primitif (2).

(1) Rondelet, tome III, page 285, planche CXLVIII.

(2) Id., ib., page 287, planche CXLVIII.

*Des linteaux (1).*

Les linteaux, en général, peuvent être considérés comme des étais permanents placés à la partie supérieure des baies ; dans les constructions ordinaires ils sont en bois, mais dans les constructions bien faites ils sont formés de claveaux en pierre ; on met sous ces claveaux pour les soulager, des plates-bandes en fer. Ce moyen, dont l'usage est fréquent, ne peut être efficace qu'autant que ces barres sont arrêtées par les bouts pour agir en tirant et maintenir l'écartement des claveaux ; car n'employer ces barres que comme supports, ce serait faire un faux emploi de la matière, parce que, dans ce cas, la flexion dont elle est susceptible annulerait l'effet qu'on se propose d'obtenir en employant cette sorte d'armatures.

*Des cercles de fer employés pour consolider les coupoles.*

Si des cercles ou chaînes de fer peuvent être employés avantageusement dans la construction des coupoles rondes ou polygonales, lorsque ces chaînes sont placées de manière à ne recevoir aucune des influences de la température, ne peut-on pas craindre qu'il n'en soit pas de même lorsqu'elles sont placées à l'extérieur et sujettes aux effets continuels produits par les variations de l'atmosphère, et ne doit-il pas résulter de ces variations que les chaînes ou cercles continuellement resserrés ou relâchés aient pour effet d'opérer sur les constructions un mouvement continu qui peut avoir pour résultat d'en altérer la solidité ? Cette question, qui ne laisse pas de doute dans notre esprit, nous est suggérée par l'exemple que donne Rondelet des cercles de fer employés pour consolider la coupole de Saint-Pierre (2), et par des moyens semblables qu'il dit avoir été employés aux dômes de Saint-Marc de Venise et de Sainte-Marie-des-Fleurs à Florence.

Quoi qu'il en soit, l'usage du fer pour maintenir les édifices et les préserver des effets d'écartement produits par des tassements irréguliers, ou par la poussée des voûtes, est et sera toujours d'un grand

(1) Rondelet, tome III, page 289.

(2) Id., ib., page 290, planche CXLVIII, fig 12 et 13.

secours, et les expériences sans nombre qui en ont été faites jusqu'à ce jour donnent assez de leçons pour en régler l'emploi.

## CHAPITRE DEUXIÈME.

DES ARMATURES D'ARCHITRAVES, DE PÉRISTYLES ET DE FRONTISPICES (1).

Avant Piranesi tous les auteurs qui avaient publié des ouvrages sur les monuments antiques, ne s'attachant qu'à la forme apparente, avaient négligé de donner les moyens que les anciens employaient pour relier entre elles les diverses parties de leurs édifices; c'est par suite de cette négligence, qui a pu mettre dans l'erreur certains architectes, que quelques-uns n'ont pas craint d'avancer que, tout étant dans un repos absolu dans l'architecture antique, les anciens n'avaient jamais eu recours à l'emploi des métaux pour contenir l'effet d'une poussée ou d'un écartement. Cette doctrine, vraie quant aux principes de stabilité des édifices anciens, mais fautive en ce que le métal y avait été employé, n'a pas empêché les bons esprits de se rencontrer avec les anciens pour employer les métaux à relier les colonnes entre elles et avec les murs.

Que les anciens aient employé le bronze et le fer pour empêcher, au moyen de crampons, les désunions qui pouvaient s'opérer dans leurs constructions, soit par des effets de tassement, soit par toute autre cause, cela est aujourd'hui incontestable. Il n'en est pas moins vrai qu'on ne saurait trouver là la justification de l'usage que les architectes ont fait des armatures dans certains cas, et particulièrement dans les plates-bandes appareillées.

L'architecture des temples des Grecs et même de ceux des Romains, considérée dans ce qu'elle a de commun avec l'architecture égyptienne, présente en effet un état de stabilité parfait où aucun effort d'écartement ne se fait sentir, et si cependant, comme le pense Rondelet (2), les corniches rampantes des frontons sont dans une position à avoir nécessité, de la part des anciens architectes, l'emploi de certains moyens

(1) Rondelet, tome III, page 295.

(2) Id., ib., page 296.

propres à résister à l'effort oblique résultant de cette position des matériaux, on peut voir que ceux qu'ils ont employés, tels que les crampons et autres, répondent parfaitement aux besoins, et qu'ainsi ces parties d'assises, quoique inclinées, ne le sont pas encore assez pour troubler l'état de la stabilité dont nous venons de parler.

Il était assez difficile de combiner l'appareil des corniches rampantes pour neutraliser l'effort qu'elles exercent sur les angles des frontons : c'est pour atteindre ce but qu'au fronton du petit temple de Pæstum chaque morceau de la corniche fait en même temps partie des assises horizontales du tympan (1). Si ce moyen ingénieux, qui est le seul exemple de ce genre que l'antiquité nous ait transmis, laisse à désirer sous le rapport de la pratique, il n'en prouve pas moins combien les anciens apportaient de soin à la construction de leurs édifices, et combien ils attachaient d'importance à réduire l'action des matériaux employés au seul effort et de leur pesanteur.

Les colonnes, en raison du peu d'assiette que donne leur base, surtout dans celles de l'ordre corinthien, ne peuvent être considérées comme capables de résister à aucun effort de poussée, et si les architraves qui les couronnent dans les monuments antiques, en les reliant entre elles leur donnent un degré de stabilité qu'elles ne pourraient avoir sans cela, il ne faut pas moins reconnaître que le frottement seul des pierres formant les plafonds, et les soffites qui les rattachent aux murs du temple, n'auraient pu donner une liaison suffisante sans les crampons au moyen desquels les pierres sont assemblées.

Les nombreuses et consciencieuses études faites dans les derniers temps sur les monuments de l'antiquité ont fourni partout la preuve que le métal avait été employé dans les constructions antiques, et notamment au temple d'Antonin et Faustine, à celui de Vesta à Tivoli, au Panthéon de Rome, au portique d'Octavie et au temple dit de Jupiter Stator ; et par l'ingénieuse particularité de l'appareil de la frise de ce dernier combiné de manière à ne pas charger le milieu de l'architrave, on peut encore reconnaître une nouvelle preuve du soin qu'apportaient les anciens dans leurs constructions pour en neutraliser les principes destructeurs (2).

Rondelet conclut de ce qui précède que si les anciens avaient été

(1) Rondelet, tome III. page 297 planche CXLIX.

(2) Id., ib.

plus avancés dans l'art de l'appareil, ils auraient employé les mêmes moyens que nous pour former de grandes architraves (1). Malgré tout le respect que nous inspire notre auteur, nous ne pouvons à cet égard partager son avis, et nous ne pouvons pas admettre que de ce que les anciens reliaient les assises des architraves, soffites et tympans de leurs temples avec des crampons de métal, ils seraient arrivés à faire des plates-bandes appareillées sur des colonnes avec des armatures pour détruire l'effet de la poussée. Nous avons déjà dit que les crampons de métal ne changeaient rien au principe de stabilité naturelle qui fait la base de l'architecture des temples des Grecs et des Romains; que sans eux cette architecture se régirait, et que si ces moyens y avaient été appliqués, c'était comme surcroît de précaution pour assurer les édifices contre les chances de l'ébranlement. Mais admettre les plates-bandes appareillées, c'est sortir de ce principe pour entrer dans un autre système d'architecture, dans celui des arcs, système créé par les Romains et qui a donné chez eux naissance à de nombreuses merveilles, système qui ne peut être rationnellement admis dans sa pureté primitive qu'autant que les arcs qui en sont l'expression reposent sur des points d'appui d'une solidité suffisante pour résister sans moyens auxiliaires à l'action destructive de leur poussée. Or les colonnes d'un péristyle de temple ne pouvant satisfaire à cette condition, nous croyons que les plates-bandes appareillées, ou arcs dans lesquels le fer est indispensable pour assurer la rigidité, sont, malgré le mérite éminent des hommes qui les ont employées, une déviation aux vrais principes de l'art de bâtir.

Aux exemples donnés par Rondelet (2) relativement à la construction des soffites, plates-bandes et plafonds des temples des Grecs, nous en ajoutons un à l'aide duquel il est facile de juger de la simplicité de leurs combinaisons et de la sagesse qui les avait guidés à cet égard, comme dans toutes les autres parties de leur architecture (3).

Dans cet exemple, qui est tiré des ruines des Propylées d'Éleusis, et qui peut être considéré comme un résumé de tous les moyens mis en pratique par les Grecs pour la construction de la partie supérieure de

(1) Rondelet, tome III, page 300.

(2) Id., ib., page 301, planche CXLIX.

(3) Supplément, tome I, page 10, planche VII.

leurs temples, on reconnaîtra sans doute que toutes les parties de ces constructions sont dans un état parfait de repos, ou, ce qui est la même chose, qu'aucune d'elles ne produit un effort de poussée ou d'écartement qui nécessite l'emploi de tirants pour le neutraliser. Les Grecs, qui avaient puisé ces principes dans les combinaisons simples et naturelles qui résultent de l'emploi du bois, les ont appliqués par suite dans l'emploi qu'ils ont fait du marbre et de la pierre. Mais si l'application des mêmes principes à des matériaux de natures différentes était déjà de leur part une déviation du principe primitif, il faut dire qu'ils n'ont usé de ces moyens que pour des pièces dont la portée et la charge n'étaient pas considérables; que quant aux architraves, elles étaient toujours d'une très-grande force, ayant à supporter les entablements et les tympans des frontons; que les soffites ou plafonds intérieurs qui étaient plus étendus n'étaient nullement chargés; et que dans leurs grands temples, où ces parties sortaient du possible pour le marbre et la pierre, ils ont toujours employé le bois.

Toutefois, les exemples remarquables que donne Rondelet de l'emploi des armatures en fer pour neutraliser l'effet de poussée des plates-bandes et plafonds appareillés en pierre sont d'une telle importance, et leurs combinaisons si ingénieuses, que, nonobstant l'application, que nous croyons vicieuse parce qu'elle comporte un principe destructeur incompatible avec le système d'architecture auquel elles prêtent leur concours, nous pensons qu'ils peuvent encore servir de leçons comme emploi du fer dans les constructions où, par nécessité, on est amené à dévier des vrais principes enseignés par l'antiquité comme par la raison. Sans le cas de nécessité, le moyen est tout à fait condamnable, et, loin de l'admettre comme offrant pour le résultat une difficulté vaincue, nous n'y trouverions que l'abus de la science et son faux emploi, puisqu'il serait appliqué de manière à ne donner qu'un résultat défectueux au point de vue des rigoureux principes de l'art de bâtir, qui ont pour base la stabilité naturelle que les anciens, nos maîtres, n'ont jamais négligée.

L'armature de la colonnade du Louvre, le premier des exemples donnés par Rondelet (1), a été motivée par le grand espacement des colonnes et par la grande profondeur du portique; la difficulté de

(1) Rondelet, tome III, page 302, planche CL.

cette construction n'était pas dans l'exécution des plates-bandes qui couronnent les colonnes sur la façade; car, en admettant l'appareil pour ces plates-bandes, la poussée pouvait être maintenue par les grands pavillons des extrémités; cependant l'architecte Perrault a cru devoir les soutenir par des armatures; mais la difficulté était dans la disposition des soffites et plafonds de la galerie, qui, par l'action qu'ils devaient exercer, ne pouvaient trouver une résistance suffisante dans la simple stabilité des colonnes de l'extérieur: force était donc là de maintenir l'écartement. Le parti une fois pris, Perrault, à qui on contestait la possibilité de l'exécution, s'en acquitta cependant assez honorablement, malgré la difficulté, pour que le long espace de temps qui s'est déjà écoulé depuis la construction n'en ait encore altéré aucune des parties.

Les ingénieuses combinaisons de cette armature détaillée par Rondelet laissent peu à désirer et ne motivent que ces seules observations: c'est qu'on aurait pu soulager la première plate-bande en faisant de la seconde un arc de décharge et au moyen d'un élévissement en dessous, et que les chaînes diagonales sont superflues (1).

Quand sur des constructions qui, comme celles dont nous venons de parler, n'ont d'autre solidité que celle obtenue par des moyens en quelque sorte factices, on veut en élever d'autres, et par exemple lorsqu'on veut, comme dans ce cas, établir un fronton sur des plates-bandes, la question se complique encore davantage, et par conséquent les difficultés deviennent encore plus grandes. Comme les plates-bandes ne peuvent obtenir de solidité que par les armatures qui en maintiennent l'écartement, et ne présentent pas assez de force pour supporter le poids d'un fronton, il faut que ce dernier emprunte aux mêmes moyens sa rigidité; et c'est encore par des tirants et des arcs qu'on reporte sa charge sur les seuls points capables de la supporter. C'est ainsi que d'un premier pas fait dans une mauvaise voie on est conduit à perdre de plus en plus le droit chemin. Les moyens propres à vaincre cette nouvelle difficulté se trouvent appliqués aussi dans le monument dont nous venons de parler, au fronton de la grande colonnade. La description et les détails qu'en donne notre auteur font voir la complication de cette construction, et donnent, du reste, la preuve de la grandeur

(1) Rondelet, tome III, page 302.

du talent que Claude Perrault a déployé pour mener à fin son œuvre, une des plus difficiles de ce genre.

Les armatures du second ordre du portail de l'église de Saint-Sulpice à Paris (1) offrent quelque analogie avec celle de la colonnade du Louvre; seulement au-dessus des deux plates-bandes on a formé un arc en fer auquel sont accrochés des étriers aussi en fer qui soutiennent les claveaux de la première plate-bande, de sorte que cet arc, auquel sont suspendues les plates-bandes inférieures, a encore à supporter les constructions supérieures qui pèsent sur un arc en pierre dont les voussoirs ne sont pas en coupe. Les moyens employés à cette construction, quoique plus compliqués que ceux de la colonnade du Louvre, ne donnent pas cependant plus de solidité.

Pour les armatures des colonnades de la place Louis XV (2), on a employé à peu près les mêmes moyens qu'au portail Saint-Sulpice, aux arcs de suspension près. Il est à remarquer dans cet exemple que l'absence de tirants sous les plates-bandes peut être cause que les joints s'ouvrent par le bas au moindre mouvement d'écartement que cette combinaison ne peut empêcher; un autre défaut est que les plans de joint des deux plates-bandes, formant continuité, augmentent beaucoup plus la force d'écartement que ne le feraient les deux plates-bandes avec des joints contrariés.

D'après ces exemples, il sera facile d'apprécier celui tiré du Palais-Royal, et un autre proposé comme modèle par M. Patte (3).

Les armatures du portique du Panthéon, autrefois Sainte-Geneviève, conçues par Rondelet lui-même et exécutées sous ses ordres, terminent heureusement la série d'exemples donnés pour ce genre de construction, en ce qu'elles réunissent tous les avantages de celles précédemment données; en évitant les défauts qui se trouvent dans ces dernières, Rondelet a su mettre à profit sa grande expérience et son savoir incontestable pour apporter dans les combinaisons de cette grande entreprise tous les perfectionnements dont elle était susceptible.

Par exemple, dans cette circonstance, où il avait comme difficulté, outre la grande portée des plates-bandes, celle résultant de la poussée

(1) Rondelet, tome III, page 306, planche CL.

(2) Id., ib.

(3) Id., ib., page 307, planche CL.

des arcs qui devaient couvrir le porche, au lieu de superposer deux plates-bandes comme l'avaient fait ses prédécesseurs, il imagina d'établir des arcs de décharge qu'il sut combiner avec les armatures de manière à détruire un effort par l'autre, et par ce moyen il obtint le meilleur résultat possible : ce qu'il en donne (1) permet d'apprécier ce travail, qui fait le plus grand honneur à son auteur.

Il est à remarquer qu'indépendamment de l'heureuse combinaison des fers employés dans cette armature, ce qui la distingue particulièrement et ce qui en constitue le principal mérite sous le rapport de la solidité est l'arc de décharge, auquel tout l'appareil emprunte sa solidité. Quant aux claveaux de la plante-bande qui sont suspendus à cet arc, loin d'ajouter à la force du système ils ne font au contraire que lui nuire en le chargeant inutilement. Il est bien évident que ces plates-bandes ne sont là que pour l'apparence, que pour dessiner une forme que la construction ne réclame pas. Mais puisque l'arc dans ce système est le meilleur support à employer pour de semblables constructions, ne voit-on pas par là que Rondelet lui-même en l'employant a donné une nouvelle preuve de savoir, et a fourni en même temps un argument contre l'application qui est faite dans ce cas des plates-bandes appareillées, et prouvé en quelque sorte que lorsque l'espacement des points d'appui est trop grand pour être couvert par une plate-bande d'un seul morceau, comme le faisaient les anciens, il faut avoir recours à l'arc. En suivant ce principe dans toutes ses conséquences, comme l'architecture, ainsi que nous l'avons déjà dit, d'accord avec Rondelet, doit emprunter ses formes décoratives de la construction, celles qui sont employées dans les divers exemples que nous venons d'examiner nous paraissent en complète contradiction avec les plus saines doctrines, avec celles enfin qu'on peut déduire de l'étude approfondie des monuments de l'antiquité.

(1) Rondelet, tome III, page 308, planche CLI.

## DEUXIÈME SECTION.

## SYSTÈMES DE CONSTRUCTION EN FER FORGÉ (1).

Rondelet attribue la longue enfance de l'art de bâtir chez les anciens à l'étrange idée d'avoir voulu assimiler l'architecture aux arts d'imitation, et les blâme d'avoir imité en marbre et en pierre des formes qui avaient leur origine dans les combinaisons résultant de l'emploi du bois qui a fourni aux Grecs les principes de leur architecture; « de là, dit-il, il résulte qu'ils firent un faux emploi de la matière, et qu'à force d'art ils s'appliquèrent à pallier les invraisemblances les plus choquantes ».

Cette critique de l'art de bâtir des anciens ne nous paraît pas fondée. Si l'emploi du marbre dans des combinaisons qui devaient leur origine au bois peut à quelques titres être désapprouvé en ce que ce pourrait être déjà un faux emploi de la matière, il faut cependant reconnaître que dans leurs constructions de temples les Grecs et les Romains n'en ont jamais fait qu'un judicieux emploi, que les formes décoratives qui sont résultées de leurs combinaisons sont toujours parfaitement conséquentes avec ces dernières, et que si la contradiction à ce principe se trouve quelque part, elle est bien plus souvent dans les constructions modernes, et particulièrement dans les exemples que nous avons examinés dans le chapitre précédent.

L'art de bâtir est resté stationnaire chez les anciens tant que la forme et la disposition de leurs édifices, qui étaient en quelque sorte consacrées, furent matériellement suffisantes (2); ce ne fut que sous l'empire de la nécessité qu'on se décida à y apporter des changements, mais alors l'art prit son essor, et c'est de ce mouvement qu'est sortie l'invention des voûtes, qui donna naissance à de nouveaux principes d'architecture généralement adoptés et grandement développés par les Romains, qui dans les exemples qu'ils nous ont laissés, dans le temple de la Paix, les Thermes, etc., ont porté cet art à un très-haut degré et donné des leçons qui ont été suivies par tous les peuples modernes auxquels la civilisation est parvenue.

(1) Rondelet, tome III, page 310.

(2) Id., ib.

Dans ce nouveau système d'architecture, on peut voir que les Romains n'ont usé du métal qu'avec la même sobriété et d'après les principes qui les avaient guidés dans l'application qu'ils avaient faite de cette matière aux constructions à plates-bandes, c'est-à-dire que les murs et points d'appui sont toujours combinés de manière à offrir à l'action des voûtes une résistance suffisante pour qu'il y ait parfaite solidité sans le secours du métal. Lorsque le métal est employé dans les édifices voûtés des Romains, ce n'est que comme surcroît de liaison pour répondre aux cas éventuels d'ébranlement.

