

Legendre, L. L'architecte, l'équerre et la géométrie instrumentale au moyen âge;
analyse du plan de la cathédrale de Reims
Médiévales 1982 1 48-84 C8 Reims

6270

LEGENBRE, L.

1982

L'architecte, l'équerre et la géométrie instrumentale au moyen âge : Analyse du plan de la Cathédrale de Reims

Léonard Legendre; Jean-Michel Veillerot

Médiévales, Année 1982, Volume 1, Numéro 1

p. 48 - 84

[Voir l'article en ligne](#)

Après avoir dessiné le cadre historique, les auteurs définissent le rôle de l'architecte médiéval, et de là ses techniques. Quelques indications sur la notion médiévale de nombre, circonscrites à la fois en théorie et en pratique par la méthode des proportions, permettent un examen des instruments de l'architecte, et tout spécialement de l'équerre. Les auteurs partent de leurs remarques sur les particularités de ces équerres pour tenter une reconstitution du plan de la cathédrale de Reims, cerné avec une meilleure précision que par les théories antérieures. Il s'agit enfin de montrer comment ce plan peut contenir en lui-même les procédés pratiques du tracé.

Avertissement

L'éditeur du site « PERSEE » – le Ministère de la jeunesse, de l'éducation nationale et de la recherche, Direction de l'enseignement supérieur, Sous-direction des bibliothèques et de la documentation – détient la propriété intellectuelle et les droits d'exploitation. A ce titre il est titulaire des droits d'auteur et du droit sui generis du producteur de bases de données sur ce site conformément à la loi n°98-536 du 1er juillet 1998 relative aux bases de données.

Les oeuvres reproduites sur le site « PERSEE » sont protégées par les dispositions générales du Code de la propriété intellectuelle.

Droits et devoirs des utilisateurs

Pour un usage strictement privé, la simple reproduction du contenu de ce site est libre.

Pour un usage scientifique ou pédagogique, à des fins de recherches, d'enseignement ou de communication excluant toute exploitation commerciale, la reproduction et la communication au public du contenu de ce site sont autorisées, sous réserve que celles-ci servent d'illustration, ne soient pas substantielles et ne soient pas expressément limitées (plans ou photographies). La mention Le Ministère de la jeunesse, de l'éducation nationale et de la recherche, Direction de l'enseignement supérieur, Sous-direction des bibliothèques et de la documentation sur chaque reproduction tirée du site est obligatoire ainsi que le nom de la revue et- lorsqu'ils sont indiqués - le nom de l'auteur et la référence du document reproduit.

Toute autre reproduction ou communication au public, intégrale ou substantielle du contenu de ce site, par quelque procédé que ce soit, de l'éditeur original de l'oeuvre, de l'auteur et de ses ayants droit.

La reproduction et l'exploitation des photographies et des plans, y compris à des fins commerciales, doivent être autorisés par l'éditeur du site, Le Ministère de la jeunesse, de l'éducation nationale et de la recherche, Direction de l'enseignement supérieur, Sous-direction des bibliothèques et de la documentation (voir <http://www.sup.adc.education.fr/bib/>). La source et les crédits devront toujours être mentionnés.

*Léonard Legendre
et Jean-Michel Veillerot*

**L'ARCHITECTE, L'EQUERRE
ET LA GEOMETRIE INSTRUMENTALE
AU MOYEN AGE :**
Analyse du plan de la Cathédrale de Reims.

Après avoir dessiné le cadre historique, les auteurs définissent le rôle de l'architecte médiéval, et de là ses techniques. Quelques indications sur la notion médiévale de nombre, circonstanciées à la fois en théorie et en pratique par la méthode des proportions, permettent un examen des instruments de l'architecte, et tout spécialement de l'équerre. Les auteurs partent de leurs remarques sur les particularités de ces équerres pour tenter une reconstitution du plan de la cathédrale de Reims, cerné avec une meilleure précision que par les théories antérieures.

Il s'agit enfin de montrer comment ce plan peut contenir en lui-même les procédés pratiques du tracé.

Notre étude portera sur les tracés régulateurs dans la composition des plans de certains édifices religieux du «Moyen Age», et en particulier du XIIIe siècle.

Les études préliminaires sur les plans des cathédrales, effectuées sous la direction de Nicolas Soulier, nous avaient amenés à une

ébauche de classification de ces édifices en fonction de leurs caractères communs. Sans revenir sur le contenu de ce travail, il est cependant intéressant de signaler qu'une correspondance frappante pour l'ensemble et pour les détails de la composition entre plusieurs exemples nous a conduits à la recherche d'éventuels principes ou procédés de tracés géométriques régissant l'établissement des plans (coupes et élévations étant volontairement écartées).

Connaissant certains bâtisseurs grâce à des parchemins et à des inscriptions sur les cathédrales elles-mêmes, il faut cerner plus précisément le rôle des architectes dans la construction, leur manière de projeter et la façon dont leurs tracés ont été exécutés au sol grandeur nature. Plusieurs plans, même s'ils ne comportent ni échelle, ni cotes, même s'ils ne sont souvent que des reproductions d'édifices existants ou au contraire des améliorations de ceux-ci, prouvent l'existence de projets de la part des architectes. Les épures tracées au sol ou sur certains murs montrent que le tracé des plans ou celui des voûtes se faisaient sur place, sans aucun doute par des procédés géométriques qui ont dû être relativement simples.

Les documents des carnets de Villard de Honnecourt (1) proposent de tels plans et de tels procédés, mettant en évidence la notion de modèle. Certains plans «type», disputés entre Villard et Pierre de Corbie incitent à penser que certains édifices étaient considérés de la part des maîtres d'œuvre comme des exemples parfaits. L'historique de plusieurs cathédrales, même lorsqu'il y a un certain nombre de lacunes, nous prouve qu'il y a eu une continuité certaine dans la projection et dans la mise en œuvre, continuité qui s'est faite à l'aide de documents, ou par transmission orale de certains principes.

Plusieurs documents établissent l'extrême mobilité des architectes comme des ouvriers à travers l'Europe, ainsi que la communication de certains documents. On peut affirmer que les idées ont été transmises d'un architecte à un autre, que certains principes communs ont été utilisés, copiés, adaptés ou améliorés à travers le temps et à travers l'espace.

L'existence des tracés nous a conduits à étudier plus précisément les instruments géométriques utilisés par les architectes parmi lesquels, nous semble-t-il, l'équerre a eu une place prépondérante.

(1) Lassus, *L'Album de Villard de Honnecourt*, Paris, 1858.

1. L'architecte médiéval

Les comptes rendus des chantiers du XIII^e parlent d'architectes, de divers corps de métiers, très spécialisés, et d'une multitude de manœuvres et de saisonniers, sans qualification, payés à la tâche. Le travail est très organisé, divisé et fortement hiérarchisé.

Un petit groupe de spécialistes, les architectes ingénieurs, se trouvait non seulement au sommet de l'échelle des salaires en vigueur dans l'industrie médiévale du bâtiment, mais encore avait la possibilité d'exiger et d'obtenir une série de privilèges, attachés à cette profession. (1)

1.1. Les divers titres de l'architecte médiéval :

Le terme «architecte» n'apparaissant pas au Moyen Age, il nous semble important de nous référer aux expressions qui désignaient ces chefs de chantier à l'époque. Elles nous renseignent en effet plus précisément sur le statut social particulier dont bénéficiaient les architectes et sur le rôle qui leur était attaché.

Il n'existait pas de terme unique pour qualifier ces «maîtres d'œuvre». De nombreuses inscriptions leurs confèrent des titres différents, attachés pourtant à une même profession.

On peut ainsi lire les épitaphes suivantes :

Ci gît Pierre de Montreuil, fleur parfaite des bonnes mœurs, en son vivant, docteur es pierres, que le roi des Cieux le conduise aux hauteurs des pôles. Epitaphe de Pierre de Montreuil, architecte de Saint Louis, à la Sainte Chapelle.

Ci gît Maître Hue Libergier, qui commença cette église en l'an 1229 et trespassa l'an 1267, pierre tombale de Hue Libergier, architecte de l'église St-Nicaise à Reims (détruite).

Ci gît Guillaume très élevé dans l'art des pierres, qui acheva ce nouvel ouvrage. Architecte de St-Etienne de Caen.

Ces épitaphes, en associant la plupart du temps l'architecte à son œuvre, nous indiquent que les architectes des cathédrales n'étaient pas des anonymes et bénéficiaient de surcroît d'une grande renommée à leur époque, s'ils sont tombés maintenant dans l'oubli. Parfois même,

(1) Gimpel, *Revolution industrielle au Moyen Age*, (p. 113)

leurs effigies sont restées gravées sur les édifices (labyrinthe de Reims, tombe de Libergier,) ou sur des manuscrits (carnets de Villard de Honnecourt). Ces portraits représentant souvent l'architecte au milieu de ses outils de travail nous seront très précieux pour la suite de l'étude.

L'architecte apparaît ainsi sous plusieurs titres au travers de divers monuments :

Machinator, machoun, ingeniator

Magister operis, Apparator

Maistre maçon, Magister cementarius, magister lathomus

Doctor lathomorum, doctor peyrier, docteur es pierres.

Expressions auxquelles nous nous référerons souvent au fil de ce chapitre.

1.2. L'homme de chantier.

L'architecte médiéval est d'abord un homme de chantier. Certaines expressions l'associent au travail (manuel) de la pierre : *Magister cementarius* (maître maçon), *Magister lathomorum* (maître des tailleurs de pierres).

Nous avons la chance de pouvoir suivre le récit détaillé de la reconstruction de l'église de Cantorbery, à partir de 1174. Le moine Gervais nous renseigne sur les qualités qui avaient provoqué le choix de l'Architecte Guillaume de Sens, lors d'une sorte de concours :

Parmi d'autres vint un architecte de Sens, nommé Guillaume, un homme énergique et ouvrier ingénieux en pierre et en bois. En raison de son esprit et de sa renommée, on lui confia l'œuvre plutôt qu'aux autres. (1)

L'architecte devait être ainsi un spécialiste de la pierre, mais aussi du bois. En fait, il patronnait (Magister) tous les corps de métier et chaque opération devait lui être familière.

Gervais montre, par la suite, Guillaume de Sens mettre la main à l'ouvrage, au milieu des ouvriers, et être malencontreusement victime d'un accident du travail :

Comme il préparait les machines propres à établir les grandes voûtes, les poutres se rompirent sous ses pieds et il tomba sur le sol, de la hauteur de la voûte supérieure, c'est à dire 50 pieds, les pierres et

(1) Gimpel, *Bâtisseurs de cathédrales*, (p. 145).

les échafaudages l'accompagnant dans sa chute.

Blessé, il continuera à diriger les travaux de son lit, en choisissant un jeune moine «ingénieux et intelligent» pour transmettre ses ordres sur le chantier. Le malheureux Guillaume de Sens marque ici, pourrait-on dire, une étape dans la division du travail, de plus en plus poussée dans l'industrie du bâtiment, dès la fin du XIIe siècle. En effet, les architectes assisteront de moins en moins au déroulement des travaux et se feront souvent représenter par des intermédiaires sur le chantier : les parliers.

