TRAITÉ

THÉORIQUE ET PRATIQUE

DE LA

STÉRÉOTOMIE

AU POINT DE VUE DE LA COUPE DES PIERRES

TRAITÉ
THÉORIQUE ET PRATIQUE
DE LA
STÉRÉOTOMIE
AU POINT DE VUE DE LA COUPE DES PIERRES

PAR

LOUIS MONDUIT
ARCHITECTE

Professeur de coupe des pierres, ancien entrepreneur de bâtiments,
Élève pour l'architecture de M. FÉLIX DUBAN, et pour la coupe des pierres de **M. JOLIS**,
élève lui-même de RONDELET et de l'École des Beaux-Arts,
Auteur de l'*Etude pratique de la Stéréotomie ou coupe des pierres*, publié en 1880.

Ayant obtenu aux diverses Expositions les Récompenses suivantes:

Exposition Universelle de 1878, Mention honorable.
8e Exposition de l'Union Centrale des Arts décoratifs, 1884, Médaille d'argent.
1re Exposition Internationale de la Société Nationale des Sciences et des Arts Industriels, 1886
Diplôme de Médaille de Vermeil et un de Médaille d'Or.
9e Exposition de l'Union Centrale des Arts décoratifs, 1887, Médaille de mérite en Argent.

AVEC LA COLLABORATION DE

M. Alexandre DENIS
ARCHITECTE
Ancien Élève de l'École des Beaux-Arts, élève pour la coupe des pierres de M. Louis MONDUIT.

H. VIAL, ÉDITEUR

PARIS
DUNOD
92, RUE BONAPARTE (VI)

INTRODUCTION

Le but que nous nous sommes proposé en publiant cet ouvrage est surabondamment indiqué par son titre même.

La Stéréotomie étant restée jusqu'alors presque théorique, nous en faisons une étude absolument pratique; autrement dit, nous vulgariserons et nous mettons à la portée de toutes les intelligences l'art si peu répandu de tailler les pierres et de leur donner des formes convenables pour leur emploi dans les constructions.

Jusqu'à présent, au moins le plus souvent, la Stéréotomie ou coupe des pierres, est enseignée dans les cours ou exposée dans les ouvrages spéciaux, à l'aide de figures géométriques que les élèves ont presque toujours de la peine à saisir et qui leurs rendent très aride et très difficile l'étude de cette branche de l'Architecture; nous n'avons donc fait figurer ici que les éléments de géométrie indispensables à la coupe des pierres, démontrés d'une manière claire et facile.

Nous avons reproduit souvent les mêmes explications, dans le but d'être plus clairs et de mettre notre travail à la portée des élèves, architectes, ingénieurs, entrepreneurs, appareilleurs, conducteurs de travaux, ouvriers, etc.

Les épures sont, d'ailleurs, tellement claires, qu'il suffira, la plupart du temps, d'un examen attentif pour comprendre ce mécanisme des opérations; grâce au volume de texte que nous avons joint aux planches, aucun point n'est resté obscur.

Comme on peut le voir, nous nous sommes attachés à donner sur nos épures un nom à toutes les pièces. C'est un moyen simple et prompt de familiariser l'*élève* avec les termes du métier.

Chaque épure se compose d'un ou plusieurs *plans*, d'une ou plusieurs *élévations*, de *coupes*, des *développements* des claveaux et des voussoirs composant les *fermetures* de toutes les pièces de trait, ainsi que des vues perspectives.

En regard du développement des claveaux et des voussoirs se trouve la coupe qui se rapporte à chacune de ces pièces ; *les parements sont indiqués par un ton de pierre ; les lits et les crossettes horizontales sont en carmin foncé ; les joints et les coupes en carmin clair.*

Pour que les élèves puissent comprendre les termes employés dans cet ouvrage, nous avons ajouté un dictionnaire renfermant les termes techniques principaux en usage dans la construction et se rapportant principalement à la coupe des pierres. En un mot, rien ne manque à notre œuvre pour qu'elle soit utile et profitable à tous, soit au point de vue théorique, soit au point de vue pratique.

Sans nous exagérer l'importance de notre travail, nous pensons qu'il est appelé à rendre de réels services, et que quiconque l'aura étudié avec soin sera en mesure, à son tour, d'enseigner la coupe des pierres et d'initier à cet art tous ceux qui appartiennent ou se destinent à l'industrie du bâtiment.

TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE
DE LA STÉRÉOTOMIE
AU POINT DE VUE DE LA COUPE DES PIERRES

DÉFINITIONS
DES TERMES TECHNIQUES PRINCIPAUX
EN USAGE DANS LA CONSTRUCTION

et se rapportant principalement à la coupe des pierres et aussi à leur pose.

La plupart se retrouvent dans cet ouvrage.

About. — C'est en général, l'extrémité de toute sorte de pièce de charpente, ou de menuiserie ou de maçonnerie.

On dit : l'about d'une pièce de bois ; l'about d'une marche.

Abside. — Coupole a l'extrémité d'une église, qui contient l'autel et le chœur, séparés de la nef par une grille ou balustrade à jour.

Aiguités. — On appelle aiguités, des parements terminés en pointe, c'est-à-dire moins ouverts que l'angle droit.

Aire. — Synonyme de superficie.

On dit l'aire d'une figure, c'est-à-dire l'espace renfermé entre les côtés qui la terminent : on dit l'aire d'un carré, d'un triangle, d'un cercle ; l'aire d'un cône.

On appelle aussi aire, la couche de plâtre qui se pose sur le bardeau, que l'on met sur les solives des planchers en bois, pour recevoir le carrelage ou le parquet; l'enduit qui se fait sur le sol dans les chantiers pour tracer les épures; celui qui se fait dans les granges pour battre les grains.

Amaigrir ou **Démaigrir.** — Oter, diminuer de l'épaisseur d'une pierre ou d'une pièce de charpente, que l'on veut ajuster plus aisément à leur place.

Angle. — Est une ouverture plus ou moins grande, formée par deux lignes partant d'un même point et se prolongeant indéfiniment.

On donne le nom d'*angle droit* à celui qui a 90 degrés.

On appelle *angle aigu* celui qui est plus petit que l'angle droit, et *angle obtus* celui qui est plus ouvert que l'angle droit.

Pour évaluer un angle sur le papier on se sert d'un instrument appelé *rapporteur*.

Angle solide. — Est l'espace angulaire compris entre plusieurs plans qui se coupent en un même point.

Lorsque le nombre de plans est égal à trois, l'angle solide s'appelle *angle trièdre*, celui qui est formé par la rencontre de deux plans s'appelle *dièdre*. Les deux plans qui le forment en sont les faces. L'intersection des deux plans se nomme l'*arête*.

Annulaire. — On appelle ainsi les voûtes dont la figure imite les anneaux en tout ou en partie.

Anse de panier. — Courbure d'une voûte surbaissée dont la hauteur est moindre que son demi diamètre horizontal. A l'époque de la Renaissance, les portes en anse de panier étaient fort communes.

A plomb. — Veut dire perpendiculairement dans le sens vertical. Une ligne qui tombe à plomb sur une horizontale forme deux angles droits.

Appareilleur. — L'appareilleur est un chef ouvrier qui fait les épures grandeur d'exécution ; fait ou fait faire, quand il est trop occupé, ses panneaux par son *souffleur*, choisit les pierres sur le chantier, trace la forme à leur donner, marque la place qu'elles doivent occuper, dirige et surveille ceux qui les taillent et ceux qui les posent. Il est le chef du chantier. C'est sur lui que se reposent l'entrepreneur et l'architecte pour la taille de la pierre.

Arc. — Portion de ligne courbe à laquelle on donne différents noms suivant sa figure, et ses usages.

Arc biais. — Signifie que l'ouverture de l'arc, au lieu d'être d'équerre sur le parement extérieur, est dirigée dans un sens oblique.

Arc-boutant. — Celui qui, appuyé contre un édi fice, sert à en contenir la poussée.

Arc de cloître. — On appelle ainsi une voûte composée de deux, trois, quatre, ou plusieurs portions de berceaux, qui se rencontrent suivant des angles rentrants.

Arc doubleau. — Arcade en saillie sur la douelle d'une voûte qu'elle traverse à angle droit, de sorte qu'elle lui fait, en cet endroit, une *doublure*, soit pour la renforcer, soit pour cacher quelque arête de rencontre, comme aux voûtes gothiques.

Arc droit. — L'arc droit est la section d'une voûte perpendicuiairement à son axe et à ses côtés.

Arc plein-cintre. — Courbe dont tous les points sont également éloignés d'un même point appelé *centre.*

Arc rampant. — Arc dont les naissances ne sont pas de niveau entre elles, et qui non seulement sert à supporter les escaliers, mais aussi sert d'*arc-boutant.*

Arc surbaissé. — Un arc est *surbaissé* lorsque la hauteur du cintre, autrement dit, de la flèche, est moins grande que la moitié du diamètre, ou rayon.

Arc surhaussé. — Un arc est *surhaussé* lorsque la hauteur du cintre est plus grande que la moitié du diamètre ou rayon.

Arcade. — Voûte de peu de profondeur, telles que celles de la rue de Rivoli, du Palais-Royal, de la place Royale, etc.

Arceau. — Courbure du cintre parfait d'une voûte, ne comprenant qu'un quart au plus du cercle, souvent même beaucoup moins.

Arche. — Voûte en arcade entre les deux piles d'un pont.

Architrave. — Partie inférieure de l'entablement qui, lui-même, est la partie supérieure d'un ordre d'architecture.

L'architrave, la frise et la corniche prises ensemble, forment l'entablement.

Arête. — Angle que font deux surfaces droites ou courbes.

Arrière-voussure. — Espèce de voûte pratiquée derrière une porte ou une fenêtre pour couronner l'embrasure, ou pour que la porte ou la fenêtre s'ouvre avec plus de facilité.

Les arrière-voussures les plus connues sont : L'arrière-voussure de Montpellier, l'arrière-voussure de Marseille et l'arrière-voussure de Saint-Antoine.

Art du trait. — Délinéation, c'est-à-dire la représentation à l'aide de lignes des principes de la stéréotomie.

Assiette. — Manière dont un corps est posé sur sur un autre, en sorte qu'il soit ferme et stable. L'assiette d'une poutre.

Assise. — Rang de pierres de taille qu'on pose horizontalement pour construire une muraille.

Quand les rangées de pierre sont d'égale hauteur, on dit qu'elle est bâtie par assises réglées.

Astragale. — Moulure ronde qui forme la base du chapiteau et porte immédiatement sur le fût de la colonne.

Atelier. — Salle d'étude où travaillent sous un même maître des artistes ou des ouvriers tels que : architectes, tailleurs de pierre, maçons, charpentiers, etc., etc.

Axiome. — Proposition dont la vérité est si évidente qu'il n'est pas nécessaire de la démontrer.

Baie. — Ouverture laissée exprès dans un mur qu'on construit pour y mettre une croisée ou une porte. On dit la baie d'une porte, la baie d'une fenêtre.

Balancement. — Opération qui a pour but de faire danser les marches d'un escalier pour le rendre plus commode.

Balèvre. — Excédent d'une arête sur celle de la pierre contiguë ; se dit aussi de l'éclat d'une arête qui s'est cassée, lorsque les joints sont trop serrés.

Bandeau. — Ornement en saillie tout uni, comme une bande plate sur le nu d'un mur, autour d'une baie de porte ou de fenêtre.

Bander. — Bander un arc ou une plate-bande, c'est arranger les voussoirs ou les claveaux sur leurs cintres et les ferrer par des coins ou des cales.

Bard. — Forte civière, dont on se sert dans les ateliers de construction pour porter les pierres et autres matériaux.

Bardage. — Action de transporter les pierres, de les monter sur le tas et de les conduire à la place qu'elles doivent occuper.

Bardeau. — Petites lattes en bois que l'on pose sur les solives en bois pour recevoir les aires en plâtre dans les bâtiments.

Bardeur. — Ouvrier qui transporte les pierres sur des *bards*, des *diables* ou des *chariots*, aide à les monter sur le tas et à les conduire à la place qu'elles doivent occuper.

Base. — Partie inférieure d'un pilastre, d'une colonne et d'un piédestal.

Berceau. — Nom que l'on donne également à une voûte.

Béton. — Espèce de mortier fait de chaux hydraulique, de sable de rivière autant que possible et de silex qu'on nomme vulgairement cailloux, ou de meulière concassée et dont on se sert généralement, non seulement pour les constructions hydrauliques, parce qu'il a la propriété de se durcir dans l'eau, mais aussi pour les bâtisses qui ont besoin d'être bien assises et qui ont une forte charge à porter.

Pour faire du bon béton, il faut deux parties de mortier gras et quatre et demi de silex ou de meulière concassée. (La chaux n'ajoute rien au cube du sable).

FORMULES DE BÉTON.

Génie militaire, fortifications de Paris, année 1841.

Mortier	2 parties.
Gravier	4 — 1/2
Total. .	6 parties 1/2.

Jardin des Plantes, année 1841.

Mortier	3 parties.
Gravier	4 —
Total. .	7 parties.

Année 1865.

Mortier	2 parties.
Cailloux	3 —
Total. .	5 parties.

Mortier	2 parties.
Gravier	4 — 1/2
Total. .	6 parties 1/2.

Avec cette formule on obtient du très bon béton.

Mortier	2 parties.
Cailloux	4 —
Total. .	6 parties.

Avec ce mélange, le béton, (ce qui est une mauvaise chose) est trop gras.

Beuveau ou **Beveau**. — Fausse équerre, sauterelle, instrument destiné à prendre des angles rectilignes, pour les transporter où il est nécessaire.

Biais. — Obliquité qui se rencontre dans la construction d'un bâtiment, dans un mur de face, etc.

Biais passé. — On appelle ainsi une voûte en berceau biaise, dont les joints de lits et de douelles ne sont pas parallèles aux côtés du passage, comme dans les voûtes ordinaires biaises; mais dont la direction tend à des divisions de voussoirs inégaux par rapport à l'autre face.

Bornoyer. — Fermer un œil pour regarder de l'autre, afin de déterminer à quel point aboutit le prolongement d'une ligne.

Bousin ou **bouzin**. — Surface tendre de la pierre de taille. On dit : *Abattre le bousin, ne point laisser de bousin.*

Brayage. — Action de brayer la pierre, c'est à-dire l'entourer des cordages qui servent à l'élever.

Brayer. — Cordage qui sert à entourer la pierre et à l'élever.

Brique. — La brique dont on se sert pour bâtir est formée de terre argileuse, pétrie et moulée, puis séchée au soleil ou cuite au four.

Celle qui nous vient de Bourgogne est sans contredit la plus forte, la plus solide et la plus durable.

Buter. — C'est appuyer les reins d'une voûte par quelque contrefort ou arc-boutant.

Cale. — Petit morceau de bois de sapin mince de sept à huit centimètres de longueur sur cinq de largeur et huit à dix millimètres d'épaisseur, qu'on place sous la pierre, au nombre de trois, un peu en arrière des arêtes, pour la mettre de niveau.

Calepin. — Un calepin est un dessin au trait, à une échelle quelconque qui est généralement de cinq centimètres pour mètre, d'une partie d'édifice.

Au moyen d'un calepin, l'appareilleur trace ses épures grandeur d'exécution, d'après lesquelles il fait ses panneaux, choisit ses pierres sur le chantier, trace la forme à leur donner

Il marque ensuite, au moyen de lettres et de chiffres, la place qu'elles doivent occuper dans l'édifice.

Calibre. — Planche armée en tôle sur laquelle sont découpés les différents membres d'architecture qu'on veut exécuter en plâtre aux entablements des maisons, corniches des plafonds d'un appartement. Ce calibre se monte sur une pièce de bois appelée sabot. Pour la pierre, afin d'obtenir une exactitude parfaite des moulures, on fait généralement des calibres en tôle ou en zinc.

Calotte. — Portion de voûte sphérique ou sphéroïde.

Carré d'un nombre. — Produit de ce nombre multiplié par lui même. On dit le carré du rayon.

Cerce. — Calibre de bois, de fer ou de zinc, dont on se sert pour tracer les courbes.

Chantier. — Lieu où l'on décharge la pierre pour la travailler, afin de pouvoir l'employer à un bâtiment.

Chapiteau. — La partie du haut de la colonne qui pose sur le fût.

Chariot. — Voiture à deux roues, assez basse, dont le plan supérieur très solide, domine les roues. Cette voiture qui sert pour transporter la pierre taillée, et qui est traînée par des bardeurs, est armée d'une longue flèche ou timon, aux deux côtés duquel viennent s'atteler des bardeurs. Cette flèche est traversée, suivant la force de l'équipage, par deux ou trois barres de bois ou de fer.

Chaux. — Pierre calcaire qui a perdu par l'action du feu son eau de cristallisation et son acide carbonique.

Chaux vive, est celle qui n'a point été imprégnée d'eau.

Chaux éteinte, est celle qui a perdu ses propriétés en restant exposée à l'air ou qu'on a délayée dans de l'eau.

Chaux grasse, est celle qui est produite par les calcaires purs, qui prend beaucoup d'eau à l'extinction, et supporte une forte dose de sable.

Chaux hydraulique, est celle qui se durcit promptement sous l'eau, il y a la chaux hydraulique artificielle, et la chaux hydraulique naturelle.

Chœur. — Espace situé ou derrière l'autel ou entre l'autel et la nef, et dans lequel est placé le clergé pour chanter l'office divin.

Ciment. — Chaux hydraulique qu'on appelle en Angleterre ciment de Portland et dont on fait ici un grand usage.

Il y a plusieurs qualités de ciment; ceux à prise lente et ceux à prise rapide. Notamment le *ciment Romain* et le *ciment de Portland*.

Cintre. — Contour arrondi de la partie intérieure d'une voûte pris en un endroit déterminé.

Claveaux. — On appelle *claveaux*, les pierres qui composent une plate-bande.

Clef ou **clé.** — La pierre de milieu qui ferme une voûte ou une plate-bande.

Collet. — La partie la plus étroite d'une marche tournante du côté du noyau, s'il y en a un, ou sur le vide du milieu, s'il n'y a pas de noyau.

Colonne. — Pilier circulaire destiné à soutenir un entablement ou à orner un édifice. La colonne se compose d'une base, d'un fût et d'un chapiteau

Cône. — Solide dont la base est un cercle et dont le sommet se termine en pointe.

Contre-clef. — *Voussoir* ou *claveau* posé immédiatement à droite et à gauche de la clef.

Corde. — Portion de ligne droite qui traverse un cercle et est terminée à sa circonférence, comme la corde d'un arc véritable.

Corniche. — La dernière assise d'une façade qu'on nomme entablement ou corniche de couronnement, sur laquelle pose l'égout ou le chéneau d'un comble.

Coupe. — La coupe est la représentation d'un édifice ou partie d'édifice, qu'on suppose coupé verticalement dans sa largeur ou même dans sa longueur. On dit : coupe transversale, coupe longitudinale.

Couper du trait. — C'est faire un modèle à une petite échelle, avec du plâtre ou du bois.

Coupes. — On donne le nom de coupes aux faces inclinées suivant lesquelles les *claveaux* et les *voussoirs* se joignent ou se touchent.

Coussinet. — Pierre placée à la partie supérieure d'un pied-droit, et dont le lit inférieur est horizontal, tandis que celui de dessus est taillé en coupe pour recevoir le premier cours de voussoirs.

Crossette. — Le mot crossette s'emploie indifféremment pour indiquer :

1° La partie verticale ou à plomb par laquelle se termine la coupe des claveaux ;

2° La petite partie horizontale qui se place au milieu de la hauteur de certaines clefs et contre-clefs dans les claveaux et les voussoirs pour les empêcher de descendre ;

3° L'angle formé par les joints des voussoirs et le raccordement avec les assises horizontales des murs dans lesquels les arcs sont pratiqués.

Cube. — On nomme *cube* ou *hexaèdre* un corps terminé par six faces carrées et égales.

Cuber. — Évaluer par le calcul le nombre d'unités cubiques que renferme un volume donné. On dit *cuber un solide Cuber de la pierre. Cuber des bois de construction.*

Cul-de-four. — Portion de voûte sphérique en plein-cintre, ou *surbaissée, ou surhaussée.*

Culée. — Massif de maçonnerie qui arc-boute la poussée de la première et de la dernière arche d'un pont.

Curviligne. — Qui est formé par des lignes courbes. — Figure curviligne.

Cylindre. — Solide engendré par la révolution d'un rectangle autour de l'un des côtés pris pour axe.

On appelle cylindre droit, celui dans lequel l'axe est perpendiculaire aux bases ; et cylindre oblique celui dans lequel l'axe est incliné par rapport aux bases.

Débillarder. — Enlever une partie en espèce de prisme triangulaire, ou approchant, comprise entre des lignes qui enferment une surface gauche.

Débiter la pierre. — Veut dire la couper suivant les dimensions voulues.

Pour la pierre dure, on se sert d'une scie à grès ; pour la pierre tendre, d'une scie à dents.

Décintrer. — Oter les cintres qu'on avait placés pour construire une arche, une voûte. On ne doit *décintrer* les voûtes que quand elles sont bien sèches.

Dégauchir. — Dresser une surface inégale, en nlever les parties trop saillantes et la rendre plane.

Délardement. — C'est, pour les pierres, la même chose que le *débillardement* pour le bois, il se dit particulièrement de l'*amaigrissement* que l'on fait au-dessous des marches pour former l'*intrados* d'une rampe ou d'une *coquille* d'escalier tournant.

Délit. — Se dit d'une pierre posée de telle sorte que son lit de carrière est vertical.

Démaigrir ou **amaigrir.** — C'est ôter d'une pierre pour rendre l'angle que font deux surfaces, plus aigu ou moins obtus.

D'équerre. — Ce terme s'emploie pour désigner ce qui est à angle droit.

Descente. — On appelle ainsi toutes les voûtes inclinées à l'horizon.

Développement. — Extension, sur une surface plane, des surfaces qui enveloppent un voussoir, un claveau, ou tout autre solide.

Diable. — Petite voiture à deux roues, très basse, dont le plan supérieur, très solide, domine les roues. Cette voiture, dont on se sert dans les chantiers pour transporter les pierres, est armée d'une flèche traversée à son extrémité par une barre de bois ou de fer. Elle est faite pour être traînée par deux hommes.

Dôme. — Voûte semi-sphérique en forme de coupe renversée, élevée au-dessus d'une église, d'un salon, d'un pavillon, etc.

Douelles. — On appelle *douelle* la partie courbe d'une voûte ou la partie cintrée d'un voussoir.

Ébrasement. — Élargissement en dedans d'une croisée, ou d'une porte.

Échiffre. — Mur qui sert d'appui à un escalier et qui en soutient toute la charpente.

Édifice. — Bâtiment considéré sous le rapport de l'ensemble de ses constructions. Se dit aussi bien d'un bâtiment servant à l'habitation, que d'un monument public.

Élévation. — La représentation en lignes droites ou courbes d'une face de construction quelconque, abstraction faite de sa profondeur.

Ellipse. — Courbe résultant de la section d'un cône droit par un plan oblique qui passe au-dessus de la base.

Emmarchement. — L'*emmarchement* indique la longueur de la marche.

Enfourchement. — Angle formé par la rencontre de deux douelles de voûtes qui se rencontrent.

Entablement. — Saillie en pierre qui est au haut des murs d'un bâtiment et qui sert à soutenir la charpente et la couverture. Il désigne plus spécialement cette partie des édifices qui est au-dessus des pilastres ou des colonnes, et qui comprend : l'*architrave*, la *frise* et la *corniche* prises ensemble.

Entre-colonnement. — L'intervalle compris entre deux colonnes voisines.

Épure. — Une *épure* est un dessin au trait, tantôt de grandeur naturelle, tantôt réduit suivant une échelle de convention, que les architectes, les ingénieurs et les constructeurs dressent pour servir de modèles aux ouvriers chargés d'exécuter leurs plans. Les épures de grandeur naturelle se tracent ordinairement sur un pan de mur enduit, ou sur une aire bien dressée. Sur une échelle plus réduite, elles se tracent, bien entendu, sur le papier.

Équarrir. — *Équarrir* une pierre ou une pièce de bois, c'est lui faire des surfaces à l'équerre l'une à l'autre.

Équarissement. — Action d'*équarrir* une pierre.

Ainsi on dit : « tailler une pierre en *équarissement.* » C'est-à-dire la tailler au carré d'après l'épure, suivant ses plus grandes dimensions.

Extrados. — L'extrados est la surface courbe ou droite supérieure formée par le dessus de ces mêmes voussoirs et claveaux.

Fausse coupe. — Coupe qui n'est pas perpendiculaire à la courbe d'un arc.

Fermeture. — Se dit de l'ensemble des voussoirs ou des claveaux d'une baie de porte ou de croisée.

Feuillure. — Est une entaille pratiquée dans l'ébrasement d'une porte ou d'une fenètre pour recevoir la menuiserie de la porte ou du châssis de la croisée.

Fiche. — Lame de fer longue et mince fixée à un manche et dentée sur les côtés, que l'on emploie pour faire entrer du mortier dans les joints des pierres.

Ficher. — Introduire avec la fiche du mortier dans les joints des lits des pierres, lorsqu'elles sont calées.

Foulée. — Ligne de foulée placée à cinquante centimètres environ du limon, et qui sert à déterminer la largeur des marches.

Frise. — Partie supérieure de l'entablement qui est entre l'architrave et la corniche.

Fût. — Partie de la colonne qui est entre la base et le chapiteau.

Gauche. — Veut dire qui est de travers, qui n'est droit dans aucun sens de quelque côté que l'on bornoye (regarder d'un œil en fermant l'autre), on ne verra pas une surface plane.

Génératrice. — Se dit de ce qui engendre quelque ligne, quelque surface, ou quelque solide par son mouvement. On dit ligne génératrice d'une surface. Surface génératrice d'un solide.

Géométral. — Se dit d'un dessin qui représente un objet, en lui donnant sa position, ses dimensions et sa forme exacte, abstraction faite de toute perspective et de tout développement.

Giron. — S'emploie pour désigner la largeur de la marche.

Gras. — Excès d'épaisseur de pierre ou de bois, ou d'ouverture d'angle plus grand qu'il n'est nécessaire pour le lieu où la pierre, ou bien le morceau de bois, doit être placé : le défaut opposé s'appelle *maigre*. On dit *laisser du gras ; laisser du bois.*

Guichet. — Passages destinés aux voitures et aux piétons, tels que les *guichets du Louvre, à Paris.*

Hélice. — Ligne tracée en forme de vis autour d'un cylindre. On dit un *escalier en hélice* ou *à vis.*

Héliçoïdal. — Appareil dont les coupes sont gauches et se rapprochent de l'hélice.

Hourder. — Relier avec le mortier ou le plâtre des moellons, de la meulière ou de la brique

Mettre la première couche de plâtre au panier entre les lattes d'un plancher en charpente de bois, d'une cloison légère et d'un comble, et sur le bardeau posé sur les solives en bois pour recevoir l'aire ; remplir les vides d'un pan de bois et d'un plancher en fer.

On dit hourder un mur, hourder un plancher, un pan de bois, une cloison légère ou un comble.

Hourdis ou **hourdage**. — Couche de mortier ou de plâtre qu'on met sur le lit de dessus de l'assise inférieure pour asseoir celle qu'on veut poser, et aussi pour remplir les interstices des matériaux que l'on emploie pour la construction des murs.

Hyperbole. — Section faite dans un cône du second degré par un plan qui, étant prolongé, rencontre les deux nappes de cette surface.

Imposte. — Partie ouverte au-dessus d'une porte ou d'une croisée, et qui fait partie de ladite porte ou de ladite croisée.

Intrados. — L'intrados est la surface formée par le dessous des voussoirs et des claveaux.

Jarret. — Imperfection d'une droite ou d'une courbe.

Jauger. — Appliquer une mesure d'épaisseur ou de largeur vers les bouts d'une pierre, pour rendre parallèles les arêtes ou les surfaces opposées.

Joint. — L'intervalle plein ou vide qui reste entre deux pierres. Se dit également des faces par lesquelles deux pierres sont contiguës. On a les *joints de coupe*, dont il a été déjà parlé, les *joints montants* ou *ver-*

ticaux, les *joints à la douelle* et les *joints de lit.*

Jouée. — Face latérale d'un soupirail, face latérale extérieure d'une lucarne. On dit la *jouée d'un soupirail*, la *jouée d'une lucarne.*

Larmier. — Partie de moulure d'une corniche ou d'un appui, destinée à faire tomber l'eau goutte à goutte comme des larmes.

Latéral. — Qui appartient au côté de quelque chose. On dit *façade latérale*, *mur latéral*, *porte latérale.*

Layer. — C'est tailler la pierre avec une espèce de hache *brételée*, c'est-à-dire dentée en façon de scie qu'on appelle *laye*, laquelle rend la surface unie, quoique rayée de petits sillons uniformes qui lui donnent une apparence agréable. On dit : *parement layé.*

Lierne. — Nervure des voûtes gothiques, qui lie le nerf appelé *tierceron* avec celui de la diagonale qu'on appelle *ogive.* Pièce de bois entaillée suivant la forme des solives, et destinée à les rendre solidaires entre elles.

Ligne d'axe. — Ligne verticale passant à égale distance des *pieds-droits* (voir pied-droit).

Ligne de rampe. — Ligne qui n'est pas horizontale et qui suit une pente déterminée.

Limon. — Partie en bois ou en pierre qui supporte l'une des extrémités des marches d'un escalier.

Linteau. — Pièce de bois, de pierre ou de fer, que l'on met en travers, au-dessus de l'ouverture d'une porte ou d'une fenêtre et posé sur les pieds-droits pour en fermer la partie supérieure et soutenir la maçonnerie.

Lit de carrière. — On donne le nom de *lit de carrière* à la face de la pierre qui, dans la carrière, repose sur les autres bancs. Ce *lit de carrière* est presque toujours reconnaissable, et l'on doit s'appliquer à le conserver comme *lit de pose.*

Lit de dessous. — On appelle *lit de dessous* ou *lit de pose,* la face qui repose sur une autre pierre ; on la distingue, dans la pratique, sur le chantier, par le signe O.

Lit de dessus. — On distingue le *lit de dessus* par cet autre signe ⋇.

Louve. — Outil de fer qu'on place dans un trou fait exprès, dans le lit de dessus d'une pierre, et qui sert à l'élever.

Louver. — Faire à une pierre un trou pour y mettre la louve.

Lunette. — Petit jour réservé dans le berceau d'une voûte. Petite baie voûtée pratiquée dans les côtés d'une voûte.

Maigre. — Se dit des pierres dont les angles sont plus aigus ou moins obtus qu'ils ne doivent être, de sorte qu'elles n'occupent pas entièrement la place à laquelle elles sont destinées.

Mailloche. — Gros marteau de bois dur à deux têtes de 25 centimètres environ de diamètre et 30 à 35 centimètres de hauteur, armé d'un manche de 1 mètre environ de longueur, qui sert au poseur à tasser la pierre sur le mortier et à la mettre de niveau.

Marche. — Signifie un degré; sa partie horizontale s'appelle *giron;* la partie verticale en parement s'appelle *contre-marche ;* lorsque le giron est d'inégale largeur, la partie la plus étroite s'appelle le *collet,* et la plus large la *queue.*

Meulière. — Espèce de pierre silicieuse employée en forme de moellons dans les bâtiments. La meilleure, pour bâtir, est celle qui est brune, légère, perforée d'une multitude de trous; elle est très légère et se lie très bien au mortier ; elle se taille très facilement. C'est avec cette sorte de meulière que l'on a fait les revêtements, c'est-à-dire les parements de l'enceinte et des forts de Paris.

Moellon. — Pierre calcaire dure ou tendre, de petite dimension et de forme irrégulière, qui s'emploie dans les massifs de construction pour construire les murs, et qu'on recouvre souvent de plâtre, de ciment et de mortier.

Mortier. — Mélange de chaux, de sable, de ciment et de pouzzolane détrempé avec de l'eau et servant à lier les pierres ou les moellons, la meulière et les briques d'une construction.

Pour faire du mortier gras, il faut un tiers de chaux éteinte et deux tiers de sable.

Mur d'échiffre. — On donne ce nom au mur qui, comme la planche 84, reçoit les marches par l'une de leurs extrémités, l'autre étant reçue par le *limon*.

Naissance. — Commencement de la courbure d'une voûte. On dit : *la naissance d'une voûte.*

Nef. — La partie d'une église qui est comprise entre les bas-côtés, et qui s'étend depuis la porte principale jusqu'au chœur.

Nerf ou **nervure.** — Arcade de pierre en saillie sur le nu des voûtes gothiques, pour en appuyer et orner les angles saillants par des moulures.

Nez. — Arête d une marche.

Noyau. — C'est le milieu d'un escalier à vis ou d'une voûte tournante de niveau, qu'on appelle pour cela *voûte sur le noyau* ou *tournante*, et, de plus, *rampante*, qu'on appelle *vis Saint-Gilles ;* le noyau suit ordinairement la figure du lieu dans lequel il est ; si c'est une voûte ronde, il est rond ; il est carré, si la tour est carrée.

Ogive. — Voûte formée de deux arcs de cercle symétriquement placés par rapport à son axe, et qui se coupent au sommet en formant un *angle curviligne*, c'est-à-dire un angle dont les côtés sont des lignes courbes.

Orthogonal. — Qui est à angles droits. Ligne orthogonale, ligne qui est perpendiculaire sur une autre.

Panache. — La surface triangulaire de la partie d'une voûte qu'on appelle *pendentif* et qui supporte un dôme ou un plafond en coupole.

Pan coupé. — Surface qui remplace l'angle à la rencontre de deux *pans* de mur.

Panneaux. — Plaque de zinc, de fer blanc ou de bois, qui sert à tracer les différentes faces d'une pierre.

On forme généralement les *panneaux* avec des lattes ou tringles minces en bois de sapin que l'on réunit au moyen de petits clous ; on les emploie, encore et surtout, pour choisir des morceaux de pierre convenables de dimensions, Il y a des panneaux de plan, de face, de tête et de joint.

Si l'usage du panneau est très bon et même indispensable dans la plupart des cas, l'appareilleur fera bien de n'en pas abuser. Il devra, lorsqu'il s'agira de travaux très soignés, se servir du compas, de la règle et de l'équerre.

Parabole. — Ligne courbe qui résulte de la section d'un cône coupé par un plan parallèle à un de ses côtés.

Parallèle. — Se dit de deux lignes droites ou courbes tracées sur un même plan, de manière qu'étant prolongées à l'infini elles seront également distantes l'une de l'autre.

Se dit également des deux côtés d'une rue, de plans, etc., etc.

Parallélipipède. — Corps solide terminé par six parallélogrammes, dont les opposés sont semblables, égaux et parallèles entre eux.

Parements. — Le parement est la surface apparente d'une pierre.

Pâté. — Forme en plâtre, destinée à recevoir les claveaux ou les voussoirs des voûtes.

Pendant. — Petit voussoir des voûtes gothiques sans coupe, fait à l'équerre.

Pendentif. — Portion de voûte dont la forme est triangulaire, quelquefois saillante ou presque verticale, tantôt ouverte par le devant comme une *trompe*.

Le pendentif s'appelle encore *panache* ou *fourche*.

Périmètre. — Contour ou étendue qui termine une figure ou un corps.

Les périmètres des surfaces sont des lignes. Les périmètres des solides sont des surfaces.

Périptère. — Édifice qui a des colonnes isolées dans tout son pourtour extérieur. La Bourse est un périptère.

Perpendiculaire à la courbure de l'arc. — La ligne est *perpendiculaire à la courbure de l'arc*, lorsque les deux angles adjacents formés par cette ligne et les portions d'arcs sont droits, c'est-à-dire *d'équerre*. On obtient cette perpendiculaire au moyen des opérations détaillées plus loin aux planches 23, 24 et 28.

Perron. — Escalier extérieur et découvert.

Péristyle. — Galerie formée de colonnes isolées et construites autour d'une cour ou d'un édifice.

Pièce de trait. — Modèle ou partie de construction faite selon *l'art du trait.*

Pied-droit. — On appelle *pied-droit* la partie verticale d'une baie ou ouverture quelconque comprenant généralement *le tableau, la feuillure* et *l'ébrasement* soit d'une porte, soit d'une croisée.

Piédestal. — Support isolé qui soutient une statue, un vase, une colonne, un candélabre, un buste.

Pierre. — Corps dur et solide, tiré du sein de la terre ou détaché des montagnes, que l'on emploie dans les constructions des édifices. Il y a quatre sortes de pierre, qui sont : *le liais, la roche, le banc royal* et *la pierre tendre.*

Pilastre. — Colonne de forme carrée. le plus souvent adossée à la façade d'un édifice, ou engagée dans un mur à une épaisseur plus ou moins considérable.

Pilier ou **Pile.** — Sorte de colonne ronde ou carrée qui sert à soutenir un édifice quelconque, on dit les piliers d'une église, les piles d'un pont.

Pilon. — Pièce de bois dur, ronde, de vingt-cinq centimètres environ de diamètre par le bas, d'un plus petit diamètre par le haut, et de trente à trente cinq centimètres environ de hauteur, percée d'un trou au milieu pour recevoir un manche de 1^m 10 environ de longueur.

Pilonner. — Action de tasser la pierre quand on la pose, afin de l'asseoir sur son lit, la mettre de niveau et faire refluer le mortier superflu.

Pince. — Barre de fer aplatie par un bout, en forme de talon par l'autre, qui sert à soulever les morceaux de pierre que l'on veut élever ou poser.

Pincer. — Action du chef des bardeurs ou des bardeurs eux-mêmes pour le transport et le bardage de la pierre. Dans la pratique on dit le pinçage de la pierre.

Pinceur. — Le chef des bardeurs, celui qui, de préférence et généralement manie la pince.

Pistolet. — Le pistolet est un instrument en bois très mince et évidé, dont on se sert pour tracer ou raccorder les lignes courbes.

Plan. — Le *plan* est la représentation d'un bâtiment, d'un édifice quelconque qu'on suppose coupé horizontalement à trente centimètres environ du sol et qui en montre les détails intérieurs et les dimensions.

Plan géométrique. — Est une surface généralement limitée par des lignes, et sur laquelle on peut appliquer une règle droite dans tous les sens. Le plan n'a pas d'épaisseur.

Il y a des plans verticaux, des plans horizontaux et des plans inclinés.

Plane. — Se dit d'une surface sur laquelle une règle peut s'appliquer dans toutes les directions.

Plate-bande. — Voûte droite et plane, de niveau ou rampante, qui sert de linteau et de fermeture à une porte, à une fenêtre, ou à tout autre baie, comme *l'architrave* sur les entre-colonnements. Les pierres qui en font partie s'appellent *claveaux* et non pas *voussoirs* comme aux autres voûtes. La longueur de la plate bande entre les pieds-droits, s'appelle *portée*, c'est le genre de voûte qui a le plus de poussée, c'est-à-dire, qui fait le plus d'effort pour renverser les pieds-droits ; parce que les pierres y sont dans la situation la plus forcée.

Plâtre. — La pierre à plâtre est un *gypse* grossier et lamellaire ; (corps dont la cassure offre une multitude de lames brillantes dirigées dans tous les sens.) Composé d'acide sulfurique, de chaux, d'eau et quelquefois d'un peu de carbonate de chaux mêlé avec un dixième environ de calcaire, que l'on fait cuire, soit au bois, soit au coke et au charbon de terre, dans des fours construits à cet effet. Cette pierre est ensuite réduite en poudre. Cette poudre se combinant avec l'eau forme un mortier d'un emploi qui acquiert par le séchage une dureté plus ou moins considérable. Cette dureté dépend de la plus ou moins grande quantité d'eau qu'on emploie pour la délayer. On en fait un grand emploi dans les bâtisses. Avec le plâtre on fait généralement le hourdage ou hourdis des murs en moellons, meulières et briques au-dessus du rez-de-chaussée, ainsi que celui des planchers en fer et en bois, des pans de bois, des cloisons légères ou de distribution, et aussi des combles.

