
DE
STERCTENBOVWING,
Beschreven
door
SIMON STEVIN
van Brugghe.

Tot Leyden,
By Françoys van Ravelenghien.
CIƆ. IƆ. XCIV.

Page de titre du traité des fortifications de Stevin

Les Géomètres-Fortificateurs (XVII$^{\text{ème}}$ siècle)

GUYOT Patrick,
METIN Frédéric
IREM de Dijon (France)

Abstract

Les progrès de l'artillerie au XVI$^{\text{ème}}$ ont amené les architectes à repenser le mode de défense des villes. Les bastions apparaissent en Italie puis en France. Au grè des guerres, les frontières se dotent de citadelles et de forteresse, dont la construction est confiée à des ingénieurs, comme ERRARD, ou plus tard Vauban. Deux grandes écoles : l'hollandaise (MAROLOIS, STEVIN) et la française (ERRARD, PAGAN, De Ville), dont les différences tiennent surtout aux angles des bastions et des courtines. Les traités du XVII$^{\text{ème}}$ siècle sont un éloge au tracé des polygones, à la symétrie. L'apprentissage de la fortification devient une obligation et l'on doit montrer ses aptitudes au maniement de la règle et du compas. Prétexte pour les géomètres ? Ce n'est pas sûr, mais on y voit encore un affrontement entre les théoriciens esthètes et les ingénieurs proches du terrain.

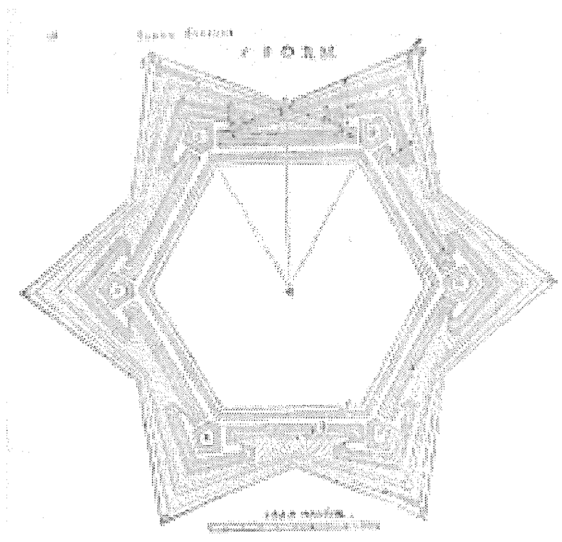
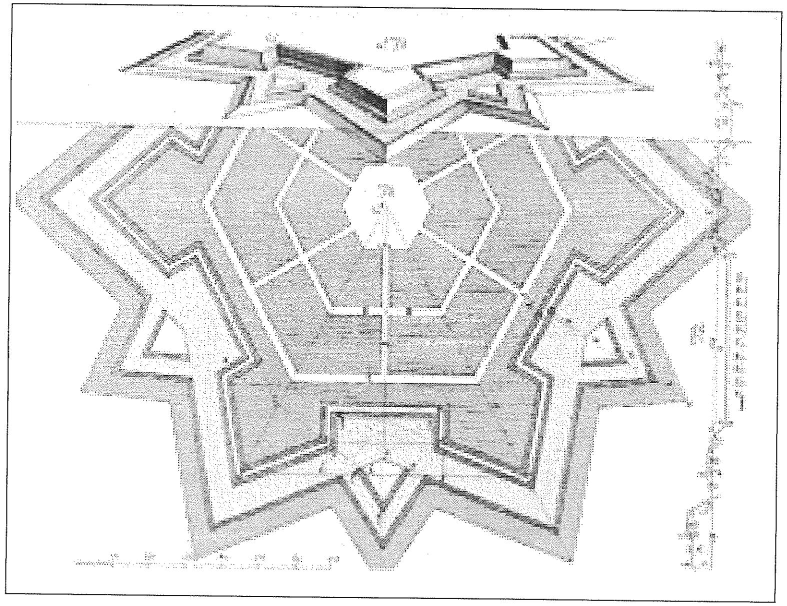


Illustration tirée du De sterkte Bouwing de Stevin

[. . .] mais encore à vous forcer vous-mesme, de prendre la regle & le compas, pour trauailler de la main, & faire sur le papier, ce que vous voyez dans le Liure, non pas en courant, d'vne figure à vne autre, sans aucune suite ny reflexion; mais en commençant par la premiere, la possedant bien, & la pratiquant encore mieux, auant que de passer à la seconde, & de la seconde à la troisiéme. Car allant ainsi de l'une à l'autre, vous auancerez notablement, & vous vous rendrez plus capable de iour en iour.

Silvère de Bitainvieu, *L'Art universel des Fortifications. . .*, seconde édition, Paris, 1667.

Ne vous étonnez pas d'un travail sur les fortificateurs du XVII$^{\text{ème}}$ siècle. Nous pourrions vous expliquer pendant des pages les raisons de notre intérêt pour ce sujet, mais l'extrait du livre de Silvère de Bitainvieu (pseudonyme de Jean Du Breuil, jésuite[1]) montrera un exemple de programme éducatif que l'on pouvait trouver dans les manuels de cette époque. Et si vous ne croyez pas que cela puisse vraiment concerner la géométrie, jetez un coup d'œil sur l'illustration suivante (tirée de *Fortification ou Architecture militaire, tant offensive que defensive; Suputée et dessignée par* Samuel MAROLOIS, La Haye, 1615).



[1]A vous de trouver comment on passe de "iean du breuil iesuite" à "siluere de bitainuieu" (indication pour les lecteurs fatigués : il s'agit d'un simple anagramme).

Les ouvrages traitant de fortification au XVII$^{\text{ème}}$ siècle ne sont pas tous de même nature. Entre ERRARD de Bar-le Duc, Ingénieur du Roi, qui publie en 1600 le premier traité proprement mathématique[2], du moins en France, et Silvère de Bitainvieu (cité plus haut), il y a un fossé : le premier est ingénieur, a déjà fait la guerre (le siège de Sedan par exemple) et construit ou modernisé des forteresses (Amiens, Doullens,. . .); le second est jésuite, et comme la fortification est inscrite au programme des collèges jésuites, son but est de *[contribuer] quelque chose à rendre capable [la Noblesse] de mieux servir le Roy*. Il écrit aux jeunes Nobles : *Quand l'exercice vous aura fait Sçavant en l'Art de fortifier, vous serez estimé des Souverains, & de l'Estat; & dans les differens qui peuvent arriver, on vous fera le juge de ceux qui s'en meslent.* Silvère avoue aussi que son souci est de permettre la bonne tenue dans la conversation et d'éviter le ridicule ! La guerre était présente partout, même dans les salons. Cela n'empêchera pas les livres d'ERRARD et de Bitainvieu d'être également reconnus, bien après Vauban.

On retrouve donc la querelle entre théoriciens et praticiens, bien présente en ce "siècle des soldats" qui n'aura connu que deux ans de paix totale en Europe[3]. On peut lire dans beaucoup de préfaces de l'époque les attaques des gens de terrain contre les gens de salon, par exemple chez Blaise François Pagan :

> Si la science des Fortifications estoit purement Geometrique, ses Regles en seroient parfaitement demonstrées : mais comme elle a pour obiect la Matiere, & pour principal fondement l'experience, ses plus essentielles maximes ne dependent que de la coniecture[4]

ou Jean Brioys qui prétend

> [banir] tout ce que la speculative peut produire & toutes les Idées intellectuelles d'une justesse imaginaire qu'on trouve par la theorie, car il n'est pas necessaire de se tourmenter l'esprit a la recherche d'une infinité de principes, de définitions, d'axiomes, de problèmes & de Théorèmes mais il suffit seulement de sçauoir descrire un cercle & une ligne droite[5].