1.3. Architecte et/ou ingénieur

L'architecte est ensuite un Technicien des arts mécaniques intéressé à la recherche de nouveaux procédés :

Machinator, mécanicien, inventeur ou fabricant d'une machine ; architecte ingénieur, au figuré machinateur.

Machoun, ingeniator.

Tel Guillaume de Ses, par exemple : *Il construisit d'ingénieuses machines pour charger et décharger les navires, et pour lever les pierres et le mortier.*

De même Villard de Honnecourt .

1.4. Le concepteur.

Le titre *Magister* signifie aussi maître de l'œuvre, maître d'une œuvre précise, c'est à dire concepteur, et c'est cette fonction qui primera dès la fin du XIIe siècle.

L'architecte établit les plans de l'édifice, les propose et il reste pour surveiller la réalisation ; étant payé à l'année ou pensionné. Par contre, pour les petits chantiers, son rôle se limite à la projection, et il s'en va les plans admis, car conscient de sa valeur, il demande des salaires très élevés. Dans cette situation, on pourrait dire qu'il s'en tient au «permis de construire».

Ainsi, dès le XIIIe siècle l'architecte perd en partie sa vocation manuelle pour s'intellectualiser..

L'architecte concevait la forme de l'édifice, sans en manipuler la matière. St Thomas, cité dans Panofsky *Archi. goth.*, p. 89.

A ce sujet, on peut noter l'indignation d'un Nicolas de Biard, contemporain de Villard :

Dans ces grands édifices il a accoutumé d'y avoir un maître

principal qui les ordonne seulement par la parole, mais n'y met que rarement ou n'y met jamais la main, et cependant il reçoit des salaires plus considérables que les autres. Les maîtres des maçons, ayant en main la baguette et les gants, disent aux autres : «Par ci me le taille» et ils ne travaillent pas et cependant ils reçoivent plus grande récompense.

1.5. «Celui qui montre»

L'expression *Par ci me le taille* (allusion à Villard de Honnecourt) recouvre une notion de manière de procéder, tout comme le mot «*Magister*» recouvre la notion de maître, au sens de celui qui sait, qui montre, qui enseigne.

Elle implique la transmission d'un savoir pratique, transmission tant orale et gestuelle (Artisan-apprenti), que transcrite (les schémas et procédés dessinés dans les Carnets de Villard de Honnecourt).

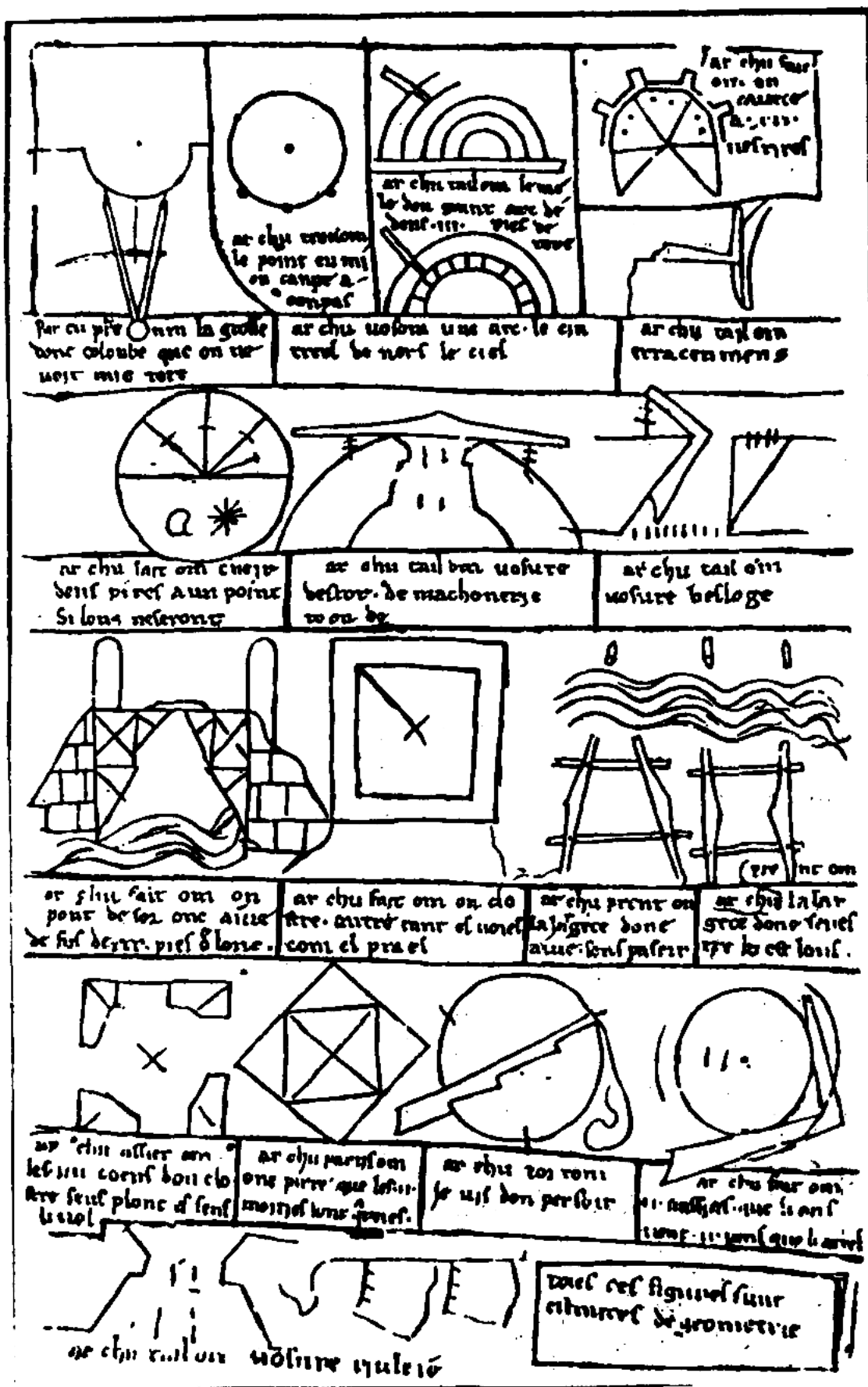
Cette même notion d'enseignement est contenue dans les expressions *doctor lathomorum*, *doctor es peyre*, qui confèrent à l'architecte un titre honorifique universitaire, tout en l'associant à la manipulation même de la matière. Nous reviendrons sur la relation architecte-universitaire scolastique.

Nicolas de Biard, semble reprocher à l'architecte, homme sorti du rang, d'outrepasser son rôle de maître maçon pour s'intéresser à toutes les préoccupations intellectuelles de son temps.

En citant Panofsky (*Architecture Gothique et Pensée Scolastique*) p. 86 :

Cet architecte professionnel sort du rang et surveille en personne le travail. Ce faisant il devient un homme qui a l'expérience du monde, qui a beaucoup voyagé, souvent beaucoup lu, et qui jouit d'un prestige social sans égal dans le passé et sans équivalent dans l'avenir. Librement choisi, propter sagacitatem ingenii, il apparaît sur le chantier portant des gants et une règle.

Il nous semble important de replacer maintenant l'architecte des XIIe et XIIIe siècles dans le courant scolastique, qui à partir de l'héritage antique et sous l'influence renouvelée d'Aristote, recrée une nouvelle manière de voir les choses (res) et par là même une nouvelle façon de penser (verba).



1.6. La tradition antique.

La tradition antique a en effet été transmise tout au long du Haut Moyen Age, par la transcription méticuleuse des textes grecs et latins que l'on pouvait trouver. Les nouvelles écoles laïques urbaines ont profité de ce travail de «Bénédictin» et on pouvait ainsi se procurer dans les bibliothèques des extraits de Platon, Aristote, Archimède, Varron, Virgile, Cicéron ou Vitruve. On note aussi la traduction des *Eléments* d'Euclide (de l'arabe) par Adélarde de Bath au XIIe, et l'étude des connaissances arabes par Leonard Fibonacci de Pise dans *Liber Abacci* (étude des nombres).

Contrairement à la Renaissance, le Moyen Age envisage cette culture comme un moyen, un outil et non comme un but en soi. En effet, le «respect» pour les Anciens ne se traduit pas par la simple imitation d'un archétype, modèle considéré comme œuvre parfaite, mais par l'utilisation, l'adaptation ou l'amélioration, transgression d'un modèle non plus «parfait» mais «pour faire», pour reprendre les termes de Nicolas Soulier.

Les siècles classiques, prônant au contraire la loi d'imitation, tentative de se rapprocher de la «Beauté» parfaite atteinte par l'Antiquité grecque et latine, soumettra la création à une série de règles et de carcans à respecter.

Fort de l'héritage antique, un Bernard de Chartres, encore tout jeune écolâtre en 1117, pouvait s'écrier :

Nous sommes des Nains juchés sur des épaules de géants. Nous voyons ainsi davantage et plus loin qu'eux : non pas parce que notre vue est plus aiguë ou notre taille plus haute, mais parce qu'ils nous portent en l'air et nous élèvent de toute leur hauteur gigantesque.

Vitruve, dans son *Traité d'Architecture* donne la définition de l'architecte idéal :

Qu'ils soient instruits. capables de manier le crayon, compétents en géométrie et en histoire. intéressés par les théories philosophiques, la musique et quelque peu la médecine. qu'ils aient aussi des connaissances juridiques et quelques notions d'Astronomie et d'Astrologie . (1)

L'architecte médiéval possède cette même aspiration à une

(1) Vitruve, *Traité d'Architecture*, T, 1.

culture encyclopédique ; il est le témoignage vivant du rapprochement des «Arts Mécaniques» et des «Arts Libéraux». Ainsi l'architecte des cathédrales et l'intellectuel scolastique sont en relation car produits d'un même phénomène : l'essor urbain, qui s'accompagne de la création des grandes cathédrales et des universités, créant une nouvelle culture :

La transformation des méthodes scolaires et intellectuelles est la technique d'un métier nouveau, d'une nouvelle corporation, l'universitas des maîtres et des étudiants. Elle devient l'affaire de professionnels qui pour leur travail vont demander salaire. Elle consomme de plus en plus de livres devenus instrument de travail, entre les mains d'une nouvelle catégorie sociale ; celle des travailleurs intellectuels. (1)

L'architecte du XIII^e issu des Arts Mécaniques de par sa formation sur le chantier, tend à se rapprocher des méthodes de l'enseignement scolastique. (voir la discutatio entre Villard de Honne-court et Pierre de Corbie). Il participe aussi des Arts Libéraux, «prati-quant» surtout l'Art de la Géométrie, géométrie qui au Moyen Age est réappréhendée à travers une instrumentation pratique.