---

## CHAPITRE PREMIER.

### DES PLANCHERS ET DES VOUTES EN FER (1).

Les propriétés du fer forgé étant à peu près les mêmes que celles du bois, sous un volume beaucoup moindre, les combinaisons propres à l'emploi de ce métal sont aussi, à peu de chose près, les mêmes que celles de la charpente en bois.

Rondelet, en rappelant ce qu'il a dit à propos de la roideur du fer, indique les rapports qui existent entre les forces du fer et celles du bois; il entre à cet égard dans des détails d'expériences et de calculs auxquels nous renvoyons.

Pour éviter d'employer de grosses barres de fer, on a imaginé des espèces de fermes ou armatures qui donnent plus de roideur au fer et en augmentent la force proportionnellement beaucoup plus que le poids (2). Les résultats des expériences faites sur deux armatures composées d'une barre courbée en arc et d'une barre droite qui en formait la corde, ont donné lieu à des calculs qui peuvent être appliqués à toutes sortes de fermes ou armatures, soit pour voûtes, planchers ou autres ouvrages en fer du même genre.

Au moyen de semblables armatures employées au lieu de poutres en bois, on peut former des planchers (3), et pour éviter de leur

(1) Rondelet, tome III, page 312.

(2) Id., ib., page 313, planche CLII.

(3) Id., ib., page 315, planche CLII.

donner un poids trop considérable, on peut les remplir par des poteries en terre cuite. Si ce système de planchers a l'inconvénient d'occasionner plus de dépense que celui des planchers en bois, il a pour avantage de durer plus longtemps et de faire disparaître toute chance d'incendie.

Les voûtes comprises entre deux circonférences concentriques peuvent s'exécuter au moyen d'armatures disposées de manière à recevoir des poteries; dans ce cas, elles sont formées de segments dont les cordes se relient de manière à empêcher le redressement des courbes et à neutraliser l'effet d'écartement (1). Le même système d'armatures est applicable aux voûtes extradossées de niveau pour former plancher (2).

Avec quelques précautions indiquées par Rondelet, ce système d'armatures peut être appliqué de diverses grandeurs et s'étendre jusqu'à 13 et 14 mètres; ces armatures doivent être composées de manière à former un polygone entre deux circonférences concentriques. Dans ce cas, il doit se trouver au sommet de l'arc une corde de la circonférence supérieure formant tangente horizontale à la circonférence inférieure, et une autre qui touche la même circonférence au point où se fait le plus grand effort. Dans les voûtes formées par un arc de cercle, la seconde barre doit toucher l'arc en son milieu.

---

## CHAPITRE DEUXIÈME.

### DES COMBLES (3).

Lorsque les combles en fer n'ont pas une grande charge à porter, on peut ménager la matière et les combiner simplement; c'est ce qui est indiqué par les figures 1 et 2 de la pl. CLIII de Rondelet. Mais lorsqu'ils doivent être garnis en briques pleines ou creuses, comme cela arrive pour les bâtiments où ils doivent être bien clos et assez solides pour résister à l'incendie ou à de grands efforts du vent, alors il est indispensable de les construire plus solidement, et les figures 3 et 4

(1) Rondelet, tome III, page 316, planche CLII.

(2) Id., ib.

(3) Id., ib., page 318.

répondent à ces conditions par les doubles arbalétriers qui entrent dans la combinaison des fermes. Pour les fermes d'une plus grande portée et qui ont à supporter les décorations, comme dans les théâtres, il faut nécessairement encore augmenter la force, et le moyen projeté à cet effet par M. Ango, représenté fig. 5, et dans lequel deux arcs croisés et maintenus par un tirant soulagé par des aiguilles pendantes, satisfait aux exigences de cas.

Une des fermes en fer du Théâtre-Français, au Palais-Royal, est un exemple de comble circulaire d'une grande portée qui a déjà subi l'épreuve du temps; Rondelet l'améliore en le modifiant pour l'amener à un système de segments de cercle qui ajouteraient encore à sa solidité (1).

Dans le comble du grand-salon du musée d'exposition, au milieu duquel il fallait ménager une grande lanterne pour l'éclairer, on en trouve un autre exemple que Rondelet modifie encore avantageusement en plaçant les demi-fermes des angles du cadre en continuité avec les fers qui ferment le jour à ses extrémités (2).

Les combles et planchers en fer de la Bourse (3), qui ont été faits à une époque où l'on n'avait encore à citer pour ainsi dire que les exemples dont nous venons de parler, ont été un des premiers qu'on ait faits de l'application en grand de ce système de construction. Quant au comble, ce qui le distingue, c'est le grand jour du milieu, qui a obligé à faire, sur ses côtés, des demi-fermes sans appui au sommet, afin de ménager complètement l'ouverture. La difficulté dans ce cas consistait à maintenir ces demi-fermes de manière à neutraliser leur tendance à pousser sur les traverses latérales du jour, et c'est ce qui a été heureusement obtenu au moyen des armatures établies sur la base très-étendue que donnent les deux murs parallèles à celui qui porte les arcs et combinées avec les fermes des planchers.

Dans le comble octogone qui couvre l'abattoir du marché à la volaille de Paris (4), on peut remarquer l'avantage que donnent les formes polygonales régulières pour ce genre de construction. Dans cet exemple, la solidité est obtenue sans le secours d'entrants, au moyen.

(1) Rondelet, tome II, page 318, planche CLIV.

(2) Id., ib., planche CLV.

(3) Id., ib., planche CLVI.

(4) Supplément, tome I, page 185, planche LXV.

de chaînes établies à la base et au sommet des colonnettes qui supportent le comble, et d'autres chaînes semblablement disposées, mais plus légères, qui existent à la base et au sommet des montants de la petite lanterne qui couronne le tout. La disposition de ces chaînes sur un plan polygonal régulier s'oppose à tout changement de forme. C'est en cet état qu'elles opposent à la poussée des arbalétriers une résistance qui dispense de l'emploi des entrails.

Il suffit de jeter un coup d'œil sur les figures par lesquelles ce système est représenté pour juger de sa simplicité et pour en reconnaître la solidité. Dans cet exemple, construit en 1835, l'architecte, M. Lahure, a montré que dans ce cas le fer, comme le bois, peut donner de très-bons résultats, et permettre l'application d'un système d'armatures qui, avec toute la solidité désirable, offre un aspect de légèreté remarquable, n'ayant à porter aussi qu'une simple couverture. Au moyen de ces heureuses combinaisons, on a obtenu un résultat qui les justifie par ses avantages, et dans lequel l'économie s'allie à l'élégance.

Le comble de la salle des Pas-Perdus du Palais de justice de Tours (1), dont la construction a été terminée en 1844, sous la direction de M. Jacquemin, architecte, par M. Travers, entrepreneur, offre, quoique dans une moindre dimension, de l'analogie avec celui de la Bourse de Paris, en ce qu'il s'y trouve aussi une lanterne dans laquelle on n'a pas voulu faire traverser les fermes pour n'intercepter en aucune façon le jour qu'elle est destinée à donner dans cette salle. Il résulte de cette disposition que sur les côtés de la lanterne il n'y a que des fermettes, dont l'action sur les côtés du châssis devait avoir pour résultat de leur imprimer une courbure, et par conséquent de déformer le comble. On a obvié aux inconvénients qu'aurait pu avoir cette disposition vicieuse en principe (car des fermes continues eussent donné plus de solidité), au moyen des embases et des scellements du pied des fermes sur les murs, détails qui sont combinés de manière à s'opposer à l'effet de bascule auquel tendent les fermettes, d'un autre côté, on est encore rassuré contre cet inconvénient par le peu de longueur des parties qui pourraient fléchir et par la légèreté de tout le comble. La solidité de cette charpente repose sur les principales fermes qui sans

(1) Supplément, tome I, page 187, planches LXVI, LXVII et LXVIII.

interruption forment les extrémités de la lanterne, sur les heureuses combinaisons des assemblages, et sur la perfection apportée dans toutes les parties de l'exécution. Ce comble nous a paru un bon exemple à donner comme un heureux emploi du fer, en ce que les dimensions en sont réduites autant qu'elles peuvent l'être sans préjudice de la solidité.

Lorsqu'il s'agit de couvrir de grands espaces sans qu'ils soient divisés par des points d'appui, les charpentes en fer, comme celles en bois, peuvent donner de très-bons résultats; nous en trouvons une preuve dans le beau travail qui a été fait pour la couverture de la cour de la Douane de Paris, et qui satisfait à cette condition (1). Là, des arcs en fer maintenus par des entretoises, et portés sur des constructions en pierre, viennent butter l'un contre l'autre à leur sommet et forment des combinaisons propres à l'établissement de la grande lanterne vitrée par laquelle la cour est éclairée. Si l'emploi exclusif du fer dans ce grand travail peut laisser quelque chose à désirer, puisque la fonte eût pu le remplacer avantageusement dans certaines parties, on peut dire que la matière y a été ménagée autant que possible, et que, par les ingénieuses combinaisons de toutes les parties et la perfection apportée dans l'exécution de tous les assemblages, cette grande opération mérite tous les éloges.

Il arrive souvent que, pour des établissements industriels, on se trouve dans la nécessité de couvrir de grands espaces pour former des hangars à usage d'ateliers, de débarcadères, etc.; dans ce cas, pour éviter les trop grandes portées, on divise les espaces à couvrir par des points d'appui qui supportent les fermes du comble, ce qui donne des chéneaux dans lesquels il est toujours difficile de régler les eaux pour qu'elles ne causent pas de prompts dégradations; on évite cet inconvénient en formant les points d'appui en colonnes de fonte creuses, qui, en servant de supports, servent en même temps de tuyaux de descente pour l'écoulement des eaux. L'embarcadère d'Euston-grove (2), indépendamment de cet avantage, nous fournit un exemple de comble dont l'armature toute en fer présente d'heureuses combinaisons relativement à la manière dont cette matière est employée, combi-

(1) Supplément, tome I, page 188, planches LXIX et LXX.

(2) Id., ib., page 190, planche LXXI.

naisons dont on a su tirer parti pour réduire les pièces aux moindres dimensions qu'on puisse leur donner dans de semblables constructions. Ce qui caractérise particulièrement celle-ci, c'est que les pièces qui ont à résister à un effort de poussée sont toutes en forme de T; cette forme a pour avantage de leur donner la roideur nécessaire pour résister à la fois verticalement et latéralement en employant la moindre quantité possible de matière.

Le comble de la forge de l'usine de Butterley (1), dont la combinaison est aussi très-ingénieuse, est composé de fer et de fonte, et présente cet avantage que ces deux matières ayant des qualités spéciales sont appliquées chacune dans des situations qui réclament ces qualités, et que conséquemment on en tire tout le parti possible. Les pièces qui agissent en tirant sont en fer, et celles qui agissent en poussée sont en fonte. Les pièces de fonte qui par leurs positions inclinées ou qui, en raison de leur longueur, pourraient tendre à un mouvement de flexion, trouvent une opposition à ce mouvement par la forme qu'on leur a donnée et par le soin qu'on a eu de les renfoncer dans leur milieu.

Dans le système de charpente du colonel Émy (2), nous avons déjà signalé une combinaison également heureuse de deux matières différentes employées simultanément pour former des combles; dans l'exemple que nous donnons ici, la fonte joue le rôle qu'avait le bois dans l'autre, mais le principe est le même, et celui-ci a l'avantage d'être à l'abri des chances d'incendie.

La nécessité où l'on se trouve quelquefois de supprimer le poinçon du milieu des fermes pour livrer au service l'espace qu'il occupe, a amené à rechercher des combinaisons qui pussent dispenser de cette pièce importante sans que la solidité de l'appareil puisse en souffrir, l'exemple du comble établi sur la salle des fourneaux du bâtiment de la machine hydraulique qui porte les eaux de la Trent à Nottingham, et celui du dépôt des machines de l'usine de Butterley (3), font voir comment ces résultats peuvent être obtenus. Dans le second des exemples, l'entrait ou tirant est en bois, ce qui a été commandé par la nécessité de l'établissement des appareils pour le transport

(1) Supplément, tome I, page 190, planche LXXII.

(2) Id., ib., page 167, planche LV.

(3) Id., ib., page 192, planche LXXIII.

des machines. Quant au système de ces combles, il est, pour les détails au moins, à peu près le même que celui des exemples précédents.

Le comble de la salle des modèles de l'usine de Butterley, qui dérive des mêmes principes (1), fait connaître combien la fonte est susceptible d'être réduite dans ses dimensions sous le rapport de son épaisseur, et comment elle peut se prêter à produire des pièces compliquées sous le rapport de la forme; les fermes de ce comble sont composées chacune de quatre parties seulement, dont deux, fondues d'un seul morceau, comprennent plusieurs pièces de la ferme. Les figures détaillées font juger à quel point de légèreté la matière a été réduite pour les fontes de cet appareil ingénieux, qui est d'une grande solidité en raison du tirant en fer forgé qui double la pièce de fonte dont l'entrait est formé; cette pièce formant entrait est disposée de manière à recevoir les abouts des solives du plancher.

Pour qu'on n'ait plus à craindre de voir se renouveler l'incendie qui avait consumé l'ancienne charpente en bois de la cathédrale de Chartres, on décida que celle qui la remplacerait serait faite en matériaux incombustibles. Chaque ferme de ce beau travail (2) consiste en de grands arcs ogives en fonte maintenus à leur pied par des tirants en fer forgé. Dans le prolongement des traverses des panneaux ou voussoirs dont se composent les arcs sont des pièces en fer qui supportent les arbalétriers, aussi en fer, recevant les chevrons et formant les pièces principales des surfaces du toit très-élevé qui couvre l'église. L'heureuse alliance de la fonte et du fer, et les détails très-ingénieux des assemblages de toutes les parties de ce bel ouvrage donnent en résultat un bel exemple de l'emploi simultané des deux matières.

En voyant le bel effet de cette construction, dont on ne jouit qu'en montant sur les grandes voûtes des nefs, et qui est perdu pour tous ceux qui ne prennent pas cette peine, on est tout naturellement amené à penser que dans la construction d'une église un semblable comble pourrait rester apparent et la hauteur qu'il donne être conservée au profit de la nef. Quant à l'objection qu'on pourrait faire au sujet des entrants apparents, comme ici ce ne sont que des barres de fer, c'est

(1) Supplément, tome I, page 193, planche LXXIV.

(2) Id., ib., page 193, planches LXXV, LXXXI et LXXVII.

à peine si on les verrait du bas de la nef, et les verrait-on qu'ils ne pourraient produire un mauvais effet.

Lorsqu'il fut question de couvrir la cour de la Douane de Paris, deux projets furent présentés par des entrepreneurs différents. Nous avons fait connaître, en parlant de ce comble, celui de ces deux projets qui a été exécuté; l'autre, qui est resté à l'état de projet (1), diffère du premier en ce que les parties principales des arcs intermédiaires qui supportent toute l'armature et qui correspondent aux arcs en pierre devant lesquels ils sont placés; toutes les autres pièces de l'appareil sont en fer forgé.

Les ingénieuses combinaisons de ce comble, qui ont pour principe l'emploi simultané de la fonte et du fer, chacun suivant les conditions propres aux qualités qui le caractérisent, nous ont fait donner ce projet, auquel il n'a sans doute manqué que l'exécution pour mériter les éloges que nous donnons au comble exécuté; une chose remarquable encore dans ce projet, c'est que l'application de la fonte aux parties qui forment le soubassement lui donne un caractère de solidité architecturale qui plaît à l'œil, parce qu'il satisfait pour ainsi dire à un instinct de la raison, qui trouve dans cet aspect une apparence de solidité résultant de l'emploi de la fonte et des formes qu'on lui a données.

Le système d'armatures en fonte qui couvre le marché au poisson de Hungerford (2) présente comme particularité un appareil dont l'effet d'écartement est neutralisé sans le secours de tirants. Comme il devait résulter un grand effort latéral de la disposition des petites colonnes de fonte qui supportent tout ce comble, on a eu recours pour le maintenir à une disposition particulière des arbalétriers: ils se retournent verticalement au centre, et forment des épaulements considérables en cette partie. La partie supérieure de cet épaulement agissant en butée tandis que celle inférieure agit en tirage, il a suffi, pour maintenir en joint ces deux parties, de saisir le pied de cet épaulement au moyen d'une bride qui maintient le tout dans un état de repos absolu. Cependant cette bride n'est pas la seule cause de stabilité de cette ferme: la grande saillie du toit au delà des colonnettes fait équilibre à

(1) Supplément, tome I, page 197, planches LXXVIII et LXXIX.

(2) Id., ib., page 198, planche LXXX.

une partie considérable de chacun des pans de ce comble ; en sorte que l'épaulement de joint des arbalétriers n'a plus qu'à résister à l'excédant de la charge des deux pans sur celle des parties extérieures dont l'inclinaison reporte les eaux sur les colonnettes. Il est à remarquer que ce principe d'une butée centrale, qui constitue un système nouveau, a donné dans plusieurs cas des avantages qu'on recherchait, et qui consistent à laisser libre un grand espace en réduisant le plus possible les points d'appui, à éviter les toits élevés et à ramener les eaux à l'intérieur, dernière condition à laquelle on a satisfait en les faisant descendre dans les canaux souterrains par des colonnes, qui sont évidées dans ce but.

*Des combles en tôle.*

Après les considérations qui amènent à déterminer le meilleur mode d'emploi du fer à l'état de fonte, il reste à faire connaître comment on peut le mettre en œuvre lorsqu'il est à l'état de tôle. Son caractère particulier dans ce cas, lorsque la tôle est employée de champ, est de donner une grande force de résistance à la pression sous un petit volume, et conséquemment une grande légèreté, mais aussi de ne pouvoir offrir aucune résistance aux efforts latéraux en raison de son peu d'épaisseur. Le moyen employé pour remédier à cette insuffisance de force dans un sens, celui que les Russes ont mis en pratique dans la construction du comble de l'usine de Goroblagodat dans l'Oural, consiste à replier les lames en tôle sur elles-mêmes, en leur donnant la forme d'un double T. On conçoit facilement que ce principe, dont nous avons déjà vu l'application dans les pièces des combles en fer et en fonte dont les fonctions sont d'agir en poussée, doit être ici indispensablement appliqué, puisque sans cela la tôle ne pourrait offrir aucune résistance.

Dans le comble ci-dessus mentionné que nous donnons comme exemple de ce genre de construction (1), chaque ferme se compose d'un arc et d'arbalétriers dont l'effet d'écartement est maintenu par un tirant en fer soulagé dans son milieu par une tige qui se rattache à l'arc et au sommet des arbalétriers.

Un autre exemple du même système (2), et qui présente beaucoup

(1) Supplément, tome I, page 202, planche LXXXII.

(2) Id., ib., page 203, planche LXXXII.

d'analogie avec le précédent, en diffère cependant en ce sens que la portée de la ferme en est beaucoup plus étendue, et qu'il ne s'y trouve pas d'entrait pour s'opposer à l'écartement; c'est par la résistance qu'offre l'épaisseur des murs qu'on a pu suppléer à l'absence du tirant.

Il est à propos de faire remarquer ici que si l'expérience a légitimé l'emploi de la tôle dans les deux cas dont nous venons de parler, il n'en faut pas moins reconnaître que ce moyen ne présente pas le caractère de solidité qu'on désire voir dans toute construction; que ces fermes ne sont pas susceptibles de porter une couverture autre qu'une couverture légère en métal, et que si la pente n'était susceptible de donner un facile écoulement aux neiges, on pourrait craindre de les voir s'écraser sous le poids de celles-ci.