À l'opposé, le Chevalier de Saint-Julien écrira en 1710, à propos du mineur :

> La premiere de ses qualitez est d'être excellent en geometrie afin de sçavoir les talus, les hauteurs, largeurs & épaisseurs des terres ou murs qu'il doit mesurer. C'est ici ou l'on auroit sujet de faire une bonne leçon à quantitez de mineurs, d'ingenieurs & d'oficiers d'Artillerie qui bien loing de sçavoir les principes de la geometrie couvrent leur ignorance en la traitant avec mepris, & publiant qu'elle n'est point du tout necessaire; quoi qu'à dire le vrai, ce ne puisse être qu'à des gens faits comme eux qu'ils osent débiter ces maximes[6].

[2]*La fortification réduicte en art et démonstrée par Jean* ERRARD *de Bar-le-Duc, Ingénieur du très chrestien Roy de France et de Navarre*, Paris, 1600.

[3]Voir la préface d'André Corvisier à l'ouvrage collectif *Guerre et Paix dans l'Europe du XVII$^{\text{ème}}$ siècle*, 1995, et le n° spécial de *XVII$^{\text{ème}}$ siècle*, "présence de la guerre en Europe", 1993.

[4]*Les Fortifications de Monsieur le Comte de Pagan.,. . .* , 3$^{\text{ème}}$ édition, Paris, Cardin Besongne, 1669. Préface p. ii.

[5]*Nouvelle manière de fortifications, composée pour la noblesse françoise. . . , par Jean Brioys, Ingénieur & Géographe ordinaire du Roy*, Paris, Gervais Clouzier, 1624.

[6]*La forge de Vulcain ou l'appareil des machines de guerre*, etc. Par le Chevalier de Saint Julien. A la Haye, chez Guillaume Devoys, Marchand Libraire dans le Pooten, à l'Enseigne de Grotius. M. DCC. X.

On s'amusera à comparer cette mentalité à celle de personnalités actuelles, qui, critiquant la tyrannie supposée des Mathématiques, n'osent débiter ces maximes qu'à des gens faits comme eux... Mais le "terrain" pourra à son tour envahir les "salons" : Rohault constate, à propos des techniques de construction de forteresses :

> Toutes ces trois Manières *[la française, la hollandaise et la composée]* ont été executées en France, où elles sont devenües si fameuses qu'on ne peut pas se dispenser d'en parler sans passer pour un ignorant[7].

C'est dire si l'on devait parler d'angles flanqués et flanquants, discuter les mérites de la "fortification à la hollandoise" ou "à la françoise" ! Nous ne résistons pas au plaisir de vous livrer une réflexion de Raimondo Montecuccoli, maréchal italien guerroyant pour les Habsbourg, à propos de certaines discussion sur l'angle à donner aux bastions :

> Le monde curieux de nouveauté, fait dans les Arts comme dans les habits : il se divertit des modes, & quand l'invention des nouvelles est épuisée, il reproduit les vieilles. C'est ainsi que certains Philosophes de ce temps ont fait sortir du tombeau les opinions oubliées des atomes & du mouvement de la terre [...].

Quelle sagacité, n'est-ce pas ?

Mais en fin de compte, les uns et les autres sont assez peu convaincants dans l'exposé de leurs justifications : les diverses écoles se reconnaissent en particulier par la valeur qu'elles donnent à l'angle flanqué (angle de la pointe du bastion) ou son mode de calcul suivant le nombre de côtés du polygone à fortifier, par la longueur des courtines (murs d'enceinte entre deux bastions), mais les arguments donnés ne sont pas très solides. Il s'agit bien sûr de répondre à la puissance de tir de l'adversaire avec un nombre inférieur d'hommes, mais les aspects scientifiques du problème s'effacent souvent devant les aspects pragmatiques, car la fortification doit suivre sans cesse les progrès de l'artillerie.[8]

Résumé historique : l'attaque et la défense

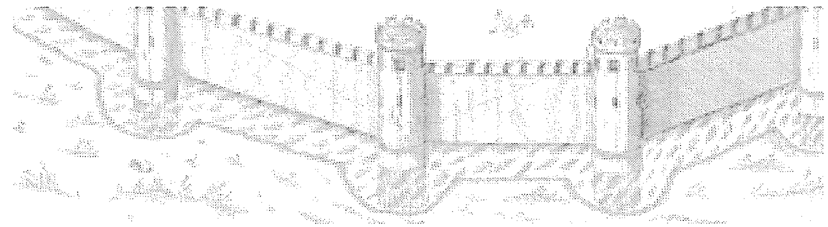
Une bonne synthèse de l'évolution simultanée des théories et pratiques de l'artillerie et de l'architecture mlilitaire se trouve au premier chapitre du livre de Geoffrey Parker, *La Révolution militaire : la guerre et l'essor de l'Occident, 1500-1800* (traduit de l'anglais par Jean Joba, Gallimard, Bibliothèque des Histoires, 1993.) Mais les fortificateurs du XVII$^{\text{ème}}$ eux-mêmes furent historiens, et ne limitent pas leur récit aux années 1500... On trouve au début de nombreux ouvrages théoriques un petit résumé que nous pouvons à notre tour résumer :

Aux temps bibliques (et l'Ancien Testament regorge de récits de guerres et de sièges) et dans l'antiquité romaine, les murailles devaient être élevées aussi haut que possible : les machines

[7] *Œuvres posthumes de Mr Rohault*, Paris, Guillaume Desprez, 1682.

[8] C'est d'ailleurs un des sujets de notre recherche : peut-on caractériser les fortificateurs par leur souci d'épargner des vies (et les artilleurs par celui de créer un maximum de dégâts) ? C'est une tentation d'autant plus forte que l'on peut déceler dans les écrits des fortificateurs des références aux mythes bibliques et aux auteurs stoïciens, et que par ailleurs on remarque une sur-représentation des adeptes de la réforme dans les rangs des Ingénieurs militaires (voir ANNE BLANCHARD, *Les Ingénieurs du Roy de Louis XIV à Louis XVI*, Montpellier, 1979).

de jet n'étant pas fiables du tout, on privilégiait l'assaut à la destruction par projectiles.[9] Cette situation se retrouve au Moyen-Age, tel qu'il a été revu par tous les bons films des années 50 (et donc dans notre imagination), il paraît seulement que la poix brûlante versée depuis les machicoulis, c'est de la blague ! D'autre part, les batailles rangées sont de vrais massacres, l'esprit de chevalerie reste fort et entraîne la conservation du corps à corps, de la lutte face à face et non à distance. C'est à cet état d'esprit qu'on attribue en partie la défaite de Crécy (1346), où les archers anglais brisèrent la charge de la cavalerie française à distance : c'était peu noble, mais tellement efficace ! Songez alors à ce que fut la "révolution de la poudre" : on allait pouvoir tuer à distance à l'aide d'instruments qui se perfectionneraient au fil des siècles; mais au fond, ce fut quand même assez lent, et plus encore pour l'artillerie. Les premières bouches à feu étaient rudimentaires, ne projetaient que des boulets de pierre qui se désagrégaient à l'arrivée, et avec une précision ridicule. Des progrès décisifs furent accomplis par les frères Jean et Gaspard Bureau, artilleurs de Charles VII et vainqueurs de la bataille de Castillon : ils avaient mis au point des procédés de fonte des canons et de boulets de fer qui en rendaient la précision bien meilleure. A la fin du XV$^{\text{ème}}$ siècle, l'invasion de l'Italie du Nord par Charles VIII marqua le début d'une guerre nouvelle : les beaux remparts italiens offraient des cibles de choix à une artillerie d'une efficacité jamais égalée. La "crise du boulet métallique" battait son plein. En réponse à cette nouvelle façon de voir les sièges, les savants et architectes italiens inventèrent (peut-être) la fortification bastionnée, que l'on appelle parfois "trace italienne", et les séjours d'ingénieurs italiens dans toute l'Europe au XVI$^{\text{ème}}$ siècle eurent vite fait de répandre cette nouveauté. Le tracé du bastion est fondé sur des considérations de lignes de tir et d'angles "morts", ce qui existait déjà avant les canons, mais d'une manière bien moins dramatique. L'idée du flanquement n'est en effet pas nouvelle : depuis longtemps, on a compris qu'il fallait des ouvrages avancés pour défendre la muraille de tout contact destructeur (on prenait donc l'ennemi par l'arrière). Mais le profil de ces ouvrages avancés a suivi l'évolution des armes de tir : au départ destinés à prendre à revers les soldats téméraires, ils deviennent des obstacles au tir en ligne droite contre le mur d'enceinte. La forme polygonale est bien expliquée par Fritach[10] en 1635, par la considération de la zone inaccessible au tir des défenseurs, située devant l'ouvrage avancé de forme ronde :



