
TROISIEME PARTIE.

CHAPITRE VIII.

Sur la force d'élasticité des bois courbés par contraction, rapportée à la résistance transversale des bois droits.

COMME les expériences qui nous ont été données sur la force des bois droits ne fournissent pas les connoissances suffisantes, pour employer ces bois sous d'autres formes, je me suis proposé ici de rechercher la résistance de ceux qu'on peut courber par contraction, parce qu'on peut tirer de très-grands avantages de leur élasticité pour de grandes constructions en charpente, dont l'exécution seroit sans cela impossible.

Et attendu que les résultats des expériences faites sur la force transversale de ces bois n'indiquent pas la progression des courbures qu'ils prennent sous les différentes charges qui les conduisent jusqu'à la rupture, j'ai recherché la chaîne de ces rapports par la première expérience qui suit.

Expérience sur la force graduée du bois chêne dans la situation horizontale.

Je me suis servi pour cette expérience, d'une solive de 3 pouces d'équarrissage, & de 12 pieds de longueur entre ses appuis, tirée d'un bois coupé depuis dix-huit mois.

(1). Cette piece a porté 1209 livres jusqu'au moment de la rupture, dans l'ordre des différentes charges & des différentes fleches désignées par la table suivante.

Charges.	Fleches des cour- bures.
225 liv.	1 pouc. lig.
253	2 " "
539	3 " "
722	4 " "
900	6 " "
1074	8 " "
1152	9 " "
1209	11 6

En discutant cette expérience, on trouve par les regles tirées de celles de M. de Buffon, qu'une pareille piece n'auroit pu rompre que sous la charge de 1260 livres; mais ces expériences ayant été faites avec des bois coupés de deux ans, & celle-ci avec une piece coupée de dix-huit mois, il s'ensuit que sa force ne pouvoit avoir la même intensité, & qu'en la réduisant néanmoins à 1200 livres, il régnera un accord qui pourra passer pour constant entre cette expérience & celles de M. de Buffon, par rapport à l'usage où on est d'employer dans les constructions, des bois souvent très-neufs, par la difficulté d'en avoir des magasins.

(2). On voit donc par cette expérience, que pour que le chêne ne forme aucun jarret sensible sous sa charge dans les pièces du calibre de 3 pouces en carré, il faut que cette charge soit réduite au fixieme de celle qui le feroit rompre.

(3). Cependant, comme on remarque dans les expériences de M. de Buffon que la courbure de ces bois diminue d'une maniere assez suivie dans la raison inverse de leur épaisseur, & qu'elle augmente dans la raison à peu près directe de leur longueur, on peut augmenter la charge dans le rapport de leurs épaisseurs ou hauteurs d'équarrissages; en sorte que prenant la hauteur de 3 pouces & la réduction de $\frac{1}{3}$ pour premier terme, on aura la réduction des charges absolues pour toutes les hauteurs d'équarrissage des autres bois; d'où il suit qu'à 6 pouces de hauteur ces charges doivent être réduites au tiers, à 9 pouces, à la moitié, à 12 pouces, aux $\frac{2}{3}$ & aux $\frac{3}{4}$, à 15 pouces, &c.; cette progression finissant, à 18 pouces, suivant cette théorie; conformément à la limite que la nature semble y avoir mise, puisqu'on voit très-peu de bois de construction au-dessus de cette dimension, si ce ne sont des troncs fort courts qu'on trouve employés à des artifices.

(4). Cette considération, à laquelle nous nous attachons d'abord ici, a donc une utilité remarquable pour toutes les constructions, mais essentiellement pour celles qui nous importent le plus.

C'est dans les planchers mêmes qui pendent sur nos têtes, que nous pouvons en faire l'application.

(5).

(5). Ces planchers sont formés ordinairement de solives qui ont précisément les mêmes dimensions que celle dont nous venons d'expérimenter la force ; en sorte que si, par des événements, la charge que soutient chacune de ces solives, excède 200 livres, elles doivent courber d'une manière qui doit rendre ces planchers désagréables ; & nous allons voir que ce seroit le cas alors de retourner cette courbure verticalement sur son axe, ou autrement, de donner à ces solives la même forme dans leur origine, pour tirer de ces bois la plus grande économie & la plus grande force qu'on peut en attendre, en faisant circonvénir cette force avec une correction de difformités actuelles que l'habitude nous empêche de remarquer dans ces planchers, dont les plans qui sont de niveau par-dessous, doivent néanmoins paroître courbes par un effet d'optique.

