MANUEL PRATIQUE

DE

L'INSTRUCTION POPULAIRE.

Chaigrasse

MANUEL PRATIQUE

DE

L'INSTRUCTION POPULAIRE

TRAITÉ DES CONNAISSANCES USUELLES

INDISPENSABLES A TOUT LE MONDE,

Exposées à l'aide des quatre premières règles du calcul, permettant de se passer de maîtres;

COMPRENANT :

1re PARTIE : SYSTÈME MÉTRIQUE.
2e PARTIE : ARPENTAGE; LEVÉ DES PLANS.
3e PARTIE : NIVELLEMENT.
4e PARTIE : CUBAGE.
5e PARTIE : PROJETS DE TRAVAUX.
6e PARTIE : ÉLÉMENTS D'HYDRAULIQUE.
SUPPLÉMENT.

AUGMENTÉ

de 157 Problèmes raisonnés avec Calculs effectués;

PAR **J.-B. CHAIRGRASSE**,

INGÉNIEUR CIVIL,
ancien Instituteur, ancien Conducteur des ponts et chaussées,
Inventeur de divers instruments d'arpentage et de nivellement approuvés par plusieurs sociétés savantes.

BRUXELLES,
IMPRIMERIE DE ADOLPHE MERTENS
RUE DE L'ESCALIER, 22.

1871

INTRODUCTION.

Les gouvernements qui s'occupent de l'instruction populaire, en instituant partout des maîtres instruits et dévoués, formés, pour la plupart, par de savants professeurs, remplissent un devoir personnel et travaillent à l'avenir du pays qu'ils représentent Un grand pas a été fait dans cette voie, et, s'il reste encore beaucoup à faire, constatons, cependant, que gouvernements et instituteurs comprennent admirablement leur mission; que, dans un avenir très-rapproché, toute personne regardera comme le premier des devoirs, celui de savoir lire, écrire et faire toutes les opérations usuelles de la vie.

Ainsi, en partant de ce principe que, dans l'instruction publique, il convient de compter avec les aptitudes, les élèves peuvent être classés en deux catégories :

1° Ceux qui se destinent à l'enseignement, à l'état militaire, ou à des positions exigeant des connaissances théoriques étendues, telles que les ponts et chaussées, les mines, l'architecture, etc. ;

2° Ceux qui se préparent pour d'autres carrières, plus modestes : l'agriculture, le commerce, les arts, et les professions diverses auxquelles se livre la plus grande partie de la population.

En partant de cet autre principe, qu'il est indispensable de donner à tout le monde les notions théoriques nécessaires pour développer l'intelligence, nous regrettons d'avoir à signaler combien, dans les écoles du premier degré, les connaissances pratiques sont négligées, en ce qui concerne la classe si nombreuse des ouvriers, cultivateurs et artisans.

En signalant pourtant, d'un côté, l'oubli presque complet des études pratiques les plus élémentaires et les plus importantes, nous trouvons, d'un autre côté, des maîtres trop instruits, parlant un langage scientifique au-dessus de la portée des élèves confiés à leurs soins, se lancer dans des théories saturées de termes techniques, qui ne produisent trop souvent que confusion et oubli.

Pourquoi parler, en effet, aux jeunes gens qui deviendront cultivateurs, entrepreneurs, menuisiers, charpentiers, etc., en arithmétique, de divisibilité des nombres, fractions, proportions, progressions, logarithmes, règles de trois, règles de supposition ou de fausse supposition ; — en géométrie, de lignes proportionnelles, similitudes de triangles, etc., etc.?

Est-ce que toutes les opérations qui viennent d'être énumérées se résolvent autrement que par l'application des *quatre premières règles* ou leurs combinaisons?

Au lieu de troubler et fatiguer l'esprit de la jeunesse par de grandes phrases auxquelles elle se laisse facilement entraîner, pourquoi ne pas se contenter de la démonstration pure et simple, appuyée de nombreux problèmes usuels, des quatre premières règles qui constituent la base de tous les calculs possibles ?

Avec une bonne et solide instruction pratique ainsi donnée, nous ne verrons plus de cultivateurs, d'entrepreneurs, de mécaniciens, de charpentiers, de menuisiers, etc., à peine au sortir de l'école, après avoir fait souvent de lourds sacrifices pour leurs études, se trouver dans l'impossibilité d'arpenter un simple champ, de cuber une pièce de bois, de faire le métré des travaux d'un bâtiment, en résumé, d'opérer la moindre application, à leurs besoins personnels, des connaissances pratiques les plus élémentaires.