[9] On se reportera au premier livre d'architecture de Vitruve, chapitre 8, par exemple dans la traduction qu'en donne Fleury aux *Belles Lettres*. Le commentaire de Fleury montre que les archéologues sont d'accord pour voir dans les principes de Vitruve ceux qui étaient à l'œuvre dans à peu près tout le monde antique (occidental). On pourra aussi consulter les œuvres de Végèce, mais c'est moins accessible... (trad Christine de Pisan, 1488).

[10] ADAM FREYTAG, *L'Architecture militaire, ou la Fortification nouvelle...*, Leide, les Elzeviers, 1635.

La période qui nous intéresse a été taxée de "révolution mathématique" : STEVIN le premier[11], en 1594, a le souci de justifier ses constructions par les théorèmes ordinaires de la géométrie plane, de calculer les longueurs des courtines et les angles des bastions; il fait œuvre de géomètre, mais son tracé n'aura pas de postérité (les Pays-Bas préfèreront MAROLOIS). En France, le premier homme de terrain vraiment géomètre est Jean ERRARD.

Jean ERRARD (dit "Errard de Bar-le Duc"[12])

Né en 1554, le premier grand Ingénieur des Fortifications devait avoir reçu une solide formation en Mathématiques (à Nancy ?), puisqu'il publia, outre son ouvrage de fortifications, un *livre des instruments mathématiques mécaniques* (1584) constitué de dessins de machines, une *géométrie et practique générale d'icelle* (1594) qu'Henrion trouvera suffisamment digne d'intérêt pour la republier avec ses commentaires en 1630, et une édition des *Éléments* d'Euclide en 1629 (mais ERRARD est mort en 1610, la même année que son roi Henri IV.) Protestant, il fut un intime du Roi et de Sully, qui lui confièrent d'importantes missions en Picardie (contruction des citadelles d'Amiens et Doullens en particulier)[13]. Ces deux forteresses, qui ont été conservées (quoique celle d'Amiens soit à l'abandon) nous permettent de retrouver les caractéristiques de la fortification d'ERRARD : l'angle de l'épaule est droit, l'angle flanqué toujours aigu, les longueurs des lignes sont strictement encadrées, selon la portée des armes à feu.

L'influence d'ERRARD sera grande, car il invente (en France) une nouvelle façon de penser l'art du fortificateur, inséparable de tout aspect pratique mais préoccupé en permanence de la justification mathématique euclidienne de ses choix. On l'appellera "Barleduc" en Hollande, comme on peut le lire dans l'ouvrage de Fritach déjà cité. Pourtant, cette influence sera, en ce qui concerne l'aspect technique, de courte durée : l'évolution de la guerre de siège et du sens critique des officiers mettra en évidence les défauts des polygones fortifiés à la manière d'ERRARD. Justement ! Laissons-lui la parole (écrite...)

[11]Ou comme jamais personne auparavant selon Corvisier (op. cit. page précédente).

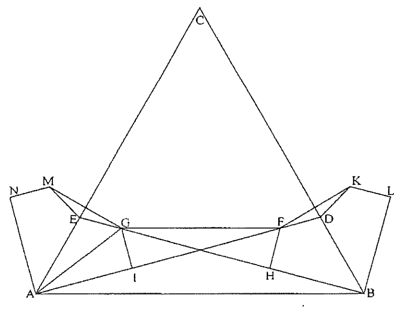
[12]Comme Jean ERRARD était originaire de Bar-le Duc, on ne peut que se féliciter de la pertinence de ce surnom.

[13]On pourra se reporter à l'excellent article de D. BUISSERET, *Les ingénieurs du Roi au temps de Henri IV*, Bulletin de la section de géographie, M.E.N., Comité des travaux historiques et scientifiques, t. 77, Paris, 1964.

DE LA CONSTRVCTION DE L'HEXAGONE

CHAPITRE I I.

SOit proposé à fortifier un Hexagone, d'autant que l'Hexagone se diuise en six triangles équilateraux. Soit sur AB descrit le triangle équilateral ABC, puis soit faict l'angle CAD de quarante-cinq degrez : Soit faicte la ligne AE égale à la ligne BD, en après soit tirée BE. Soit diuisé l'Angle EAD en deux également par la ligne AG, & soit prise DF égale à EG, & tirée la Courtine GF : comme aussi FH perpendiculaire sur la ligne BE. Soit prise AI égale à BH, & soit tirée la ligne GI perpendiculairement comme FH. Ainsi seront descrits les deux demy Bastions AIG, & FHB.



Et pour plus facile intelligence, i'ay tracé à la figure les deux Bastions entiers $MNAIG$, & $FHBLK$, afin de faire cognoistre la gorge du Bastion MG, & FK.

Et d'autant que la ligne du flanc GI, ou FH, doit pour le moins auoir seize thoises, nous ferons l'eschelle selõ ceste quantité, & trouuerons toutes les mesures des lignes de la Fortification sur icelle proportionnée selon la portée de l'Harquebuse.

Que si nous donnons neuf thoises vn cinquiéme à la ligne du flanc, nous aurons les mesures proportionnées, en sorte que la ligne de defence AF aura cent vingt thoises, qui est la portée du Mousquet.

Vous vous serez sans doute conformé(e) aux recommandations de Silvère de Bitainvieu figurant en tête de cet article et aurez pris le temps de "posséder la figure"; en ce cas vous n'aurez pas manqué de remarquer la prépondérance des angles dans cette construction. Ce ne sera pas du tout le cas de Pagan (voir plus loin) et la comparaison entre les deux méthodes est fructueuse. ERRARD semble avoir en tête la similitude des figures (puisqu'il lui suffira par la suite de donner une valeur à la ligne du flanc (AI) pour avoir les "mesures proportionnées"); Pagan se base, lui, sur les mesures finales. Il est vrai qu'il ne s'est mis au Mathématiques avec bonheur qu'une fois sa carrière militaire terminée...

Malgré sa réputation de "premier", ERRARD avait des précurseurs scientifiques dont le moindre n'est pas STEVIN...

Simon STEVIN (dit "Stevin de Bruges"[14])

C'est sans conteste le plus illustre des quatre auteurs que nous avons retenus, "un des plus Sçavans de son Siecle"[15]. La preuve ? Il est le seul cité dans le Petit Larousse[16] pour qui STEVIN est "célèbre par ses travaux sur l'hydrostatique et sur les fractions décimales". Or ces deux titres de noblesse ne doivent pas constituer l'arbre cachant la forêt, et nous faire négliger le reste de son œuvre.

