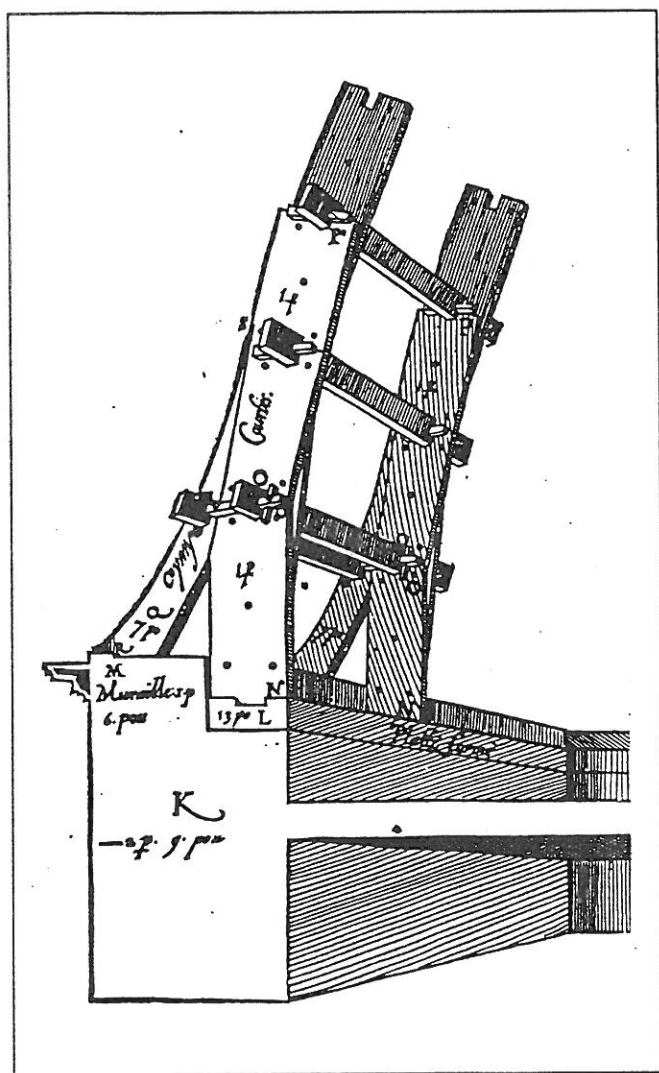


# Nouvelles inventions : l'interchangeabilité et le génie national

Gregory K. Dreicer



Charpente à petits bois de Philibert De l'Orme. (Nouvelles Inventions, fol. 18.)

*Pour l'Européen nouvellement débarqué à New York, l'audace de l'Américain va jusqu'à la témérité, tandis que, de son côté, ce dernier nous accuse de pousser la prudence jusqu'à la timidité. Ces jugements sont aussi peu fondés l'un que l'autre, parce que l'on y tient trop largement compte des hommes et pas assez de leur situation, et je suis porté à croire que la plupart des Européens seraient bientôt Américains sur le sol de l'Union, et inversement<sup>1</sup>.*

Le génie civil se développe à travers des échanges interculturels. Néanmoins, dans les temps de crise économique et politique, il se nationalise. On soutient que chaque pays suit un chemin technologique aux contours traditionnels. C'est le signe de l'angoisse de l'influence, dont l'ingénieur allemand a souffert, lui qui a proposé d'extirper le mot « *Ingenieur* » de sa langue maternelle, à cause de son origine supposée française<sup>2</sup>. De la même façon, on essaie depuis longtemps en France, à travers des lois linguistiques, de supprimer des expressions anglaises. « *Bâtir* », par contre, est d'origine allemande et ne gêne plus personne<sup>3</sup>. Aux Etats-Unis, on se préoccupe à présent plutôt de voitures que de mots. Trouver des automobiles américaines est difficile : la plupart, même affublées de noms yankee, ont des origines suspectes. Les mots et les machines se glissent facilement entre les cultures.

Les idées techniques n'ont pas d'origine nationale. L'ouvrage d'art « pure race » n'existe pas. Le concept bancal du « style national », dont nous ne traitons pas ici, est étroitement lié à la conception de « transfert », de transport des techniques d'un lieu en un autre lieu. Cette signification du transfert provient de l'introduction d'une technique dans un pays « sous-développé » : par exemple, l'introduction de la « révolution verte » de la biotechnologie en Afrique. Dans ce cas, les techniciens du pays récepteur n'avaient point participé à la création de la technique importée. Le développement de l'ensemble des techniques que nous appelons « génie civil » est à l'opposé du transfert dans l'éventail des relations interculturelles.

L'échange s'établit entre pays qui présentent des intérêts technologiques réciproques et qui souvent partagent leurs principales industries. On dit que le transfert a lieu quand une technologie est « prouvée » comme étant la « conséquence » d'un développement<sup>4</sup>. En fait, l'« origine » de la technologie se trouve dans des transferts bilatéraux, et elle est modifiée comme elle est créée. Il s'agit d'un processus continu d'échanges. On le voit dans la

totalité du génie civil et dans toutes les techniques<sup>5</sup>. Pourtant les adeptes du transfert croient que, s'il s'agit de pays différents, on peut parler de « transfert ». Si les événements se déroulent dans un seul pays – si grandes les divergences internes soient-elles – cela n'est considéré que comme l'histoire de la technique nationale. Qualifier le développement du génie civil de transfert, c'est comme considérer un débat comme étant une série de monologues.

Le concept du caractère technologique national est basé sur des convictions sans preuves : à savoir qu'une frontière politique ou une université technologique puissent déterminer le contenu ainsi que la forme technologique. Cette idée est souvent étroitement liée à la phallocratie : le « premier » ou le « plus grand » s'exporte aux autres, les moins forts. Les nations industrialisées donnent un coup de main aux artisans retardataires, afin de les aider à entrer dans le monde moderne. Et le grand chantier est le champ de bataille entre la « théorie » (spécialisation française) et la « pratique » (domaine américain). Ce sont les systèmes humbles, cependant, qui ont permis la construction des centaines de milliers de structures qui se perdent dans la mêlée. C'est à travers ces systèmes, en les regardant de près, que l'on peut commencer à comprendre ce qu'est la composition du génie civil. On voit disparaître les « grands partages<sup>6</sup> », ces divisions légendaires entre cultures, entre prétendus modes de pensée, entre diverses époques d'« évolution » et de « révolution » techniques, et même entre diverses technologies.