Expérience sur la force des bois courbés par contraction.

(6). On doit distinguer dans les bois courbés, ceux qui le sont par la nature, qu'on appelle bois bombés, d'avec ceux qui le sont par le trait dont les fibres sont contranchés, & ceux-ci, d'avec ceux qui étant droits, sont courbés par la contraction de leur ressort, & c'est de ces derniers dont il est ici question.

(7). Si on a une pièce droite comme AE (*Fig. 1^{re}*), & qu'on la fasse courber comme AOE par un poids X capable de la faire rompre, & qu'on la retienne dans cet état de

contraction par une moise exprimée par la corde AE pour la renverser ensuite verticalement comme ACE en la faisant tourner sur son axe, & qu'on la fasse rompre sous une charge placée à son sommet C , cette rupture partagera cet arc en quatre parties égales par les points B, C, D ; en sorte que les quatre leviers AB, BC, CD & DE , seront égaux, comme il arrive dans les voûtes en pierre d'un seul arc; & à mesure que le point C s'abaissera, les points B & D remonteront par un mouvement simultané.

(8). Dans cette expérience, la résistance de l'arc ACE , est plus que quadruple de celle donnée par l'arc renversé AOE , ou, ce qui est la même chose, plus que quadruple de celle d'une pièce droite égale à la corde AE .

A U T R E E X P É R I E N C E .

(9). Si on charge ensuite les points de rupture B & D , ou qu'on les retienne fixés par des liens comme BH & DL , ces points de rupture remontent en Z & en T , en partageant de la même manière l'arc BCD en quatre parties égales par les points Z, C & T , en sorte que les points B & D deviennent les appuis de cet arc, & sa résistance alors est beaucoup plus qu'octuple de celle d'une pièce droite égale à la corde AE , ou autrement, beaucoup plus que quadruple de celle d'une pièce dont la longueur seroit égale à la moitié de AE .

(10). Or, on fait que la résistance d'une pareille pièce qui seroit moitié de AE , est plus du double de celle d'une pièce de la longueur entière de AE .

D É M O N S T R A T I O N.

(11). On peut démontrer cela par la théorie, d'une manière aussi évidente que par l'expérience même, en prenant la même figure dans laquelle on considérera les cordes des arcs, comme les arcs mêmes.

(12). Mais pour l'intelligence de cette démonstration, il fera nécessaire de faire abstraction des circonstances qui font varier la nervure de ces bois, pour ne considérer leur force que sous les règles de la mécanique, en distinguant dans ces forces abstraites l'état de leur énergie statique, de l'état de leur énergie physique; & en supposant d'abord que la résistance d'une pièce comme BD, n'est que le double de celle de AE, conformément à ce que dans la règle de la raison inverse, ce qui suppose pareillement que la corde AE est double de BD.

Et pour faire tout à la fois une application de cette démonstration & de l'expérience, nous pourrions simplifier la question, en supposant que la figure dont nous nous servons, quoique d'une courbure outrée, donne l'angle CAI de 30 degrés, & par conséquent AC, BD, comme $CE = 2CI$.

(13). Cela posé, en prenant l'arc pour la corde, si nous donnons 24 pieds au développement de la courbe ABCDE, les cordes AC, CE & BD, auront chacune 12 pieds; & si nous donnons d'ailleurs 3 pouces d'équarrissage à ces bois, leur force transversale nous sera connue par la première expérience (1), suivant laquelle nous avons vu qu'une pièce

de 12 pieds de longueur comme BD, &c., pouvoit porter 1200 livres.

(14). Il fera donc évident que celle d'une piece double, de longueur égale au développement de l'arc ABCDE, qui est de 24 pieds, porteroit la moitié de cette charge, si les résistances de ces pieces suivoient les loix de la statique.

(15). Mais les expériences de M. de Buffon indiquent, au contraire, qu'il s'en faut du quart environ pour les bois de ce calibre.