Pourtant, doit-on exclure toute théorie de l'enseignement primaire? Évidemment non. Une théorie, pour être bien comprise et porter ses fruits, doit être claire et sobre de grands mots à effet. Il suffit que l'élève sache simplement pourquoi, dans un cas donné, il devra appliquer telle règle plutôt que telle autre.

A notre avis, voici comment, pour être vraiment fructueuse dans les écoles, l'instruction pratique élémentaire doit être exposée :

1o Explication de la formation des nombres;

2o Exposition de la numération parlée et de la numération écrite, en ayant bien soin de faire remarquer aux élèves le mécanisme de cet ingénieux et admirable système, par lequel il est possible de représenter tous les nombres imaginables, à l'aide de dix caractères seulement;

3° Démonstration des quatre premières règles du calcul (*addition, soustraction, multiplication* et *division*), appliquées aux nombres entiers et aux nombres décimaux;

4° Explication du système métrique des poids et mesures.

Ces éléments étant suffisants pour résoudre les questions ordinaires, nous regarderons donc comme superflues toutes les autres théories dont on surcharge l'esprit de la jeunesse.

On pourra pourtant parler du carré et de l'extraction de la racine carrée des nombres, opérations utiles ne présentant guère plus de difficultés que la division.

Ces notions élémentaires bien comprises et bien familières aux élèves, ils pourront en faire l'application la plus étendue, à l'aide de problèmes nombreux et variés.

Ce qui nous a surtout engagé à publier ce travail, c'est l'absence complète, dans les nombreuses publications traitant de l'enseignement des masses, d'une méthode claire et simple, qui pénètre dans la mémoire, sans le secours d'un maître. Nous avons adopté celle du raisonnement et de l'exemple, en donnant les règles à suivre et la solution des diverses questions que le cultivateur et l'artisan peuvent avoir à résoudre; d'accord, en cela, avec les instituteurs les plus intelligents, qui, sous forme de *memento* ou de *manuel,* pouvant être consulté en tout temps, ont la précaution de faire rédiger par leurs élèves des notes spéciales auxquelles ces derniers pourront se reporter plus tard.

Nous plaçant à un point de vue exclusivement pratique, nous croyons avoir fait une œuvre consciencieuse, digne de figurer entre les mains de l'ingénieur comme entre celles du travailleur des champs et des villes, et nous avons la certitude que les gouvernements, les professeurs, les instituteurs et les protecteurs de l'enseignement populaire nous prêteront leur concours pour la propager.

Comme nous le disions plus haut, les gouvernants se doivent tout entiers à l'instruction populaire, en recherchant les applications les plus pratiques pour la répandre en tous lieux. Sans vanité aucune, nous croyons avoir résolu une des questions les plus ardues : en effet, en voyant l'architecte, l'entrepreneur, le constructeur, le conducteur de grands travaux de bâtiments, de routes, de canaux, de chemins de fer, faire des projets, cuber des maçonneries, évaluer les déblais et remblais nécessaires, on croit généralement que les questions résolues sont au-dessus de la portée du vulgaire. Il n'en est rien, et, s'il faut à ces messieurs des connaissances et de l'instruction pour faire ces opérations, elles se résument presque toujours, pour ne pas dire toujours, dans l'application des quatre premières règles.

Qu'il nous soit permis d'apporter des preuves à l'appui de notre dire :

Dans ces temps d'édifications prodigieuses, de grands travaux de tous genres, qui ont été exécutés récemment ou sont encore en voie de construction, tout le monde a pu voir, et voit encore aujourd'hui, de simples ouvriers, devenus surveillants, piqueurs, conducteurs de travaux, s'élever aux plus hautes positions sociales. Pour notre part, nous en connaissons bon nombre qui sont en ce moment ingénieurs de compagnies de chemins de fer, etc. Cependant, ils ne connaissaient que leurs quatre règles! mais ils ont appris à les appliquer. Cet ouvrage permettra d'en faire autant, en l'étudiant avec soin, sous le manteau de la cheminée.

Voici, en quelques lignes, le plan de notre travail :

Nous avons tout d'abord traité du système métrique, puis nous nous sommes dit : Dans la nature, on rencontre les trois dimensions : ***longueur***, ***largeur*** et ***épaisseur***; ce qui donne :

1° les lignes (***longueurs***) ;
2° les surfaces (***longueurs*** et ***largeurs***) ;
3° les solides (***longueurs***, ***largeurs*** et ***épaisseurs***).

1° LIGNES.

Nous avons considéré les lignes accessibles et les lignes inaccessibles et nous avons montré comment on mesure les unes et les autres : rien n'est plus simple.