Les fermes des combles de l'abattoir de Bourges (1) présentent le premier exemple de l'emploi de la tôle appliquée à la composition des armatures destinées à couvrir les édifices dans notre pays. Le système employé dans ce cas est le même que celui des deux exemples que nous devons à la Russie, quant à la manière de donner à la tôle la rigidité nécessaire pour résister aux efforts latéraux et à ceux de torsion, auxquels la matière par elle-même ne peut opposer aucune résistance. Cet exemple diffère des autres en ce qu'il n'entre point d'arc dans sa combinaison, et qu'il se compose comme les fermes ordinaires en fer forgé; les arbalétriers et les pannes sont en tôle, les pièces qui exercent un effort de traction sont en fer. Par les détails que nous donnons, on peut voir que la combinaison de cette ferme a été bien étudiée, tant dans son ensemble que dans ses assemblages.

*De l'emploi du fer à la construction des serres chaudes.*

Les principales conditions de la construction des serres chaudes étant de présenter des surfaces vitrées de la plus grande étendue possible, afin que les rayons du soleil puissent pénétrer sur tous les points de l'intérieur pour en élever la température, il s'ensuit que le fer, qui est de tous les matériaux employés à construire celui qui donne la plus grande force sous le moindre volume, est particulièrement propre à cet

(1) Supplément, tome I, page 203, planches LXXXIII et LXXXIV.

usage, et c'est peut-être la meilleure application qu'on puisse en faire. C'est ce qu'a parfaitement compris M. C. Rohault lorsqu'il a employé cette matière à la construction des serres du Jardin des Plantes de Paris (1). Au moyen de colonnes en fonte, qui forment les principaux points d'appui des grandes serres carrées, qui renferment les arbres et les plantes des tropiques, et des armatures qu'elles supportent, il a su faire une construction assez vaste pour contenir de grands arbres et en même temps satisfaire à toutes les conditions exigibles en pareil cas, tout en faisant cette construction solide et en lui donnant la plus grande légèreté possible. Ces colonnes creuses, en même temps qu'elles servent de supports, forment tuyaux de descente pour l'écoulement des eaux pluviales. Les serres courbes qui se rattachent à ces pavillons sont composées d'arcs en fer qui, par leur disposition, se présentent le moins obliquement possible aux rayons du soleil, et qui sont combinés de manière à atteindre le but désirable avec la plus grande économie de la matière. En satisfaisant, dans ce cas, aux besoins exprimés par les conditions du programme, l'auteur de ce beau travail donne un intéressant exemple de l'emploi du fer et de la fonte, dans lequel la construction est aussi bien entendue dans ses détails que dans son ensemble, et cet édifice est d'autant plus intéressant qu'il est d'un bel aspect et d'un caractère qui ne laisse point de doute sur sa destination.

Ce que nous venons de dire à propos des serres du Jardin des Plantes de Paris est également applicable à celles de Trianon, à Rouen (2), construites d'après les dessins de M. Lejeune. Sur un programme à peu près le même et avec les mêmes éléments de construction, M. Lejeune, comme M. Rohault, a su satisfaire aux conditions de l'utile avec des moyens simples, bien étudiés et bien appliqués; et en employant la matière avec cette sobriété que réclame l'économie, il a su remplir toutes les conditions du programme et faire en même temps un édifice remarquable par son élégance et son caractère spécial.

Ce qui caractérise particulièrement les serres de Rouen, qui sont d'ailleurs de dimensions moindres que celles de Paris, c'est que l'architecte, et l'entrepreneur, M. Travers, qui exécuta ce travail après avoir construit les serres de Paris, profitant l'un et l'autre des sages

(1) Supplément, tome I, page 204, planches LXXXV et LXXXVI.

(2) Id., ib., page 206, planches LXXXVII, LXXXVIII, LXXXIX, XC et XCI.

leçons de l'expérience, ont su apporter dans l'étude des détails quelques perfectionnements qui portent principalement sur les moyens d'écoulement des eaux pluviales et sur certains ajustages combinés pour les différents mouvements des châssis mobiles. Du reste, cette construction est très-remarquable, tant sous le rapport de la disposition que sous celui des détails de construction, et fait honneur à la fois à celui qui a conçu l'édifice et à celui qui l'a exécuté.

*Application du fer aux fermetures.*

Dans l'ensemble et les détails de la devanture de boutique de M. Guerlain (1), rue la Paix, à Paris, MM. Fédél et Charpentier, architectes, ont donné un exemple de l'application du fer à ces sortes de travaux, par lequel ils font voir que dans ce cas le fer peut avantageusement remplacer le bois, en ce qu'il permet de faire les traverses et les montants, qui constituent la solidité des devantures, beaucoup plus légers, et qu'il donne plus de solidité, tout en laissant la plus grande superficie possible aux parties vitrées, point important dans ce genre de construction.

Ce qui se remarque dans l'exemple que nous donnons, indépendamment du goût qui règne dans cette devanture, c'est le soin apporté dans l'exécution des détails d'ajustement, et surtout dans toutes les parties par lesquelles les panneaux mobiles reçoivent leur mouvement.

Lorsqu'il s'agit de la fermeture des prisons, il est nécessaire d'obtenir une grande solidité, afin de garantir la sécurité en ôtant aux détenus toute chance d'évasion. Nous avons trouvé en Amérique divers exemples de fermetures qui, par des moyens différents, répondent parfaitement à cette condition (2). Toutes ces grilles sont composées de telle sorte que les barreaux, dont la forme est plate, sont assez serrés pour que la main ne puisse y passer, surtout près des serrures; ces serrures sont aussi combinées de manière à constituer une fermeture très-solide et offrant toute facilité pour le service; et comme, pour la discipline de ces maisons, les portes sont

(1) Supplément, tome I, page 208, planche XCII.

(2) Id., ib., page 209, planche XCIII.

d'un usage fréquent, on a poussé la recherche jusqu'à imaginer un mécanisme au moyen duquel cinquante cellules à la fois sont ouvertes ou fermées.

Le même soin dans les détails d'ajustement et d'autres combinaisons aussi ingénieuses se retrouvent aussi dans les châssis mobiles imaginés par MM. Jacquemin, architecte, et Travers, serrurier, pour les fermetures des croisées du Palais de Justice et des prisons de Tours (1). Dans le premier cas, il fallait pouvoir ouvrir et fermer facilement de grands panneaux trop élevés pour être accessibles, et dans le second, donner le moyen d'ouvrir et de fermer, sans cependant entrer dans les cellules, les châssis vitrés par lesquels les prisonniers reçoivent le jour et l'air, et que ce moyen fût en outre simple et facile pour le service; ce but a été atteint.

*De la serrurerie usuelle.*

De tout temps le besoin de fermer les habitations, pour les garantir contre les intempéries ou contre les malfaiteurs, a fait rechercher les moyens de satisfaire à ces conditions par des fermetures plus ou moins fortes et plus ou moins compliquées, suivant les dangers auxquels on était exposé sous l'un ou l'autre rapport. Les moyens journellement en usage dans les constructions privées, qui sont arrivés à produire des appareils à la fois simples, solides et peu dispendieux, dont notre auteur donne quelques exemples (2), font connaître suffisamment les principes de cette partie de la serrurerie, qui sous ce rapport est variée à l'infini, et qui, considérée comme objet de luxe, a de tout temps fourni des motifs heureux de décoration, tout en satisfaisant aux conditions d'utilité qui en font la base.

Dans ces détails, comme dans les grands travaux de serrurerie et comme dans tout ce qui est du ressort de l'art de bâtir, le besoin a créé le principe, et la forme donnée par le besoin a été le type des formes que la civilisation et le luxe ont voulu embellir. L'art simple et vrai est tout naturellement sorti de ces principes, et lorsqu'on s'en est écarté l'art n'a plus produit que divagations et désordre.

(1) Supplément, tome I, page 211, planche XCIV.

(2) Rondelet, tome V, page 177, planches CCI et CCII.

## TROISIÈME SECTION.

## SYSTÈMES DE CONSTRUCTION EN FER FONDU (1).

La résistance de la fonte à la compression étant beaucoup plus grande que la résistance à la traction, il en résulte que relativement à l'art de bâtir, ses analogies physiques se rapprochant plus de celles de la pierre que celles du bois, c'est aux fonctions de la pierre qu'elle doit être assimilée; et conséquemment les principes émis pour l'emploi de cette matière dans les constructions peuvent jusqu'à un certain point lui être appliquées. Cependant, comme à volume égal le fer fondu donne une force de résistance beaucoup plus considérable que celle de la pierre, tout en restant dans le principe, on a dû renoncer à imiter en fonte les formes de la pierre, parce qu'indépendamment de la surabondance de force qui pourrait en résulter, on serait en contradiction avec la raison qui veut que l'apparence de chaque matière mise en œuvre soit l'expression de sa nature. Si au moyen de solides en fonte évidés on peut obtenir la stabilité désirable, on ne doit pas oublier que, par sa nature cassante et sujette à un grand travail de dilatation, cette matière exige dans son emploi des précautions dont on est dispensé par l'emploi de la pierre. Les accidents les plus habituels sont des ruptures occasionnées par des chocs ou par des pressions irrégulières, ou bien par des ajustages mal combinés et qui ne laissent pas les pièces assez libres pour agir suivant les influences de la température.

Si la fonte de fer par sa nature est plus propre à remplacer la pierre que le bois, on verra cependant, par des exemples que nous donnons, qu'elle peut aussi dans certains cas très-avantageusement remplacer le bois. Mais lorsque, par exemple, on l'applique à des combles, il faut autant que possible en réduire le poids, pour ne pas trop charger les murs.

On doit donc éviter avec grand soin d'employer la fonte à des commotions violentes. Si son emploi dans les ponts peut inspirer

(1) Rondelet, tome III, page 319.

quelques craintes sous ce rapport, dans les charpentes des combles il peut donner des avantages sous le rapport de la solidité, outre celui qui résulte de l'incombustibilité de la matière.

Le métal étant d'un prix élevé, on doit rechercher avec soin les moyens de l'économiser, sans préjudice toutefois de la solidité, et former des combinaisons dans lesquelles on puisse, par la répétition des mêmes éléments, n'avoir besoin que d'un petit nombre de modèles différents; on doit avec non moins d'attention éviter l'emploi des pièces de grandes dimensions, qui, outre le surcroît de dépense qu'elles occasionnent, ont l'inconvénient de présenter plus de chances de rupture.

---

## CHAPITRE PREMIER.

### DES PONTS (1).

L'origine de l'emploi du fer à la construction des ponts est déjà d'une date assez ancienne, puisqu'on en trouve l'indication dans les ouvrages des architectes italiens du seizième siècle; dans le dix-septième siècle on l'employa aussi à des travaux du même genre, et notamment au pont de Coalbroockdale, dont nous allons parler ci-après.

Les pièces courbes portant avant de fléchir une charge triple de celle qu'elles porteraient si elles étaient droites et avec la même portée, il suit de là que tous les ponts métalliques sont formés d'arcs plus ou moins surbaissés. Suivant les besoins de la circulation, les voies de travées sont disposées pour une ou deux voitures, avec ou sans trottoirs. Pour diminuer les effets du mouvement produit par le passage des hommes ou par celui des voitures, les voies doivent être séparées des parties métalliques par des plates-formes élastiques. C'est pour cette raison que dans la plupart des ponts la chaussée est portée par des madriers en bois fixés sur des pièces transversales en bois, en fonte ou en fer forgé. On voit par là qu'il est aussi important de préserver le métal des accidents que peuvent occasionner les secousses que de ceux qui peuvent être produits par la dilatation.

(1) Rondelet, tome III, page 320.

Le pont de Coalbrookdale (1), le premier qui ait été construit en fer, a dû son origine à la rareté du bois. Il est formé d'une seule arche de 30 mètres 62 centimètres, composée d'arcs de cercle réunis par des entretoises qui forment des divisions comme celles des voussoirs. Ces arcs de cercle concentriques venant s'arrêter contre les sablières qui portent le plancher du pont, ont par cette disposition l'inconvénient de laisser peser toute la partie du milieu sur un seul des trois arcs, et d'offrir en même temps un aspect peu satisfaisant.

La modification proposée à ce système d'arcs par Rondelet nous paraît répondre mieux aux deux conditions précédentes, en ce qu'en doublant l'arc de cercle et le renforçant par des croisillons, elle augmente la solidité de son armature, et lui donne un meilleur aspect, qualités qui se rencontrent ordinairement unies, car il est rare que ce qui est nécessaire pour la solidité ne donne pas en même temps des formes satisfaisantes pour l'œil.

C'est à Payne qu'on doit l'idée du système de voussoirs en fonte de fer, et c'est en 1790 qu'il en fit le premier essai. La complète réussite de cet essai amena Rowland Burdon à adopter le système de Payne, et à l'appliquer à la construction du pont qu'il fit élever de 1793 à 1796 près de Sunderland, d'après les dessins de Wilson. Ce pont, qui a une seule arche de 71<sup>m</sup>91 d'ouvertures, est assez élevé pour que les vaisseaux marchands y passent à pleines voiles (2).

Un système de châssis en fonte formant des voussoirs fait le caractère principal de ce pont, qui en cela a de l'analogie avec les ponts en pierre de taille. Dans un canal ou rainure ménagée à cet effet dans chaque voussoir, on a placé des plates bandes en fer forgé qui relient d'une manière fort simple les voussoirs entre eux ; combinaison heureuse, qui a pour effet de garantir la fonte contre les chances de rupture auxquelles elle est sujette. Dans ces conditions, chacun de ces deux éléments de construction remplit les fonctions qui lui conviennent le mieux : la fonte agit en butée et le fer en tirant.

Par comparaison, Rondelet donne pour ce système une modification qu'il propose comme ayant plus de régularité, et qui pourrait être adoptée pour des cas semblables.

(1) Rondelet, tome III, page 320, planche CLVII.

(2) Id., ib., page 322, planche CLVIII.

Le pont de Staines (1), quoique d'une dimension moindre que celle du pont de Sunderland, est cependant presque en tous points semblable à ce dernier. Quant au système, il n'en diffère que par quelques détails et par l'absence des plates-bandes en fer, qui sont une des bonnes combinaisons du pont de Sunderland : les tenons mobiles qui remplacent les plates-bandes ont pour inconvénient grave de rendre difficiles les remplacements que les ruptures pourraient nécessiter.

La variante que donne Rondelet pour ce pont est semblable à celles qu'il a données pour ceux qui précèdent, et présente par conséquent les mêmes avantages.

La fonte étant une matière cassante, il s'ensuit qu'elle est sujette à des ruptures lorsqu'elle est exposée à recevoir des chocs, dans la construction des ponts par exemple; on doit donc s'appliquer à combiner entre elles toutes les pièces de manière à ce qu'elles puissent facilement être remplacées, en cas de rupture, sans le déplacement des autres.

Lorsque les ponts en fer ou en fonte comme ceux dont nous nous occupons ne sont destinés qu'au passage des piétons, le peu de charge qu'ils ont à supporter permet d'en combiner les armatures dans un système de légèreté qui ne serait pas admissible pour les ponts destinés à porter de lourds fardeaux; c'est ce qui a été observé dans la construction du pont des Arts à Paris (2), dont les arches se composent de simples courbes en arcs de cercle qui sont contre-butées vers les reins par d'autres courbes semblables.

A une variante que Rondelet donne de cette armature, dont il fait l'éloge, il croit cependant nécessaire d'ajouter une barre continue pour relier le sommet des arcs, et une autre pour servir de corde aux arcs du dessus des piles. Les deux autres combinaisons données par notre auteur sont, l'une dans un système de légèreté analogue à celui des précédentes, et l'autre composée de voussoirs qui lui donnent une solidité qui la rendrait capable de résister au passage des voitures.

Sans répéter ici ce que dit Rondelet relativement à la charge que les ponts ont à supporter (3), nous dirons cependant que les ponts destinés aux piétons pouvant accidentellement avoir à supporter une foule considérable, il faut leur donner une force suffisante pour

(1) Rondelet, tome III, page 323, planche CLIX.

(2) Id., ib., page 325, planche CLX.

(3) Id., ib., page 106.

résister dans ce cas, ou bien se trouver contraint d'en interdire le passage lorsque ces foules peuvent survenir, comme on est obligé de le faire pour le pont des Arts.

Le pont d'Austerlitz à Paris, que donne Rondelet (1) comme dernier exemple de ponts en fer, repose sur un système de voussoirs qui a de l'analogie avec celui du pont de Sunderland; il n'en diffère que par quelques détails, et notamment en ce que, par raison d'économie, on n'a pas appliqué à ce pont les barres de fer forgé inscruées dans les voussoirs en fonte du pont de Sunderland, à l'effet de les relier entre eux. Une autre raison de cette suppression fâcheuse a été la difficulté d'exécution, difficulté qui n'était cependant pas de nature à faire renoncer à ce bon moyen. La structure du pont d'Austerlitz diffère encore de celle du pont de Sunderland dans le remplacement des cercles qui remplissent les tympans par des châssis formés de deux arcs concentriques et les montants qui leur sont normaux.

Par un moyen que donne Rondelet, les voussoirs pourraient être avantageusement remplis de croisillons et les montants normaux continués jusqu'au-dessous du tablier. Si, comme le pense notre auteur, ce système donne plus de solidité et plus de régularité que l'autre, il nous paraît moins heureux comme aspect.

Pour les ponts où les armatures ne peuvent être situées au-dessous du plancher, la force réside dans un système d'arbalétriers ou d'arcs combinés au-dessus, ce qui a fait donner à ces ponts le nom de ponts suspendus. C'est ainsi qu'est établi celui construit sur le canal du Régent pour le chemin de fer de Londres à Birmingham (2); et comme dans les ponts qui ont cette destination il faut une grande force pour résister aux charges considérables qui résultent du passage des convois, le plancher sur lequel les rails sont établis répond à cette condition au moyen des poutres en fonte sur lesquelles sont établis les sièges en chêne qui reçoivent les coussinets.

Dans un autre exemple se trouve une disposition mixte, c'est-à-dire que le tablier est en partie supporté et en partie suspendu. Cet exemple est le pont construit sur le canal de Paddington, et le chemin de fer à Wormholt Scrubbs (3). La force de ce système, qui a beaucoup

(1) Rondelet, tome III, page 326, planche LCXI.

(2) Supplément, tome I, page 212, planches XCV et XCVI.

(3) Id., ib., page 213, planche XCVII.

d'analogie avec celui du pont en bois du Necker, que nous avons donné pl. XL, est toute dans les quatre arcs en fonte qui, aux deux extrémités, supportent le plancher, tandis qu'au milieu ils le tiennent suspendu ; ces arcs sont accouplés sur chaque tête du pont, afin de laisser libre le passage au milieu. Pour éviter de faire un double pont, on a choisi pour établir celui-ci le point où le chemin de fer passe sous le canal, ainsi que l'indique la figure.

Revenant aux ponts supportés par des arcs, nous en trouvons un exemple des plus simples dans celui qui forme chemin couvert sous Parck-Street à Londres (1). Dans ce pont, dont les arches ont cependant une assez grande portée, toute la force nécessaire pour supporter l'appareil et le poids considérable des wagons qui passent dessus se trouve dans des arcs en fonte d'un seul morceau. Il est vrai de dire que le réseau en fonte qui remplit les tympans des arcs y ajoute une force assez considérable qui les soulage beaucoup.

Le système de vousoirs appliqué aux ponts en fonte ne s'est pas arrêté aux combinaisons dont Rondelet a donné des exemples : les progrès de l'industrie du fer et les développements donnés aux fonderies ont fait voir que, par les moyens aujourd'hui en pratique dans ces grands et dispendieux établissements, la matière pouvait sous toutes les formes se prêter à des combinaisons que nulle autre ne pouvait permettre : c'est en raison de la force qu'elle donne qu'avec des plaques de fonte en arcs de cercle, et placées au bout l'une de l'autre, on a pu former l'arche d'un pont d'une grande dimension qui a été érigé sur la rivière de Trent dans le Staffordshire, en Angleterre (2). Les fermes de ce pont, au nombre de cinq, sont reliées entre elles par des entretoises perpendiculaires et diagonales qui s'opposent à tout mouvement oscillatoire, et forment ensemble un système de construction très-solide, ce que quinze années de durée ont déjà suffisamment prouvé.