(16). Il suit donc de là que la force d'une piece du double de AC ou BD, conduite jusqu'à la rupture, ne fera que de 450 livres; & si nous supposons que cette piece, au lieu d'être chargée dans son milieu, le soit à ses deux extrémités, en rapportant les deux points d'appui A & E à son centre, que nous supposons en C, chaque puissance appliquée à ces deux extrémités A & E, n'emploiera plus que 225 livres pour la faire courber comme ABCDE.

(17). Or, pour retenir cet arc dans cet état de contraction, il faut qu'il soit tendu par la corde AE, & que pour cela il y ait une puissance en I, qui le tire de A en I, comme de E en I, laquelle a pour bras de levier CE, ou indifféremment NE, puisque la rupture rapportée en N, (l'arc CDE étant considéré comme une ligne droite,) les triangles NEM & CEI sont semblables.

(18). Et comme nous avons dit que AC & CE étoient doubles de CI, il s'ensuit que la résistance que cet arc oppose à sa tension, revient à 450 livres.

(19). Maintenant, si on considère qu'en voulant faire rompre la courbe ABCDE, il faut que le point C s'abaisse, & que les points B & D remontent, ce fera la même chose si ce point de rupture en C restoit fixe, & qu'il y eût deux puissances comme P & R appliqués aux points B & D qui les fissent remonter suivant BP & DR, ces deux puissances ayant pour bras de levier FC & GC, parce que nous considérons toujours les arcs BC & DC comme des lignes droites.

(20). Et comme la résistance de l'arc BCD, ou de sa corde BD ne peut être, suivant les règles de la raison inverse, que du double de celle du développement de l'arc entier ABCDE, ou de sa corde AE, laquelle a été donnée de 450 livres, il s'ensuit que l'effort que feront chacune des puissances P & R, doit être d'abord égal à 450 livres (16).

(21). Mais comme pour faire rompre en même temps cette courbe BCD au point B & D, ces deux puissances sont encore chargées de faire rentrer dans le même temps les points A & E vers le centre commun I, au moyen des leviers recourbés FCI & GCI, & de la corde AI & EI, & que par la nature du problème FC & GC sont égaux à CI, il s'ensuit que l'effort que chacune des puissances fait de plus, est encore de 450 livres, & que partant, la résistance de la courbe ABCDE est de 1800 livres, qui est précisément le quadruple de la charge donnée pour la rupture d'une pièce du même développement que l'arc ABCDE, ou de même longueur que sa corde AE.

(22). Il suit donc de cette analyse, que si la résistance de

cette courbe excède cette limite géométrique, cet excès n'est dû qu'à la différence d'intensité & d'énergie d'une pièce simple comme BD, sur celle d'une pièce de longueur double comme AE; or, cette différence est de 300 livres; car, puisque la résistance d'une pièce de 12 pieds de longueur comme BD ou ACD, est de 1200 livres, & que la résistance double de AE n'est que de 900 livres, il s'ensuit qu'il y a 300 livres de différence, lesquelles 300 livres, ajoutées à 1800 livres, font que la résistance totale de la courbe est de 2100 livres.

C O R O L L A I R E P R E M I E R.

(23). Il suit donc de cette démonstration & de ces circonstances physiques, que pour avoir la résistance de cette courbe, il suffiroit d'avoir la résistance de la corde BD, qui est de 1200 livres, à laquelle on ajoutera une moitié pour la résistance des ruptures aux points B & D, conformément aux expériences, on aura 1800 livres, auxquelles on ajoutera 300 livres ou l'équivalent dans une autre thèse pour l'excès d'énergie de la même pièce BD, sur celle d'une pièce de longueur double.

C O R O L L A I R E S E C O N D.

(24). L'expérience prouve encore que dans quelque état de contraction que se trouve une pièce droite, soit qu'elle ait été courbée par sa charge absolue ou par une charge rela-

tive, sa résistance est toujours quadruple de cette charge, plus l'excès dû à la circonstance de son énergie physique.