2. La géométrie instrumentale

Un texte de Bernard Palissy, tiré de son *Dessein du jardin délectable* évoque d'une manière attrayante les divers outils «par lesquels on conduit la Géométrie et l'Architecture» et nous renseigne ainsi sur leurs qualités et usages respectifs :

Nous avons le Compas

La Reigle

L'Escarre

Le Plomb

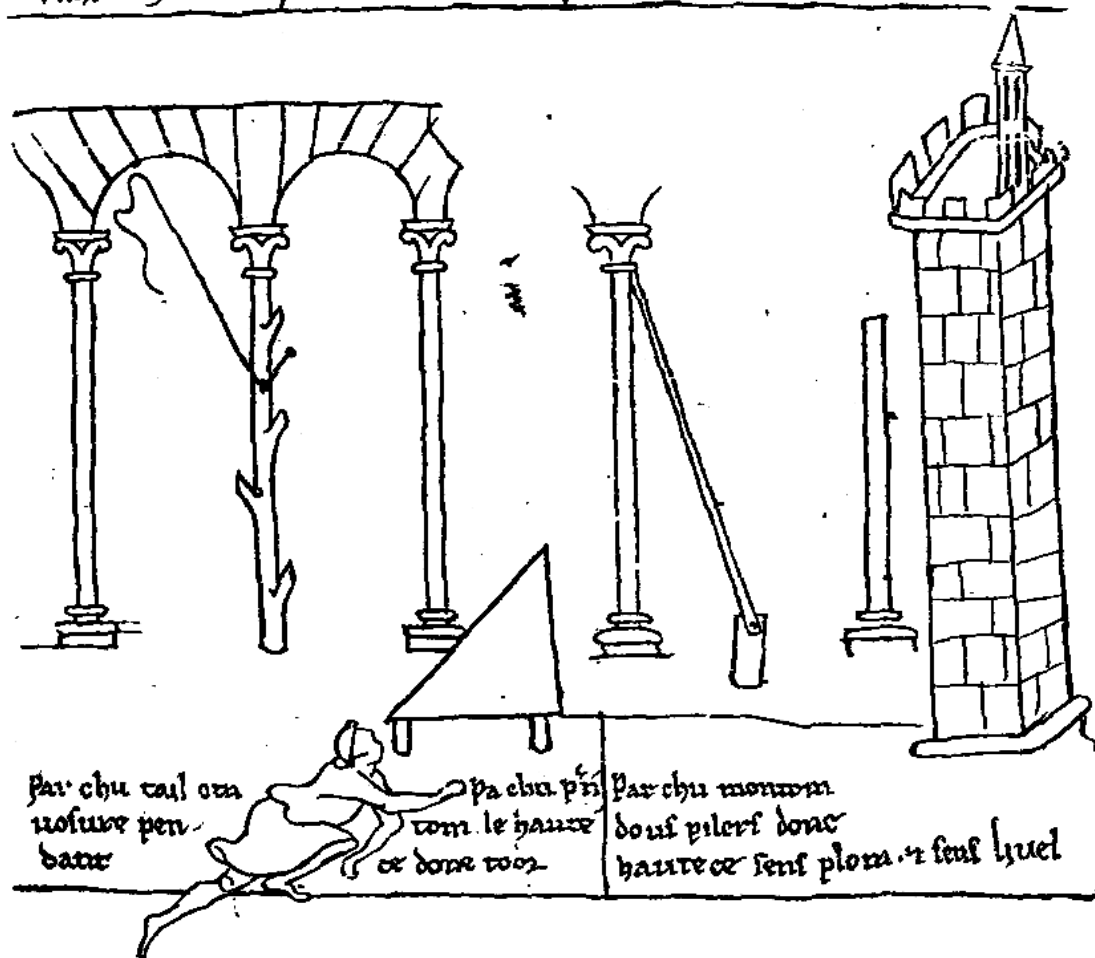
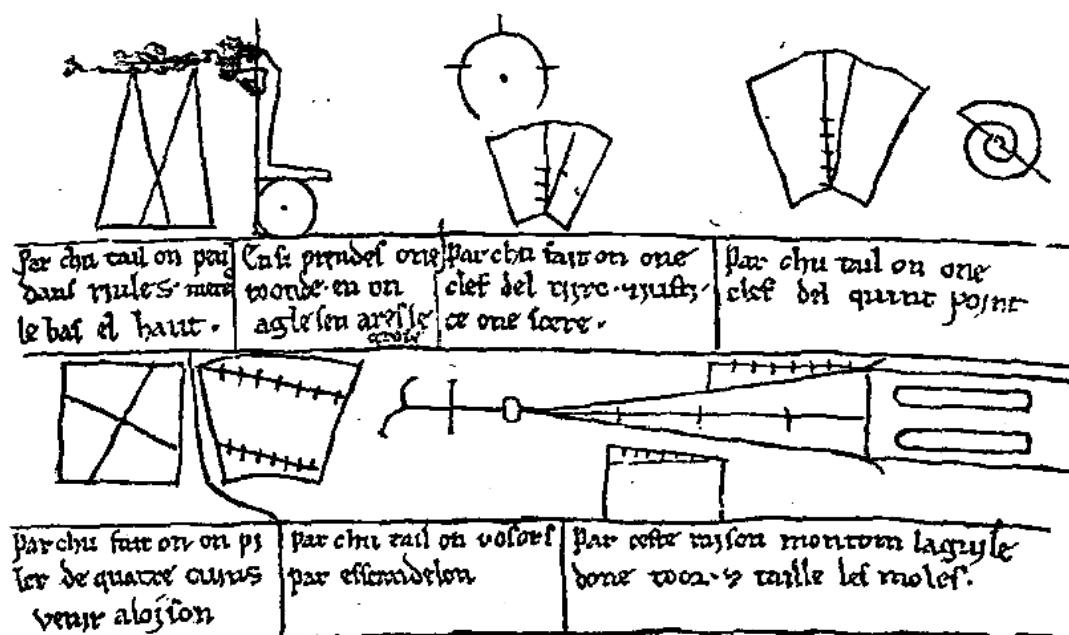
Le niveau

La sauterelle

Et l'Astrolabe

Voilà les outils, par lesquels on conduit la Géométrie et

(1) J. Le Goff, *La civilisation de l'occident médiéval*, Arthaud, 1963.



l'Architecture. Puisque nous sommes sur le propos de la Géométrie, il advint, la semaine passée, qu'estant en mon repos sur l'heure de minuict, il m'estoit avis que mes outils de Géométrie s'estoient eslevez l'un contre l'autre et qu'ils se debatoyent à qui appartenoit l'honneur d'aller le premier. Et estant en ce débat, le Compas disoit : «Il m'appartient l'honneur car c'est moy qui conduis et mesure toutes choses ; aussi quand on veut réprover un homme de sa despense superflue, on l'admoneste de vivre par compas.» La Reigle disoit au compas : «Tu ne sais pas ce que tu dis ; tu ne saurois rien faire qu'un rond seulement qui est le trou du cul ; mais moy je conduis toutes choses directement, et du long et de travers ; et en quelque sorte que ce soit je fais mon cher droit devant moi. Ainsi quand un homme est mal vivant, on dit qu'il vit desreiglement, qui est autant à dire que, sans moi il ne peut vivre droitement. Voilà pourquoy l'honneur m'appartient d'aller devant.» Lors l'Escarre dit : «C'est à moy à qui l'honneur appartient, car, pour un besoin, on trouvera deux reigles en moy ; aussi c'est moi qui conduis les pierres angulaires et principales du coin, sans lesquelles nul bâtiment ne pourroit tenir.»

Trois des instruments de géométrie de Palissy nous intéressent particulièrement : ceux dont l'architecte se sert pour tracer les plans, dans la chambre aux traits. Ce sont «La Reigle, le Compas et l'Esquarre.» Le Plomb, le Niveau, la Sauterelle sont des instruments géométriques du chantier. On peut dès maintenant remarquer que la corde peut facilement se substituer aux trois instruments de dessin sur le chantier. En étudiant plus précisément la géométrie médiévale nous verrons qu'elle est essentiellement instrumentale.

2.1. Les instruments.

La Règle sert à tracer droit ; à tirer une droite entre deux points. Elle n'est pas graduée car ce n'est pas un instrument de mesure : la géométrie du Moyen Age ne passe pas par la mesure directe des choses, pour mesurer elle passe par la comparaison : n fois le segment $A = p$ fois le segment B ; ou par la proportion : A est à B ce que B est à C .

Le compas «fait les ronds» et par là même il «conduit et mesure les choses». Il permet en effet de matérialiser les segments que l'on veut reporter ou multiplier, sans pour autant passer par la mesure



La vie des deux offas. Manuscrit vers 1250
Construction de l'Eglise Saint Alban
Londres. British Museum.

abstraite des nombres.

On peut remarquer qu'une certaine position de l'axe de rotation de ses branches peut en faire un instrument particulier : un compas de proportion, permettant, à partir d'un segment donné, d'avoir directement les 2 segments qui lui sont associés par une certaine proportion. Nous reviendrons sur l'hypothèse de son existence au Moyen Age.

La chanson des tailleurs de pierre, relevée par Moessel dans : *Die Proportion in Antike und Mittelalter*, 1926, met en garde contre la règle et ne mentionne pas le compas :

L'équerre a un art suffisant quand on l'emploie bien, la règle a un art divers.

C'est donc à l'équerre que reviendrait «l'honneur», car c'est elle qui donne la solution des problèmes à condition, évidemment, de savoir l'utiliser, et en premier lieu de savoir la construire. La chanson des tailleurs de pierre livre d'ailleurs une charade mystérieuse, permettant aux initiés de construire l'équerre. Le mystère de cette charade, rapprochée de l'anecdote de l'évêque assassiné pour être entré dans la chambre aux traits, met bien en relief la protection dont la profession entourait ses secrets.

L'importance de l'équerre, en tant qu'instrument de tracé et même de conception, a été mise en évidence de façon remarquable par Alain Séné (1). Ce dernier a recherché et classé les outils représentés sur des portraits d'architectes ou sur des documents qui nous les montrent au travail :

Dans la plupart des cas, le ou les instruments de travail ne semblent pas là seulement pour blasonner le personnage. Ils ont été soigneusement observés et sont représentés avec soin. Rares sont les schématisations stylistes ou dues à la négligence. Il semble que faute de l'instrument réel, du moins une copie en plan d'une exactitude aussi parfaite que possible ait accompagné l'architecte dans son ultime voyage dans le cas des pierres tombales ; mieux, dans le rendu

(1) *Un instrument de précision au service des architectes du Moyen Age : l'équerre*, in «Cahiers de Civilisation médiévale» n° 4, oct-déc. 1970, Université de Poitiers.

Les équerres au Moyen Age : remarques sur la forme inattendue d'un outil simple, in «Bulletin archéologique», Reims, 1970.

symbolique du métier, quand l'anonymat est de rigueur, les mêmes scrupules apparaissent dans la représentation de l'outil.

Séné étudie ainsi des documents, pour une période allant du XI^e au XV^e siècle. Leurs origines sont pour la plupart monumentales : sculptures, peintures murales, tombes ; d'autres sont tirées de manuscrits dont les *Carnets de Villard de Honnecourt*. La période qui nous intéresse particulièrement — le XIII^e — est la plus riche en témoignages sur les maîtres d'œuvre et leurs instruments. L'éventaire (non exhaustif bien sûr) présenté par Séné, semble cependant assez représentatif, car, malgré l'étendue de l'époque envisagée et la diversité des endroits d'où ils proviennent, ces documents présentent des caractéristiques communes indéniables.

Sur les 23 documents du XI^e au XIII^e, l'équerre et le compas sont les instruments les plus représentés (on note aussi une canne, des gabarits de profils de nervures, des niveaux à équerres et à fil à plomb). L'équerre apparaît 20 fois, contre 9 pour le compas, qui, pour sa part, n'apparaît qu'à partir du XIII^e. L'équerre apparaît 5 fois seule, ce qui tendrait à prouver que certains architectes en faisaient leur unique instrument de tracé.