Si dans l'origine on ne trouve la fonte employée à la construction des ponts que comme l'étaient la pierre et le bois, on a pu voir par quelques-uns des exemples qui précèdent que depuis on s'est quelquefois éloigné de ces principes en usant du nouvel élément de manière

(1) Supplément, tome I, page 213, planche XCVII.

(2) Id., ib., page 214, planche XCVIII et XCIX.

à produire des constructions d'un genre tout nouveau : nous en trouvons un exemple très-important dans le pont du Carrousel, construit à Paris, vis-à-vis la rue des Saints-Pères, par M. Polonceau (1).

Cet ingénieur d'un haut mérite, voulant éviter les accidents auxquels sont sujets les voussoirs, et notamment la reproduction de ceux que les vibrations ont occasionnés au pont d'Austerlitz, et ceux d'un autre genre qui peuvent résulter d'arcs formés de plaques comme celles qui se trouvent dans l'exemple précédent, imagina de former ses arcs en fonte de demi-tuyaux ou voussoirs qui, placés l'un contre l'autre et de manière à croiser les joints, se maintiennent déjà d'eux-mêmes, et qui, répétés cinq fois dans la largeur du pont et reliés entre eux par des entretoises perpendiculaires et diagonales, acquièrent ainsi une grande solidité qu'augmentent encore d'heureuses combinaisons d'assemblages faits de manière à ne pas affaiblir la matière; d'un autre côté, les arcs ou âmes en bois qui remplissent le vide des tuyaux de fonte leur donnent une force et une élasticité qui sont une garantie de plus contre les ruptures.

Lorsqu'il est nécessaire d'établir des ponts sur les canaux, et que, sans élever ces ponts, on ne veut pas intercepter la navigation, on fait ce qu'on appelle des ponts tournants, qui, au moyen d'un mécanisme qui permet de les ouvrir, laisse le canal entièrement libre.

Par l'exemple que nous donnons de l'un de ces ponts dont le tablier est établi sur des arcs (2), on peut reconnaître que les cinq fermes dont ils se composent forment, pour chaque moitié du pont, un système de bascule dont toute la charge est portée sur une plaque tournante posée sur des galets comme celles des chemins de fer. La charge momentanée occasionnée par les voitures qui passent sur ce pont tend à faire baisser le plancher dans son milieu; mais la juxtaposition des deux parties du pont et l'appui que trouvent les fermes par l'épaulement inférieur qui presse contre les culées empêchent que cet effet n'ait lieu. Le mouvement est donné à tout l'appareil au moyen d'engrenages qui le rendent très-facile.

(1) Supplément, tome I, page 214, planches C et CI.

(2) Id., ib., page 220, planche CII.

*Des ponts suspendus (1).*

Les ponts suspendus proprement dits n'ont été en usage en Europe que longtemps après que les peuples de l'Asie et de l'Amérique méridionale les ont eu employés pour la première fois. Le premier des ponts en chaînes exécuté en Europe a été construit en Angleterre, mais c'est dans l'Amérique septentrionale qu'ils ont d'abord été employés dans un but d'utilité publique. Le premier pont suspendu auquel on ait donné une importance telle qu'il puisse être comparé à tous ceux qui ont été faits depuis est celui qui fut jeté sur le Tweed, à Norhamfort, pour joindre l'Angleterre à l'Écosse, et auquel on donna le nom de pont de l'Union.

Ce pont est donné par Rondelet (2) comme résumant, à quelques détails près, tout le système sur lequel repose ce genre hardi de construction.

A cela près que d'un côté les chaînes de suspension du pont de l'Union sont directement attachées à un rocher qui le domine à une de ses extrémités, le système de ce pont a été presque entièrement observé dans la construction de tous ceux qu'on a faits depuis, et qui se composent de culées avec massifs d'amarrage dans lesquels s'attachent les extrémités des câbles de suspension, de supports sur lesquels reposent les câbles comme sur des chevalets, et de chaînes ou câbles en fer ou en fils de fer auxquels sont fixées les tiges verticales de suspension, et qui supportent les poutrelles sur lesquelles sont établis les madriers ou plancher auquel on a donné le nom de tablier.

Les avantages incontestables que peuvent présenter les ponts suspendus, dans certains cas, sur les ponts ordinaires, les ont fait admettre dans mille circonstances; et la science, à laquelle il appartient d'éclairer les questions relatives à l'art de bâtir, a tellement facilité les moyens d'exécution qu'on n'a point attendu que l'expérience eût prononcé, car depuis le jour où le pont de l'Union a été construit

(1) Rondelet, tome III, page 329.

(2) Id., ib., p. 341, planche CLXII.

les rivières et les fleuves de l'Europe ont été couverts en divers points de leur cours de semblables constructions.

Cependant les observations que Rondelet rapporte, d'après M. J. Cordier (1), font connaître que ce système de ponts ne peut être préféré aux ponts en fer et en bois, ni sous le rapport de la nouveauté : de temps immémorial les peuples de l'Inde et d'autres en ont fait usage; ni sous le rapport d'une difficulté vaincue par la science, la pratique et les simples éléments des mathématiques suffisant pour les établir; ni sous le rapport du caractère monumental, puisqu'ils sont d'une construction trop fragile pour braver l'action du temps; ni sous le rapport de la solidité, puisque, malgré les épreuves qu'on leur fait subir, un choc accidentel ou la malveillance peut facilement les faire écrouler; ni même sous le rapport de l'économie : les calculs les plus simples contiennent la preuve de leur désavantage même à ce point de vue, car, en considérant la question de durée, on voit qu'elle donne tout avantage sous ce rapport aux ponts en pierre et en bois.

Il résulte de ce qui précède que les grands avantages attribués aux ponts suspendus sont plus apparents que réels, et qu'à quelques exceptions près, qui peuvent être motivées par des difficultés de localité ou des circonstances particulières qui ne permettraient pas l'emploi d'autres moyens, les ponts en pierre et même en bois doivent toujours leur être préférés.

Si, mettant de côté les considérations qui précèdent, on veut examiner ces édifices sous le rapport de l'effet qu'ils produisent, on verra que l'impression qu'on en reçoit est des plus désagréables. Ils sont d'une si frêle apparence que c'est avec une sorte de répugnance qu'on se décide à les franchir; et cette impression, qui naît d'un sentiment naturel, a une grande influence sur nos jugements en fait d'architecture, car il est difficile que la raison accorde à un édifice la solidité, qui en est la condition essentielle, lorsque son apparence semble vouloir convaincre les yeux du contraire.

Si du point de vue de l'art nous embrassons d'un coup d'œil les différents systèmes de ponts, nous verrons que les plus anciens sont les plus beaux, parce qu'ils sont les meilleurs (nous voulons surtout parler des ponts romains) : ils sont les plus beaux parce que le parti

(1) Rondelet, tome III, page 336.

pris pour en faire des constructions qui ont résisté à plusieurs milliers d'années a amené à leur donner des formes qui satisfont tout à la fois la raison et le goût. Si la science a souvent facilité la solution de difficultés inévitables, souvent aussi elle s'est posé des difficultés pour le seul plaisir de les résoudre. On peut dire qu'en général elle n'a pas fait progresser l'art dans le sens que nous indiquons : plus les constructions qu'elle a produites ont été hardies, moins les formes en ont été bonnes ; plus les formes se sont éloignées de celles qui présentent le plus grand caractère de solidité, moins elles ont été belles.

Si nous voulons pousser nos investigations jusqu'aux ponts modernes en les comparant entre eux, et si nous les portons sur les ponts en fer supportés par des arcs, ce que nous pourrions faire également pour les ponts en bois, nous trouvons que là encore les qualités de solidité apparente s'accordent avec celles de solidité réelle, et que les plus beaux sont aussi ceux qui présentent ces avantages au plus haut degré. C'est ainsi que de tous les ponts de ce genre construits à Paris le pont du Carrousel est le plus satisfaisant, parce qu'il reçoit des tubes en fonte dont ses arcs sont formés un aspect de force que les autres n'ont pas ; et plus la courbure des arcs se rapprocherait du plein-cintre, plus grande serait la solidité aussi bien réelle qu'apparente, car c'est à cette forme que les ponts antiques romains ont dû d'arriver jusqu'à nous. De tous les ponts, les plus défectueux, sous le rapport de la solidité comme sous celui de l'aspect, sont sans contredit les ponts suspendus.

#### *Des coupoles.*

Rondelet, en parlant des planchers, a fait voir que les plus solides sont ceux qui sont formés d'armatures fortifiées par des arcs de cercle intérieurs (1).

La courbure apparente des voûtes permet aussi de les former d'armatures composées de segments de cercle (2).

Pour les voûtes qui portent des planchers, les parties comprises entre la courbe et le sol supérieur, qu'on appelle les reins de la voûte, four-

(1) Rondelet, tome III, page 341.

(2) Id., ib., planche CLII.

nissent un moyen de donner une grande force aux armatures. Il en est de même des fermes des combles; quant aux voûtes en berceau d'un grand diamètre, il faut de grandes précautions pour les empêcher de pousser les murs, effet que ne manquent pas de produire leur poids, leur élasticité et les variations de la température (1).

Sur un plan carré les voûtes en arcs de cloître sont préférables à celles en berceau, parce que les arcs d'arêtier contribuent beaucoup à les consolider (2). Mais le système de voûtes le plus solide est celui des voûtes sphériques, parce qu'il reçoit une grande force de résistance des cercles horizontaux qui entrent dans ses combinaisons. Cependant les effets de dilatation peuvent encore très-fortement agir sur ce genre d'armatures et en altérer les assemblages. C'est pour éviter les effets de l'action trop immédiate de l'atmosphère sur ses armatures qu'il faut avoir soin de ne point les couvrir de matières métalliques trop minces qui ne peuvent les abriter (3). Quant à l'objection faite relativement au poids, d'après les principes de la construction des voûtes de ce genre, on sait que dans cette circonstance le poids convenablement réparti loin d'en diminuer la solidité l'augmente.

Ces observations se rapportent à un projet de coupole en fer que notre auteur avait fait pour la couverture de la halle au blé de Paris (4). Tous les compartiments de cette coupole étant composés de panneaux qui formaient autant de vousoirs, on conçoit que chaque rang horizontal pouvant être considéré comme une assise annulaire, la construction en eût été très-simple et la pose très-facile, car chaque rang formant un système complet et parfaitement solide, on pouvait s'établir dessus pour poser le rang supérieur, et par conséquent éviter en quelque sorte les échafauds obligés pour d'autres combinaisons.

Dans la coupole exécutée on a fait en partie l'application des principes d'après lesquels le projet précédent avait été conçu; la différence qui s'y remarque cependant consiste en ce que les compartiments sont formés de côtes simples verticales et horizontales (5), au

(1) Rondelet, tome III, page 341, planche CLII.

(2) Id., ib.

(3) Id., ib., page 342.

(4) Id., ib., planche CLXIII.

(5) Id., ib., page 343, planche CLXIV.

lieu que dans le projet les compartiments étaient doubles. Les soins apportés à l'exécution de ce beau travail et l'heureuse combinaison des armatures, qui sont d'une grande légèreté, font voir combien la forme circulaire est favorable à l'exécution des coupoles en général, et combien, lorsque ces coupoles peuvent être exécutées en fer, la forme et la matière bien combinées sont susceptibles de donner de solidité avec les dimensions les plus réduites. Cette considération nous amène à conclure que la première condition pour faire une bonne construction de coupole, comme en général de toute autre partie d'édifice, est de chercher la forme qui, par elle-même, offre le plus de solidité; car alors l'application de moyens simples suffira pour la réaliser, et de cette première disposition naîtront toujours des combinaisons simples qui, avec la plus grande économie de matière, donneront les résultats les plus satisfaisants aussi bien sous le rapport de l'art que sous celui de la solidité.

La forme polygonale régulière offre aussi de grands avantages, en ce que, ainsi que nous l'avons déjà dit, au moyen de contre-forts placés aux angles pour résister aux poussées, ou de chaînages qui atteignent le même but, on peut établir un système d'armatures dans lequel les forces de résistance peuvent se combiner avec celles de butée, de manière à former un ensemble parfait sous le point de vue de la solidité; c'est ce qui se trouve dans le comble de Saint-Dunstan dans l'Ouest à Londres (1), où un système d'arêtiers en fonte d'un seul morceau appuyé sur chaque angle rentrant, en se reliant au sommet dans une clef pendante qui orne le centre, offre à la fois une combinaison simple, solide et d'un bon effet.

De nos jours l'industrie a pris un tel développement, qu'on pourra la considérer comme le trait dominant du caractère de notre époque; aussi son influence se fait-elle sentir en dehors de sa propre sphère. C'est sans aucun doute à l'industrie qu'il faut attribuer l'importance toujours croissante du rôle que remplit le fer dans nos constructions architecturales. C'est elle qui a su plier à sa fantaisie ce métal qui fait sa richesse, et qui a en quelque sorte appris à l'architecture l'emploi qu'elle en pouvait faire. Sa puissance est grande relativement à son volume : employé après avoir subi la préparation de la forge, il oppose

(1) Supplément, tome I, page 200, planche LXXXI.

la plus grande résistance à la traction ; s'il a subi l'opération de la fonte, il résiste à la pression avec autant d'efficacité, et il possède sous l'une et l'autre forme ces propriétés à un degré qui ne se rencontre dans aucun des matériaux employés à la construction. A ces qualités il ajoute celle non moins précieuse de diminuer de beaucoup les chances d'incendie.

Certes l'admission du fer au rang des principaux matériaux de construction a déjà fait subir à l'art de sérieuses modifications ; mais il est, nous pouvons le prévoir, appelé à les rendre plus sensibles encore.

Sans vouloir nous livrer à une recherche minutieuse des circonstances où son application produit le plus d'avantages, nous pouvons citer son emploi à la construction des serres, ou il s'efface, pour ainsi dire, pour faire jouir les plantes dérobées à de brûlants climats de l'action préservatrice des rayons du soleil, et l'application qu'on en fait à la construction de ces couvertures légères qui, quoique immenses, sont peu dispendieuses comparativement à ce qui résulterait de l'emploi des autres éléments de construction.

Quant au style qui lui convient particulièrement, il faut, comme en toute circonstance, le trouver dans les propriétés de la matière ; c'est d'elles que doit résulter partiellement la physionomie des édifices que ce métal constitue, soit dans leur ensemble, soit dans leurs parties.

En général nous pensons que, vu les propriétés spéciales du fer et de la fonte, ce métal ne peut guère être employé avec tous ses avantages qu'en le combinant sous ces deux formes ; et comme il offre dans une telle combinaison, jointe à une grande force sous un petit volume, la propriété de fixer par son refroidissement les formes qu'il prend avec la plus grande facilité dans les moules au moment de la fusion, son emploi se caractérise par un style à la fois frêle et riche d'ornementation.

---

## LIVRE HUITIÈME.

## COUVERTURE.

## PREMIÈRE SECTION,

DISPOSITION DES MATÉRIAUX FAÇONNÉS EXPRES  
POUR LA COUVERTURE DES BATIMENTS.

## CHAPITRE PREMIER.

DE LA PENTE DES COMBLES (1).

La couverture forme la clôture supérieure des édifices; son but est non-seulement d'abriter les objets qu'ils renferment et les personnes qui s'y trouvent, mais encore de conserver l'édifice lui-même en rejetant au dehors les eaux qui pourraient, en pénétrant dans les constructions, les dégrader et les détruire. Cette condition laisse une grande latitude quant à l'inclinaison des toits, mais la nature des matériaux employés la limite quelquefois; tantôt il faut que la pente soit peu considérable, pour qu'ils ne glissent pas: ceux-ci doivent être favorables à l'écoulement des eaux; tantôt, au contraire, il faut, pour l'écoulement, que la pente soit rapide; dans d'autres cas, la matière propice à l'écoulement, et pouvant sous ce rapport être établie suivant une surface peu inclinée, donnerait les plus mauvais résultats eu égard à la facilité avec laquelle l'eau remonterait entre les surfaces en contact, et il faut alors, malgré cette propriété de la matière, que l'inclinaison soit grande pour éviter ce résultat, comme aussi pour que les vents n'enlèvent pas les parties dont la couverture est formée. Ainsi l'on voit que ce

(1) Rondelet, tome III, page 345.

n'est pas tant la pluie que la nature même des matériaux qui influe sur le plus ou moins de pente à donner aux toits. Il ne faudrait pas conclure de là cependant que le climat n'a point sa part dans la diversité des hauteurs des combles ; c'est à lui qu'on doit, au contraire, attribuer principalement la physionomie architecturale de ces parties des édifices. En effet, comme il est toujours facile de trouver une matière qui puisse s'adapter à toutes les inclinaisons (1) pour former une couverture convenable, puisque la tuile peut répondre à cette condition, il est tout naturel de profiter de cette circonstance pour ne donner aux combles que la hauteur nécessaire afin d'économiser sur leur construction.

D'après ces considérations, il est aisé de conclure que la couverture naturelle des édifices dans tout pays exempt de pluie est la terrasse ; car, comment supposer qu'on ait cherché sans but l'assemblage de charpente ou la maçonnerie qui constitue un comble, quand il est si naturel de former cette partie comme le reste de l'enceinte, c'est-à-dire par une surface plane. L'Égypte, qui se trouve dans le cas supposé, témoigne de cette vérité. Dans la Grèce, les pluies ont fait découvrir les combles à deux pentes, si heureusement exprimées par le fronton, qu'on a depuis considéré cette partie en quelque sorte comme le complément indispensable de tout effet architectural, puisqu'on l'applique souvent sans autre but que de former décoration. Quant à la préférence à accorder à une inclinaison plutôt qu'à une autre, nous croyons pouvoir dire que la raison d'art se joint à celle d'économie pour faire préférer les toits peu inclinés comme s'harmonisant mieux avec les formes architecturales des éléments antiques, qui nous semblent sous ce rapport arrivés à la perfection.

Il se peut que la pente des toits doive augmenter sous les divers climats en raison de la fréquence des pluies ; cependant, si le toit est construit de manière à prévenir complètement l'introduction de l'humidité, ce qui doit avoir lieu, quelle que soit l'inclinaison adoptée, les pluies, quelque multipliées qu'elles soient, ne pourront jamais s'introduire par cette voie. Ce n'est donc pas tant pour les pluies qu'il faut donner de l'élévation aux combles, que pour les neiges, qui ont l'inconvénient de détruire les couvertures et de fatiguer les charpentes

(1) Rondelet, tome III, pages 350. et 352.

qui les supportent, par le poids considérable dont elles les chargent souvent. Il est donc nécessaire que dans le Nord les édifices soient surmontés de combles élevés, dont les surfaces présentent toute l'uniformité possible, afin que les neiges ne puissent y séjourner.

La couverture en bardeaux fait le sujet du chapitre deuxième de Rondelet (1); il commence son chapitre troisième des couvertures en tuiles par un précis sur leur fabrication (2). Les tuiles sont ou plates ou creuses; mais ces deux espèces comprennent un assez grand nombre de variétés: les tuiles plates exigent plus de pente que les tuiles creuses, à cause de la répartition régulière de l'eau sur toute leur surface, répartition qui l'empêche de couler avec facilité; elles peuvent être employées pour couvrir les combles surhaussés. Ces tuiles, qui ne peuvent être posées suivant une inclinaison moindre de 27 degrés (3), ne peuvent s'y maintenir d'elles-mêmes; on les établit sur un lattis, auquel elles s'accrochent au moyen de tasseaux qu'elles portent à leur partie supérieure, ou bien encore on y ménage des trous pour y introduire des clous ou des chevilles, et l'on obtient ainsi le même résultat.