On fait surtout tous les légers ouvrages, tels que plafonds, corniches, enduits sur les murs, languettes de cheminées en saillie, scellements de toutes sortes, etc, etc. Il n'y a nulle matière au monde qui puisse lui être comparée pour faire ces sortes de travaux. Si le plâtre est parfait en élévation, il n'en est pas de même lorsqu'il est exposé à l'humidité. Donc, il faut se garder de l'employer dans les parties où il peut être exposé à l'humidité.

Il reçoit parfaitement la peinture à l'huile et à la colle.

Pour faire les travaux de maçonnerie, on emploie généralement trois sortes de plâtre qui sont :

1° Le plâtre au panier, pour faire les crépis, les aires des planchers en bois, et les hourdis, celui qui a été criblé au travers d'un panier.

2° Le plâtre au sas, pour faire les plafonds, les corniches et les enduits, celui qui a été passé au travers d'un tamis.

3° La mouchette, pour faire les crépis rustiques, les résidus de celui qui a été criblé au travers d'un panier.

On se sert aussi du plâtre, très fin alors, pour la fabrication des moules et pour le moulage des ornements et des figures; et au moyen d'un mélange avec une dissolution de colle forte, pour former le stuc, qui, lorsqu'il est bien sec, devient aussi dur que le marbre, et, omme lui susceptible de poli.

On l'emploie encore, en poudre bien entendu, pour engraisser et amender les terres.

Le plâtre est donc un produit des plus précieux, qui rend tous les jours les plus grands services.

Plumée. — Travail préparatoire du tailleur de pierre pour : 1° dresser un lit et le *dégauchir;* 2° préparer la place d'une arête sur un parement.

Polyèdre. — Corps solide terminé par des plans ou des faces planes, on appelle polyèdre régulier celui dont toutes les faces sont des polygones réguliers égaux, et dont tous les angles solides sont égaux entre eux. Ces polyèdres au nombre de cinq sont :

le *Tetraèdre.*

l'*Octaèdre.*

l'*Icosaèdre.*

l'*Hexaèdre ou cube.*
le *Dodécaèdre régulier.*

Polygone. — Figure qui a plusieurs angles et plusieurs côtés.

Portée. — Étendue libre d'une pierre ou d'une pièce de bois placée horizontalement dans une construction. On dit, par exemple, qu'une pierre formant architrave a trop de portée. Se dit également de la partie d'une pierre ou d'une pièce de charpente posée horizontalement, et qui repose sur des murs ou des piliers. On le dit d'une marche en pierre, dont l'about repose sur un mur.

Portique. — Galerie couverte dont le comble est soutenu par des colonnes ou par des arcades.

Poseur. — Celui qui, dans un bâtiment pose les pierres, les met en place.

Poussée. — Veut dire la pression qu'un corps pesant exerce sur un autre corps, et par laquelle il tend à le déplacer. — On soutient, on retient par des arcs-boutants la poussée d'une voûte ou d'une arcade.

Prisme. — Solide dont les deux bases opposées sont deux polygones et dont les faces latérales sont des parallélogrammes.

Purger un lit. — Enlever le bousin.

Pyramide. — Solide terminé par un polygone plan quelconque, et par des plans triangulaires s'élevant sur les côtés de ce polygone, et allant se réunir en un même point.

Quartier. — S'emploie généralement dans un escalier pour désigner la partie circulaire. On dit : Quartier tournant.

Raccordement. — Rencontre et ajustement de deux voûtes de même diamètre ou de diamètres différents.

Racheter un berceau. — Veut dire joindre deux voûtes par *raccordement.*

Ragréer. — C'est enlever avec les outils convenables tels que ripes, marteaux, ciseaux, etc, les bosses ou balèvres qui se trouvent sur les parements pour les rendre unis.

Rampant. — Voir : *arc rampant.*

Rapporteur. — Instrument de géométrie qui sert à mesurer et à tracer les angles sur le papier et qui consiste en un demi-cercle gradué de corne, de cuivre, ou d'une autre matière.

Rectiligne. — Se dit des figures terminées par des lignes droites.

Reins. — C'est la partie vide ou pleine qui existe entre la moitié d'un arc et son pied-droit, depuis la naissance jusque vers le sommet. Les *reins* des voûtes gothiques sont généralement vides.

Repère. — C'est une marque que l'on fait sur une pierre pour reconnaître une division ou un trait dont on a besoin pour tailler la dite pierre. Marque que l'on fait pour retrouver un alignement, un nivellement, ou un point quelconque.

Retombée. — Se dit, dans la courbe d'une voûte ou d'un arc, de cette partie qui forme leur naissance, et qui, si l'on suppose que cette voûte ou cet arc soient détruits ou non achevés, pourrait subsister sans cintre.

Sable. — Substances minérales pulvérulentes, dont les grains sont apparents, sensibles au toucher, et qui proviennent en général de la décomposition, de la désagrégation naturelle ou accidentelle, lente ou précipitée des roches de l'ancien monde ou du monde actuel.

On les trouve à la surface de la terre, dont ils couvrent une partie assez considérable, et dans l'intérieur ou ils forment des couches épaisses, on les trouve surtout sur les bords de la mer et des rivières.

Le meilleur pour faire de bonnes constructions est sans contredit le sable de rivière, on n'emploie le sable de terre et de ravine ou de plaine qu'à défaut de sable de rivière.

Pour faire du bon mortier il faut une partie de chaux éteinte et deux de sable.

Sabot. — Pièce de bois portant une feuillure qui reçoit les calibres, pour pousser les moulures en plâtre.

Sauterelle. — Instrument en bois composé de deux règles mobiles assemblées par un bout comme la tête d'un compas et destiné à prendre l'ouverture de toutes sortes d'angles rectilignes.

Scie à dents. — Est une scie courbe avec de fortes dents aiguës, dont on se sert pour couper, pour débiter la pierre tendre.

Scie à grès. — Est une scie plate et sans dents dont on se sert pour couper, pour débiter la pierre dure, par un mouvement de va-et-vient, et qu'on alimente au moyen d'une cuiller en fer, armée d'un manche en bois très léger, avec de l'eau et du grès tendre pilé.

Solide. — Se dit d'un corps qui a longueur, largeur et profondeur ou épaisseur, dont les extrémités sont des surfaces.

Sommiers. — On appelle *sommiers* les pierres qui forment la partie supérieure du pied-droit sur lequel s'appuie ou repose la plate-bande, et aussi les premiers voussoirs d'un arc ou d'une voûte. On dit aussi *coussinets.*

Sommité. — Veut dire la partie la plus élevée.

Souffleur. — Le second de l'appareilleur.

Sphère. — Solide terminé par une surface courbe dont tous les points sont également distants d'un point intérieur que l'on appelle *centre.*

Sphéroïdal. — Qui approche de la ressemblance d'une sphère.

Superficie ou **Surface.** — Ce qui a longueur et largeur, sans hauteur ni épaisseur.

Tableau. — Partie de l'épaisseur d'une baie de porte ou de fenêtre qui est en dehors de la fermeture.

Tailloir. — Partie supérieure du chapiteau des colonnes.

Talus. — Inclinaison de haut en bas que l'on donne à des constructions verticales, pour qu'elles se soutiennent mieux.

Tambour. — Pierre ronde en portion de cylindre qui est une partie de fût de colonne ou de piliers. Entourage circulaire en menuiserie ou en maçonnerie.

Tas. — Masse d'un ouvrage de construction, le dessus de la dernière assise posée, on approche, on monte des pierres, des matériaux *sur le tas.*

Tas de charge. — Les claveaux et les voussoirs sont, en général, terminés par une surface horizontale qu'on nomme *tas de charge.* Le tas de charge a la propriété d'établir la liaison et de donner une meilleure *assiette* à la maçonnerie. Il est en outre, comme le dit *Rondelet,* le meilleur moyen de se raccorder avec les murs ou pieds-droits.

Tasser. — Affaissement d'un mur ou d'une voûte dont la charge fait diminuer la hauteur et resserre les joints. On dit : *le tassement d'un mur* ou *d'une voûte.*

Tête. — Indique indifféremment l'épaisseur d'un mur à son extrémité, et les tableaux d'une baie non ébrasée.

Tierceron. — Une des nervures des voûtes ogivales.

Tour. — Parement convexe d'une portion de mur cylindrique.

Trait. — Veut dire le tracé des opérations nécessaires pour appareiller et tailler les matériaux (pierre ou bois) d'une construction.

Trompe. — Portion de voûte en saillie servant à porter l'angle d'une construction quelconque qui semble se soutenir en l'air.

Trompillon. — Pierre placée au centre et à la naissance d'une *trompe*, au point où concourent tous les voussoirs, afin qu'ils ne soient point taillés en pointe.

Trusquin ou **Trousquin.** — Outil pour tracer des lignes parallèles.

Vis. — S'emploie pour les escaliers tournant en spirale autour d'un noyau de pierre ou de bois, qui soutient toutes les marches. On dit : *escalier à vis.*

Vis Saint-Gilles. — Vis Saint-Gilles ronde, ainsi pelée à cause de l'escalier à vis du prieuré de Saint-illes en Languedoc, est un berceau tournant et ramant.

Voussoirs. — Les voussoirs sont les pièces qui composent la voûte.

Voussure. — Portion de voûte comprise entre la naissance et le sommet de l'arc.

Voûte. — Ouvrage de maçonnerie fait en arc, dont les pierres sont disposées de manière à se soutenir les unes les autres. Il y a plusieurs sortes de voûtes : Les *voûtes plates annulaires*, *rampantes*, etc., etc.

Voûte d'arête. — La voûte d'arête (voir la planche 47) est constituée par l'intersection de deux voûtes cylindriques ; les angles de rencontre sont saillants et forment quatre arêtes vives qui viennen se réunir à la *clef.*

Voûte d'arête ogivale. — Voûte constituée par l'intersection de deux ou plusieurs voûtes ogivales.

Voûte en arc de cloître. — Voûte dont les angles à la rencontre des berceaux sont rentrants au lieu d'être saillants, comme dans les voûtes d'arêtes.

Voû te sphérique. — La voûte sphérique (Voir la planche 62) est circulaire dans son plan et semi-circulaire dans sa coupe médiane.

Zône. — Se dit des divisions d'une sphère, d'un corps, faites par des sections parallèles.

EXPOSITION DU SYSTÈME MÉTRIQUE

EN CE QUI CONCERNE LA LONGUEUR, LA SUPERFICIE, LE VOLUME ET LE POIDS

(*Planche I*)

Les mesures prennent des formes et des noms différents suivant l'espèce de grandeurs à laquelle on les applique.

Ces grandeurs peuvent être classées ainsi :

1° Les longueurs, d'où naissent les mesures linéaires.

2° Les superficies ou les aires.

3° Les volumes ou les capacités, par lesquels on compare entre eux les corps, soit solides soit liquides.

4° Les mesures de poids.

MESURES DE LONGUEUR

L'unité de longueur ou l'unité linéaire s'appelle *mètre*.

Le mètre est représenté par une règle en bois dur, (fig. 1), dont les extrémités sont protégées par des bouts en cuivre; d'une longueur parfaitement égale à celle du modèle ou étalon en platine conservé aux archives et provenant de la mesure du méridien.

Cette règle est divisée en dix parties égales, qui sont des décimètres, chacune d'elles, en dix parties égales qui sont des centimètres, et enfin la première division est divisée généralement en millimètres.

Le mètre est la dix-millionième partie de la distance du pôle à l'équateur.

Pour composer des mesures plus grandes ou plus petites que les précédentes on se sert des mots : Myria, Kilo, Hecto, Déca, déci, centi, milli, etc., tirés du grec et du latin, et qui désignent respectivement des dizaines de mille, des mille, des centaines, des dizaines, des dizièmes, des centièmes, des millièmes, etc.

Les mesures de longueur forment donc la série suivante d'un fréquent usage : Myriamètre, longueur de dix mille mètres ; Kilomètre, longueur de mille mètres ; Hectomètre, longueur de cent mètres ; Décamètre, longueur de dix mètres ; décimètre, dixième partie du mètre ; centimètre, centième partie du mètre ; millimètre, millième partie du mètre. Chacune de ces mesures est dix fois plus grande que celle qui la suit et dix fois plus petite que celle qui la précède immédiatement dans l'ordre de la série.

MESURES DE SURFACE

L'unité de superficie est le mètre carré.

On nomme carré une figure de géométrie qui a quatre côtés égaux et quatre angles droits (fig. 2).

Le mètre carré est un carré dont chaque coté a un mètre de longueur, chaque côté est divisé en dix parties égales appelées décimètres carrés, le mètre carré en contient donc cent.

Les dérivés du mètre carré généralement en usage, sont le décamètre carré, le décimètre carré, le centimètre carré et le millimètre carré.

Pour évaluer la superficie des terrains on prend pour unité de mesure l'*are*.

L'are est une mesure de superficie égale au décamètre carré, c'est-à-dire à un carré dont le côté serait un décamètre, ou bien encore cent mètres carrés.

Il n'y a qu'un multiple usité de l'are, l'*hectare*, qui vaut cent ares ou dix-mille mètres carrés. Le sous multiple de l'are est le *centiare* qui est la centième partie de l'are.

MESURES DE VOLUME

L'unité de volume est le *mètre cube*.

Le mètre cube est un cube dont chaque côté a un mètre de longueur et dont les six faces sont des mètres carrés (fig. 3).

Les sous-multiples du mètre cube, sont le décimètre cube, le centimètre cube, le millimètre cube, qui ont respectivement un décimètre, un centimètre et un millimètre de côté.

Si l'on divise chaque côté de la base du cube en dix parties égales, on aura cent décimètres carrés sur chacun desquels on peut placer dix décimètres cubes (fig 3).

Le mètre cube contient donc mille décimètres cubes.

Le *Stère* (un mètre cube) est une mesure particulièrement destinée pour les bois de chauffage et de construction (fig. 4).

Le seul multiple du stère est le *décastère* qui vaut dix stères ou dix mètres cubes.

Le seul sous-multiple du stère est le *décistère*, dixième partie du stère ou du mètre cube et équivalent à cent décimètres cubes.

Les mesures généralement employées sont le *demi-décastère*, le *double stère*, et le *stère*.

LE LITRE

Le *litre* est l'unité de mesure de capacité équivalent au décimètre cube.

Le litre du commerce a la forme cylindrique, celui employé pour mesurer les matières sèches, telles que le blé, est en bois et sa hauteur est égale à son diamètre (fig. 5). Celui employé pour mesurer les liquides est en étain, sa hauteur est double de son diamètre (fig. 6).

Les multiples du litre employés sont :

Le *décalitre* qui vaut dix litres ou dix décimètres cubes.

L'*hectolitre* qui vaut cent litres ou cent décimètres cubes.

Les sous-multiples employés sont :

Le *décilitre* ou dixième partie du litre et valant cent centimètres cubes.

Le *centilitre*, centième partie du litre ou dix centimètres cubes.

Les mesures en fer blanc destinées à mesurer le lait ou l'huile sont les mêmes que les mesures en étain, mais la hauteur est égale au diamètre (fig. 7).

MESURES DE POIDS

L'unité de mesure des poids est le *gramme*.

Le gramme équivaut au poids d'un centimètre cube d'eau distillée et supposée pesée dans le vide.

Les multiples du gramme sont :

Le *décagramme* qui vaut dix grammes.

L'*hectogramme* qui vaut cent grammes.

Le *kilogramme* qui vaut mille grammes.

(Un litre d'eau distillée pèse un kilogramme).

Le *myriagramme* qui vaut dix mille grammes.

Le *quintal métrique* est un poids de cent kilogrammes.

Le *tonneau de mer*, vaut mille kilogrammes.

Les sous-multiples du gramme sont :

Le *décigramme*, dixième partie du gramme.

Le *centigramme*, centième partie du gramme.

Le *milligramme*, millième partie du gramme.

On fond des poids en fonte ayant la forme des figures 8 et 9.

En cuivre comme la figure 10.

Il y a des poids en cuivre en forme de godets s'emboitant les uns dans les autres (fig. 11).

On fait des poids d'un demi-gramme et au-dessous, ce sont des lames de cuivre minces et carrées destinées principalement à peser les matières précieuses (fig. 12).

Les mètres divers, les mesures de volumes, de capacité, les balances et les poids sont vérifiés et controlés par les agents du gouvernement, qui appliquent un poinçon différent à chaque vérification (fig. 13).

NOTIONS DE GÉOMETRIE PRATIQUE

DÉFINITION DES TERMES GÉOMÉTRIQUES

(*Planche I*)

La *géométrie* est la partie des mathématiques qui a pour objet la mesure de l'étendue ou des trois dimensions, qui sont : la *longueur*, la *largeur* et la *profondeur* ou *épaisseur*.

DU POINT

Le *point* est ce qui n'a aucune partie (fig. 14).

DES LIGNES

Sortes de lignes.

La ligne est un trait qui n'a ni largeur, ni profondeur.

La ligne droite est le plus court chemin d'un point à un autre.

Il y a des lignes droites comme AB (fig. 15), des lignes courbes ou circulaires comme CD (fig. 16), des lignes mixtes comme EF (fig. 17), des lignes brisées comme GH (fig. 18 et 19), des lignes verticales ou perpendiculaires comme IJ (fig. 20), des lignes obliques comme KL (fig. 21), horizontales comme AB (fig. 15), elliptiques comme MN (fig. 22); etc., etc

POSITION DES LIGNES

La ligne tombante sur une autre ligne s'appelle *perpendiculaire, verticale* ou *à plomb,* quand de part et d'autre elle fait ou forme des angles égaux, comme le représente la figure 23, l'angle ADC est égal à l'angle CDB.

Quand elle ne tombe pas perpendiculairement, elle fait des angles inégaux (fig. 24), dont le plus grand ADC s'appelle *angle obtus* et le plus petit CDB *angle aigu.*

Pour élever d'un point donné C sur une droite AB (fig. 28) une perpendiculaire à cette droite, de ce point C comme centre, on décrit un arc de cercle qui viendra couper la droite AB aux points E et F et de ces deux points comme centres, avec une ouverture de compas prise à volonté et plus grande, on décrira deux sections qui se couperont au point G, en joignant le point C au point G, on aura la perpendiculaire cherchée.

Pour élever une perpendiculaire à l'extrémité d'une droite, on pourra se servir du rapporteur et reporter l'angle, ou bien se servir de l'hypothénuse d'un triangle rectangle, en décrivant des arcs de cercles avec un côté de l'angle droit, et l'hypothénuse en se servant des nombres 3, 4 et 5, c'est-à-dire : 1° prendre à partir du point situé à l'extrémité de la droite une distance égale à 3 mètres ; 2° de ce point comme centre décrire un arc de cercle avec un rayon égal à 5 mètres ; ce rayon représente l'hypothénuse du triangle rectangle ; 3° du point situé à l'extrémité de la droite, comme centre, avec un rayon égal à 4 mètres, décrire un arc de cercle et à la rencontre avec le premier on aura un point par lequel devra passer la perpendiculaire.

Comme il ne serait pas aisé de décrire des arcs de cercle de 3, 4 et 5 mètres de rayon, on prend des sous-multiples du mètre, à la condition que la proportion existe toujours.

ÉLEVER UNE PERPENDICULAIRE A L'EXTRÉMITÉ D'UNE LIGNE DROITE DONNÉE

Du point A pour centre (fig. 28 bis), avec un rayon AB quelconque, on décrit l'arc de cercle BC; puis du point B pour centre avec le même rayon, on décrit pareillement l'arc AE, du point F section des deux arcs et avec le même rayon, on décrit encore l'arc D, on mène par les points B et F la ligne BD, terminée par la section D. On élève ensuite du point A une droite passant par le point D, et cette droite AD est la perpendiculaire demandée.

POUR ÉLEVER UNE PERPENDICULAIRE A L'EXTRÉMITÉ D'UNE COURBE AB, DONT LE CENTRE EST INACCESSIBLE

(*fig.* 28 *ter*)

1° On porte à partir du point B sur la courbe deux sections égales F et C, puis du point B comme centre avec BC comme rayon, on décrit un arc de cercle CD ;

2° Du point C comme centre avec la même ouverture de compas on décrit l'arc GH ;

3° Du point F comme centre, toujours avec la même ouverture de compas, on décrit l'arc EK ;

4° On prend ensuite comme rayon la distance FG et avec B comme centre avec FG, pour rayon, on décrit l'arc EL, d'où l'intersection E, en joignant B à E, on aura la perpendiculaire cherchée, comme il est facile de s'en convaincre en joignant le centre O au point B, la droite BM sera le prolongement.

DES ANGLES

L'angle est une ouverture plus ou moins grande formée par deux lignes partant d'un même point B (fig. 25) et se prolongeant indéfiniment.

Les deux lignes AB et BC sont les deux côtés de l'angle et leur point de rencontre B en forme le sommet.

La ligne BD qui partage l'angle ABC en deux parties égales s'appelle *bissectrice.*

Pour reproduire un angle donné, on se sert du cercle de la manière suivante : du sommet B comme centre de l'angle donné ABC (fig. 26), on décrit l'arc de cercle AC, puis avec la même ouverture de compas du point D comme centre, pris sur la droite DF, on décrit le même arc de cercle GH; du point C, avec une ouverture de compas égale à AC, du point G comme centre, on décrit un autre arc de cercle qui coupera le premier au point H, en joignant le point D au point H, on aura l'angle EDF, qui sera l'angle demandé.

Lorsque l'on donne le nombre de degrés d'un angle, on se sert du rapporteur (fig. 27), divisé en 360 degrés, sur lequel on prend l'ouverture de l'angle correspondant au nombre de degrés donnés ; pour cela l'on place le centre C du rapporteur sur le point donné, puis on marque les degrés demandés, l'on joindra ensuite le point donné au nombre de degrés et l'on aura l'angle cherché.

L'angle est droit, quand il a 90 degrés ; il est aigu, quand il a moins de 90 degrés, il est obtus, quand il a plus de 90 degrés.

DES PARALLÈLES

Les parallèles sont des lignes droites ou courbes (fig. 29 et 30), tracées à égale distance sur un même plan et qui ne peuvent se rencontrer à quelque distance qu'on les prolonge.

Les lignes AB et CD sont parallèles.

DES SUPERFICIES OU SURFACES

(*Planche II*)

La *superficie* ou *surface* est un espace renfermé de lignes, sur une longueur et une largeur sans profondeur.

Cette superficie s'appelle *figure plane*.

DES FIGURES DE TROIS COTÉS NOMMÉS TRIANGLES

Le *triangle* se présente de six façons différentes, trois par rapport à ses côtés et trois par rapport à ses angles.

Le triangle considéré par rapport à ses côtés est ou *équilatéral*, ou *isocele* ou *scalène*.

Le triangle équilatéral a ses trois côtés égaux comme le triangle A (fig. 31).

Le triangle *isocèle* a deux côtés égaux, comme le triangle B (fig. 32).

Le triangle *scalène* a ses trois côtés inégaux, comme le triangle C (fig. 33).

Le triangle considéré par rapport à ses angles est ou *rectangle*, ou *amblygone*, ou *oxygone*.

Un triangle est *rectangle*, lorsqu'il a un angle droit, comme le triangle D (fig. 34).

Un triangle est *amblygone* quand il a un angle obtus comme le triangle E (fig. 35).

Un triangle est *oxygone*, quand il a tous ses angles aigus, comme le triangle F (fig. 36).

La base d'un triangle considérée par rapport à l'angle qui est au sommet, est le côté opposé à ce même angle, comme au triangle A. B. C. (fig. 37). Si l'on considère l'angle B pour le sommet, AC sera la base du triangle.

Si du sommet, on abaisse la perpendiculaire BD, on aura la hauteur du triangle.

DES FIGURES DE QUATRE COTÉS OU QUADRILATÈRES

1° Le *carré* qui a les quatre côtés égaux et les quatre angles droits (fig. 38).

2° Le *parallélogramme*, ou *carré long*, ou *rectangle* est une figure de quatre côtés, dont les angles sont droits et les côtés opposés égaux (fig. 39). La droite AC, qui joint deux sommets opposés, est une *diagonale*.

3° Le *losange* est une figure qui a les quatre côtés et les angles opposés égaux, dont deux sont aigus et les deux autres obtus (fig. 40).

Les diagonales sont perpendiculaires l'une sur l'autre.

4° Le *quadrilatère* qui a les côtés et les angles opposés égaux (fig. 41).

5° Le *trapèze* est un *quadrilatère* dont deux côtés opposés sont parallèles (fig. 42), on l'appelle *trapèze régulier*.

Il est *irrégulier*, quand il a les quatre côtés et les quatre angles inégaux et n'a aucune de ses lignes parallèles (fig. 43).

Le *trapèze isocèle* a deux côtés parallèles et les angles adjacents à chacun de ces côtés sont égaux (fig. 44).

Le *trapèze circulaire* est l'espace compris entre deux parties de cercles concentriques et deux rayons tels que AB et CD (fig. 45).

DES POLYGONES OU FIGURES DE PLUSIEURS COTÉS

Dans toutes les figures, celles qui ont les angles et les côtés égaux sont appelés *régulières*.

Celles qui n'ont, ni les côtés, ni les angles égaux s'appellent *irrégulières*.

Elles sont comprises l'une et l'autre sous le nom général de *polygones*.

Des *polygones réguliers* : ceux qui ont cinq côtés et cinq angles égaux s'appellent *pentagones*, (fig. 46) ; ceux qui ont six angles et six côtés égaux s'appellent *hexagones* (fig. 47).

Ceux qui ont sept côtés et sept angles égaux s'appellent *heptagones* (fig. 48).

Ceux qui ont huit côtés et huit angles égaux s'appellent *octogones* (fig, 49), et ainsi du reste, comme *enneagones* (fig. 50), *décagones* (fig. 51), *dodécagones* (fig. 52), *pentadécagones* (fig. 53), etc., etc.

DES FIGURES CIRCULAIRES

Du cercle.

Le *cercle* est une surface plane limitée par une ligne courbe nommée *circonférence*, dont tous les points sont également distants d'un même point C appelé *centre* (fig. 54).

Les lignes AB et CF s'appellent *diamètre* du cercle (fig. 55).

La moitié du diamètre, ou la ligne menée du centre à la circonférence s'appelle *rayon*.

Tous les rayons d'un cercle sont égaux, toute portion de la circonférence telle que C M B s'appelle *arc* (fig. 56).

Si une ligne est menée au dedans du cercle et qu'elle touche en deux points la circonférence sans passer par le centre, cette ligne s'appelle *corde de l'arc* qu'elle sous-tend, comme la ligne C B (fig. 56) par exemple.

Le *secteur de cercle* est la partie d'un cercle comprise entre deux rayons et une partie de la circonférence comme A O C (fig. 56).

Le *segment de cercle* est la partie de cercle comprise entre une partie de la circonférence et la *corde* qui sous-tend cette partie, comme C M B (fig. 56).

On appelle *ligne inscrite* dans le cercle, celle dont les extrémités sont à la circonférence, comme A B (fig. 57).

Angle inscrit, un angle tel que B A C dont le sommet est à la circonférence, et qui est formé par deux cordes (fig. 58).

Angle au centre, un angle tel que D O C dont le sommet est au centre O de la circonférence (fig. 58).

Triangle inscrit, un triangle tel que B A C dont les trois angles ont leur sommet à la circonférence (fig. 59) et en général, figure inscrite, celle dont tous les angles ont leurs sommets à la circonférence.

On appelle *sécante*, une ligne qui rencontre la circonférence en deux points, tels que A B (fig. 60).

Tangente, est une ligne qui n'a qu'un point de contact avec la circonférence, comme C D (fig. 60).

Tout *diamètre* partage la circonférence et le cercle en deux parties égales comme E F (fig. 60).

L'*ellipse* est une courbe résultant de la section d'un cône droit par un plan oblique qui passe au-dessus de la base (fig. 61). L'ellipse est donc formée par une figure plane enfermée par une ligne courbe, avec cette différence du cercle, que tous ses points ne sont pas également éloignés du centre.

Les diamètres sont donc inégaux et reçoivent le nom d'*axe*, on les nomme *grand axe*, et *petit axe*.

DIFFÉRENTES MANIÈRES DE TRACER L'ELLIPSE

1° La manière la plus simple pour tracer l'ellipse est celle que l'on appelle l'ovale du jardinier (fig. 61).

Les deux diamètres ou axes étant donnés, on prend la moitié du grand diamètre A B, que l'on porte du point C comme centre sur la ligne A B, sur laquelle l'on fait les deux sections D et E; sur ces deux points D et E l'on plante deux piquets, puis l'on prend une corde ou un fil de fer flexible, dont la longueur est égale à D E plus C E, l'on prend ensuite une pointe que l'on promène, en observant de tenir toujours la corde bien tendue autour des deux piquets.

2° Les diamètres de l'ellipse étant donnés (fig. 62), l'on prend la moitié du petit axe C D que l'on porte à partir de chaque extrémité du grand axe AB, de A en F et de B en F', puis l'on divise la longueur A F en sept parties égales, l'on prend la dernière division, c'est-à-dire le point O, comme centre, ce qui donne les centres O, O' des petits cercles. De la même ouverture de compas, du point A et du point B comme centres, on fait les quatre sections G H et M N, puis l'on prend la distance M N et des points M et N, G et H comme centres, on décrit les sections C et D qui donnent les centres des grands cercles.

3° Soit donné le grand axe A B et la hauteur C D (fig. 63) par lesquels il faut faire passer l'ellipse, on prendra la distance D C, que l'on portera de B en E, on divisera la longueur D E en deux parties égales, puis l'on portera une de ces divisions de D en F, on divisera ensuite la longueur E F en deux parties égales, du point G comme centre, on décrira le demi-cercle E H F, la ligne F H portée de F en L marquera le point de centre du petit cercle M, A, N ; le reste se construit exactement comme à la figure précédente.

4° Pour tracer cette courbe, on commence par diviser la flèche en un certain nombre de parties égales (huit par exemple) figures 64 et 65; puis on mène par les points obtenus des lignes horizontales et indéfinies.

En regard, on trace un quart de cercle d'un rayon égal à celui de l'arc, que l'on divise sur sa hauteur en un même nombre de parties que la flèche, ainsi que l'indiquent les figures; puis on mène des lignes horizontales, comme pour la flèche, qui s'arrêtent alors à l'arc de cercle. Ceci fait, on prend au compas, en commençant par le bas, la distance qu'il y a entre chacune des divisions, du centre à la circonférence, et on la porte sur chacune des divisions correspondantes de la flèche de l'arc à déterminer, comme A B porté en CD par exemple.

Après avoir marqué de cette manière tous les points d'intersection par lesquels devra passer l'arc, on trace à la main, ou mieux au *pistolet*, cette courbe qui, nous n'hésitons pas à le dire, est des plus gracieuses.

5° Pour obtenir un arc surhaussé, on opère de la même manière (fig. 65 et 66).

6° Pour obtenir un arc rampant (fig. 67 et 68) on emploie les mêmes procédés que pour l'arc surbaissé (fig. 64 et 65), mais au lieu de mener des lignes parallèles à l'horizon, on les mène parallèlement entre elles suivant la ligne de rampe.

En regard, comme pour l'arc surbaissé, on trace un demi-cercle dont le rayon, égal à celui de la ligne de rampe, est divisé, ainsi que l'indique la figure, en un certain nombre de parties égales entre elles, huit par exemple, et, par les points de division, on mène les parallèles. On prend ensuite, à chaque division, les distances qu'il y a de l'axe à la circonférence, et on les porte de chaque côté de la *ligne d'axe*.

Les points d'intersection étant marqués, on tracera à la main, ou mieux au *pistolet*, la courbure de l'arc qui, comme on doit le reconnaître, est des plus gracieuses.

7° On trace encore des ellipses au moyen de cercles inscrits et circonscrits (fig. 69); pour cela, à la rencontre des deux axes comme centre, au point C, on décrit un arc de cercle dont le diamètre est égal au grand axe AB; puis, du même point C, un autre arc de cercle dont le diamètre est égal au petit axe ED. On divise le grand axe en un nombre quelconque de parties égales, comme AM, MN, OP, PQ, QR, RS et SD, par exemple, puis on joint chacune de ces parties au centre C; à la rencontre de ces rayons avec le petit cercle, on mène des parallèles au grand axe, comme T V; à l'intersection de ces parallèles, avec la perpendiculaire abaissée de l'extrémité des rayons sur le grand axe, on a autant de points par lesquels on fera passer l'ellipse.

8° On trace des arcs rampants, comme l'indique la figure 70, en décrivant au-dessous un demi-cercle ayant un diamètre A B égal à l'ouverture de la baie que l'on a donnée; on divise le cercle en un certain nombre de parties égales, telles que A C, C D, etc.: puis, par ces points de division, on mène des parallèles au diamètre A B, comme C E par exemple; ensuite, on prend des divisions égales à celles de l'axe du cercle, telles que M O = G H sur l'axe M N de l'arc rampant. Par ces divisions, on mène les parallèles à la ligne de rampe, et à la rencontre des perpendiculaires passant par les points de division de l'arc; avec ces parallèles, on a autant de points par lesquels devra passer l'arc rampant que l'on tracera à la main ou au pistolet.

9° Pour tracer un arc rampant au moyen de deux arcs de cercle, connaissant la droite de sommet M N et le point de contact F de l'arc rampant sur cette droite (fig. 71), on trace d'abord la ligne de rampe A B; en prenant M A = M D et N B = D N, on abaissera ensuite du point de sommité F la perpendiculaire F E, puis, à la rencontre des horizontales A G et B E, on aura respectivement le centre des deux arcs de cercle.

10° Pour tracer un arc rampant au moyen de deux arcs de cercle, connaissant la longueur de la ligne de rampe A B (fig. 72), on divise la ligne de rampe en deux parties égales; au point F, on mène la verticale F D, sur laquelle on porte de F en D la longueur A F ou F B; puis, du point D, on abaisse la perpendiculaire D C sur la ligne de rampe A B, et à la rencontre des horizontales A E et B C, menées des points A et B, naissances de l'arc, on aura aux points C et E les centres des deux arcs de cercle.

11° Pour tracer une ove (fig. 73), on décrit d'abord un cercle A C B du point C comme centre, puis des points A et B comme centres, on décrit deux arcs de cercles A M E et B N F, avec un rayon égal au diamètre A B du premier cercle ; sur la ligne d'axe G H, on prend C O = G C, puis, du point O comme centre, on décrit le petit arc E H F.

AXIOMES

1° Deux quantités égales à une troisième sont égales entre elles ;

2° Le tout est plus grand que sa partie ;

3° Le tout est égal à la somme des parties dans lesquelles il a été divisé ;

4° D'un point à un autre on ne peut mener qu'une seule ligne droite ;

5° Deux grandeurs, lignes, surface ou solide, sont égales lorsque, étant placées l'une sur l'autre, elles coïncident dans toute leur étendue.

DES CORPS SOLIDES OU POLYÈDRES

(*Planche* 3.)

Les *corps solides* sont ceux qui ont longueur, largeur et profondeur, dont les extrémités sont des surfaces.

L'*angle solide* est l'espace angulaire compris entre plusieurs plans qui se réunissent en un même point.

Lorsque le nombre des plans est égal à trois, l'angle solide s'appelle *angle trièdre* (fig. 74). Il s'appelle *dièdre* lorsqu'il est formé par la rencontre de deux plans (fig. 75).

Le *cube* ou *hexaèdre* est un solide rectangle, compris entre six surfaces carrées et égales, comme la figure 76.

Le *cube rectangle oblong* est un corps composé de six surfaces, dont quatre sont oblongues et deux carrées, comme la figure 77.

On le nomme ordinairement *parallélipipède.*

Le *prisme* est un solide qui a pour base, à chacune de ses extrémités, un *triangle* ou un *trapèze*, ou un *pentagone*, etc , dont les côtés élevés perpendiculairement au-dessus de la base sont égaux et parallèles comme les figures 78 et 79.

Le *prisme oblique* est un solide dont les arêtes sont obliques au plan de base (fig. 80).

La *pyramide* est un solide qui a pour base un carré ou une autre figure rectiligne, dont les lignes s'élèvent au-dessus de la base et aboutissent à un point que l'on appelle *sommet*, comme les figures 81 et 82.

La *pyramide oblique* à base triangulaire est un solide qui a pour base un triangle dont les lignes, s'élevant au-dessus de la base, aboutissent au sommet, comme la figure 83.

Le *cylindre* est un solide qui est engendré par la révolution d'un rectangle autour de l'un des côtés pris pour axe, comme la figure 84.

On appelle *cylindre droit* celui dont l'axe est perpendiculaire aux bases, et *cylindre oblique* celui dans lequel l'axe est incliné par rapport aux bases (fig. 85).

Le *cylindre tronqué* est un cylindre droit coupé par un plan oblique (fig. 86).

Le *cône* est un solide qui a pour base un cercle, et dont le sommet se termine en pointe, comme la figure 87.

On appelle *cône oblique* celui qui est incliné, comme la figure 88.

Le *cône tronqué* est un cône coupé par un plan dans une partie de sa hauteur (fig. 89).

Le *tétraèdre* est un solide formé par la réunion de quatre plans triangulaires égaux (fig. 90).

L'*octaèdre* est un solide formé par huit triangles isocèles égaux disposés symétriquement autour d'un axe qu'ils rencontrent (fig. 91).

L'*icosaèdre* est un polyèdre terminé par vingt faces (fig. 92).

L'*icosaèdre régulier* peut être considéré comme un assemblage de vingt pyramides triangulaires qui ont toutes leur sommet au centre du polyèdre (fig. 92).

La *sphère* est un solide terminé par une surface courbe dont tous les points sont également distants d'un point intérieur qu'on appelle centre, on peut le définir de la manière suivante : solide engendré par la révolution d'un demi-cercle autour d'un diamètre (fig. 93).

L'*anneau sphérique* est une portion de sphère coupée par deux plans parallèles (fig. 94).

La *demi-sphère creuse* est une figure dont la face intérieure se nomme *concave* et la surface extérieure *convexe*. On l'appelle aussi *calotte sphérique* (fig. 95).

Le *tore* est un solide engendré par une circonférence tournant autour d'un centre donné et toujours également éloignée de ce centre (fig. 96 et 97.)

DES PROPORTIONS

(*Planche* 4.)

On appelle *échelle* (fig. 98), une ligne qu'on trace sur le papier et que l'on divise en parties égales, en rapport cependant les unes avec les autres, c'est-à-dire, si l'on veut qu'une échelle représente un mètre, on divise la ligne en dix parties égales, et une des dix parties en dix autres parties, lesquelles représentent des centimètres, exemple : échelle de deux centimètres pour mètre, ce qui veut dire que deux centimètres représentent un mètre.

L'échelle sert donc à indiquer le rapport des dimensions marquées sur un plan avec les dimensions réelles.

Lorsque les échelles sont trop petites pour que l'on puisse y exprimer les centimètres ou les millimètres selon qu'il est nécessaire ; on se sert d'une échelle de réductions, laquelle se fait de la manière suivante :

Lorsqu'on veut faire une échelle de cette espèce, on borne une ligne à un mètre de longueur que l'on divise en dix parties égales (fig. 99) et à l'extrémité de laquelle on élève une perpendiculaire à laquelle on donne un décimètre de hauteur ou un dixième de la longueur de a ligne ; puis de l'extrémité de la perpendiculaire on tire une ligne jusqu'à l'autre extrémité de la première, alors sur chacun des dix points de division, on élève des perpendiculaires, lesquelles ont des hauteurs depuis un centimètre jusqu'à dix centimètres, qui est la hauteur de la première perpendiculaire.

Lorsqu'on a une échelle divisée en un certain nombre de parties, et que l'on veut en faire une autre qui ne soit que le tiers, ou le quart de la première, on forme un triangle quelconque, auquel l'échelle sert de base, et au sommet duquel on mène autant de lignes qu'il y a de points de divisions sur l'échelle (fig. 100) ; puis on trace la ligne que l'on veut diviser, parallèlement à la base du triangle, de façon que ses deux extrémités coïncident avec les deux côtés du triangle, cette ligne se trouve donc divisée en autant de nombres de parties égales, proportionnellement à l'échelle donnée, soit la ligne AB l'échelle et CD la ligne que l'on veut diviser (fig. 100).