Le génie civil est rarement considéré comme une partie de l'industrie. Dans n'importe quel pays, dans les livres relatant les merveilles industrielles, la construction n'apparaît pas. Les historiens du développement industriel ne le mentionnent pas. C'est apparemment une culture technique à part. Cependant, l'interchangeabilité et la préfabrication, qui se trouvent au cœur même de l'industrie, ont existé depuis des siècles dans la construction de structures comme celles des bâtiments, ponts et bateaux. Mais l'histoire des procédés de construction est une histoire refoulée. Il est difficile de savoir, par exemple, comment une maison à colombages était construite, l'histoire est pleine de suppositions, presque comme si l'on parlait des pyramides. On a accentué l'importance des images, malheureusement une image ne donne forcément aucune indication sur les méthodes de fabrication<sup>7</sup>. Les descriptions écrites et graphiques de structures ne manquent pas, mais les descriptions des procédés ont disparu dans presque tous les cas – alors que la méthode est l'un des facteurs critiques dans la conception ou le choix d'un système de génie civil, donc dans notre compréhension du système.

Le « système américain de fabrication » a attiré l'œil du monde au moment où les Etats-Unis étaient pour les ingénieurs européens le symbole de l'invention et de l'industrie, la Terre promise des saint-simoniens. Mais comment devons-nous comprendre l'étiquette nationale ? Si l'on ne tient aucun compte des clichés et des mythes, ce qui est déjà bien difficile, des questions de provenance et de développement se posent. Doit-on s'appuyer sur les sources apparentes de l'idée, la nationalité du supposé concepteur, le ou les pays où le concepteur a grandi, a fait ses études ou a vécu, les endroits où l'on a fait les premières utilisations de l'objet, les sources des matériaux, le pays d'origine des investisseurs ou des ingénieurs, des scientifiques, des artistes qui formaient le réseau personnel et professionnel de l'inventeur ? Nous allons regarder très rapidement deux systèmes de construction, l'un « américain » et l'autre « français ».

## LE PONT EN TREILLIS

Aux Etats-Unis, en janvier 1820, l'ingénieur et architecte Ithiel Town (1784-1844) déposa un brevet pour le pont à poutres en treillis<sup>8</sup>. Ce pont se distingue des autres systèmes de l'époque par plusieurs aspects.

C'est une invention décisive, à la fois simple et bouleversante, la solution d'un problème critique qui préoccupait depuis des années les ingénieurs des deux côtés de l'Atlantique<sup>9</sup>. Le pont se compose de deux ou trois fermes, chacune formée d'une série de planches diagonales, mises dans les deux sens, comme un treillage. Les diagonales de chaque ferme sont attachées entre une ou deux paires de planches horizontales supérieures et inférieures posées à l'intérieur et l'extérieur du treillis ; ces planches sont de même taille que les diagonales. Chaque intersection est liée par deux, trois ou quatre chevilles. La hauteur des fermes devait être d'un dixième de la portée. Les dimensions approximatives des planches sont de 6 m par 30 cm (ép. 8 cm). Les charpentes du plancher et des combles, qui sont posées sur les fermes, font double usage comme contreventement. La circulation peut avoir lieu entre ou au-dessus des fermes.

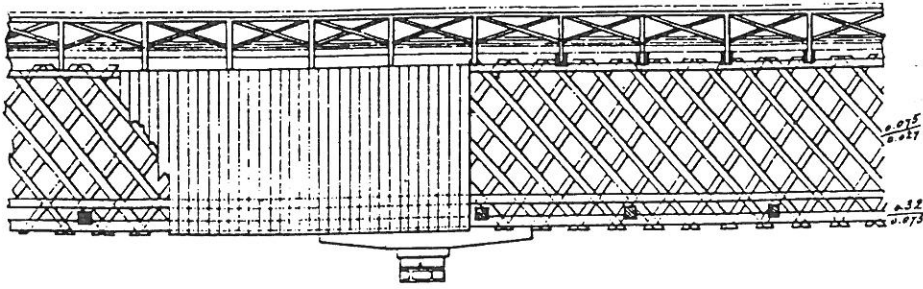
Avec son invention, Town, comme d'ailleurs la plupart des ingénieurs aux conceptions réussies, obtint un succès grâce à sa capacité de résoudre simultanément des problèmes touchant au génie civil, y compris les aspects de structure, de construction, de transport, d'économie, de commerce, de politique, d'esthétique. Nous nous limitons ici à quelques points seulement. Comme Town l'explique dans ses brochures publicitaires, le pont permet l'emploi de planches de bois de taille moyenne et de mêmes dimensions avec des trous pour les chevilles. Il ne présente pas d'assemblages compliqués (ni tenons ni mortaises). Il n'emploie pas de fer. Les charges dans les planches diagonales peuvent agir en compression ou en tension. Grâce à la triangulation, la structure est très rigide. Il ne s'exerce pas de pression contre les piles. L'espace en dessous du pont est libéré. L'ensemble présente un énorme contraste avec le principe des arches, qui exige des piles lourdes et bloque la navigation. En cas de réparation, il s'agit seulement d'enlever une pièce et de la remplacer par un élément identique sans démonter le pont. En principe, cela permet une main-d'œuvre réduite sans grande expérience. Le pont est ainsi plus léger que d'autres ponts de capacité semblable. Il présente une économie de bois ainsi que de maçonnerie.

## LA CHARPENTE À PETITS BOIS

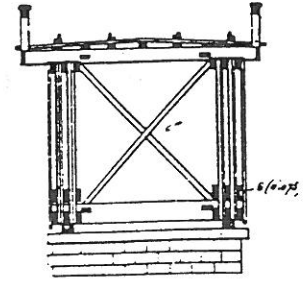
En 1834, Guillaume Tell-Poussin, qui avait déjà passé plusieurs années aux Etats-Unis en compagnie du baron Bernard, ancien aide de camp de Napoléon chargé de l'établissement des voies de communication et des forts en Amérique, se livra dans une publication européenne à la première description détaillée de ce nouveau type de pont breveté par Town. C'est un moment décisif : l'arche allait céder sa place à la poutre en treillis, dans la longue portée. Dans son ouvrage, intitulé *Travaux d'améliorations intérieures projetés ou exécutés par le gouvernement général des Etats-Unis d'Amérique de 1824 à 1831*, Poussin fait observer que l'illustration du pont « représente des fermes à la Philibert De l'Orme<sup>10</sup> ». Dans les nombreux rapports européens de l'époque qui ont suivi, c'est la seule fois qu'il est fait référence à un système déjà établi<sup>11</sup>.