2° SURFACES.

Nous avons divisé les surfaces en deux catégories : ***surfaces simples*** et ***surfaces composées***.

SURFACES SIMPLES.

Les surfaces simples sont : le ***triangle***, le ***carré***, le ***rectangle***, le ***parallélogramme***, le ***losange***, le ***trapèze***, le ***cercle***.

Nous avons indiqué comment, toujours à l'aide des quatre règles seulement, on en calcule la surface : donc pas de difficulté.

SURFACES COMPOSÉES.

Ces surfaces, par leur irrégularité, ne rentrent pas dans la catégorie des surfaces simples.

Pour les mesurer ou les arpenter, il suffit simplement de les décomposer, par des lignes droites d'opération et des perpendiculaires, en figures simples. On obtiendra, par exemple, quatre triangles et six trapèzes. En calculant la superficie de ces dix surfaces simples et en faisant l'addition des produits partiels, on aura le résultat cherché : donc encore pas de difficulté.

Ces opérations constituent ce qu'on appelle l'*arpentage.*

L'usage de l'équerre d'arpenteur a été nécessaire ; aussi en avons-nous donné une explication claire et simple.

3° SOLIDES.

Nous avons également divisé les solides en deux catégories : *solides simples* et *solides composés.*

SOLIDES SIMPLES.

Les solides simples sont : le *cube*, le *parallélipipède*, le *prisme*, la *pyramide*, le *tronc de pyramide*, le *cylindre*, le *cône*, le *tronc de cône*, la *sphère.*

Nous avons exposé clairement, avec des exemples raisonnés, comment on opère sur chacun de ces neuf solides simples pour en déterminer le volume.

Nous avons même jugé utile d'exposer comment on opère afin d'obtenir la surface de chacun d'eux.

Pour le tronc de pyramide et le tronc de cône, il a été donné trois méthodes permettant d'en calculer la solidité. Nous appelons la plus sérieuse attention sur le mécanisme de ces trois méthodes.

SOLIDES COMPOSÉS.

Ces solides, par leur irrégularité et leurs formes diverses, ne rentrent pas dans la catégorie des solides simples.

De même que pour les surfaces composées, on en trouvera le volume en les décomposant en solides simples que l'on calculera séparément, et la somme des volumes partiels donnera le résultat cherché.

La décomposition des solides composés en solides simples présente beaucoup plus de difficultés que celle des surfaces. Pourtant, avec un peu d'attention, on saisira facilement les détails du système employé.

Voilà le résumé exact du plan de l'ouvrage.

Chaque règle posée, accompagnée de figures, a été appuyée par un ou plusieurs exemples, sous forme de problème dont la solution est expliquée. Les calculs ont même été effectués afin qu'il ne restât dans l'esprit du lecteur aucun doute sur la nature des opérations à faire.

Comme application du cubage, nous avons résolu, avec toutes les explications nécessaires, les problèmes suivants :

1° Jaugeage des tonneaux et des cuves ;
2° Calcul des déblais et remblais pour l'établissement d'un chemin ;
3° Projet de construction d'un bâtiment ;
4° Projet d'un petit aqueduc ;
5° Projet d'un pont avec murs en aile.

Les métrés des travaux à exécuter ont été calculés et présentés sous forme de tableaux, toujours à l'aide des *quatre premières règles seulement*.

Nous avons consacré un chapitre au levé des plans, opération très-simple et très-facile.

La question du nivellement a été traitée avec quelques détails : c'est une opération qui ne présente aucune difficulté. Elle est nécessaire, même indispensable, à propos du cubage, dans bien des cas, et principalement pour la décomposition des solides, pour les terrassements.

Nous avons parlé :

> Du niveau de maçon ;
> Du niveau d'eau ;
> Du niveau Chairgrasse.

Ce dernier instrument, de l'invention de l'auteur et dont la description est donnée, est d'une simplicité extrême et susceptible des plus utiles et des plus nombreuses applications. Il est spécialement destiné aux cultivateurs et aux artisans (1).

Après avoir mis le lecteur en état de résoudre les principales ques-

(1) On peut se procurer le niveau Chairgrasse chez MM. J. et A. Molteni, rue du Château-d'Eau, 62, à Paris, et chez M. Jaspar, rue Jonfosse, 12, à Liége, constructeurs d'instruments de précision.

tions d'arpentage, de levé des plans, de nivellement, de cubage ; de faire les plans d'un projet, exécuter les métrés, diriger les travaux, nous avons consacré plusieurs chapitres très-étendus à l'exposition de la qualité et des défauts des matériaux à employer dans les constructions, la façon dont les travaux doivent être conditionnés pour offrir des garanties durables de solidité.