Lorsqu'une ligne est donnée comme A B, par exemple (fig. 101), et qu'on veut la diviser en parties égales sans chercher aucunement, on fait deux angles aux extrémités de cette ligne AB, l'un dessus et l'autre dessous, d'une ouverture quelconque, pourvu qu'ils soient égaux entre eux ; puis d'une ouverture de compas prise à volonté, l'on porte sur les deux côtés AG et BD autant de points que l'on a besoin pour la division de la ligne AB; et de chacun de ces points, on mène les lignes AC, DE etc., lesquelles, en coupant la ligne AB, la divisent en parties égales, suivant le nombre dont on a besoin.

L'échelle de réduction (fig. 102) sert pour reporter les plans de terrains à une petite échelle. Les échelles les plus usitées pour les plans sont celles de :

$$\frac{1}{1\,000}\ \frac{1}{1\,250}\ \frac{1}{2\,000}\ \frac{1}{2\,550}\ \text{et}\ \frac{1}{5\,000}.$$

Pour construire cette échelle, (fig. 102) sur une ligne indéfinie AM, on prendra à partir du point B dix longueurs égales à $0^m,004$ par exemple, en supposant que chacune représente 10 mètres, puis on écrit de B en A, 0, 10, 20 etc., 100, ensuite sur la ligne AB à partir du point B, on porte de l'autre côté des longueurs égales à $0^m,04$; chacune représentera donc 100 mètres, du point B, on abaisse la perpendiculaire B C, sur laquelle on porte dix longueurs quelconques égales entre elles ; puis l'on mène des parallèles à A B, on divise ensuite la ligne CD en autant de divisions égales à la ligne AB, on joint ensuite le point E au point B et par les autres divisions, on mène des parallèles à B E Si l'on veut prendre 163 mètres par exemple, sur l'échelle, on met une pointe de compas au point marqué 100 et l'autre au point marqué 60 entre les deux points A et B, on aura donc 160 mètres, pour arriver aux 163 mètres, on déplace le compas de façon que l'une de ses pointes ne quitte pas la perpendiculaire marquée 100 et que l'autre pointe suive la ligne oblique qui part du point 60; on ouvrira le compas, au fur et à mesure et l'on s'arrêtera quand les deux pointes seront toutes les deux sur la ligne horizontale indiquée 3, la distance de 163 mètres sera donc de S en R.

Le *compas de réduction* ou *compas à quatre pointes* (fig. 103 et 104) se compose de deux branches en cuivre terminées par des pointes d'acier, ces deux pointes tournent autour d'un axe qui peut se déplacer au moyen d'une vis de rappel et d'une vis de pression.

Des divisions marquées sur les branches indiquent où il faut placer l'axe qui porte lui aussi une division.

Avec ce compas on peut réduire toutes les lignes dans une proportion donnée.

DU MESURAGE

DES SURFACES PLANES

(*Planche* 4.)

Proposition 1.

Mesurer la superficie d'un carré.

Le carré ayant ses quatre côtés égaux, il faut multiplier l'un des côtés par lui-même et l'on obtiendra le produit (fig. 105), soit $AB \times AD$.

Proposition 2.

Mesurer la superficie d'un rectangle.

Multiplier le petit côté par le grand ou le grand par le petit, et l'on aura le produit (fig. 107), soit $AD \times AB$.

Proposition 3.

Mesurer la superficie d'un triangle rectangle.

Un *triangle rectangle* étant toujours la moitié d'un carré ou d'un rectangle, il faudra multiplier le grand côté qui comprend l'angle droit par la moitié du petit, de cette façon on obtiendra la superficie cherchée (fig. 105 et 108), soit $DC \times \frac{AD}{2}$.

Proposition 4.

Mesurer la superficie de toutes sortes de triangles rectilignes (fig 106).

De même que les *triangles rectangles* sont la moitié d'un *carré* ou d'un *rectangle*, tous les autres triangles sont toujours la moitié des mêmes figures dans lesquelles ces triangles peuvent être inscrits.

Ainsi, il sera aisé de le reconnaître, en supposant le triangle irrégulier ABC inscrit dans le rectangle EDAC, car, si du sommet B du triangle ABC, l'on abaisse sur AC la perpendiculaire BF, le même triangle sera divisé en deux autres triangles, qui seront égaux aux deux triangles complémentaires qui composent le rectangle EDAC; car le triangle AFB sera égal au triangle AEB, et le triangle CFB sera égal au triangle CBD : ainsi, dans tous les *triangles rectilignes*, de quelque espèce qu'ils puissent être, si l'on fait tomber une perpendiculaire de l'un des angles, sur le côté opposé au même angle, et que l'on multiplie ce même côté par la moitié de sa hauteur, on aura la superficie du triangle. Exemple : soit le côté AC multiplié par la moitié FB, on aura cette superficie. qui ne sera autre que la moitié de la superficie du rectangle EDAC.

Proposition 5.

Mesurer la superficie des polygones réguliers.

Prendre le contour du *polygone régulier* proposé et multiplier ce contour par la moitié de la perpendiculaire qui tombera du centre de la figure sur l'un des côtés, et l'on aura la superficie cherchée (fig. 109), soit

$$ED \times \frac{OG}{2} \times 6.$$

Proposition 6

Mesurer les polygones irréguliers.

Sous le nom de *polygones irréguliers* sont comprises toutes les figures rectilignes irrégulières. Pour en avoir la superficie, on divise les figures en triangles, puis on ajoute tous les triangles compris dans ladite figure et l'on a la superficie cherchée (fig. 110).

Proposition 7.

Mesurer les parallélogrammes.

Les *parallélogrammes* sont des figures planes dont les côtés sont parallèles, mais qui n'ont pas les angles droits.

Pour en avoir la superficie, on multiplie l'un des côtés, par la perpendiculaire abaissée d'un point pris sur l'autre côté (fig. 111), soit $DC \times AF$.

Proposition 8.

Mesurer les trapèzes.

Ceux qu'on appelle *réguliers*, ont deux côtés parallèles entre eux.

Pour obtenir la superficie du *trapèze rectangle*, il faut ajouter ensemble les deux côtés parallèles AC et BD, en prendre la moitié, et multiplier cette moitié par le côté CD ; ou encore multiplier l'un des côtés non parallèles CD par la perpendiculaire EF élevée sur le milieu de ce côté (fig. 112).

On appelle *trapèzes isocèles*, ceux qui ont deux côtés parallèles et les angles sur les mêmes côtés égaux (fig. 113).

Pour obtenir la superficie, on ajoute ensemble les deux côtés parallèles, et on multiplie la moitié de leur somme par la perpendiculaire qui tombera d'un point pris sur le côté opposé.

Soit $\left(\frac{AB + CD}{2}\right) \times AE.$

Les *quadrilatères* ou figures à quatre côtés irrégu liers, sont mesurés en les divisant en triangles (fig. 114), soit le *quadrilatère* ABCD que l'on divise en deux triangles CAB et CDB et l'on évalue la superficie de chacun d'eux comme il a été dit précédemment.

Proposition 9.

Mesurer la surface d'un cercle.

Cette proposition n'a point encore été résolue géométriquement, elle ne le sera probablement jamais, mais pour la pratique, on se sert de la règle d'*Archimède* qui approche assez de la vérité. Il a trouvé que le rapport du diamètre à la circonférence est à peu près de 7 à 22.

La valeur de ce rapport exprimé au moyen de décimales est

3,1416. etc.

Si donc on multiplie le diamètre d'un cercle par 3,1416, on obtiendra la circonférence de ce cercle, qui, multiplié à son tour par le quart du diamètre, ou moitié du rayon, donnera la superficie du cercle proposé.

Exemple : Déterminer ou calculer la superficie d'un cercle (fig. 115) qui aurait $2^m,20$ de diamètre.

Si on multiplie $2^m,20$ par le nombre 3,1416 on trouvera que la circonférence du cercle sera de $6^m,9115$, qui, multipliée par le 1/4 du diamètre, qui est 0,55 donnera la surface du cercle qui est de $3^m,8013$.

Si encore on multiplie le carré du rayon par la circonférence, soit 3,1416, on obtiendra la même surface.

Proposition 10.

Mesurer les portions de cercle.

Toute portion de cercle s'appelle *secteur* ou *segment* de cercle.

Secteur, est une portion de cercle qui est comprise entre deux demi-diamètres ou rayons et une portion d'arc, A B G C (fig. 116).

Segment de cercle, est une portion comprise entre une ligne droite et une portion de cercle comme C E D (fig. 117).

La superficie d'un *secteur de cercle* étant à la superficie du même cercle, comme la portion de la circonférence du même secteur est à toute la circonférence du cercle, il suffira de déterminer cette circonférence que l'on obtiendra au moyen du rapporteur, et qu'on multipliera par le quart du diamètre ou la moitié du rayon.

Exemple : Pour calculer la superficie d'un *secteur de cercle* de 2^m 20 de diamètre (fig. 116), qui aurait $1^m,60$ à la circonférence, il faudra multiplier cette circonférence par le quart du diamètre, soit 0,55 et on obtiendra de cette façon la superficie.

Au moyen d'un rapporteur, il sera toujours facile de rapporter sur le papier l'ouverture de l'angle et par conséquent de déterminer la circonférence du secteur qu'il s'agira de mesurer.

Pour obtenir la superficie d'un *segment de cercle* (fig. 117), il faut, premièrement, trouver le secteur comme ci-dessus et soustraire de ce secteur les triangles faits par les deux côtés du segment et de la corde du segment. Exemple : Pour avoir la superficie du segment C D E, il faut mesurer tout le secteur C A D E et en soustraire le triangle C A D, il restera le segment C D E dont on aura la superficie.

La portion de circonférence A B C D, (fig. 118), est égale à la surface du cercle O, moins la surface des deux segments AMB et DNC. On peut encore l'évaluer en considérant les deux secteurs A O D et B O C, ainsi que les triangles A O B et D O C.

Proposition 11.

Mesurer la superficie d'une ellipse.

La superficie de l'ellipse est à la superficie d'un cercle, dont le diamètre est égal au petit axe de la même ellipse, comme le grand axe est au petit, et par conséquent le grand axe est au petit axe comme la superficie de l'*ellipse* est à la superficie d'un cercle fait du petit axe. Ainsi, pour avoir la superficie d'une *ellipse*, il faut premièrement trouver la superficie d'un cercle fait du petit axe, et augmenter cette superficie, selon la proportion qu'il y a du petit axe au grand (fig. 119).

Exemple : Supposons que le petit axe A B ait $2^m,20$ et le grand axe C D $3^m,30$. Le cercle de $2^m,20$ de diamètre aura $3^m,823$ de superficie, ainsi en établissant la règle de proportion suivante, on dira :

$$2^m 20 : 3^m 30 :: 3^m 823 : x,$$

on aura $5^m,729$ pour la superficie cherchée.

Nous indiquons, pour prendre une portion d'ellipse telle que BOC, un moyen employé dans la pratique et qui donne des résultats assez satisfaisants ; on prend la moitié du grand axe OB (fig. 120), la moitié, du petit axe OC, on les ajoute l'un à l'autre, puis l'on prend la moitié que l'on peut alors considérer comme le rayon d'une circonférence moyenne, l'on revient donc à chercher la surface d'un *secteur* et l'on opère alors comme il a été dit ci-dessus.

Proposition 12.

Mesurer la surface du trapèze circulaire.

La surface du *trapèze circulaire* ABCD (fig. 121) est égale à la différence des deux secteurs AB et OCD, on prend le nombre de degrés de l'angle AOB, que l'on désigne par (n) et les deux rayons R et r des deux circonférences, on aura le secteur

$$OAB = \frac{\pi R^2 n}{360}$$

secteur $$OCD = \frac{\pi r^2 n}{360}$$

d'où trapèze $$ABCD = \frac{\pi R^2 n}{360} - \frac{\pi r^2 n}{360}$$

en multipliant, on a

trapèze $$ABCD = \frac{\pi n}{360} \times (R^2 - r^2).$$

DE LA MESURE DE LA SUPERFICIE DES CORPS SOLIDES

(*Planche* 3.)

La surface latérale d'un *prisme droit* a pour mesure le périmètre de sa base multiplié par sa hauteur (fig. 79).

La surface latérale d'un *cylindre* a pour mesure la circonférence de sa base multipliée par sa hauteur.

Exemple : Déterminer la superficie d'un cylindre qui aurait $1^m,10$ de diamètre et $2^m,25$ de hauteur (fig. 84), si on multiplie $1^m,10$ par le rapport de la circonférence au diamètre, soit 3,1416, on trouvera que la circonférence du cercle sera de 3,4557, qui multiplié par la hauteur du cylindre, soit $2^m,25$ donnera $7^m,775$.

On appelle *cylindre tronqué*, celui dont l'un des bouts est coupé par un plan oblique à l'axe. Pour le mesurer, on ajoute ensemble le grand et le petit côté et, de leur somme, on prend la moitié que l'on multiplie par la circonférence de sa base (fig. 86).

La surface latérale d'une *pyramide régulière* a pour mesure le périmètre de sa base multiplié par la moitié de sa hauteur prise d'une ligne abaissée du sommet sur le milieu d'un des côtés de la base (fig. 82).

La *surface latérale* d'un *cône* a pour mesure la circonférence de sa base multipliée par la moitié de son côté ou génératrice (fig. 87).

Un *cône* est le tiers d'un *cylindre* de même base et de même hauteur.

La surface latérale d'un tronc de cône ou cône tronqué a pour mesure son côté multiplié par la demi-somme des circonférences de ses deux bases (fig. 89).

Si le cône à mesurer est oblique, c'est-à-dire qu'il ait une génératrice plus longue que l'autre, on ajoute ensemble ces deux génératrices et, de leur somme on prend le quart que l'on multiplie par la circonférence de sa base (fig. 88).

La *surface convexe d'une sphère* a pour mesure la circonférence du plus grand cercle multiplié par son diamètre (fig. 93). Exemple : Supposons que le diamètre A C soit $2^m,20$, la circonférence du plus grand cercle A B C D sera $6^m,9115$, qui multipliée par le diamètre, soit $2^m,20$, donnera $15^m,2053$.

Une *calotte sphérique* (fig. 95) ou une zône de sphère a pour mesure sa hauteur multipliée par la circonférence d'un grand cercle.

La surface d'un *anneau* a pour mesure le produit de la circonférence moyenne multipliée par le contour de la courbe génératrice (fig. 94).

DE LA MESURE DES CORPS SOLIDES

(*Planche* 3.)

Proposition 1.

Mesurer la solidité d'un cube.

Le *cube ou hexaèdre* est un solide rectangle, dont toutes les faces sont égales et tous les angles solides droits (fig. 76).

Le volume d'un *cube* a pour mesure le produit de sa base par sa hauteur.

Le volume d'une *pyramide* a pour mesure le tiers du produit de sa base multiplié par sa hauteur. Toute *pyramide* est le tiers d'un prisme de même base et de même hauteur (fig. 82).

La mesure d'un *parallélipipède*, et en général la mesure d'un *prisme* quelconque, est égale au produit de sa base par sa hauteur (fig. 79).

Le volume d'un *cylindre* a pour mesure le produit de sa base par sa hauteur, (fig. 84).

Le volume d'un *cône* a pour mesure le produit de sa base par le tiers de sa hauteur, (fig. 87).

Un *cône* est le tiers d'un *cylindre* de même base et de même hauteur.

Une *pyramide sphérique triangulaire* a pour mesure le produit de sa base par le tiers du rayon de la sphère.

Le volume d'une *sphère* a pour mesure le produit de sa surface par le tiers du rayon (fig. 93).

DU DÉVELOPPEMENT DES SOLIDES

(*Planche* 5.)

DÉVELOPPEMENT DE L'HEXAÈDRE OU CUBE

La surface de l'*hexaèdre* ou *cube* se compose de six carrés égaux (fig. 122).

Pour obtenir le développement du *cube*, il suffira donc de tracer six carrés égaux l'un à l'autre (fig. 123).

Nous conseillerons de tracer ce développement, ainsi que tous ceux qui vont suivre sur une feuille de carton mince et de le découper pour reconstituer les solides dans leur forme primitive

DÉVELOPPEMENT DU TÉTRAÈDRE

Le *tétraèdre* est une pyramide formée par quatre triangles équilatéraux égaux; un de ces triangles sert de base au *tétraèdre* (fig. 124).

Pour obtenir le développement, on trace d'abord un *triangle équilatéral* ABC (fig, 125) dont les côtés sont égaux à l'un des côtés du *tétraèdre*, puis on prend le milieu de chaque côté de ce triangle sur lequel on élève des perpendiculaires, on porte ensuite la hauteur BD du premier triangle sur les autres en KH, LG et DF, puis on joint chaque angle du triangle ABC aux sommets F, G, H, on a ainsi le développement du tétraèdre. On remarquera que le périmètre FGH du développement est un *triangle équilatéral.*

La ligne OE, représente la projection du sommet du *tétraèdre* sur la base et EK la projection de la hauteur d'un des triangles équilatéraux du *tétraèdre.*

DÉVELOPPEMENT DE L'OCTAÈDRE

L'*octaèdre* est une *pyramide* formée par huit triangles équilatéraux égaux (fig. 126.)

Pour avoir le développement (fig. 127), on opère de la même façon que pour le *tétraèdre.*

DÉVELOPPEMENT DU DODÉCAÈDRE

Le *dodécaèdre* est un solide composé de douze *pentagones réguliers* (fig. 128).

Le développement s'obtient en traçant le *pentagone régulier* 1 (fig. 129), égal à l'une des faces du *dodécaèdre*, et à élever sur chaque côté un *pentagone régulier* exactement égal au premier, ce qui en donne 6, on opère de la même façon pour les six autres *pentagones*, en ayant soin de faire coïncider les côtés AB des pentagones 4 et 8.

DÉVELOPPEMENT DE L'ICOSAÈDRE

L'*icosaèdre* est un solide formé par vingt *triangles équilatéraux* égaux (fig. 130).

Le développement (fig. 131) s'obtient de la même manière que pour le développement de l'*octaèdre* (fig. 127) il suffit de tracer vingt *triangles équilatéraux* respectivement égaux à l'une des faces de l'*icosaèdre*.

DÉVELOPPEMENT DE LA PYRAMIDE QUADRANGULAIRE

La *pyramide quadrangulaire droite* a pour base un carré (fig. 132) et pour côtés quatre *triangles isocèles*.

Le développement (fig. 133) s'obtient en traçant un carré ABCD, égal à la base de la pyramide, sur le côté AB on fait un *triangle isocèle* égal à l'une des faces de la pyramide, puis du sommet S comme centre, avec SB comme rayon, on décrit une circonférence sur laquelle on porte des cordes égales à A.B, on obtient ainsi les points DCB′, on joint ces points au sommet S et l'on a le développement cherché.

DÉVELOPPEMENT D'UNE PYRAMIDE OBLIQUE A BASE PENTAGONALE RÉGULIÈRE

La *pyramide oblique* (fig. 134) a pour base le *pentagone régulier* A B C D E (fig. 135) et son sommet au point S′.

Pour avoir le développement (fig. 136), on trace d'abord la base *pentagonale*. $A_1 B_1 C_1 D_1 E_1$ puis on cherche la projection S′ du sommet S de la *pyramide*, pour cela il suffit de porter la distance aP (fig. 134) en $A_1 P_1$ (fig. 136), on détermine ensuite la hauteur du sommet S'_1 en portant la hauteur S′ P en $S'_1 P_1$, puis on cherche la véritable longueur de chaque arête de la *pyramide;* pour cela on s'appuie sur ce principe que la longueur d'une ligne oblique, projetée en raccourci sur un plan, dépend de la différence de l'éloignement perpendiculaire de ses extrémités à ce plan, ce qui donne toujours un *triangle rectangle*, dont les projections verticales et horizontales donnent deux côtés, si l'on mène le troisième, qui est l'hypothénuse, ce dernier exprimera la longueur réelle de la ligne dont on avait la projection en raccourci.

Du point P_1 comme centre, avec $P_1 D_1$ pour rayon, on décrit un arc de cercle jusqu'à la rencontre avec $A_1 P_1$ qui représente la projection de l'arête $S'a$, on obtient le point d'_1; puis, toujours du point P_1 comme centre, avec P_1 E_1 pour rayon, on décrit un arc de cercle qui donne le point e_1; on joint A_1ed au sommet S_1; les lignes S'_1A_1, S'_1e, S'_1d sont les véritables longueurs des arêtes Sa, $S'b$, $S'c$, $S'd$, $S'e$.

Des points D_1 et C_1 comme centre avec la longueur S_1d comme rayon, on décrit deux arcs de cercle qui viennent se couper au point S_1, on joint S' aux points D_1 et C_1 et on a en D_1 S_1 C_1 le développement de la face $dS'c$.

On obtient le développement de la face c S' d en décrivant du point D_1 pour centre, avec D_1 E_1 comme rayon, un arc de cercle, puis du point S_1 pour centre avec la longueur S'_1e comme rayon, on décrit un arc de cercle qui coupe le premier au point E'_1, en joignant le point E aux points D_1 et S_1 en obtient en D_1 S_1 E_1 le développement de la face e S' d; on opère de la même façon pour déterminer le développement complet de la pyramide oblique.

Si la pyramide est tronquée par un plan MR (fig. 134) parallèle à sa base, pour avoir le développement de la section, on porte la longueur S'M (fig. 134) sur le développement de l'arête S_1 A' (fig. 136), on obtient le point a'_1 il suffit alors, en partant de ce point, de mener des parallèles au développement de la base des côtés de la pyramide; le développement de la section sera donc $a'_1\, e'_1\, d'_1\, c'_1\, b'_1\, a'_1$.

Si la pyramide est tronquée par un plan MN (fig. 134) perpendiculaire à l'axe de la pyramide, pour obtenir le développement de la section, il suffit de porter la distance S′M sur S_1A' développement de l'arête $S'a$, on obtient le point a'_1, du point S_1 comme centre avec $S_1a'_1$ pour rayon, on décrit un arc de cercle, et l'on inscrit le polygone $a'_1\, c'_2\, d'_2\, c'_2\, b'_2\, a'_1$ qui sera le développement de la section.

La figure 137 représente la section faite par le plan MN perpendiculaire à l'axe de la pyramide.

La figure 138 donne la section faite par le plan MR parallèle à la base de la pyramide.

DÉVELOPPEMENT D'UN PRISME DROIT

Pour avoir le développement d'un *prisme droit*, il suffit de tracer la base, puis de développer chaque face; ces faces sont des *rectangles*, avec un côté et la hauteur de chaque *rectangle*, on arrive à faire le développement dont la somme des faces donne un grand rectangle.

DÉVELOPPEMENT D'UN PRISME OBLIQUE

Soit un prisme oblique (fig. 140) dont l'axe *b e*, *h k* est incliné par rapport aux bases. On détermine en premier lieu la section *m*, *n*, *o*, *p*, *q*, *r* perpendiculairement à l'axe, l'on trace les arêtes du *prisme*, on projette ensuite ce prisme horizontalement comme l'indique la (figure 139), ce qui donne la véritable grandeur des bases en A B C D E F et en G H I J K L.

Pour avoir le développement (fig. 141), on trace la ligne X Y perpendiculairement à l'axe du prisme ; sur cette ligne, on porte des longueurs égales à celles de la section *m n o p q r*, on obtient les points *m' n' r' q' p' o' n'* comme pour un prisme droit ; on mène ensuite par ces points des perpendiculaires à X Y, et à la rencontre de ces perpendiculaires avec celles menées sur l'axe du prisme, on obtient les points a' b'_1 c'_1 i'_1 h'_1 g' l' k'_1 J'_1 i'_1 ; on joint ces différents points et l'on a le développement du contour du prisme, il ne reste plus qu'à indiquer les deux bases en *a' b' c' d' e' f'* et en *g' h' i' j' k' l'*.

DÉVELOPPEMENT D'UN CYLINDRE DROIT

Les *cylindres* peuvent être considérés comme des *prismes droits* d'un nombre infini de côtés.

Un *cylindre droit* ayant pour bases des cercles, il suffit, pour avoir le développement, de diviser la circonférence en un certain nombre de parties égales, les plus petites possibles ; de porter ces divisions sur une droite perpendiculaire à l'axe, on aura ainsi le contour développé, il ne restera plus qu'à indiquer les deux cercles de base pour avoir le développement complet.

DÉVELOPPEMENT D'UN CYLINDRE OBLIQUE

(*Planche* 6.)

Pour avoir le développement du *cylindre oblique*, on commence par indiquer son inclinaison (fig. 142), puis, sur le point milieu C de l'axe, on mène une perpendiculaire à cet axe ; de ce point comme centre, avec C*o* pour rayon, on décrit une circonférence qui est la section faite perpendiculairement à l'axe du *cylindre* par un plan perpendiculaire aux génératrices.

On cherche ensuite la base du cylindre, qui donne une *ellipse* (fig. 143) ; pour obtenir cette *ellipse*, on commence par diviser le cercle C en un nombre quelconque de parties égales ; de chacun de ces points, on mène des parallèles à l'axe, ces parallèles coupent le diamètre $a'b'$ du cercle C aux points $d'e'i'g'$; si l'on prend les ordonnées $d'h'$, $e'i'$, etc. (fig. 142) et qu'on les porte en dh, ei, etc. (fig. 143), on obtiendra une *ellipse* qui sera la base du *cylindre oblique*.

Pour avoir le développement (fig. 144), sur la droite perpendiculaire $b'_2b'_2$, on porte les divisions données sur le cercle C ; on obtient les points $b'_2 l'_2 K'_2 J'_2 I'_2$, etc., on a en $b'_2b'_2$ le développement du contour du cylindre ; on mène des perpendiculaires par chacun de ces points, et, à leur rencontre avec les parallèles à la ligne $b'_2b'_2$ menées des extrémités des génératrices, on obtient autant de points du développement des ellipses des bases ; il ne reste plus qu'à joindre ces points. Le développement est complété par les deux ellipses $a'_2b'_2$ tracées dans le développement, aux extrémités de la génératrice, passant par le point C'.

Pour éviter des répétitions, nous avons indiqué les points correspondants par les mêmes lettres, en les accentuant.

DÉVELOPPEMENT D'UN CONE DROIT

On peut considérer un *cône droit* comme une pyramide droite d'un nombre infini de côtés ; il en résulte que le développement d'un cône droit diffère peu du développement d'une pyramide droite.

Si l'on considère le cône $A'S'B'$ (fig. 145), il aura pour base la circonférence S (fig. 146) ; pour avoir le développement, on remarque d'abord que toutes les génératrices d'un cône droit sont égales, c'est-à-dire que $S'p' = S'q'$, etc. (fig. 145). Ceci posé, d'un point S_3 (fig. 147) pris comme centre, avec une génératrice S_3O_3 pour rayon, on décrit un arc de cercle ; d'un point O_3, par exemple, on porte autant de divisions qu'il en existe sur le plan ; on joint les points $O_3 O_3$ au point S_3, on obtient ainsi le développement du cône droit qui se complète par le cercle C_3, base du cône.

Pour tracer sur ce développement les courbes qui résulteraient des sections du *cône* par des plans, tels que CD, qui donne une ellipse ; par $E'F'$ qui donne la parabole, et $G'H'$, qui donne l'hyperbole (fig. 145), on commence par mener les génératrices $S'p'$, $S'q'$, etc., qui coupent ces plans ; en projetant les points d'intersection sur les projections des génératrices indiquées sur le plan, on voit qu'il est facile de déterminer les courbes de l'ellipse, de la parabole et de l'hyperbole en plan (fig. 146), et leur projection (fig. 148 et 149).

Sur le développement, il suffit de projeter d'abord les points d'intersection de l'ellipse, par exemple (fig. 145) sur la génératrice $S'B'$, et de porter ces points 1, 2, 3, 4, 5 sur le développement (fig. 147) et sur les génératrices correspondantes, pour obtenir la courbe développée de l'*ellipse*. On procède de la même façon pour obtenir le développement de la courbe de la parabole et de l'hyperbole.

On a, suivant $D_3C_3D_3$ (fig. 147), le développement de l'ellipse.

Suivant $F_3E_3F_3$, le développement de la parabole.

Enfin, suivant $H_3G_3H_3$, le développement de l'hyperbole

Nous avons indiqué, sur ces trois figures, les mêmes points par des lettres correspondantes, afin d'éviter les répétitions et pour qu'on puisse tracer ces diverses courbes et développements en examinant simplement les figures.

DÉVELOPPEMENT DU CONE OBLIQUE

Ce développement ne diffère du précédent que :

1° Par la position du sommet du *cône ;*

2° Par le plan C′D′, qui est parallèle à la base (fig. 150) et qui donne par conséquent un cercle en plan ;

3° Les droites menées du sommet aux points de division de la base du cône, ont des longueurs différentes.

Pour donner de la clarté aux diverses opérations que l'on fait, nous avons tracé (fig. 153) les droites partant du sommet du *cône* aux divisions de la base. Ces droites $S_4p'_4$, $S_4q'_4$ représentent les véritables longueurs des droites $S'p'$, $S'q'$ de la figure 150. On les obtient en prenant une droite $B'_4B'_4$, sur laquelle on prend un point C_4, et, à partir de ce point, on porte de chaque côté les distances $C_4B'_4$, égales à la longueur CB prise sur le plan ; on prend ensuite les projections des droites qui partent du sommet pour aboutir à la base, par exemple la distance CB (fig. 151) est portée en $C_4B'_4$ (fig. 153), la distance CA est portée en $C_4A'_4$, et ainsi des autres projections En joignant (fig. 153) ces points $B'_4A'_4$, etc., au sommet S_4, qui est la hauteur du cône, on a les véritables longueurs des droites menées du sommet S′ aux divisions de la base $A'B'p'q'$ (fig. 150). Comme pour le cône droit, en suivant les opérations décrites précédemment, on aura les courbes de la parabole et de l'hyperbole en plan (fig. 151) et les projections de ces courbes (fig. 154 et 155).

Pour avoir le développement (fig. 152), on opère aussi comme pour le cône droit, puis sur chaque génératrice on porte à partir du sommet S_3, les longueurs prises sur la figure 153, en ayant soin de suivre exactement les mêmes lignes d'opération, on obtient d'abord le développement du cône oblique, et ensuite toujours en prenant des longueurs sur la figure 153, pour les répéter sur les développements (fig. 152), le développement du cercle GD; de la parabole E′F′, et de l'hyperbole G′H′. En examinant les figures, on verra que les divers points de reports sont indiqués par des lettres correspondantes.

DÉVELOPPEMENT DE LA SPHÈRE

Le développement de la sphère (fig. 156), et des autres corps à double courbure est impossible ; on ne peut en effet développer ces solides sans déchirer leur surface. Pour obtenir leur développement approximatif, on les considère alors comme formés par une infinité de polyèdres.

La sphère, par exemple, peut être considérée comme un polyèdre terminé par un grand nombre de faces planes formées par des pyramides tronquées dont la base est un polygone, ce qui est indiqué (fig, 157), en plan et en élévation ; on peut aussi considérer la sphère comme des parties de cônes tronqués ou coniques (fig. 158) ou par des parties de cylindres coupées en onglet (fig. 159).

Pour obtenir le développement, dans le cas où la sphère est considérée comme étant formée de *polyèdres* (fig. 160), on prolonge le côté 1 *m* jusqu'à sa rencontre avec l'axe de la sphère jusqu'au point C; de ce point C comme centre avec C 1 et Cm pour rayon, on décrit les arcs de cercles 1 X et m n dans chacun desquels on inscrit un *polygone* ayant pour côté la longueur d'un côté du *polyèdre* inscrit dans la *sphère*.

On obtient ainsi le développement qui représentera des trapèzes isocèles et des triangles égaux au sommet. Les autres centres pour le développement complet sont en C'_1 et C'_2.

Une autre manière d'obtenir le développement qu'on appelle le développement en *fuseaux* consiste à élever des perpendiculaires sur le milieu des côtés des *polygones*, et à porter sur ces perpendiculaires des longueurs égales à la hauteur des *polygones* ; on projette ensuite les points parallèlement à chaque perpendiculaire, et on a le développement comme l'indique la (figure 160) en a' b' c'.

NOTIONS DE GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE

DU POINT, DE LA DROITE ET DU PLAN

(*Planche* 7.)

Nous ne donnons dans cet ouvrage, comme le titre ci-dessus l'indique, que des notions de *géométrie descriptive*, nous ne nous occupons que de la description du *point*, de la *droite* et du *plan*, jugeant ces notions suffisantes pour comprendre les opérations de projections indiquées par la suite dans la construction des épures de coupe de pierres; les élèves qui voudront continuer l'étude de la géométrie descriptive et l'approfondir auront donc recours aux nombreux ouvrages qui ont été publiés sur cette partie des mathématiques.

Préliminaires.

On nomme *verticale*, la direction d'un fil à plomb tel que A B (fig. 161).

Horizontale, toute ligne parallèle à *l'horizon* telle que C D (fig. 161).

Plan vertical, tout plan contenant une *verticale* telle que M N (fig. 161).

Plan horizontal, tout plan contenant une *horizontale* telle que R S (fig. 161), le *plan horizontal* est toujours perpendiculaire au *plan vertical* et réciproquement.

On appelle *ligne projectante oblique*, une ligne telle que A*a* (fig. 162) qui projette le point A obliquement par rapport au plan MN. Le point *a* s'appelle la projection du point A

Le plan MN est un *plan de projection* (fig. 162), on appelle projection *orthogonale* ou *perpendiculaire* d'un point A sur un plan MN, le pied de la perpendiculaire abaissée de ce point A sur le plan MN, soit *a* cette projection (fig. 163).

En *géométrie descriptive*, on désigne généralement les points situés dans l'espace par des lettres majuscules et leurs *projections verticales ou horizontales* par les lettres minuscules correspondantes.

En géométrie descriptive, on ne considère que les *projections orthogonales* pour construire les *épures ;* les *projections obliques* ne servent que pour déterminer les directions des *rayons lumineux*, lorsque l'on étudie la *théorie des ombres*.

La géométrie descriptive a pour but de représenter sur un même plan au moyen de dessins exacts toute espèce de figures, de façon à pouvoir reconstituer le corps tel qu'il existe dans l'espace ou de le voir tel qu'il doit exister réellement.

Une *ligne* est engendrée par un *point*, un *volume* par des *lignes*.

Pour étudier la géométrie descriptive, on prend deux plans perpendiculaires l'un sur l'autre, comme le représente la figure 164 ; c'est-à-dire un plan *vertical* et un plan *horizontal*.

L'intersection de ces deux plans que l'on désigne généralement par les lettres LT se nomme *ligne de terre* (fig. 164). Le plan *vertical* PV s'appelle *plan vertical de projection*, et le *plan horizontal* PH s'appelle *plan horizontal de projection*. Comme on peut le voir ces deux plans se trouvent divisés en quatre parties par la ligne de terre L T, chacune de ces parties porte un nom différent selon la position qu'elle occupe.

La partie du *plan vertical* située au-dessus de la *ligne de terre* s'appelle *plan vertical supérieur*, celle au-dessous de la *ligne de terre*, *plan vertical inférieur*.

La partie du *plan horizontal* située en avant de la *ligne de terre*, s'appelle *plan horizontal antérieur;* et celle située en arrière, *plan horizontal postérieur*.

Le *plan horizontal* et le *plan vertical* forment quatre angles autour de la *ligne de terre;* on les nomme *angles dièdres;* celui formé par le *plan vertical supérieur* et le *plan horizontal antérieur* s'appelle *angle dièdre antérieur, supérieur*, tel que l'angle 1 (fig. 164). Celui formé par le *plan horizontal antérieur* et le *plan vertical inférieur*, se nomme angle *dièdre antérieur inférieur* tel que l'angle 2 (fig. 164).

Celui formé par le *plan vertical inférieur* et le *plan horizontal postérieur* s'appelle *angle dièdre postérieur inférieur;* tel que l'angle 3 (fig. 164) et enfin celui formé par le *plan horizontal postérieur* et le *plan vertical supérieur*, s'appelle *angle dièdre postérieur supérieur*, tel que l'angle 4 (fig. 164). Comme on le remarque les deux *plans, vertical et horizontal*, sont figurés en *perspective cavalière*, on voit donc qu'il serait impossible dans cette position, d'obtenir des figures donnant exactement les grandeurs des objets; pour cela on rabat un des deux *plans de projection sur l'autre*, autour de la *ligne de terre* L T comme charnière, de façon à ce qu'il coïncident; ici nous rabatterons le *plan horizontal* sur le *plan vertical* telles que l'indiquent les flèches (fig. 165).

Le *plan horizontal postérieur* coïncidera avec le *plan vertical supérieur*, et le *plan horizontal antérieur* avec le *plan vertical inférieur*, nous adopterons le même principe pour toutes les figures qui vont suivre.

Pour *l'épure*, on considère les deux *plans de projections* comme indéfinis, et l'on n'indique que la *ligne de terre* L T (fig. 166).

Le *plan vertical supérieur* et le *plan horizontal postérieur* se trouvent au-dessus de la *ligne de terre*, et le *plan horizontal antérieur*, ainsi que le *plan vertical inférieur* au-dessous.

Du Point.

La position d'un point A de l'espace est déterminée par ses deux *projections*.

Si l'on considère le point A de l'espace (fig. 167), on voit qu'il se trouve dans *l'angle dièdre antérieur supérieur*.

Si de ce point A, on mène une perpendiculaire au *plan vertical de projection*, au point où cette perpendiculaire percera le *plan vertical de projection* en a', on aura la *projection verticale* du point A de l'espace ; si, de ce même point A, on abaisse une perpendiculaire sur le plan horizontal de projection, au point où cette perpendiculaire traversera le plan horizontal on aura au point a la *projection horizontale* du point A de l'espace. Si l'on fait tourner, comme nous l'avons indiqué précédemment, le *plan horizontal* autour de la *ligne de terre* L T comme charnière, les deux *plans de projection* coïncideront, le point a' ne bougera pas et le point a, *projection horizontale* du point A, décrira un arc de cercle et viendra au-dessous de la *ligne de terre* au point a_1. (fig. 167).

Dans *l'épure* (fig. 168), on indiquera la ligne de terre L T, puis on portera la distance a' α (fig. 167) au-dessous de la ligne de terre en $\alpha\, a'$, on aura en $\alpha a'$ la hauteur du point A au-dessus du plan horizontal de projection; si l'on porte ensuite sur la même perpendiculaire, mais au-dessous de la ligne de terre la distance $\alpha\, a$, on aura en $\alpha\, a$ la distance du point A au plan vertical de projection; la position du point A de l'espace se trouve donc déterminée par ses deux projections.

Si le point A est situé dans un autre angle dièdre, on opérera de la même manière pour tracer l'épure. Considérons maintenant le cas où un point B, par exemple (fig. 167), se trouve sur le plan horizontal antérieur de projection; le point B sera lui-même sa projection horizontale; pour obtenir sa projection verticale, on opère comme pour le point A, on mène une perpendiculaire au plan vertical de projection, cette perpendiculaire se trouve tout entière dans le plan horizontal; à la rencontre avec la ligne de terre L T en b' on aura la projection verticale du point B, si l'on fait tourner le plan horizontal autour de L T, le point B décrira un arc de cercle et prendra la position b_1.

Pour tracer l'épure (fig. 168), à partir de la ligne de terre, on portera la distance $b'\, b_1$, la distance $b'\, b$, indiquera la distance du point B au plan vertical de projection, la position du point B sur le plan horizontal sera déterminée.

Lorsqu'un point C (fig. 167) est situé sur le plan vertical de projection, il est à lui-même sa projection verticale, et on obtiendra sa projection horizontale en abaissant une perpendiculaire de ce point C sur la ligne de terre; on aura en c la projection horizontale du point C.

Si l'on fait coïncider les deux plans de projection, en les faisant tourner autour de L T, on voit que les projections du point C ne varient pas. Dans l'épure (fig. 168), on indiquera donc la projection verticale du point C par une lettre majuscule, parce que c'est le point lui-même et sa projection horizontale sera en c.

Le point peut se trouver sur la ligne de terre comme le point D par exemple (fig. 167). Dans ce cas il est lui-même ses deux projections.

Dans l'épure (fig. 168) on l'indique par une lettre majuscule, sur la ligne de terre, puisque c'est le point lui-même.

De la droite.