Des sondages, portant sur 20 œuvres postérieures, montrent que peu à peu le compas tendra à prendre la place de l'équerre, qui conserve néanmoins des fidèles exclusifs jusqu'au XV^e.

Jusqu'au XIII^e on note donc la suprématie de l'usage de l'équerre. Il peut paraître étonnant de rapprocher ces deux instruments, mais on constate que là où nous utiliserions de préférence le compas, l'architecte médiéval se sert plutôt de l'équerre. Villard de Honnecourt trace un pentagone avec l'équerre ; Dürer le tracera avec une seule ouverture de compas.

Les compas représentés ressemblent à ceux que l'on peut connaître aujourd'hui. Séné ne se prononce pas sur la nature du seul compas de forme spéciale, sur la tombe de Hue Libergier à Reims. Il s'en remet à l'opinion de Otto Van Simpson, qui en fait un compas de proportion basé sur la section d'or.

La mesure de l'écartement des branches nous a prouvé que ce n'était pas une proportion dorée. Les bouts arrondis des 2 branches



La vie de Saint Alban III. Manuscrit (après 1250)
Fondation de l'abbaye de Saint Alban par le roi Offa
Dublin, Trinity Collège.

supérieures semblent même, comme le dit Pierre du Colombier (1), écarter l'hypothèse d'un compas de quelque autre proportion.

Comme nous l'avions pensé précédemment, le compas médiéval ne semble utilisé que pour tracer les cercles ; et surtout pour reporter des mesures.

2.2. L'équerre

L'aspect des équerres représentées dans ces œuvres médiévales est bien plus surprenant. Comme la plupart d'entre elles ont cette même apparence pour le moins inattendue, on ne peut admettre que le hasard, le manque de connaissances ou de savoir-faire des miniaturistes soient des hypothèses à envisager.

Il s'agit donc, dans la plupart des cas, d'une représentation fidèle d'un objet concret, ayant réellement eu cet aspect :

En gros, les équerres romanes et du premier art gothique, se présentent comme de fausses équerres, c'est à dire qu'il leur manque le côté de l'hypothénuse, ce qui est parfaitement classique, mais les plus anciennes d'entre elles possèdent une particularité remarquable : leurs bras sont de largeurs inégales, et, fait plus étrange encore, les bords n'en sont pas parallèles deux à deux, ils convergent et divergent, créant un angle droit interne, situé sur un axe différent de l'externe : ainsi sous l'apparence d'un seul instrument fixe, il y a deux équerres. A notre avis d'ailleurs Séné ne tirera pas assez partie de cette dernière constatation, qui nous paraît des plus importantes.

Séné nous propose alors un premier classement (2)

— **Equerres à branches de largeur différente et à bords parallèles deux à deux** : Ce sont les plus anciens instruments.

Exemples : — équerre de la construction de la Tour de Babel, dans le manuscrit *Hortus deliciarum* d'Herrade de Lansberg (1175-1185)

— Equerre du cloître de la cathédrale de Gerone.

2ème moitié du XIIe siècle.

— **Equerres à bords divergents 2 à 2** :

Ce sont les plus intéressantes car les plus inattendues par leurs formes. Elles sont nombreuses et leur représentation a été faite avec

(1) Pierre du Colombier : *Le compas des maîtres d'œuvre*, Bull. soc. nat. des Antiquaires de France, 1966.

(2) Voir les schémas d'équerres au chapitre 3.

soin. Elles s'étendent de la fin du XIIe au premier quart du XIVe siècle.

Exemples :

pour les manuscrits :

- *Carnets de Villard de Honnecourt*, 1220-1235, B.N.
- *La vie des deux offas* , de Mathieu Paris (daté avant 1250)
miniature du XIVe, British Museum.
- *La vie de Saint Alban* , daté des environs de 1250? Dublin
Trinity College.

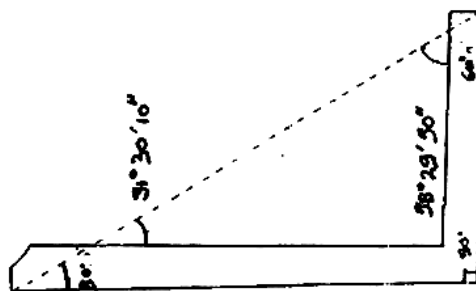
pour les œuvres plastiques :

- *Maître Humbert* - Colmar, collégiale St Martin (vers 1235)
- Tombe de Hue Libergier - Reims (après 1263)
- *L'Architecte* - Poitiers, cathédrale St Pierre (vers 1370).

Séné, pour affiner son classement, étudie ensuite les propriétés angulaires des équerres. Il s'appuie, pour ce faire, sur les thèses de B.G. Morgan.

Il étudie ainsi deux équerres particulières :

- **Équerre de la pierre tombale de Libergier à Reims. (1263)**



Les bords ne sont pas tout à fait parallèles deux à deux. Le décalage ainsi créé permet deux instruments différents.

Angles externes de l'équerre : 30° et 60°

Angles internes : $31^{\circ} 30' 10''$ et $58^{\circ} 29' 50''$

D'après Morgan :

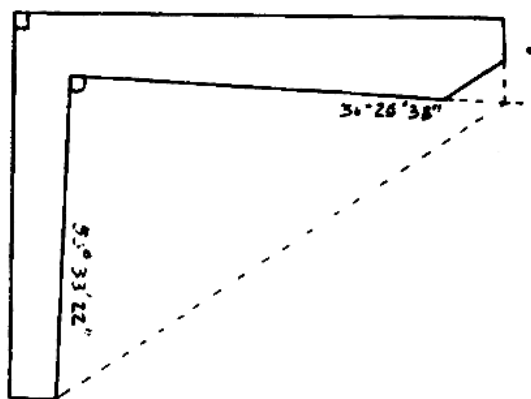
Il s'agit d'une équerre canonique, c'est à dire servant de base aux mesures, ou plus exactement à la mise en symétrie ou commodulation. L'équerre de Libergier possède des angles identiques, à ceux du

triangle d'or, dans lequel la grande cathète est égale à 1,618, en prenant comme base unitaire la petite cathète. Ce type d'équerre permet de multiples mises en place des éléments en composition, de telle sorte qu'ils soient situés les uns par rapport aux autres sur des points harmonieusement choisis.

Nous sommes donc en présence d'une équerre dont les qualités dépassent de très loin la simple construction d'un angle droit. Elle permet en effet deux systèmes de mise en proportion :

- triangle 30 . 60
- triangle d'or

— **Equerre de «l'Architecte», écoinçon central des stalles méridionales de la cathédrale de Poitiers (1270).**



Bords non parallèles.

D'après Séné les angles intérieurs et extérieurs sont droits (en fait l'extérieur ne l'est pas).

Si nous menons la perpendiculaire au grand côté extérieur jusqu'à son intersection avec le prolongement du grand côté intérieur, au delà du plan coupé, la seconde équerre ainsi reconstituée prend les dimensions suivantes : 0,13 m pour la grande cathète et 0,096 pour la petite ; ses angles obtenus par la méthode des Tangentes sont respectivement de 53° 33' 22'' et de 36° 26' 38''. Ces résultats correspondent avec une marge d'erreur de 1% aux données angulaires du triangle des coordonnées décagonales, soient 36° et 54°.

Séné considère ainsi que le sculpteur n'a pas représenté l'équerre entière, une partie de celle-ci étant coupée par une voussure.

Ayant retrouvé cette équerre décagonale par ailleurs de notre côté, nous pouvons dès maintenant, d'une manière générale, décrire

les possibilités qu'elle offre. Elle permet de diviser une circonférence en 5 arcs égaux et en multiples de ce nombre ($5 \times 36 = 180^\circ$)

C'est précisément avec cette équerre que Villard de Honnecourt peut construire pentagones et décagones.

Elle permet, pour la même raison, d'assurer le retournement des collatéraux, en 5 absides et même parfois en 7.

L'étude sur la géométrie des pentagones et des décagones, mettra en évidence les qualités fondamentales de ces figures, qui sont formées, du point de vue des angles, par des triangles ($36^\circ - 2 \times 36^\circ - 2 \times 36^\circ$) ou ($36^\circ : 36^\circ - 3 \times 36^\circ$)

Séné donne alors d'autres de ses résultats.

La plupart des équerres, du XIII^e sont apparentées directement à la section d'or (angles 90° , $58^\circ 16' 57''$, $31^\circ 43' 03''$).

D'autres instruments plus allongés que les autres seraient des équerres du double carré ; (hypothénuse = $\sqrt{5}$) ; double carré qui permet d'obtenir la proportion dorée.

	Equerres du double carré ($26^\circ 33' 54''$) et ($63^\circ 26' 14''$)	Equerres du nombre d'or ($31^\circ 53' 03''$) et ($58^\circ 16' 57''$)	Equerres décagonales 36° et 54°
XI ^{ème}	. Saint Savin (Vienne), Fresque de la Nef « <i>La Tour de Babel</i> » (fin XI ^e)		
XII ^{ème}	. Gerone (Espagne) : Cloître de la cathédrale, galerie occidentale : (fin XII ^e) <i>Chapiteau aux deux sculpteurs</i> . Strasbourg : Bibl. Mun., manuscrit (détruit) : <i>Hortus deliciarum</i> , d'Herrade de Lansberg (1175-1185) <i>«La Tour de Babel»</i>		
XIII ^{ème}	. Dublin : Trinity College. Manuscrit : <i>La vie de Saint Alban III</i> , fondation de l'abbaye de St Alban par le roi Offa. 2 scènes (après 1250)	. Colmar : Collegiale St Martin « <i>Maître Humbert</i> » . Paris Bibl. Nat. 1225-1235 <i>Carnets de Villard de Honnecourt</i> . . Londres. British Museum. <i>La vie des deux offas</i> (av. 1250). Construction de l'église St Alban . Reims. Cathédrale Notre Dk. w <i>Tombe de Hue Libergier</i> (1263) . Hanovre : Stalle. <i>Le sculpteur sur bois. is.</i> 1284	. Poitiers. Cathédrale de Saint Pierre. Stalle. <i>«écoinçon de l'architecte»</i> , après 1270. . Niederhaslach Cimetière : dalle de tombe.
XIV ^{ème}			

3 De l'instrument à l'édifice : Reims

Nous avons effectué, à la suite d'Alain Séné, des recherches personnelles sur les instruments de tracé des architectes médiévaux, et ce parallèlement à l'étude des tracés de la cathédrale de Reims. De précédentes études avaient en effet dissocié ces deux aspects de la question : quelques architectes avaient étudié les tracés régulateurs, sans essayer de retrouver la trace des instruments par lesquels ceux-ci passaient, un historien avait étudié les équerres (de façon remarquable) mais sans appliquer ses constatations à des plans d'édifices précis.

La géométrie du Moyen Age étant, rappelons le, purement instrumentale, il était primordial, nous semble-t-il, de ne pas séparer ces deux aspects d'une même recherche.