(25). En sorte, par exemple, que si nous prenons une même solive de 3 pouces en carré & de 12 pieds de longueur, dont la force absolue est donnée de 1200 livres, & qu'au lieu de la faire courber sous cette charge avec 11 pouces 6 lignes de fleche (1), nous ne la faisons fléchir que de 18 à 20 lignes, il ne faudra pour cela qu'une charge de 300 livres égal au $\frac{1}{4}$ de sa force absolue.

(26). Or, si dans cet état de contraction relative on renverse cette piece verticalement en la faisant tourner comme la précédente sur son axe, sa résistance sera d'abord quatre fois plus grande, & par conséquent de 1200 livres, qui équivalent à sa force totale dans son état de contraction absolue, & il faudra y ajouter de plus l'excès de son énergie physique sur l'énergie statique d'une piece de 6 pieds comparée à une piece de 12 pieds, c'est-à-dire, 150 livres; en sorte que la résistance relative d'une solive ainsi courbée, sera de 1350 livres; d'où il suit que sa force, dans cet état de courbure, peut avoir quatre fois plus d'intensité que dans l'état où elle seroit droite & supposée chargée de 300 livres.

(27). On voit donc par-là combien il y auroit à gagner sur le prix de la matiere & sur la solidité, en disposant les solives de nos planchers de la même maniere.

Pour cela, il conviendrait de réduire leurs épaisseurs à 2 pouces, pour leur faire acquérir plus facilement une courbure d'un pouce & demi; elles auroient moyennant cela,

moins de faillie sous les planchers dont elles sont recouvertes, & porteroient moins d'ombres en conséquence.

On pratiqueroit des entailles de 2 & 3 pouces en carré dans les poutres en dessous de leur affleurement supérieur pour loger ces solives, & on seroit dispensé moyennant cela, des remplissages d'entrevous qui restent entre leurs bouts.

Ces poutres qui seroient contrebutées par la tension de ces solives, acqueriroient par-là une solidité suffisante pour pouvoir fournir à ces entailles, sans qu'il en résultât aucune diminution pour leurs forces, & elles auroient aussi par cette forme 2 pouces de faillie de moins en dessous des planchers, qui en seroient plus éclairés.

Ces solives ainsi courbées de 18 lignes, seroient recouvertes comme à l'ordinaire, par des planches qui en suivroient le bombement, & qui étant arrêtées sur le milieu des poutres, en maintiendroient suffisamment la tension.

Il suivroit encore de cette forme, que le carrelage qui auroit 1 pouce $\frac{1}{2}$ sur le milieu de ce bombement, auroit 3 pouces sur les reins pour être de niveau, ce qui rendroit les appartements du haut & du bas beaucoup plus chauds; & enfin, il en résulteroit encore l'agrément de voir ces planchers, qui paroissent toujours bombés en dessous, rendus de niveau à la vue par une forme contraire.

Il seroit donc difficile de rassembler plus de circonstances utiles & agréables dans un article de construction qui intéresse autant notre économie.

Suite

Suite de la même question sur les bois armés & courbés par contraction.

(28). On appelle bois armés, ceux qui sont composés par superposition de différentes pièces jointes ensemble par des entailles en redans, comme par adhésion, & prolongés bout à bout en liaisons par continuité, suivant qu'on l'a pratiqué pour les courbes de la travée de 450 pieds, dont il est ici question.

Comme indépendamment de la théorie que nous venons d'établir pour la force d'élasticité des bois courbés, nous n'avons point d'expérience sur la résistance des courbes armées, je vais rapporter ici celles qui peuvent conduire aux connoissances nécessaires sur cela.

(29). J'ai fait débiter trois barreaux de chêne, chacun d'un pouce en carré, & de 5 pieds de longueur sur leurs appuis; je les ai fait entailler de 3 lignes chacun carrément, de 6 en 6 pouces, pour les assembler; en sorte qu'ainsi engrainés, ils étoient réduits à 2 pouces $\frac{1}{2}$ de hauteur d'équarrissage.

Je les ai fait arrêter, indépendamment de cela, par neuf boulevaux d'une ligne $\frac{1}{4}$ de diamètre avec vis & écrous, en les ferrant de telle manière que les joints disparoissent.

J'ai fait prendre dans la même pièce d'où ces barreaux avoient été tirés, un barreau semblable à celui que j'avois fait assembler par adhésion, & je les ai soumis à la rupture dans l'ordre des tables qui suivent.