Nous n'étudions que les droites situées dans *l'angle dièdre antérieur supérieur*, la démonstration étant exactement la même, lorsqu'une droite est située dans l'un ou l'autre angle.

En géométrie élémentaire, on démontre qu'une droite est déterminée par deux points ; en géométrie descriptive, une droite est donc également déterminée par deux points; mais en géométrie descriptive, chaque point est déterminé par ses deux projections, d'où l'on conclut qu'en géométrie descriptive, une droite est déterminée par les projections de deux de ses points.

Seulement si l'on joint les projections horizontales a b (fig. 169) de deux points, on obtient une droite a b qui contient les projections horizontales de tous les points intermédiaires entre A et B, d'où le nom de *projection horizontale de la droite*, d'où ce *théorème :*

La projection d'une droite est une droite.

Quand on connaît les projections aa', bb' de deux points, on en déduit les projections $a\,b$, $a'\,b'$ qui les joint (fig. 169); ces projections sont les droites joignant respectivement les *projections de même nom* de deux points; l'une d'elles se nomme *projection horizontale de la droite*, l'autre *projection verticale de la droite*.

Pour tracer l'épure (fig. 170) on opère comme pour le point; on voit (fig. 169) que lorsqu'on rabat le plan horizontal sur le plan vertical, la projection horizontale $a\,b$ de la droite A B prend la position a_1b_1, au-dessous de la ligne de terre L T ; de même dans l'épure, on considère des projections $a\,a'$, $b\,b'$ de deux points pris sur la droite, en joignant les projections du même nom, on obtient en $a\,b$ la projection horizontale de la droite A B et en $a'\,b'$ la projection verticale de la droite. Connaissant les deux projections de la droite, celle-ci est donc déterminée et l'on connaît sa position dans l'espace par rapport aux deux plans de projection.

Théorème.

Quand un point est sur une droite, *ses projections sont sur les projections de même nom de la droite*. Réciproquement : *pour qu'un point soit en réalité sur une droite, il faut que dans l'épure ses deux projections soient sur les projections de même nom de la droite*.

On voit donc que si, l'on connaît les projections de deux points, on en déduit les projections de la droite qui les joint, et celle-ci est complètement déterminée; mais la réciproque n'est pas toujours vrai; c'est-à-dire *que les projections d'une droite ne déterminent pas toujours celle-ci*. En effet, si les projections d'une droite sont confondues suivant la même perpendiculaire, on peut prendre les projections des points sans que rien ne précise leur position; il y a donc une infinité de droites qui ont pour projection une perpendiculaire à L T, cette droite se trouve dans un *plan de profil*, c'est-à-dire un plan perpendiculaire aux deux plans de projection, et il faut rabattre ce plan sur l'un des plans de projection pour connaître la vrai position de la droite.

Si la droite donnée A B se trouve tout entière sur le plan horizontal de projection (fig. 171), elle sera à elle-même sa projection horizontale, et on obtiendra sa projection verticale en abaissant des perpendiculaires des points A et B sur la ligne de terre; sa projection verticale se trouvera donc en a' b' sur la ligne de terre et elle se confondra avec elle.

Pour l'épure (fig. 172), on porte, à partir de la ligne de terre, la distance $a'a_1$, $b'b_1$ en joignant a_1b_1, on a la projection horizontale de la droite, quand les deux plans de projection sont confondus en un seul, et en b' sa projection verticale.

Si la droite se trouve tout entière sur le plan vertical de projection (fig. 173) on n'aura qu'à intervertir dans la description ci-dessus, les mots *horizontal et vertical*.

Dans l'épure (fig. 174), on indiquera par des lettres majuscules la droite AB, puisque c'est elle-même, et sa projection $a\,b$ se confondra avec la ligne de terre L T.

Lorsque la droite est perpendiculaire à l'un des plans de projection (fig. 173), la droite CD, par exemple, perpendiculaire au plan horizontal de projection; sa projection verticale $c'd'$ sera perpendiculaire à la ligne de terre, et sa projection horizontale se confondra en un point cD sur le plan horizontal de projection.

Dans l'épure (fig. 174), on aura la projection verticale c' d' perpendiculaire à la ligne de terre, et la projection horizontale en $c\,d$ en un seul point au-dessous de L T ; la distance $(c\,d)$ d' donne la distance de la droite CD au plan vertical de projection. Si la droite C D était perpendiculaire au plan vertical de projection, on n'aurait qu'à intervertir les deux mots *horizontal* et *vertical* dans la démonstration ci-dessus.

Définitions.

On nomme *traces d'une droite*, les points où elle rencontre les plans de projection. *La trace horizontale* est le point où la droite rencontre le plan horizontal de projection, et la *trace verticale* est le point où elle rencontre le plan vertical de projection.

Il peut arriver que la trace verticale d'une droite se trouve au-dessous de la ligne de terre dans un cas, et dans un autre cas que la trace horizontale ne rencontre le plan horizontal de projection qu'après la trace verticale, soit sur le plan horizontal postérieur, dans ce cas, sur l'épure, la projection de la *trace horizontale* se trouvera au-dessus de la ligne de terre, tandis que dans l'autre, la projection verticale de la droite se trouvera au-dessous de L T.

Il peut arriver que les deux traces d'une droite se rencontrent en un même point de la ligne de terre.

Si la droite de l'espace est parallèle aux deux plans de projection, ses projections sont parallèles entre elles, par conséquent, ne rencontrant pas les plans de projection, il n'y a pas de traces.

Du plan.

En géométrie descriptive, comme en géométrie élémentaire, un plan peut être déterminé :

1° par deux droites qui se coupent ; dans l'épure, les projections ont leur point d'intersection situé sur la même perpendiculaire à la ligne de terre.

2° Par deux droites parallèles entre elles ; dans l'épure où elles sont figurées leurs projections de même nom sont parallèles entre elles.

3° Par une droite et un point pris hors de cette droite ; dans l'épure la droite est déterminée par ses deux projections ainsi que le point.

4° Par trois points non situés en ligne droite ; dans l'épure ces trois points se trouvent déterminés chacun par leurs projections.

En réalité, ces quatre manières n'en font qu'une, car cela revient toujours à deux droites qui se coupent.

Deux droites parallèles se rencontrent à l'infini.

Quand le plan est donné par une droite et un point, en joignant le point à un point quelconque de la droite, le plan est déterminé par deux droites qui se coupent.

Quand le plan est donné par trois points non situés en ligne droite, il suffit de joindre l'un quelconque de ces points aux deux autres pour avoir deux droites qui se coupent.

Il n'y aurait donc en réalité qu'une seule manière de déterminer un plan : savoir par deux droites qui se coupent.

Mais en géométrie descriptive, il existe une manière toute spéciale de déterminer un plan et résultant de l'existence simultanée des deux plans de projection. En effet, parmi toutes les droites situées dans un plan, on peut choisir de préférence à tout autre ; d'une part : celle qui est située sur le plan horizontal ; d'autre part : celle qui est située sur le plan vertical, en d'autres termes : parmi toutes les droites d'un plan M figuré en perspective cavalière (fig. 175) au moyen d'un parallélogramme, on peut choisir les droites (ω T H M) et (ω T V M) suivant lesquelles ce plan rencontre les plans de projection.

Ces droites présentent cette particularité, qu'elles se rencontrent en un point ω de la ligne de terre, qu'elles sont parallèles à la ligne de terre ou perpendiculaires à celle-ci, dans le cas d'un *plan de profil*.

Si l'on opère de la même façon que pour le point ou la droite, c'est-à-dire que l'on rabatte le plan horizontal sur le plan vertical (fig. 175), suivant le sens des flèches : on remarque que la *trace horizontale* ω T H M du plan M prendra la position $\omega T_1 H_1 M_1$ au-dessous de L T.

Dans l'épure (fig. 176) le plan sera déterminé par ces deux traces ω T V M et ω T H M.

Lorsque le plan est perpendiculaire aux deux plans de projection, comme le plan M (fig. 177), ses traces sont perpendiculaires à la ligne de terre, et, dans l'épure, (fig. 178) elles se confondent en une seule. Si le plan M est perpendiculaire au plan vertical de projection et oblique au plan horizontal, dans l'épure, (fig. 179) sa trace horizontale ω T H M sera perpendiculaire à la ligne de terre L T, et sa projection verticale ω T V M oblique à la ligne de terre.

Réciproquement: si le plan M est perpendiculaire au plan horizontal et oblique au plan vertical, lans l'épure (fig. 180), sa projection verticale ω T V M sera perpendiculaire à la ligne de terre et sa projection horizontale ω T H M oblique à L T.

Quand le plan M est parallèle à la ligne de terre et qu'il rencontre les deux plans de projections (fig. 181) dans l'épure (fig. 182), ses traces ω T V M et ω T H M sont parallèles à la ligne de terre. Si le plan M est perpendiculaire au plan horizontal et parallèle au plan vertical, dans l'épure (fig. 183), ses deux traces, se confondent en une seule, située au-dessous de la ligne de terre comme T V M et T H M.

Nous nous arrêterons ici, sur les notions de géométrie descriptive, les jugeant, ainsi que nous l'avons dit au commencement de ce chapitre, suffisantes pour comprendre les opérations qui vont suivre.

Application.

(*Planche* 8.)

Nous donnerons immédiatement une application de géométrie descriptive, se rapportant aux notions que nous venons d'étudier.

Soit donnée la projection horizontale d'un toit en *a b c d e f*; (fig. 184) planche 8, et sa projection verticale en $a' b' c' d' e' f'$; ainsi que la projection horizontale d'un clocher ayant la forme d'une pyramide dont la base est un hexagone régulier *g h i j k l*, ainsi que la hauteur S′ du clocher; déterminer l'intersection du clocher avec le toit.

Le problème revient à chercher les projections verticales des droites formant la base hexagonale du clocher ou, en d'autres termes, l'intersection d'une pyramide et d'un prisme.

Pour cela, prolongeons le côté *g h* jusqu'à sa rencontre avec les droites *e f* et *a b*, nous aurons deux points *o* et *m*; cherchons les projections verticales de ces deux points; nous savons que, si la projection horizontale d'un point se trouve sur la projection horizontale d'une droite, sa projection verticale se trouvera sur la projection verticale de cette droite; nous aurons donc en $o' m'$ les projections verticales des deux points *o m* sur les droites $a' b'$ et $e' f'$, on déterminera de suite la projection verticale $g' h'$ du côté *g h*.

On remarquera que le côté *l g* rencontre l'arête *a f* du comble au point *r*, la projection verticale r' du point *r* se trouvera donc sur la projection verticale $a' f'$ de l'arête; on mènera une perpendiculaire du point *r* à la ligne de terre LT jusqu'à la rencontre avec la projection verticale $a'f'$ de l'arête, et en r' on aura la projection verticale du point r; joignant $g'r'$ on aura la projection verticale du côté $r\,g$.

Pour trouver le troisième côté $k'l'$ on prolongera la projection horizontale $k\,l$ jusqu'à sa rencontre avec les deux aides $a\,f$ et $d\,f$, on obtiendra les deux points X Y, dont on cherchera comme précédemment les projections verticales $x'y'$, en joignant $x'y'$, on a la projection verticale de $x\,y$, d'où l'on déterminera les deux projections verticales des deux points $k\,l$ situés sur cette droite ; en joignant l' et r', on a le complément du côté $l\,g$; en opérant de la même façon pour tous les autres points, on obtient la projection verticale $g'h'i'j'k'l'$ de la pénétration du clocher dans le comble.

DES PROJECTIONS

(*Planche* 8.)

Suivant l'exemple de RONDELET, nous donnons ici quelques projections, que l'on comprendra d'autant mieux que nous avons étudié assez profondément les notions de géométrie descriptive.

Projection des lignes.

Nous ne recommencerons pas la description de la projection d'une ligne droite ayant étudié ce sujet en géométrie descriptive (fig. 169 et suivantes), nous examinerons de suite la projection des lignes courbes.

Nous figurons en perspective cavalière les deux plans de projection P V et P H (fig. 186) comme en géométrie descriptive.

Considérons une ligne courbe quelconque A M B de l'espace contenue dans un plan perpendiculaire au plan vertical de projection, prenons plusieurs points sur cette courbe tels que N, M, O et projetons ces points comme il a été dit en géométrie descriptive ; c'est-à-dire cherchons les projections horizontales et verticales des points A, N, M, O, B, de l'espace ; nous voyons que cette courbe A M B se trouvant tout entière contenue dans un plan perpendiculaire au plan vertical se projette suivant la ligne droite $a' n' m' o' b'$, tandis que sur le plan horizontal P H, elle se projette suivant une courbe raccourcie a, n, m, o, b, parce que le plan qui contient la courbe A M B est oblique par rapport au plan horizontal de projection.

Remarquons en passant, que les lignes de projection A a, N n, M m, O o, B b peuvent être considérées comme les génératrices d'un cylindre, la courbe A M B étant un demi-cercle dont le point de centre est en C.

Si la courbe se trouve tout entière dans un plan perpendiculaire au plan horizontal (fig. 187), on cherche ses projections horizontales et verticales comme ci-dessus, et on obtient sur le plan vertical de projection, la projection verticale $a' m' n' o' b'$ de la courbe A M N O B et en vrai grandeur, parce que, dans ce cas, le plan qui contient cette courbe est non seulement perpendiculaire au plan horizontal ; mais aussi parallèle au plan vertical.

La projection horizontale de la courbe donnera la droite $a\, m\, n\, o\, b$. Ces descriptions très importantes de la projection des lignes courbes permettra de bien saisir par la suite dans la construction des épures de la coupe des pierres toutes les projections des arcs plein-cintre ou autres, représentés tantôt par une ligne droite, tantôt par une ligne courbe.

Projection des Surfaces.

Soit la surface A B C D (fig. 185), inclinée par rapport aux plans de projection, et la surface E F G H parallèle au plan horizontal de projection, et perpendiculaire au plan vertical ; en considérant ces surfaces comprises dans le même périmètre des lignes de projections horizontales, on obtient la même projection horizontale *a e*, *b f*, *c g*, *d h* pour ces deux surfaces ; tandis que sur le plan vertical on obtient le rectangle $a' b' c' d'$ pour la surface A B C D et une ligne droite $e' f' g' h'$ pour la surface E F G H. Ce qui démontre que deux surfaces différentes entre elles peuvent avoir au moins une de leurs projections identiquement semblable, et que, pour connaître exactement leur position dans l'espace, il est essentiel d'avoir leurs deux projections.

Projection des Solides.

Le solide le plus simple et celui que l'on conçoit le mieux est le *cube ;* considérons donc, d'abord, les projections d'un cube A B C D E F G H (fig. 188) placé parallèlement par rapport aux deux plans de projection ; on remarquera que les projections de ce *cube* sur chacun des plans de projection, seront exactement des carrés, et indiquées sur la figure par les lettres minuscules correspondantes.

Si le cube A B C D E F G H est oblique par rapport aux deux plans de projection (fig. 189), ses projections, au lieu d'être comme dans le premier cas des carrés parfaits, deviendront des rectangles ; comme il sera facile de s'en convaincre en examinant la figure. Ces rectangles, comme dans le premier cas, sont indiqués par des lettres minuscules, correspondant respectivement à chaque lettre majuscule du cube de l'espace.

Si l'on considère un *cylindre* perpendiculaire au plan horizontal (fig. 190), et dont les bases sont parallèles entre elles, on voit que sa projection verticale donne un *rectangle*, et sa projection horizontale un *cercle*, sur la figure nous avons indiqué des lettres, de façon à ce que l'on se rende bien compte des projections horizontales et verticales ; rien qu'à l'inspection de cette figure l'on voit qu'elle est aussi simple que les premières,

Nous passerons rapidement sur les autres projections de solides pour éviter de répéter les mêmes explications indéfiniment; du reste en examinant les figures, on se rendra compte de la forme des diverses projections.

La figure 191 représente les projections d'un *cylindre oblique* par rapport aux deux plans de projection, pour tracer les projections, on fera bien d'inscrire les bases dans des carrés; ce qui simplifiera beaucoup les opérations, et donnera plus de régularité à la figure.

La figure 192 donne la vue d'un *cube* incliné sur les deux sens ; en le plaçant de telle sorte que la diagonale qui joint l'angle B à l'angle H soit perpendiculaire au plan horizontal.

Cette position détermine comme projection horizontale un *hexagone régulier* vu en perspective (fig. 192) et comme projection verticale un *rectangle ;* pour s'en convaincre, nous conseillons de reproduire cette construction au géométral, de façon à voir les projections dans leur grandeur réelle.

La figure 193 représente une *pyramide quadrangulaire* dont le plan de base est parallèle au plan horizontal.

La figure 194 donne la projection d'un *cône* placé dans les mêmes conditions que la *pyramide* ci-dessus.

Enfin la figure 195 représente les projections d'une *sphère ;* dans cette figure, quelle que soit la position de la sphère, ses projections, soit verticale, soit horizontale, sont toujours des cercles, tant que l'on mène des tangentes à la sphère, perpendiculairement aux deux plans de projection.

Nous conseillons aux élèves de faire les épures de ces diverses projections, en suivant les principes énoncés dans les notions de géométrie descriptive, de cette façon ils obtiendront les figures en vraie grandeur.

DES PÉNÉTRATIONS DE SOLIDES

(*Planche* 9.)

L'étude de la pénétration des solides est une des plus importantes, pour cette raison qu'en coupe de pierres, on a fréquemment à tracer des épures dans lesquelles se trouvent des pénétrations de *voûtes cylindriques, coniques* ou *sphériques.*

Nous tâcherons d'être simple dans notre exposé ; afin de bien faire comprendre la manière de déterminer les diverses courbes résultant de la pénétration des solides ; notre ouvrage n'étant pas seulement *théorique ;* mais surtout *pratique,* ainsi que nous l'avons énoncé dans le titre de l'ouvrage.

Nous donnerons enfin la manière de procéder. sans entrer dans des détails scientifiques qui compliqueraient la description et pourraient nuire à la clarté de la démonstration.

PÉNÉTRATION DE DEUX CYLINDRES DE MÊME DIAMÈTRE SE RENCONTRANT A ANGLE DROIT.

(*Fig.* 196.)

Cette pénétration que l'on rencontre fréquemment en coupe de pierre dans les voûtes d'arêtes par exemple, se trace de la manière suivante :

Les deux *cylindres* A et B de même diamètre étant donnés, et se rencontrant à angles droits (fig. 196), on déterminera les courbes résultant de leur pénétration en coupant premièrement ces deux cylindres par un plan parallèle à leur base, on obtiendra ainsi deux arcs de cercles égaux ; pour avoir ces arcs en vraie grandeur, il suffira de les rabattre autour d'un de leur diamètre comme charnière ; on choisit comme diamètre celui qui est parallèle au cylindre B, on obtient en *C' i a b* etc. la vraie grandeur du cercle de base du cylindre B, et en *O' m n p* etc., la vraie grandeur du cercle de base du cylindre A ; il suffit alors de diviser ces deux cercles en un certain nombre de parties respectivement égales ; puis de mener par chacun des points de division des génératrices à chaque cylindre ; à l'intersection de ces génératrices menées par les points de division correspondants, on obtient un point de la courbe de la pénétration.

Par exemple, en menant la génératrice du cylindre B par le point *e* et celle du cylindre A par le point correspondant *p*, on obtiendra en *e'* un point de la courbe, et ainsi des autres.

Nous ferons remarquer qu'il ne faudra pas confondre pour mener les génératrices les points de division correspondants des deux arcs de cercle, ceux-ci se trouvant inversement placés ; ceci tient à ce qu'il faut faire deux *rabattements* pour obtenir la vraie grandeur des cercles des deux cylindres, ces cercles n'étant pas situés dans un même plan.

Pour expliquer ce *rabattement*, nous figurerons (fig. 197) les opérations tracées précédemment, sur la figure 196; le premier rabattement s'opère en faisant tourner le cercle C′ du cylindre B, autour du diamètre $a\,a$ comme charnière pour obtenir sa vraie grandeur; tandis que, pour l'autre plan, on fait tourner le cercle O′ autour du diamètre $m\,u$, il y a donc deux opérations distinctes, d'où deux rabattements. On remarquera (fig. 196) que les deux courbes de pénétration sont des lignes droites, pour avoir la vraie grandeur de chacune de ces courbes, la courbe $m\,a$, par exemple, il faudra rabattre cette courbe en la faisant tourner autour de $m\,a$ comme charnière.

Pour cela, on mène une ligne $m_1\,a_1$ (fig. 198) parallèle au plan qui contient la courbe $m\,a$; de chacun des points de la courbe $b'\,e'$ C′ etc., on même des perpendiculaires sur cette droite $m_1\,a_1$, puis de chacun des points e'_1 C'_1 etc., on porte les hauteurs $e'\,i$ en $e'_1\,e_1$, et ainsi des autres points, il ne reste plus qu'à joindre tous les points $b_1\,e_1\,c_1\,e_1\,b_1\,a_1$ ainsi obtenus pour avoir le rabattement de la courbe de pénétration des deux cylindres.

Cette première manière de procéder a l'inconvénient de compliquer les opérations, en ce sens, qu'il faut se figurer des rabattements dans certaines positions difficiles à saisir.

Tandis que, si l'on rabat simplement les bases des *cylindres*, ce qui donnera deux arcs de cercle, et que l'on divise chacun d'eux en parties égales, que par chacun des points de division, on mène des parallèles à l'axe de chaque cylindre correspondant; à la rencontre de ces parallèles, on obtiendra les points de la projection de la courbe de pénétration. Soit, par exemple, les deux bases rabattues suivant les cercles *m n p r s t u* et *m n′ p′ r′ s′ t′ u′* (fig. 196) divisées également suivant ces points ; en menant du point *p* une parallèle *p b* à l'axe du cylindre A, et au point *p′* une parallèle *p′ e* à l'axe du cylindre B, à leur rencontre en *e′* on aura un point de la projection de la courbe ; on obtiendra les autres points en opérant de la même manière,

Pour avoir la vraie grandeur de la courbe (fig. 198), on opérera comme il a été dit précédemment.

PÉNÉTRATION DE DEUX CYLINDRES DE DIAMÈTRES DIFFÉRENTS, QUI SE RENCONTRENT, A ANGLE DROIT.

(*Fig.* 199.)

On trace à part (fig. 200), d'abord un arc de cercle A B C dont le rayon soit égal à celui du *cylindre* B, en ayant soin que le rayon A B se trouve dans le prolongement de l'axe B M du *cylindre* B ; puis sur le rayon A C prolongé, on porte la distance C E égale au rayon du cylindre A, on décrit un arc de cercle du point C comme centre avec C E pour rayon, on divise ensuite le quart de cercle E D en un certain nombre de parties égales E *d e* D ; on abaisse des perpendiculaires de chacun de ces points sur le quart de cercle A B C, puis, après avoir préalablement reporté le cercle C D E sur la figure 199 en C′ E′ C′, on mène des parallèles des points E *d e* D à l'axe B M du cylindre B jusqu'à leur rencontre avec le cercle C′ E′ D′, on obtient les points d'intersection *c′ e′ d′* E′ ; de ces points l'on abaisse des perpendiculaires et, à leur rencontre avec les parallèles à l'axe B M, menées des points *c b a*, on obtient autant de points de la projection de la courbe déterminée par la rencontre des deux cylindres; il ne reste qu'à joindre ces points $C' c' b' a'$ etc., pour avoir la projection de cette courbe.

Nous avons représenté (fig. 201) une coupe perspective de la rencontre des deux cylindres A et B; à seule fin de démontrer, que si l'on voulait obtenir la vraie grandeur de la courbe de pénétration, il suffirait de mener une série de plans parallèles à la base du cylindre B dont les intersections donneraient des *cercles*, sur le cylindre B, et des *rectangles*, sur le cylindre A; à la rencontre de ces cercles et de ces rectangles, aux points *a b c* (fig. 201) on aurait divers points de la courbe.

Lorsque deux *cylindres de même diamètre* se rencontrent à angle droit, comme (fig. 202), leur intersection est une ellipse, et on obtient la vraie grandeur de cette ellipse en opérant comme il a été dit (fig. 198). Il en est de même lorsque deux *cylindres de même diamètre* se rencontrent obliquement (fig. 203).

PÉNÉTRATION DE DEUX CYLINDRES DE DIAMÈTRES DIFFÉRENTS SE RENCONTRANT OBLIQUEMENT.

(*Fig.* 204.)

La démonstration de cette figure est semblable à celle décrite (fig. 199); à l'exception, que les deux quarts de cercle de la figure 200, se trouvent remplacés par deux quarts d'ellipse (fig. 205), et que les axes *a c* et *c g* sont parallèles à l'axe du cylindre A.

On prendra la ligne *m o* (fig. 204) pour la moitié du grand axe de l'ellipse, que l'on portera en *a c* (fig. 205), et la moitié du petit axe *a b*, sera donnée par la moitié du diamètre du grand cylindre B, on prolonge ensuite la moitié du grand axe *a c* jusqu'en *g*; de façon que *c g* soit égal à $m n$ de la figure 204 ; cette distance $c g$ est prise pour moitié du grand axe de l'autre quart de l'ellipse; puis on prend pour moitié du petit axe, la ligne cj qui est égale au rayon du petit cylindre A ; les deux quarts d'ellipse étant tracés, on divise le plus petit en un nombre quelconque de parties égales ; on obtient les points $j\ i\ h\ g$ par exemple ; par chacun de ces points, on mène des parallèles à $a g$ jusqu'à la rencontre avec l'autre quart d'ellipse ; ce qui donne les points $d e f$. On trace ensuite la droite $r s$ sur le cylindre A perpendiculairement à l'axe Ao (fig. 204), sur cette droite on porte la distance $g x$ en $r t$; la distance $l h$ en $r v$, et $k i$ en $r u$; des points $u v t$ ainsi obtenus, on mène des parallèles à l'axe Ao, et à la rencontre des parallèles fu_1, ev_1, $a't_1$, menées à l'axe M N du cylindre B ; on a autant de points par lesquels on fait passer la courbe ; on continue l'opération pour avoir la projection entière de la courbe de pénétration.

PÉNÉTRATION D'UN CYLINDRE ET D'UNE SPHÈRE, L'AXE DU CYLINDRE NE PASSANT PAS PAR L'AXE DE LA SPHÈRE.

(*Fig.* 206.)

Pour obtenir la projection de la courbe de pénétration, on coupe les deux solides par une série de plans parallèles à la base du cylindre A, les plans seront vus suivant les droites CD, EF, GH, IJ, et détermineront sur le cylindre A et sur la sphère B des cercles. Ces arcs de cercles se couperont en un certain nombre de points ; pour obtenir ces points, il suffira de rabattre ces cercles autour de leur diamètre, pour les avoir en vraie grandeur, et au point de rencontre, on aura le point d'intersection où doit passer la courbe de pénétration ; il suffira de ramener ce point dans sa première position pour avoir le point où la courbe de pénétration doit passer. Considérons le plan GH, par exemple, pour rabattre le cercle résultant de la section du plan GH sur le cylindre ; du point R comme centre, pris sur l'axe du cylindre, on décrit une circonférence avec RG pour rayon ; on rabat ensuite le cercle résultant de la section de ce même plan GH avec la sphère ; pour cela du point S comme centre, pris sur l'axe de la sphère, avec SH comme rayon, on décrit une circonférence ; à la rencontre de cette circonférence avec la première, on a le point c_1 qui est un point de la courbe de pénétration ; on ramène ce point c_1 dans sa position première ; pour cela, on élève une perpendiculaire de ce point c_1 jusqu'à sa rencontre avec le plan GH ; on obtient en c un point de la projection de la courbe ; on opère de la même façon pour les autres plans, ce qui donne les points *a b c d* de la courbe ; il ne reste plus qu'à les joindre. Pour obtenir la vraie grandeur de cette courbe, il suffit de faire passer une courbe par les points M a_1 b_1 c_1 d_1 N qui ne sont autres que les points *a b c d* rabattus.

La figure 207 représente le plan de base du cylindre A, et par conséquent, le cercle résultant de la section faite sur le cylindre A par les plans CD, EF, etc.

PÉNÉTRATION DE DEUX CONES DE DIMENSIONS DIFFÉRENTES ET DONT LES AXES SONT PARALLÈLES.

(*Fig.* 208.)

Pour cette pénétration, on n'aura qu'à suivre ce qui a été dit précédemment ; les opérations étant exactement les mêmes ; il suffira de couper les deux cônes par des plans parallèles à leurs bases. On se reportera aux lettres correspondantes.

PÉNÉTRATION DE DEUX CONES DE DIMENSIONS DIFFÉRENTES ET QUI SE RENCONTRENT OBLIQUEMENT.

(*Fig.* 209).

Les opérations sont exactement les mêmes que celles de la figure 206; seulement dans ce cas, on aura soin de remarquer, que la section faite par chacun des plans parallèles sur le cône oblique B, est une ellipse ; quand on rabattra chacun des plans parallèles, il faudra donc tracer autant d'ellipses que l'on aura de plans parallèles ; pour le reste, les opérations sont les mêmes que celles qui ont été décrites précédemment (fig. 206).

PÉNÉTRATION D'UN CONE : 1° PAR UN CYLINDRE DONT L'AXE EST PARALLÈLE A L'AXE DU CONE ; 2° PAR UN CYLINDRE DONT L'AXE EST OBLIQUE A L'AXE DU CONE.

(*Fig.* 210.)

Ce qui a été dit ci-dessus s'applique à ces pénétrations ; il suffira d'examiner les constructions tracées sur la figure pour s'en convaincre. Dans le premier cas, les plans parallèles déterminent des arcs de cercles sur le cône C et sur le cylindre B, dont l'axe est parallèle à celui du cône ; dans le second cas, les plans parallèles déterminent aussi des arcs de cercles sur le cône, mais des ellipses sur le cylindre oblique A.

PÉNÉTRATION D'UNE SPHÈRE ET D'UN CYLINDRE, DONT LA CIRCONFÉRENCE N'ENTRE QU'EN PARTIE DANS LA SPHÈRE.

(*Fig.* 211.)

Les opérations étant toujours les mêmes, nous ne les répéterons pas, il suffit d'examiner la figure pour saisir les opérations.

PÉNÉTRATION D'UNE SPHÈRE ET D'UN CONE, QUI N'ENTRE QU'EN PARTIE DANS LA SPHÈRE.

(*Fig.* 212.)

Les opérations sont les mêmes que celles décrites précédemment, nous ne les répéterons pas.

PÉNÉTRATION D'UNE SPHÈRE DANS UN CONE, QUI ENTRE ENTIÈREMENT DANS LA SPHÈRE.

(*Fig.* 213.)

On procède exactement de la même manière que pour la pénétration indiquée (fig. 206).

PÉNÉTRATION DE DEUX SPHÈRES DE DIAMÈTRES DIFFÉRENTS.

(*Fig.* 214.)

La pénétration de deux *sphères* de mêmes diamètres ou de diamètres différents donne toujours, pour courbe de pénétration, une circonférence.

La figure 214 représente deux sphères S et S′ de diamètres différents : sur la figure, la circonférence est vue suivant la droite MN, pour avoir sa vraie grandeur il suffirait de décrire une circonférence du point O comme centre avec OM pour rayon.

MANIÈRE DE TRACER UNE HÉLICE SUR UN CORPS CYLINDRIQUE.

(*Fig.* 215.)

Pour tracer cette courbe, on décrit au-dessous du cylindre un demi-cercle C ; on le divise en un certain nombre de parties égales, en A B C D E F G ; puis, sur le cylindre, on tracera des parallèles à la base dont l'écartement, toujours égal, sera proportionné au plus ou moins grand développement que l'on voudra donner à l'hélice ; ensuite, des points A B C D etc, on mènera des perpendiculaires jusqu'à la rencontre avec les lignes tracées sur le cylindre, qui représentent en réalité des cercles ; on joindra les points *a b c d e f g f' e' d' c' b' a'* ainsi obtenus ; ce qui donnera l'hélice cherchée.

DES OUTILS

(*Planche* 10.)

Conseillant aux élèves qui désirent apprendre sérieusement la *coupe des pierres,* de *couper des modèles en plâtre,* nous donnons ici une série d'*outils* néces saires à ce travail.

LES OUTILS INDISPENSABLES POUR COUPER LE PLATRE, C'EST-A-DIRE POUR CONFECTIONNER LES MODÈLES, SONT LES SUIVANTS :

Un couteau rond, dont le taillant devra être maintenu très droit (fig. 216).

Trois ciseaux de menuisier, dont la *soie* devra être coupée, l'un de $0^m,040$ de largeur ; l'autre de $0^m,025$, et le troisième de $0^m,010$ (fig. 217-218-219)

Une gouge (fig. 220).

Quelques limes douces (fig. 221-222), dont une **demi-ronde** (fig. 223), et une **petite râpe demi-ronde** (fig. 224).

Une équerre à chapeau, en fer de $0^m,13$ de branche (fig. 225).

Un compas à pointes sèches (fig. 226).

Un trusquin (fig. 227).

Une pointe à tracer très fine (fig. 228).

Une scie à araser (fig. 229).
Une scie à chantourner (fig. 230).
Une égoïne ou scie à main (fig. 231).
Une brosse à argenterie (fig. 232).

LES OUTILS INDISPENSABLES POUR TAILLER LA PIERRE SUR LE CHANTIER SONT :

Une pioche à pierre dure, outil à deux pointes fig. 233).

Une pioche à pierre tendre (fig. 234).

Un marteau *avec un taillant d'un côté* et une **bretture** de l'autre (fig. 235).

Des ciseaux (fig. 236), et **une gradine** (fig. 237).

Un maillet en buis (fig. 238).

Une râpe (fig. 239).

Une petite masse (fig. 240) et **un poinçon** (fig. 241).

Une boucharde (petite masse dont les deux têtes sont taillées en diamant) (fig. 242).

Un têtu (marteau à une tête carrée d'un côté, et une à pointe de l'autre) (fig. 243).

Un têtu de chantier (marteau à long manche, à deux têtes carrées) (fig. 244).

Un petit compas (fig. 245).

Un compas d'appareil (fig. 246).

Quelques règles plates de diverses longueurs en sapin; une brosse (fig. 247).

Une équerre en fer (fig. 248).

TRACÉ DES ÉPURES

On donne le nom *d'épure* au résultat des diverses projections à l'aide desquelles on parvient à se rendre compte, dans tous les sens, en petit sur le papier, ou en grand sur une aire ou un enduit, des mesures et des formes d'une partie d'édifice.

L'épure sur une petite échelle peut suffire pour les constructions qui ne présentent aucune complication dans leur forme ou dans leur appareil ; mais dès qu'il s'agit de *pièces de trait*, l'épure *grandeur d'exécution* devient indispensable.

L'art de *tracer les épures* est la partie la plus essentielle *de la coupe des pierres;* il consiste à exprimer par des lignes tout ce qui est nécessaire pour le développement des parties d'un arc, d'une voûte, d'un escalier, etc.

Il ne faut pas perdre de vue que nous n'avons pas eu la pensée de faire une œuvre scientifique; mais une étude pratique qui sera, nous l'espérons, à la portée de toutes les intelligences. Nous trouvons qu'on fait aujourd'hui trop de science et pas assez de pratique.

Les épures composant cet ouvrage sont d'ailleurs tellement claires, tellement compréhensibles, que de longues explications nous semblent, la plupart du temps, superflues.

Chaque épure se compose d'un plan, d'une ou plusieurs élévations, de deux coupes et des développements des claveaux ou des voussoirs, formant les fermetures de toutes les pièces de trait, ainsi que de quelques vues perspectives.

MANIERE DE PROCÉDER POUR CONSTRUIRE L'ÉPURE

On commence par établir le *plan,* puis *l'élévation* ou les *élévations*, et enfin les *coupes*, qu'on obtient au moyen de la projection des lignes de *l'elévation géométrale* et de celles du plan.

En regard des pièces, dont on veut obtenir le développement, on reproduit la coupe qui se rapporte à chacune de ces pièces ; et c'est au moyen, précisément, de cette coupe, qu'on obtient la forme de chacune des surfaces qui composent la *pièce* dont on veut obtenir le *développement*.

Dès les premières épures, l'élève n'a pas à chercher ; il est familiarisé avec tous les termes. Il sait ce que c'est qu'un *plan*, une *élévation*, une *coupe,* un *joint*, un *parement*, une *douelle,* etc, etc.

Dans toutes les épures composant cet ouvrage, les couleurs sont adoptées par l'usage :

Les parements sont indiqués par un ton de pierre.

Les lits et les crossettes horizontales, par un ton carmin foncé.

Les joints et les coupes, par un ton carmin clair.

Avant d'entrer dans les détails des épures, nous croyons utile pour en faciliter l'intelligence et la mise en pratique, de placer ici quelques instructions préliminaires relatives à la manière de *tracer* et *couper le plâtre*.

L'élève d'abord, sauf quelques cas exceptionnels qui seront indiqués dans le cours de cet ouvrage, ne devra se servir, pour tracer, que du *compas*, de la *règle,* de *l'équerre* et du *trusquin*. Il devra reproduire sur le plâtre, au moyen de ces divers instruments, la forme très exacte des morceaux composant les pièces de trait. Il devra procéder par *équarrissement*. Ce sera pour lui.

d'une part, le moyen de tracer juste, et, de l'autre, d'apprendre non seulement à tracer les épures, *grandeur d'exécution*, mais aussi à tracer plus tard les pierres sur le chantier. Il importe qu'il se pénètre de cette idée, et c'est là, s'il est permis de le dire, un des mérites de l'étude de la stéréotomie pratique, telle que nous la proposons, que quiconque sait tracer un petit morceau de plâtre dans l'atelier, peut apprendre en très peu de temps, à tracer un morceau de pierre sur le chantier.

L'appareilleur, travaillant sur le terrain beaucoup plus vaste et ayant affaire à des masses qu'on ne remue que très difficilement, ne peut pas toujours employer les mêmes procédés. Si l'épure de petite dimension, qui est la représentation exacte du modèle qu'il se propose de couper, suffit naturellement à l'élève, il n'en est pas de même pour lui. Il lui faut, non seulement un *plan général* de la construction qu'il s'agit d'édifier, mais un *calepin*, une *épure grandeur d'exécution*, enfin des *panneaux*, qui lui servent, d'une part, à faire sur le chantier le choix de ses morceaux de pierre, et, de l'autre, au moins le plus souvent, à les tracer. Le *panneau* lui permet non seulement de faire vite et facilement le choix des morceaux dont il a besoin, mais encore de faire souvent des économies de pierre; mérite justement apprécié chez un appareilleur.

L'élève, lui, au contraire, ne devra se servir du *panneau*, ainsi que nous l'avons dit plus haut, que dans des cas tout à fait exceptionnels, c'est-à-dire lorsqu'il lui sera matériellement impossible de se servir du *compas*, de la *règle* et de *l'équerre*.

Comme l'appareilleur sur le chantier, il devra commencer par faire un *lit* sur lequel il tracera la forme en plan qu'il entend donner à son morceau, en ayant toutefois soin de se rendre compte si toutes ses faces fournissent à *l'équerre*, c'est-à-dire s'il n'y a nulle part ce qu'on appelle du *maigre ;* puis il fera ses parements sur lesquels il tracera, toujours d'après son épure, la forme qu'il convient de lui donner ; ensuite il fera ses *joints* et son second *lit ;* enfin s'il s'agit d'un voussoir, il fera ses *coupes* et ses *douelles*.

Au moyen de *cerces*, il tracera la courbure de ses arcs ; il aura, bien entendu, le soin de présenter, de temps en temps, son morceau sur l'épure, de façon à s'assurer s'il a tracé juste.

Il s'empressera, cela va sans dire, de rectifier les erreurs qu'il aurait pu commettre.

Pour gagner du temps et obtenir des surfaces très droites, il se servira d'une table de marbre d'environ $0^{m},50$ sur $0^{m},40$ et $0^{m},03$ environ d'épaisseur. Après les avoir ébauchées, il dressera les surfaces, au moyen de grès dur très fin.

Pour tracer les épures sur le papier et aussi pour tracer sur le plâtre, l'élève ne devra se servir que de crayons taillés très fin en langue de chat.