Nous avons fait l'insertion des clauses et conditions générales qu'il convient d'imposer aux entrepreneurs pour la bonne exécution des travaux.

On trouvera dans ces documents tous les éléments nécessaires pour la rédaction d'un devis, et les propriétaires, en les étudiant avec soin, pourront surveiller, en connaissance de cause, la bonne exécution des travaux qu'ils auront à faire exécuter.

Nous avons donné le programme complet des règles imposées pour la préparation des projets provisoires, ainsi que des projets définitifs. Ce programme, étudié avec le plus grand soin, énumère non-seulement les pièces à fournir, mais aussi leur forme ; et, dans l'intérêt d'un bon examen préalable des travaux projetés, il convient de l'employer dans toutes les administrations publiques ou particulières, même dans les entreprises individuelles.

Afin d'arriver, sans pesées, à évaluer le poids des ferrures, des tableaux très-clairs font connaître les poids calculés des fers plats et des fers ronds pour les largeurs et les épaisseurs les plus usitées.

Enfin, dans l'avant-dernier chapitre, nous avons jugé utile d'exposer quelques notions hydrauliques sur le jaugeage des cours d'eau.

Nos formules sont extraites de celles données par les auteurs les mieux accrédités, qui ont traité de la matière. Elles sont d'une application des plus simples et toutes sont expliquées par un exemple raisonné.

Ces notions permettront au cultivateur, au propriétaire, à l'industriel, de déterminer eux-mêmes la quantité de mètres cubes d'eau passant dans le ruisseau ou dans la rivière baignant leur propriété, ou dans la vanne de leur usine.

L'application des formules de jaugeage exigeant forcément la connaissance de la racine carrée, nous avons exposé, dans une partie supplémentaire, ce qu'est cette opération et comment on la résout. Nous espérons qu'on nous saura gré de cette dérogation à notre programme.

En résumé, cet ouvrage, contenant 159 figures, est un véritable *manuel de la science élémentaire* que tout le monde doit posséder ; il est mis à la portée de toutes les intelligences, du pauvre comme du riche.

A celui qui n'a pas pu faire ses études, il permettra d'apprendre seul, chez lui, les éléments instructifs dont il a ou pourra avoir besoin.

A celui, favorisé par la fortune, qui a pu suivre les cours des écoles, il donnera un résumé, un programme clair et précis de ce qu'il a appris, et qu'à chaque instant il éprouvera le besoin de consulter.

Les jeunes gens qui se destinent aux administrations de travaux publics, y trouveront des notions pratiques qui leur sont indispensables, d'abord pour la préparation de leur examen ; plus tard, pour la rédaction des projets qui leur seront confiés et pour la bonne direction des travaux.

Pour les instituteurs, ce travail est un résumé de ce qu'ils doivent apprendre à leurs élèves ; aussi veilleront-ils à ce que chacun de ces derniers possède un exemplaire de ce volume. Ils y puiseront eux-mêmes des connaissances très-importantes qui leur viendront puissamment en aide dans leur tâche laborieuse.

L'honnête ouvrier, qui n'a pas de fortune à laisser à son fils, sera heureux de lui offrir le *Manuel pratique de l'instruction populaire*, au moyen duquel ce dernier pourra peut être se créer une position très brillante, soit dans les travaux de l'État, soit dans les compagnies de chemins de fer, etc.

On peut, au surplus, avancer hardiment que l'ouvrage, mis entre les mains d'un jeune homme studieux, lui épargnera de longues années d'étude.

MANUEL PRATIQUE

DE

L'INSTRUCTION POPULAIRE.

PREMIÈRE PARTIE.

SYSTÈME MÉTRIQUE.

La connaissance du système métrique étant indispensable pour résoudre les questions d'arpentage et de cubage, c'est par là que nous commencerons.

Dans la nature on a à mesurer :

1° des longueurs;
2° des surfaces;
3° des solides.

Pour les longueurs, le *mètre linéaire* sert de terme de comparaison;

Pour les surfaces, c'est le *mètre carré;*

Pour les solides, c'est le *mètre cube.*

Le poids des divers objets usités est déterminé à l'aide du *gramme.*

Les liquides sont mesurés au moyen du *litre*, et le terme de comparaison pour les monnaies est le *franc*.

CHAPITRE I[er].

DU MÈTRE LINÉAIRE.