(30). PREMIERE EXPÉRIENCE sur le barreau d'une seule piece de 2 pouces $\frac{1}{2}$ de hauteur d'équarrissage, & d'un pouce de largeur.

La piece a rompu à 755 liv.

Charges.	Fleches des courbures.	
150 liv.	» pouc.	3 lig.
250	»	6
300	»	8
350	»	10
400	»	11
482	1	»
556	1	4
600	1	6
755	2	»

(31). SECONDE EXPÉRIENCE sur le barreau composé de 3 pieces engrenées de la même hauteur d'équarrissage ensemble, mais réduit à 2 pouces de hauteur de bois plein, abstraction faite du fort bois des entailles, la piece du milieu ayant, moyennant cela, 6 lignes de hauteur ainsi réduite, & les deux autres, 9 lignes.

La piece a rompu à 475 liv.

Charges.	Fleches des courbures.	
150 liv.	» pouc.	10 lig.
200	1	1
250	1	4
300	1	8
350	2	1
400	2	6
424	2	10
450	3	2
475		

(32). Si nous adaptions maintenant la théorie de M. de Buffon à ces deux expériences, en prenant pour unité une pièce de 4 pouces d'équarrissage & de 10 pieds de longueur, qui doit porter 3612 livres, nous trouverons que celle de la première expérience (30) devoit porter 349 livres $\frac{3}{4}$ à pareille longueur, & partant 698 livres réduites à 5 pieds, suivant la règle de la raison inverse; mais prévenu que cette pièce ainsi réduite à moitié doit porter plus du double de 349 livres $\frac{3}{4}$, & qu'elle a porté en effet 755 livres, il en résulte que l'excès de son énergie est de $\frac{1}{2}$ au-delà de ce que prescrit la règle de la raison inverse; ce qui est conforme à celles qui ont été tirées de ces expériences (2).

(33). A l'égard de la seconde expérience, dans laquelle il faut faire distraction du fort bois, la hauteur de son équarrissage étant réduite à 2 pouces, & la largeur étant la même, si on la considère comme une seule pièce, on aura sa résistance suivant les règles par l'analogie qui suit, 25 : 755 :: 16 : $x = 483$ livres, laquelle excède encore de 8 livres le produit de l'expérience de la force des trois barreaux; mais comme on fait que la règle du carré de la hauteur multiplié par la largeur, donne un produit sensiblement plus fort, il s'ensuit que la résistance de ces trois barreaux ainsi assemblés, est la même que celle d'un seul barreau de ce même équarrissage; ce qu'il falloit démontrer.

(34). Il paroît donc qu'on peut fonder d'une manière certaine la résistance des courbes armées & ainsi composées sur le résultat de cette seconde expérience.

(35). On pourroit peut-être objecter qu'il seroit nécessaire d'en avoir d'autres, dans lesquelles ces bois, ainsi armés & assemblés, seroient de différentes pieces prolongées bout à bout & en liaisons; mais il est aisé de remarquer que le produit de ces expériences ne pourroit plus se rapporter à celui de la résistance des pieces courbées, qui seroient néanmoins armées de la même maniere, parce que les effets en seroient contraires, en ce que dans les premières où les pieces sont droites, tout prête à ce que les joints lâchent lorsque la charge fait courber l'ensemble, & qu'au contraire ces joints se resserrent & se compriment nécessairement dans les courbes pour qu'elles puissent se détendre jusqu'à la rupture, moyennant quoi on ne peut avoir de rapport qui soit plus favorable à l'état de la question.

Application des expériences qui précèdent, à la résistance d'une ferme de 450 pieds, composée de courbes armées, chaque courbe de trois pieces prolongées en liaison bout à bout par superposition, conformément au dessein ci-joint, (Fig. 2).

(36). Soit la figure seconde de la courbure de cette ferme, dont le rayon OC est de 859 pieds 8 pouces, la corde HK de 450 pieds, & la fleche VC de 30 pieds.