Telles sont, en quelques lignes, les instructions que nous avons annoncées, et qui suffiront à l'élève pour apprendre à *tracer* et à *couper le plâtre*.

MANIÈRE DE POSER LES PIERRES DE TAILLE

(*Planche* 10.)

A proprement parler, on n'emploie pour la construction des édifices, que trois sortes de pierres, qui sont :

La *roche*.

Le *banc royal*.

La *pierre tendre*.

La *roche* est, bien entendu, la pierre la plus dure

Le *banc royal* est une sorte de pierre qui, sous le rapport de la dureté, tient le milieu entre la roche et la pierre tendre.

Quant à la *pierre tendre*, son nom seul indique sa nature et le rôle qu'elle est appelée à jouer.

Comme nous l'avons dit plus haut (aux définitions), pour débiter la *roche* et le *banc royal*, on se sert d'une *scie à grès* (fig. 249) ; on met le grès et l'eau au moyen d'une cuiller avec un long manche pour faire le service (fig. 250) ; pour débiter la *pierre tendre*, on se sert d'une *scie à dents* (fig. 251). Depuis un certain nombre d'années, on est parvenu, en se servant d'outils perfectionnés, à débiter certaines sortes de *banc royal* avec des scies à dents.

Lorsqu'il s'agira de *murs* ou *pieds-droits* formés d'assises horizontales, on fera bien, avant de procéder à la pose, de vérifier si ces lits sont bien dressés et dégauchis, et si les joints sont bien d'équerre sur ces lits.

Pour faire un *lit*, opération d'une grande importance, et qui joue un grand rôle dans la taille et la pose de la pierre, le tailleur de pierre doit commencer par mettre en *chantier*, c'est-à-dire de *champ* avec une petite inclinaison, la pierre dont il veut faire le lit. Puis il dresse le bord vertical de droite en regardant le lit, au moyen d'une *plumée* de dix centimètres de largeur, sur laquelle il pose de champ une règle plate dépassant d'une certaine quantité le dessus de cette pierre ; avec une seconde règle placée sur le bord de gauche, se dégauchissant avec la première, il trace une ligne qui lui permet de faire sa seconde *plumée*. Cette *plumée* faite, il trace en haut et en bas, deux autres lignes, d'une *plumée* à l'autre, et finit son lit en abattant la pierre à la règle d'un bord à l'autre.

C'est en *bornoyant*, c'est-à-dire en fermant un œil pour regarder de l'autre à une certaine distance, que l'on ajustera la seconde règle, de façon que sa partie supérieure se dégauchisse avec celle de la première. Par ce moyen, qui est d'ailleurs le seul en usage, on sera sûr d'obtenir une surface parfaitement plane, c'est-à-dire sur laquelle une règle peut s'appliquer dans toutes les directions.

Les pierres étant préparées, comme il vient d'être expliqué, voici comment il faudra procéder à leur pose.

On commencera par déraser, bien de niveau, avec un *niveau en bois* d'une forme triangulaire ou quadrangulaire (fig. 251 et 252) ou d'un niveau à *bulle d'air*, le lit ou la surface, sur laquelle les pierres doivent être posées.

On les amènera ensuite sur le tas à la place qu'elles doivent occuper; au moyen de *roules* de diverses grosseurs (fig. 253 et 254), puis on relèvera chaque pierre sur quatre cales d'environ $0^m,08$ à $0^m,10$ carrés, sur $0^m,06$ ou $0^m,08$ de hauteur, posées aux quatre angles, et, après avoir bien nettoyé et arrosé le tas, ainsi que le *lit de dessous* de la pierre à poser, on étendra une couche de *mortier* fait avec du sable fin; puis on ôtera les cales, et on lâchera la pierre sur le mortier. Enfin on la battra avec un *pilon* en bois dur, ou une *mailloche*, afin, d'une part, de bien l'asseoir sur son lit et la mettre de niveau, et, de l'autre, de faire refluer le mortier jusqu'à ce que le joint n'ait plus au minimum que huit ou dix millimètres de hauteur.

L'épaisseur maximum d'un joint pour les constructions ordinaires, est de un centimètre,

S'il s'agit de *travaux hydrauliques*, si on se sert, par exemple, de ciment et de tuileaux pilés ou de matières de ce genre, on fera des joints plus forts. Il n'y a, à notre sens, nul inconvénient à avoir de forts joints, quand on emploie des ciments ou des mortiers présentant une résistance égale à celle de la pierre.

Lorsque les *ouvriers poseurs* sont familiarisés avec cette méthode, que nous avons mise pour notre part en pratique, il y a quarante ans, ils comprennent vite qu'elle est plus expéditive et moins compliquée, que celle qui consiste à *poser sur cales* et à *ficher* au moyen de *fiches* (fig. 255 et 256).

Nous recommandons donc, d'une façon toute particulière, cette manière de poser la pierre dure et le banc royal, qui réunit certainement les avantages de la manière généralement pratiquée aujourd'hui et de celle des anciens. — Ces derniers qui, on le sait, posaient leurs pierres *à cru* les unes sur les autres, c'est-à-dire sans mortier, finissaient de dresser les lits de leurs pierres en les frottant l'une sur l'autre avec de l'eau et du *sablon* ou quelque autre matière analogue à la nature du *grès*.

L'usage du mortier de très bonne qualité, très bien fait, très bien employé, ne peut pas nuire à la solidité ; au contraire, il ne peut, en augmentant l'union des matériaux, que leur donner une plus grande stabilité.

POSE DE LA PIERRE DURE A LA LOUVE.

(*Planche* 10.)

Si nous recommandons cette manière de poser la pierre dure et le banc royal, lorsqu'il s'agit de travaux d'une importance relative, qui ne permettent pas toujours de faire des frais d'établissement considérables, nous en recommandons une autre, et cela d'une façon toute particulière, qui, quoique peu en usage à Paris, n'en est pas moins bonne, et peut même être considérée comme la meilleure, c'est celle à laquelle on donne le nom de *Pose à la louve*.

On l'emploie de temps immémorial dans tout le midi de la France. C'est au moyen de cet instrument que l'on a exécuté, entre autres, tous les grands travaux de restauration de l'amphithéâtre de Nîmes et de la cathédrale de cette ville.

La *louve* est un outil en fer qu'on place dans un trou fait exprès dans le lit de dessus d'une pierre, et qui sert à l'enlever du sol pour la laisser descendre ensuite à la place où l'on veut la poser.

Pour obtenir ce résultat et recueillir tous les avantages de ce système de pose, on devra établir au-dessus du tas, à la plus grande hauteur possible et nécessaire, une *grue* mobile qui, au moyen de deux petits chemins de fer établis parallèlement, permettra d'abord d'élever la pierre à la hauteur que l'on voudra, ensuite de la conduire et de la laisser descendre sur la couche de mortier étendue à la place qu'elle devra occuper. Cette couche de mortier devra avoir environ $0^{m},015$ d'épaisseur.

La pierre étant posée, on la bat, comme il est dit ci-dessus pour la mettre de niveau et faire refluer le mortier jusqu'à ce que le joint n'ait plus que dix millimètres de hauteur.

Cette manière de poser la pierre est sans contredit, la plus simple, la meilleure et la plus expéditive.

Elle supprime tout à la fois le *brayage*, une partie du *bardage* et le *roulage sur le tas*, qui, sont les causes incessantes de nombreuses écornures que l'on fait généralement à la pierre ; non seulement pour la monter et la rouler sur le tas, mais aussi pour la poser.

Elle supprime aussi la *cale* et le *fichage*, qui n'est acceptable qu'autant que le mortier est de très bonne qualité. Donc, au moyen de la *louve*, le poseur ne se sert plus de la *pince* que pour régulariser la pose. On évite aussi les taches qui reparaissent impitoyablement et ne s'effacent jamais, quoiqu'on fasse, lorsqu'on a remplacé la pierre par du plâtre ou du mortier.

Il y a trois sortes de *louves*.

L'une, celle dont on se sert dans divers chantiers à Paris et dans tout le midi de la France (fig. 257-260).

L'autre, dont on se sert très peu, du moins pour le moment, quoiqu'elle soit, à notre sens, préférable aux premières; toutes deux sont en fer. On se rendra compte de sa forme en examinant les figures 258 et 259.

S'il est bon, très bon, de poser la pierre dure sur mortier, *sans cales*, il n'en est pas de même de la pierre tendre.

Ici nous pensons qu'il n'y a nul inconvénient de conserver la manière actuelle, qui consiste à poser la pierre sur *trois cales*, (ces cales doivent être en sapin et posées sous la forme d'un trépied, un peu en arrière des arêtes), à faire ensuite les joints en plâtre, et, enfin à la couler avec du plâtre *gâché clair*, en ayant soin de prendre, au préalable, toutes les précautions recommandées pour la pose de la pierre dure.

Les principales raisons, pour lesquelles nous maintenons cette manière de poser, sont que, d'une part, la plupart des pierres tendres ne se prêteraient nullement, à cause de leur peu de dureté et de leur peu de consistance, au *pilonage*, et que, de l'autre, n'ayant pas aussi lourd à porter que la *roche* et le *banc royal*, il n'est pas nécessaire de prendre d'aussi grandes précautions.

En général d'ailleurs, voici en quelques mots le rôle que les trois sortes de pierre, dont nous pouvons disposer, sont appelées à jouer dans la construction des édifices :

Avec la *roche*, on fait les caves et les rez-de-chaussée ;

Avec le *banc royal*, on fait l'entresol ou le premier étage ;

Avec la *pierre tendre*, on fait tout ce qui est au-dessus de ce premier étage.

Si le cadre de cet ouvrage n'était pas aussi restreint, nous dirions deux mots du *chaînage*, qui joue un si grand rôle dans la construction des édifices, et qui, il faut le dire, est aujourd'hui si perfectionné ; mais nous réservons cette question pour plus tard. — Ici nous n'avons à nous occuper que de la *stéréotomie* au *point de vue de la coupe des pierres*, et bien entendu, *de leur pose*.

TABLEAU COMPARATIF

des principales natures de pierres employées de nos jours, et il y a cinquante ans à Paris; avec leur provenance et la dénomination des différents édifices où elles ont été employées.

IL Y A CINQUANTE ANS :	DE NOS JOURS :
MARCHES — POUR ESCALIERS ET PERRONS	
Liais de **Bagneux** (Seine). Líais de **Cliquart** (Seine). Palais de Justice, à Paris. Liais de **Saint-Denis** (Seine). Liais de **Senlis** (Oise).	Liais de **Corgoloin** (Côte-d'Or). Banque de France. Liais d'**Echaillon blanc** (Isère). Roche d'**Ancy-le-Franc** (Yonne). Palais de Justice, à Paris.
BALCONS	
Liais de **Carrières Saint-Denis** (Seine). Liais de **Cliquart** (Seine). Liais de **Senlis** (Oise). Liais de **Bagneux** (Seine). Roche de **Venderesse** (Aisne).	Roche de **Villebois** (Ain). Roche de **Comblanchien** (Côte-d'Or). Roche fine de **Saint-Maximin** (Oise). Roche de **Chassignelles** (Yonne). Roche de **Pargny** (Aisne). Roche de **Courville** (Marne).
LIBAGES	
Roche de **La Plaine** (Seine). Roche de **Bagneux** (Seine). Roche de **Châtillon** (Seine).	Roche de **Mareuil** (Aisne). Roche de **Saint-Maximin** (Oise). Roche de **Môloy** (Aisne).
SOCLES	
Roche de **Bagneux** (Seine). Corps Législatif; le Val-de-Grâce; Palais du Luxembourg. Roche de **Clamart** (Seine). Roche de **Laversine** (Aisne). Palais de Justice, à Paris (Police correctionnelle); Palais du Louvre. Roche de la **Butte-aux-Cailles** (Seine). Roche de **Saint-Maximin** (Oise). Roche de **Crouy** (Aisne). Palais du Louvre.	Roche d'**Euville** (Meuse). Banque de France. Roche de **Comblanchien** (Côte-d'Or). Gare Saint-Lazare. Roches de **Château-Landon** et de **Souppes** (Seine-et-Marne). Eglise du Sacré-Cœur de Montmartre; différents ponts et parapets; ministère de l'Agriculture et du Commerce. Roche de **Sainte-Ylie** (Jura). Palais de Justice, à Paris. Roche de **Laversine** (Aisne). Les Arts et Métiers, à Paris. Liais d'**Echaillon blanc** (Isère). Piédestaux des statues du Jardin des Tuileries.

IL Y A CINQUANTE ANS :	DE NOS JOURS :

EN ÉLÉVATION

AU-DESSUS DU SOCLE, A REZ-DE-CHAUSSÉE

IL Y A CINQUANTE ANS	DE NOS JOURS
Liais des **Arrues** (Châtillon, Seine). Palais de Justice, à Paris (Police correctionnelle).	Roche de **Ravières** (Yonne). École de Pharmacie, à Paris ; Lycée Jeanson de Sailly, à Passy.
Roche du **Moulin-de-la-Roche** (Seine). Dite petite roche.	Roche de **Pargny** (Aisne). Ministère de l'Agriculture et du Commerce ; la Belle Jardinière.
Roche de **Pargny** (Aisne).	Roche d'**Euville** (Meuse) Bibliothèque Nationale ; Palais de Justice, à Paris ; l'Hôtel-Dieu, à Paris ; la Sorbonne : la gare Saint-Lazare ; la Bourse du Commerce
Roche de **Môloy** (Aisne).	Roche de **Saint-Maximin** (Oise). Les Arts et Métiers, à Paris.
Roche de **Silly** (Aisne).	

EN ÉLÉVATION

AU-DESSUS DU REZ-DE-CHAUSSÉE, DANS LA HAUTEUR DU PREMIER ÉTAGE

IL Y A CINQUANTE ANS	DE NOS JOURS
Banc royal de l'**Abbaye-du-Val** (Isle-Adam, Seine-et-Oise).	Banc royal de l'**Abbaye-du-Val** (Isle-Adam, Seine-et-Oise). Banque de France ; École de Pharmacie, à Paris.
Banc royal de **Marly-la-Ville** (Seine-et-Oise).	Banc royal de **Marly-la-Ville** (Seine-et Oise). Les Arts et Métiers, à Paris.
Banc royal de **Méry** (Seine-et-Oise).	Banc royal de **Méry** (Seine-et-Oise). École de Pharmacie, à Paris ; lycée Jeanson de Sailly, à Passy.
Banc royal de **Saint-Leu** (Oise).	Banc royal de **Saint-Leu** (Oise). L'Hôtel-Dieu, à Paris.
Banc royal de **Silly** (Aisne).	Banc royal de **Saint-Waast** (Oise). Palais de Justice, à Paris.
Banc royal de **Saint-Waast-lès-Mello** (Oise).	

EN ÉLÉVATION

AU-DESSUS DU PREMIER ÉTAGE

IL Y A CINQUANTE ANS	DE NOS JOURS
Banc royal tendre de l'**Abbaye-du-Val** (Seine-et Oise).	Banc royal tendre de l'**Abbaye-du-Val** (Seine-et-Oise).
Banc royal tendre de l'**Isle-Adam** (Seine-et-Oise).	Banc royal tendre de l'**Isle-Adam** (Seine-et-Oise).
Banc royal tendre de **Méry** (Seine-et-Oise).	Banc royal tendre de **Méry** (Seine-et-Oise).
Banc royal tendre de **Saint-Maximin** (Oise).	Banc royal tendre de **Saint-Maximin** (Oise).
Banc royal tendre de **Saint-Waast** (Oise).	Banc royal tendre de **Saint-Waast** (Oise). Palais de Justice, à Paris.
Banc royal tendre de **Silly** (Aisne).	Banc royal tendre de **Vergelé de Saint-Waast** (Oise). Palais de Justice, à Paris.
Banc royal tendre de **Vergelé** (Oise).	Banc royal tendre de **Saint-Leu** (Oise).
Banc royal tendre de **Saint-Leu** (Oise).	

ORIGINE DE LA COUPE DES PIERRES.

(*Planche* 11.)

Nous donnons, dans cet ouvrage, quelques exemples de voûtes anciennes pour faire voir, que l'on n'est pas arrivé du premier abord à tracer les divers appareils de voûtes que l'on exécute de nos jours ; en effet les anciens pouvant disposer de blocs de pierre énormes, eurent d'abord l'idée de faire des *voûtes plates*, en employant ces immenses pierres. Nous donnons (fig. 261) un exemple de ces voûtes plates ; mais pour les exécuter, il faut que la pierre que l'on emploie, soit d'une grande résistance ; de nos jours, il est très rare de voir des plates-bandes faites avec un seul morceau de pierre. Si on le fait, ce n'est que dans le cas où l'écartement des pieds-droits est très petit ; ce sont plutôt des linteaux que de véritables *plates-bandes*, et la charge qu'on leur fait porter est très minime.

Aujourd'hui, les pierres résistantes, de grandes dimensions, manquant en grande partie, on a recours aux divers appareils que nous étudierons plus loin.

Les anciens, pour varier la forme de leurs voûtes, eurent recours à diverses combinaisons ; en superposant plusieurs pierres horizontalement (fig. 262), ils formaient ainsi un *appareil à redans ;* cet appareil, qui repose sur un principe d'équilibre, présente un grand inconvénient, car il faut faire en sorte que la partie entaillée soit au moins égale à la partie qui se trouve à l'aplomb des pieds-droits.

Nous avons indiqué par des lignes ponctuées (fig. 262), les diverses formes de voûtes plates ou circulaires qui pourraient être faites dans un *appareil à redans;* comme on le remarquera, ces voûtes ne peuvent avoir aucune résistance par suite des aiguités qui en résultent. De façon à diminuer la longueur des pierres à employer, on eut alors recours à l'appareil formé par deux pierres inclinées (fig. 263) ; cet appareil a été employé fréquemment par les Égyptiens pour former les plafonds de leurs tombeaux ; dans les pyramides par exemple ; nous en donnons (fig. 270) un exemple frappant, en reproduisant *l'entrée de la grande pyramide.*

On essaya, aussi, de construire des voûtes en combinant les appareils précédents (figure 264); mais la forme polygonale obtenue n'est pas très satisfaisante d'abord comme coup d'œil, ensuite comme solidité.

Nous donnons ici textuellement un passage du magnifique ouvrage de Rondelet, notre maître, dont nous nous sommes inspirés, et dont nous avons jusqu'ici suivi les principes; ce passage tiré du tome deuxième, page 6 se rapporte aux figures 267 et 268 représentant deux parties de murailles antiques, rapportées dans le *musœum Etruseum de Gori*, tome III, page 65.

« La figure 267 est prise dans les ruines de l'ancienne « ville de Calydon dans le *golfe de Corinthe.* Gori assure « que ces constructions ont été exactement dessinées « et mesurées sur les lieux par *Cyriaque d'Ancône,* « antiquaire, peintre et architecte, en 1436.

« La figure 268 est tirée des restes d'une ancienne « ville grecque, désignée sous le nom d'*Argos d'Ambracie,* située sur les côtes de la *mer Adriatique* dans « le *golfe de Larta.*

« Ces constructions sont faites en très grandes pièces « posées sans mortier et bien jointes.

« On voit dans chacun de ces murs une arcade de six « à sept pieds de largeur, qui paraît avoir été percée « dans la masse après leur construction.

« La partie de muraille tirée de l'ancienne ville de
« Calydon (fig. 267) est formée de pierres de différentes
« hauteurs, posées dans une même assise ; en sorte
« que les plus hautes répondent quelquefois à deux
« assises sans liaison.

« Les pierres les plus longues ont 22 pieds, leur plus
« grande hauteur d'assise est de 5 pieds. « On n'a pas
« évalué ces pieds en mètres, parce qu'on ne sait pas de
« quelle espèce de pied il s'est servi ; cependant il est
« probable que c'est du pied romain. » Le cintre de
« l'arcade est aussi dans deux pierres, ce qui réduit
« leur épaisseur à rien dans le milieu ; mais elles sont
« recouvertes par une seule pierre de 29 pieds de lon-
« gueur. »

« La partie de l'arcade percée dans la muraille
« d'Argos (fig. 268) est prise dans deux pierres d'une
« même assise, de manière qu'il se trouve un joint
« d'aplomb au milieu. Ces pierres ont chacune 10 pieds
« de long sur 5 de haut, et forment l'épaisseur du mur
« qui peut avoir 4 pieds. Dans la même construction,
« il se trouve des pierres depuis 12 jusqu'à 18 pieds
« de longueur, l'assise du bas a 6 pieds de hauteur. »

« De chaque coté de l'arcade, on lit une inscription
« grecque en très grandes lettres, (nous n'avons pas
« reproduit ces inscriptions sur la figure) celle à droite
« signifie *Céphalos*, *doux* ou *humain*, et celle à gauche
« *Andronique, percepteur des contributions, vous salue.*
« Chacune de ces constructions porte par le bas une
« espèce de moulure ou demi-base. »

On voit par toutes les phases où l'on a passé avant d'arriver à exécuter les voûtes modernes dont nous donnons des exemples (fig. 265 et 266), et tant d'autres que nous étudierons dans la suite de cet ouvrage.

La figure 269, tirée de l'ouvrage de Rondelet, représente un tombeau pyramidal à l'ouest de la grande pyramide; cettte figure fait connaître une sorte d'appareil dont l'Égypte offre de nombreux exemples, et qu'on retrouve dans plusieurs monuments antiques de Grèce et d'Italie.

Nous avons donné la vue de ce tombeau, à seule fin, de montrer l'appareil des murs, dont les joints verticaux ne sont pas tous perpendiculaires aux lits de base.

Cet exemple, avec ceux figurés (fig. 267 et 268), peut nous donner une idée de l'appareil des murs de l'*antiquité ;* nous pouvons donc aborder dès maintenant l'étude de l'appareil des murs.

DES MURS.

(*Planche* 12.)

Nous n'étudierons dans cet ouvrage que des appareils réglés, laissant de côté les autres, qui peuvent varier à l'infini.

Nous avons figuré (fig. 271), un appareil simple, par assises réglées, chaque pierre formant l'épaisseur du mur. Cet appareil, comme on l'observe sur la figure, consiste en des assises de même hauteur dont la longueur de chaque morceau est double de sa hauteur. Cet appareil est très propre à servir pour la décoration ; aussi les Romains ont-ils souvent imité cet appareil pour la décoration de leurs temples.

Le deuxième appareil que nous figurons (fig. 272) ne diffère du premier que par la division de la longueur des différents morceaux composant les assises.

La première assise est semblable au premier appareil indiqué (fig. 271), tandis que la deuxième est formée de morceaux moitié moins long, c'est-à-dire carrés.

La figure 273 représente un appareil composé avec les deux premiers exemples intercalés ; c'est-à-dire un morceau dont la longueur est double de la hauteur et d'un morceau carré sur la face.

Cet appareil, ainsi que le précédent, forment une série de *chaînes* sur les parements.

On peut faire aussi un appareil réglé avec des assises de différentes hauteurs (fig. 274), en ayant soin de reproduire la même symétrie à des hauteurs données.

On verra un exemple de cet appareil à l'École de Médecine, à Paris.

Pour les *murs en talus* (fig. 275), il faut avoir soin de retourner les joints ou les assises sur une certaine longueur perpendiculairement au talus, afin d'éviter les aiguités.

Les *murs de rampe* sont généralement appareillés comme il est indiqué (fig. 276), c'est l'appareil le plus simple et le plus rationnnel et celui qui offre le plus de solidité. Comme on le remarque, toutes les coupes ont été tracées perpendiculairement à la *ligne de rampe*.

Nous indiquons (fig. 277) l'extrémité de la première assise qui reçoit la butée des autres morceaux composant la rampe.

Les figures 278 et 279 indiquent, la première, un angle appareillé en évidant les assises, la seconde sans évidement, en formant tout simplement l'*appareil dit à besaces*, nous avons tracé (fig. 280), l'appareil d'un *pan coupé* de petite dimension, on voit que le tracé de cet appareil est semblable à celui de la figure 278.

La figure 281 donne l'appareil qui peut se présenter à la rencontre de deux murs ; les morceaux sont évidés pour former harpes et faire liaison avec la continuité des murs.

Les *jambes étrières*, placées à la tête d'un mur mitoyen, sont appareillées de même ; elles sont placées au rez-de-chaussée, et l'un des côtés au moins fait tableau. Si les deux côtés forment liaison avec les murs de face on les appelle *jambes-boutisses*.

Les dimensions des jambes étrières exigées par les règlements de voiries sont, pour les longues, $1^m,45$ de longueur, compris leur queue dans le mur mitoyen, et pour les courtes $1^m,30$ de longueur, chaque côté doit avoir au moins un dosseret de $0^m,12$ de saillie, le parement des *jambes étrières et boutisses* doit rester vu du côté de la voie publique, et complètement libre de bandeau et corniche.

La hauteur des assises des *jambes étrières* varie suivant la largeur de la voie publique.

Le socle, qui porte une retraite, varie de $0^m,80^c$ à $1^m,15$ de hauteur.

L'assise placée directement au-dessus ne doit pas avoir moins de $0^m,55$ de hauteur et les autres moins de $0^m,40$: mais dans tous les cas chaque assise doit être formée d'un seul morceau.

La figure 282 représente un appareil de *mur circulaire*, il est essentiel dans cet appareil, pour éviter les aiguités, de faire les joints perpendiculaires à la courbe des parements ; pour cela, on trace les joints en les faisant partir des points du centre C.

PLATE-BANDE DANS UN MUR A PLOMB.

(*Planche* 13.)

L'épure de la planche 13 représente une *plate-bande ans un mur à plomb*.

Cette épure se compose d'un plan, d'une élévation, à deux coupes et des développements du *sommier* ou *coussinet*, ainsi que du premier claveau de droite; nous avons en outre figuré la vue perspective du premier claveau de gauche et de la contre-clef de droite, pour bien faire saisir la forme de ces claveaux.

Cette épure, ainsi que la plupart de celles qui vont suivre, sont faites à l'échelle de $0^m,03^c$ pour mètre.

Les *plates-bandes* d'une seule pièce furent certainement, chez tous les peuples, les premiers moyens qu'ils employèrent pour fermer les baies et ouvertures.

Dans les monuments antiques, les plates-bandes et les architraves étaient presque toujours d'une seule pièce.

Plus tard, on peut le supposer, les matériaux de grandes dimensions venant à manquer, on est arrivé à appareiller les plates-bandes, c'est-à-dire à les faire en plusieurs pièces.

Ce dernier procédé présente, d'ailleurs, tout à la fois, oins de difficultés pour l'exécution et plus de solité.

Après avoir passé par plusieurs phases, on est arrivé à créer un appareil que nous appellerons *normal*, et qui n'a cessé jusqu'à notre époque de servir de base.

De quelle façon faut-il donc procéder pour appareiller une plate-bande et dresser son épure?

L'ouverture de la baie A B étant déterminée, on la divise en un nombre impair de parties égales, telles que A C, C D, D E, E F, F B, en tenant compte des matériaux dont on peut disposer.

Pour obtenir les coupes des *claveaux*, il faut d'abord déterminer le *centre* O qui servira à tracer lesdites coupes.

Il y a plusieurs manières de déterminer ce centre; mais celle dont nous nous sommes servis, et que nous conseillons après *Rondelet*, nous semble la meilleure de toutes, tant qu'elle ne donne pas trop d'inclinaison aux coupes ; nous indiquerons plus loin (planche 17) une autre manière de tracer les coupes.

Ainsi que l'indique l'épure, il faut, pour déterminer ce point de centre, prendre au compas l'ouverture de la baie A B, et décrire deux sections qui partiront des deux angles A et B de la dite baie, et, la rencontre des deux sections déterminera le centre O d'où, passant par les points de division de la plate-bande, partiront les lignes propres à déterminer l'inclinaison de la coupe des claveaux, telles que *a* G, *c* H, *d* I, etc.

Pour les premiers claveaux, au lieu de suivre une ligne inclinée jusqu'au-dessus de la plate-bande, chaque claveau est terminé par une surface horizontale qu'on nomme *tas de charge*, comme G R et L S.

Comme nous l'avons dit plus haut, ce moyen a l'avan tage de procurer une meilleure assiette à la maçonne rie, dont une plate-bande peut être surchargée.

Pour éviter les aiguités, qu'il faut surtout redouter dans l'emploi de la pierre, on fera une crossette verticale ou à plomb, dont la hauteur est indéterminée ; nous avons indiqué cette crossette avec les lettres A *a*, C *c*, D *d*, etc.

Les avis étant partagés à l'égard des crossettes horizontales, qui se placent à la moitié de la hauteur des claveaux et de la clef, nous avons indiqué dans l'épure, des crossettes M N, P Q, dans les claveaux de droite et des coupes droites, comme on les fait généralement, dans les claveaux de gauche.

Si nous avons conservé la crossette dans nos épures, et dans les modèles, qui font partie de notre grand ouvrage de *stéréotomie*, quoiqu'elle ne soit plus en usage à Paris, c'est parce que nous avons pensé et que nous pensons encore que la crossette est une bonne chose, qui ne peut qu'ajouter à la solidité des édifices. — Il n'est pas sans exemple que des clefs soient descendues, faute de cette crossette, qui n'a été supprimée que dans un but d'économie mal entendue de pierre, de taille et de pose.

Les Romains, d'ailleurs, qui, avec les Grecs, ont été nos premiers initiateurs en architecture, l'avaient déjà employée, et en avaient fait, entre autres cas, l'application à l'une des portes du palais de Dioclétien à Spalatro et aussi au théâtre d'Orange.

Les Arabes, eux aussi, qui ont donné une si grande impulsion à l'architecture, ont si bien cru à l'utilité de la crossette, qu'ils en ont mis dans presque tous leurs monuments, aussi bien dans les arcs que dans les plates-bandes, et que, pour augmenter la solidité, ils affectaient de faire les joints des portes et des voûtes en pierre de taille, par ondulations et dentelés, et que, souvent, ils ont poussé le luxe de la crossette jusqu'à en faire un ornement (Voir, à cet égard, les nombreux exemples reproduits par M. *Pascal Coste* dans son magnifique ouvrage intitulé : *L'Architecture Arabe* ou *Monuments du Caire*. Dans l'*Encyclopédie* de *Diderot*, tome I, planche 3, *de la coupe des pierres*, on retrouve le tracé des crossettes. Dans le très intéressant et très savant tableau de géométrie et de la coupe des pierres publié par M. l'ingénieur *A. M. Perrot*, qui reproduit un assez grand nombre d'appareils à crossettes, cet honorable ingénieur n'hésite pas à dire que cet appareil est le plus solide.

L'élève ne devra donc pas s'arrêter aux critiques plus ou moins fondées des professeurs en stéréotomie de la fin de notre siècle, qui, pour la plupart du moins, paraissent ignorer les œuvres si remarquables de no premiers initiateurs en architecture. Il devra donc suivre très tranquillement son chemin, poursuivre ses études sans se troubler, et, au résumé faire des crossettes. En faisant des crossettes, il ne s'écartera pas comme il lui sera facile de s'en convaincre, des véritables principes. Plus tard, quand il fera de la pratique, il prendra parti et verra ce qu'il doit faire.

S'il partage notre manière de voir, il s'épargnera la tristesse de recourir au moyen trop généralement employé, et qui présente de si grands inconvénients, c'est-à-dire à ces horribles linteaux en fer que l'on entaille dans le dessous ou l'intrados des arcs et des plates-bandes, et dont l'emploi est la meilleure preuve que ceux qui s'en servent n'ont eux-mêmes pas grande confiance dans la solidité des claveaux et des voussoirs sans crossettes.

Pour obtenir les deux coupes rabattues de chaque côté du plan ; on trace les lignes X Y à 45 degrés, et à la rencontre des horizontales menées de chaque point de l'élévation avec ces lignes à 45 degrés, on abaisse des perpendiculaires ; on a ainsi les projections des coupes, comme il sera facile de s'en convaincre en examinant l'épure.

Le plan est vu en dessous, de façon à voir les divisions de la baie indiquée par $a_1 a_2$, $c_1 c_2$, $d_1 d_2$, $e_1 e_2$, $f_1 f_2$, $b_1 b_2$. Le développement du sommier s'obtient en traçant : 1° deux lignes parallèles R′R′ et $R_1 R_1$, dont l'écartement est égal à l'épaisseur du mur en plan ; on projette ensuite les parements intérieur et extérieur du sommier pris sur l'élévation, nous avons mis les mêmes lettres pour bien indiquer l'opération ; il ne s'agit plus ensuite que de porter la longueur de chaque côté des parements sur les lignes parallèles pour avoir le développement complet, chacune des faces porte des lettres correspondantes à celles de l'élévation.

On a tous les autres développements en opérant de même, comme on peut le voir au développement du premier claveau de droite indiqué sur l'épure : pour bien comprendre les développements des différents claveaux, nous conseillerons, ainsi que nous l'avons déjà dit pour le développement des solides, de tracer ces développements sur du carton mince et de les découper, de façon à pouvoir reconstituer les claveaux, tels qu'ils existent réellement.

Pour tailler un claveau, il faut prendre un morceau de pierre carrée, renfermant le claveau, comme l'indique le pointillé dans la vue perspective du premier claveau de gauche, tracer ensuite les parements, et tailler la pierre en suivant le tracé; cette méthode es dite par *équarissement*.

PLATE-BANDE AVEC JOINTS VERTICAUX A L'EXTÉRIEUR ET COUPES A L'INTÉRIEUR.

(*Planche* 14.)

L'épure de la planche 14, se compose d'un plan, d'une élévation, de deux coupes, des développements du sommier et du premier claveau de gauche, ainsi que des vues perspectives de ces deux claveaux. Cette épure ne diffère de la planche 13, que parce que les joints apparents, au lieu d'être inclinés, sont à plomb, on en voit de nombreux exemples, sous les passages du vieux Louvre et à la porte Saint-Denis. On les appelle plates-bandes en *fausse-coupe;* ce qui prouve que ces plates-bandes sont aussi solides que celles dont les coupes sont inclinées et apparentes, c'est qu'aucune de celle du vieux Louvre n'a bougé.

Pour construire l'épure, même procédé que pour la planche 13.

On donnera aux fausses coupes la longueur qu'on voudra. En se reportant, comme dans l'épure précédente, aux lettres correspondantes, on saisira la manière de tracer les développements de tous les claveaux.

PLATE-BANDE DANS UN MUR EN TALUS.

(*Planche* 15.)

Cette épure se compose de deux plans, de deux élévations, de quatre coupes, des développements du sommier et du premier claveau de droite, et de deux vues perspectives des sommiers.

Pour construire cette épure, on commence par tracer l'élévation de la face intérieure, qui est à plomb, en suivant les principes qui ont été donnés planche 13, on trace ensuite les coupes pour déterminer le talus, et pour obtenir le plan, il suffit de projeter : 1° Au moyen de verticales tous les points de l'élévation, et 2° à l'intersection de ces lignes avec les lignes horizontales projetant tous les points pris sur les coupes, on obtient tous les points du plan ; il ne reste qu'à les joindre convenablement pour obtenir le plan complet ; soit vu, en le regardant en dessus ou en dessous, le principe est le même.

L'élévation de la face en talus se trouve en redressant cette élévation pour l'avoir en vraie grandeur, pour cela, il suffit de déterminer l'angle $X_1\,X\,X_2$ égal à l'angle que fait l'élévation en talus avec la verticale, puis du point X comme centre, on trace l'arc $X_1\,X_2$ qui donne suivant la ligne $X\,X_2$ la vraie hauteur de l'élévation, on relève ainsi tous les autres points.

Pour tracer le développement, on fait la projection des coupes, comme cela est indiqué aux développements du sommier et du premier claveau de droite, en prenant les longueurs sur les coupes générales, soit pour la projection du sommier la longueur 1, 2 reportée en 1′, 2′, la longueur 3, 4 reportée en 3′, 4′ et ainsi de suite, on projette ensuite le parement intérieur, comme il est dit planche 13, que l'on développe sur la ligne G′ G′. Les inclinaisons des développements du parement en talus s'obtiennent en projetant tous les points de la coupe et à leur intersection avec les perpendiculaires élevées sur le développement de la face à plomb, on a autant de points du développement.

En examinant l'épure, on comprendra facilement les diverses opérations, en se reportant toujours aux lettres correspondantes.

Pour tracer chaque claveau, on suppose qu'il fait partie d'un mur dont les deux faces sont à plomb. Et ensuite, lorsque la pièce sera taillée ou seulement tracée, on déterminera la partie qui doit être retranchée pour former le talus. Les lignes pointillées dans les vues perspectives indiquent suffisamment le mode de procéder.

PLATE-BANDE DANS UNE TOUR RONDE.

(*Planche* 16.)

Cette épure se compose d'un plan, d'une élévation géométrale, de deux coupes, des développements du premier claveau de droite et de la contre-clef de gauche, ainsi que des vues perspectives du premier claveau de droite et de la contre-clef de gauche. Comme pour la planche 13, l'ouverture A B de la baie étant déterminée ; on la divise en un nombre impair de parties égales, et on détermine les coupes de la même façon, c'est-à-dire en faisant passer une ligne qui, partant du point de centre O, passe par chacun des points de division a, c, d, e, f, b.

Pour tracer les assises, on fera des panneaux de plan, qu'on appliquera sur les lits des assises et des claveaux.

Pour tracer les coupes des claveaux, on portera au compas, parallèlement aux têtes, la longueur de ces coupes.

Comme on peut le voir sur l'épure, pour éviter les aiguités, on retourne les points d'équerre sur les parements dans une longueur suffisante, en faisant partir du point de centre O′ ayant servi à tracer le plan, les lignes qui doivent déterminer les joints.

Le plan des assises des claveaux étant tracé, l'épure de cette pièce n'est pas plus difficile à construire que celle d'une plate-bande dans un mur à plomb (planche 13), ce sont exactement les mêmes procédés, seulement, ce qui importe pour opérer juste, c'est que, sans tenir aucun compte de la partie circulaire; on porte comme toujours les coupes parallèlement aux têtes de la baie.

Pour obtenir les développements des claveaux, le procédé est toujours le même, faire la projection des coupes, puis tracer le plan d'une assise, ensuite le développement des parements intérieur et extérieur, en suivant les principes décrits pour le développement d'un cylindre (planche 6), on fait ensuite les développements des coupes et des lits comme il a été dit dans les épures précédentes.

On remarquera que nous avons mis les mêmes lettres à toutes les épures qui précèdent, de façon à éviter des répétitions inutiles dans le texte surtout pour des épures aussi simples.

PLATE-BANDE BIAISE DANS UNE TOUR RONDE.

(*Planche* 17.)

Cette épure se compose d'un plan, d'une élévation géométrale, de deux coupes, des développements du sommier, du premier claveau de droite et du premier claveau de gauche, et de la vue perspective de la clef.

Pour dresser cette épure, et pour tracer les pierres, on emploiera les mêmes procédés que pour la planche 16.

Cependant, nous avons indiqué un autre moyen de tracer les coupes en élévation, car il arrive quelquefois dans la pratique, que le premier procédé donne trop de coupes; pour les redresser, au lieu de décrire des arcs de cercles avec l'ouverture de la baie pour rayon, on porte trois fois le rayon sur l'axe, on obtient le point 3 que l'on prend pour centre, pour mener toutes les coupes par les points de division déterminés comme dans les épures précédentes.

Les lettres indiquées sur l'épure correspondent du reste aux lettres de la planche 16, il est alors facile de se rendre un compte exact des opérations.

Dans cette épure, comme dans la précédente, les coupes sont parallèles aux têtes ; nous indiquerons dans une épure postérieure, le cas où les têtes et les coupes vont au centre O′ qui a servi à tracer le plan.

PLATE-BANDE DANS UNE TOUR RONDE EN TALUS.

(*Planche* 18.)

Cette épure se compose d'un plan, de la projection de la plate-bande; des développements des faces extérieure et intérieure, de deux coupes, du développement du sommier et de sa vue perspective.