Notre étude de la cathédrale de Reims, au chapitre suivant, décèle deux systèmes de mise en proportion, complémentaires ; l'un passant par la «manipulation» de triangles 36-54 (coordonnées décagonales), l'autre par la manipulation de triangles d'or ($31^{\circ} 43' 03''$ et $58^{\circ} 16' 57''$ et grand côté sur petit côté = $\varphi = 1,618$).

3.1 Équerres décagonales et équerres dorées.

Séné avait mis en évidence l'existence de différentes équerres correspondant à ces deux triangles. L'architecte de Reims aurait pu utiliser 2 équerres différentes.

Or une étude plus approfondie des équerres dessinées dans les Carnets de Villard de Honnecourt nous a montré que quelques uns de ces instruments permettaient eux-mêmes les deux possibilités de mise en proportion. Ainsi sous l'apparence d'une seule équerre s'en cachaient en fait deux : l'équerre décagonale et l'équerre dorée. Nous rapprocherons cette constatation de la phrase de «L'Escarre» de Bernard Palissy : *C'est à moy que revient l'honneur, car pour un besoin, on trouvera deux reigles en moy* que nous pourrions traduire : pour les tracés on trouvera en moi deux systèmes de mise en proportions.

Certains ont voulu voir dans les Carnets de Villard de Honnecourt des dessins faits en vitesse ou de façon malhabile. Il est vrai que ce

sont souvent des schémas qui n'ont pas besoin d'une grande précision car ils servent à donner des méthodes et des recettes pour un intérêt pratique. Ils se veulent moyens plutôt que résultats achevés. On notera cependant la constance de la forme générale des équerres. En fait si elles diffèrent dans le détail, en particulier aux deux extrémités de leurs branches, c'est que certains de leurs points seulement ont une signification très utile. Ce sont ces points qui, reliés entre eux, donnent des proportions, que l'on retrouve pour chacune des équerres ; et les proportions obtenues sont, qui plus est, tout à fait remarquables.

Exemple type d'une équerre de Villard de Honnecourt :



— Equerre à bords non parallèles deux à deux.

Le décallage des axes des angles droits permet ainsi deux systèmes de mise en proportion.

— Seuls les 6 points dessinés «comptent» vraiment. Ainsi la découpe entre les points aux extrémités des deux branches peut être d'une forme quelconque. Elle varie selon les équerres, sa forme ne découle sans doute que d'un souci de solidité. En effet, les équerres étant en bois, des extrémités en angle aigu seraient particulièrement fragiles.

Etude des propriétés angulaires des équerres de Villard de Honnecourt

Méthode trigonométrique. Se reporter aux illustrations pour le vrai dessin des équerres.

Bords des branches non parallèles 2 à 2.

angle intérieur à peu près droit

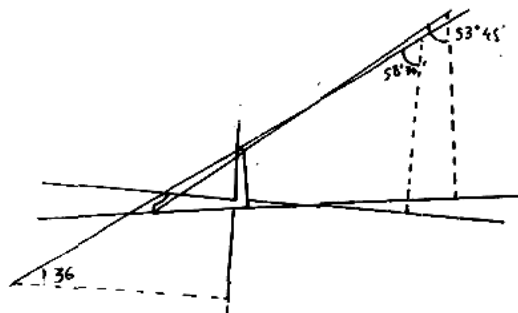
angle extérieur droit

équerre intérieure : 36

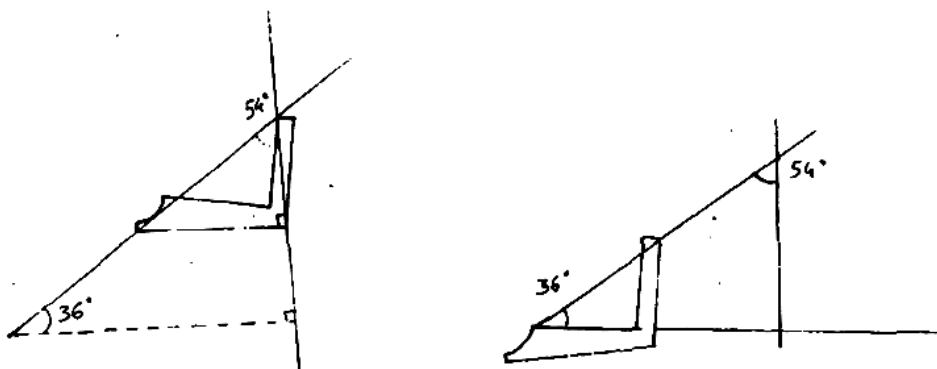
décagonale $53^{\circ} 45'$

équerre extérieure : $31^{\circ} 30'$

dorée $58^{\circ} 30''$



Equerre 1.



Equerre 2

Cette équerre est différente des autres. En effet, une des branches possède des côtés parallèles 2 à 2 ; et l'autre non.

L'angle extérieur, qui pouvait paraître droit, ne l'est donc pas.

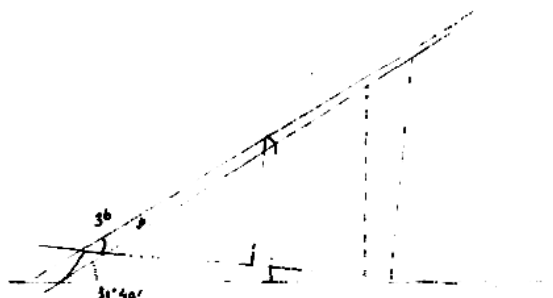
Nous pensons que cette équerre est uniquement décagonale. Sa manipulation est plus compliquée ; bien qu'elle comporte 2 façons d'avoir le $36^\circ 54^\circ$.

Bords des branches non parallèles.

Les angles extérieurs et intérieurs sont droits.

Equerre intérieure : 36°
 décagonale 54°

Equerre extérieure : $31^\circ 40'$
 dorée $58^\circ 20''$



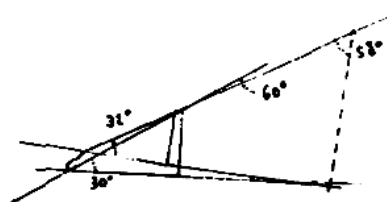
Equerre 3

Bords des branches non parallèles.

Les angles intérieurs et extérieurs sont droits.

Equerre intérieure : 32°
 dorée 58°

Equerre extérieure : 30°
 60°



Equerre 4

Deux autres documents montrent des équerres remarquables :

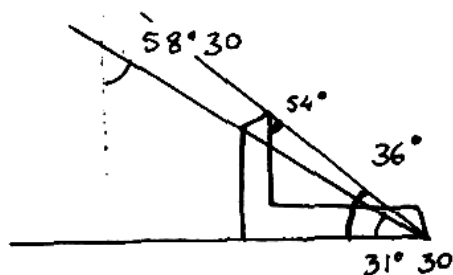
Tombe du maître maçon William de Wermington, représentée dans l'ouvrage de Pierre du Colombier : *Les chantiers des cathédrales*.

Manuscrit : *La Vie de Saint Alban III*, Dublin, cité par Séné, qui n'en remarque pas toutes les caractéristiques.

Equerre de William de Wermington :

Les bords de l'équerre sont à peu près parallèles 2 à 2 - 2 angles droits.

36°	31° 30'
54°	58° 30'

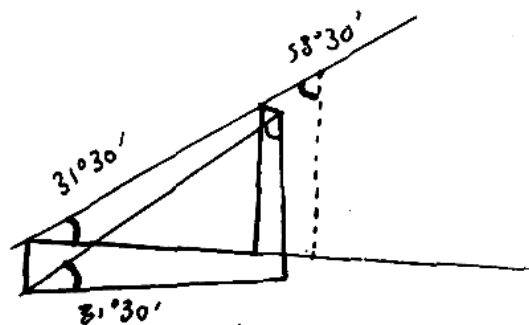


Equerre 5

La vie de Saint Alban III

Cette équerre donne la proportion dorée de 2 manières différentes :

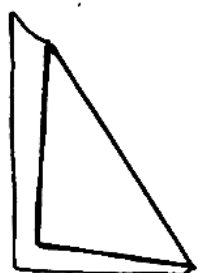
31° 30'
58° 30'



Equerre 6



Les équerres 1 et 3 de Villard de Honnecourt nous paraissent les plus remarquables car 1 seul instrument donne les deux systèmes de proportion trouvés à Reims et ce par une manipulation facile.



Proportion décagonale



Equerre d'or

3.2 Le plan de la cathédrale de Reims

Plutôt que de faire comme dans les études antérieures une simple analyse sur un relevé, ne donnant ainsi que des lignes majeures, il nous a semblé plus clair de présenter cette étude par un système de séquences. Ainsi on obtient les principaux tracés du plan.

Les tracés présentés tâchent de montrer une façon de «reconstituer» le plan de la cathédrale de Reims. Précisons d'entrée que l'ordre des opérations est purement arbitraire de notre part et que la logique que nous utilisons ne saurait être forcément la même que celle utilisée au Moyen Age. Il ne s'agit que d'une façon de procéder, d'un essai de démonstration d'une méthode.

Notons que les tracés sont souvent une façon de procéder parmi plusieurs. Nous nous permettons de donner de temps à autre plusieurs constructions pour un même point.

Plutôt que de surcharger un relevé déjà complexe, nous préférons présenter 2 tracés, l'un pour les rapports de proportion «décagonale», l'autre pour les rapports dorés. D'autres tracés que ceux indiqués existent sans cependant être indiqués, ceci pour une compréhension plus grande.

Nous reconnaissons utiliser pour notre analyse des équerres somme toute assez différentes de celles que nous avons pu relever dans les documents cités. Le problème réside en effet dans l'absence d'hypothénuse sur ces équerres.

Nous avouons donc nous servir d'instruments ayant une hypothénuse, n'ayant pu trouver une manière pratique d'utiliser les

équerres dans la forme que leur donnent les représentations dont nous avons disposé.

On peut d'autre part supposer que les instruments des architectes médiévaux ne permettaient que de reporter des rapports de proportion (dans ce cas effectivement l'hypothénuse ne serait pas utile). Il nous a été impossible pour l'instant de confirmer cette hypothèse.

Notre analyse se fait en prenant les axes des piliers et l'aplomb des murs ou des contreforts. Nous n'avons pas de décalage entre la trame et la réalité construite.

Notre trame ne vient donc pas s'adapter plus ou moins bien à l'édifice, comme c'était le cas dans l'étude de M. Paquet. Nous sommes loin du «tâtonnement vivant», du «tremblement» dont parlait Ghyka pour justifier le décalage entre sa méthode et le plan. Pas de supposition sur des erreurs lors de la mise en œuvre ou sur une incapacité des ouvriers provoquant, soi-disant, le charme des édifices médiévaux.

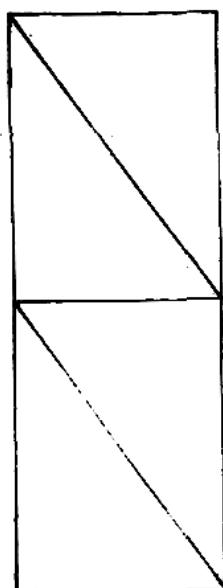
Les décalages existants dans le plan de la cathédrale sont justifiés par notre analyse (fin de la nef peu avant le transept, laissant une légère bande fig. 10, deuxième collatéral du chœur fig. 20).