Si on divise l'arc HCK en quatre parties égales HA, AC, CE & EK, & qu'on charge cet arc à son sommet C d'un poids capable de le faire rompre, les points de cette rupture seront en A, en C & en E, comme nous l'avons fait

connoître ci-devant ; mais si , par un contre-poids qu'on peut placer sur les reins de cet arc au point A & E pour les empêcher de remonter , on parvient à les rendre fixes ; les ruptures qui étoient en A & en E remonteront en B & en D également au quart de l'arc ACE , & il n'y aura plus que l'arc ABCDE qui rompra aux points A , B , C , D , E.

(37). Nous aurons donc par la construction le développement de cet arc de 227 pieds , que nous donnons pour égal à la corde AE ; la fleche CS sera de 7 pieds 7 pouces , & les arcs ABC , CDE & BCD , ou leurs cordes , feront de 114 pieds.

(38). On aura d'ailleurs $DR = 5$ pieds 4 pouces , $RE = 56$ pieds 9 pouces , CD & $DE = 57$ pieds ; & comme le triangle DPE est semblable au triangle OFD par la construction , on aura encore $PE = 3$ pieds 9 pouces.

Il est donc question actuellement de savoir quelle est la force qu'il faut employer pour rompre une piece ainsi armée de 114 pieds de longueur égal à l'arc BCD , ou à la corde BD dans la situation de laquelle cette piece étoit avant d'être courbée.

(39). Si nous examinons les pieces dont cette courbe est composée , & en général la courbe entière , nous verrons qu'elles ont chacune 30 pieds de longueur sur 15 pouces de largeur , & 37 pouces de hauteur ensemble ; mais qu'à raison de leur engrenement , ces trois pieces n'ont plus que 32 pouces de hauteur de bois , franc d'entailles , & nous y trouverons de plus que le bombement de cette courbe ainsi composée , est d'un pouce 8 lignes pour 30 pieds.

(40). Or, nous avons vu par la seconde expérience qui précède (31), qu'une piece de 2 pouces $\frac{1}{2}$ de hauteur semblablement armée, avoit fléchi, dans la situation horizontale, de 3 pouces 2 lignes sur sa longueur, qui étoit de 5 pieds; cette courbure est donc de 19 pouces pour 30 pieds, si les fleches de ces arcs sont dans la raison directe des longueurs de ces pieces, comme nous l'avons posé en premier lieu (3), d'après les regles qu'on peut tirer des expériences de M. de Buffon sur cela; & si ces fleches sont ensuite dans la raison inverse des hauteurs d'équarrissage, il s'ensuivra que celle d'une piece de 30 pieds de longueur & de 37 pouces de hauteur, sera de 16 lignes dans la rigueur de ces regles, sous la charge qui doit la faire rompre, mais qu'on peut élever jusqu'à 20 lignes; en sorte que donnant 20 lignes à cette fleche pour un arc dont la corde a 30 pieds, comme on l'a pratiqué pour la travée dont il est ici question, on se trouvera autant d'accord qu'on peut l'être avec toutes les expériences sur lesquelles cette théorie est fondée; d'où nous concluons que la courbe entiere HCK, circonscrite à un poligone dont les côtés auroient 30 pieds, doit être considérée comme ayant été acquise par une charge qui auroit été capable de la faire rompre, puisqu'autrement sa résistance eût été moindre si elle eût été moins courbée, & que si on eût forcé cette courbure au-delà de son ressort naturel, les points de rupture auroient variés, & qu'enfin c'est là le moyen de trouver la limite de la force des bois courbés par contraction; ce qui paroît suffisamment démontré.

(41). La question ainfi préparée, fi nous confultons la feconde expérience qui précède, nous trouverons qu'elle donne pour une piece de 5 pieds qui auroit 32 pouces de hauteur de bois franc d'entaille & 15 pouces de largeur, 1711788 livres de réfiftance, laquelle fe réduit pour une piece de 114 pieds, à 46798 livres par le déchet de $\frac{1}{16}$ environ pour ce calibre, lequel déchet fe rencontre dans la progreflion de la longueur de cette piece, en la doublant depuis 5 pieds jufqu'à 114 pieds; en forte que nous prendrons d'abord cette réfiftance pour confiante, fauf la modification à laquelle nous pourrons avoir égard dans les réfultats.