Pour construire cette épure, on trace d'abord la projection de la plate-bande ; ici, nous avons indiqué pour tracer les coupes, le même principe que nous avons donné planche 17, puis, on détermine le talus sur les coupes par les lignes 1.2, par exemple, représentant le talus pris sur l'axe de la baie, on projette ensuite tous les points pris sur la ligne 1.2, sur l'axe 1′ 2′ en plan, du point O′ comme centre, on décrit des arcs de cercles ; ces arcs représentent autant de plans coupant le cône parallèlement à sa base ; à l'intersection de ces cercles avec les lignes projetant tous les points de la projection de la plate-bande, on obtient une série de points qu'il suffit de joindre convenablement pour avoir le plan complet. Les coupes de chaque côté se déterminent comme il a été dit précédemment, en projetant tous les points pris sur le plan.

Le développement de la face intérieure, qui n'est autre que le développement d'un cylindre (planche 6), s'obtient en divisant le plan en un certain nombre de parties égales et les plus petites possibles, puis, sur une ligne droite, on porte toutes ces divisions ; sur l'épure, les lignes obliques indiquent bien les points correspondants ; une fois le développement de la face intérieure obtenu, pour tracer les coupes, il suffit de prendre sur le plan chaque point près de la division la plus proche, et de reporter cette distance sur le développement.

Le développement de la face en talus représentant un cône droit, on peut suivre, pour le développement de cette face, le principe indiqué sur la planche 6 ; sur l'épure nous avons fait ce développement au moyen d'une série de projections ou de changements de plans pour développer toutes les courbes qui ont été tracées en plan ; la ligne $X_4 Y_4$ est donnée par l'angle que fait la face en talus avec une verticale : on prend cet angle sur une des deux coupes, la ligne $X_4 J$ est perpendiculaire à cette ligne $X_4 Y_4$; la ligne $X_3 Y_3$ est à 45 degrés. Il suffit ensuite de mener des horizontales jusqu'aux génératrices des cônes, correspondantes aux divisions du plan, on joint ensuite les différents points obtenus, à la main ou au pistolet, pour avoir le développement des courbes du plan, on complète le développement de la même manière que pour le développement de la face intérieure. Pour avoir le développement du sommier, par exemple, on prend le développement du parement sur le développement général des deux faces, ensuite on complète le développement comme il a été dit précédemment.

Pour éviter les aiguités, les joints ont été retournés d'équerre sur une certaine longueur.

Pour tracer la pierre, on fera nécessairement des panneaux de plan pour toutes les assises et tous les claveaux ; on trouvera le talus de chacune des pierres sur le plan et sur les coupes ; enfin, comme pour toutes les pièces de trait en talus, lorsque chaque assise ou chaque claveau sera taillé ou seulement tracé, on déterminera la partie qui doit être retranchée pour former le talus.

ARC PLEIN-CINTRE DANS UN MUR A PLOMB.

(*Planche* 19.)

L'épure de la planche 19 représente un arc *plein-cintre dans un mur à plomb*.

Les voûtes et les arcs à sections circulaires, c'est-à-dire plein-cintre, sont des constructions en pierres, en briques, en moellons ou en meulière, que l'art a imaginées pour suppléer aux planchers et aux *linteaux*, afin de rendre les édifices plus durables et plus beaux et les mettre à l'abri des incendies.

Que l'arc soit plein-cintre, *surbaissé* ou *surhaussé*, le principe est toujours le même pour tracer les coupes des voussoirs.

L'arc étant déterminé, on le divise en un nombre impair de parties égales, A C D E F G H B.

Pour obtenir les coupes des voussoirs, on fait passer une ligne qui, partant du point de centre de l'arc O, passe par chacun des points de division dudit arc.

Cette opération faite, on détermine la hauteur des assises R Q, S I, T U, etc, qui devra correspondre, autant que possible, à celle des pieds-droits, et de façon aussi à avoir des coupes de dimensions convenables.

Pour les premiers voussoirs, au lieu de suivre indéfiniment une ligne inclinée, chaque voussoir est terminé par une surface horizontale qu'on nomme *tas de charge*, S Q et *t* I par exemple.

Ce moyen, ainsi que nous l'avons dit plus haut (planche 13), a l'avantage de procurer une meilleure assiette à la maçonnerie et une meilleure liaison.

Ici encore, nous maintenons la crossette N P pour la clef et la contre-clef.

On pourra toujours, si l'on veut, faire cette économie, supprimer la crossette. Le principe restera exactement le même. Il suffira de prolonger la première partie de la coupe jusqu'à l'extrados de l'arc.

Pour obtenir le développement, on suivra le même principe indiqué planche 13; du reste tous les développements sont indiqués par des lettres correspondantes à celles de l'élévation.

ARC PLEIN-CINTRE DANS UN MUR A PLOMB D'INÉGALE ÉPAISSEUR.

(*Planche* 20.)

L'épure de la planche 20 représente *un arc plein-cintre dans un mur à plomb d'inégale épaisseur.*

Cette épure se compose, comme les précédentes, d'un plan, de deux coupes et de deux élévations, l'une de la face intérieure et l'autre de la face extérieure, des développements des deux premiers voussoirs, des vues perspectives des deux contre-clefs et de la clef.

Cette épure ne diffère de l'arc plein-cintre dans un mur à plomb (planche 19), que parce que le mur n'est pas d'égale épaisseur. Il s'ensuit, ce qui est facile à comprendre, que l'arc de la face principale n'est plus plein-cintre, puisque, la flèche étant la même, le diamètre de l'arc est plus grand, parce que le développement de cette face est lui-même plus grand que celui de la face intérieure. Il suffira, d'ailleurs, de consulter l'épure, pour se rendre un compte exact de la différence.

Ici, comme on peut le voir par les développements des voussoirs, toutes les surfaces, ainsi que l'épaisseur des pierres, varient. Ce sera donc sur le plan, en suivant bien les projections, qu'on obtiendra l'épaisseur de chacune des pierres composant cette *pièce de trait.*

Nous ne sommes pas, dans ce cas, de l'avis de RONDELET qui suppose que chaque pierre ou chaque voussoir fait partie d'un mur d'égale épaisseur dans toute sa longueur; nous estimons, au contraire, qu'en traçant, on pourra faire de grandes économies de pierre; qu'en faisant des *panneaux de plan*, qu'on présentera sur les morceaux qu'on aura sur son chantier, on pourra, en choisissant bien ses pierres, réaliser de notables économies.

Pour tracer les coupes des voussoirs, on prendra toujours pour bases les têtes des voussoirs qui sont ici *d'équerre* sur la face intérieure de la pièce qui a servi de base pour la construction de l'épure.

Ce sera toujours au moyen de deux sections faites parallèlement auxdites têtes que l'on devra procéder pour tracer les coupes des voussoirs. Jamais on ne devra les tracer suivant la face *biaise*, mais toujours parallèlement aux têtes.

Nous avons mis sur cette épure les mêmes lettres qu'à la planche 19, de façon à ne pas répéter les mêmes explications.

ARC PLEIN-CINTRE DANS UN MUR EN TALUS.

(*Planche* 21.)

L'épure de la planche 21 représente un arc plein-cintre dans un mur en talus, elle se compose de deux plans, de deux élévations, de quatre coupes, des développements du premier voussoir et de la contre-clef de droite, ainsi que de leurs vues perspectives.

Ici encore, c'est un cylindre venant pénétrer dans un mur, dont un parement est *à plomb* et l'autre en *talus*.

Pour construire l'épure, même procédé que pour l'arc plein-cintre (planche 19) et que pour la plate-bande dans un mur en talus (planche 15).

Pour tracer, on supposera que chaque voussoir fait partie d'un mur dont les deux faces sont à plomb. Et ensuite, lorsque la pièce sera taillée; ou seulement tracée, on tracera la partie qui doit être retranchée pour le talus.

ARC PLEIN-CINTRE DANS UN MUR EN TALUS D'INÉGALE ÉPAISSEUR.

(*Planche* 22.)

L'épure de la planche 22 représente un arc plein-cintre dans un mur en *talus d'inégale épaisseur*.

Cette épure se compose d'un plan, de deux élévations, de deux coupes, des développements des deux deuxièmes voussoirs et de leurs vues perspectives.

Ici encore, c'est un cylindre venant pénétrer dans un mur d'inégale épaisseur, dont une face est *à plomb* et l'autre en *talus*.

Côté de la face intérieure, l'arc est plein-cintre ; côté de la face extérieure on aura une ellipse, résultant de la section d'un cylindre par une face en talus compliquée par l'inégalité d'épaisseur du mur.

Pour tracer les pierres, on supposera que chaque pierre ou chaque voussoir fait partie d'un mur dont les deux faces sont à plomb ; puis on tracera la partie qui doit être retranchée pour former le talus.

En suivant le principe indiqué (planches 20 et 21), on arrivera sans difficulté à construire l'épure.

ARC SURBAISSÉ DANS UN MUR A PLOMB.

(*Planche* 23.)

L'épure de la planche 23 représente un *arc surbaissé* dans un mur à plomb.

L'arc est surbaissé lorsque la hauteur de cintre, autrement dit de la flèche, est moins grande que la moitié du diamètre ou rayon.

Il est peut-être nécessaire de faire remarquer, avant d'aller plus loin, que l'arc *plein-cintre* est de tous, le plus solide; que les voûtes et les *arcs surhaussés* sont plus solides et *poussent* moins que les voûtes et les arcs surbaissés.

Cette épure ne diffère de celle de l'arc plein-cintre que par la forme de l'arc qui, cette fois, est *elliptique*.

Les coupes, comme le précédent arc, comme dans tous les arcs, d'ailleurs, sont et doivent être *perpendiculaires à la courbure de l'arc.*

Il y a plusieurs manières de tracer cette courbe; (voir planche 2, fig. 61 et suivantes), mais celle que nous avons employée donne une forme qui nous semble, tout à la fois, des plus solides et des plus gracieuses.

Pour tracer cette courbe, on commence par diviser la flèche en un certain nombre de parties égales (huit, par exemple, comme dans cette planche); puis on mène par les points obtenus des lignes horizontales et indéfinies.

En regard, on trace un quart de cercle A O d'un rayon égal à celui de l'arc A B, que l'on divise sur sa hauteur en un même nombre de parties que la flèche, ainsi que l'indique l'épure; puis on mène des lignes horizontales, comme pour la flèche, qui s'arrêtent alors à l'arc de cercle. Ceci fait, on prend au compas, en commençant par le bas, la distance qu'il y a entre chacune des divisions, du centre à la circonférence, et on la porte sur chacune des divisions correspondantes de la flèche de l'arc à déterminer.

Après avoir marqué de cette manière tous les points d'intersection par lesquels devra passer l'arc, on trace à la main, ou mieux au *pistolet,* cette courbe qui, nous n'hésitons pas à le répéter, est des plus gracieuses et des plus solides.

Cette courbe étant tracée et l'arc étant enfin déterminé, on le divise, comme l'arc plein-cintre, en un nombre impair de parties égales, A C D E F G H B.

Pour obtenir les coupes qui devront passer par ces points, on élève, pour chacune d'elles, une *perpendiculaire sur la courbure de l'arc.* On y parviendra en portant, de chaque côté des points de division, une ouverture de compas égale; soit par exemple, le point C comme centre, on portera C A = C D; puis, de chacun de ces nouveaux points, A et D comme centres, avec une ouverture de compas plus grande qui reste indéterminée, on trace deux sections 9 et 10 par lesquelles on fait passer une ligne qui ne sera autre que la coupe des voussoirs.

Cette opération est des plus simples à comprendre et à exécuter, surtout si l'on consulte l'épure.

Les développements s'obtiennent de la même façon que pour l'arc plein-cintre dans un mur à plomb (planche 19).

ARC SURHAUSSÉ DANS UN MUR A PLOMB.

(*Planche* 24.)

L'épure de la planche 24 représente un *arc surhaussé* dans un mur à plomb.

Elle se compose d'un plan, d'une élévation, de deux coupes, des développements du premier voussoir, du deuxième voussoir, de la contre-clef de gauche et des vues perspectives des deux contre-clefs.

L'arc est surhaussé lorsque la hauteur du cintre est plus grande que la moitié du diamètre ou rayon.

Ces arcs, ainsi que nous l'avons dit plus haut, ont l'avantage de *pousser* moins que les *arcs surbaissés.*

Pour obtenir la courbure de cet arc et pour tracer les coupes, on emploie les mêmes procédés que pour l'arc surbaissé (planche 23).

ŒIL-DE-BŒUF DE FORME ELLIPTIQUE.

(*Planche* 25.)

L'épure de la planche 25 représente un *œil-de-bœuf* de forme elliptique.

Elle se compose, d'un plan, d'une élévation, de deux coupes, des développements du premier voussoir, d'une contre-clef de gauche et de la clef, ainsi que des vues du premier voussoir et de la clef.

Pour tracer l'ellipse, on emploie les mêmes procédés que pour les planches 23 et 24.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, ce procédé est le meilleur pour former l'ellipse, et celui le plus facile à se rappeler.

Comme on le remarquera, en examinant l'épure, cet œil-de-bœuf est formé par deux arcs surhaussés.

Comme dans les épures précédentes, les lettres indiquées sur l'élévation se reportent sur les parements de développement, et ensuite sur les développements eux-mêmes. En suivant ce système pour toutes les épures, il est facile comme on le voit, de se rendre un compte exact des diverses opérations, et cela sans recourir au texte, d'où économie notable de temps.

ARC OGIVE DANS UN MUR A PLOMB AVEC CLEF ET ARC OGIVE EXTRADOSSÉ AVEC JOINT VERTICAL AU MILIEU.

(*Planches* 26 *et* 27.)

La planche 26 représente un *arc ogive avec clef*, nous appelons spécialement l'attention sur cette épure, ainsi que sur l'épure qui suit, représentant un *arc ogive* extradossé avec *joint vertical au milieu* (planche 27); parce que, les avis des constructeurs étant partagés, nous avons tenu à donner, des deux épures, un parallèle. Sans vouloir entrer dans l'histoire de l'*Architecture*, nous ne pouvons, cependant, ne pas donner notre avis sur la constrution des arcs ogives.

Le *style ogival*, qui succéda à l'*architecture romane*, se divise en trois périodes : *primitive*, *secondaire* et *tertiaire*.

L'*ère ogivale primitive*, succédant à l'*ère romane*, fut fréquemment employée concurremment avec le *style roman*, dont un des principaux caractères, pour les portes, est l'*arc plein-cintre*.

La période primitive de l'*ère ogivale* est donc une période de transition, on la désigne souvent sous la dénomination de *roman de transition*.

En examinant les nombreux exemples de l'*ère ogivale primitive* qui existent encore de nos jours, surtout en Normandie, principalement dans le Calvados et parculièrement dans l'architecture religieuse, nous remar quons que le sommet des arcs ogives sont tantôt avec clef, tantôt avec un joint vertical à la rencontre de deux arcs.

De nombreux exemples existent à Paris, à la *Sainte-Chapelle*, à *Notre-Dame de Paris* et à l'*église Saint-*

Merri appartenant au style ogival bien que construit au commencement de la Renaissance.

A l'*Église Saint-Merri* principalement, on peut remarquer des arcs ogives les uns avec clef, et les autres avec un joint vertical au milieu, extradossés et non extradossés ; à notre avis, nous préférons l'arc ogive non extradossé avec clef, surtout comme construction, se reliant mieux à la maçonnerie environnante, et offrant plus de solidité, considérant l'*arc ogive* comme se rapprochant de l'*arc surhaussé*, ayant constaté, du reste, avec tous les constructeurs, que les *arcs surhaussés* poussent moins que les *arcs surbaissés* et *pleincintres*, la *poussée* agissant toujours sur la clef pour se reporter ensuite sur tous les voussoirs, le joint vertical des arcs ogives ne peut remplir ce but.

L'*arc ogive avec clef* (planche 26), se compose d'un plan, d'une élévation, de deux coupes, du développement du deuxième voussoir et de la clef. L'épure de l'*arc ogive extradossé avec un joint vertical* à la rencontre des arcs, se compose d'un plan, d'une élévation, de deux coupes, des développements du premier voussoir, des deux cinquièmes voussoirs, et des vues perspectives de ces deux cinquièmes voussoirs ; dans cette épure, nous avons indiqué une variante ; sur le cinquième voussoir de droite il y a une *crossette* pour éviter l'aiguité qui existe au sommet du cinquième voussoir de gauche.

La charge à laquelle sont soumis tous les arcs, agissant moins sur ces arcs ogives que sur les arcs surbaissés, on diminue quelquefois la longueur des voussoirs, au fur et à mesure que l'on approche du sommet. Sur les épures 26 et 27, les points de centre, qui servent à décrire les arcs, sont situés à la naissance de l'arc opposé ; mais ce centre peut varier suivant la largeur et la hauteur de la baie, et surtout par la forme adoptée.

Comme dans les épures précédentes, les lettres indiquées sur l'élévation correspondent aux lettres des développements.

ARC RAMPANT DANS UN MUR A PLOMB

(*Planche* 28.)

L'épure de la planche 28 représente un *arc rampant* dans un mur à plomb.

On fait usage de ces arcs pour établir des passages dans des parties de constructions en pente, telles que toits et rampes d'escaliers.

On s'en sert aussi pour contrebuter les points d'appui des *voûtes d'arêtes* ou autres voûtes.

Cet arc doit se *raccorder* avec la *ligne de sommité*, et avec celle de l'un des pieds droits. Ces deux points de raccordement déterminent *la ligne de naissance* qu'on appelle *ligne de rampe*.

Pour tracer la courbe de cet arc, on emploie les mêmes procédés que pour l'arc surbaissé ; mais au lieu de mener des lignes parallèles à l'horizon, on les mène parallèlement entre elles suivant la *ligne de rampe*.

En regard, comme pour l'arc surbaissé, on trace un quart de cercle dont le rayon est égal à celui de la ligne de rampe et est divisé, ainsi que l'indique la figure, en un certain nombre de parties égales entre elles ; huit par exemple, puis par les points de division on mène des parallèles. On prend ensuite, à chaque division, les distances qu'il y a de l'axe à la circonférence, et on les porte de chaque côté de la *ligne d'axe* des pieds-droits.

Les points d'intersection étant marqués, on tracera à la main, ou mieux au *pistolet*, la courbure de l'arc qui, comme on doit le reconnaître, est des plus gracieuses.

Pour obtenir les coupes des voussoirs, on mènera, en suivant les principes indiqués pour la planche 23, des *perpendiculaires à la courbe.*

Mêmes observations qu'à la planche 23 pour les *crossettes* et les *las de charge.*

Pour tracer l'arc rampant, on pourra se servir de l'une des constructions indiquées sur la planche 2.

Figures 68, 70, 71, 72.

Un simple examen de l'épure fera comprendre les diverses opérations nécessaires à sa construction.

ARC BIAIS DANS UN MUR A PLOMB

(*Planche* 29.)

L'épure de la planche 29 représente un *arc biais* dans un mur à plomb.

Cette épure se compose, comme les précédentes, d'un plan, de deux coupes, de deux élévations, l'une *géométrale* et l'autre *biaise* de la face intérieure, des développements des premier et deuxième voussoirs, et des vues perspectives du premier voussoir et de la clef.

Cet exemple reçoit assez fréquemment son application.

Pour la construction de l'épure, on emploiera les mêmes procédés que pour *l'arc plein-cintre* dans un mur à plomb (planche 19).

En étudiant l'épure, et pour peu que l'on ait déjà fait les premières, on se rendra compte des procédés qu'il faut employer pour la construire. C'est en suivant très attentivement le jeu des projections qu'on arrivera à la comprendre.

Quoique se rapprochant beaucoup de celle de l'arc plein-cintre, elle présente un grand intérêt et ne saurait, par conséquent, être négligée.

Il est essentiel de faire remarquer que l'arc d'élévation de la face intérieure, aussi bien que celui de la face extérieure, puisque les deux lignes sont parallèles, n'est pas plein-cintre, qu'il est le développement d'un cylindre qui vient traverser un mur en biais.

Pour choisir la pierre sur le chantier, la faire débiter et la tracer, on devra se servir de *panneaux de plan* très exactement faits, qui donneront, bien entendu, e biais de chacune des pierres.

Les coupes de voussoirs devront être tracées, comme il est dit plus haut (planche 20) parallèlement à la ligne des têtes de la base. Si on les traçait suivant le biais, on n'arriverait que très difficilement juste, et, d'ailleurs, ce serait contraire au principe qui veut que les coupes soient *perpendiculaires à la courbure de l'arc*, et l'arc, ici, est formé par le cylindre qui vient traverser le mur en biais,

Au moyen d'une *cerce*, on tracera la *douelle* de chacun des voussoirs.

ARC BIAIS DANS UN MUR A PLOMB, AVEC JOINT D'ÉQUERRE SUR LES PAREMENTS, AFIN D'ÉVITER LES AIGUITÉS

(*Planche* 30.)

L'épure de la planche 30 représente un *arc biais* dans un mur à plomb, avec joints d'équerre sur les parements pour éviter les aiguités.

Et, pour les éviter, on retourne comme l'indique l'épure, les joints d'équerre sur les parements.

Pour tracer cette épure, on emploiera les mêmes procédés que pour l'épure précédente.

Mêmes observations pour le choix et l'appareillage de la pierre.

VOUTE CANONNIÈRE OU CORNE DE VACHE

(*Planche* 31.)

L'épure de la planche 31 représente la *voûte canonnière*, vulgairement appelée *corne de vache*.

Elle est appelée *voûte canonnière*, parce qu'on en fait surtout usage pour les embrasures des canons des casemates, et *corne de vache*, parce que cette voûte a effectivement la forme d'une corne de vache tronquée, ou, si on l'aime mieux, d'un cône oblique également tronqué.

Comme on pourra le remarquer, si on examine attentivement l'épure, les naissances des deux arcs, d'un diamètre différent, sont de niveau entre elles, et les deux arcs sont plein-cintre.

Les naissances étant de niveau et les flèches des arcs n'étant pas les mêmes, la différence se produit au sommet de la voûte.

L'un des *tableaux* de la baie étant *d'équerre*, l'autre est forcément *biais*.

De cette façon, comme on peut d'ailleurs s'en rendre compte en examinant l'épure, les douelles des voussoirs, les diamètre des arcs étant différents, sont plus larges à l'une des extrémités qu'à l'autre.

Si donc, on l'examine avec l'attention qu'elle mérite, cette épure, avec ses développements de voussoirs, est des plus intéressantes.

Comme on pourra le voir, il n'y a pas deux voussoirs qui se ressemblent.

Il n'est pas inutile de faire remarquer que si les *douelles* vont en s'élargissant, à cause de la différence des deux arcs, elles ne sont pas *gauches*.

C'est ici, peut-être, le cas de répéter une observation que nous croyons utile :

Si l'usage du panneau est très bon et même indispensable dans la plupart des cas, pour le choix des pierres sur le chantier, et aussi pour le tracé des *voussoirs* et des *claveaux*, on ne devra pas en abuser.

En principe, et surtout si l'on veut tracer juste, on devra, de préférence, se servir du compas, de la règle et de l'équerre. — Le panneau est surtout fait pour choisir la pierre et la faire débiter.

DOUBLE VOUTE CONIQUE, AVEC ARC PLEIN-CINTRE POUR ÉVITER L'AIGUITÉ A LA RENCONTRE

(*Planche* 32.)

L'épure de la planche 32 représente une *double voûte conique* dont les deux parements sont à plomb, elle se compose d'un plan, de deux élévations, de la projection de l'arc plein-cintre milieu rachetant l'aiguité, de deux coupes, du développement du premier voussoir de gauche et des vues perspectives du premier voussoir de gauche et de la clef.

Cette *double voûte conique* est le résultat de la rencontre de deux cônes et d'un cylindre, placé au milieu à la rencontre de l'intersection, pour éviter l'aiguité, ce cylindre ayant le même axe que les deux cônes.

La construction de cette épure est très simple, surtout lorsqu'on aura tracé l'épure précédente (planche 31) dont elle n'est que la double application.

Pour tailler les voussoirs, on opérera comme il a été dit pour l'épure précédente, la différence n'existe qu'à l'intrados de l'arc.

Les joints sont retournés d'équerre sur une certaine longueur pour éviter l'aiguité.

BIAIS PASSÉ OU CORNE DE VACHE DOUBLE

(*Planche* 33.)

Cette épure représente un *arc biais*, dit *biais passé* ou *corne de vache double*, parce que chacune des faces fait avec la projection de l'autre le même effet, comme on s'en rendra compte en examinant l'épure.

Pour tracer cette épure, le biais étant donné en plan, on divise A H en deux parties égales au point O, lequel étant pris comme centre, on décrira l'arc A D H; ensuite, on divisera sur le plan : la face intérieure *a' h'* en deux parties égales au point *o'*, que l'on projettera au point O' sur l'élévation, et de ce point O' comme centre, on décrira l'autre arc A' D' H' qui, par sa projection sur le premier arc, forme l'arc ogive A' D' H', que l'on considérera comme un arc droit et suivant lequel on taillera les voussoirs; on le divisera en un certain nombre de parties égales, sept, par exemple, comme dans l'épure aux points A' B' C' D' E F G H; on mènera ensuite la moitié des coupes, celles de gauche, par exemple, avec le centre O' et les coupes de droite avec le centre O. On observera, pour tailler les voussoirs, que les douelles font de chaque côté un effet contraire.

Pour obtenir la projection des douelles en plan, on aura recours à un arc de cercle milieu, indiqué en pointillé sur l'épure, en plan et en élévation, et à la rencontre de ce cercle avec les coupes en élévation, on aura des points d'intersection qu'il suffira de projeter sur la projection du cercle, indiqué par une ligne droite ponctuée en plan, on obtiendra, ainsi, trois points par lesquels devront passer les projections de douelles en plan.

La construction de cette épure est très simple. — Les vues perspectives de la contre-clef de gauche et de la clef font voir les projections de douelles, les coupes étant perpendiculaires aux faces.

ARC PLEIN-CINTRE DANS UNE TOUR RONDE

(*Planche* 34.)

L'épure de la planche 34 représente un *arc plein-cintre dans une tour ronde.*

Cette épure, comme les précédentes, se compose d'un plan, de l'élévation géométrale de l'arc, de deux coupes, des développements du premier et du deuxième voussoir, du développement de la clef, et des vues perspectives du premier voussoir et de la clef.

Comme dans la planche 19, l'arc étant déterminé, on le divise en un nombre impair de parties égales, et on détermine les coupes de la même façon, c'est-à-dire en faisant passer une ligne qui, partant du point de centre O passe par chacun des points de division de l'arc-

Ici, à l'atelier, comme sur le chantier, pour tracer des assises, on fera des *panneaux de plan* qu'on appliquera sur les lits des assises et des voussoirs.

Pour tracer les coupes des voussoirs, on portera au compas parallèlement aux têtes, la longueur de ces coupes.

Comme pour les pièces précédentes, on se servira d'une cerce pour tracer les douelles de l'arc.

Comme on peut le voir, sur l'épure, pour éviter les aiguités, on retourne les points *d'équerre* sur les parements dans une longueur suffisante, en faisant partir du point de centre O' ayant servi à tracer *le plan*, les lignes qui doivent déterminer les joints.

Le plan des assises des voussoirs étant tracé, l'épure de cette pièce n'est pas plus difficile à construire que celle d'un arc plein-cintre dans un mur à plomb. (planche 19). Ce sont exactement les mêmes procédés. Seulement, ce qui importe pour opérer juste, c'est, sans tenir aucun compte du biais, de porter comme toujours, les coupes parallèlement aux têtes de la baie.

On emploiera, du reste, les mêmes procédés, pour tracer l'épure, que ceux indiqués pour la plate-bande dans une tour ronde (planche 16).

ARC BIAIS DANS UNE TOUR RONDE

(*Planche* 35.)

L'épure de la planche 35 représente *un arc biais dans une tour ronde.*

Elle se compose d'un plan, d'une élévation géométrale de la face extérieure, de deux coupes, des développements du premier voussoir de gauche, et des deux contre-clefs, ainsi que des vues perspectives du premier voussoir de gauche et de la clef.

Pour dresser l'épure de cette pièce, et pour tracer les pierres, on emploiera exactement les mêmes procédés que pour la planche 34, l'arc plein-cintre dans une tour ronde, et planche 17 plate-bande biaise dans une tour ronde.

ARC PLEIN-CINTRE DANS UNE TOUR RONDE EN TALUS

(*Planche* 36.)

L'épure de la planche 36 représente *un arc plein-cintre dans une tour ronde en talus*.

Elle se compose d'un plan, de la projection de l'arc ou élévation géométrale, des développements des faces extérieures et intérieures, de deux coupes, des développements des premier et deuxième voussoirs et des vues perspectives du premier et du deuxième voussoir.

Pour tout élève qui aura suivi cette étude, il suffira de bien étudier l'épure pour en comprendre la construction et l'application; on pourra, du reste, se reporter à la planche 18 : *plate-bande dans une tour ronde en talus*, les constructions étant identiques.

Pour tracer, on fera nécessairement des *panneaux de plan* pour toutes les assises et tous les voussoirs; on trouvera le talus de chacune des pierres sur le plan et sur les coupes; enfin, comme pour les pièces précédentes en talus, lorsque chaque assise ou chaque voussoir sera taillé ou seulement tracé, on tracera la partie qui doit être retranchée pour former le talus.

Pour éviter les aiguités, on retournera les joints d'équerre sur les parements, en les faisant partir du point O' qui a servi de centre pour tracer le plan.

ARC BIAIS DANS UNE TOUR RONDE EN TALUS

(*Planche* 37.)

L'épure de la planche 37 représente *un arc biais dans une tour ronde en talus.*

Elle se compose d'un plan, de la projection de l'arc plein-cintre ou élévation géométrale, de deux coupes, des développements des faces extérieure et intérieure, et des développements des premier et deuxième voussoirs, ainsi que des vues perspectives du premier et du deuxième voussoir.

Il est bien évident qu'aucun des arcs, dans les développements des façades, ne sont plein-cintre; ils résultent de la section en biais d'un cylindre par une tour ronde en talus, ou, autrement dit, d'un cône.

Cette épure est, sans contredit, plus compliquée que toutes celles qui l'ont précédée; mais, en l'étudiant avec soin, on comprendra que c'est par les mêmes procédés qu'on arrivera à déterminer toutes les formes des pierres. Les développements des faces s'obtiennent par les mêmes principes employés pour le développement des faces de l'épure précédente; en suivant sur l'épure les lettres indiquées sur chaque face et sur chaque développement, on pourra facilement construire l'épure sur un simple examen, sans avoir besoin de recourir au texte; du reste, pour toutes nos épures, nous nous sommes attachés, d'une manière toute spéciale, à indiquer toutes les opérations par des lignes pointillées, de façon à rendre cette étude aussi précise et aussi claire que possible.

Ici, à plus forte raison, on fera des *panneaux de plan* pour tracer toutes les pierres sur le chantier et les morceaux de plâtre à l'atelier; mais pour les coupes, on les tracera par les mêmes procédés que celles des pièces qui ont précédé celle-ci, en portant la longueur des coupes parallèlement aux têtes des pierres. Jamais il ne faudra porter la longueur d'une coupe suivant son inclinaison, mais au moyen de deux sections faites au compas parallèlement aux têtes.

C'est le seul procédé pour tracer juste, c'est-à-dire de façon à ce que les coupes se superposent bien les unes sur les autres.

ARC SUR L'ANGLE DANS UN MUR A PLOMB

(*Planche* 38.)

L'épure de la planche 38 représente *un arc sur l'angle dans un mur à plomb.*

Quoique cette pièce ne soit pas d'une application fréquente, elle n'en a pas moins son intérêt, à cause de la difficulté de l'appareil.

Elle se rapproche beaucoup de la *trompe sur l'angle.*

C'est, d'ailleurs, comme on le voit, une portion de voûte en saillie.

C'est un cylindre venant pénétrer également dans deux murs à angle droit.

Comme on le verra, si on étudie l'épure, les arcs sur les faces extérieures et intérieures ne peuvent être plein-cintre : ce sont des ellipses résultant de la section d'un cylindre par des plans biais.

Dans le cas présent, l'élève dans l'atelier, l'appa reilleur sur le chantier, feront bien d'établir des *panneaux ae plan* pour tracer les pieds-droits et les voussoirs.

Pour les coupes des dits voussoirs, on les tracera au compas, parallèlement aux têtes ; on se servira d'une *cerce* pour tracer les douelles.

Pour tracer l'épure, ainsi que toutes les épures analogues, on commencera toujours par faire la projection de l'arc plein-cintre, toutes les autres projections ayant un rapport direct avec cette première projection.

ARC SUR L'ANGLE DANS UN MUR EN TALUS

(*Planche* 39.)

L'épure de la planche 39 représente un *arc sur l'angle dans un mur en talus*.

Elle se compose d'un plan, de deux coupes, d'une projection de l'arc ou élévation géométrale, des développements des faces intérieures et extérieures, des développements du deuxième voussoir et de la contre-clef de gauche, enfin des vues perspectives du premier voussoir et de la clef.

Comme dans la planche 38, c'est un cylindre venant pénétrer dans deux murs à angle droit et en talus.

Les arcs sur les faces extérieures et intérieures ne sont et ne peuvent être plein-cintre.

Ce sont des ellipses, résultant de la section d'un cylindre par des plans biais, dont deux, ceux des faces extérieures, sont en talus.

Pour tracer la pierre et les voussoirs, on emploiera les mêmes procédés que pour la planche 38 ; seulement, comme pour les planches 21 et 22, lorsque la pierre sera taillée, ou seulement tracée, on tracera la partie qui doit être retranchée pour former le talus.

On trouvera, bien entendu, le retranchement de chaque assise ou de chaque voussoir sur le plan et sur les coupes.

ARC PLEIN-CINTRE PÉNÉTRANT DANS UNE VOUTE

(*Planche* 40.)

L'épure de la planche 40 représente un *arc plein-cintre pénétrant dans une voûte*.

Elle se compose d'un plan, d'une élévation, de deux coupes, et des développements du premier et du deuxième voussoir, de la clef, ainsi que des vues perspectives du premier et du deuxième voussoir.

Cette pièce, fort simple en elle-même, est une de celles qui reçoivent le plus fréquemment leur application.

Il n'est pas une construction dans laquelle on ne fasse pénétrer un arc dans une voûte.

Inutile d'expliquer l'épure qui se comprend d'elle-même, si on se donne la peine de l'étudier.

Les procédés à employer pour la tracer ne sont qu'une répétition de tout ce qui a été dit plus haut ; c'est la pénétration de deux cylindres (planche 9).

Pour tracer la pierre formant *retombée*, il ne faut nullement se préoccuper de la rencontre des arcs ; c'est toujours en traçant les coupes parallèlement aux têtes que l'on arrive très régulièrement et tout naturellement à former les arêtes résultant de la rencontre de l'arc avec la voûte.

PÉNÉTRATION RETROUSSÉE D'UN ARC PLEIN-CINTRE DANS UNE VOUTE

(*Planche* 41.)

L'épure de la planche 41 représente *une pénétration retroussée d'un arc plein-cintre dans une voûte.*

Elle se compose comme la précédente, d'un plan, d'une élévation, de deux coupes et des développements du premier voussoir et du deuxième voussoir, du pied-droit, ainsi que des vues perspectives du deuxième voussoir et de la clef.

Dans le cas actuel, *retroussée* veut dire que la pénétration, au lieu d'être horizontale, comme celle de la planche 40, est relevée, c'est-à-dire plus haute à son point d'arrivée dans la voûte qu'à son départ.

Cette forme est certainement plus gracieuse que la précédente. Elle produit, quand il s'agit de baies de portes et de croisées, ce qu'on appelle un *ébrasement* qui permet de développer facilement les portes ou les croisées.

Les opérations pour la construction de l'épure et le tracé des pierres sont exactement les mêmes que celles que l'on a employées pour la planche 40.

Comme on pourra le remarquer en étudiant l'épure, es douelles sont plus larges à la rencontre de la voûte qu'au départ.

On pourra voir des exemples de pénétrations retroussées à la mairie du 6e arrondissement de Paris, place Saint-Sulpice, ainsi qu'à l'Hôtel-de-Ville.

ARC PLEIN-CINTRE DANS UNE TOUR RONDE EN TALUS PÉNÉTRANT DANS UNE VOUTE SPHÉRIQUE

(*Planche* 42.)

L'épure de la planche 42 représente un *arc plein-cintre dans une tour ronde en talus pénétrant dans une voûte sphérique.*

Elle se compose d'un plan, de la projection de l'arc, de deux coupes, du développement de la face extérieure, de l'élévation de la face intérieure, des développements du pied-droit, de la contre-clef de gauche, et des vues perspectives du pied-droit et du deuxième voussoir.

Pour tracer, on fera nécessairement des panneaux de plan qu'on appliquera sur les lits des pierres.

Si on examine avec soin l'épure, on reconnaîtra facilement que les voussoirs de l'arc jouent un double rôle ; que si, d'une part, ils portent leur propre *retombée*, de l'autre, *ils jettent la retombée* de la voûte sphérique. Il y a ici deux choses qui, loin de s'exclure, se complètent en se donnant de la force. Ainsi, d'une part, vous avez l'arc qui a son appareil qui lui est propre ; de l'autre vous avez celui de la voûte qui vient s'y raccorder avec le premier.

Pour plus de sûreté, et même pour gagner du temps il faudra, surtout ici, *procéder par équarissement*. c'est-à-dire prendre la plus grande longueur et la plus grande largeur des morceaux qu'il s'agira de tailler.

Comme il faut aussi procéder par ordre, on commencera, pour tailler les voussoirs de cette pièce, par tracer et tailler les coupes de l'arc ; puis on tracera et taillera celles de la voûte.

Avec deux *cerces*, on tracera les douelles, des deux voûtes. — Ceci fait, on tracera la partie qui devra être retranchée pour former le talus. Ce talus est donné par l'épure pour chaque assise.

Règle générale, pour tracer un morceau de pierre quelconque, ainsi que nous l'avons dit dans l'instruction générale relative *au tracé* et à *la taille des pierres*, il faut d'abord commencer par faire un *lit ;* puis, c'est d'après *ce lit*, base de l'opération, que vous tracez votre morceau.

C'est d'après lui que vous vous retournez *d'équerre*, que vous menez vos parallèles, et que vous tirez votre morceau de hauteur.

Dans le cas présent, même pour choisir et faire débiter votre morceau, vous devez faire un *panneau de plan* qui donne ses plus grandes dimensions et vous sert à tracer le plan dudit morceau. Si le panneau est inutile, si on peut s'en passer dans les murs d'une égale épaisseur, il est indispensable dans les murs de forme excentrique.

Dans cette épure, la coupe de droite indique la projection des coupes de la voûte sphérique ; celle de gauche est une coupe générale au géométral.

VOUTE PLEIN-CINTRE PÉNÉTRÉE PAR UNE AUTRE VOUTE D'UN MOINDRE DIAMÈTRE QUI LA RENCONTRE OBLIQUEMENT.

(*Planche* 43.)

L'épure de la planche 43 représente *une voûte plein-cintre*, *extradossée*, *pénétrée par une autre voûte égale-*

ment extradossée d'un moindre diamètre, qui le re. contre obliquement.

Elle se compose d'un plan, de deux élévations, d'une coupe longitudinale, des développements des deux premiers voussoirs au droit des angles aigus et obtus, et de leurs vues perspectives.

Ce sont deux cylindres de diamètre différent, ayant la même naissance, qui se rencontrent obliquement.

L'appareil est des plus simples.

Il suffira d'étudier l'épure pour se rendre compte des opérations. Pour déterminer les voussoirs de la petite voûte, il faut tracer sa *projection géométrale*, comme elle est indiquée en pointillé sur l'épure ; l'élévation sur le biais se déterminera, comme pour les épures précédentes, en portant les différentes hauteurs à partir de la ligne passant par les naissances de l'arc.

Les coupes partent nécessairement des points de centre des deux arcs.

VOUTE PLATE SUR UN PLAN RECTANGULAIRE

(*Planche* 44.)

Ces sortes de voûtes ne sont pas d'un fréquent usage, par suite de la *poussée* considérable qu'elles exercent sur les murs ou pieds-droits qui les soutiennent ; il en résulte, qu'on ne peut les employer, que pour couvrir des espaces de petites dimensions, on les emploie surtout dans l'appareil des *architraves*, et de plus, on a recours à l'emploi du fer pour soulager les murs ou pieds-droits. Nous en donnons néanmoins quelques exemples, nous attachant principalement aux divers appareils employés pour ces voûtes.