(Fig. 58) Elevation

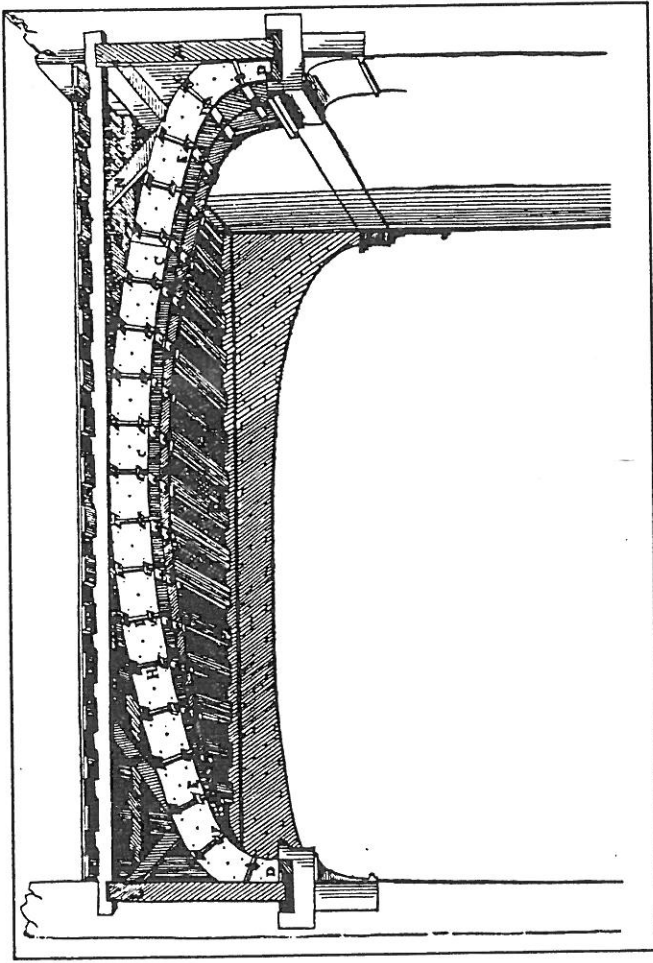
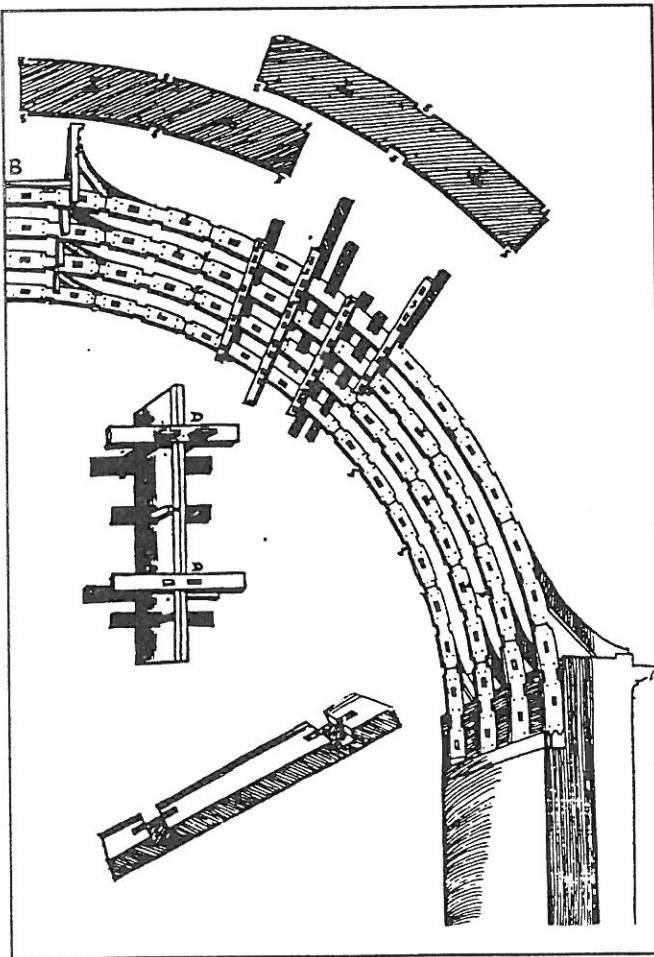
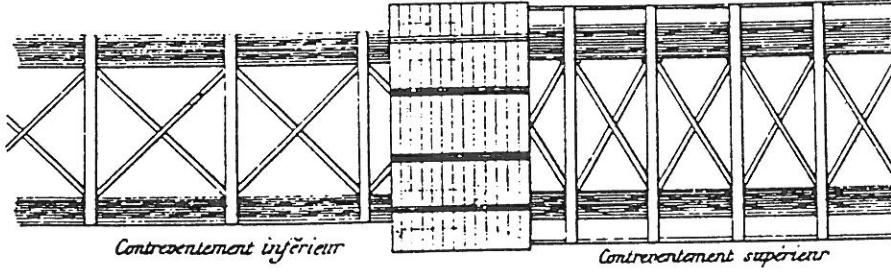
les planches de recouvrement étant enlevées



(Fig. 59) Coupe transversale



(Fig. 60) Plan



- 1 - Pont en treillis de Town. (R. Morandière, Notes prises par les élèves au cours de construction des ponts, 1865-68, ponts en charpente : pl. 12.)
- 2 - Charpente à petits bois de Philibert De l'Orme. (Nouvelles Inventions, fol. 20.)
- 3 - Plancher de Philibert De l'Orme (Nouvelles Inventions, fol. 44.)

Philibert De l'Orme (1514-1570), comme Town, était à la fois ingénieur et architecte. Tous deux avaient une connaissance et une expérience approfondies du bois et de la charpente. En 1561, Philibert publia ses *Nouvelles Inventions pour bien bastir et à petit fraiz*, exposé de son système de charpentes pour construire les voûtes, dômes, planchers et ponts<sup>12</sup>. Il s'agit de petits arcs en bois (de dimensions approximatives 130 x 25 x 3 cm) tenus ensemble par des chevilles ; les planches des deux cours sont disposées de façon que les joints soient alternés. Des liernes passent au milieu des côtés des arcs et sont tenues par des clavettes de chaque côté. Chaque lierne passe à travers deux ou trois arcs. Pour les grandes dômes, un deuxième rang de liernes est attaché à l'extérieur ; ceci étant dû apparemment au fait que, dans la partie inférieure d'un dôme, les pièces horizontales deviennent en effet des boucles en tension, des liernes individuelles ne suffiraient donc pas<sup>13</sup>.

Les avantages sont énumérés par Philibert De l'Orme dans son traité. Ils sont sensiblement identiques à ceux du pont de Town. Les petits bois sont plus faciles à trouver, transporter, manier, assembler, inspecter contre la moisissure. L'utilisation de petits bois permet le réemploi des bois, même de ceux qui sont en partie pourris. On a rejeté la ferme triangulaire traditionnelle pour créer une charpente moins lourde ; l'espace inférieur du dôme est dégagé d'une structure qui selon De l'Orme s'apparentait à une « forest ». Par conséquent, les murs supportant le dôme peuvent être beaucoup moins lourds, d'autant que la charge du dôme est verticale et ne travaille qu'en compression. Les assemblages complexes constitués de tenons et mortaises sont également abandonnés. On peut de même se débarrasser des raccords en fer : on supprime ainsi le risque de confier un surplus de charge à des éléments de qualité incertaine et susceptibles de rouiller. Tous ces avantages minimisent en principe les frais de construction. Pour De l'Orme, la diminution du coût qu'on obtient grâce à l'économie de bois est l'un des avantages principaux. Comme chez Town, la portée dépasse de loin la longueur des pièces de bois individuelles.