Chaque «hiatus» est justifié par la conception même de l'édifice et s'explique par sa géométrie propre. Ceci est souvent en correspondance avec l'alternance dans l'utilisation des deux équerres.

Cette faible différence entre ces deux proportions est utilisée dans le projet (par exemple la largeur de la nef par rapport à celle de la façade d'entrée fig. 3 et 5).

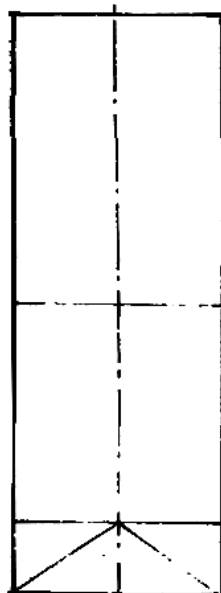
Plusieurs points s'obtiennent indifféremment avec l'une ou l'autre des deux équerres, ceci à cause de leur affinité.

On constate que les angles des porches d'entrée sont de 54° par rapport à l'horizontale.



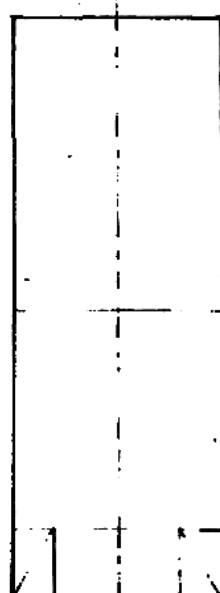
1

Le plan de la cathédrale pris dans les limites extérieures des contreforts du chœur, s'inscrit dans deux rectangles décagonaux.



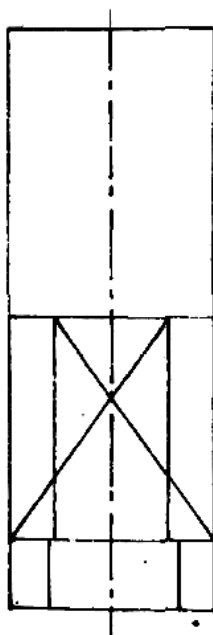
2

La façade et la travée d'entrée sont inscrites dans deux rectangles dorés.



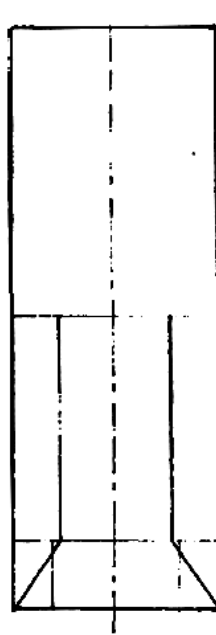
3

La largeur de la façade s'obtient à l'équerre d'or, à partir du sommet inférieur du rectangle.



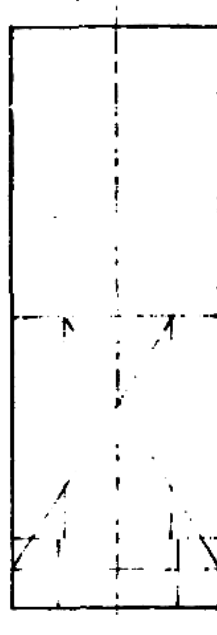
4

La largeur de la nef est donnée par l'équerre $36^{\circ}54'$ à partir du sommet supérieur du rectangle contenant façade et travée d'entrée.



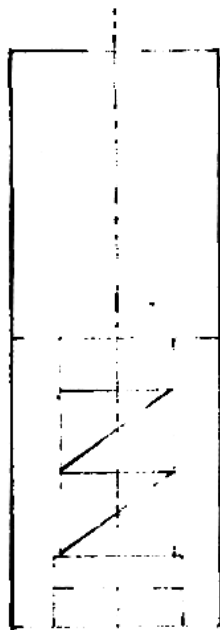
5

Cette même largeur peut être obtenue à partir du sommet inférieur du grand rectangle, avec l'équerre décagonale.



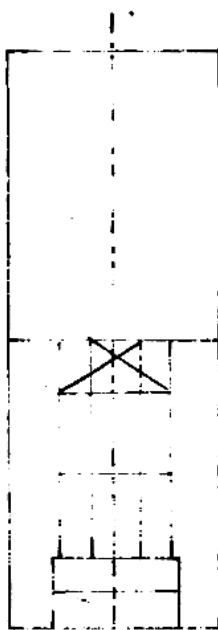
6

La profondeur du massif de la façade est obtenue à l'équerre d'or, à partir du sommet de ce rectangle contenant la nef, ou à l'équerre décagonale.



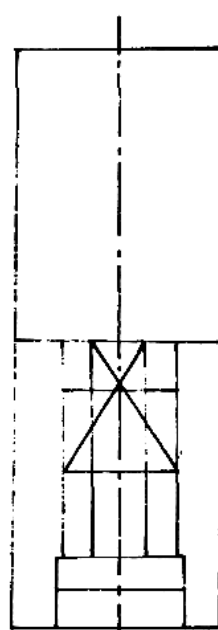
7

La nef est divisée en 3 rectangles : 2 rectangles décagonaux identiques et ce qui reste de la nef.



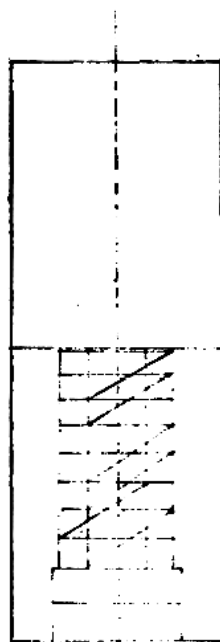
8

La découpe en vaisseau central + 2 collatéraux se fait à l'équerre d'or sur le plus petit des rectangles.



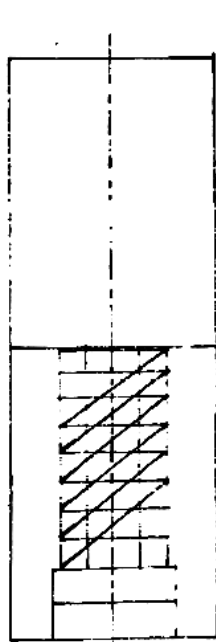
9

On arrive au même résultat avec la même équerre en partant du sommet du premier rectangle.



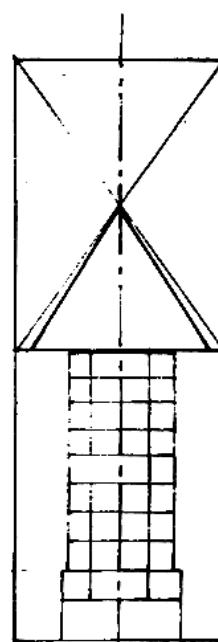
10

La nef est divisée en 8 travées à l'aide de l'équerre d'or. On remarque qu'il reste alors une bande très étroite en haut du rectangle de la nef.



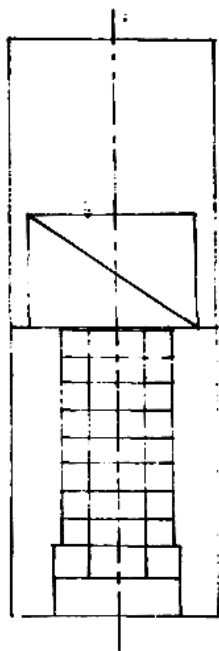
11

Remarquons que 3 travées sont toujours inscrites dans un rectangle décagonal.



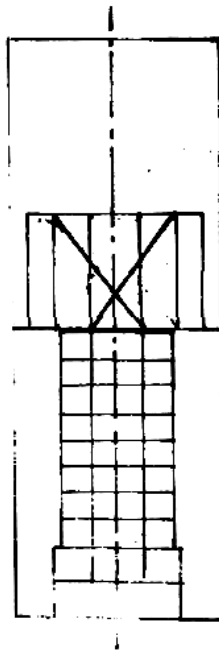
12

La largeur du transept est donnée par l'équerre d'or à partir du centre de gravité du rectangle supérieur.



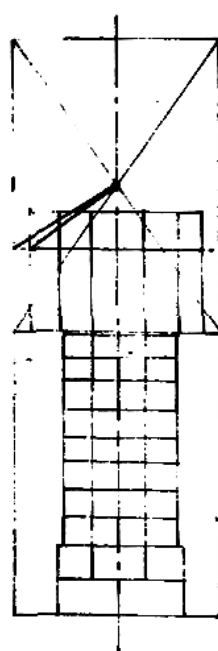
13

Le transept est inscrit dans un rectangle d'or à partir des limites fixées précédemment.



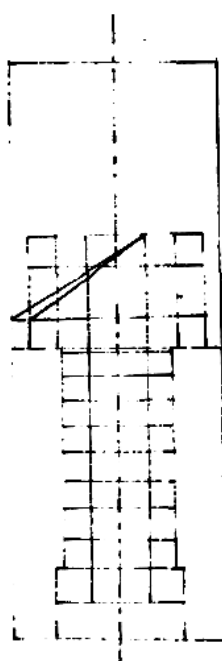
14

La largeur de la nef est poursuivie à travers le transept. Des points ainsi obtenus, on trace à l'équerre décagonale les deux collatéraux.



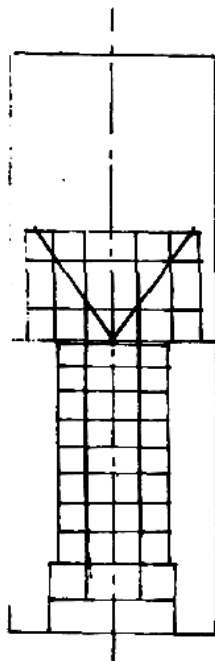
15

La découpe horizontale du transept se fait avec l'équerre d'or pour la 1ère travée, à partir du centre de gravité du rectangle (ou encore à l'équerre décagonale).



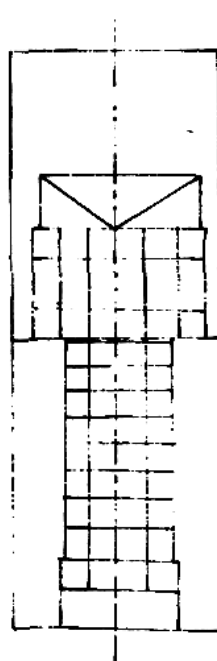
16

La deuxième travée s'obtient de même à l'aide de l'une ou l'autre des deux équerres.



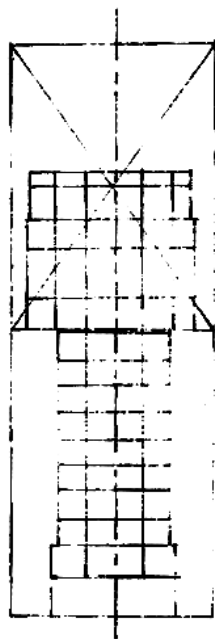
17

La largeur du chœur s'obtient avec l'équerre décagonale à partir du centre de gravité du plan pris en entier.



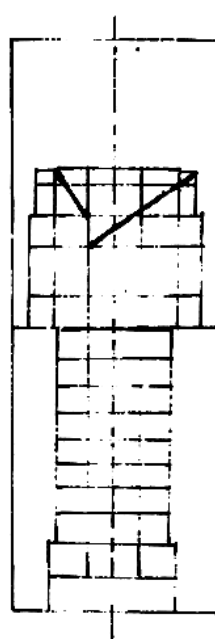
18

Le chœur est lui-même formé de deux rectangles dorés.