C'est le *mètre linéaire* qui est la base de tout le système métrique, parce qu'il a servi à former toutes les autres mesures. Pour cette raison, il importait qu'il fût invariable et qu'on pût le retrouver en tout temps.

Voici comment on l'a déterminé :

Par des moyens extrêmement ingénieux, on a mesuré le quart du méridien de Paris, c'est-à-dire du tour de la terre; on en a pris la dix millionième partie, et c'est ce résultat qui a donné la longueur du *mètre linéaire*.

Le tour de la terre a donc *quarante millions* de mètres.

Le mètre est par conséquent la *dix millionième* partie du quart du méridien terrestre. Voilà la définition qui en est généralement donnée.

On comprend que, dans les usages de la vie, on a besoin de mesures plus grandes et plus petites que le mètre.

Les mesures plus grandes s'appellent *multiples du mètre*. Les mesures plus petites s'appellent *sous-multiples* du mètre.

Les multiples du mètre sont :

Le décamètre, qui vaut		10	mètres.
L'hectomètre,	—	100	—
Le kilomètre,	—	1,000	—
Le myriamètre,	—	1,0000	—

Les sous-multiples du mètre sont :

Le décimètre, qui est la		10^{me}	partie du mètre.	
Le centimètre,	—	100^{me}	—	—
Le millimètre,	—	$1,000^{me}$	—	—

Les multiples et les sous-multiples du mètre peuvent être combinés entre eux de la manière suivante :

Combien le kilomètre vaut-il de décamètres ?

RAISONNEMENT. — Le kilomètre vaut 1,000 mètres ; le décamètre vaut 10 mètres. Donc le kilomètre vaut 1,000 divisé par 10, c'est-à-dire 100 décamètres.

On démontrerait de la même manière que le myriamètre vaut 10 kilomètres, 100 hectomètres et 1,000 décamètres.

Combien l'hectomètre vaut-il de centimètres ?

RAISONNEMENT. — L'hectomètre vaut 100 mètres ; le mètre vaut 100 centimètres. Donc l'hectomètre vaut 100 fois 100, ou 10,000 centimètres.

On démontrerait de la même manière que le décamètre, par exemple, vaut 1,000 centimètres, et il en serait de même pour toute autre combinaison.

CHAPITRE II.

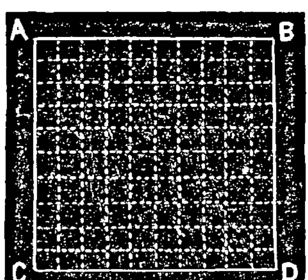
DU MÈTRE CARRÉ.

Le mètre carré sert de terme de comparaison aux diverses surfaces à mesurer. C'est un carré dont chaque côté a un mètre linéaire de longueur.

Le *décimètre carré* est un carré dont chaque côté a un décimètre de longueur.

On a vu, au chapitre précédent, que le mètre linéaire vaut dix décimètres linéaires ; il va être démontré maintenant, en quelques mots, que le mètre carré vaut 100 décimètres carrés.

FIGURE 1.



Supposons que la figure 1 représente le mètre carré, c'est-à-dire que chacun des côtés AB, BD, CD et AC ait un mètre. Divisons les deux côtés AC et BD en dix parties égales ; chaque division sera un décimètre linéaire. Unissons, par des lignes droites, les dix points du côté AC avec les dix points correspondants du côté BD, et le mètre carré sera divisé en dix bandes ayant chacune un mètre de longueur et un décimètre de hauteur. Faisons exactement la même opération avec les côtés AB et CD, et chacune des dix bandes précédentes se trouvera divisée en dix petits carrés qui seront des *décimètres carrés*, parce qu'ils auront chacun un décimètre linéaire par côté. Or, comme il y a dans le mètre carré dix bandes contenant chacune dix décimètres carrés, donc le mètre carré vaudra dix fois dix ou cent décimètres carrés.

Le mètre carré a aussi ses multiples et ses sous-multiples.

Les multiples sont :

Le décamètre carré, qui vaut		100	mètres	carrés.
L'hectomètre carré,	—	10,000	—	—
Le kilomètre carré,	—	1,000,000	—	—
Le myriamètre carré,	—	100,000,000	—	—

Les sous-multiples sont :

Le décimètre carré, qui est la		100^{me}	partie
Le centimètre carré,	—	10,000^{me}	du
Le millimètre carré,	—	1,000,000^{me}	mètre carré.

On voit déjà que quand l'hectomètre linéaire, par exemple, vaut *cent* mètres linéaires, l'hectomètre carré vaut *dix mille* mètres carrés.

1.