## INTERCHANGEABILITÉ

Multipliation d'une quantité minimale de parties standards qui s'assemblent de façon précise, et dans lesquelles les forces se divisent également, voilà la base de la philosophie structurale des deux ingénieurs.

Philibert De l'Orme affirmait : « Quand la tierce partie des courbes ou hémicycles par cy par là seroit ostee, ou bien pourrie & rompue, ce qui resteroit sera encores assez fort, & pour durer plus que la charpenterie que lon a accoustumé de faire<sup>14</sup>. »

Town soulignait : « *By dividing the strain or stress into so many parts, that what falls upon any one part or joint is easily sustained by it without either the mode of securing the joints, or the strength of the material being insufficient*<sup>15</sup>. »

Grâce à la multiplicité des assemblages, les forces se diffusent dans la structure dont aucun point faible ne menace la stabilité.

C'est un réseau où les forces sont « *spazierengeführt* », et dans le cas de Philibert De l'Orme, les planches de la toiture elles-mêmes peuvent agir comme éléments structuraux<sup>16</sup>. On trouve ce même principe employé par De l'Orme et Town dans le « *balloon frame* », structure quadrilatère et légère à la construction aisée et rapide, et qui reste au centre de l'histoire de la construction du dix-neuvième siècle aux États-Unis<sup>17</sup>.

De l'Orme et Town ont conçu chacun un système différent, mais basé sur une pensée identique. De plus, leur mode de

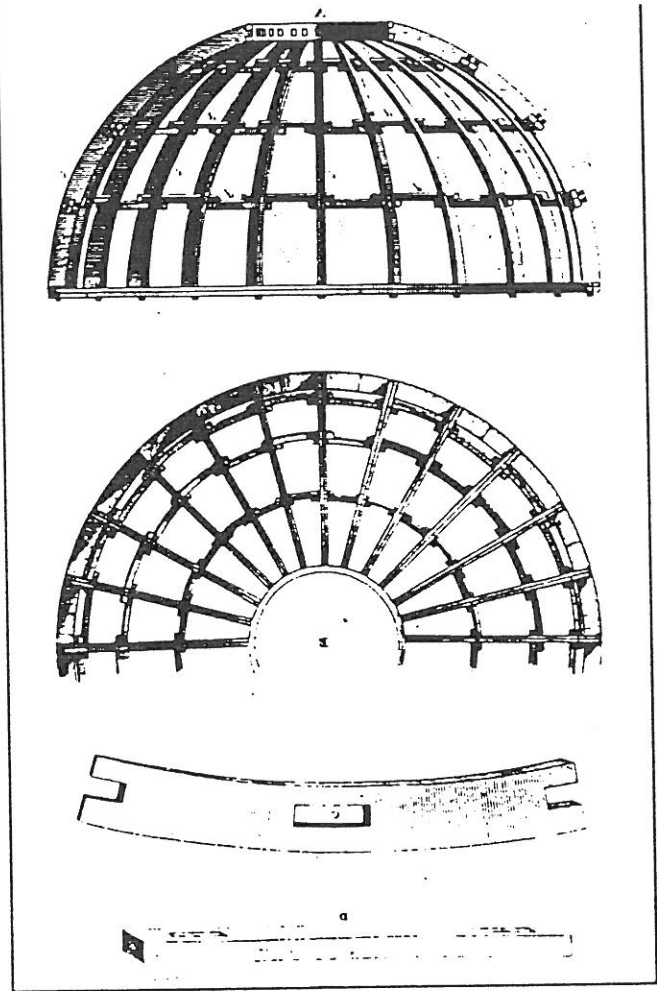
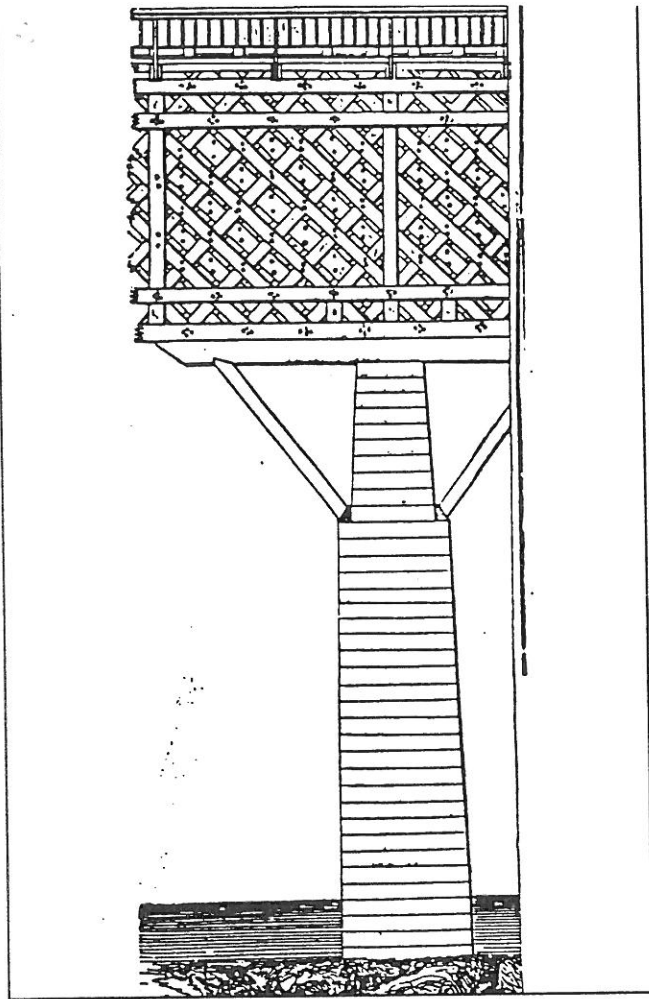
réflexion était très conséquent. Philibert De l'Orme augmente les liernes intérieures et extérieures pour renforcer la structure. Afin de rendre son pont plus fort et plus rigide, Town ordonne la multiplication des membres diagonaux et horizontaux, ainsi que la création de fermes jumelées<sup>18</sup>. Ces solutions sont fondées sur la reproduction et l'assemblage de membres identiques dans des sous-structures qui sont ensuite elles-mêmes assemblées en système structural pouvant être rapidement reproduit en grand nombre par des constructeurs. Et, en théorie, leur simplicité rend l'ingénieur superflu !