Le premier appareil, faisant l'objet de cette épure, est le même que pour celui d'une *voûte d'arête sur un plan rectangulaire* (planche 47).

Les *claveaux* sont parallèles aux faces intérieures des pieds-droits, et se rencontrent à angle droit sur les diagonales ; il y a une *clef centrale* comme à la *voûte d'arête*.

Les claveaux au droit des diagonales sont communs à deux côtés de la voûte.

On déterminera les coupes des claveaux en suivant les opérations indiquées pour la *plate-bande* (planche 13). Comme on pourra s'en rendre compte, en examinant l'épure, le tracé ne présente aucune difficulté.

Cette épure se compose d'un plan, de deux élévations, d'une coupe sur une diagonale, des développements du premier claveau de droite, du développement de la clef de la voûte, et des vues perspectives de ces deux développements.

VOUTE PLATE.
APPAREIL PAR CARRÉS CONCENTRIQUES

(*Planche* 45.)

Dans cette épure, au lieu de prolonger les coupes des claveaux jusqu'à leur rencontre avec les diagonales, on les arrête à l'épaisseur des pieds-droits, et l'on appareille l'espace vide au moyen des carrés concentriques.

Pour obtenir les divisions des *claveaux*, il suffit de prolonger celles des plates-bandes jusqu'aux diagonales ; la clef centrale de la voûte plate est carrée, avec des coupes sur les quatre faces ; de même que pour la précédente, il n'y a aucune difficulté dans le tracé de cette épure.

Les claveaux de la voûte sont, pour ainsi dire, placés inversement par rapport à ceux de la voûte précédente

Enfin l'épure est complétée par les développements d'une contre-clef de la voûte et de la clef centrale de ladite voûte, ainsi que par les vues perspectives de ces deux développements.

VOUTE PLATE SUR UN PLAN CIRCULAIRE

(*Planche* 46.)

Les claveaux de cette voûte plate suivent la forme circulaire de la voûte, et décrivent des cercles concentriques : il en résulte que la clef centrale a la forme d'un cône tronqué renversé, comme l'indique la vue perspective; le développement de cette clef s'obtient comme il a été dit dans les développements des solides, au commencement de cet ouvrage (planche 6); nous donnons de même le développement d'une contre-clef de la voûte et sa vue perspective.

Les divisions et l'inclinaison des coupes des claveaux s'obtiennent en opérant sur la coupe générale de cette voûte plate.

La solidité et la stabilité de ces sortes de voûtes, résultent de la multiplicité des points d'appui : une voûte plate pentagonale sera plus solide qu'une voûte plate carrée; une voûte plate hexagonale sera plus solide qu'une pentagonale, et ainsi de suite.

L'exemple que nous donnons d'une voûte plate sur un plan circulaire ne présenterait assurément qu'une solidité relative, il serait nécessaire de multiplier des pieds-droits pour pouvoir résister à la *poussée* exercée par cette voûte, en tous cas un plus grand nombre de pieds-droits ne change pas le principe indiqué dans cette épure.

VOUTE D'ARÊTE SUR UN PLAN RECTANGULAIRE

(*Planche* 47.)

L'épure de la planche 74 représente une *voûte d'arête sur un plan rectangulaire.*

Cette épure se compose d'un plan, de deux élévations dont une extradossée, d'une coupe sur l'arête, du développement du premier et du deuxième voussoirs, d'une contre-clef au droit de l'arêtier, et du développement de la clef centrale, ainsi que des vues perspectives, d'une contre-clef et de la clef au droit de l'arêtier.

Elle est des plus simples.

Ce sont deux cylindres de même diamètre qui viennent se rencontrer à angle droit.

Pour tracer l'épure, même procédé que pour tracer l'arc *plein-cintre dans un mur à plomb* (planche 19).

Il suffit de prolonger les joints des coupes de chaque face, ce qui fait, qu'en se rencontrant, ils forment des angles saillants qui leur ont fait donner le nom de *voûte d'arête.*

A notre sens, dans des cas aussi simples que celui-ci, le *panneau* ne devrait servir à l'appareilleur que pour choisir sa pierre et la faire débiter.

Le seul dont il doive se servir, pour tracer et tailler les douelles des voussoirs, est une *cerce.*

VOUTE D'ARÊTE A DOUBLE ARÊTIER AVEC PENDENTIFS

(*Planche* 48.)

Cette épure ne diffère de la précédente que par les pans coupés qui partent de la naissance des deux voûtes, et déterminent une partie horizontale au sommet de la voûte.

Ces sortes de voûtes sont employées surtout pour la décoration architecturale, à laquelle, du reste, elles se prêtent mieux que les voûtes d'arêtes ordinaires, ou encore, pour laisser un vide au milieu de la voûte, afin d'éclairer des caves, par exemple; car l'appareil est fait de telle sorte, que l'on peut supprimer la partie milieu horizontale sans nuire à leur solidité; ce qui est impossible dans les voûtes d'arêtes ordinaires où la clef est indispensable.

La construction de cette épure n'est pas plus difficile que la construction de l'épure précédente; nous donnons dans cet exemple deux voûtes de même hauteur, d'un diamètre différent, et se rencontrant à angle droit.

Ces berceaux étant de différents diamètres, l'on prend le plus petit pour déterminer le centre primitif; on décrira donc un arc plein-cintre du point O comme centre, sur lequel on déterminera les divisions des voussoirs, comme il a été dit dans la description des épures précédentes. L'autre berceau, d'un plus grand diamètre, et ayant pour flèche le rayon du premier berceau, sera donc déterminé par une ellipse que l'on tracera au moyen des ordonnées prises sur l'arc plein-cintre précédent. Les divisions des douelles et des voussoirs en plan s'obtiennent, comme dans l'épure précélente, en projetant les points A B C D, etc., sur le plan en *a b c d*, etc., et en prolongeant les joints jusqu'aux diagonales, aux points 1, 2, 3, 4 par exemple; ensuite de ces points 1, 2, 3 et 4 on mène des perpendiculaires sur la face de la grande voûte. Ces perpendiculaires sont les ordonnées qui servent à déterminer l'ellipse de cette voûte, en portant les hauteurs qui existent des points A B C D, etc., à la ligne A J passant par la naissance de la voûte; à partir de la naissance de la grande voûte, on obtient les points A′ B′ C′ D′, etc., par lesquels on fait passer la courbe déterminant l'ellipse.

Pour obtenir les arêtes du pan coupé, on trace en plan le losange L M N P qui limite la longueur des arêtes; la longueur des côtés de ce losange varie suivant la dimension de la voûte et des besoins de la construction. Il suffit de joindre les points L M N P respectivement à chaque angle des pieds-droits, pour avoir les projections horizontales des arêtes.

La première partie des joints de douelles des deux voûtes se trouvera donc limitée à ces arêtes, il suffira, pour avoir les joints de douelles des pans coupés, de joindre respectivement les points pris sur ces arêtes.

Pour déterminer les joints de la surface horizontale, on tracera la coupe transversale en suivant les mêmes principes énoncés dans l'épure précédente, en ayant soin de donner aux coupes une inclinaison convenable. Cette inclinaison peut du reste varier suivant la dimension de la voûte. On verra sur la coupe transversale de quelle façon nous avons procédé pour déterminer cette surface horizontale, de manière à nous raccorder avec la surface cylindrique, c'est-à-dire en considérant cette surface comme une plate-bande, et en déterminant les coupes par les mêmes opérations employées pour l'épure de la plate-bande (planche 13). On projette ensuite les nez des douelles sur la projection horizontale de la diagonale sur le plan, et de ces points, il suffit de mener des parallèles aux premiers joints de douelles des pans coupés pour obtenir les joints de la clef en plan.

Les claveaux, formant le commencement de la voûte plate, auront une douelle, en partie plate, et en partie cylindrique.

On remarquera que cette disposition de voûte donne au droit des arêtiers des angles obtus au lieu d'être aigus comme dans les voûtes d'arêtes ordinaires; elles sont donc plus solides, et présentent cette particularité: c'est que l'on peut supprimer la clef centrale de la surface plate sans nuire à la solidité de la voûte; ce qui permet, comme nous l'avons dit au commencement, de pouvoir pratiquer des jours pour l'éclairage, suivant les besoins.

Cette épure est complétée par le développement du premier voussoir et de sa vue perspective, du développement d'une contre-clef au droit de l'arêtier, ainsi que de sa vue perspective, enfin par la vue de la clef centrale de la voûte plate.

VOUTE D'ARÊTE PENTAGONALE ÉTOILÉE AVEC PENDENTIFS

(*Planche* 49.)

La construction de cette épure est identique à la précédente; il n'y a que le plan qui diffère. On commencera donc par tracer le plan, puis on déterminera les joints de douelles comme précédemment, au moyen des élévations représentées par des arcs pleins-cintres. Pour limiter les arêtes de la voûte, on construira le pentagone régulier LMNPV sur le plan, en joignant les sommets de ce pentagone aux angles des pieds-droits, à la naissance des arcs, on aura la projection horizontale des arêtes de la voûte. Le reste de la construction est semblable à celle de l'épure précédente ; la différence qui existe dans cette épure, ne consiste que dans l'extrados dont les arêtes, à chaque angle, sont doubles, par suite de l'existence du pan coupé ; en traçant les lignes 1-3 et 2-4, on limitera les coupes des voussoirs du pendentif sur ces droites ; de même que dans l'épure précédente, la partie supérieure de la voûte est terminée par une surface horizontale, comme on le verra en examinant la coupe longitudinale.

Cette épure est complétée par le développement du premier voussoir et de sa vue perspective, ainsi que la vue de la clef centrale au droit de la voûte plate.

VOUTE D'ARÊTE DANS UNE VOUTE ANNULAIRE

(*Planche* 50.)

Cette épure comprend deux *pièces de trait : une voûte annulaire*, et une *voûte d'arête dans une voûte annulaire*.

L'épure de *la voûte annulaire* ne présente aucune difficulté : le centre O_3 de la voûte étant donné, il suffit de tracer avec ce point O_3 comme centre, des courbes concentriques partant des points *a b c d*, etc., projections horizontales des points A B C D, etc., de l'élévation que l'on a tracée préalablement en suivant les principes élémentaires. Les points verticaux devant toujours être perpendiculaires sur les courbes, projections horizontales des joints de douelles, doivent nécessairement partir du point de centre O_3.

L'épure de *la voûte d'arête dans une voûte annulaire* est plus compliquée comme construction.

La *voûte annulaire* est considérée comme pénétrée par un conoïde dont la génératrice supérieure est horizontale et tangente à la douelle de la clef centrale.

Le diamètre du conoïde étant plus grand que celui de la voûte annulaire, et si l'on considère que les naissances des arcs et leur hauteur sont respectivement sur un même plan horizontal la base du conoïde sera elliptique.

Pour tracer l'élévation géométrale, on fera la construction intermédiaire indiquée en pointillé sur cette élévation géométrale ; c'est-à-dire que, du point O' comme centre, avec un rayon égal à la moitié de l'ouverture de la baie, on décrira l'arc de cercle A'B'C'D', etc.

Si, comme sur l'épure, le centre O' se trouve sur l'axe de la baie, il suffira, après avoir divisé cet arc A'B'C'D', etc., en un nombre égal de parties égales correspondant au nombre de voussoirs, de mener des parallèles par ces points A'B'C'D' à l'axe. Ces parallèles seront autant d'ordonnées qui serviront à tracer la courbe elliptique de l'élévation géométrale de la grande voûte. On obtient cette courbe elliptique en employant les constructions indiquées au commencement de cet ouvrage.

Les autres courbes A"B"C"D", etc., se tracent de la même façon.

Des points A'B'C'D', etc., pris sur l'élévation de la grande voûte, et représentant les douelles, il suffit de projeter ces points sur le plan en *a'b'c'd'*, etc., puis de mener par ces points les droites $a'o_3$, $b'o_3$, etc., au point de centre O_3. Ces droites représenteront les projections horizontales des joints de douelle de la voûte conique ; à leur intersection, avec les joints de douelle de la voûte annulaire ; le nombre des voussoirs étant égal dans les deux voûtes, on aura autant de points par lesquels devront passer les courbes résultant de la pénétration de ces deux voûtes.

Une remarque très importante à faire, pour éviter le *gauche* dans les coupes, ce qui donnerait non seulement une grande difficulté dans l'exécution, mais aussi une grande imperfection, c'est, qu'au lieu de mener les joints de l'extrados au point de centre O_3, on mènera ces joints parallèlement à leurs joints de douelles correspondants. La courbe de l'extrados de la grande voûte a été tracée de la même façon que la courbe elliptique de l'intrados ; sur l'épure, nous nous sommes servis d'un cercle, dont la projection horizontale est en $a'' b'' c'' d'$, etc., et la projection verticale en A″ B″ C″ D″, etc.

On obtient aussi, de cette manière, des points en projection horizontale ; il suffit de mener des parallèles aux joints des douelles pour avoir les projections horizontales des joints de l'extrados.

L'épure est complétée par une coupe sur l'arêtier ; au moyen de cette coupe, on obtiendra la courbe de l'une des arêtes de la voûte.

Nous donnons, en outre, le développement du premier voussoir de la face extérieure et sa vue perspective ; le développement de la clef au droit des arêtiers et sa vue perspective ; enfin, le développement de la clef de la face extérieure de la grande voûte, ainsi que sa vue perspective.

VOUTE D'ARÊTE RAMPANTE

(*Planche* 51.)

L'épure de la planche 51 représente une voûte *d'arête rampante;* cette pièce de trait est des plus intéressante.

Pour tracer l'épure, les directions des voûtes étant données en plan, on trace l'élévation de chacune d'elles. — Dans cet exemple, nous avons indiqué l'élévation de la grande voûte par un arc plein-cintre, et celle de la petite voûte perpendiculaire par un arc rampant; ces sortes de voûtes sont généralement employées dans les descentes de caves, sous des escaliers.

L'arc rampant est tracé au moyen des constructions que nous avons indiquées au commencement de cet ouvrage (pl. 28). On a soin, pour tracer cet arc rampant, de prendre comme point de départ de la ligne de rampe A′M′, le point A′ sur X′Y′ situé à la naissance de l'arc de la grande voûte au point A, et, comme point de sommité, le point S′ situé à la même hauteur que le point S de l'élévation de la grande voûte.

On obtient facilement la projection horizontale des arêtes en plan; à l'intersection des joints de douelles, ces projections horizontales donnent des courbes, comme, du reste, le plan l'indique.

Les joints des extrados s'obtiennent de la même façon; cette épure, en réalité, est très simple à tracer; il suffit de l'examiner pour s'en convaincre.

Du reste, la coupe longitudinale et l'élévation géné rale au géométral, que nous avons tracées, donnent plus de clarté et font voir la voûte rampante de différents côtés.

L'épure est complétée par le développement d'une contre-clef au droit de l'arêtier et de sa vue perspective, ainsi que les vues de la clef au droit des arêtiers, du deuxième voussoir de la grande voûte, et de celle de la clef de l'élévation de cette grande voûte.

VOUTE D'ARÊTE OGIVALE DITE GOTHIQUE

(*Planche* 52.)

Le plan de l'exemple que nous donnons est un hexagone régulier; cette voûte est donc composée de six berceaux égaux venant se rencontrer au centre de la voûte.

La construction de cette épure est des plus simples : après avoir tracé les élévations extérieures des berceaux et connaissant la hauteur de la voûte principale, on pourra facilement tracer la coupe sur l'un des arêtiers, comme nous l'avons indiqué.

Dans cet exemple, le plan contenant, la courbe de chaque arêtier est respectivement parallèle à chaque élévation des faces extérieures; comme on le remarque du reste, sur l'épure, dans la coupe générale, les mêmes centres servent à décrire les arcs de la face extérieure et l'arêtier qui lui est parallèle, lequel est vu en coupe et dans sa vraie grandeur; il suffit pour avoir la projection des autres arêtiers de prendre différents points à même distance du centre en plan, sur les autres arêtiers, et de projeter successivement les points sur la coupe à la rencontre des horizontales menées à partir de la coupe du premier arêtier; on aura autant de points par lesquels devront passer les courbes des autres arêtiers.

Ces voûtes sont très élégantes et se prêtent à la décoration architecturale.

On pourra voir une partie de cet exemple à l'église Saint-Leu à Paris.

Les arêtiers de ces sortes de voûtes ne sont généralement pas très forts, vu le peu de poussée qu'ils ont à subir; l'intervalle compris entre chaque arêtier est en petite maçonnerie hourdée en mortier ou en plâtre, et quelquefois en brique; ces pierres de petites dimensions posées aussi symétriquement que possible, peuvent se prêter, sans avoir besoin d'une taille rigoureuse, à la courbe des berceaux, et du reste ne sont que des *remplissages*.

La solidité de ces voûtes est connue depuis des siècles, l'architecture ogivale nous en fournit encore de nos jours de nombreux exemples. Tous les arêtiers viennent au centre se buter contre une clef unique ayant la forme d'une pyramide tronquée dont la base est un hexagone régulier.

Ces arêtiers sont géralement ornés de moulures, nous donnons un exemple de profil pris dans la 3e époque de l'ère ogivale, ce profil rappelle la forme de la *carène d'un navire*, dont la quille est très saillante; une vue perspective du deuxième voussoir d'un arêtier montre une saillie destinée à recevoir les remplissages en petite maçonnerie qui viennent reposer sur ces arêtiers.

La vue du premier voussoir fait voir le départ d'un arêtier, ainsi que celui des deux arcs ogives.

Nous donnons de même la vue de la clef centrale et son développement; la vue du troisième voussoir, ainsi que la vue de la clef de l'une des faces extérieures; on remarquera sur cette clef deux extrados, celui inférieur destiné comme aux arêtiers à recevoir la petite maçonnerie.

Les clefs centrales de ces sortes de voûtes sont presque toujours ornées de moulures d'une grande saillie.

VOUTE D'ARÊTE OGIVALE DITE GOTHIQUE A TRIPLE ARÊTE

(*Planche* 53.)

Cette sorte de voûte ne diffère de la précédente que par une combinaison d'arcs droits se réunissant à une clef centrale et à plusieurs autres clefs particulières. Ces voûtes sont appelées aussi *voûtes d'arête ogivale anglaise*, parce que, en Angleterre, on en rencontre de nombreux exemples.

L'exemple que nous donnons représente une des voûtes de l'église Saint-Gervais à Paris.

Pour simplifier la construction de l'épure, on place les centres de tous les arcs ou parties d'arc qui composent la voûte sur un plan horizontal passant à la hauteur des naissances.

Pour construire l'épure, on tracera d'abord le plan, sur lequel on déterminera la position des différentes clefs, on tracera ensuite les arêtiers, et on obtiendra ainsi leurs projections horizontales, on fera ensuite les élévations extérieures.

Pour déterminer les projections verticales des arêtiers sur la coupe générale, il faudra d'abord déterminer la hauteur des différentes clefs; pour tracer ensuite la courbe de l'arêtier 1-2 en plan, connaissant la hauteur 1′ et 2′, on joindra 1′ et 2′ par une droite, sur le milieu

3′ de laquelle on élèvera une perpendiculaire, qui rencontrera le plan horizontal des naissances au point 4′ qui sera le centre de l'arc 1′-2′ qu'il ne restera plus qu'à décrire avec 4′-1′ pour rayon. Pour obtenir l'arêtier 5-2 indiqué en plan, on remarquera qu'il part du plan horizontal passant par les naissances en 5′, pour aboutir à la clef centrale en 2′; on obtiendra sa vraie grandeur au moyen d'un rabattement; c'est-à-dire considérant en plan la droite 5-2 comme ligne de terre, on élèvera du point 2 une perpendiculaire sur 5-2 sur laquelle on portera la hauteur 6′-2′ prise sur la coupe : on obtiendra ainsi le point 6; il suffira de joindre le point 5 au point 6, et cette droite sera la corde qui sous-tend l'arc, sur le milieu de laquelle, au point 7, on élèvera une perpendiculaire jusqu'à la rencontre avec la ligne de terre 5-2 prolongée jusqu'au point 8 qui sera le centre cherché; il suffira de décrire l'arc qui sera ainsi rabattu en vraie grandeur, on le divisera en un certain nombre de parties égales que l'on projettera sur la ligne de terre 5-2, on mènera ensuite des parallèles à l'axe de la coupe et l'on reportera les différentes hauteurs prises sur le rabattement, sur la coupe, ce qui donnera la projection verticale 5′-2′ de l'arêtier 5-2 du plan.

La partie d'arc 9-2 en plan, allant d'une clef particulière à la clef centrale, s'obtiendra de la même façon, mais avec un changement de plan en plus; il suffira, pour cela, du point 2 comme centre, avec 2-9 pour rayon, de décrire l'arc 9-10; du point 2 et du point 10, on élèvera des perpendiculaires sur la droite 5-2, sur lesquelles on portera les hauteurs 12′-9 et 6′-2′ de la coupe; on obtiendra les deux points 11 et 6, on les joindra par une droite sur le milieu de laquelle, au point 13, on élèvera une perpendiculaire qui rencontrera la ligne de terre 5-2 au point 8, qui sera le centre de l'arc 11-6, que l'on divisera en un certain nombre de parties égales que l'on projettera sur 5-2 ; on ramène ensuite tous ces points à leur première position sur la ligne 9-2, en décrivant du point 2 comme contre des arcs de cercle partant de ces points pris sur 5-2 jusqu'à leur rencontre avec 9-2, puis on projettera tous les points sur la coupe, de la même façon que pour l'arêtier 5-2; on aura aussi en 9-2 la projection verticale de cette partie d'arc.

Ces parties d'arc, partant d'une clef particulière pour rejoindre la clef centrale, s'appellent *liernes*, telles que 9-2, et les arcs partant des naissances pour aboutir aux clefs particulières s'appellent *tiercerons*, telles que 14-9.

La partie d'arc 15-9 allant de la clef de la face extérieure à la clef particulière est appelée aussi *lierne ;* — on obtiendra sa vraie grandeur par deux changements de plan et un rabattement : pour cela, du point 9 comme centre avec 9-15 comme rayon, on décrira l'arc 15-16, puis du point 2 comme centre avec la droite 2-16 pour rayon, on décrira l'arc 16-17 et 9-10 ; des points 10 et 17 on élèvera des perpendiculaires sur 5-2, sur lesquelles on portera la hauteur 12′-9′ de la coupe en 10-11, puis la hauteur 6′-15′ en 17-18 ; on joindra le point 11 au point 18 ; sur le milieu de cette corde, au point 19, on élèvera une perpendiculaire jusqu'à sa rencontre avec la ligne de terre 5-2, du point 20 qui sera le centre de l'arc rabattu en vraie grandeur ; on le ramènera dans sa première position comme il a été dit précédemment, et on obtiendra sa projection verticale sur la coupe de la même façon.

On obtiendra la vraie grandeur du *tierceron* 14-9, en décrivant du point 14 comme centre avec la droite 14-9 comme rayon, un arc de cercle qui rencontre la ligne de terre 5-2 au point 25 ; on élèvera du point 25 une perpendiculaire à 5-2 sur laquelle on portera la hauteur

25-22 égale à 12′-9′; on joindra le point 22 au point 14 ; sur le milieu de la corde, au point 23, on élèvera une perpendiculaire qui rencontrera 5-2 au point 24, qui sera le centre du cercle rabattu ; on le ramènera dans sa première position, et on le projettera sur la coupe comme il a été dit précédemment.

Les intervalles entre les arêtiers sont remplis, comme pour la voûte précédente, en petits matériaux.

Enfin l'épure est complétée par la vue de la clef centrale avec sa projection horizontale, de la vue d'une clef particulière, et de sa projection horizontale ; des vues des clefs des grands arcs, et des petits arcs extérieurs, les premiers avec l'amorce des *liernes* ; — enfin de la vue d'un deuxième voussoir d'un arc ogive.

La dispositions des contre-clefs au centre de la voûte permet quelquefois de supprimer la clef et d'obtenir des effets de décoration architecturale remarquables, comme on pourra le voir à l'église Saint-Gervais, à Paris.

DESCENTE DROITE RACHETANT UN BERCEAU

(*Planche* 54-55.)

Cette épure se compose d'un plan, de l'élévation de la descente, de quatre coupes transversales et longitudinales de la descente, des coupes transversales du berceau et de la coupe longitudinale du berceau, des développements de la clef et de la contre-clef au droit de l'arêtier, et de leurs vues perspectives.

Cette descente est déterminée par deux cylindres se rencontrant à l'angle droit, dont l'un est sur un plan incliné et l'autre sur un plan horizontal.

Dans cet exemple, ce sont deux voûtes extradossées.

La partie intéressante de ces sortes de voûte n'est qu'à l'intersection des cylindres. (Voir planche 9, pénétrations des solides.)

Les opérations nécessaires pour obtenir cette intersection s'obtiennent comme il a été dit (planches 40 et 43); en effet, la seule différence qui existe dans cette pièce de trait, c'est que l'un des cylindres est sur un plan incliné, ce qui ne change pas les opérations.

Du reste, en examinant attentivement l'épure, que nous avons donnée très détaillée, on s'en rendra parfaitement compte.

DESCENTE BIAISE RACHETANT UN BERCEAU

(*Planche* 56-57.)

Cette épure ne diffère de la précédente que par l'obliquité de l'un des cylindres (celui de la descente), par rapport à l'autre.

Pour éviter l'aiguité qui résulterait de la rencontre, celle-ci étant très accentuée surtout par la position des cylindres, il est nécessaire de faire un pan coupé pour l'éviter, de sorte que l'on revient à la descente droite.

L'élévation de la face de la descente est une ellipse que l'on déterminera, comme nous l'avons indiqué précédemment, au moyen de la projection du cylindre indiqué en pointillé sur le plan.

Cette épure se compose, comme la précédente, d'un plan, d'une élévation et de plusieurs coupes, ainsi que des vues perspectives de la clef au droit du pan coupé, et de la contre-clef au droit de l'arêtier ; cette dernière est exactement semblable à celle de la descente droite.

VOUTE EN ARC DE CLOITRE SUR UN PLAN RECTANGULAIRE

(*Planche* 58.)

La différence qui existe entre les voûtes en arc de cloître et les voûtes d'arête, c'est que dans ces sortes de voûtes les cylindres, au lieu de former des angles saillants à leurs intersections, comme dans les voûtes d'arête, déterminent des angles rentrants, et que chaque portion de cylindre repose entièrement sur le mur qui lui sert de base ; tandis que dans les voûtes d'arête chaque portion de cylindre ne porte que sur les angles. Mais dans ces voûtes si les angles sont rentrants à l'intrados de la voûte, ils sont saillants à l'extrados ; l'inverse a lieu dans les voûtes d'arête.

Cette épure représente une voûte en *arc de cloître extradossée sur un plan rectangulaire ;* il suffit de déterminer le périmètre du plan, puis sur la coupe au géométral, d'un point O comme centre, pris au milieu d'un plan passant par les bases A J, etc. des cylindres, avec un rayon égal à la moitié de la voûte, on décrit un arc plein-cintre, que l'on divise en un certain nombre de parties égales; ensuite, pour déterminer les coupes, on mène du point de centre O des droites passant par chacun de ces points A B C D, etc. Pour obtenir les projections des douelles en plan, on projette chaque point de la coupe sur la diagonale tracée sur le plan.

On voit, par ces constructions, que l'épure n'offre aucune difficulté ; du reste, on saisira facilement la différence qui existe entre une *voûte en arc de cloître* et une *voûte d'arête sur un plan rectangulaire* en examinant sur l'épure les vues perspectives d'un premier voussoir et d'une contre-clef, et en comparant cette épure avec celle de la *voûte d'arête sur un plan rectangulaire* (planche 47).

Cette épure est complétée par une coupe sur la diagonale et par les développements d'une contre-clef, au droit de l'angle rentrant, et de la clef centrale avec sa vue perspective.

VOUTE EN ARC DE CLOITRE SUR UN PLAN HEXAGONAL

(*Planche* 59.)

Cette épure ne diffère de la précédente que par un plus grand nombre de côtés; mais la construction est exactement la même. Chaque portion de cylindre repose sur le mur qui lui sert de base, et le point de centre commun à tous les cylindres se trouve au centre d'un plan passant par les naissances de tous les arcs; et les joints de douelles des voussoirs, quelle que soit la forme du plan, sont toujours parallèles au mur qui leur sert de base. Les coupes doivent toujours être perpendiculaires à ces joints.

Cette épure comprend, un plan, une coupe longitudinale, que l'on doit déterminer en commençant l'épure, une coupe sur l'arête, deux élévations extérieures, des développements d'une contre-clef au droit de l'arêtier, et la clef centrale; cette dernière ayant la forme d'une pyramide tronquée, des vues d'un premier voussoir, d'un deuxième voussoir, d'une contre-clef au droit de l'arêtier, ainsi que la vue de la clef centrale.

VOUTE EN ARC DE CLOITRE AVEC LA PARTIE DU MILIEU EN BERCEAU

(*Planche* 60.)

Cette disposition de voûte est adoptée lorsque l'un des côtés est beaucoup plus long que l'autre, car, si l'on appareillait cette voûte comme les précédentes, c'est-à-dire en menant les diagonales et en prolongeant les coupes jusqu'à la rencontre de celles-ci, il en résulterait que le cintre des petits côtés serait beaucoup plus grand que celui correspondant aux grands côtés, d'où des courbes, dont la forme est des plus disgracieuse. Il est donc préférable d'appareiller la partie milieu en berceau, et les deux extrémités en arc de cloître. On revient donc aux mêmes constructions indiquées (planche 58) dans l'*épure de la voûte en arc de cloître sur un plan rectanglaire.*

Nous avons indiqué sur le plan le rabattement d'une arête en A″B″C″D″E″F″ pour obtenir sa vraie grandeur. Ce rabattement s'obtient en opérant comme il a été dit (planche 47) pour la *voûte d'arête sur un plan rectangulaire*. Il suffit de suivre les constructions indiquées aux épures précédentes pour terminer l'épure.

Cette épure comprend, en outre des coupes transversales et longitudinales, le développement d'un premier voussoir et de sa vue perspective, la vue d'un troisième voussoir, d'une contre-clef au droit de l'arêtier, et la clef au droit de la rencontre des angles formés par la rencontre des voûtes, enfin les développements d'une contre-clef et de la clef au droit de l'arêtier.

VOUTE EN ARC DE CLOITRE AVEC PLATES-BANDES ET ARC DOUBLEAU

(*Planche* 61.)

Cette épure ne diffère de la précédente que par sa plus grande largeur ; la différence existant entre les arcs est appareillée en plate-bande, comme on s'en rendra compte en examinant la coupe transversale. Pour donner aux coupes une inclinaison normale, et éviter une trop grande différence entre ces coupes, on a recours à deux points de centre O et O′. La rencontre des cylindres détermine des angles qui viennent s'amortir sur la plate-bande, comme on le verra sur le plan.

L'*arc doubleau*, comme son nom l'indique, vient doubler, pour ainsi dire, le premier arc, lui donner une plus grande épaisseur, et par conséquent plus de solidité. La projection de cet arc vertical, indiquée dans la coupe transversale par les lettres P Q R S T U V, etc., se projette en plan en *p q r s t u v*, etc.

Cette épure est complétée par le développement de la clef de l'*arc doubleau*, de sa vue perspective et de la vue du pied-droit au droit du premier voussoir des petites voûtes.

VOUTE SPHÉRIQUE

(*Planche* 62.)

Les *voûtes sphériques* sont engendrées par un demi-cercle tournant autour de son diamètre comme axe.

Dans l'épure de la planche 62, le plan étant donné par une circonférence de cercle, il en résulte que, tous les diamètres étant égaux, les coupes seront semblables, quelle que soit la position dans laquelle on se place; ce qui est démontré par les trois coupes indiquées sur l'épure.

Dans cet ouvrage nous ne donnons que l'appareil par rangs horizontaux, c'est-à-dire par couronnes concentriques, dont les joints de douelles forment des cercles concentriques en plan et parallèles en élévation. Cet appareil est de beaucoup préférable aux autres comme solidité et comme facilité de taille et d'exécution.

Car, pour la décoration architecturale on est obligé quelquefois d'appareiller les voûtes sphériques d'une autre façon; par exemple, en faisant en sorte d'obtenir pour projection horizontale de joints de douelles, des carrés dont les côtés sont parallèles; mais ces divers appareils, non seulement n'offrent pas la solidité du premier, mais ils donnent beaucoup de difficulté de taille et de pose, et on rencontre en outre, dans ces combinaisons, des aiguités quelquefois très prononcées; ce qu'il faut éviter avec le plus grand soin dans la coupe des pierres.

Les *voûtes sphériques* sont d'un fréquent usage dans l'édification des monuments publics, dans les églises, etc.

Un des plus beaux exemples de voûte sphérique existe au *guichet* de la cour du *Carrousel*, côté des quais. On remarquera aussi, à ce même guichet, des voûtes d'arête d'un appareil irréprochable.

Dans les églises elles forment, étant vues extérieurement, des surfaces convexes appelées *dômes*, qui contribuent beaucoup à la décoration.

Pour le tracé de l'épure, il n'existe aucune difficulté. On déterminera premièrement en élévation la demi-circonférence de base, que l'on divisera en un nombre impair de parties égales; on projettera ensuite horizontalement chaque division sur le diamètre *an* du plan, et du point *o* comme centre, avec *oa*, *ob*, *oc*, *od*, etc., comme rayon, on décrira des circonférences qui représenteront les joints de douelles en plan. Les projections verticales de ces joints seront représentées sur les coupes par des parallèles menées par les points de division.

Les joints des voussoirs devront toujours être perpendiculaires aux courbes; ils partiront donc tous du centre O.

Les coupes sont formées de portions de cône dont le sommet se trouve au point de centre O.

Cette épure est complétée par le développement d'une contre-clef et de sa vue perspective, ainsi que des vues d'un premier voussoir et de la clef centrale.

VOUTE SPHÉRIQUE SUR UN PLAN RECTANGULAIRE AVEC PENDENTIFS

(*Planche* 63.)

Cette *voûte sphérique sur un plan rectangulaire* ne diffère de la précédente que parce qu'elle est incomplète, considérée sur les axes perpendiculaires aux côtés; mais la construction est la même que pour la voûte sphérique ordinaire.

Pour tracer l'épure, on détermine premièrement la coupe transversale dont l'arc a pour diamètre la diagonale du carré; on divise cet arc en un nombre impair de divisions, telles que AB, BC, CD, etc.; on projette ensuite horizontalement ces divisions sur la diagonale *ap* du plan; puis du point *o* pris au centre du plan, on décrit avec *oa*, *ob*, *oc*, etc., des circonférences qui seront limitées aux côtés du carré pour les premiers voussoirs. Comme nous l'avons déjà dit, cette épure ne diffère de la précédente que par les premiers voussoirs. Ces derniers forment les pendentifs à chaque angle de la voûte, leurs douelles venant s'amortir sur les faces des pieds-droits de la voûte.

La projection verticale des arcs des autres coupes se détermine en traçant, du point O comme centre, un arc limité aux pieds-droits avec un arc de cercle dont le rayon est égal à celui qui a servi à déterminer le cintre primitif de la coupe transversale. Le surplus de la construction de l'épure est identique aux constructions de l'épure précédente.

Nous avons figuré sur l'épure les vues perspectives du premier et du deuxième voussoir, pour montrer les coupes résultant de la forme du plan de cette voûte.

Le développement d'un premier voussoir complète cette épure.

VOUTE ELLIPTIQUE

(*Planche* 64.)

La surface intérieure de cette voûte est déterminée par la moitié de l'ellipse du plan tournant autour de son grand diamètre comme axe; il en résulte que si l'on coupe cette voûte par des plans verticaux perpendiculaires au grand axe, on obtiendra une série de circonférences, dont le rayon sera égal à la distance qui existe entre le grand diamètre et les pieds-droits de la voûte.

Pour déterminer l'ellipse intérieure des pieds-droits en plan, qui sert de base, on se servira des constructions que nous avons indiquées (planche 2) au commencement de cet ouvrage.

Ces voûtes présentent, dans l'exécution, plus de difficultés que les voûtes sphériques, en ce sens que les rangs des voussoirs, devant être horizontaux, les douelles sont de différentes largeurs considérées par le rapport qui existe entre le petit axe et le grand axe; cette largeur allant en augmentant au fur et à mesure qu'elle s'approche du grand axe.

Dans la construction des voûtes elliptiques, il faut avoir en considération que les joints de douelles ne sont pas équidistants, mais forment, par rapport au petit axe et au grand axe, des ellipses semblables; d'où il résulte que ces voûtes offrent plus de difficultés à l'exécution et demandent plus d'opérations que pour les voûtes sphériques.

L'opération qui nécessite le moins de constructions pour tracer l'épure, consiste: qu'après avoir déterminé la coupe transversale, figurée par une demi-circonférence de cercle, on tracera les courbes de l'intrados et de l'extrados des coupes longitudinales, ce qui est facile en suivant les principes indiqués dans le courant de cet ouvrage; puis, sur ces courbes, on projette, au moyen d'un changement de plan indiqué par la droite XY, tous les points de la coupe transversale sur la coupe longitudinale; à leur rencontre avec ces courbes, on obtient les points extrêmes des ellipses semblables, figurant les joints de douelles en plan.

Les joints des voussoirs devant être perpendiculaires aux joints de douelles, ce qui présente des difficultés dans cette épure, où ces joints ne sont pas équidistants, on a recours à une ellipse moyenne, sur laquelle on détermine perpendiculairement les joints des voussoirs, ce qui permet d'éviter les aiguités.

Nous complétons cette épure par le développement de la clef centrale et de sa vue perspective, ainsi que par la vue d'une contre-clef.

NICHE SPHÉRIQUE DANS UN MUR A PLOMB

(*Planche* 65.)

Après l'étude des *voûtes de révolution*, et avant d'étudier les *trompes*, nous donnons dans cet ouvrage deux exemples de *niches sphériques*.

La niche sphérique dans un mur à plomb peut être considérée comme une voûte sphérique coupée par un plan vertical au droit d'un de ses diamètres. On peut appareiller les niches comme les voûtes sphériques, au moyens de voussoirs horizontaux, ou au moyen de voussoirs dont les coupes partent du centre de la niche ; c'est cette dernière méthode que nous avons indiquée dans cette épure, ce qui nous permet, en même temps, de nous préparer à l'étude des *trompes*, dont l'appareil est identique à celui que nous indiquons ici. Sur un simple examen de l'épure, on se rendra compte des diverses opérations.

Le rayon, soit en plan, en élévation, ou en coupe, est le même. On obtient donc des demi-cercles dans toutes les positions, et pour avoir les projections en plan, par exemple, il suffit de couper la niche par deux plans verticaux parallèles dont les traces en plan seront T U et V W, et en élévation des demi-cercles $1' 5' 2'$ et $3' 6' 4'$. Ces plans couperont les projections verticales des joints de douelles sur leur longueur, en deux points, qu'il suffira de projeter en plan sur les traces horizontales des deux plans pour obtenir les points par lesquels devront passer les projections horizontales des joints de douelles. On opère de même pour les projections des douelles en coupe.

Les douelles et les coupes viennent reposer sur une partie milieu appelée *trompillon*, dont nous avons indiqué le profil en plan, en élévation et en coupe.

Pour les assises des pieds-droits, afin d'éviter les aiguités, on retourne les joints d'équerre sur la courbe du plan de la niche, en les laisant partir du point de centre.

Nous avons complété cette épure par le développement de la contre-clef de gauche, et de sa vue perspective, ainsi que des vues de la clef et du trompillon.

NICHE SPHÉRIQUE DANS UNE TOUR RONDE

(*Planche* 66.)

Dans le tracé de cette épure, il suffit de suivre les principes décrits dans la planche précédente, sans s'inquiéter de la forme circulaire du plan. C'est, du reste, de cette façon que nous avons procédé pour tracer l'épure. Nous avons indiqué sur l'élévation la projection du demi-cercle A B C D, etc, en pointillés, et sa projection horizontale en *a b c d*, etc., et par suite, de la forme circulaire du plan, on obtient en élévation ce demi-cercle en A′ B′ C′ D′, etc., déformé par la partie qui a été retranchée pour former le cintre de la tour.