(42). Or, fi une piece de 114 pieds, telle que BD, qui doit être égale à l'arc BCD, ne peut rompre que fous une charge de 46798 livres, il en faudra une moitié, ou 23399 livres pour la rompre par les deux bouts B & D, en fupposant le point C totalement fixe, & par conféquent autant pour rompre une piece comme DE fupposée ifolée de CD qui auroit fon point d'appui en E, en tirant perpendiculairement cette piece de D en T, parce qu'on peut fuppofer qu'il y a une puiffance équivalente en K.

(43). Mais fi cette puiffance, au lieu de tirer fuivant DT, étoit dirigée fuivant DP, ou qu'elle paffât fuivant CD dans la même direction, il faudroit divifer fon moment par CE, & la puiffance P ou C, foit que l'une tirât de P en D, ou que l'autre pouffât de C en D, feroit de 355664 livres.

(44). Et fi cette puiffance ou cette charge en C, au lieu de faire effort fuivant la direction CD, tendoit par fa gravité

au centre O, la puissance alors qui tireroit de C en O, auroit pour levier FD; ainsi, divisant ce moment de la puissance P par le levier FD, on aura encore 23399 livres de charge au point C; en sorte qu'il faudra employer au même point C 46798 livres pour vaincre la résistance des demi-arcs DE & BA pour les rompre aux points A & E, à cause de la continuité d'adhérence avec la courbe prolongée en H & en K.

(45). Mais nous avons vu qu'il en faut autant (43) pour rompre l'arc BCD, ou la corde BD; & les expériences y ajoutent que lorsque ces pièces sont fixées par leurs bouts, comme celle-ci l'est par la continuité de la courbe aux points B & D, la résistance alors est d'un tiers de plus; il suit donc de là que la charge en C doit être premièrement de 46798 livres par rapport à la résistance des points A & E, & ensuite de 70197 livres par rapport aux trois points de rupture B, C & D; ce qui fait en tout 116995 livres.

Pour qu'il ne reste point d'obscurité dans notre manière de parler, j'explique ici que quand il est question de résistance & de résistance, je prends la première pour cause, & la seconde pour effet.

(46). Maintenant, si l'on veut connaître l'excès de force produit par la résistance de la courbe aux points de rupture ajoutés en A & E, il faudra chercher la force d'une pièce droite égale au développement de la courbe entière HCK, ou d'une pièce égale à la corde HK, dont la longueur est de 228 pieds dans son état de courbure, & de 227 pieds dans la situation horizontale.

Or,

Or, il est évident que cette résistance seroit de 23398 livres, si les forces de ces pieces étoient dans la raison inverse de leurs longueurs ; mais comme on doit en retrancher $\frac{1}{3}$ qui équivaut à 4679 livres, il ne restera plus que 18719 livres ; ainsi la différence de la force de deux pieces comme HK & AE, est donc de 4679 livres ; & si on distrait ces 4679 livres de 116995 livres, il restera 112316 livres pour l'énergie de cette courbe, qui se trouve être six fois plus forte que la résistance de sa corde ; or, comme elle n'est que quatre fois plus forte dans le principe où il y a solution de continuité aux points A & E, il s'ensuit donc qu'elle augmente du tiers, conformément aux expériences, lorsqu'il y a adhérence & rénitence aux points A & E par la continuité de la courbe.

Il est donc démontré que la résistance de cette courbe HCK est de 116995 livres ; & comme par la construction, la ferme dont il est ici question doit être composée de deux courbes semblables & parallèles entr'elles, cette résistance sera du double, ou simplement de 116995 livres, en réduisant cette force à la moitié pour se conformer aux modifications reçues, indépendamment de ce que nous avons fait voir qu'il suffisoit de réduire ces forces & résistances aux $\frac{1}{2}$ pour les bois d'un gros calibre ; en sorte que la résistance des cinq fermes qui composent toute cette travée, & qui se trouve due au système de ces courbes, sera d'abord de 584975 livres.

Il reste donc à voir maintenant ce que l'énergie du système des vouffoirs peut ajouter à celui de ces courbes.

Nous avons dit en premier lieu, (chapitre premier), que

les vouffoirs qui font partie de la charpente de cette travée, pouvoient se soutenir par leur propre énergie, sans le secours du systême des courbes par lesquels ils sont pénétrés perpendiculairement.