Le concept, ou plutôt la pratique viable, d'interchangeabilité était naissant. Comme l'économiste Michel Chevalier l'a expliqué : « Les ponts en treillis se composent de pièces toutes exactement sur le même modèle et de la forme la plus simple, de sorte que, par des procédés mécaniques tout à fait élémentaires, rien n'est plus aisé que de tailler toutes les moises des treillis avec une précision parfaite, et d'y pratiquer, avec non moins de précision, les trous destinés à recevoir les chevilles<sup>19</sup>. » Les membres, les pièces détachées légères, illustrées par les dessins de Town et De l'Orme, ainsi que dans les atlas comme ceux de Chevalier, présentent des dimensions standard. Il est probable que l'industrialisation du bois a joué un rôle. Vers 1556, l'année de la probable première construction du système à la De l'Orme, il existait déjà à Lyon un moulin à eau pour scier le bois<sup>20</sup>. Les premiers ponts de Town étaient construits également en Caroline du Nord, à proximité d'une importante scierie à vapeur.

De l'Orme écrivait : « Vous voyez que ceste nouvelle façon & invention a un tres grand advantage & profit, au pris de l'ancienne. Car si quelque piece de bois se gaste ou se pourrist, vous la pouvez oster & remettre tout incontinent s'il vous plaist, sans rien abbatre ne demolir, comme il se fait aux autres charpenteries<sup>21</sup>. » En outre, pour les cintres et ponts de service provisoire, il s'agissait d'« une arche qui se peut aisément oster [...] sans rien gaster le bois, qui sera bon pour servir ailleurs à choses semblables. Et ou l'on n'en auroit plus à faire pour servir de cintres, on le pourroit accomoder à couvrir maisons, ou faire poutres, en retaillant les joints & leur rondeur. Bref icy ne se perd aucun bois<sup>22</sup>. » On peut assembler et désassembler à volonté. On y parvient à l'aide de petites pièces de bois et grâce à la possibilité d'employer toutes les pièces librement dans la structure. On peut considérer, de plus, que les structures provisoires de construction sont susceptibles de devenir partie d'une structure achevée, un concept que Town et certains ingénieurs européens développèrent avec le pont en treillis.

Le système de Philibert De l'Orme fut peu employé, et il tomba dans l'oubli pendant cent cinquante ans<sup>23</sup>. Mais sa renaissance démarre à une époque antérieure à celle de Town, et sa popularité est due aux mêmes raisons que le futur grand succès des ponts en treillis. Les deux systèmes présentent simplicité et régularité ; ils sont basés sur des formes géométriques qui se répètent à l'infini et de façon symétrique ; ils sont faits d'un matériau homogène, tout en étant composés de nombreux joints semblables et de très peu de parties-types. Ils offrent une légèreté à la fois physique et apparente. Ils se prêtent particulièrement bien à l'illustration, et c'est un fait qu'inventeurs et éditeurs exploitèrent beaucoup par la suite.





## NOUVEAU DÉPART

En 1782 et 1783, les architectes J.-G. Legrand et J. Molinos (d'origine lyonnaise) ressuscitent le dôme de Philibert, tombé alors en désuétude, mais qui leur avait été cité en cours par leur professeur J.-F. Blondel<sup>24</sup>. Ils construisent un dôme basé sur l'invention de De l'Orme : la circulaire halle au blé de Paris<sup>25</sup>. Le dôme de la halle est bien plus vaste que De l'Orme ne l'avait imaginé ; il est percé de vingt-cinq grandes fenêtres longitudinales. La structure en est étonnante. Lors de sa visite, Thomas Jefferson, homme d'Etat, architecte et obsédé de l'invention, est impressionné par l'immensité, la simplicité, la légèreté de ce qu'il décrit comme « *a parcel of sticks and chips put together in pens*<sup>26</sup> ».

On retrouve le système de la halle au blé dans plusieurs traités de l'époque. Le *Traité de l'art de la charpenterie* de A. R. Emy (Paris, 1837) décrit l'invention de De l'Orme ainsi que celle de Town. La diffusion des deux a lieu approximativement à la même époque, elle est aidée par la multiplication des livres techniques qui, tout comme les ingénieurs eux-mêmes, voyagent à travers les pays concernés par le génie civil. L'architecte allemand David Gilly, adepte de De l'Orme, publie *Über Erfindung, Konstruktion und Vortheile der Bohlendächer* (Berlin, 1797)<sup>27</sup>. Les toits à la De l'Orme sont alors construits dans plusieurs pays d'Europe.

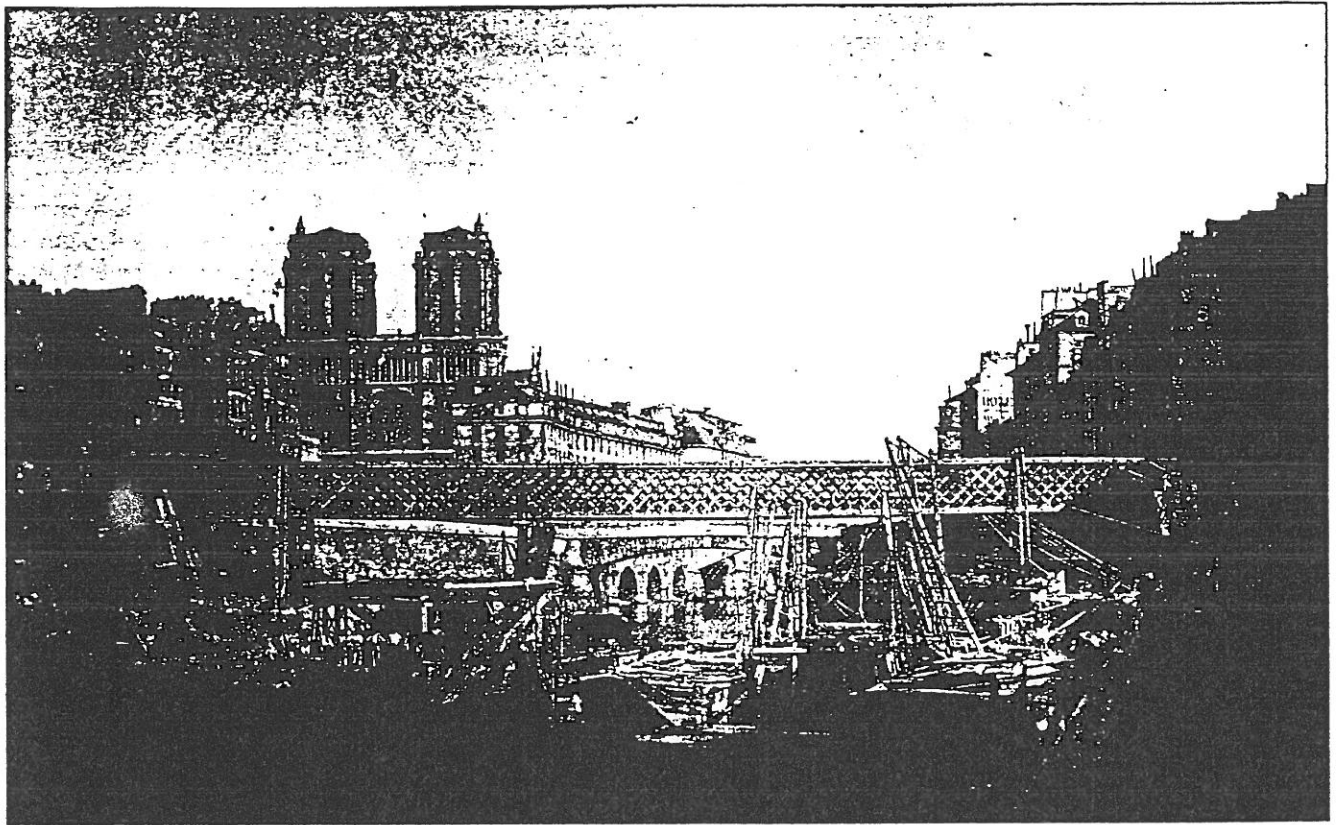
Jefferson, qui possédait une copie du traité de Philibert De l'Orme, se fait le champion des structures à la De l'Orme jusqu'à sa mort<sup>28</sup>. Il fait construire le dôme de sa ville de Monticello (1796, avec l'emploi de boulons et clous), ainsi que celui du Hall