Né à Bruges en 1548, il débute sa vie active dans le commerce à Anvers. On le retrouve un peu plus tard employé dans l'administration des finances à Bruges. Après des voyages à l'étranger, il se fixe aux Pays-Bas. En 1583, il est chargé de plusieurs cours à l'université de Leyde; ses publications scientifiques sont postérieures à cette date. Le Prince Maurice de Nassau qui passe pour avoir été son élève lui confie plusieurs travaux dont la charge de castramétateur (concepteur des fortifications passagères des camps militaires) des armées des Provinces Unies en 1617. Il mourra à La Haye en 1620, ayant vécu dans des pays protestants, ou au moins permettant la liberté de conscience (point commun avec ERRARD ?).

Pour résumer ses travaux scientifiques, on trouve dans la *Nouvelle Biographie Générale* de Hoefer (1864) cette notice[17] dans laquelle le lecteur peut déceler entre les lignes une très légère pointe d'admiration, mais des plus discrètes :

> "Depuis deux mille ans la mécanique était stationnaire. STEVIN, le premier après Archimède, a donné la solution des problèmes qui en arrêtaient les progrès. Il est le père de la statique moderne. Il a exposé tous les grands principes qui constituent aujourd'hui la science de l'équilibre dans les corps solides. Il a trouvé la théorie des plans inclinés, inconnue aux anciens. Il a découvert le parallélogramme des forces et posé en termes exprès ce principe, devenu le fondement des sciences mécaniques, et révélé ensuite au monde comme une grande découverte de Varignon. Il a tenté même quelques pas sur le terrain de la dynamique. Il a fait de l'hydrostatique une science tout à fait différente et indépendante de la statique. Le premier il a ajouté aux découvertes faites par Archimède, et démontré comme une des principales conséquences de l'équilibre des fluides, qu'un liquide peut exercer sur le fond d'un vase une pression beaucoup plus grande que son propre poids, principe fameux, connu sous le nom de paradoxe hydrostatique, et dont on a fait honneur à Pascal. Il a découvert la loi de la pression des fluides sur les parois d'un vase. Il a employé dans ces recherches des artifices mathématiques qu'on peut considérer comme un premier acheminement vers le calcul infinitésimal. Il a introduit le premier la pratique des fractions décimales, quoique Regiomontanus eût fait un grand pas vers ce progrès et que Ramus même l'eût indirectement employée. Il a donné un des meilleurs traités de navigation, qui a servi de texte dans toutes les écoles chez les nations maritimes. Il a entrevu l'importance de la géologie, et indiqué les moyens d'en faire une science. Sa fortification par écluses est encore aujourd'hui un ouvrage digne de remarque."

---

[14] Devinez pourquoi ?

[15] Allain Mannesson-Mallet (*Les Travaux de Mars*, seconde partie, 1671).

[16] Une référence.

[17] Extraite d'un ouvrage de M. van de Weyer, *Simon Stevin et M. Dumortier* (Nieuport, 1845, in-12).

Michaud dans sa *Biographie Universelle* (tome 40) lui attribue l'invention d'un chariot à voiles, célébré par Grotius dans une pièce en vers de 1617, et "qui, dit-on, dans les plaines de la Hollande, allait plus vite que la voiture la mieux attelée".

Ses ouvrages, pratiquement tous publiés en flamand, ont été traduits en français par Albert Girard en 1634 sous le titre général d'*Œuvres Mathématiques de Simon* STEVIN, et c'est de la dernière partie de ces œuvres, la *Fortification*, qu'est extrait le texte que nous présentons. Il s'agit comme pour ERRARD de la construction de l'hexagone ("l'hexangle" pour l'auteur).

La description est particulièrement fouillée, rien n'y manque. Le lecteur peut suivre, sur une figure particulièrement soignée la succession des constructions proposées par l'auteur (ceux que la perspective de refaire la figure n'enchante pas peuvent se reporter à la fin du texte de STEVIN, nous n'avons pas reculé devant les heures de travail et vous en présentons une version électronique : voyez plus loin); vous pourrez remarquer, dans le paragraphe numéroté 8, l'explication minutieuse que STEVIN apporte pour fournir au lecteur une explication plus claire de sa méthode. On trouve fréquemment chez lui ce souci de clarifier les passages les plus difficiles (et il y en a !).

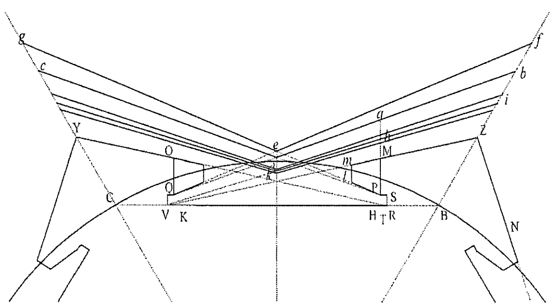
> Or pour faire un pourtraict selon les mesures susdites, & pour avoir premierement de l'hexangle; je pren avec le compas sur l'eschelle 1000 pieds pour un costé, & parce qu'il est esgal au demy-diamètre de son cercle circonscriptible, par la I5. proposition du quatriesme livre d'Euclide, j'en tire sur le centre A d'un cercle occulte BCDEFG, lequel je partis avec la mesme distance du compas en six parties esgales és poincts B, C, D, E, F, G, & tire les lignes de poinct à autre : ce qui me donne l'hexangle requis.
>
> 2. Je mets le compas sur I80. pieds, pour la longueur, despuis chaque angle de l'hexangle , jusques au costé exterieur du merlon de la moyenne place, & marque ladite distance despuis B jusques à H d'un costé : & despuis B jusques à I, d'autre costé : puis de C à K, & de G à L : & ainsi des autres.
>
> 3. Pour avoir la largeur du flanc avec l'espaisseur de son oreillon , je tire HM longue de I40 pieds en angle droit sur BC. Et de mesme sorte, je tires IN en angle droit sur BG, & KO en angle droit sur CB; faisant le mesme des autres lieux semblables.
>
> 4. Je tire HP 30 pieds, pour la largeur du flanc , sur le costé exterieur du merlon de la moyenne place : signant aussi 30. pieds de K à L : & ainsi de toutes autres semblables lignes.
>
> 5. Je signe HR de 20 pieds en la ligne CB, pour l'espaisseur du mesme merlon, & tire RS parallele à HP, faisant de mesme à tous les autres lieux semblables. Puis je mets le poinct T au milieu de HR & semblable poinct pres de K en V, & pres de L en X. Puis je tire despuis A par le point C une ligne infinie : pareillement des lignes infinies par tous les autres poincts semblables. Puis du poinct T, je tire une autre ligne par le poinct O touchant l'infinie AC en Y. Semblablement la ligne depuis le poinct V par le poinct M touchant l'infinie AB en Z, puis la ligne ZX : Et si en l'œuvre on n'a point failli, la ligne ZX passera par le poinct N. Le mesme se fera aussi à tous les autres lieux semblables.

6. Pour avoir la largeur du grand fossé, je tire la ligne HM plus avant jusques à a, si bien que Ma fait I20 pieds : Je tire puis apres une ligne du poinct Q par le poinct a, jusques à ce qu'elle touche l'infinie AB au poinct b. Apres je prends la longueur Bb & la marque de C à c à sçavoir en l'infinis AC : & tire la ligne Pc, coupant Qb en d. Ce qui estant ainsi, les deux lignes cd & db signifient les rayës d'iceluy costé de la forteresse, & selon la mesme manière on tirera toutes les autres rayës & le fossé sera large despuis M jusques à a de 20 pieds, selon le requis.

7. Pour figurer le chemin couvert, je tire une ligne infinie de A par d & par tous les autres endroits semblables. Puis je signe despuis d jusques c la longueur de 20 pieds, pour la largeur du chemin couvert, là où il est le plus estroict, et tire la ligne de Q par e, jusques à ce qu'elle touche l'infinie AB en f : Puis je prens avec le compas la longueur bf, & la marque despuis c jusques à g; à savoir en l'infinie AC, et tire la ligne ge de sorte que les deux lignes ge & ef, signifient le parapet du chemin couvert d'iceluy costé de la forteresse : & ce qui est compris entre iceluy parapet, & les extremitez du rais ed, db, signifie le chemin couvert lequel sera de mesme figure aux autres lieux à l'entour de la forteresse.