Les multiples et les sous-multiples du mètre carré peuvent aussi se combiner de la manière suivante :

Combien le kilomètre carré vaut-il de décamètres carrés ?

RAISONNEMENT. — Le kilomètre carré vaut 1,000,000 de mètres carrés ; le décamètre carré vaut 100 mètres carrés. Donc le kilomètre carré vaut 1,000,000 divisé par 100, c'est-à-dire 10,000 mètres carrés.

On démontrerait de la même manière que le myriamètre carré vaudrait 100 kilomètres carrés.

Combien l'hectomètre carré vaut-il de centimètres carrés ?

RAISONNEMENT. — L'hectomètre carré vaut 10,000 mètres carrés; le mètre carré vaut 10,000 centimètres carrés. Donc l'hectomètre carré vaut 10,000 fois 10,000, c'est-à-dire 100,000,000 de centimètres carrés.

Il en serait exactement de même pour toute autre combinaison.

Le mètre carré est employé pour la mesure des petites surfaces, telles que planchers, plafonds, murs, etc.

Les grandes surfaces, comme les départements, la France entière, par exemple, sont évaluées en kilomètres carrés et myriamètres carrés.

Pour les propriétés rurales, on emploie l'*are*.

CHAPITRE III.

DE L'ARE.

L'*are* est simplement le décamètre carré. C'est donc un carré dont chaque côté a 10 mètres linéaires de longueur.

L'are n'a, en usage, qu'un seul multiple qui est l'hectare, et l'hectare vaut 100 ares.

Il n'a aussi qu'un seul sous-multiple qui est le *centiare*, valant la centième partie de l'are.

L'hectare vaut 100 ares, c'est-à-dire 100 décamètres carrés ; or, l'hectomètre carré vaut aussi 100 décamètres carrés. Donc l'hectomètre carré et l'hectare, c'est la même chose.

L'*are* est le *décamètre carré;* or, le décamètre carré vaut 100 mètres carrés et l'are vaut 100 centiares. Donc le mètre carré et le centiare, c'est la même chose.

CHAPITRE IV.

DU MÈTRE CUBE.

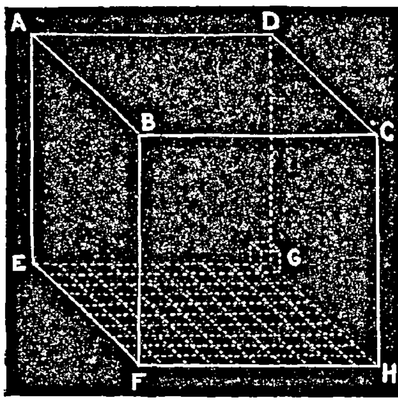
Le mètre cube sert de terme de comparaison aux divers objets à cuber.

C'est un solide à six faces dont chaque face est un mètre carré.

Le décimètre cube est un solide à six faces dont chaque face est un décimètre carré.

On a vu, aux deux chapitres précédents, que le mètre linéaire vaut 10 décimètres linéaires, que le mètre carré vaut 100 décimètres carrés; il va être démontré maintenant, en quelques mots, que le mètre cube vaut 1,000 décimètres cubes.

FIGURE 2.



Traçons un mètre carré sur une surface plane et horizontale, E G F H, par exemple, et divisons-le en 100 décimètres carrés. Supposons que nous ayons un nombre suffisant de décimètres cubes à notre disposition.

Si, sur chaque décimètre carré, nous plaçons un décimètre cube, nous aurons une tranche comprenant 100 décimètres cubes et formant une hauteur de un décimètre.

Appliquons une seconde tranche sur cette première, nous aurons 200 décimètres cubes et deux décimètres de hauteur. Enfin dix tranches semblables formeront le mètre cube, et comme chacune d'elles contiendra 100 décimètres cubes, il en résultera que le mètre cube vaudra bien 10 fois 100, c'est-à-dire 1,000 décimètres cubes.

Les multiples du mètre cube ne sont pas en usage; cependant nous allons les donner, afin de bien établir les rapports qui existent entre eux :

Le décamètre cube, qui vaut		1,000	mètres	cubes.
L'hectomètre cube,	—	1,000,000	—	—
Le kilomètre cube,	—	1,000,000,000	—	—
Le myriamètre cube,	—	1,000,000,000,000	—	—

On comprend que ces mesures n'offrent aucune espèce d'utilité, et elles ne sont mentionnées dans aucun ouvrage. Si elles sont citées ici, ce n'est que comme simple renseignement et pour donner une idée de ce qu'elles seraient.