Les tuiles creuses ont sur les tuiles plates l'avantage de réunir les eaux dans des canaux dans lesquels elles sont assez abondantes pour couler facilement. Le maximum de pente qu'on puisse donner à ces tuiles, qui ne se maintiennent que par leur propre poids, est de 26 degrés (4). Outre que ces tuiles ne peuvent se maintenir sur des pentes rapides, les canaux qui leur donnent pour l'écoulement des eaux l'avantage sur les tuiles plates sont précisément ce qui les empêcherait de répondre à la question des neiges, au glissement desquelles ces canaux mêmes seraient un obstacle.

Nous avons donné dans les dix premières figures de la planche CIII du Supplément des exemples de couvertures en tuiles plates et creuses; les figures 1 et 2 représentent des tuiles plates à rebords qui ne permettent point à l'eau de pénétrer entre elles, comme cela a lieu dans les couvertures ordinaires lorsqu'elle est refoulée sur la pente du comble par un vent violent; d'ailleurs, elles chargent beaucoup moins, puisqu'elles sont simples en épaisseur, tandis que les autres sont éta-

(1) Rondelet, tome II, page 346.

(2) Id., ib., page 347.

(3) Id., ib., page 352.

(4) Id., ib., page 350.

blies en triple épaisseur sur toute l'étendue de la surface : à ces avantages elles joignent celui d'être d'un aspect plus agréable. Les figures 3, 4, 5, 6, sont des détails de tuiles creuses formant faitage pour obvier à l'inconvénient des joints en plâtre signalé par Rondelet (1).

Les couvertures en ardoise, dont parle Rondelet, chapitre quatrième (2), sont sujettes à être détruites par les vents lorsque leur inclinaison n'est pas suffisante. La pente des combles couverts de cette matière doit être de 30 degrés au moins ; ce n'est que sous des pentes considérables que les eaux peuvent s'écouler convenablement, autrement elles remontent sous les ardoises ; il résulte de là que cette matière est particulièrement applicable dans les pays du Nord, où les combles sont nécessairement élevés.

Après avoir traité de la manière dont la couverture d'ardoise se fait à Paris (3), notre auteur passe aux couvertures en pierre, qui font l'objet du premier chapitre de la deuxième section (4) ; le deuxième chapitre est consacré aux couvertures en cuivre (5), en plomb (6) et en zinc (7) ; enfin, les couvertures en chaume et en roseaux forment le chapitre troisième (8).

Les couvertures en pierre s'appliquent particulièrement à des terrasses ou à des toits de peu d'inclinaison ; les fig. 11, 12, 13, 14, 15 de la pl. CIII du Supplément sont des détails du dallage en pierres de Chérence, dont nous avons fait revêtir le dessus de l'acrotère de l'arc de triomphe de l'Étoile. Les constructions sur lesquelles ce dallage est établi n'étant sujettes à aucun changement de volume, les joints, qui y sont bien remplis de mastic de d'hil, ne sont point sujets à s'ouvrir ; d'ailleurs, ils sont pour ainsi dire par leur disposition, comme on peut le voir par la fig. 13, qui en est un détail, à l'abri de l'humidité. Depuis l'année 1835, époque à laquelle ce dallage a été établi, il n'a pas laissé pénétrer les eaux dans les constructions inférieures.

A ces détails nous avons joint, comme exemple de couvertures

(1) Rondelet, tome III, page 354.

(2) Id., ib., page 356.

(3) Id., ib., page 360.

(4) Id., ib., page 362.

(5) Id., ib., page 365.

(6) Id., ib., page 366.

(7) Id., ib., page 368.

(8) Id., ib., page 370.

antiques, ceux de la couverture en marbre du temple d'Apollon Épïcური à Bassœ, qui répondent le mieux possible, sous tous les rapports, à l'objet qu'on avait eu en vue dans leur construction ; ces derniers sont contenus dans la pl. CIV du Supplément.

L'objection la plus grave qu'on ait à opposer aux métaux considérés dans leur application à la couverture des édifices, c'est d'exciter la cupidité ; sauf cette considération, on peut, en ayant soin de les disposer de manière à laisser toute liberté aux mouvements auxquels ils sont sujets par suite des variations de température, obtenir les meilleurs résultats.

Nous avons donné, dans la pl. CV de notre Supplément, deux exemples de couverture en métal, l'un applicable à tous métaux laminés, l'autre représentant en détail un système de couverture au moyen de tuiles en fonte. Nous renvoyons à la page 223 du premier volume de notre Supplément pour l'explication de ces deux exemples.

La fonction du toit étant de préserver l'édifice qu'il couvre des ravages et de la destruction qu'y occasionnerait sans lui l'introduction de l'humidité, il en forme une partie essentielle : c'est à ce titre qu'il a donné lieu en Grèce, où il semble avoir pris naissance, à un des motifs principaux de la décoration, au fronton, qui le représente, et qui devient, par conséquent, un élément caractéristique de l'ordonnance architecturale, comme le toit lui-même est un élément caractéristique de la construction. C'est par le toit et le fronton que la construction et le style architectural grecs se distinguent de la construction et du style égyptiens ; ils sont profondément caractéristiques, car le toit est commandé par le climat pluvieux de la Grèce, et le fronton en est le résultat immédiat, tandis que rien dans l'Égypte, dont la pluie n'arrose point le sol, ne pouvait même en suggérer l'idée.

Après avoir considéré le toit relativement à son objet, si on le considère relativement à sa physionomie, on le voit en Grèce peu incliné ; c'est qu'il n'avait là d'autre fonction que d'offrir une pente suffisante pour l'écoulement des eaux, et que la couverture était de pierre ou de marbre, et disposée de manière à ne point leur permettre de remonter entre les joints. A Rome, l'inclinaison du toit devient plus prononcée ; on peut attribuer cette modification à deux causes : ou l'inclinaison du toit de la Grèce a été augmentée comme la hauteur de ses ordres, pour rester en harmonie avec eux ; ou cette augmenta-

tion a été le résultat de l'emploi, dans la couverture, de la tuile à la surface raboteuse, au lieu du marbre et de la pierre.

Au moyen âge, la pente des toits se régla sur celle des frontons encadrant l'ogive, qui introduisit dans le style dit gothique le goût des formes élevées. Cependant, bien qu'on puisse admettre que c'est sous l'influence de la transformation de l'arc plein cintre en arc-ogive que les pentes du toit ont acquis cette rapidité, on ne peut disconvenir que dans les climats du Nord, domaine de cette architecture, ces pentes n'aient la propriété de rejeter non-seulement les eaux, mais encore les neiges, qui y sont fréquentes, et que lorsque la couverture est formée de matériaux de peu d'épaisseur, tels que l'ardoise, par exemple, le vent ne pouvant pénétrer entre les joints, vu leur inclinaison, ne peut les enlever; d'ailleurs, cette inclinaison dispense des précautions prises dans l'antiquité pour empêcher l'eau de remonter dans les joints, permet de poser les tuiles de manière qu'elles ne forment qu'un simple recouvrement les unes sur les autres.

Dans l'époque suivante, on conserva les toits élevés, qu'on avait reconnus d'un bon usage; mais dans la suite leur inclinaison paraît souvent avoir été abandonnée à l'arbitraire. Au reste, ni les toits peu inclinés ni les toits très-élevés ne sont absolument bons ou absolument mauvais; car la pente doit se régler en raison du climat, de la nature des matériaux employés et de leur disposition.

Au point de vue architectonique, le toit est, à son origine, partie intégrante de l'édifice; il est de même matière, et forme le complément de son architecture; sans lui le temple grec est inachevé ou en partie détruit. L'architecture romaine s'éloigne déjà de ce principe; divers matériaux sont employés, et par conséquent les formes qui en résultent ne sont plus en harmonie parfaite avec l'architecture de l'édifice; cependant elles se combinent encore avec elle et s'efforcent d'ajouter à ses charmes. Dans l'antiquité, en outre des formes propres, les toits étaient décorés d'antéfixes et même de sculptures importantes reposant sur des acrotères.

Dans le moyen âge et la renaissance, les toits, comme dans beaucoup d'édifices romains, manquent à la condition d'unité rigoureuse qui résulte de l'emploi d'une seule et même espèce de matériaux, mais ils concourent encore à caractériser les édifices et à les embellir par les découpures qui décorent leurs crêtes et leurs arêtes inférieures.

A toutes ces époques on a compris qu'une partie si utile de l'édifice devait être non-seulement apparente, mais encore qu'elle devait être agréable aux yeux ; et malgré le bon parti qu'on en a su tirer alors, on a vu depuis des architectes, au lieu d'imiter ce sage exemple, cacher aux yeux cette partie essentielle et perdre par ce mensonge tous les avantages que tant de prédécesseurs en avaient obtenus.

---

## LIVRE NEUVIÈME.

### THÉORIE DES CONSTRUCTIONS (1).

---

D'accord avec notre auteur, nous pensons que la théorie et la pratique de la construction forment dans l'art de bâtir une seule et même science, qui constitue tout entière la partie matérielle de l'architecture. La théorie sans pratique n'a pour résultat que d'amener à la conception des illusions les plus dangereuses. La pratique sans la théorie n'a que le passé pour domaine ; tout progrès est interdit à l'art qu'elle tient sous sa dépendance ; mais au contraire, si la théorie lui prête ses lumières elle avance avec certitude dans la vaste étendue du possible, et modifie ses moyens en raison des circonstances et des besoins variés auxquels elle doit satisfaire.

Notre but n'étant pas de transformer l'ouvrage de notre auteur en faisant des additions aux parties dans lesquelles il s'est lui-même posé des limites, nous n'aurons point à traiter des sujets dont ce livre est composé, comme étant par leur nature invariables. Nous ne mentionnons donc que pour y renvoyer nos lecteurs les principes de mécanique qui en forment la première section (2), non plus que l'application de ces mêmes principes au mouvement des matériaux qui forment la seconde (3). Dans la troisième section sont traitées les questions relatives

(1) Rondelet, tome IV, page 1.

(2) Id., ib., page 5.

(3) Id., ib., page 24.

au fondement des édifices (1). La quatrième section est relative à la stabilité et à la force des murs et points d'appui (2). Après avoir exposé les règles relatives à la stabilité et les résultats d'expériences faites sur la force des diverses espèces de pierres en raison de la nature et de la forme qui leur est donnée dans l'emploi, notre auteur compare les superficies de l'aire et des constructions dans plusieurs édifices (3); nous ne le suivrons pas dans ce calcul de surfaces, mais nous profiterons des plans qu'il donne de ces édifices pour faire du point de vue de la construction quelques observations à leur sujet.

Les basiliques de Saint-Paul hors les murs et de Sainte-Sabine à Rome n'offrent, comme on peut s'en convaincre par l'inspection de leurs plans donnés dans Rondelet, pl. CLXXXIV, fig. 1 et 2, que des points d'appui capables de résister verticalement; aussi sont-elles couvertes par des plafonds comme les édifices antiques, dont elles imitent la disposition sous le rapport de la stabilité. On peut dire de ces édifices qu'ils ont ce caractère de simplicité naïve qui est le partage des époques où l'art qui s'ignore encore est en quelque sorte dicté par la raison. Des deux exemples cités, le second est l'expression la plus franche d'un besoin satisfait en tirant tout le parti possible de la matière employée; aussi cette disposition peut-elle passer pour un modèle de simplicité et de légèreté.

Quoique l'église de Saint-Pierre-aux-Liens à Rome, dont le plan est représenté par la fig. 3, tienne beaucoup de la précédente sous le rapport de la disposition, qu'elle soit même en ce sens préférable pour le but auquel elle est destinée, par l'addition du vestibule extérieur et par celle du transept qui sépare l'autel de la nef, cependant, considérée dans son ensemble, elle ne peut lui être comparée, à cause de la fausse application qui y a été faite des voûtes. Le porche, les bas-côtés, la nef et le transept sont voûtés. Si les voûtes d'arête de cette dernière partie sont motivées par la disposition des points d'appui, il n'en est pas de même de celles du porche, des bas-côtés et de la nef (4); à la vérité cette dernière est en bois. Cependant, si d'un côté le bois a eu l'avantage de donner la possibilité d'établir cette voûte, ce qui eût

(1) Rondelet, tome IV, page 57.

(2) Id., ib., page 105.

(3) Id., ib., page 155.

(4) Voir Supplément, tome II, pages 58 et 59.

été impossible avec la pierre, de l'autre cette voûte est critiquable au point de vue de l'art, en ce qu'étant en bois elle affecte des formes qui résultent de l'emploi de la pierre; or, puisque l'emploi de la pierre était impossible, on a fait en ce sens un mensonge qui à ce qu'il a de désagréable joint encore l'inconvénient d'être en quelque sorte inutile, car la disposition même de l'édifice semble le révéler.

Dans l'exemple représenté par la fig. 4, qui est le plan de l'église de Saint-Philippe de Néri à Naples, les bas-côtés sont voûtés comme le reste de l'église, à l'exception de la nef, qui est couverte d'un plafond. Au point de vue de la construction, cette disposition est bonne, car les murs de la nef, que supportent des colonnes de granit d'un seul morceau, s'élevant au-dessus des bas-côtés, puisque c'est par des croisées situées dans cette partie que la nef est éclairée, n'auraient pas été par eux-mêmes capables de résister à l'action de la voûte de la nef, tandis que cette surélévation même leur donne assez de résistance pour maintenir celle des voûtes des bas-côtés. Si maintenant on considère ce parti au point de vue de l'art, on trouvera peut-être une espèce d'inconséquence, nous ne dirons pas à avoir plafonné la nef, mais à avoir voûté les bas-côtés; car la nef étant la partie importante comparée aux bas-côtés, tout, ce nous semble, dans sa construction, dans son aspect, devait avoir pour but de la distinguer comme il convenait qu'elle le fût, et si elle ne pouvait être couverte d'une voûte, on ne devait pas attribuer aux bas-côtés cette couverture, dont l'effet est plus puissant que celui du plafond. Au reste, comme l'église tout entière est voûtée, ainsi que le permet la disposition des points d'appui, l'erreur vient de ce que les supports du mur de la nef n'ont pas été faits assez forts pour pouvoir soutenir comme les autres la poussée d'une voûte. Quant au dôme, nous renvoyons à ce que nous avons dit plus haut au sujet des voûtes sphériques (1).

Les fig. 5, 6, 7 sont des plans de trois temples grecs. Rondelet fait remarquer que dans ces édifices, qui n'étaient couverts que par un toit en charpente et des plafonds en bois ou en pierre de taille, les murs et points d'appui sont doubles de ceux des églises en basilique dont il vient d'être question. Il est aisé de conclure de là que les édifices grecs portaient en eux un caractère de durée qui ne se trouve pas dans ceux-

(1) Voir Supplément, tome II, page 65.

ci; car, outre que la stabilité la plus parfaite y est observée, ils présentent à la destruction une résistance matérielle beaucoup plus grande que ces derniers.

Dans la comparaison qu'il fait des édifices circulaires avec ceux rectangulaires ou à faces droites, Rondelet fait ressortir l'avantage des premiers sous le rapport de la stabilité (1); ainsi, il compare l'église de Saint-Étienne-le-Rond à Rome avec celle de Saint-Paul hors les murs, dont la largeur et le diamètre sont à peu près égaux, et dont les dispositions sont analogues, et il trouve dans Saint-Étienne que l'espace qu'occupent les murs et points d'appui n'est que le dix-huitième de la surface totale, tandis qu'il en est le dixième dans Saint-Paul; en sorte que ce rapport est presque double dans celui-ci, ou comme 9 est à 5 (2). Si les édifices circulaires ont l'avantage d'offrir plus de stabilité, ceux rectangulaires sont préférables sous le rapport de la facilité d'exécution; ce qui doit les faire préférer toutes les fois que la nécessité ne commande pas la forme circulaire.

Après avoir examiné les édifices couverts par des plafonds, notre auteur passe en revue les édifices voûtés, et donne, comme pour les précédents, le rapport de la surface occupée par les points d'appui avec la surface totale (3); il examine ainsi successivement le Panthéon de Rome, le dôme des Invalides, la halle au blé, l'édifice vulgairement appelé Galluzzo, l'église de Saint-Vital de Ravenne, l'église de Sainte-Sophie de Constantinople, le temple de la Paix, les Thermes, Saint-Pierre de Rome, Sainte-Marie-des-Fleurs à Florence, Saint-Paul de Londres, la cathédrale de Milan, Notre-Dame de Paris, la nouvelle église Sainte-Genève, Saint-Sulpice, et Saint-Dominique-le-Grand à Palerme. Nous avons déjà parlé de la plupart de ces édifices au sujet des voûtes sphériques; nous nous bornerons donc à y renvoyer pour ceux dont il a déjà été question; dans ce cas se trouvent le Panthéon d'Agrippa et le dôme des Invalides (4), représentés dans la planche CLXXXV de Rondelet. Le plan du premier de ces édifices porte un caractère d'unité qui ne se dément point dans l'élévation: c'est bien une rotonde couverte d'une voûte sphérique; il n'en est point ainsi du second. L'édifice

(1) Rondelet, tome IV, page 157.

(2) Id., ib., page 160.

(3) Id., ib., page 159.

(4) Id., ib.

qu'on appelle le dôme se compose, comme on le voit par le plan, de chapelles et de nefs dont il n'est en quelque sorte que le vestibule, et qui se trouvent extérieurement comprises dans sa masse, tandis qu'elles forment des intérieurs distincts; c'est peut-être, comme nous l'avons dit en parlant des dômes, une des raisons qui ont engagé à faire plusieurs coupoles afin d'obtenir à l'intérieur une hauteur en rapport avec l'espace qu'elles couvrent, et à l'extérieur avec la masse plus considérable qui leur sert de base.

L'édifice antique appelé Galluzzo, représenté par les fig. 1 et 2 de la pl. LXIX, est encore construit avec la simplicité antique, bien que les formes en soient un peu compliquées. Les voûtes en forment la couverture à l'extérieur aussi bien qu'à l'intérieur; seulement la partie centrale étant polygonale et couverte d'une voûte en arcs de cloître, les contreforts aux angles n'y sont peut-être pas motivés, ce genre de voûtes exerçant sur les murs une poussée peu considérable et uniforme (1). L'église Saint-Vital de Ravenne, bâtie dans le sixième siècle, et dont les fig. 3, 4, 5 sont le plan et des coupes, présente un ensemble de formes incohérentes qui nous paraissent devoir être évitées; quant aux voûtes qui la couvrent, elles sont très-légères, étant formées de tuyaux en poteries, comme on le voit par les figures ci-dessus indiquées; ces voûtes sont elles-mêmes couvertes par des toits qui en sont indépendants; c'est grâce au peu de poussée de ces voûtes que la superficie des murs et points d'appui est beaucoup moindre comparativement à la surface totale que dans les édifices dont il vient d'être question (2).

L'église de Sainte-Sophie de Constantinople motivait plutôt par sa disposition, comme on le voit dans le plan qu'en donne Rondelet pl. CLXXXVI, une voûte d'arête qu'une calotte sphérique; cependant, à part cette inconvenance, la voûte en elle-même n'affecte point encore, comme cela a eu lieu plus tard dans les dômes, l'unité de l'ensemble (3).

Le plan du temple de la Paix à Rome, donné dans la même planche, est de forme rectangulaire, et présente dans sa disposition trois nefs transversales coupées par une nef longitudinale. Si ces nefs se fussent

(1) Voir Rondelet, tome IV, page 160.

(2) Id., ib., tome IV, page 171.

(3) Voir Supplément, tome II, page 68.