8. Pour avoir le contre-fossé, je marque le point h au milieu de Ma : par lequel je tire Vi (ou pour dire encore plus proprement, ladite ligne sera tirée vers P, despuis un poinct qui est distant de V vers O d'un pied, à sçavoir au milieu du plus estroicts de la canonniere, lequel est declaré au precedent article) coupant Ae en K , & touchant AF en i. Puis des deux costez de cette ligne Ki, je tire deux paralleles finissantes en Ae, & Af : tellement que despuis la ligne Ki jusques à chaque ligne qui est tirée joignant icelle, on trouve l'espace de I0 pieds, lesquels estans comptés aussi en la ligne Ae, ou Ma font ensemble, pour la largeur du contre-fossé au coing, qui est à l'opposite du milieu de la grande courtine de 20 pieds, comme il a été mis cy-devant. Or comme cette partie de contre-fossé est designé icy, ainsi s'achevera tout le reste, qui est à l'entour de la forteresse.

9. Pour avoir la longueur de l'oreillon de I00 pieds, je marque depuis le poinct P en la ligne Pe I00 pieds, comme Pl. Puis je tire la ligne lm parallele à PM, à sçavoir le poinct m en la ligne MV; & le trapese mMPl, est le parapet requis.

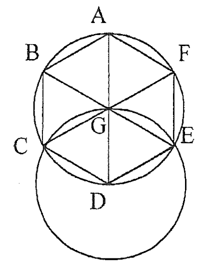


STEVIN montre un souci de la précision beaucoup plus important que la plupart des autres fortificateurs de son époque, il fournit les mesures, indique même à quel moment il faut utiliser le compas, il justifie enfin son travail en s'appuyant sur la référence incontournable de toute personne utilisant la géométrie, les *Éléments* d'Euclide, qui font partie du bagage de tout lettré

de ce temps, et renvoie, dans l'extrait présenté, à la quinzième proposition du quatrième des treize livres que comportent les *Éléments*. Voici cette quinzième proposition extraite des *Six premiers Livres des Éléments d'Euclide*, premier traité des *Œuvres Posthumes* (Paris, 1682) de Rohault, physicien et mathématicien du dix-septième siècle :

Livre quatrième. Proposition XV. Problème XV. (pages 185 et 186)

Dans un Cercle donné, décrire un Hexagone Equilateral & Equiangle.



Je suppose que le Cercle ACE, soit donné; & je propose d'y inscrire un Hexagone Equilateral & Equiangle. Pour le faire.

Menez un Diametre tel qu'il vous plaira, par exemple AGD; Puis du Point D, & de l'Intervalle DG, décrivez le Cercle CGE, ce Cercle coupera le premier aux Points C, & E; Menez par ces Points les Diametres CGF, & EGB; Puis menez les six Lignes Droittes AB, BC, CD, DE, EF, FA; Cela estant, je dis que l'Hexagone $ABCDEF$, qui est inscrit au Cercle donné, est Equilateral & Equiangle. Pour le prouver.

Par le raisonnement de la premiere Prop. du 1. on prouvera que les deux Triangles DGC, DGE, sont Equilateraux, & par la 5. du 1. on prouvera qu'ils sont Equiangles; Et partant par la 32. du 1. chacun de leurs Angles vaut le tiers de deux Droits. Or par la 31. du 1. les deux Angles CGE & EGF, valent deux Droits; Partant si on oste l'Angle CGE, l'Angle restant EGF, vaudra aussi le tiers de deux Droits; Et ainsi les trois Angles CGD, DGE, EGF, sont égaux entr'eux; Mais les Angles AGF, AGB, BGC, qui leur sont opposez au Sommet, leur sont égaux, par la 15. du 1. Donc les six Angles qui sont autour du Centre G, sont tous égaux; D'où il suit par la 26. du 3. que les six Arcs sur lesquels ils s'appuyent sont égaux; Et par la 29. du 3. que les six Lignes Droittes AB, BC, CD, DE, EF, FA, qui les soûtiennent sont égales; Par consequent l'Hexagone $ABCDEF$ est Equilateral.

Maintenant, qu'il soit équiangle, cela suit de la 27. du 3. Car chacun de ces six Angles s'appuye sur un Arc qui contient quatre fois la 6. partie de la Circonference du Cercle; Ainsi nous avons dans un Cercle donné décrit un Hexagone Equilateral & Equiangle; Ce qu'il falloit faire & démontrer.

Corollaire.

Il suit de cette Proposition, que le Costé de l'Hexagone est égal au Rayon du Cercle auquel il est inscrit; Puisque chaque Costé a esté prouvé égal au Demy-diametre.

STEVIN est justement reconnu de nos jours comme un des grands mathématiciens et ingénieurs de son temps, pourtant la fortification "à la hollandoise" n'est pas attachée au nom de ce génial inventeur, mais à celui d'un scientifique moins connu :

Samuel Marolois (dit "de nulle part"[18])

Le traité de MAROLOIS, dont est issue la première illustration de cet article, est resté un classique (l'auteur en a acquis le surnom de "père de la fortification hollandaise"), mais ce n'est certainement pas sa première édition qui lui a valu cette réputation; celle-ci n'est pas si claire que d'autres traités qui suivront, comme celui de Fritach vingt ans plus tard par exemple, dont le plan est clair et l'exposition particulièrement limpide. La première édition du traité de MAROLOIS (1615) est, comme sa *Géométrie* de 1616, truffée de fautes de langage et semble rédigée à la hâte. En outre, les principes ne sont pas exposés clairement (comme avaient pu l'être ceux d'ERRARD) en début d'ouvrage : tout en affirmant *[traicter] brievement de la calculation d'icelle [fortification]*, MAROLOIS raisonne longuement sur des tracés déjà faits (on ne sait comment) *faisans sur chasque Poligone 3. ou 4. divers desseings pour puis apres en choisir le melieur.* On s'aperçoit donc que les principes ne sont pas posés *a priori* mais découleront, pour ainsi dire, du geste du dessinateur !

Pour continuer dans le pragmatisme, il affirme : *pour ce que les angles ne sont guerrez changez par la diversité des desseings il sera bon d'en bailler une regle generale* et donne en fait une justification venue du sens commun (des ingénieurs) :

> C'est une chose receue de tous que la Forteresse quarée n'est si bonne que la Pentagonale & ladicte Pentagonale noms bonne que l'exagonale & ainsi consecutivement. Si on recherche la cause de cecy on remarquera qu'elle procede de la petitesse de leurs angles ne pouvans endurer tel corps des Bastõ que les Poligones subsequents de sorte que la Forteresse quarée sera pour c'este cause plus deffectueuse que la Pentagonale & c'este cy plus vitieuses que l'exagonale & ainsi des suivantes jusques au dodecagonne qui a l'angle du bastion droict ce qui est cause qu'on est contrainct de faire les angles flancquez plus petites que la raison de bien bastir ne requiert les flancqs, trop petits la gorge trop estroicte, & la ligne de deffence trop longue[19].