Les sous-multiples du mètre cube sont, au contraire, très usités. Les voici :

Le décimètre cube, qui est la		1,000^{me}	partie
Le centimètre cube,	—	1,000,000^{me}	du
Le millimètre cube,	—	1,000 000,000^{me}	mètre cube.

Comme exercice, et afin de bien s'initier dans le mécanisme du système métrique, il est très bon de combiner entre eux les multiples et les sous-multiples du mètre cube. Exemple :

Combien le décamètre cube vaut-il de décimètres cubes ?

RAISONNEMENT. — Le décamètre cube vaut 1,000 mètres cubes. Le mètre cube vaut 1,000,000 de centimètres cubes. Donc le décamètre cube vaut 1,000 fois 1,000,000, c'est-à-dire 1,000,000,000 de centimètres cubes.

RÉSUMÉ

à propos

DU MÈTRE LINÉAIRE, DU MÈTRE CARRÉ ET DU MÈTRE CUBE.

MÈTRE LINÉAIRE. — Un multiple ou un sous-multiple vaut 10 fois la mesure qui le suit immédiatement.

MÈTRE CARRÉ. — Un multiple ou un sous-multiple vaut 100 fois la mesure qui le suit immédiatement.

MÈTRE CUBE. — Un multiple ou un sous-multiple vaut 1,000 fois la mesure qui le suit immédiatement.

On voit donc que les mots *déca, hecto, kilo, myria,* signifient, pour le :

	DÉCA	HECTO	KILO	MYRIA
Mètre linéaire.	10	100	1,000	10,000
Mètre carré. .	100	10,000	1,000,000	100,000,000
Mètre cube . .	1,000	1,000,000	1,000,000,000	1,000,000,000,000

On voit encore que les mots *déci, centi, milli,* signifient, pour le :

	DÉCI	CENTI	MILLI
Mètre linéaire	Dixième	Centième	Millième.
Mètre carré	Centième	Dix millième	Millionième.
Mètre cube	Millième	Millionième	Billionième.

La valeur des mots :

déca, *hecto*, *kilo*, *myria* pour les multiples;
déci, *centi*, *milli* pour les sous-multiples,

doit bien être comprise selon que ces mots s'appliquent au *mètre linéaire,* au *mètre carré,* au *mètre cube,* c'est-à-dire aux lignes, aux surfaces, aux solides, et cela pour l'intelligence complète du système métrique.

CHAPITRE V.

DU STÈRE.

Le *stère* est l'unité prise pour terme de comparaison dans la mesure du bois de chauffage.

Le stère est le mètre cube.

Pour mesurer le bois de chauffage, on emploie un appareil composé d'une semelle, sur laquelle sont fixés deux montants distants d'un mètre entre eux et ayant chacun un mètre de hauteur. — On comprend alors qu'en plaçant, entre les montants, et jusqu'à la ligne droite qui unit leur partie supérieure, des bûches de un mètre de longueur, on aura un stère ou un mètre cube, c'est-à-dire un volume à six faces, ayant un mètre carré pour chaque face.

A Paris, et dans quelques localités, il est d'usage de couper les bûches sur une longueur de 1^m137. Dans ce cas, les montants n'ont que 0^m88 de hauteur; mais ils sont toujours distants entre eux d'un mètre. Supposons qu'ils soient garnis de bûches de 1^m137, le solide aura toujours le mètre cube pour volume.

Comme multiple du stère, il n'y a en usage que le décastère, qui vaut dix stères, et encore l'emploie-t-on très rarement.

Comme sous-multiple, on n'emploie non plus que le décistère, qui est la dixième partie du stère.

CHAPITRE VI.

DU LITRE.

La mesure type pour les liquides est le *litre*.

Pour former le litre, on a pris exactement la capacité du décimètre cube, de sorte que le litre et le décimètre cube, c'est la même chose.

Le litre a aussi ses multiples et ses sous-multiples.

Les multiples du litre sont :

Le *décalitre*,	qui vaut	10	litres.
L'*hectolitre*,	—	100	—
Le *kilolitre*,	—	1,000	—
Le *myrialitre*,	—	10,000	—

Les sous-multiples du litre sont :

Le *décilitre*,	qui est la	dixième partie	du litre.
Le *centilitre*,	—	centième	—
Le *millilitre*,	—	millième	—

Il faut dès maintenant constater qu'en ce qui concerne le litre, les mots : *déca*, *hecto*, *kilo*, *myria* pour les multiples, *déci*, *centi*, *milli* pour les sous-multiples, ont la même signification que pour le mètre linéaire.

Le litre, qui est *l'unité de capacité*, découle donc directement du mètre cube.