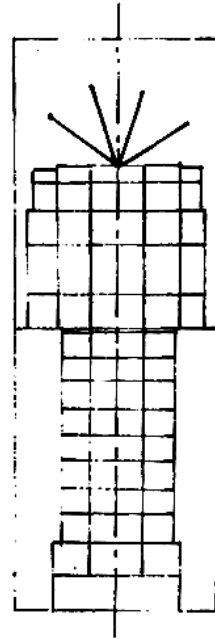
19

La division verticale du chœur se fait en prolongeant celle du transept. Horizontalement, la division se fait en prenant l'axe de symétrie horizontal du grand rectangle.



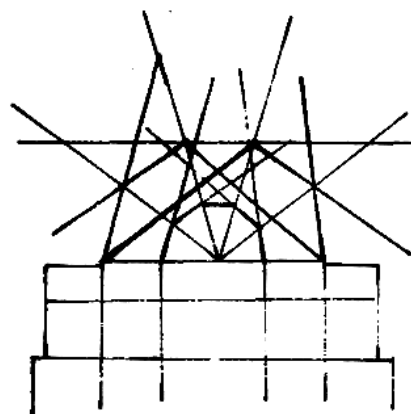
20

Le deuxième collatéral du chœur s'arrête un peu avant la limite de la nef. Cette différence est tracée à l'équerre d'or ou avec l'équerre décagonale.



21

Le retournement du collatéral se fait très simplement à l'équerre décagonale (division en 5 fois 36°)



22

La limite du retournement du collatéral est donnée par l'équerre décagonale. Tout le reste se trace avec la même équerre ; en effet tous les angles sont multiples de 36 ou de 54° .

3.3. Conclusion.

Il convient de rappeler la grande division du travail dans les chantiers des cathédrales. Loin d'être des bénévoles guidés par la Foi, comme on l'a trop longtemps laissé croire, les bâtisseurs étaient en fait rémunérés et plus ou moins spécialisés dans leurs tâches.

Sans revenir sur le rôle de l'architecte qui a été déjà longuement exposé, rappelons toutefois que son activité ne se limitait pas à la simple conception de l'édifice mais qu'il était aussi, et ce presque toujours, le maître d'ouvrage.

L'architecte, pour nous, s'il nous est permis d'emprunter ces vers à un très mauvais poète du XVIème siècle, Le Fèvre de la Boderie, est celui «qui a conçu au fond de sa cervelle, l'idée et le dessein d'une fabrique telle», bref, l'auteur du projet est secondairement l'exécutant, s'il ne se confond pas avec le premier. (P. du Colombier)

Entre l'architecte et l'abondante main d'œuvre, dans la hiérarchie des métiers du bâtiment, se trouvaient de nombreux intermédiaires, dont l'appareilleur. Voici ce qu'en dit Deneux :

Chef du chantier de taille, pour lequel il fournit les épures, les relevés de gabarit et les panneaux, ce qui exige des connaissances en dessin et en stéréotomie. Il distribue le travail aux tailleurs de pierre.

Pierre du Colombier précise : *«C'est encore lui qui prépare l'aire ou l'enduit sur lequel il trace en grandeur d'exécution la face d'une voûte ou d'une autre pièce d'appareil avec tous les développements dont elle est susceptible. Il fait ensuite toutes les projections.»*

Ces appareilleurs, chargés de la mise en place des différentes parties de l'édifice, devaient seconder les arpenteurs (ou traceurs) dans l'implantation du plan dans son ensemble. Reste à savoir comment pouvait s'opérer le passage du plan conçu par l'architecte à la mise en place au sol.

Le problème, pour ces arpenteurs, était d'avoir à leur disposition des méthodes simples pour reproduire en grandeur d'exécution les proportions introduites dans la conception de l'ouvrage.

Le plus simple de ces moyens est bien sûr la chaîne d'arpenteur, la ficelle à nœuds dont parle Paquet. Pour la mise en place de l'angle droit, nous savons que le triangle de Pythagore 3 - 4 - 5, dont les côtés ont des valeurs entières, était une solution fort simple et rapide. Signalons aussi un autre triangle de Pythagore dont les côtés sont entiers (5 - 12 - 13).

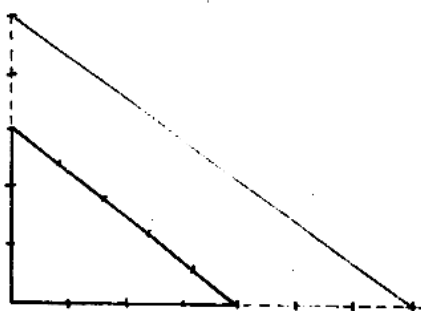
Cette «ficelle» permet de construire un «carré» (1) et de diviser en segments égaux une longueur donnée.

Outre cet outil on peut aussi signaler la possibilité d'une autre «chaîne», découlant de la suite de Fibonnacci, dans laquelle chaque nombre est la somme des deux qui le précèdent : 1, 1, 2, 3, 5, 5, 8, 13, 21...

Encore faut-il préciser qu'il n'est pas possible de tracer d'angle droit avec cette méthode.

On peut supposer alors le traçage au sol d'un triangle d'or de la manière suivante :

angle droit obtenu à l'aide du triangle 3-4-5 dont les deux côtés de l'angle droit sont augmentés (cf. le triangle «égyptien» de Viollet le Duc).



(1) En effet, il est facile de constater dans les relevés des cathédrales qu'il n'y a pour ainsi dire pas de carré. C'est avec une grande rapidité de jugement que certains ont pu décomposer une travée en :

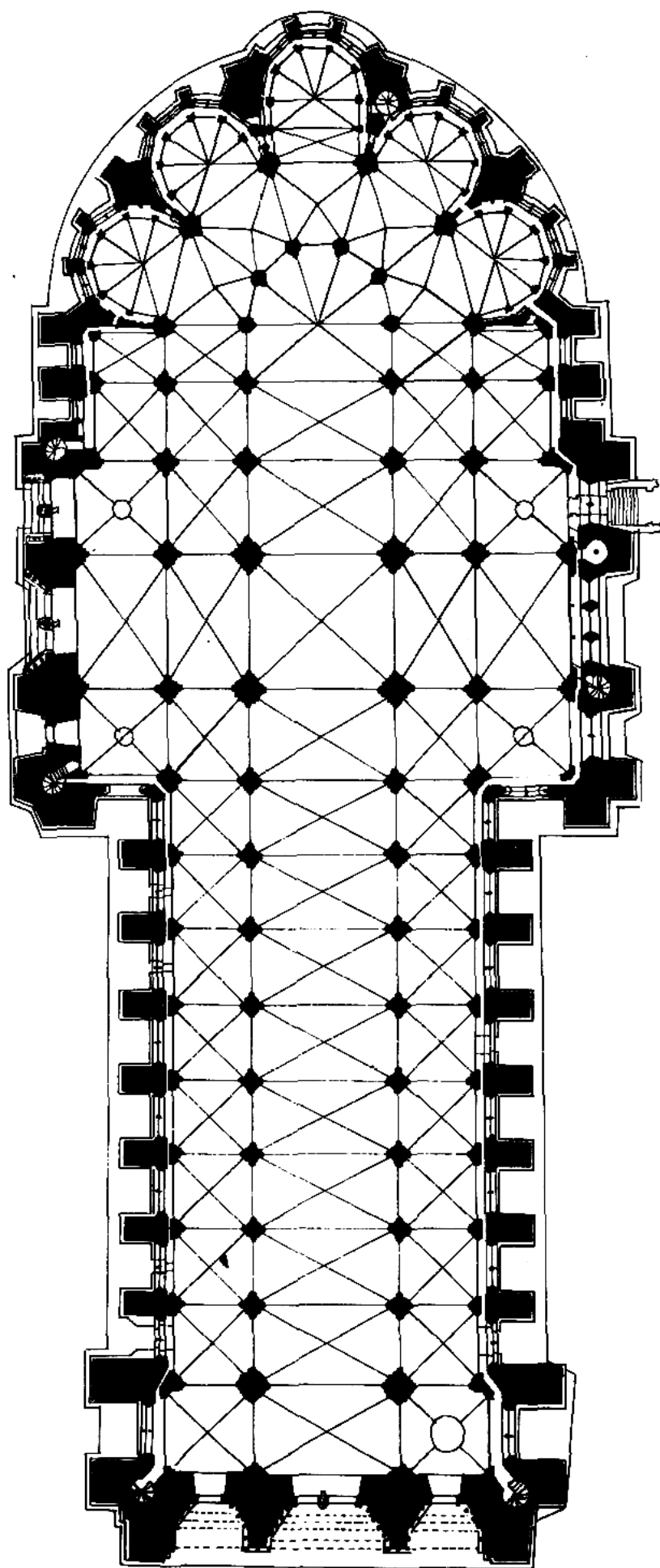
un collatéral = 1 carré

la nef = 2 carrés

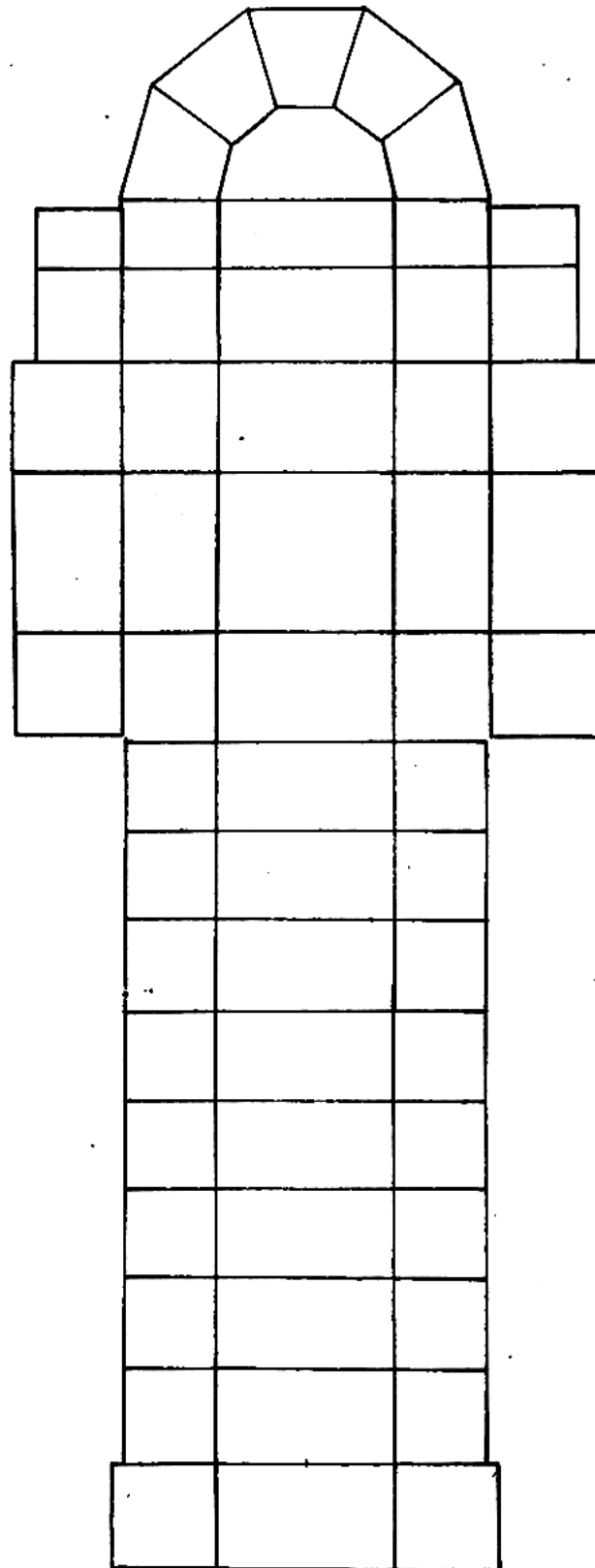
le 2e collatéral = 1 carré

En fait, d'après nos mesures personnelles effectuées à Reims, les «carrés» des collatéraux sont des rectangles de côté $1 \times 1,08$. Des mesures sur de nombreux plans nous ont redonné cette proportion, retrouvée d'ailleurs en retraçant le plan de la cathédrale avec les instruments de l'époque.