élevées à la même hauteur, l'intersection des berceaux qui les auraient couvertes aurait donné naturellement sur la nef longitudinale trois voûtes d'arête (1); mais dans le cas dont il s'agit, quoique la nef longitudinale soit la plus élevée, la voûte d'arête n'en est pas moins celle qui doit encore être préférée vu la disposition des points d'appui qui présentent dans les divisions des nefs transversales des butées très-propres à résister à son action; aussi est-ce cette voûte qui a été appliquée, comme on le voit par la figure qui représente ce temple dans son état actuel. Les compartiments de la nef longitudinale sur lesquels sont établies les voûtes d'arête n'étant pas de même largeur, c'est au moyen de la surélévation de la naissance du berceau le plus étroit qu'on a obtenu le raccordement de leurs parties supérieures.

L'exemple dont il s'agit offre avec les nefs de nos églises du moyen âge une ressemblance de principe dont on ne peut manquer d'être frappé; et c'est vraisemblablement à quelque édifice de ce genre qu'a été empruntée cette disposition, qui, bien qu'elle se soit en quelque sorte transformée sous le rapport de la construction de la voûte et de ses supports, n'en est pas moins restée conforme à son modèle sous le rapport du principe de sa disposition.

Les thermes dont parle Rondelet tome IV, page 163, semblent, comme on peut s'en convaincre par la vue de la planche CLXXXVII, qui est le plan de ceux d'Antonin Caracalla, donné d'après la restauration que nous avons faite de cet important édifice pendant notre séjour à Rome comme pensionnaire de l'Académie de France, être la combinaison la plus importante et la plus variée des formes et des éléments de l'architecture antique; à la vérité, ces éléments ne s'y retrouvent peut-être pas dans toute leur pureté, mais ils n'en constituent pas moins, par leur réunion, des édifices dont les grandes dispositions sont de nature à exciter l'admiration, et dont rien depuis n'a surpassé la magnificence. C'est par les restes des édifices de ce genre qu'on peut apprécier l'excellence des systèmes de construction des Romains, qui, à l'aide des matériaux les plus vulgaires, élevaient les plus somptueux et les plus durables monuments. Dans ces édifices essentiellement romains, en ce sens qu'ils sont disposés en vue de l'application des voûtes, qui sont le

(1) Voir Supplément, tome II, page 59.

principal trait caractéristique de l'art romain, les grandes salles rectangulaires ont pu, comme le temple de la Paix, dont il vient d'être question, servir de type aux architectes du moyen âge dans la construction de leurs nefs. En effet, prenant pour exemple la salle marquée B sur le plan, dans laquelle les retombées des trois voûtes d'arête sont supportées par des colonnes que l'on voit adossées aux murs de la nef, si l'on considère que ces murs s'élèvent, pour y prendre du jour, au-dessus des parties latérales de cette salle, qui peuvent être assimilées aux bas-côtés de nos églises, puisqu'elles font partie de la nef jusqu'à certaine hauteur, on verra clairement dans ce principe de disposition un des anneaux de la chaîne qui lie l'art du moyen âge à l'art antique dans ses productions de haut style.

L'œuvre colossale des temps modernes, l'église Saint-Pierre de Rome, est représentée en plan dans la planche CLXXXVIII avec les modifications qu'ont fait subir aux piliers du dôme les divers architectes qui se sont succédé dans la direction des travaux de construction de cet édifice, afin d'arrêter les mouvements qui se manifestaient; ce n'était pas cependant par insuffisance des points d'appui que ces mouvements avaient lieu, mais bien par suite du défaut de précaution dans l'établissement des fondations et de la mauvaise exécution des ouvrages (1).

L'épithète de colossale que nous avons donnée à l'église Saint-Pierre ne nous a pas été inspirée par son étendue, mais par ses proportions, trop grandes pour son étendue; c'est un édifice exagéré, ou, pour ainsi dire, plus grand que nature. En effet, si l'on considère que les facultés de l'homme ne lui permettent d'apprécier les dimensions des objets que par la comparaison qu'il en fait avec des grandeurs connues qui lui servent d'unité, on conçoit que, pour que la grandeur d'un édifice soit sensible, il faille qu'il porte en lui-même une unité connue dont le rapport avec l'ensemble s'établisse instantanément; or, ne considérant en ce moment qu'un genre d'architecture déterminé, dans lequel les rapports ou proportions des parties entre elles sont sinon fixes, ne varient au moins que dans des limites assez rapprochées, si l'on connaît l'une des parties on appréciera facilement les autres, et par suite l'ensemble qui en est formé. La colonne, ou le pilastre qui la

(1) Voir Rondelet, tome IV, page 165.

représente, étant l'élément principal de toute ordonnance architecturale, et réglant tous les autres dans ce genre d'architecture, c'est elle qui doit devenir l'unité d'appréciation; car selon que les dimensions réelles d'un édifice sont grandes ou petites, la dimension de la colonne étant déterminée, l'ordonnance en est simple ou multiple, et conséquemment on peut à son aspect juger de ses dimensions effectives; il ne reste donc plus à déterminer que cette dimension de la colonne.

Nous dirons que pour un édifice cette dimension est déterminée par la nature même; et pour nous faire plus facilement comprendre nous considérerons la colonne et l'ordre en général chez les Grecs, qui nous ont légué l'un et l'autre. Chez les Grecs, les architraves étaient formées d'un morceau de pierre ou de marbre; et comme les dimensions des pierres de taille varient moyennement dans des limites assez peu distantes, l'espacement des colonnes s'est ainsi trouvé déterminé. Au-dessus de l'architrave venait la frise, qui représentait le plancher, puis la corniche, qui formait l'extrémité de la couverture; les colonnes avaient donc à supporter une certaine charge à peu près constante, avec laquelle elles devaient être en rapport par leur diamètre et leur hauteur. C'est de la bonne combinaison des parties exerçant des efforts et de celles qui leur résistaient pour maintenir l'équilibre que sont nées ces formes et ces rapports qu'on a appelés ordres, qui se sont perpétués jusqu'à nous, et que nous considérons encore aujourd'hui comme les éléments de l'architecture la plus parfaite. C'est ainsi que la colonne appliquée aux édifices s'est trouvée dans l'origine limitée dans ses dimensions. Il semble naturel que puisque nous avons adopté les éléments de l'architecture des Grecs, que nous en conservons les rapports, nous conservions aussi les dimensions habituelles qui leur étaient assignées, ne fût-ce que pour conserver par là cette faculté d'apprécier les dimensions des édifices et de recevoir les impressions qui en sont la conséquence et que l'art doit avoir pour objet.

Mais là ne se bornent pas les motifs qui font que les diverses parties des ordres ont des grandeurs réelles déterminées; si chez nous les plates-bandes ne sont pas, comme chez les Grecs, le régulateur en quelque sorte inflexible, nous n'en sommes pas moins tenus de rester dans les mêmes limites; quels moyens et quels matériaux employer,

par exemple, pour construire ces corniches que les dimensions des ordres rendent trop saillantes ? Ce n'est qu'à grand'peine qu'on peut se procurer les matériaux convenables pour de telles constructions, pour lesquelles on est entraîné dans des dépenses considérables, qui n'ont pour résultat que de produire un édifice qu'on est étonné de trouver si petit d'effet lorsqu'on en mesure les dimensions effectives.

C'est par ces motifs que nous avons fait cette critique à l'église Saint-Pierre : qu'elle est un édifice pour ainsi dire plus grand que nature ; et nous croyons grave la faute qui la motive, car elle a consommé des sommes énormes en pure perte, puisqu'elles étaient destinées à produire un édifice immense, et que c'est cette grandeur même qui manque à son aspect.

Considéré d'un autre point de vue, sans parler de la disposition de sa nef, qui, projetée un siècle après le commencement de la construction de l'église, n'est peut-être pas en parfaite harmonie avec la partie du dôme, cette partie elle-même ne mérite-t-elle pas le reproche d'offrir en son contour extérieur une ligne sinueuse et de forme indécise sans rapport avec la forme intérieure, et par conséquent manquant à une condition essentielle, l'unité ; de là aussi cette irrégularité dans la construction des murs qui, sans motif déterminé, passent graduellement et successivement d'une épaisseur très-considérable à une réduction extrême, en sorte qu'on pourrait croire qu'une telle disposition n'a été prise que dans le but de dissimuler les formes intérieures constitutives au lieu de les accentuer.

Quant au dôme, nous renvoyons à ce que nous en avons dit plus haut (1).

Fidèle aux bons principes de l'antiquité, Philippe Brunelleschi, l'auteur de la coupole de Sainte-Marie-des-Fleurs, à juste titre célèbre, sut lui donner une destination capable de justifier son importance en en couvrant le sanctuaire, et la construire comme il convenait qu'elle le fût en raison de la forme de l'espace qu'elle couvre (2).

Le simple aspect du plan donné dans la planche CLXXXIX de Rondelet peut faire croire que la nef et le sanctuaire ne sont pas du

(1) Voir l'article des voûtes sphériques, Supplément, tome II, page 66.

(2) Voir Supplément, tome II, pages 66, 67 et 68.

même auteur, par la différence du caractère de chacune de ces deux parties, dont celle-ci offre une ampleur de construction qui contraste avec la parcimonie avec laquelle est conçue la première, composée principalement des piliers recevant les retombées des voûtes, et à laquelle les murs ne servent en quelque sorte que de clôture. Au reste, cette différence si marquée n'est peut-être pas à rejeter au point de vue de l'art : en effet, l'une de ces parties est le temple, la maison divine ; l'autre n'est qu'un abri pour la prière.

L'autre plan contenu dans la même planche est celui de l'église Saint-Paul à Londres. A part la simplicité, qu'on s'efforçait d'éviter à l'époque de la construction de cet édifice, c'est une grande basilique interrompue dans son milieu par un espace octogone qui en occupe toute la largeur, et qui communique latéralement à deux grands vestibules formant avant-corps. Lorsque le dôme occupe ainsi toute la largeur de l'édifice, il se groupe aisément à l'extérieur avec les autres parties de celui-ci ; mais lorsque sa base est moindre, on est souvent entraîné, pour le mettre en rapport avec les masses extérieures, à lui donner une hauteur plus que suffisante pour l'intérieur, où il ne peut plus être considéré en quelque sorte qu'isolément. Cette raison peut être l'une de celles qui ont amené à la multiplicité des voûtes dont plusieurs dômes sont formés. Nous avons dit page 69 notre pensée au sujet de la convenance dans l'emploi des dômes, on y trouvera la critique de celui qui nous occupe, quant à sa situation ; nous allons maintenant l'examiner en lui-même et dans ses rapports avec l'édifice auquel il est imposé.

Ce dôme, avons-nous dit, interrompt la basilique sur laquelle il est élevé ; mais l'adresse avec laquelle les supports en sont disposés ne nous donne raison qu'à moitié ; ce n'est en effet que l'incohérence de la forme de ce grand espace avec celle des nefs dont on est frappé ; le spectateur placé à l'entrée de l'édifice en admire au contraire l'unité : dans les bas-côtés, comme dans la nef principale, sa vue pénètre jusqu'au fond du sanctuaire ; il saisit cette vaste enceinte dans son ensemble. Cependant cette heureuse disposition des piliers du dôme proteste elle-même contre lui, car s'ils sont en harmonie avec l'ordonnance de l'église, c'est parce que la disposition des piliers du dôme, dont ils devraient être le prolongement, y a été altérée, comme on peut s'en convaincre par leur défaut de correspondance dans le

plan : c'est donc avec raison qu'on peut dire que la forme de ce dôme est incohérente avec celle du vaisseau dont elle fait partie, et que conséquemment elle en détruit l'unité.

Considéré en lui-même, bien qu'il ait, par sa forme octogone, le nombre et la distribution de ses piliers, l'avantage sur les dômes établis sur une base carrée à pans coupés, il eût été plus rationnel de faire le dôme octogone comme sa base que de le faire circulaire. La tour du dôme, au lieu d'être cylindrique, a été faite conique, afin d'offrir plus de résistance à la poussée de la coupole intérieure et surtout à celle de la tour conique qui s'élève pour porter la lanterne au niveau du sommet du dôme extérieur, construit en charpente comme la calotte extérieure de tous les dômes multiples (1). Ainsi, ce n'est qu'en apparence que le dôme porte cette lanterne, et cette architecture factice entraîne pour conséquences l'inconvénient d'incliner à l'intérieur la tour du dôme et de mettre en porte-à-faux pour l'œil les pilastres qui forment la décoration intérieure de cette partie à laquelle, par l'effet de la perspective, on est conduit à attribuer une hauteur plus considérable que celle qu'elle a réellement.

Dans la planche CXC sont contenus les plans de deux édifices du moyen âge, la cathédrale de Milan et celle de Paris (2), répondant parfaitement toutes deux au but pour lequel elles ont été construites, et rationnelles dans leur construction.

Nous en dirons autant de l'église Saint-Dominique-le-Grand à Palerme et de celle de Saint-Sulpice (3) de Paris, de construction plus récente. Les plans de ces édifices et celui de l'église de Sainte-Geneviève sont contenus dans la planche CXCI. Quant à cette dernière, sans parler de sa disposition générale, d'après les observations faites dans la revue rapide que nous venons de passer de quelques-uns des édifices où se trouvent des dômes et dans celles faites précédemment pages 65, 68 et 69, on sera à même d'apprécier la situation, la disposition et l'assiette de son triple dôme et de la colonnade dont il est entouré. Au reste, comme le plafond entre avec la voûte dans les combinaisons de couverture de cet édifice, nous renvoyons aussi à ce qui

(1) Voir Supplément, tome II, page 67.

(2) Voir Rondelet, tome IV, page 168.

(3) Id., ib., page 169.

a été dit au sujet des voûtes, pages 58 et suivantes, et des plates-bandes et plafonds appareillés, page 54.

Notre auteur, après avoir recherché dans les divers édifices dont nous venons de parler le rapport de la surface occupée par les constructions avec celle qu'occupe l'édifice tout entier et avoir fait à leur sujet quelques observations, ajoute comme résumé à ce chapitre un tableau comparatif dans lequel est consigné ce rapport dans ces édifices (1), avec un aperçu des conséquences qu'on en peut tirer, et qui fixent ce rapport pour les grands édifices voûtés à base rectangulaire en moyenne au septième, et pour ceux à base circulaire entre le neuvième et le douzième.

Dans les édifices non voûtés ce rapport est pour ceux à base rectangulaire du huitième, et entre le douzième et le dix-huitième pour ceux à base circulaire.

La cinquième section du livre neuvième de Rondelet renferme la théorie des murs de revêtement; le chapitre premier est consacré aux considérations relatives à la poussée des terres (2); le deuxième traite des profils à donner aux murs de revêtement (3).

La théorie des voûtes fait l'objet de la sixième section (4); dans le premier chapitre de cette section sont contenus les résultats de recherches et d'expériences faites sur la poussée des voûtes simples (5); ces résultats constatent que de toutes les courbes l'arc gothique est celui qui exerce le moins de poussée (6). C'est à la propriété de cette courbe que doit être attribuée l'extrême légèreté de supports dont quelques édifices du moyen âge offrent des exemples. Le chapitre deuxième est aux voûtes composées ce que le premier est aux voûtes simples. Il résulte des calculs faits sur les quatre espèces de voûtes le plus en usage que, quoique la poussée de la voûte en arcs de cloître soit nulle comme celle de la voûte sphérique (7), tandis que celle de la voûte d'arête est considérable, en supposant l'espace occupé par chacune des voûtes dont il s'agit égal à 400, la superficie des murs de la voûte en berceau serait de 115;

Celle des murs de la voûte en arc de cloître de 91;

Celle des piliers de la voûte d'arête de 60;

(1) Rondelet tome IV, page 171. — (2) Page 174. — (3) Page 190. — (4) Page 218 — (5) Page 222. — (6) Page 255. — (7) Page 307.

Celle du mur circulaire de la voûte sphérique de 48 (1).

Dans le chapitre troisième sont consignées des expériences faites pour servir de base à la manière de calculer la force du plâtre et du mortier dans la construction des voûtes (2); il est évident que cette force est puissante à neutraliser les effets de la poussée : aussi Rondelet estime-t-il qu'à cause du grand nombre des joints de voûtes en briques et en moellons relativement à la quantité de matière employée, celles-ci doivent pousser moitié moins que celles en pierres de taille, et celles-là plus de trois fois moins. Notre auteur indique aussi combien il faut de temps dans des circonstances déterminées pour que l'action de la poussée soit anéantie (3); on conçoit qu'il faille pour cela prendre en considération la nature plus ou moins énergique des mortiers employés. Quant au plâtre, sa prise s'effectue au bout de peu de temps; mais l'humidité en détruit la force et le temps l'atténue, tandis qu'il ne fait qu'augmenter celle du mortier de chaux.

Comme appendice, à la sixième section du livre neuvième sont jointes des tables destinées à faciliter l'application des résultats obtenus par la théorie et confirmés par l'expérience. Dans ces tables sont calculées les épaisseurs qu'il convient de donner aux voûtes en berceau en plein cintre, ainsi qu'aux murs qui doivent les supporter, depuis 4<sup>m</sup>,00 de largeur jusqu'à 42<sup>m</sup>, 50 (4).

Enfin, le quatrième et dernier chapitre de ce livre contient quelques notions relatives aux ponts en pierre (5), à leurs arches en plein cintre (6), en anse de panier (7), ou en arc de cercle (8), et est terminé par quelques considérations relatives à leur décintrement (9).

La théorie des constructions, qui fait le sujet du livre que nous venons de passer en revue, est d'une importance telle, que sans elle la construction ne serait qu'un art routinier, et que l'architecture elle-même, dont elle forme la base, resterait stationnaire tant que le tâtonnement, lent parce qu'il est peu clairvoyant, n'aurait pas découvert quelque nouveau principe ou préparé quelque nouvelle combinaison.

L'art dans l'architecture est en effet tellement lié à la construction, que c'est par elle qu'il a subi toutes ses modifications; un nouveau principe de construction vient-il à se produire, l'art est transformé.

(1) Rondelet, tome IV, page 306. — (2) Page 314. — (3) Page 313. — (4) Page 321. — (5) Page 331. — (6) Page 333. — (7) Page 334. — (8) Page 336. — (9) Page 339.

L'architecture qui ne se compose que d'éléments verticaux et horizontaux est égyptienne; l'addition du toit en fait l'architecture grecque, qui devient romaine par la transformation de la plate-bande en un arc, qui se brise pour former l'ogive, qui est le moyen âge.

A défaut de plus amples développements sur ce sujet, ces quelques mots suffiront pour prouver que l'architecte, s'il veut mériter le titre qu'il porte, ne doit pas négliger de fixer son attention sur la théorie des constructions, qui en s'appuyant sur la pratique l'amènera à faire un judicieux emploi des moyens dont il peut disposer; c'est ainsi qu'aidé de la théorie de l'art il pourra prétendre à rivaliser avec les maîtres, dans les œuvres desquels nous puisons chaque jour de nouvelles leçons.

---

## LIVRE DIXIÈME.

### ÉVALUATION DES OUVRAGES DE BATIMENT.

---

Ce livre est divisé en trois sections, dont la première comprend, sous le titre de Notions préliminaires, la connaissance du mètre et de ses rapports avec les mesures anciennes (1), des recherches sur les mesures antiques (2), et l'analyse comparée des différentes méthodes d'évaluation (3).

La deuxième section (4) renferme l'exposé d'une nouvelle méthode de mesurer, de détailler et d'évaluer les ouvrages de bâtiment.

Enfin, la troisième section (5) traite des devis, cahiers des charges et attachements.

Ces divers titres ne fournissent pas matière à observation au point de vue théorique où nous sommes placé; cependant, si l'on considère

(1) Rondelet, tome V, page 1.

(2) Id., id., page 20.