La suite des opérations est identique.

Nous avons indiqué sur cette épure le développement du troisième voussoir, et sa vue perspective, une vue du premier voussoir et d'une assise de pied-droit avec les joints d'équerre.

TROMPE SPHÉROÏDAL SUR L'ANGLE

(*Planche* 67-68.)

Une *trompe*, comme l'indique l'épure, est une portion de voûte en saillie servant à porter l'encoignure d'un bâtiment ou toute autre construction qui semble se soutenir en l'air.

Il y a des *trompes* de toutes sortes, auxquelles on donne le nom de *trompes cylindriques*, *trompes coniques*, *trompes en tour ronde*, *trompes rampantes*, etc.; on en fait souvent dans des angles rentrants et principalement dans les angles des escaliers. Elles sont très nombreuses. Celle dont nous nous sommes inspiré ici n'est autre que celle qui été exécutée sur les dessins de *François Mansard* en 1635, à *l'hôtel de la Vrillière*, occupé aujourd'hui par *la Banque de France*, et généralement connu sous le nom *d'Hôtel de Toulouse*.

C'est au commencement de l'année 1635 que la construction de cet hôtel fut commencée. Cette construction dura assez longtemps. C'est pendant ce temps, c'est-à-dire en 1640, que la *rue Neuve-des-Bons-Enfants*, aujourd'hui *rue Radziwill*, fut ouverte, et c'est à cause de la rencontre de cette rue, que, voulant conserver à la superbe galerie dorée, que beaucoup connaissent, ses proportions projetées, *Mansard* eut recours à l'artifice de construction dont nous nous sommes inspirés.

En 1854, le conseil général de la Banque ayant fait étudier les moyens d'assurer la consolidation des bâtiments et la restauration de la galerie, décida que la restauration de cette galerie serait comprise dans l'ensemble des travaux dont on préparait l'exécution. Ce fut M. *Charles Questel*, un savant architecte, membre de l'Institut, qui fut chargé de reconstruire en entier la galerie et de la reconstituer intégralement dans son état primitif.

C'est au commencement de l'année 1870 que la démolition de la galerie et du bâtiment annexe fut commencée.

Le 24 octobre 1872 on posa la clef de la nouvelle trompe, dont l'appareil indiqué par M. *Questel* est sans doute plus régulier que celui de la trompe de 1640.

C'est à MM. *P. Lavit* et *A. Canivet*, les deux habiles appareilleurs des travaux de la *Banque de France* qui ont été exécutés de 1860 à 1875, que nous devons la reconstruction de la *trompe* de la *rue Radziwill*, qui est sans contredit l'une des pièces stérétomiques de Paris les plus curieuses et les mieux exécutées.

La *trompe* que nous avons faite n'est pas en tous points semblable à celle de la *rue Radziwill*, mais elle part du même principe.

Les *trompes sphériques* ou en *cul-de-four* sur l'angle ne sont autres que des voûtes sphériques coupées obliquement sur leurs faces en deux parties qui forment un angle saillant. Lorsque l'angle est droit, comme c'est ici le cas, on les appelle *trompes à angle droit*.

Ici, comme on peut le remarquer, nous avons, comme *rue Radziwill*, remplacé le *trompillon* en usage par un arc plein-cintre, qui vient pénétrer dans la voûte sphérique.

L'axe de la sphère et l'axe des cylindres étant sur une même droite horizontale, perpendiculaire à la face intérieure, la courbe de pénétration de cette sphère et de ce cylindre sera un cercle contenu dans un plan; car cette courbe de pénétration a tous ses points également éloignés du centre de la sphère.

Si les centres ne se trouvaient pas sur une même droite horizontale, on devrait faire les opérations indiquées (planche 42) dans l'épure de l'*arc plein-cintre dans une tour ronde en talus pénétrant dans une voûte sphérique.*

L'épure de la planche 67-68 représente donc une *trompe sphéroïdale* ou en *cul-de-four sur l'angle dans des murs à plomb.*

Elle se compose d'un plan, de quatre élévations de deux coupes, des projections du deuxième voussoir et de son développement, ainsi que des vues du premier et du deuxième voussoir.

Pour construire l'épure, on commencera par tracer le plan; ensuite, on fera le rabattement des deux faces latérales. On prendra pour tracer les deux arcs de ces faces latérales, le rayon de la sphère; puis on divisera chacun de ces arcs en onze parties égales, en A, B, C, D, etc., dont on en prendra deux pour chacun des cinq premiers voussoirs composant l'arc, et il en restera deux, F G et G H, pour la clef. De cette façon, la douelle de la clef sera égale aux douelles des autres voussoirs. Les coupes de ces voussoirs partiront des points de centre qui auront servi à tracer les arcs.

Cette opération faite, on tracera l'arc de la voûte remplaçant le *trompillon;* — ensuite, on divisera cet arc en onze parties égales, nombre correspondant aux divisions des arcs des deux faces latérales.

Les coupes des voussoirs de cet arc ne partiront pas du point de centre, ils partiront des points de divisions de l'arc et passeront par les projections des *nez* de douelles des faces latérales sur la face intérieure, et viendront s'amortir, les uns sur le lit de dessus des assises, et les autres sur l'extrados de l'arc. Cette opération est nécessaire pour éviter la grande inclinaison des coupes, si elles partaient du point de centre.

Exemple : Tracer la coupe du dessus du quatrième voussoir. On prendra la hauteur 1 E, c'est-à-dire la perpendiculaire abaissée du nez de douelle de la coupe du dessus du quatrième voussoir de la face latérale, sur la ligne de naissance de l'arc ; on portera cette hauteur en 1' E''', et on aura en E''' le point par lequel devra passer la coupe du dessus du quatrième voussoir de la face intérieure, laquelle, comme nous l'avons dit plus haut, se continuera jusqu'au lit de dessus du quatrième voussoir. On emploiera le même procédé pour tracer toutes les coupes du petit arc. Nous ferons remarquer que toutes ces coupes, ne tombant pas au centre qui a servi à déterminer l'arc, sont aiguës, surtout celles des quatre premiers voussoirs ; que, si elles partaient du centre, elles seraient beaucoup trop inclinées. De deux inconvénients, nous avons dû choisir le moindre.

Pour éviter le gauche des coupes, qui résulterait de la différence qui existe forcément entre celles de faces latérales et celles de la face intérieure, on rachète cette différence par deux plans, dont la rencontre forme une arête dans les coupes du dessus et un angle rentrant dans les coupes du dessous, comme cela est indiqué dans les projections du deuxième voussoir, ainsi que dans les vues perspectives du premier et du deuxième voussoir.

Pour tracer les pierres, il ne faut nullement se préoccuper de la rencontre de l'arc avec la voûte sphérique. On commencera par tracer et tailler les coupes de la face intérieure parallèlement aux têtes, ensuite on taillera celle des faces latérales, qui sont forcément triangulaires, attendu que, partant du parement extérieur, elles viennent aboutir au point d'intersection des coupes de la face intérieure avec le tas de charge.

Par ce moyen, des *fausses-coupes*, on évitera, ce qui est essentiel, le *gauche* dans les coupes.

La difficulté de trouver des morceaux de pierre de dimension suffisante pour faire les voussoirs de cette *trompe*, devant ou pouvant se présenter, nous avon indiqué sur l'épure un appareil absolument facultatif, qui, sans nuire à la solidité, permettait de faire ces voussoirs en plusieurs morceaux ; toutefois, on devra faire en sorte, dans l'intérêt de la solidité, d'employer des morceaux de grande dimension.

Comme le rayon de cette trompe n'est pas le même en plan et en élévation, comme celle de la Banque de France, nous avons donné à cette trompe le nom de *sphéroïdale*, c'est-à-dire s'approchant de la sphère, si cette trompe était sphérique dans toutes ses parties, les constructions seraient exactement les mêmes.

Le développement de la partie sphérique s'obtient en suivant les principes indiqués (planche 6, fig. 160) au commencement de cet ouvrage.

TROMPE CONIQUE SUR L'ANGLE

(*Planche* 69-70.)

Les *trompes coniques sur l'angle*, comme leur nom l'indique, sont formées par un cône coupé par deux plans obliques par rapport à sa hauteur. Pour obtenir les sections résultant de cette intersection, on opérera comme nous avons indiqué (planche 6, fig. 140 et suivantes), aux développements de solides, description de la parabole.

Pour obtenir la division des voussoirs, on fera passer un plan perpendiculaire à l'axe du cône ; ce plan aura sa trace horizontale en *a m* sur le plan, et sa trace verticale sera figurée par un demi-cercle en A 1 M sur l'élévation géométrale de la face extérieure, on divisera ensuite cet arc en un nombre impair de parties, en ayant soin de diminuer progressivement au fur et à mesure que l'on approchera de la clef, de façon à obtenir des douelles d'une dimension convenable sur les élévations des faces extérieures. On joindra ensuite ces points au centre O, ce qui donnera les génératrices du cône, représentant les joints de douelles de la trompe. Il suffira de projeter tous les points obtenus sur la trace horizontale *a m* en plan, et de joindre ces points au sommet S du cône pour avoir la projection de ces joints de douelles.

On tracera facilement les élévations extérieures, en projetant successivement tous les points perpendiculairement aux faces, et en portant sur ces perpendiculaires les hauteurs prises sur l'élévation géométrale, on obtiendra de cette façon la vraie grandeur des voussoirs sur les faces extérieures. En opérant de même pour l'élévation de la face intérieure, on aura la vraie grandeur des voussoirs vus intérieurement sur cette élévation.

Pour obtenir la saillie de la trompe sur le milieu du pan coupé *a m*, du point *o* comme centre, on décrira un arc de cercle *a g m*, qui donnera au point *g* la saillie de la trompe.

Pour éviter l'aiguité au droit de la pénétration du *trompillon*, on déterminera un point de centre 2 en plan, en menant une perpendiculaire sur la génératrice passant par le milieu de la clef en coupe, et on prolongera cette perpendiculaire jusqu'à la ligne passant par les naissances de l'arc au point 2', d'où l'on déduira facilement le point de centre 2 en plan représentant le sommet d'un deuxième cône, et la courbe d'intersection de ces deux cônes sera un arc de cercle.

La construction de cette épure, ainsi que les épures des trompes qui vont suivre, ne présentent aucune difficulté ; il suffira d'examiner avec attention les opérations pour pouvoir ensuite les reproduire facilement.

Cette épure est complétée par le développement du premier voussoir et de sa projection, de sa vue perspective, ainsi que de la vue de la clef.

Il existe trois *trompes côniques sur l'angle, rue des Francs-Bourgeois* au coin de la rue *Pavée-au-Marais*, derrière l'*Hôtel Carnavalet* à Paris.

TROMPE CONIQUE DANS L'ANGLE

(*Planche* 71-72.)

Cette épure est la même que la précédente, mais ici, on opère sur la base du cône pour avoir les divisions des voussoirs ; cette base est obtenue directement sur l'élévation de la face extérieure au moyen d'un demi-cercle ; il suffira de le diviser en un nombre impair de parties égales A B C D, etc., et de joindre ces points au centre qui a servi à décrire l'arc de cercle.

Les douelles de la partie conique vont en diminuant, et viennent s'amortir sur une partie circulaire appelée *trompillon*.

Les élévations des faces intérieures s'obtiennent comme dans les épures précédentes en projetant chaque point pris sur le plan perpendiculairement aux faces des murs, et en menant les diverses hauteurs prises sur l'élévation de la face extérieure.

Ces trompes trouvent leur application, pour soutenir les escaliers ; il en existe de magnifiques exemples dans l'escalier d'honneur de la *Banque de France*.

Le développement du deuxième voussoir et sa projection indiquent la forme des coupes et des lits, ainsi que sa vue perspective. Nous avons indiqué sur cette épure une élévation géométrale pour bien faire comprendre la forme de cette trompe.

TROMPE CYLINDRIQUE SUPPORTANT UNE TOUR RONDE

(*Planche* 73-74.)

Cette trompe est formée par l'intersection de deux cylindres se rencontrant à angle droit.

La plus grande saillie de cette trompe, sur le mur de face, ne doit pas excéder les deux tiers du rayon de la courbe extérieure, et de plus, pour obtenir une forme gracieuse, sa hauteur doit être plus grande que sa saillie.

Pour construire cette épure, on commencera par tracer le plan, en tenant compte des observations énoncées ci-dessus.

Puis, sur l'élévation de la face extérieure, on décrira un demi-cercle qui servira de cintre primitif pour déduire la courbure résultant de la rencontre des deux cylindres.

Le profil de la voussure sur la coupe, s'obtiendra en projetant les points pris sur le cintre primitif de l'élévation de la face extérieure avec les points correspondants sur le plan, au moyen d'un changement de plan indiqué par la ligne de terre X Y ; à leur intersection on obtiendra une série de points, qu'il suffira de joindre.

Il existe de nombreux exemples de cette trompe, principalement sur une des faces de l'église St-Sulpice, *rue Garancière* à Paris, à l'angle de la *rue St-Sulpice* et deux autres à l'angle de la *rue Croix-des-Petits-Champs* et de la *rue de la Vrillière*, près de la *Banque de France.*

La projection du troisième voussoir et son développement, ainsi que la vue perspective de ce voussoir et de la clef, complètent cette épure.

TROMPE CYLINDRIQUE BIAISE SUR L'ANGLE

(*Planches* 75-76.)

Pour tracer cette épure, les constructions décrites pour la planche précédente, trouvent aussi dans cette épure leur application. Cette trompe est formée par un cylindre venant couper obliquement un prisme représenté par les deux murs des faces extérieures qui sont à angle droit.

Pour construire l'épure, il y a plusieurs manières de procéder : l'une d'elles serait de déterminer la courbe au droit de l'axe de la clef; mais ici, pour tracer l'épure, nous avons déterminé la courbe primitive sur une des faces de la trompe ; le principe, dans l'un et l'autre cas, est le même.

Une fois l'arc obtenu, on le divisera en un nombre impair de parties égales I'J'K'L', avec une moitié de division I'J' pour la clef; puis on projettera ces points sur le plan en *i j k l*, etc., ensuite, pour déterminer l'autre face, des points *i j k l*, etc., on mènera des parallèles au mur de face, jusqu'à leur rencontre avec l'autre face en plan, aux points *a b c d*, etc., on élèvera de ces points des perpendiculaires à cette face, et l'on portera les hauteurs prises respectivement sur la première élévation; on obtiendra ainsi la courbe de la seconde face, ainsi que les coupes; on projettera ensuite ces courbes sur l'élévation géométrale, comme il a été dit précédemment, et l'on complétera de même cette élévation. On en déduira ensuite facilement les deux coupes. Par suite du grand nombre de voussoirs de cette trompe, venant s'amortir sur le *trompillon*, ceux-ci allant en diminuant, on obtiendrait des aiguités assez prononcées; on obviera à cet inconvénient en prenant, au-dessus du *trompillon*, deux ou trois voussoirs de la partie supérieure, pour former un voussoir; de cette façon. on obtiendra des douelles de dimensions convenables.

Nous avons complété cette épure par la projection du sixième voussoir et de son développement, ainsi que la vue perspective de ce sixième voussoir et de la clef.

ARRIÈRE-VOUSSURE DE MONTPELLIER

(*Planche* 77.)

Les *arrière-voussures* diffèrent des arcs par les *feuillures* et les *ébrasements* qu'on pratique dans l'épaisseur des murs pour loger les vantaux des portes et croisées qui servent à fermer ces baies. La feuillure suit la forme de l'arc.

La *voussure* de l'*arrière-voussure de Montpellier*, qui fait l'objet de cette épure, est comprise entre un demi-cercle et une ligne droite; c'est-à-dire que la face extérieure est un arc plein-cintre, et la face intérieure est appareillée en plate-bande.

La *voussure* a été inventée pour permettre le développement des portes et croisées dont la place est indiquée par des demi-cercles en pointillés dans les ébrasements sur les coupes, et de façon que ces portes ou croisées s'appliquent sur les ébrasements.

Pour tracer l'épure, on déterminera les élévations des faces intérieures et extérieures, ensuite le plan et les deux coupes sur lesquelles on déterminera la hauteur V′ de l'ébrasement, que l'on reportera en V sur l'élévation intérieure. On joindra les points V′W′ sur la coupe par une ligne droite, sur le milieu S de laquelle on élèvera la perpendiculaire SO′; du point O′, avec O′V′ comme rayon, on décrira l'arc V′W′, qui représentera l'amortissement de la voussure sur l'ébrasement. On déduira ensuite facilement les projections de cette courbe sur l'élévation de la face intérieure, en projetant plusieurs points de cette courbe sur l'ébrasement en plan, et en élevant ensuite des parallèles à l'axe du plan, jusqu'à leur rencontre avec ces mêmes points reportés horizontalement par un changement de plan exécuté au moyen de la ligne de terre X Y, menée à 45°. Il suffira de joindre ces divers points pour avoir la projection de la courbe précédente en élévation.

Pour tailler la *voussure*, dans l'exécution, on devra faire en sorte que la règle s'appuie constamment d'un côté sur l'arc intérieur de la feuillure, et, de l'autre, sur la ligne droite ou plate-bande et proportionnellement aux développements de cette courbe et de cette droite.

Les *voussures* sont généralement des surfaces gauches.

On remarquera, sur l'élévation intérieure, que les coupes dans la *voussure* ne partent pas toutes du point de centre O. On évitera le *gauche* dans les coupes, au moyen de plusieurs plans, indiqués dans la vue perspective de la contre-clef de gauche.

Enfin, cette épure est complétée par le développement du premier voussoir et de sa vue perspective.

Dans cette épure, nous avons indiqué une variante à la clef, c'est-à-dire un côté sans crossette et l'autre avec crossette; dans l'un et l'autre cas, le principe ne change pas.

ARRIÈRE-VOUSSURE DE MARSEILLE (L'ARC SURBAISSÉ)

(*Planche* 78.)

La différence qui existe dans cette épure avec la précédente, est tout entière dans la face intérieure. La *voussure*, au lieu d'être limitée par une ligne droite, se termine par un arc de cercle, dont le centre est en C, donné à volonté.

Ici, comme dans l'*arrière-voussure de Montpellier*, la place pour recevoir les portes et les croisées est réservée dans les ébrasements.

L'arc de la face extérieure de cette arrière-voussure est donné par un arc surbaissé; le principe serait le même si l'arc était plein-cintre.

Pour tracer cette épure, il suffira de suivre les principes énoncés dans la description de l'épure précédente.

Pour éviter les coupes gauches, on fera plusieurs plans dans chacune d'elles, en suivant le mode indiqué dans la vue du deuxième voussoir, ainsi que dans son développement.

Cette épure comprend, en outre, une vue du premier voussoir.

ARRIÈRE-VOUSSURE DE SAINT-ANTOINE

(*Planche* 79.)

Cette arrière-voussure est une espèce de niche en cul-de-four, dont l'objet est plutôt la décoration que l'utilité.

Elle a été imaginée par *Clément Metezeau*, architecte de *Louis XIII*, pour décorer la face de la porte Saint-Antoine qui regardait la ville.

Cette arrière-voussure sert à raccorder un arc-plein-cintre avec une plate-bande.

Le développement du 1er claveau et sa vue perspective donnent la forme parfois bizarre des différents claveaux qui composent cette fermeture.

On commencera, pour construire l'épure, par déterminer la courbe qui passe par le milieu de la clef; cette courbe dépend de l'épaisseur du mur dans lequel on veut faire cette arrière-voussure; pour la déterminer sur la coupe, du point O'' comme centre, on décrira un quart de cercle avec O'' 1 pour rayon, on le divisera ensuite en un certain nombre de parties égales, puis au-dessous, on décrira d'un point O''', avec un rayon égal à la distance qui existe entre la face intérieure et l'extérieure de la feuillure, un quart de cercle, que l'on divisera en un nombre de parties égales correspondant au nombre de divisions du premier arc de cercle. Il suffira ensuite d'élever des perpendiculaires de chacun de ces points jusqu'à leur rencontre avec les horizontales menées par les points de division du premier arc;

à leur intersection, on aura autant de points par lesquels devra passer la courbe.

On opérera de même pour toutes les autres courbes.

On pourra se rendre compte de l'effet de cette pièce de trait, en examinant les élévations intérieure et extérieure, les coupes, et surtout les vues perspectives. Enfin pour éviter les coupes gauches, on opérera comme pour les épures précédentes.

Cette épure est complétée par les vues perspectives du sommier et de la clef.

ARRIÈRE-VOUSSURE DANS UNE TOUR RONDE

(*Planche* 80.)

Cette épure est semblable à celle de la planche 77, *l'arrière-voussure de Montpellier ;* la seule différence est dans la forme circulaire du plan, qui représente une tour ronde dans un mur à plomb. Les principes sont les mêmes, il suffira de tenir compte des courbes résultant de la forme du plan.

Cette épure comprend une élévation de la face intérieure, un plan, deux coupes, le développement de la contre-clef de droite, et la projection des contre-clefs, enfin des vues du troisième voussoir, de la contre-clef de droite, et de la clef

PERRON DOUBLE SANS LIMON, A DOUBLE MONTÉE DE CHACUNE SIX MARCHES, AVEC PALIER DE REPOS

(*Planche* 81.)

Cette épure représente *un perron sans limon, à double montée de chacune six marches avec palier de repos.*

Chaque marche portant ses coupes, celle inférieure recevant la coupe supérieure de la marche précédente, et une coupe supérieure recevant la coupe inférieure de la marche suivante, forme un véritable voussoir et l'ensemble compose une véritable voûte dont le palier est la clef.

Dans ces sortes d'escaliers, comme ce perron sans limon, les coupes et les dessous des marches reposant sur la marche précédente doivent être d'une assez grande dimension pour offrir assez de stabilité dans l'ensemble.

Le recouvrement doit avoir au moins la moitié de la hauteur de la marche et la coupe le tiers de cette hauteur.

Les marches forment en dessous une surface rampante et plate comme une voûte; elle doivent être entaillées dans le *mur d'échiffre* d'au moins cinq centimètres.

Pour la solidité de ce perron et pour éviter l'écartement qui résulterait de la *poussée*, les premières marches doivent être enterrées dans le sol et contrebutées sur une assise en fondation.

Un perron de ce genre, fait partie du *grand ouvrage de la coupe des pierres*, édité précédemment, qui comprend des épures grand format, et des modèles en plâtre stéariné; tous les modèles de la collection se démontent pièce par pièce, ce qui permet de se rendre un compte exact de chaque claveau ou voussoir composant les pièces de trait, et ce perron, exécuté à l'échelle de cinq centimètres pour mètre, soumis à l'épreuve de l'écrasement, n'a pas fléchi sous la charge de *cinquante kilogrammes*, à laquelle il a été poussé.

Cette épure, comprenant un plan, une élévation, une coupe des marches, une élévation du mur d'échifire avec le profil des entailles, une vue latérale, une vue d'ensemble et des vues de plusieurs marches, permet de comprendre immédiatement, sur un simple examen, la construction de ce perron.

ESCALIER A NOYAU ET PORTE EN PLATE-BANDE

(*Planche* 82.)

Les marches composant cet escalier à noyau ont été faites sur le modèle de celles exécutées à l'un des escaliers de la *tour Saint-Jacques*, à Paris.

On donne souvent à ces escaliers le nom de *vis à noyau plein.*

Dans le cas actuel, chaque marche porte le *noyau* et repose simplement sur la marche précédente. Elles sont entaillées dans le *mur d'échiffre.*

Cet appareil est généralement employé à cause de sa simplicité et de l'économie de taille et de pierre que l'on peut réaliser. Il est, en outre, d'une grande solidité et demande peu d'emplacement.

Le *noyau* peut être indépendant des marches; celles-ci peuvent être simplement entaillées dedans; dans ce cas, le *noyau* peut être considéré comme un mur circulaire recevant l'about des marches, celles-ci sont alors entaillées dans les deux murs ; mais, dans ce cas, il est préférable, pour la solidité, de faire des coupes perpendiculaires aux courbes déterminées par la révolution des marches.

Il en résulte que les coupes et le dessous des marches sont des surfaces gauches. Celle du dessous est engendrée par une droite qui s'appuie constamment sur deux *hélices*, dont l'une est située sur la face intérieure du mur d'échiffre, et l'autre autour du noyau. Ces *hélices* sont obtenues facilement en faisant passer une courbe par l'arête supérieure des marches, et après avoir déterminé l'épaisseur de la marche et la largeur des coupes, en menant par l'extrémité de celles-ci une *hélice* parallèle à la première.

Dans l'*escalier à noyau*, faisant l'objet de cette épure, le *noyau* faisant partie de chaque marche, il n'est pas nécessaire de faire des coupes.

Les marches sont terminées par une surface verticale tangente au noyau, et le dessous desdites est gauche, comme nous l'avons dit précédemment. La vue des six premières marches, le plan de la première et de l'une des marches font voir la forme de celles-ci.

Pour tracer l'épure de cet escalier, on commencera par décrire une circonférence; celle-ci représentera *la ligne de foulée*. Dans les escaliers ordinaires, cette ligne est placée à 50 centimètres environ du limon, et c'est cette ligne que l'on divise en parties égales pour avoir la largeur des marches. Cette largeur se nomme *le giron* de la marche, et la longueur s'appelle *l'emmarchement*.

Dans les escaliers en pierre, il faut avoir soin de donner au *giron* le double de la hauteur de la marche.

Le développement des marches s'obtiendra, en portant sur une droite horizontale la longueur du développement de chacune d'elles, puis, par les points obtenus, on élèvera des perpendiculaires à cette droite jusqu'à la rencontre avec la hauteur de la marche correspondante.

Nous avons figuré sur cette épure une *porte en platebande dans une tour ronde* en indiquant un appareil différent de celui de la planche 16. Ici les coupes, au lieu d'être menées parallèlement à l'axe de la tour, partent du centre. Pour éviter les coupes gauches, les droites indiquant les lits de dessus sont tracées parallèlement aux joints de l'intrados.

Le surplus est identique aux opérations de la planche 16.

ESCALIER TOURNANT SANS LIMON ET PORTANT SES COUPES

(*Planche* 83.)

Ces escaliers à jour, exécutés dans les édifices de grande importance, sont d'un effet agréable, mais ils demandent un grand soin dans l'exécution; car le moindre défaut peut occasionner de graves désordres. Les coupes et les recouvrements des marches doivent être assez forts pour la stabilité de l'escalier, ainsi que les scellements de l'*about* des marches dans le mur formant la cage de l'escalier. Le dessous de ces escaliers forme une surface rampante plate; du côté du *jour* de l'escalier, les moulures des marches sont retournées et profilées.

Les développements des marches s'obtiennent comme nous l'avons dit dans l'épure précédente.

Pour tailler les marches, il suffit de faire un panneau au droit de la partie droite, et un autre au droit du *quartier tournant.*

Mais ces escaliers, ne présentant qu'une solidité relative et demandant l'emploi de pierres d'une grande dureté, ne sont pas d'un fréquent usage; on leur préfère les *escaliers à limon*, dont nous avons fait l'objet de l'épure qui va suivre.

ESCALIER A LIMON ET BALANCEMENT DES MARCHES

(*Planche* 84.)

Les *escaliers à limon* se font de deux manières ; le *limon* est indépendant ou il fait partie de la marche ; dans l'un et l'autre cas, le résultat obtenu est le même.

Dans cette épure, nous avons figuré un escalier dont le limon est indépendant des marches; il forme un véritable mur suspendu, dans lequel les marches sont entaillées de 4 à 5 centimètres, et scellées au plâtre ou en ciment, mais encore mieux coulées en plomb ; ce dernier mode a l'avantage d'éviter qu'il ne se produise des écornures, si l'escalier vient à faire un mouvement au moment où il prendra son assiette ; on a même soin de laisser aux escaliers suspendus le temps de produire leur tassement avant de faire le ravalement ; ce tassement est plus ou moins sensible, suivant le soin apporté à la taille et à la pose des marches et du limon.

Le limon au droit de la partie droite ne présente aucune difficulté d'exécution : il suffit de faire le développement des marches et de mener des parallèles aux arêtes, après avoir déterminé la hauteur du limon et la saillie que l'on veut obtenir au-dessus et au-dessous des marches.

Pour obtenir le panneau nécessaire pour tailler le limon au droit des *quartiers tournants*, on tracera d'abord le plan de la partie de limon que l'on voudra tailler, comme elle est indiquée en plan. On tracera ensuite la projection horizontale des marches que cette partie contient, on élèvera des perpendiculaires, et l'on fera les projections verticales des marches. puis du limon, en menant des droites parallèlement aux nez et à la surface rampante des marches ; aux extrémités de la partie intérieure du limon, on mènera des horizontales jusqu'à leur rencontre avec les perpendiculaires menées du plan et projetant la largeur du limon ; ensuite l'on joindra les points obtenus. Il suffira, pour avoir le panneau, de mener une parallèle X Y à la droite A B, limitant la partie intérieure du limon, puis d'élever des perpendiculaires à cette droite, et de porter sur chacune d'elles les hauteurs prises respectivement sur le plan, telle que la hauteur C D portée en E′F′ par exemple.

Dans les épures précédentes, nous avons supposé que les marches avaient une largeur *suffisante* au droit des parties circulaires, autrement dit *aux collets*, mais il arrive fréquemment que cette largeur est trop étroite ; pour poser le pied, on a recours alors à l'opération dite du *balancement des marches*, c'est-à-dire que l'on diminue la largeur des marches au départ pour obtenir une largeur suffisante au tournant de l'escalier.

Nous avons indiqué sur l'épure l'opération qui a été employée jusqu'ici pour trouver le *balancement* des marches. L'on commencera par faire le développement des marches, comme il a été dit dans les épures précédentes, en prenant les différentes largeurs sur le plan, sans tenir compte de leur plus ou moins de largeur. Ce développement est indiqué par le profil bleu, puis on joindra le nez des marches par des lignes droites telles que M M et N P ; on portera sur la dernière marche la largeur minima que l'on veut obtenir en R 9 par exemple, et l'on joindra le point 10 au point 9, l'on prolongera la ligne jusqu'à sa rencontre avec la droite M N au point S, l'on obtiendra alors la ligne brisée M S P; on fera passer une courbe tangente à ces deux droites M S et SP, qui déterminera à la rencontre, des parallèles menées à la hauteur des marches, la largeur de celles-ci ; ces largeurs sont indiquées sur l'épure par le profil rose. Il suffira de porter ces largeurs sur le plan, et de joindre les points obtenus aux divisions qui ont été faites sur la *ligne de foulée*, pour obtenir le *balancement* des marches. Cette opération demande beaucoup de place, car les points de centre sont très éloignés ; aussi les charpentiers, appelés à faire journellement des escaliers, tracent leurs marches sur leurs épures grandeur d'exécution, sans faire toutes ces opérations, en faisant en sorte de donner à leurs marches une largeur suffisante ; avec un peu d'habitude, on arrive à un résultat satisfaisant.

VIS SAINT-GILLES A NOYAU PLEIN, SUR UN PLAN RECTANGULAIRE

(*Planche* 85-86.)

Nous donnons dans cet ouvrage deux exemples de *vis Saint-Gilles*, une sur un plan rectangulaire et l'autre dans une tour ronde.

Les *vis Saint-Gilles* sont des voûtes destinées à supporter les marches d'un escalier tournant; elles sont peu employées, en raison de leur grande difficulté d'exécution.

La vis Saint-Gilles carrée se compose de parties de *voûtes d'arête* et de *voûtes en arc de cloître ;* lesdites sont gauches et rampantes. Ces voûtes suivent l'inclinaison donnée par les marches, dont les arêtes partent toutes du même point de centre. Ces voûtes n'ont leur utilité que dans le cas où les marches sont d'une grande longueur et, par suite, faites en plusieurs morceaux; car pour les marches d'un emmanchement ordinaire, il est préférable de les faire se supporter entre elles au moyen de coupes, comme nous l'avons dit précédemment dans l'étude des escaliers, le dessous des marches formant une surface régulière, aussi agréable à l'œil que les voûtes formées par les *vis Saint-Gilles.* Leur usage étant peu fréquent, nous ne nous étendrons pas longuement sur ce sujet.

Pour tracer l'épure on commencera par déterminer le plan sur lequel on tracera les marches en les faisant partir du centre O, puis l'on déterminera leur hauteur sur la coupe. On tracera ensuite au-dessous de la projection verticale d'une marche perpendiculaire au noyau, la voûte, au moyen d'un arc plein-cintre, pris ici comme base ; on indiquera les voussoirs en suivant le principe général ; la naissance de cet arc primitif sera située de façon que le dessous de la marche supérieure vienne reposer sur l'extrados de la voûte.

Si l'on considère cette voûte en suivant la direction du nez de chaque marche, on voit qu'elle est déterminée par une série d'ellipses dont le grand axe est égal à la longueur du nez de chaque marche. Les joints de douelles, sur la coupe, s'obtiennent en projetant verticalement les points pris sur ces ellipses en plan; dans l'épure, nous avons rabattu ces ellipses au droit des diagonales; on obtiendrait les autres de la même façon. Il n'y a qu'au droit des marches perpendiculaires au noyau, que l'on obtient un demi-cercle semblable au cintre primitif.

Les parties de voûtes en arc de cloître sont formées sur les diagonales près du mur d'échiffre, et les parties de voûtes d'arête près du noyau sur les mêmes diagonales.

Pour rendre l'épure plus claire, nous avons mis sur le plan et sur la coupe les mêmes lettres qui correspondent aux mêmes points.

Pour tailler les pierres formant le noyau, il y a plusieurs moyens, soit en rendant le noyau indépendant, en lui faisant porter la *retombée* de chaque coupe, comme nous l'avons indiqué dans une vue perspective, soit en formant ce noyau au moyen des voussoirs, comme nous l'avons indiqué dans la coupe générale et dans deux vues perspectives ; le principe est le même dans l'un et l'autre cas.

Les joints des voussoirs devront toujours être menés perpendiculairement aux joints de douelles.

Comme nous l'avons déjà dit au commencement, cette sorte de voûte est d'un usage peu fréquent ; aussi, nous ne nous étendrons pas plus longuement dans la description de l'épure.

Si l'on avait à tailler cette *vis Saint-Gilles*, ainsi que la suivante, il serait, à notre avis, de toute utilité de tailler un modèle en plâtre, à une échelle réduite, avant de commencer la taille de la pierre.

VIS SAINT-GILLES DANS UNE TOUR RONDE

(*Planche* 87-88.)

Cette vis est une sorte de voûte annulaire rampante, destinée, comme la précédente, à soutenir les marches d'un escalier tournant autour d'un noyau.

On a donné à cette pièce de trait le nom de vis *Saint-*

Gilles, parce que la première voûte dans ce genre qui ait été exécutée en pierre de taille a été faite au *Prieuré de Saint-Gilles*, à quatre lieues de *Nîmes*, département du *Gard*.

Nous avons fait ces deux voûtes en suivant les principes donnés par *Rondelet* dans son traité de la coupe des pierres.

Cette voûte, comme la précédente, présente dans l'exécution beaucoup de difficultés, aussi aujourd'hui l'on fait cette voûte avec de petits matériaux, comme la brique, par exemple, ce qui simplifie beaucoup l'exécution ; car il suffit dans ce cas de faire un pâté en plâtre, donnant la forme intérieure de la voûte. Une voûte de ce genre a été exécutée au château de Saint-Germain-en-Laye (Seine-et-Oise), au moment de sa restauration, dans l'aile appelée le *Château Neuf*.

Les joints de douelles sont obtenus en projetant tous les points du plan sur la coupe, en tenant compte de leur hauteur, par rapport à la hauteur des marches qui ont été tracées en premier lieu.

L'exemple de la vis Saint-Gilles que nous donnons est compris entre deux murs cylindriques, celui du milieu remplaçant le noyau.

Dans cette pièce de trait, toutes les coupes et les douelles sont gauches, par suite de la diminution de largeur de chacun des voussoirs qui tendent tous au centre O.

Il est utile de remarquer que, contrairement à l'épure précédente, le cintre primitif, en tournant autour du noyau, ne change pas la forme de son cintre ni de ses coupes.

Avant d'exécuter cette voûte, il sera bon, comme pour la pièce de trait précédente, de couper un modèle en plâtre à une échelle réduite. (*Voir sur la planche* 10, *les outils nécessaires pour couper le plâtre.*)

Le noyau peut aussi être taillé de deux façons différentes, comme nous l'indiquons dans les vues perspectives.

PONT BIAIS, APPAREIL HÉLIÇOÏDAL

(*Planche* 89-90.)

Nous donnons, dans cet ouvrage, un modèle de *pont biais avec appareil héliçoïdal*. Ce pont a été fait à l'instar de celui qui existe sous les voûtes du chemin de fer de l'Est, ligne *de Vincennes*, situé rue de Lyon, n° 46, et qui a été construit sous la direction de M. *Martin*, ingénieur en chef de la voie, par M. *Marché*, appareilleur.

Notre intention n'étant pas de faire une étude approfondie des *ponts biais*, nous avons indiqué sur cette épure un appareil des plus simples, suffisant néanmoins pour faire comprendre le tracé de l'appareil de ces sortes de ponts.

La taille des voussoirs présentant assez de difficultés, on ne fait en pierre de taille que les têtes de ces ponts, le surplus est en matériaux de différentes natures, tels que meulière, moellon ou brique ; un modèle en plâtre stéariné, se démontant, et accompagné de son épure, fait partie du grand ouvrage de Stéréotomie qui a été édité précédemment. Tous les voussoirs se démontant, il est très facile de se rendre un compte exact de la forme de chacun de ces voussoirs, qui ont, du reste, un grand intérêt.

Pour construire l'épure, on tracera le plan, sur lequel on déterminera la section droite de la voûte en M O N ; dans le cas actuel, cette section droite est déterminée par un arc de cercle; on en déduira les arcs de têtes du pont. Pour simplifier les opérations, nous avons, dans cette épure, cherché un centre pour décrire ces arcs de têtes.

Pour obtenir les divisions des voussoirs, on fera bien de faire le développement de l'intrados, en suivant les opérations qui ont été données au commencement de cet ouvrage, dans les développements des solides (planche 6), au développement d'un cylindre oblique.

Dans le cas actuel, il est nécessaire de faire les divisions des douelles des premiers voussoirs plus grandes que les divisions des autres voussoirs, et de les diminuer au fur et à mesure que l'on approchera de la clef.

Dans cet exemple, nous avons indiqué les joints de douelles en plan perpendiculaires aux faces du pont; aux points où ces douelles viennent s'amortir, on tracera un joint perpendiculairement à ces douelles; ces joints déterminent les premiers voussoirs que nous avons appelés *sommiers*, et qui forment comme une *crémaillère* dans laquelle viennent reposer les rangs des autres voussoirs.

Le plan étant ainsi déterminé, on tracera les éléva tions extérieures, puis l'on élèvera des perpendiculaires à chaque division de voussoir en plan, jusqu'à la naissance de l'arc, et, avec une même ouverture de compas, on décrira les arcs parallèles aux arcs de têtes. Ces arcs ont leur point de centre en C, C_1, C_2, C_3, etc.

Ces arcs serviront à déterminer les courbes des joints de l'extrados en plan, en projetant successivement sur le plan, aux droites correspondantes, toutes les intersections obtenues par les rayons partant de ces centres avec l'extrados de chaque voussoir; c'est-à-dire que l'on coupera cette voûte par une série de plans parallèles aux têtes, et l'on cherchera l'intersection résultant de chacun de ces plans avec l'intrados et l'extrados de la voûte.

On en déduira les deux coupes longitudinales, en portant successivement la hauteur de chaque point pris sur les élévations extérieures. Enfin, on déterminera les courbes des joints de douelles en opérant de même.

Cet appareil a été fait pour éviter la poussée au vide, qui existerait si l'on appareillait ces sortes de ponts au moyen de voussoirs dont les coupes seraient parallèles aux têtes, comme dans la planche 29.

L'appareil de ces sortes de ponts a été employé fréquemment pendant ces dernières années, principalement par MM. les ingénieurs des lignes de chemins de fer, et l'on en rencontre de nombreux exemples.

TABLE DES MATIÈRES

Imprimerie Chassaing, Nevers.