of Representatives de Washington (1805)<sup>29</sup>. C'est lui qui contraint, en dépit de ses protestations, l'architecte Benjamin Latrobe, qui d'ailleurs possédait le livre de Gilly, à construire ce dernier dôme. On retrouve même le système dans le guide populaire du charpentier de Owen Biddle<sup>30</sup>. Robert Mills, qui fut initié au principe par Jefferson, construit plusieurs dômes, entre autres pour des églises à Charleston et à Philadelphie. Mills connaissait Town, qui avait d'ailleurs forcément connaissance des constructions importantes. C'est sans doute l'un des nombreux réseaux de connaissances où son inspiration a puisé.

Plusieurs ingénieurs ont basé leurs systèmes sur les modèles de De l'Orme et Town, faisant des adaptations, employant des matériaux variés. Bien que son effet ait été moindre que celui de Town, qui fut à l'origine de milliers de ponts et combles en treillis partout à travers le monde, l'invention de De l'Orme engendra une école. A l'époque où furent édifiées les dernières structures sur le modèle De l'Orme, l'un des premiers ponts Town en Europe se construisait en France : avec une justice immanente, ce fut à Lyon – que Town avait d'ailleurs visité en janvier 1830 – par un ingénieur des Ponts et Chaussées du nom de Joseph Hyacinthe Garella, fils et petit-fils d'ingénieurs des Ponts<sup>31</sup>. Ce fut le début en France des ponts dits « américains », nom générique désignant

1 - Charpente en treillis d'Ishiel Town. (l'illustration n° 4, 1844, p. 23.)

2 - Coupole « à la De l'Orme ». (Owen Biddle, *Young Carpenter's Assistant*, 1805, pl. 26.)



plusieurs types de ponts à poutres avec fermes triangulées. Cette dénomination fut employée pendant plus de cinquante ans. L'insertion de l'invention au cœur même du génie civil « européen » se traduit par la construction en 1857 d'un pont Town sur la Seine, devant Notre-Dame, lors de la reconstruction du pont Saint-Michel et du pont Au Change. Une photo illustrera ce pont provisoire à l'Exposition universelle de 1867 à Paris, l'inscrivant ainsi parmi les ponts-monuments de l'époque<sup>32</sup>. Peut-on imaginer un objet plus « américain », un contexte plus « français » ?

## CULTURES OPPOSÉES - PIÈCES DÉTACHÉES

La pensée modulaire fut transmise par les grands amateurs du classicisme, De l'Orme, Jefferson et Town. Ces hommes conçurent des façades formées de constituants standard gréco-romains supportés par des pièces normalisées. Le système est basé sur la répétition et la standardisation des différents membres, le tout dominé par un ordre géométrique rigoureux. Town, l'un des architectes les plus éminents des Etats-Unis dans la première moitié du dix-neuvième siècle, dut son succès au *Greek Revival* (néo-grec), composition architecturale formée d'éléments grecs. Un architecte contemporain de Town, J.-N.-L. Durand, professeur à l'École polytechnique et admirateur du système de De l'Orme, employa le papier quadrillé comme l'avaient fait De l'Orme et Jefferson<sup>33</sup>. Tous, ils étudièrent les formes classiques.

Les essais de standardisation eurent lieu dans d'autres domaines. Dans la fabrication d'armes, le système des pièces interchangeables de J.-B. de Gribeauval développé avec H. Blanc en France, à partir de 1765, impressionna beaucoup Jefferson. Par la suite, il signa un contrat avec Eli Whitney pour une fabrication

d'armes à pièces interchangeables<sup>34</sup>. Dans la manufacture de Portsmouth en Angleterre, les poulies furent également fabriquées en série dès 1805 par le machiniste H. Maudslay avec S. Bentham et M. Brunel ; ces derniers avaient développé une grande expérience dans la machine à bois respectivement en Russie et aux Etats-Unis<sup>35</sup>.

La standardisation des pièces ainsi que la systématisation des procédés de construction et de fabrication n'étaient pas aisées, l'exemple de la normalisation de la manufacture des fusils et machines à coudre l'illustre parfaitement<sup>36</sup>. C'était un processus extrêmement long. La difficulté du procédé apparaît dans le système de De l'Orme : bien qu'il ne fût pas nécessaire de travailler avec de grosses sections de bois, le montage exigeait une expertise hors du commun. La halle au blé ne fut en effet pas exécutée par un charpentier mais par un menuisier<sup>37</sup>. A une époque où les pièces ne pouvaient pas être préparées convenablement dans la scierie, il est probable que la standardisation des pièces fut un désavantage. Cela dut représenter un travail très exigeant. Le système de De l'Orme n'était pas économique, il était au contraire plus difficile et plus coûteux que les autres<sup>38</sup>. Il était à cette époque plus économique de construire avec moins de précision et à l'aide d'une main-d'œuvre non spécialisée.

L'histoire du génie civil en Europe, de même qu'aux Etats-Unis, se décelait à travers les mouvements des visiteurs et des émigrés. Néanmoins, la culture américaine est qualifiée de débitrice ou de « colonie technique<sup>39</sup> ». Au mieux, il est dit que les américains étaient des « adaptateurs rapides des techniques étran-

*Pont Saint-Michel : passerelle provisoire, 1857. Lagalissier, ingénieur en chef ; Vaudrey, ingénieur ordinaire. (Vaudrey, ministères de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux publics, Exposition universelle de 1867. Album des ponts, [1867], pl. 20.)*

sort pas plus importantes que dans n'importe quel autre pays (en Occident ou ailleurs) participant à l'échange : la France possède une forte tradition d'importation de techniciens étrangers et de voyages techniques de ses ingénieurs<sup>41</sup> ; l'industrialisation anglaise, transmise par le savoir-faire des Français, des Allemands, des Flamands, des Hollandais et des Italiens, aboutit au retour de cette technologie « britannique » en Europe continentale<sup>42</sup>.