La suite du texte permet de saisir un peu mieux le mode de tracé, même si, encore une fois, ce dernier n'est pas explicite :

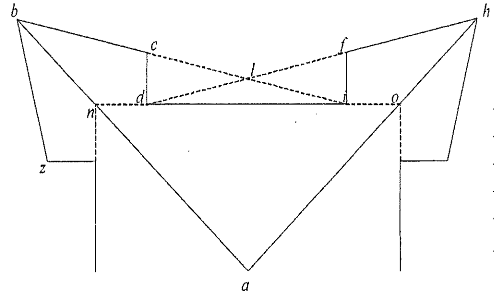
> Pour doncques proportionellement accroistre les angles des Forteresses selon qu'augmente l'angle de leur Poligone nous prendrons la moitie des angles d'iceux y adjousterons I5. degrez la somme sera l'angle du boulevert lequel nous nommerons angle flancque & si l'angle, flancque est soubstraict de l'angle du Poligone restera le double de l'angle flancquant interieur lesquel estant soubstraict de I80. deg : restera l'angle flancquant exterieur ou de tenaille & si a l'angle flancquant interieur est adjouste 90. degrez la somme sera l'angle de l'espaule.

Il n'est peut-être pas inutile de reproduire la première illustration de la première planche du traité, un carré, fortifié apparemment en partant de l'angle de la pointe du bastion, fixé à 60 degrés selon la première règle (mais dans la suite, MAROLOIS proposera pour l'angle flanqué

[18] Cette mauvaise boutade est un signe de notre dépit. En effet, notre groupe de Dijon travaille d'arrache-pied sur sa *Géométrie* (pratique) et nous en avions fait presqu'un héros, que dis-je ? un Bourguignon (comme le furent plus ou moins un jour tous les belgo-neerlando-flamands, n'est-ce pas ?) Notre religion était faite, c'était forcément un protestant exilé, comme Girard qui traduisit ses œuvres en flamand. Mais voilà que Jan van Maanen (que son nom soit honni pour trente générations) nous fait obligeamment parvenir une note biographique montrant que MAROLOIS est né dans le nord des Pays-Bas. Ah ! Cruel destin !

[19] L'orthographe et les expressions sont garantis d'origine; vous avez dû remarquer que l'auteur est relativement peu au fait de l'usage de la ponctuation, c'est un vrai précurseur de Proust.

des valeurs qui dérogent à cette règle), sachant que la ligne de défense bi a en principe une longueur maximale autorisée, égale à la portée du mousquet; i est le point de rencontre de la face du bastion bc et du côté du polygone (carré) initial, il est une des extrémités de la courtine di.



Légende
Angle de polygone : tout le monde connaît,
Angle au centre du polygone : aussi.
Angle flanqué (ou *angle du bastion*) : cbz,
Angle flanquant intérieur : dic,
Angle flanquant extérieur : clf,
Angle de l'épaule : dcb.

On voit le problème : la forme est donnée, mais les tailles sont à ajuster. C'est d'ailleurs l'objet de toute cette première partie du traité, remplie de calculs trigonométriques, et qui représente les deux tiers du total. Par exemple, le problème 22 : *En la Figure Octogonale est le flanc B.C. II verges des angles d'vn Boulevert a l'autre 76. verges. On demande combien seront toutes les parties de la dicte Forteresse Octogonale.*

Revenons au début du Traité. L'auteur donne ensuite la table qui permettra d'effectuer les tracés d'après les angles, en adaptant les lignes aux conditions requises :

	4 .	5 .	6 .	7 .	8 .	9 .	I0 .	II .	I2 .	
	90 .	72 .	60 .	$51\frac{5}{7}$.	45 .	40 .	36 .	$32\frac{8}{11}$.	30 .	angl:du centre
	90 .	I08 .	I20 .	$128\frac{4}{7}$.	I35 .	I40 .	I44 .	$147\frac{3}{11}$.	150 .	angl:du Polig.
	45 .	54 .	60 .	$64\frac{2}{7}$.	$72\frac{1}{2}$.	70 .	72 .	$73\frac{7}{11}$.	75 .	moitie
	15 .	15 .	15 .	15 .	15 .	15 .	15 .	15 .	15 .	
	60 .	69 .	75 .	$79\frac{2}{7}$.	$82\frac{1}{2}$.	85 .	87 .	$88\frac{7}{11}$.	90 .	ang. flancq.
Rest	30 .	39 .	45 .	$49\frac{2}{7}$.	$52\frac{1}{2}$.	55 .	57 .	$58\frac{7}{11}$.	60 .	doub.de l'ang.
	I80 .	I80 .	I80 .	I80 .	I80 .	I80 .	I80 .	I80 .	I80 .	flanc:interieur
	I50 .	I4I .	I35 .	$130\frac{5}{7}$.	$127\frac{1}{2}$.	I25 .	I23 .	$121\frac{4}{11}$.	I20 .	angle flancq.
	I5 .	$19\frac{1}{2}$.	$22\frac{1}{2}$.	$24\frac{9}{14}$.	$26\frac{1}{4}$.	$27\frac{1}{2}$.	$28\frac{1}{2}$.	$29\frac{7}{22}$.	30 .	angle flancq.
	90 .	90 .	90 .	90 .	90 .	90 .	90 .	90 .	90 .	interieur.
	I05 .	$109\frac{1}{2}$.	$112\frac{1}{2}$.	$114\frac{1}{4}$.	$116\frac{1}{4}$.	$117\frac{1}{2}$.	$118\frac{7}{22}$	$119\frac{7}{22}$.	I20 .	an. de l'espaule

(N.B. la première ligne du tableau représente le nombre de côtés du polygone)

Avez-vous remarqué les trois erreurs que le tableau contient ? Non ? Et vous êtes fatigué(e)? D'accord, pour tout lecteur assez courageux qui sera parvenu jusqu'ici, voici l'indication : il y a une erreur dans la ligne des moitiés et les deux autres sont à la dernière ligne. . .

Blaise François Pagan

C'est le dernier auteur retenu, en tant qu'inspirateur reconnu de Vauban[20]. Son travail présente à nos yeux un grand intérêt géométrique.

Blaise-François, Comte de PAGAN, issu d'une famille avignonnaise, né en 1604, débuta dans l'armée à l'âge de douze ans, et sut se distinguer et se faire apprécier tout au long de sa carrière militaire. Il perdit l'œil gauche sur blessure, puis un peu plus tard, en 1642, une maladie le priva de l'usage de l'œil droit; aveugle, il quitta alors l'armée, mais connut une "reconversion" réussie dans le domaine scientifique : il recevait chez lui de nombreux savants et publia des ouvrages sur des sujets variés, mathématiques, fortification, astronomie, astrologie, géographie. Il mourut à Paris en 1665.

Nous nous sommes penchés sur un ouvrage publié en 1669 (2ème édition, la 1ère étant de 1645) *"Les fortifications de Monsieur le Comte de* PAGAN *avec ses théorèmes sur la fortification"*. Comme le titre l'indique, l'ouvrage se compose de deux parties; publiées à l'origine séparément, elles sont regroupées pour l'occasion en un seul volume. La technique géométrique exposée par PAGAN dans ses *"Fortifications"* semble en soi digne d'étude, nous le montrerons, mais la confrontation de cette exposition avec ses *"Théorèmes"* accentue le besoin de s'arrêter plus longuement sur ses écrits. Les "Fortifications" contiennent dix-sept chapitres, dans lesquels l'auteur décrit ses tracés et leur réalisation avec de nombreuses justifications, puis les compare avec ceux de ses prédécesseurs (De Ville, MAROLOIS$\cdots$).

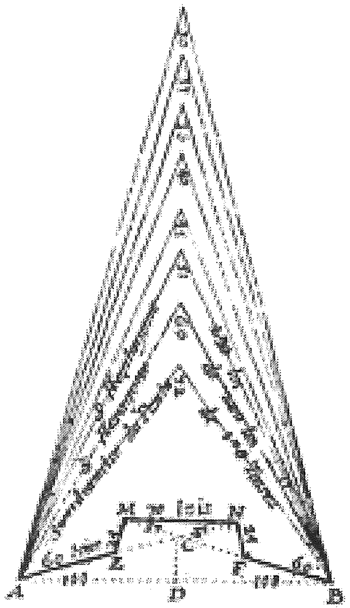
PAGAN est un homme de guerre, et dans son ouvrage il se défend de figer par ses écrits les techniques de fortification (voir la citation au début de cet article). Son ouvrage décrit néanmoins les constructions géométriques fondamentales à partir desquelles les réalisations pourront s'effectuer. Dans le tracé de la grande fortification (il y a chez lui la grande, la moyenne et la petite qui sont homothétiques et ne diffèrent donc que par leur taille), PAGAN ne sépare pas les constructions des polygones réguliers selon le nombre des côtés, comme le faisait ERRARD, sa description est valable depuis le pentagone jusqu'au dodécagone.