(3) Id., ib., page 32.

(4) Id., ib., page 63.

(5) Id., ib., page 270.

que le but des notions qu'ils comprennent n'est autre chose que l'appréciation exacte de la dépense qu'occasionne l'exécution des œuvres d'architecture, on en sent aussitôt l'importance; sans elles en effet point d'économie, car c'est par elles seules qu'on peut régler les bénéfices qu'il convient d'accorder pour le travail. Toutefois, la question d'économie n'est pas là; des travaux bien réglés peuvent occasionner des dépenses beaucoup trop considérables; c'est de la conception même de l'édifice et des moyens d'exécution employés en raison du plus ou moins d'importance de ses parties qu'elle résulte en réalité; l'art lui-même est donc en quelque sorte sous sa dépendance; aussi cette question, toute matérielle en elle-même, a-t-elle été souvent considérée comme un obstacle à la production des pensées d'art. Nous ne chercherons pas à nier que l'art n'ait en effet quelquefois eu à souffrir de la modicité des fonds accordés pour certains ouvrages, mais nous dirons cependant que l'économie, loin de nous paraître hostile à l'art proprement dit, nous semble au contraire lui être du plus grand secours. La véritable économie, celle dont nous parlons ici, consiste à arrêter les dépenses au point où elles doivent donner le résultat le plus avantageux eu égard à la nature de l'édifice auquel elles s'appliquent : outre-passer ce point serait inutile, rester en deçà serait insuffisant.

Quel autre moyen en effet pour caractériser un édifice que de rester dans la voie tracée par l'économie, que de répondre aux besoins par les moyens les plus simples? Ainsi dégagés de toute superfluité étrangère, les impressions que nous en recevons sont saisissantes et vraies. Ce que nous disons ici ne doit point s'appliquer seulement à la disposition de l'édifice; tous les détails en sont subordonnés à cette loi; l'économie dit d'employer pour construire les moyens les plus compatibles avec les formes nécessaires; l'art ne peut donner un autre conseil. Si au sujet de la décoration l'économie devient avare dans bien des cas, ne savons-nous pas qu'il reste peu à faire en ce sens lorsqu'une construction intelligente est venue réaliser un édifice sagement conçu dans son ensemble et ses parties. Combien d'édifices, même d'un ordre levé, sont complets lorsqu'ils sont arrivés à ce point. Pour ceux qui réclament quelque autre embellissement, qu'ils soient élevés par le luxe ou pour le plaisir, que ces embellissements, bien qu'étant dans ce cas de la plus grande importance, ne soient

que superficiels, qu'ils ne servent qu'à accentuer plus fortement certaines parties importantes et caractéristiques des détails : les beautés réelles d'un édifice doivent être constitutives et non factices, si l'on n'en veut faire une pompeuse difformité, abus dont on n'a que trop d'exemples à certaines époques de nos temps modernes.

La sobriété dans l'ornementation fait briller les parties importantes ; la profusion entraîne la monotonie, confond le principal et l'accessoire, et, en détruisant ainsi tout sens architectural, ne blesse pas moins l'art qu'il n'est fatal à l'économie.

Convenance dans la disposition, simplicité dans la construction, sobriété dans la décoration, tels sont les trois grands principes généraux d'où découlent comme d'une triple source l'art et l'économie. Il ne suffit pas cependant que l'architecte, ayant mis en jeu toutes les ressources de son intelligence, ait produit une œuvre en tous points conforme aux grands principes dont il est ici question ; il lui reste encore à recueillir les fruits de ses soins par la réalisation des avantages qui en résultent sous le rapport de la dépense. C'est pour faciliter l'étude pratique des moyens de construction et les faire apprécier avec exactitude, tant sous le rapport de la valeur réelle des matériaux que sous celui de la valeur qu'y ajoute le travail qu'ils exigent pour être faits parties constituantes d'un édifice, que Rondelet a écrit son livre dixième, qui est aussi le dernier de l'art de bâtir. Les soins qu'il a apportés à ce livre, l'extension qu'il lui a donnée, témoignent assez de l'importance qu'il a attachée à cette partie de son ouvrage. Au reste, il deviendrait superflu de la recommander à l'attention des architectes ; ils sentent tous que non-seulement ce serait annuler en partie les connaissances acquises qui ont tant coûté à obtenir que de n'y pas joindre celles sans lesquelles leurs bons résultats deviendraient illusoire, mais encore que ce serait manquer à la mission qu'ils ont acceptée de veiller sur les intérêts de ceux qui les ont remis entre leurs mains.

---

En terminant ce volume, nous pensons devoir tirer en quelques mots les conséquences des principes qui s'y trouvent exposés ; car de ces principes découle l'architecture qui, suivant nous, est appelée à caractériser notre époque. C'est donc sur l'architecture que nous

croyons devoir particulièrement nous convenir que nous allons exprimer notre opinion.

Le principe unique, éternel et fondamental de toute bonne architecture consiste, comme nous le disions au commencement de ce volume : 1° à concevoir ce qu'il faut, rien de plus, et à le réaliser le plus simplement possible, ce qui ne peut être obtenu qu'en subordonnant d'abord ses conceptions qui doivent devenir des réalités aux moyens d'exécution et aux propriétés des matériaux dont on dispose; 2° à n'employer la décoration que pour compléter l'expression en ébauche dans la disposition et la construction, accentuer les parties en raison de leurs fonctions relatives, et déterminer par suite avec plus de précision le caractère de l'édifice à l'aide des moyens que favorisent les matériaux auxquels ils sont appliqués, de moyens en un mot rendant sensibles à la fois la construction de l'édifice et sa destination.

Cela posé, l'architecture de chaque époque se trouve déterminée par les besoins auxquels on satisfait en raison de la nature des matériaux et du degré d'avancement des connaissances qui en règlent l'emploi; ainsi donc il ne faut point chercher pour caractériser son époque un style qui la distingue de celles qui l'ont précédée, tous les efforts de l'imagination ne tendraient qu'à faire manquer le but; il ne faut pour l'atteindre qu'obéir à la raison et rester fidèle à la vérité.

Dans un pays donné, les besoins résultent de l'état politique et social de ce pays, ce qui détermine la catégorie des édifices qu'il élève; et comme sous ce rapport c'est la nécessité qui commande, toutes les époques y sont inévitablement accusées par les diverses catégories d'édifices qu'il renferme. Tantôt, comme en Égypte et en Grèce, l'idée dominante, l'esprit de l'époque, est représenté par le temple et le tombeau; Rome se distingue par ses édifices publics; le moyen âge par l'église et le château fort, et la renaissance par ses châteaux élégants et luxueux. C'est encore à la religion et à l'aristocratie qu'il faut attribuer la plupart des constructions qui se sont élevées depuis la renaissance jusqu'à notre époque, qui sera marquée par le développement de l'industrie. Il est donc impossible que toute modification dans les mœurs d'un peuple n'ait pas son reflet dans ses édifices. Mais il ne suffit point que les édifices que commande l'esprit d'une époque soient exécutés pour former l'architecture qui lui est propre, il faut encore

que les moyens employés pour exprimer l'idée principale, pour la rendre sensible, soient les plus convenables de ceux dont on peut disposer; c'est le choix et l'emploi de ces moyens qui constituent ce qu'on appelle le style.

Le style d'une époque quelconque, dans quelque pays que ce soit, résulte de l'emploi de toutes les connaissances acquises à l'application des meilleurs moyens de construction, eu égard à la nature des matériaux employés, au climat et à la destination de l'édifice. Le style des époques qui nous ont précédés est plus ou moins conforme à ce principe, suivant qu'on a pris la raison pour guide ou qu'on s'est laissé séduire par la beauté des œuvres existantes et qu'on s'est livré à l'imitation. Cependant toutes ces époques sont bien distinctes. Le style égyptien se distingue par le plafond, la grandeur des matériaux et la simplicité. Le style grec, dont le type se trouve dans les édifices en bois se fait remarquer par l'élégance et la beauté des formes. Le style romain, c'est la voûte, c'est la puissance et la majesté souvent couvertes d'un voile grec. Le roman, c'est le romain interprété par une barbare grossièreté, mais rendu à sa vérité, quant au principe de construction. Le style dit gothique, c'est l'ogive et ses conséquences. La renaissance est l'alliance de la beauté des formes antiques au spiritualisme de l'époque précédente. Le Louis XIV, c'est la pompe, souvent c'est l'enflure. Le Louis XV, c'est la mollesse.

Quelle doit être l'architecture de notre époque? Question des plus graves et cependant des plus simples. Comme chacune des époques précédentes, la nôtre sera marquée par la catégorie des édifices qu'elle aura vus naître et se terminer. Quant au style, qui est le seul point qui puisse laisser quelque incertitude, si aucune modification dans les éléments de construction ne se produit, comme l'arc plein cintre à Rome et l'ogive au moyen âge, voyons quelle route nous devons suivre.

Des éléments nouveaux de construction apporteraient une perturbation radicale dans ce qui existe, et formeraient conséquemment un style nouveau; mais nous n'avons point à examiner ce cas, qui ne se produira probablement pas; la nécessité a enfanté ces modifications, et comme les éléments de construction dont nous disposons sont suffisants pour répondre à nos besoins, nous n'avons point à raisonner dans cette hypothèse. Il nous reste donc à examiner quelle influence le présent et le passé doivent exercer sur le style de notre architecture.

De quels matériaux disposons-nous ? Nous avons la pierre, le bois et le fer. Nous pouvons employer ces matériaux ensemble ou séparément ; la pierre réclame l'arc romain : nous n'entrerons point ici dans la discussion qui détermine cette préférence, motivée dans le cours de notre ouvrage. Le bois c'est le principe grec. Quant au fer, qui s'emploie toujours sous un petit volume, et par là même produit un style particulier, il n'est applicable isolément que dans certains cas, qu'il est inutile d'examiner en détail.

Suivant nous, le style de notre architecture doit résulter de l'emploi simultané de ces matériaux selon que peuvent les réclamer les diverses parties d'un édifice en raison de leurs qualités spéciales et du résultat que l'on veut obtenir. L'emploi de ces matériaux donnerait donc, on le voit, à l'édifice une grande variété, puisqu'à ces matériaux différents doivent être appliqués des principes de construction différents. Il nous reste à examiner si cette variété ne serait pas de nature à altérer l'unité de l'édifice, qui est la condition fondamentale de toute œuvre de ce genre. Non ; car chaque élément, renfermant des qualités qui le rendent particulièrement propre à accomplir son objet, concourt dans toute sa vérité au résultat, et exprime nettement sa fonction dans l'ensemble ; d'où il résulte que cette variété, très-heureuse au point de vue de l'art, loin d'être l'anarchie, est la perfection de l'ordre ; car à chacun des éléments mis en œuvre est assigné le rôle qui lui est propre, en sorte que toute force trouve son emploi et que conséquemment rien n'est perdu.

Maintenant demandera-t-on s'il conviendrait d'adopter le style d'une époque déterminée ? Comme il est aisé de le pressentir d'après les principes qui viennent d'être émis, nous répondrons : Non ; le passé n'est plus ; travaillons pour le présent en nous tenant dans une complète indépendance ; n'allons pas nous égarer dans les profondeurs de ce passé en voulant exhumer une architecture qui, pour avoir depuis longtemps disparu, n'a pas plus de titre que les autres à devenir notre style actuel. Soyons indépendants ! N'essayons point de ressusciter les architectures mortes ; mais acceptons du passé le légitime héritage qu'il lègue à l'intelligence, acceptons-en les trésors et non les entraves ; ne nous enchaînons point à des cadavres, car ils nous communiqueraient leur immobilité, leur mort ! Cherchons dans l'antiquité, dans le moyen âge, partout, la vérité des éléments indispensables à notre

construction ; appliquons-la à notre œuvre, et nous serons les hommes de notre époque. En un mot, ne négligeons aucune vérité, quelque part qu'elle se trouve. Que notre architecture soit le résumé de toutes les beautés compatibles entre elles et avec les éléments matériels nécessaires ; c'est à cette condition, et seulement à cette condition, que nous serons les hommes de notre époque ; enfants d'un passé dont nous n'aurons point démerité, puisqu'il nous aura transmis intégralement son héritage, et que nous en aurons su faire un bon emploi. Le présent, c'est la somme des temps passés !

FIN.

# TABLE DES MATIÈRES.

## SOMMAIRE DU TOME SECOND DU SUPPLÉMENT AU TRAITÉ DE L'ART DE BATIR.

	Pages.
<i>Avis au lecteur</i> .....	I
<i>Introduction</i> .....	III

### EXAMEN ANALYTIQUE, THÉORIQUE ET PRATIQUE DE TOUT L'OUVRAGE.

#### LIVRE PREMIER.

##### CONNAISSANCE DES MATÉRIAUX.

<i>Origine de l'architecture</i> . — Influences des qualités des matériaux sur les formes .....	I
Importance de la connaissance des matériaux.	

##### PREMIÈRE SECTION.

###### DESCRIPTION ARCHITECTONIQUE DES PRINCIPALES MATIÈRES EN USAGE DANS LA CONSTRUCTION DES BATIMENTS.

###### CHAPITRE PREMIER. — DES PIERRES.

Division des pierres en quatre classes. — Objet de l'étude des caractères distinctifs des pierres .....	2
<i>Basaltes antiques et modernes</i> . — Rareté des monuments en basalte antique sculptés. — Disposition naturelle des basaltes modernes.	
<i>Porphyres antiques et modernes</i> . — Emploi que les Romains ont fait de cette matière.	
<i>Granits antiques et modernes</i> . — Monuments de l'Égypte .....	3
Cause de leur parfaite conservation. — Difficulté d'exploitation du granit. — Causes de l'impression que produit la vue des obélisques.	
Importance que les anciens attachaient à la dureté, à la couleur et à la dimension des matériaux qu'ils mettaient en œuvre. — Influence de la couleur sur l'étude des formes .....	4
<i>Marbres antiques et modernes</i> . — Classement des marbres suivant les anciens et suivant les modernes. — Considérations sur leur emploi .....	5
Emploi du marbre chez les Romains. — Plates-bandes d'un seul morceau. — Décoration par les marbres .....	6
<i>Pierre de taille</i> . — Division en deux classes .....	8
Nécessité de la connaissance des pierres elles-mêmes et de leur exploitation. — Influence des dimensions des matériaux sur l'art .....	9
Conséquences de la dureté plus ou moins grande des pierres .....	10

## CHAPITRE II. — DES PIERRES ARTIFICIELLES.

Résultat des premières tentatives faites pour remplacer la pierre dans les constructions. — Briques crues. . . . .	11
<i>Des briques en mortier et des carreaux de plâtre. — Leurs propriétés. . . . .</i>	12
<i>Du pisé. — Avantages de ce genre de construction, sous le rapport de la salubrité et de la durée. . . . .</i>	13
<i>Des briques cuites. . . . .</i>	13
Origine de l'emploi des briques. — Emploi de la brique en combinaison avec d'autres matériaux. — Édifices entièrement construits en briques. . . . .	14
Briques concaves sur leurs lits. — Avantages de la brique au point de vue de la décoration; — Son application à la construction des voûtes; — Son emploi à l'époque de la renaissance. . . . .	15
Critique de la construction de certains édifices en briques considérés au point de vue de l'art. — Avantages de la brique sous le rapport de la sécurité. — Construction des voûtes en brique et plâtre. — Diverses dispositions de briques usitées en Toscane. — Comparaison de la brique avec la pierre. . . . .	16

## CHAPITRE III. — DU MORTIER.

Importance et fonctions du mortier. — Son absence dans certains monuments antiques. — Circonstances où il n'est pas indispensable. — Circonstances où il est nécessaire. . . . .	17
--	----

## CHAPITRE IV. — DU PLÂTRE.

Utilité du plâtre. — Comparaison avec la chaux. . . . .	18
Emploi du plâtre comme enduit. — Ses inconvénients dans la formation des tuyaux de cheminée. . . . .	19

## CHAPITRE V. — DU BOIS.

Considérations sur la nature et l'exploitation des bois. . . . .	19
Emploi du bois comme partie intégrante ou comme auxiliaire. . . . .	20

## CHAPITRE VI. — DU FER.

Emploi du métal dans l'antiquité. — Rôle important qu'il joue dans les constructions modernes. . . . .	21
Influence qu'il est appelé à exercer sur l'art. — Abus dans l'emploi de ce métal. — Bons résultats. . . . .	22
Du fer employé comme moyen de consolidation. — Ses avantages sur le bois. — De la fonte employée à la construction et à la décoration. . . . .	23

## DEUXIÈME SECTION.

## RÉSULTATS D'EXPÉRIENCES FAITES POUR DÉTERMINER LA FORCE DES MATÉRIAUX

## CHAPITRE PREMIER. — DE LA FORCE DES PIERRES.

Distribution des pierres suivant leur nature, dans la construction d'un édifice. . . . .	25
--	----

## TABLE DES MATIÈRES.

233

	Pages.
CHAPITRE II. — EXPÉRIENCES FAITES POUR DÉTERMINER LES FORCES D'UNION, D'ADHÉRENCE ET DE RÉSISTANCE DU MORTIER ET PLÂTRE.	
Résultats obtenus.....	26
Emploi convenable du plâtre. — Id. du mortier.....	27
CHAPITRE III. — QUALITÉS, FORCE ET PROPRIÉTÉS DES BOIS DE CHARPENTE.	
Études des savants sur les bois de construction. — Emploi du bois chez les Grecs..	28
Ses qualités; son influence.....	29
Ses avantages sur la pierre.....	30
Ses défauts.— Précautions à prendre.....	31
CHAPITRE IV. — QUALITÉS, FORCE ET PROPRIÉTÉS DES FERS.	
Résultats d'expériences.....	32
Influences des variations de la température.....	33
Moyen de s'assurer du degré de gelivité des pierres. — Importance d'une parfaite connaissance des matériaux.....	34
Influence des qualités des matériaux sur le style architectural.....	35

## LIVRE DEUXIÈME.

### CONSTRUCTION EN PIERRES DE TAILLE.

#### CHAPITRE PREMIER. — DE L'APPAREIL DES CONSTRUCTIONS ANTIQUES.

Conséquence du mode de construction employé en Égypte.....	36
Construction grecque. — Absence de mortier dans les constructions primitives. — Causes probables. — Emploi du métal.....	37
Encastrement direct. — Origine des refends. — Considérations sur les tambours sailants des colonnes à l'époque de la renaissance.....	38
Abus des refends.....	39

#### CHAPITRE II. — PRINCIPES DE L'APPAREIL POUR LES MURS, PILIERS ET MASSIFS EN PIERRES DE TAILLE.

Nouvelle méthode pour l'appareil des massifs et revêtements en pierres de taille.	39
Murs de soutènement sous un rocher d'une grande épaisseur. — Contre-forts.....	40
<i>De la pose.</i> — Usage du mortier dans l'antiquité. — Conséquences du mode d'emploi de cet élément de construction. — Causes et conséquences de la manière dont le mortier s'emploie de nos jours.....	41
Inconvénients de la méthode généralement suivie pour la pose des pierres. — Soins dont elle était l'objet dans l'antiquité.....	42

## LIVRE TROISIÈME.

### STÉRÉOTOMIE.

<i>Des voûtes.</i> — Leur but.....	42
Origine des voûtes. — Exécution en blocage. — Leur légèreté; leur caractère....	43
Considérations sur la décoration des voûtes en pierre et blocage.....	44
Origine des voûtes à nervures.....	45