Le « système américain » dont parlaient Chevalier et Garella n'est pas une idée apparue par miracle à l'Exposition de Londres de 1851<sup>43</sup>. En outre il n'a rien de particulièrement américain. Les pièces interchangeables n'ont pas de nationalité. Cela est dû au fait que les concepteurs dans le génie civil sont des cosmopolites ambulants<sup>44</sup>. Philibert De l'Orme passa sa jeunesse à Lyon, l'« Athènes de la Renaissance française » et passa trois ans en Italie à partir de 1533<sup>45</sup>. De nombreux mots, tels que « colonne », apparaissent dans la langue française vers le début du seizième siècle et deviennent le vocabulaire de base de l'architecture et de la construction ; ils sont employés et diffusés par De l'Orme dans ses traités<sup>46</sup>. Town, qui habita New York et New Haven, villes cosmopolites et touristiques, a apparemment étudié les modèles classiques dans des livres, de la même façon que les ingénieurs et les architectes européens ont pu le faire. Ce n'est que plus tard qu'il effectuera ses deux voyages en Europe.

Le désir de recherche de techniques nouvelles (techniques, sciences ou arts, la distinction n'est pas franche) était essentiel pour l'échange, il était plus important que le « niveau » des techniques et de l'industrie. Chacun créait et adaptait la technologie selon un environnement politique, social, économique. A travers les études des techniques du génie civil, nous pouvons mieux comprendre ce que l'on nomme une « culture » nationale. Si l'on commence avec l'idée inébranlable d'une « culture », on sait à l'avance ce que l'on va trouver. Les différences que l'on remarque entre les cultures et entre les techniques diverses sont souvent beaucoup moins impressionnantes que leurs similitudes.

Trouver des structures pouvant être rapidement construites, réemployées, adaptées et doublées est un travail toujours actuel. Il n'est pas étonnant que l'on trouve des solutions semblables, même à des époques éloignées, ou bien que les Français soient souvent plus « américains » que les Américains, et réciproquement. L'étiquette nationale est apposée selon la perception d'une technique ou d'une industrie pendant un temps précis ; elle est révélatrice dans la mesure où elle nous permettra de percevoir les attitudes interculturelles au travers desquelles se développeront diverses techniques, dont les charpentes et les armes.

Le génie civil fleurissait au sein d'une relation à double sens : l'échange dans ce domaine était essentiel à son développement ; son développement était indispensable pour que l'échange ait lieu. Parler d'une technologie en commençant par des idées nationales dévalorise la culture, en la retirant de son contexte et en niant sa complexité. Les cultures du génie civil, maritime, mécanique ou militaire se rassemblent à travers plusieurs cultures nationales. Les idées s'échangent aussi vite et aussi facilement que des pièces détachées. Certaines idées s'engagent, d'autres pas.

Je tiens à remercier le ministère de la Culture (Paris), le Deutsche Akademische Austauschdienst (Bonn) et Cornell University (New York) dont le soutien m'a permis de faire des recherches nécessaires. Ronald Kline et Tom F. Peters m'ont aidé avec des suggestions. Je ne saurais assez remercier Françoise Domas pour la correction du texte.

1. G. Lambert, *Voyage dans l'Amérique du nord, en 1853 et 1854, avec notes sur les expositions universelles de Dublin et de New-York*, Hayez, Bruxelles, 1855, p. 150.

2. Schönhöfer, « Hinweg mit der französischen Standesbezeichnung : "Ingenieur" ! », *Zeitschrift für Architektur und Ingenieurwesen*, 1915, p. 22, et Mehrrens, « Zur Verdeutschung des Fremdwortes "Ingenieur" », *Eisenbau* 6, 1915, pp. 78-79.

3. B. Quemada, « Technique et langue », in B. Gille, *Histoire des techniques*, Gallimard, Paris, 1978, p. 1230.

4. D.H. Stapleton, *Transfer of Early Industrial Technologies to America*, Am. Phil. Soc., Philadelphie, 1987, pp. 25 et 28.

5. Voir, par exemple, M. Cotte, « Seguin et C<sup>e</sup> (1806-1824) : du négoce familial de drap à la construction du pont suspendu de Tournon-Tain », *History and Technology* 6, 1988. L'auteur parle de l'« extrême imbrication des projets, des idées, des recherches chez les Seguin ».

6. B. Latour, « Comment redistribuer le grand partage ? », *Revue de synthèse* 110, 1983, pp. 202-36.

7. Voir par exemple E. S. Ferguson, « La fondation des machines modernes : des dessins », *Culture technique* n° 14, 1985, pp. 182-207. Les images sont parfois trompeuses, un objet fait à la main et un objet fabriqué en série pourraient être représentés de façon identique ! Des informations essentielles ne se trouvent pas dans les dessins, et ce manque est parfois intentionnel de la part du concepteur.

8. Voir I. Town, *A Description of Ithiel Town's Improvement in the Construction of Wood and Iron Bridges : Intended as a General System of Bridge-Building for Rivers, Creeks, and Harbours of Whatever Kind of Bottoms ; and for any Practicable Width of Span or Opening, in Every Part of the Country*, Converse, New Haven, 1821.

9. L'histoire interculturelle du pont à poutres droites en treillis, intitulée *La Longue Portée (The Long Span)*, est actuellement en préparation.

10. Le pont de Town était déjà connu en Europe. G.-T. Poussin, *Travaux d'améliorations intérieures projetés ou exécutés par le gouvernement général des Etats-Unis d'Amérique de 1824 à 1831*, Anselin, Paris, 1834, p. 63. Voir aussi H.C. Emmerly, « Analyse et extrait : des "Lettres sur l'Amérique du Nord", de M. Michel Chevalier ; des deux ouvrages de M. Poussin », *Annales des ponts et chaussées* 1/2, 1837, pp. 99-101, pl. 134.

11. En revanche, des commentaires britanniques ont parfois proposé de faux précurseurs. Dans son article « Travaux des chemins de fer d'Allemagne » (*Annales des Mines* 5/5, p. 315), Charles Couche, professeur à l'Ecole des mines, qui a certainement connu l'ouvrage de Poussin, a fait observer que « La conception de Town présente une certaine analogie de principe et de destinée avec le système de combles de Philibert De l'Orme... »

12. Philibert De l'Orme, *Nouvelles Inventions pour bien bastir*, Paris, 1561, in *Traité d'architecture*, présentation J.-M. Pérouse de Montclos, Paris, 1988. Pour les références aux *Nouvelles inventions* qui suivent, c'est cette édition qui fut utilisée.

13. Sur l'invention de Philibert, voir J.-M. Pérouse de Montclos, « La charpente à la Philibert De l'Orme », in A. Chastel et J. Guillaume (éd.), *les Chantiers de la Renaissance*, Picard, Paris, 1991, pp. 27-50. Voir aussi R. Graefe, « Die Bogendächer von Philibert De l'Orme », in R. Graefe (éd.), *Zur Geschichte des Konstruierens*, Deutsche-Verlags-Anstalt, Stuttgart, 1989, pp. 99-116.