> Tirez la base AB de 200. toises, & la divisez en deux esgalement au point D. Puis tirez du point D la ligne perpendiculaire DC de 30. toises de longueur, & en suitte, les deux lignes de deffence partans, l'une du point A passant en C & allant en N, & l'autre du point B passant en C & allant en M toutes deux de raisonable longueur.
>
> Cela fait, marquez sur lesdites lignes de deffence,les deux faces des Bastions AE & BF de 60. toises chacune : Puis les complements des deux lignes de deffence CM & CN l'une & l'autre de 37. toises, & en suitte tirez les deux lignes des Flancs de E, à M, & de F, à N, & la ligne de la Courtine de M à N.

[20]L'avènement de Vauban marque la fin de la période naïvement mathématique; il prétendait d'ailleurs que seule l'expérience apprend à fortifier. On sait pourtant que Vauban a eu une formation scientifique et qu'il montre des aptitudes certaines en mathématiques.

> Ainsi vous tracerez tres-facilement & avec autant de diligence que de justesse, toutes les faces de la grande Fortification, en observant tousiours la mesme regle sur les bases de 200 toises dont les principales Parties, seront. Les deux faces des Bastions AE, & BF de 60. toises : les deux flancs EM, & FN de 24. toises & deux pieds : La courtine MN de 70. toises & 5. pieds : Les lignes de deffence MCB, & NCA de 141. toises & 2. pieds chacune : Et l'Angle flancquant ACB de 146.degrez & 36 minuttes.

L'élément de base de la construction est la ligne brisée AEMNFB constituée de deux moitiés de bastions et d'une courtine MN entre les deux. PAGAN s'attache à décrire en premier lieu cette figure-clé.



Il ne reste plus alors qu'à trouver le centre du polygone à construire, puisqu'on connaît les angles pour chacun d'entre eux.

La figure présentée rend à elle seule le travail de l'auteur digne d'un grand intérêt.

En effet la construction des polygones réguliers bastionnés de cinq à douze côtés apparaît sur celle-ci.

PAGAN fournit dans un premier temps les valeurs des côtés obtenus par construction.

Dans le cadre d'une utilisation de ce texte par un enseignant de mathématiques dans sa classe, on peut demander aux élèves de retrouver les valeurs obtenues en effectuant les calculs nécessaires. On peut alors faire intervenir de la trigonométrie dans le triangle rectangle et dans le triangle quelconque, le théorème de Pythagore, le théorème de Thalès. . .

Une information sur les unités de longueur utilisées à l'époque est nécessaire : une toise (1 t = 1,949 m) est égale à 6 pieds. Les valeurs énoncées par PAGAN ne concernent que les flancs (ME), les faces (AE), la courtine (MN) et l'angle flanquant (ACB), valeurs qui sont communes à tous les polygones (de cinq à douze côtés pour PAGAN). L'élément-clé étant tracé et étudié, on va ensuite passer à la totalité du polygone souhaité. Dans sa volonté d'utiliser la généralité de sa figure, le fortificateur décrit ensuite le calcul de l'angle des bastions et des polygones, mais sans donner de valeur numérique; le lecteur n'aura qu'à adapter au cas particulier choisi.

> Mais quant aux Angles des Bastions & des Polygones ils se trouueront en cette maniere. Ostez de l'Angle flancquant de la Fortification, l'Angle du centre du Polygone, & vous aurez les Angles des Bastions dudit Polygone : Puis prenez le complement au demy-cercle de l'Angle du mesme centre , pour les Angles du Polygone formez par les costez ou bases de 200. toises, autour de la circonference du Cercle.

Nous sommes loin du travail d'un ERRARD ou d'un STEVIN qui décrivent point par point leur construction en traitant successivement tous les polygones du carré au dodécagone et en appuyant leurs dires d'une démonstration avec des références précises à telle ou telle propriété de tel ou tel livre d'Euclide.

La deuxième partie du livre contient 100 théorèmes (pourquoi 100 ? Pourquoi "théorèmes"?)[21] qui sont en réalité des descriptifs ou des résultats de calculs et de constructions. La présentation sous cette forme découpée sans aucune figure n'apporte rien par rapport à la description détaillée de la première partie. Mais une chose retient l'attention : les méthodes proposées dans la *Fortification* et dans les *Théorèmes* présentent des différences qui sont plus que de détail. Par exemple, les théorèmes 33 à 37 décrivent la réalisation de la figure-clé à laquelle nous nous sommes intéressés précédemment (deux demi-bastions encadrant la courtine).

> 33. En tous les Polygones reguliers : les costez exterieurs sont les Bases de nostre Fortification, tracée interieurement, & dans la Figure sur la longueur des costez du Polygone.
>
> 34. Si vous divisez la Base ou le costé exterieur en deux également, & que du point du milieu vous esleviez une Perpendiculaire, égale à la troisiesme partie de la moitié de la Base, l'extremité de cette Ligne Perpendiculaire sera le Centre de l'Intersection des deux Lignes de deffence.
>
> 35. Si des deux extremitez de la Base ou costé exterieur du Polygone vous tirez deux Lignes droites, qui se coupent sur l'extremité de la precedente perpendiculaire, ces deux Lignes droites serõt les deux Lignes de deffence de vostre Fortification reguliere.

On suit la même construction que dans les *Fortifications*; la seule différence vient de la perpendiculaire à la base qui était donnée de 30 toises pour une demi-base de 100 toises, alors que le théorème 34 demande de prendre la "troisiesme partie de la moitié de la base" (qui correspondrait à 33 toises 2 pieds pour une demi-base de 100 toises).

Le théorème 36 qui suit est moins clair, il est nécessaire de suivre les indications en s'aidant de la figure fournie précédemment.

> 36. Si vous prenez la troisiesme partie du plus grand Segment de ces deux Lignes droites tirées, vous aurez la longueur de l'un & de l'autre complement des deux Lignes de deffence; & ces complemens adjoustez aux plus grands Segmens de ces deux Lignes droites, feront toute la longueur de l'une & de l'autre Ligne de deffence.

On prend le tiers de AC ou BC, ce tiers sera le complément CN ou CM permettant de tracer les lignes de défense AN et BM.

En choisissant 100 toises pour la demi-base AD, l'application du théorème de Pythagore au triangle ADC donne 105 toises 2 pieds pour AC donc (105 toises 2 pieds) : 3 = 35 toises pour CN (à comparer avec les 37 toises des *Fortifications*).

Mais la démarche devient tout à fait différente pour le théorème 37 :

[21]Nous ne fournissons pas la réponse, chacun doit se faire son idée.

> 37. Si de l'un à l'autre bout de ces deux Lignes de deffence vous tirez une Ligne droite, cette Ligne droite sera la Courtine, Paralelle à la Base; & si vous eslevez des Lignes Perpendiculaires sur ces mesmes Lignes de deffence aux deux points de leurs extremitez, ces Lignes Perpendiculaires seront les deux Flancs, & marqueront les deux Faces des Bastions sur les plus grands Segmens des deux Lignes de deffence.