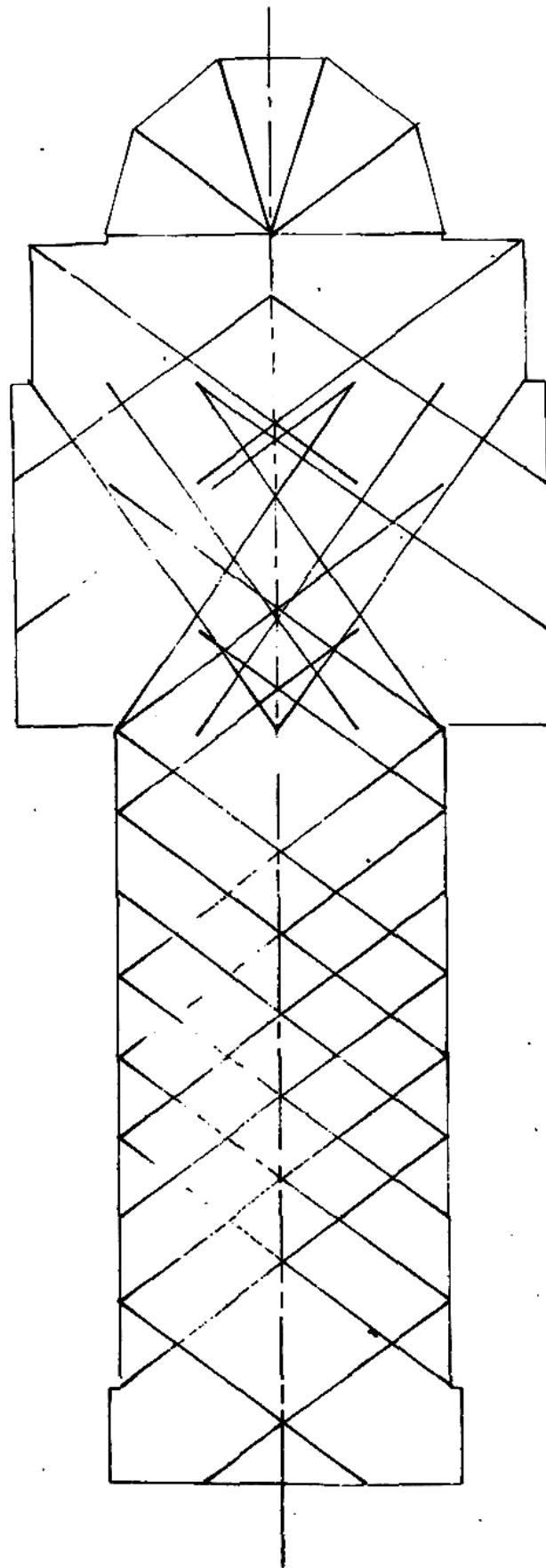
Certains auteurs, constatant ces «petits écarts», en attribuent la cause à une certaine maladresse ou à un manque de savoir-faire des ouvriers de l'époque ; ce qui nous paraît inacceptable.



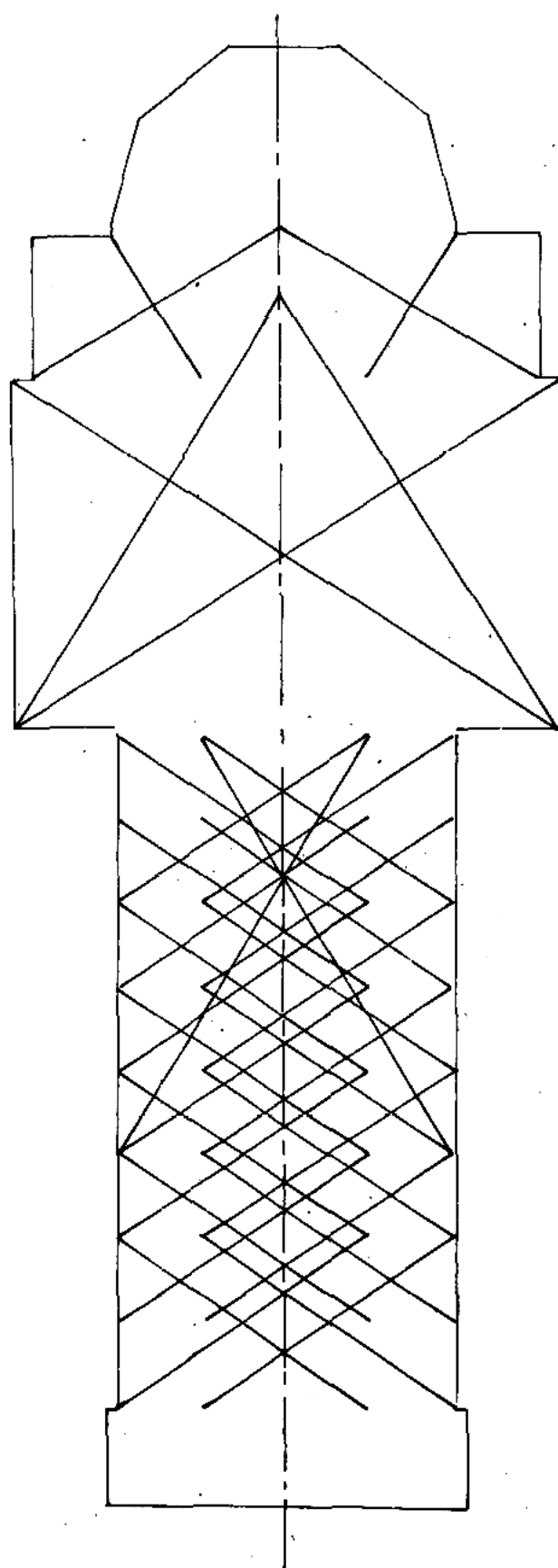
Plan de la cathédrale de Reims



Schématisation du plan de la cathédrale de Reims (intérieur)



Tracés obtenus avec l'équerre décagonale



Tracés obtenus avec l'équerre dorée

Bibliographie

OUVRAGES HISTORIQUES :

Régine PERNOUD, *Pour en finir avec le Moyen Age*, Edit. du Seuil, 1977.

Jean GIMPEL : *La révolution industrielle du Moyen Age*, Ed. du Seuil, 1975.

Jacques LE GOFF : *La civilisation de l'occident médiéval*, Arthaud, 1964.

OUVRAGES D'ARCHITECTURE :

VIOLLET LE DUC : *Dictionnaire raisonné de l'Architecture*.

A. CHOISY : *Histoire de l'Architecture*, Paris, 1899.

François BENOIT : *L'architecture, l'occident médiéval romano-gothique et gothique*.

E. PANOFSKY : *Architecture gothique et pensée scolastique*.

La perspective comme forme symbolique, Ed. de Minuit.

SUR LES CATHEDRALES ET LEUR CONSTRUCTION :

Jean GIMPEL : *Les bâtisseurs de cathédrales*, Ed. du Seuil, 1958.

Pierre du COLOMBIER : *Les chantiers des cathédrales*, Picard, 1973.

HANNLOSER : *La cathédrale de Reims*.

REINHARDT : *La cathédrale de Reims*.

L'influence de Reims sur l'art au XIIIème, in Actes du 95ème Congrès des sociétés savantes d'Archéologie, Reims, 1970.

SUR LES ARCHITECTES :

LASSUS : *L'album de Villard de Honnecourt*, Paris, 1858.

V. MORTET et P. DESCHAMPS : *Recueil des textes relatifs à l'histoire de l'architecture et à la condition des architectes en France au Moyen Age*.

— XIe - XIIe, Paris, 1911.

XIIe - XIIIe siècles, Paris, 1929.

H. STEIN : *Les architectes des cathédrales gothiques*, Paris, 1929.

SUR LA GEOMETRIE et LES TRACES REGULATEURS :

J.-P. PAQUET : *Les tracés directeurs des plans de quelques édifices du domaine royal au Moyen Age*, in «Les Monuments Historiques», bulletin trimestriel, n° 2, Avril-Juin 1963.

Charles FUNCK-HELLET : *L'équerre des maîtres d'œuvre et la proportion*, in Cahiers Techniques de l'Art, 1949.

MÆSSEL : *Die Proportion in Antike und Mittelalter*, Munich, 1926.

MATILA C. GHYKA : *Le nombre d'or*

Essai sur le rythme, Paris, 1938.

Esthétique des proportions dans la nature et dans les arts.

Nicolas SOULIER : *Villard de Honnecourt*

A. WARUSFEL : *Les nombres et leurs mystères*, Ed. du Seuil.

M. CLEYET-MICHAUD : *Le nombre d'or*, P.U.F., 1973.

SUR LES EQUERRES :

Alain SENE : *Un instrument de précision au service des architectes du Moyen Age : l'équerre*, in «Cahiers de Civilisation médiévale X-XII», 11^{ème} année, Université de Poitiers, n° 4, oct.-dec. 1970.

Les équerres du Moyen Age : Remarques sur la forme inattendue d'un outil simple, in «Bulletin Archéologique, Reims, 1970.

P. du COLOMBIER : *Le compas des maîtres d'œuvre*, in Bulletin de la Société Nationale des Antiquaires de France, 1966.

Elisa MAILLARD : *Les Carnets du nombre d'or*, tomes 1 à 5, Paris, publiés avec le concours du CNRS.

SUR LES VOUTES :

Pierre NOEL : *Technologie de la pierre de taille*, Société de diffusion des techniques du bâtiment et des Travaux Publics.

John FITCHEN : *The construction of gothic cathedrals, a study of medieval vault construction*, Clarendon Press, Oxford, 1964.

François CALI : *L'ordre ogival*.

SUR LES SIGNES LAPIDAIRES :

Henry SOULARD : *Les signes lapidaires des constructeurs de cathédrales eu égard aux vues de Pythagore et Platon sur le nombre d'or*, in Bulletin de l'Association Guillaume Budé, Juin 1967.

Henri DENEUX : *Signes lapidaires et épures du XIII^{ème} siècle à la cathédrale de Reims*, in Bulletin Monumental, tome LXXXIV, Paris, 1925.