La projection de ces vouffoirs leur donne 9 pieds d'épaisseur à la douelle, en considérant les moises doubles qui les subdivisent & qui ont un pied, comme leurs joints de coupe, & on ne doit compter pour toute leur hauteur que celle qui se trouve comprise entre les deux courbes du bandeau, laquelle est de 6 pieds suivant la construction, parce que c'est essentiellement contre les guêtes qui remplissent ces vouffoirs, que leur poids & la pression agissent par opposition, en négligeant le surplus de ces remplissages dans l'excédant de leur hauteur de coupe.

Il devient donc essentiel, pour que ce systême puisse agir librement, que ces guêtes croisées ne soient adhérentes qu'aux moises même dans lesquelles elles sont encadrées.

Moyennant cela, le poids de la clef, qui ne consiste que dans celui des guêtes de remplissage, équivaut à 20 pieds réduits, dont la pesanteur rendue spécifique, a été donnée pour 72 livres, ce qui fait 1440 livres pour celui de cette clef.

Quelle que soit la pression des vouffoirs inférieurs contre la clef, elle sera toujours exprimée par le rayon du cercle de la travée, qui est de 858 pieds 9 pouces, & le poids de cette clef, par son épaisseur, ces regles étant conformes aux principes de mécanique qui nous ont été donnés sur ce problème.

Moyennant cela, cette pression étant 86 fois plus forte que le poids qu'elle retient, il s'ensuit que cette clef peut être chargée de 122400 livres au-delà de sa propre pesanteur, tout le reste supposé dans un équilibre relatif.

Mais cette pression étant en raison des surfaces, si on la distribue ensuite sur la surface comprimée, elle se partagera sur chaque point d'appui correspondant; & comme chacun de ces points d'appui a un pied d'étendue, cette pression sera de 30600 livres.

Il n'est donc plus question que de savoir si la moise interceptée entre ces deux puissances, pourra y résister sans en être écrasée, bien confirmé d'ailleurs par les expériences précédentes, que ce ne seront point les abouts des guêtes qui refouleront.

Nous savons par l'expérience & par les règles qui y sont adaptées, qu'un pied cube de bois de chêne ne pourroit être rompu que par une charge d'environ 500 milliers, son adhérence absolue étant immense.

Cette simple connoissance peut donc suffire pour s'assurer que ce même bois couché sur ses fibres ne souffrira aucune compression sensible sous une charge de 30600 livres, la pression que les cales éprouvent sous des fardeaux plus considérables sans s'écraser entièrement, servant à confirmer ces faits.

La pierre, à la vérité, ne résisteroit pas au poids extrême que nous admettons ici pour le bois de chêne; mais cette circonstance est due à une friabilité que n'a point le bois, qui

se contient mieux dans sa sphere sous les premieres impressions de la charge.

Dans cette hypothese, si la résistance due au système des vouffoirs en charpente est de 122400 livres à la clef pour chaque ferme, elle sera de 612000 livres pour toute la travée dans son milieu; en sorte que, modifiant ce résultat suivant ce qui a été suivi jusqu'ici, cette travée pourra être chargée de 300 milliers de plus, dus à l'énergie de ces vouffoirs, sans risquer d'autres événements que ceux qui pourroient provenir des vices de coupes & d'assemblages, contre lesquels rien ne peut plus résister, comme on le fait.

Cela posé, la charge que doit supporter une pareille travée ne pouvant pas excéder 80 milliers, comme il est aisé de l'évaluer, il devient évident que la résistance est au poids comme 10 : 1.

Cette question ainsi analysée, fait donc voir qu'il seroit possible de construire une travée de pareille forme de 1800 pieds d'ouverture, sans même augmenter le calibre des bois, & qu'enfin ce seroit le maximum de l'art par rapport aux limites que la nature a fixées pour la grosseur & la longueur des bois d'équarrissage.

Je me suis proposé de démontrer de plus, dans le chapitre qui suit, qu'une pareille travée de 450 pieds en fer, dont le calibre seroit en proportion avec celui des bois, seroit tout aussi solide, avec les avantages, de plus, qui tiennent à la durée du fer, & par conséquent à l'économie de la machine.