	Pages.
Arcs-boutants. — Panneaux de remplissage de voûtes ; leur décoration. — Critique de ces voûtes. . . . .	46
Décadence de l'architecture ogivale. — Renaissance. — Science de la coupe des pierres. Son abus. . . . .	47 49
<i>Des plates-bandes et plafonds non appareillés.</i> — Leur origine. — Structure égyptienne. Structure grecque. . . . .	49 50
Causes de la diversité des architectures grecque et égyptienne. — Substitution du marbre au bois. . . . .	51
Plafonds en marbre et en bois. — Conséquences du perfectionnement de l'architecture en Grèce. — Dimensions des ordres déterminées par celles des matériaux employés. — Avantages qui en résultent au point de vue de l'art. . . . .	52
Comparaison du plafond grec et du plafond égyptien. — Stabilité. . . . .	53
<i>Des plates-bandes et plafonds appareillés.</i> . . . .	54
Découverte de l'appareil des voûtes. — Application de ce principe aux plates-bandes ; ses inconvénients. . . . .	55
Moyens factices. . . . .	56
<i>Appareils des arcs, des portes et des voûtes en berceau.</i> — Connaissance de la coupe des pierres par les anciens. — Construction en petits matériaux. . . . .	56
<i>Des arcs.</i> — De leur aspect. . . . .	57
De leur décoration. — Caractère de ceux du moyen âge. . . . .	58
<i>Des voûtes en berceau.</i> — Considérations sur leur application, leur action et la résistance à lui opposer. . . . .	58
<i>Des voûtes d'arête.</i> — Leur formation, leur action. — Condition la plus favorable de leur emploi. — Cause de leur application dans d'autres circonstances. . . . .	59
Construction des pieds-droits de ce genre de voûtes. — Contre-forts, arcs-boutants. — Construction prévue dans la composition du plan. . . . .	60
<i>Des voûtes en arcs de cloître.</i> — Différence entre la voûte en arcs de cloître et la voûte d'arête, tant sous le rapport de la génération que sous celui de la quantité de matière employée. — Cas dans lequel une voûte d'arête peut s'établir convenablement sur des pieds-droits formant une enceinte carrée. . . . .	61
Avantages de la voûte en arcs de cloître. . . . .	62
<i>Voûtes d'arcs de cloître sur un plan octogone.</i> — Remarque relative au nombre des côtés des polygones sur lesquels s'élèvent des voûtes de ce genre. . . . .	62
Voûtes en arcs de cloître barlongues. . . . .	63
<i>Voûtes en arcs de cloître avec plafond au milieu.</i> — Inconvénient de la construction de ces voûtes en pierre ; avantages de leur construction en bois. — Bons résultats qu'on en obtient tant sous le rapport de la construction que sous celui de la forme. . . . .	63
Appareil des voûtes coniques, sphériques, sphéroïdes et conoïdes ; des voûtes composées et des escaliers. . . . .	63
<i>Des voûtes coniques et conoïdes.</i> . . . .	63
Motifs et origine de l'emploi des trompes. — Coupole improprement appelée par Rondelet voûte conoïde. — Mode de génération de cette surface. . . . .	64
Observations sur la coupole intermédiaire du Panthéon de Paris. . . . .	65
<i>Des voûtes sphériques et sphéroïdes.</i> . . . .	65
Dômes appliqués aux églises. — Inconvénients qui en résultent sous le rapport de l'unité de ces édifices. . . . .	66

TABLE DES MATIÈRES.

235

	Pages.
Dômes multiples.....	67
<i>Des voûtes composées</i> .....	70
<i>Des escaliers en pierre.</i> — Escaliers antiques.....	70
Escaliers du moyen âge et de la renaissance. — Escaliers enclavés dans les bâtiments. — Importance que doivent avoir les escaliers dans les édifices. — Vis Saint-Gilles sur plan carré.....	71
Inconvénient de ce genre d'escaliers. — Vis Saint-Gilles ronde. — Escaliers à vous- sures et à repos.....	72
Abus de la stéréotomie.....	73

LIVRE QUATRIÈME.

MAÇONNERIE.

CHAPITRE PREMIER. — DES VOIES PUBLIQUES ET GRANDS CHEMINS.

Routes des Romains. — Chemins modernes.....	74
Chemins de fer.....	75

CHAPITRE II. — DES AIRES ET PAVÉS INTÉRIEURS.

Aires ou pavés à la grecque. — Pavés à la vénitienne; parti qu'on en peut tirer. — Mosaïque.....	77
---	----

DEUXIÈME SECTION.

CONSTRUCTION DES MURS EN MAÇONNERIE.

CHAPITRE PREMIER. — DES MURS EN MOELLONS.

Opus incertum.....	78
Opus reticulatum. — Isodomum. — Pseudisodomum.....	79

CHAPITRE II. — DES MURS EN BRIQUES.

Divers modes de fabrication et d'emploi de la brique.....	80
---	----

CHAPITRE III. — DES MURS ET MASSIFS EN MAÇONNERIE MIXTE.

Fonction des parties régulières. — Solidité des murs en maçonnerie.....	81
Leur emploi spécial. — Facilité qu'ils offrent pour la décoration.....	82
<i>Des revêtements en pierre de taille</i> .....	82
Avantage au point de vue de l'économie. — Revêtements formant décoration.....	83

TROISIÈME SECTION.

CONSTRUCTION DES VOUTES EN MAÇONNERIE.

CHAPITRE PREMIER. — DES VOUTES EN MOELLONS.

84

CHAPITRE II. — DES VOUTES EN BRIQUES.

Voutes en briques de deux espèces.....	85
--	----

CHAPITRE III. — DES VOUTES EN MAÇONNERIE MIXTE.

85

## QUATRIÈME SECTION.

## COMPOSITION ET APPLICATION DES ENDUITS.

Emploi du plâtre. — Emploi du stuc. — Décoration par la peinture.....	87
Avantages de la construction en maçonnerie au point de vue de la décoration.....	88

## LIVRE CINQUIÈME.

## CHARPENTE.

Genre d'ouvrages auxquels elle s'applique plus particulièrement.....	88
Avantages et inconvénients de ce genre de constructions. — Construction des machines.....	89
Importance de la précision des assemblages. — Richesses de la charpente sous le rapport de la décoration.....	90
Erreur commise dans la manière d'employer le bois. — Causes de détérioration.....	91
Importance de l'art de la charpente.....	92

## PREMIÈRE SECTION.

## PRINCIPES DU TRAIT DE CHARPENTE.

## CHAPITRE PREMIER. — ASSEMBLAGES.

Mode de réunion des pièces.....	93
<i>Combles à deux pentes</i> .....	95
Combles coniques. — Combles à surfaces courbes selon la hauteur.....	97

## DEUXIÈME SECTION.

## PRINCIPES DES CONSTRUCTIONS PERMANENTES EN CHARPENTE.

## CHAPITRE PREMIER. — DES PANS DE BOIS, CLOISONS ET PLANCHERS. 98

Bois apparents. — Bois recouverts d'enduit. — Cloisons légères.....	99
<i>Des planchers</i> . — Avantages des bois apparents sous le rapport de la conservation et de la décoration.....	100
Inconvénients de la méthode généralement suivie maintenant. — Planchers voûtés entre les solives.....	101
Construction des plafonds dans les planchers à grande portée.....	102
Disposition des enchevêtrures et des bandes de trémie. — Principale cause de la prompte détérioration des planchers en bois. — Planchers sans assemblages. — Planchers d'assemblage.....	103
Planchers en parquets.....	104
Cause principale de l'abandon des planchers à entrevous.....	105
Leur avantage au point de vue de l'économie.....	106
<i>Des poutres et des solives armées</i> .....	106

## CHAPITRE II. — DES ESCALIERS, DES VOUTES ET DES PONTS.

<i>Des escaliers</i> . — Première condition à observer dans la disposition des escaliers. — Caractère des escaliers en charpente.....	107
Divers exemples d'escaliers.....	108

	Pages.
<i>Des voûtes en charpente. — Origine de ces voûtes</i> .....	109
Exemples de voûtes.....	110
Voussures.....	112
<i>Des ponts en charpente. — Origine des ponts</i> .....	112
Radeaux. — Ponts romains en bois.....	113
Analogie entre la construction des ponts en bois et celle des combles.....	114
Ponts de Sublicius et de César. — Pont de Trajan.....	115
<i>Passerelles</i> .....	116
<i>Ponceaux et ponts. — Moyens employés pour suppléer au défaut de longueur des bois</i> ..	117
<i>Ponts en bois de Palladio</i> .....	118
<i>Ponts suspendus à des cintres</i> .....	119
<i>Ponts supportés par des cintres</i> .....	121
<i>Ponts en treillis</i> .....	122
<i>Charpente des fondations</i> .....	123
<i>Des brise-glaces</i> .....	124

## CHAPITRE III. — DES COMBLES A SURFACES PLANES.

Causes qui déterminent la pente des combles.....	125
Combles antiques.....	127
Causes probables de l'abandon des charpentes apparentes. — Comble de Sainte-Marie-Majeure.....	128
Construction des combles des temples grecs. — Exemple de combles simples à deux pentes.....	129
Combles brisés. — Combles du moyen âge.....	131
Solidité des combles.....	132
Exemples de fermes de combles divers.....	133
<i>Combles en bois plat</i> .....	136
Charpente de l'ancienne salle des séances du corps législatif.....	137
Arcs en bois courbés sur leur plat.....	138
<i>Combinaison du bois et du fer dans la charpente des combles</i> .....	139
Précautions nécessitées par l'extensibilité du fer.....	140
Exemples divers.....	141
Comble suspendu.....	143
<i>Exemples de charpentes apparentes formant décoration</i> .....	143
Comble du cirque des Champs-Élysées à Paris. — Avantage de la forme polygonale. — Absence d'entrait. — Comble de la chapelle de la maison royale d'aliénés de Charenton.....	144
Comble et portiques du bâtiment qui sépare les préaux des convalescents de la chapelle de la même maison.....	145

## CHAPITRE IV. — DES COMBLES A SURFACES COURBES.

Basiliques et dômes.....	147
Erreur dans laquelle on est tombé dans la construction des dômes. — Avantages qui résultent de leur forme.....	148
Coupes en madriers sur champ des églises Saint-Marc et <i>della Salute</i> à Venise. — Système de Philibert Delorme.....	149

	Pages.
Comparaison de ce système avec le système Lacase.....	150
Système de coupole en madriers disposés par assises horizontales. — Abus de la charpente dans la construction des dômes.....	151
Dôme du Val-de-Grâce et des Invalides à Paris.....	152

## TROISIÈME SECTION.

## PRINCIPES DES CONSTRUCTIONS AUXILIAIRES EN CHARPENTE.

## CHAPITRE PREMIER. — DES ÉCHAFAUDS.

Leur usage ; principe de leur construction ; condition indispensable de leur structure. — Échafauds de maçon.....	153
Échafauds-machines. — Échafauds fixes.....	154
Échafauds mobiles.....	155

## CHAPITRE II. — DES CINTRES.

Cintres en terre ou en maçonnerie.....	156
<i>Cintres en menuiserie</i> .....	158
<i>Cintres en charpente</i> .....	158

## CHAPITRE III. — DES ÉTAYEMENTS.

Précautions qu'exige l'étayement.....	159
Étayement employé pour la restauration des piliers du dôme du Panthéon de Paris.....	160

## LIVRE SIXIÈME.

## MENUISERIE.

## PREMIÈRE SECTION.

## DISPOSITION DES REVÊTEMENTS ET DES ESCALIERS EN MENUISERIE. 162

## CHAPITRE PREMIER. — DES PLANCHERS ET PARQUETS. 163

## CHAPITRE II. — DES LAMBRIS ET CLOISONS.

Disposition des joints en raison des mouvements auxquels le bois est sujet. — Mode de décoration.....	164
Détails divers.....	165

## LIVRE SEPTIÈME.

## SERRURERIE.

## PREMIÈRE SECTION.

## EMPLOI DU FER DANS LES BATIMENTS. 167

## CHAPITRE PREMIER. — DES CHÂÎNES, TIRANTS ET LINTEAUX.

<i>Des tirants et des chaînes</i> . — Importance du rôle que ces auxiliaires jouent dans les constructions.....	168
Modes d'assemblage. — Moyen ingénieux employé pour rapprocher des murs qui s'écartaient.....	169

## TABLE DES MATIÈRES.

239

	Pages.
<i>Des linteaux. — Comment ils doivent être employés.</i> . . . . .	170
<i>Des cercles de fer employés pour consolider les coupes. — Considérations relatives à l'action de la température.</i> . . . . .	170

### CHAPITRE II. — DES ARMATURES D'ARCHITRAVES, DE PÉRISTYLES ET DE FRONTISPICES.

Emploi des métaux dans les édifices antiques. . . . .	171
Appareil d'une corniche rampante dans l'antiquité. — Moyen employé par les anciens pour donner de la stabilité aux colonnes. — Appareil de la frise du temple de Jupiter Stator. . . . .	172
Opinions sur les plates-bandes appareillées. — Remarques sur la construction de la partie supérieure des temples grecs. . . . .	173
Exemples de plates-bandes appareillées. — Armatures de la colonnade du Louvre. . . . .	174
Conséquences de l'emploi de la plate-bande appareillée. . . . .	175
Armatures du second ordre du portail de Saint-Sulpice, des colonnades de la place Louis XV et du Panthéon de Paris. . . . .	176

### DEUXIÈME SECTION.

#### SYSTÈME DE CONSTRUCTION EN FER FORGÉ.

Observations sur la construction des anciens. . . . .	178
---	-----

#### CHAPITRE PREMIER. — DES PLANCHERS ET DES VOUTES EN FER.

Remarques sur les propriétés du fer. — Résultat de la combinaison des pièces. — Plancher en fer et poterie. . . . .	179
Voûtes en fer et poteries. . . . .	180

#### CHAPITRE II. — DES COMBLES.

Exemple des combles : comble circulaire, comble avec lanterne au milieu, etc. — Avantage des formes polygonales. . . . .	181
Comble de la salle des Pas-Perdus du palais de justice de Tours. . . . .	182
Couverture de la cour de la douane à Paris. . . . .	183
Comble d'un embarcadère en Angleterre. — Colonnes de fonte. . . . .	183
Forme particulière de quelques-unes des pièces. — Comble en fer et fonte. Bon emploi de ces deux matières. — Moyen employé pour fortifier les pièces de fonte. — Combles sans poinçon. . . . .	184
Exemple faisant voir le parti qu'on peut tirer de la fonte. — Comble en fer et fonte de la Cathédrale de Chartres. . . . .	185
Projet de charpente en fer et fonte pour la couverture de la cour de la douane à Paris. — Comble en fer et fonte, sur rectangle, sans tirant. . . . .	186
<i>Des combles en tôle. — Mode d'emploi du métal sous cette forme.</i> . . . . .	187
<i>De l'emploi du fer à la construction des serres chaudes. — Avantages du fer pour les édifices de ce genre.</i> . . . . .	188
<i>Application du fer aux fermetures. — Devanture de boutique. — Fermeture des prisons.</i> . . . . .	190
<i>De la serrurerie usuelle.</i> . . . . .	191

## TROISIÈME SECTION.

## SYSTÈMES DE CONSTRUCTION EN FER FONDU.

<i>Assimilation de la fonte à la pierre.</i> — Particularités relatives à son emploi. . . . .	192
CHAPITRE PREMIER. — DES PONTS.	
Précautions à prendre au sujet de la transmission du mouvement aux pièces principales. . . . .	193
Pont de Coalbrookdale; arcs concentriques. — Inconvénients qui résultent de cette disposition. — Pont de Sunderland. — Application des voussoirs en fonte reliés par des plates-bandes en fer forgé. . . . .	194
Pont de Staines; tenons mobiles. — Ponts des Arts; force insuffisante. . . . .	195
Pont d'Austerlitz. — Pont suspendu à ses armatures. — Pont en partie porté par ses armatures, en partie suspendu. . . . .	196
Ponts supportés par des arcs. . . . .	197
Pont du Carrousel; arcs formés de tuyaux de fonte. — Pont tournant. . . . .	198
<i>Des ponts suspendus.</i> — Avantages de ces ponts. . . . .	199
Leurs inconvénients. — Beauté des ponts antiques. . . . .	200
Abus de la science. — Union de la beauté et de la solidité. . . . .	201
<i>Des coupoles.</i> — De leur construction. . . . .	201
Précautions à prendre pour éviter la dilatation. . . . .	202
Considérations relatives à la forme des coupoles. — Cause de l'importance qu'acquiert chaque jour le fer dans nos constructions. . . . .	203
Résultat de son emploi. . . . .	204

## LIVRE HUITIÈME.

## COUVERTURE.

## PREMIÈRE SECTION.

## DISPOSITION DES MATÉRIAUX FAÇONNÉS EXPRES POUR LA COUVERTURE DES BATIMENTS.

## CHAPITRE PREMIER. — DE LA PENTE DES COMBLES.

Fonctions du toit. Inclinaison. . . . .	205
Influence du climat. . . . .	206
Des tuiles plates et des tuiles creuses. . . . .	207
Des couvertures en ardoise. — Des couvertures en pierre. . . . .	208
Des couvertures en métal. — Importance architecturale du toit en Grèce. — Des toits considérés relativement à leur inclinaison. . . . .	209
De leur effet architectural. . . . .	210

## LIVRE NEUVIÈME.

## THÉORIE DES CONSTRUCTIONS.

Nécessité d'unir la théorie et la pratique. . . . .	211
Basiliques de Saint-Paul hors les murs et de Sainte-Sabine, à Rome. — Église de Saint-Pierre aux liens, à Rome; fausse application des voûtes. . . . .	212

## TABLE DES MATIÈRES.

241

	Pages.
Église de Saint-Philippe de Néri, à Naples. — Observation sur les temples grecs . . .	213
Comparaison des édifices circulaires avec les édifices rectangulaires. — Panthéon d'Agrippa, à Rome . . . . .	214
Dôme des Invalides. — Cause de la multiplicité des voûtes dont plusieurs dômes sont formés. — Édifice antique appelé Galuzzo. — Église Saint-Vital de Ravenne. — Église Sainte-Sophie de Constantinople. — Temple de la Paix, à Rome . . . . .	215
Les Thermes . . . . .	216
Église Saint-Pierre, à Rome . . . . .	217
Dimensions des ordres . . . . .	218
Sainte-Marie des Fleurs . . . . .	219
Église Saint-Paul, à Londres . . . . .	220
Église de Saint-Dominique-le-Grand, à Palerme, et de Saint-Sulpice et de Sainte-Genève, à Paris . . . . .	221
Rapport de la surface comprise entre les murs, et de celle occupée par ces derniers, dans les grands édifices voûtés à base rectangulaire, dans ceux voûtés à base circulaire, dans ceux non voûtés à base rectangulaire et à base circulaire. — Poussée des voûtes . . . . .	222
Force du plâtre et du mortier. — Union de l'art à la construction . . . . .	223

## LIVRE DIXIÈME.

### ÉVALUATION DES OUVRAGES DE BATIMENT.

Influence de l'économie sur l'art . . . . .	225
Considérations sur l'art de l'époque actuelle déduites des principes posés dans ce volume . . . . .	226
Causes déterminantes du style . . . . .	227
Quel peut être le style de notre époque? Convient-il d'adopter le style d'une autre époque? . . . . .	229

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.



## AVIS AU LECTEUR.

La table générale qui se trouve à la fin du tome second du Supplément indique tous les sujets traités dans l'ouvrage, et les divers passages auxquels on doit recourir pour les bien connaître.

Une table particulière détaillée se trouve à la fin de chaque tome.

En tête de chaque planche sont indiqués le tome et la première page du texte qui s'y rapportent.

Les chiffres entre parenthèses qui accompagnent chaque figure indiquent la page du même tome qui en donne l'explication.

Le tome second du Supplément est uniquement consacré à l'examen théorique, au point de vue de l'art, de toutes les questions traitées dans l'ouvrage.





Biblioteca Pública de Valladolid



72022672 BPA 2019 (V.2)











RONDELET.

L'ART

DE BATIR



2



BPA  
2019