14. *Nouvelles Inventions*, livre I, chap. VI, F° 8.

15. Traduction : « En divisant la charge en plusieurs parties, l'effort qui agit sur une pièce ou un joint quelconque est facilement supporté sans que le mode d'assemblage ni la solidité des matériaux ne devienne insuffisant », Town, *op. cit.*, p. 7.

16. *Spazierengeführtsignific* = conduites en promenade », Graefe, *op. cit.*, p. 105.

17. T.F. Peters, *Time is Money : die Entwicklung des modernen Bauwesens*, Hoffmann, Stuttgart, 1981, pp. 175-176 et 180-181.

18. Voir le brevet de Town de 1835.

19. M. Chevalier, *Histoire et description des voies de communication aux Etats-Unis*, Gosselin, Paris, 1840-1841, t. 2, p. 566. Chevalier a été envoyé en mission pour étudier les chemins de fer aux Etats-Unis.

20. H.B. et G.M. Weiss, *Early Sawmills of New Jersey*, Trenton, N.J., NJAS, 1968, pp. 9 et 15-16.

21. *Nouvelles inventions*, livre II, chap. XIII, F° 55.

22. *Nouvelles inventions*, livre II, chap. XIV, F° 57.

23. Perouse, *op. cit.*, pp. 38 et 43-44.

24. Perouse, *op. cit.*, p. 39.

25. Sur l'histoire du dôme de la Halle, voir M.K. Deming, *Halle au blé de Paris 1762-1813*, Archives d'architecture moderne, Bruxelles, 1984, pp. 175-197.

26. Littéralement, « un paquet de bâtons et de copeaux assemblés en arcs à bestiaux », billet doux de Jefferson à M. Cosway, 12 octobre 1786, in P.L. Ford (ed), *Writings of Thomas Jefferson*, p. 313.

27. Traduction : *Sur l'invention, construction et avantages des toits à planches*.

28. Lettre de Jefferson à L.M. Wiss, 27 novembre 1825, in S.A. Bedini, *Thomas Jefferson : Statesman of Science*, Macmillan, New York, 1990, p. 509-510.

29. Les informations historiques sur le dôme aux Etats-Unis proviennent de l'étude de D. Harnsberger, *In Delorme's Manner : A Study of the Applications of Philibert De l'Orme's Dome Construction Method in Early 19th Century American Architecture*, Master's Thesis, University of Virginia, 1981. Merci à l'auteur pour l'emprunt de son ouvrage.

30. O. Biddle, *Young Carpenter's Assistant*, Johnson, Philadelphie, 1805, pl. 26. Cité dans Harnsberger, p. 76.

31. J.-H. Garella, « Note sur deux ponts provisoires en charpente construits dans le système américain de M. Town », *Annales des ponts et chaussées* 2/2, 1842, pp. 371-383 ; pl. 34. Sur Garella voir A.N., F14, 2231 et A.D. Lyon, 15.

32. Vaudrey, ministères de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux publics, *Exposition universelle de 1867. Album des ponts de Paris construits ou reconstruits depuis 1852*, Paris, [1867?], pl. 20, 22-24.

33. W. Szambien, *Jean-Nicolas-Louis Durand 1760-1834*, Picard, Paris, 1984, pp. 72 et 90. Les notions d'utilité de Durand (Szambien, p. 81) et de géométrie de Philibert De l'Orme ont approché une sorte de paroxysme dans le pont en treillis. Voir S.L. Sanabria, « From Gothic to Renaissance Stereotomy : The Design Methods of Philibert De l'Orme and Lonso de Vandelvira », *Technology and Culture* n° 30, 1989, pp. 295-99, et A. Picon, *Architectes et ingénieurs au siècle des Lumières*, Parenthèses, Paris, 1988, pp. 285-90.

34. Avant de développer le système, en 1752, Gribbeauval « fut envoyé en mission en Prusse afin de se documenter sur l'emploi des canons légers », *Dictionnaire de biographie française* 13, 1985, pp. 1209-10. M.R. Smith, « Yankee Entrepreneurship », in O. Mayr et R.C. Post (eds), *Yankee Enterprise*, D.C., Smithsonian, Washington, 1981, pp. 67-68. D. Hounshell, *From the American System to Mass Production 1800-1932*, Johns Hopkins, Baltimore, 1984, pp. 25-28.

35. Voir C. Cooper, « The Portsmouth System of Manufacture », *Technology and Culture* n° 25, 1984, pp. 182-225.

36. Voir Hounshell, *op. cit.*

37. D. Wiebenson, « The Two Domes of the Halle au Blé in Paris », *Art Bulletin* 55, 1973, p. 266. Voir aussi Deming, *op. cit.* p. 176-77.

38. P. Ardant, *Etudes théoriques et expérimentales sur l'établissement des charpentes à grande portée*, Lamort, Metz, 1840, p. 4 [Traduction allemande d'August von Kaven, Hannover, Hahn'sche Hof, 1847]. Voir aussi Perouse, *op. cit.* p. 29 et lettre de Latrobe à Swift du 31 mars 1817, citée dans Harnsberger, *op. cit.* p. 111.

39. D.H. Stapleton, « Moncure Robinson », in B.E. Benson (éd.), *B.H. Latrobe and M. Robinson*, Wilmington, Del. : Eleutherian Mills, 1975, p. 33.

40. N. Rosenberg, « Why in America », in Mayr, *op. cit.* p. 49.

41. Voir par exemple Quemada, *op. cit.* p. 1225.

42. Scoville, W.C., « Minority Migrations and the Diffusion of Technology », *Journal of Economic History* 11, 1951, p. 353.

43. Sur la standardisation de la construction dans le cas du « Crystal Palace » de l'Exposition de Londres en 1851 et dans le cas de la galerie des machines de l'Exposition de Paris en 1889, voir Peters, *op. cit.*, pp. 157-92.

44. En France, au XIX<sup>e</sup> siècle, les ingénieurs critiques, comme par exemple les Seguin, Eugène Flachar et ses collaborateurs au chemin de fer de Paris-St-Germain, font des expériences « étrangères » importantes qui ne peuvent pas être séparées de leurs ouvrages.

45. H. Clouzot, *Philibert De l'Orme*, Plon, Paris, 1910, pp. 27-37.

46. M. Cagnon et S. Smith, « Le vocabulaire de l'architecture en France de 1500 à 1550 », *Cahiers de lexicologie* 16, 1970, (1) pp. 89-108, (2) pp. 94-108 ; J. Plattard, « A propos de Maître Pihour et de ses hétéroclites », *Revue du seizième siècle* n°6, 1919, pp. 287-89 ; H. Clouzot, « Maître Pihour et ses hétéroclites », *Revue du seizième siècle* n° 5, 1917-18, pp. 182-86.