La construction des flancs ME et NF ne s'opère plus du tout comme dans les *Fortifications* : il est indiqué ici que le flanc NF s'obtient en traçant la perpendiculaire à la ligne de défense AN en N jusqu'à son intersection avec l'autre ligne de défense BM qui est le point F. Signalons qu'un calcul à partir des données des *Fortifications* fournit 89° pour l'angle ANF. On se retrouve donc face à des résultats numériques très voisins par les deux méthodes.

La question que nous souhaitons soulever pour clore cette partie est celle de la réalisation pratique des deux procédés et de la supériorité éventuelle de l'un sur l'autre. Peut-on suggérer une plus grande facilité à mémoriser la méthode des *Théorèmes* plutôt que la fastidieuse liste des chiffres des *Fortifications*, ou est-il plus important de signaler que dans les *Théorèmes*, on ne se contente pas de mesures de longueurs, il faut par trois fois (pour DC, puis NF et ME) élever des perpendiculaires sur le terrain ?

Mais il se fait tard, Monsieur. . . [22]

. . . et il ne faudrait pas que cet article se fasse trop long ! Nous espérons avoir convaincu le lecteur de l'intérêt des ouvrages de fortification, et ce à plusieurs titres. Il s'agit de géométrie appliquée à un domaine où on ne l'attendait pas (la guerre), alors que la géométrie ne devrait pas voir de limite à son champ d'action, dans la mesure où elle est un langage universel. Il aurait certainement été possible de tracer des plans de forteresses sans toute cette symétrie et tous ces angles. On verra peut-être dans les polygones un reflet de la culture d'une catégorie de la population européenne à une certaine époque, ou le fait que la présence divine[23] se révélait dans une forme de perfection que seul le tracé géométrique peut donner.

D'ailleurs, puisqu'il est question de présence divine, il faut remarquer que les ingénieurs cités semblent très soucieux de donner un fondement mathématique solide à leurs théories, ce qui ne semble pas avoir été le cas des ingénieurs italiens du siècle précédent, réputés inventeurs du système bastionné. On trouve dans la plupart des ouvrages du XVII$^{\text{ème}}$ siècle des préfaces historiques à vocation morale, parlant des premiers hommes (dans une description naïve digne du paradis terrestre) incapables du mal, mais obligés, pour se protéger des méchants (d'où sortaient-ils ?), de construire des remparts puis de les perfectionner au fur et à mesure de l'avancement des techniques et des forces des agresseurs.

En outre, ce siècle et son précédent sont ceux de la grande redécouverte par l'Europe des textes de philosophes stoïciens comme Sénèque (traduit par Calvin) ou Marc Aurèle. On peut lire un indice de l'influence de cette "nouvelle" philosophie dans un siècle marqué par la guerre la plus sordide et l'insécurité généralisée, sous la plume du protestant ERRARD, qui intitule un de ses paragraphes de présentation *Des choses indifférentes et qui ne sont pas de l'essence de la fortification.* L'indifférence à ce qui n'est pas essentiel, voilà un des slogans les plus célèbres

[22]C'est en hommage à nos hôtes belges, que nous citons ici Brel. Mais nous nous adressons aussi aux dames.

[23]Rappelez-vous le début du *Nisi Dominus* ou du psaume 127 : *Si l'Eternel ne garde la ville, celui qui la garde veille en vain.* C'était très à la mode à l'époque baroque.

du stoïcisme, réintroduit dans l'actualité par Juste Lipse[24] puis Guillaume Du Vair, sans parler de l'écho que lui donnera ensuite Descartes.

Ceci montre que notre travail est loin d'être fini...

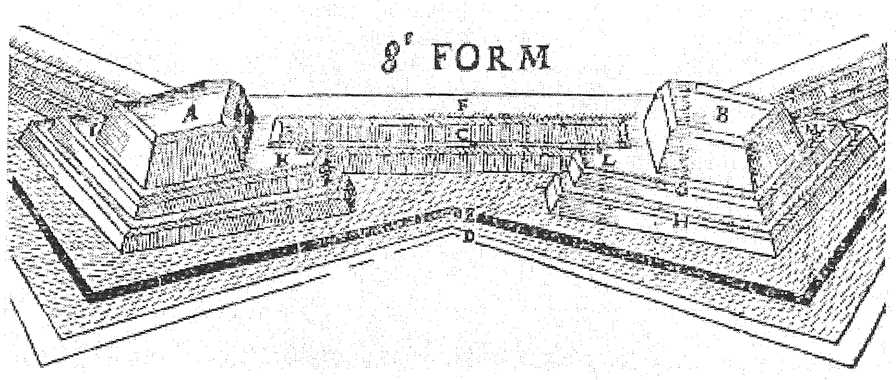


Illustration tirée du *De sterkte Bouwing* de Stevin

[24]qui, soi dit en passant, publiera aussi un traité sur l'art militaire.

Le calcul différentiel selon Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716)

KELLER, Olivier
IREM de Lyon (France)

Abstract

Le texte[1] choisi pour cet atelier illustre avec les deux exemples de la cycloïde et de la chaînette, la double préoccupation fondamentale de LEIBNIZ, liée à un sens aigu du tournant historique des mathématiques du 17ème siècle :

1- faire admettre par le monde savant un **nouvel objet**, à savoir les courbes transcendantes qui seules permettent de "construire" les problèmes transcendants, alors que Descartes n'avait traité que les courbes algébriques, dont les équations sont de la forme $P(x, y) = 0$ où P est un polynôme.

2- faire connaître au monde savant un **nouveau calcul**, qu'il nomme lui-même le Calcul Différentiel, et aussi une **nouvelle forme d'équation des courbes**, la forme différentielle (ou intégrale), deux nouveautés grâce auxquelles on peut aisément résoudre les problèmes habituels, même pour les courbes transcendantes : tracé des tangentes, rectification, recherche du centre de gravité, calcul d'aires.

Les textes de LEIBNIZ sont des articles des *Acta Eruditorum* de Leipzig et ne constituent pas un traité, au contraire du *Traité des fluxions et des suites infinies* de Newton. Ils sont touffus, souvent très elliptiques pour un lecteur contemporain, et le détail des calculs manque la plupart du temps[2]; il est intéressant de retrouver ces détails *dans l'esprit de l'époque*, et c'est ce que nous chercherons à faire[3]. Les règles du nouveau calcul ont été établies dans l'article *Nova Methodus...*[4] d'octobre 1684 : différentiation d'une somme, d'un produit, d'un quotient, de puissances et de radicaux; tracé des tangentes par similitude d'un triangle et du triangle différentiel (ou caractéristique) de côtés ds, dx et dy.

[1]Notre source est : LEIBNIZ, *Naissance du calcul différentiel, 26 articles des Acta Eruditorum*. Introduction, traduction et notes de Marc Parmentier. Paris, éditions Vrin, 1989.

[2]LEIBNIZ répond à cela : "J'avoue que cette démonstration ne pourra être entendue de tout le monde, parce qu'elle suppose bien des choses qui ne sont connues qu'à ceux qui sont versés dans les nouvelles découvertes et qui savent manier les caractères ou symboles. Mais il n'y en a que trop pour ceux-ci, et il faudrait un volume pour satisfaire aux autres." Lettre à La Roque, 1673.

[3]À ce propos, si nous remercions Marc Parmentier pour avoir traduit pour la première fois en français un grand nombre de textes mathématiques de LEIBNIZ, nous nous permettrons de le critiquer pour ses notes mathématiques qui se contentent de vérifier ce que dit l'auteur *avec les méthodes actuelles*, à grand renfort de fonctions logarithmes, exponentielles, cosinus et sinus hyperboliques etc.

[4]La traduction française du titre complet est : *Nouvelle méthode pour chercher les Maxima et les Minima, ainsi que les tangentes, méthode que n'entravent pas les expressions fractionnaires ou irrationnelles, accompagnée du calcul original qui s'y applique.*