Un exercice, véritablement indispensable, est l'étude des diverses combinaisons entre les multiples et sous-multiples du mètre cube avec les multiples et sous-multiples du litre.

Voici des exemples raisonnés :

Combien le mètre cube vaut-il de kilolitres ?

RAISONNEMENT. — Le mètre cube vaut 1,000 décimètres cubes, et le décimètre cube n'est autre chose que le litre. Or, le kilolitre vaut 1,000 litres et par conséquent 1,000 décimètres cubes. Donc le mètre cube et le kilolitre ont la même valeur, puisqu'ils valent l'un et l'autre 1,000 décimètres cubes ou 1,000 litres.

Quelle est la différence entre la valeur du centilitre et celle du centimètre cube ?

RAISONNEMENT. — Le litre vaut 100 centilitres ; le litre, qui est un décimètre cube, vaut 1,000 centimètres cubes. Donc le centilitre est la plus grande mesure et vaut 1,000 divisé par 100, c'est-à-dire 10 centimètres cubes.

On prouverait de la même manière que le millilitre et le centimètre cube ont la même valeur. Cela se comprend, puisque l'un et l'autre sont la millième partie du litre ou de son égal le décimètre cube.

Ces exercices sont susceptibles de nombreuses variations, et rien n'est plus simple ni plus utile que de les raisonner toutes. C'est le meilleur moyen de bien saisir tous les détails du système métrique.

CHAPITRE VII.

DU GRAMME.

La mesure type pour les poids est le *gramme*, dont voici la définition généralement donnée :

Le gramme est le poids d'un centimètre cube d'eau distillée, pesée dans le vide et ramenée à son maximum de densité.

Pesée dans le vide signifie que l'eau est pesée dans un lieu où il n'y a pas d'air.

Distillée signifie que l'eau est dégagée, par la distillation, de toutes les matières qui lui sont étrangères.

Ramenée à son maximum de densité signifie que l'eau est prise au moment où elle pèse le plus.

Le gramme a aussi ses multiples et ses sous-multiples.

Ses multiples sont :

Le *décagramme*,	qui vaut	10	grammes.
L'*hectogramme*,	—	100	—
Le *kilogramme*,	—	1.000	—
Le *myriagramme*,	—	10,000	—

Ses sous-multiples sont :

Le *décigramme*,	qui est la	dixième partie	du gramme.
Le *centigramme*,	—	centième	—
Le *milligramme*,	—	millième	—

Les mots *déca, hecto, kilo, myria* pour les multiples, *déci, centi, milli* pour les sous-multiples, ont donc la même signification et la même valeur que lorsqu'ils sont employés à propos du mètre linéaire et du litre.

On peut également combiner les multiples et sous-multiples du litre avec les multiples et sous-multiples du gramme.

Voici des exemples raisonnés :

Combien un décimètre cube d'eau pèse-t-il de kilogrammes?

RAISONNEMENT. — Le décimètre cube vaut 1,000 centimètres cubes, et le centimètre cube d'eau pèse un gramme. Le kilogramme vaut 1,000 grammes. Donc le décimètre cube et le kilogramme pèsent chacun 1,000 grammes et ont par conséquent le même poids.

Combien un millimètre cube d'eau pèse-t-il de milligrammes?

RAISONNEMENT. — Le centimètre cube, qui est le *gramme*, vaut 1,000 millimètres cubes ; or, le gramme pèse 1,000 milligrammes. Donc le centimètre cube d'eau pèse *un milligramme.*

Varier autant que possible les exercices de même nature.

CHAPITRE VIII.

DU FRANC, UNITÉ DE MONNAIE.

L'unité de monnaie est le *franc.*

Le franc est une pièce d'argent pesant 5 grammes, composée autrefois de 9 dixièmes d'argent et d'un dixième de cuivre.

Actuellement le *franc* est composé de 835 millièmes d'argent et de 165 millièmes de cuivre.

Les monnaies en usage, en ce moment, sont les suivantes :

OR	La pièce de	100	francs.
	—	50	—
	—	20	—
	—	10	—
	—	5	—
ARGENT	La pièce de	5	francs.
	—	2	—
	—	1	—
	— de	50	centimes.
	—	20	—
BRONZE	La pièce de	10	centimes.
	—	5	—
	—	2	—
	—	1	—

Les monnaies françaises sont assujetties, sous le rapport de leurs divisions, au système métrique.

D'après la loi du 18 germinal an III (7 avril 1795), constitutive du système métrique des poids et mesures, l'unité monétaire a pris le nom de *franc*.

La loi du 28 thermidor an III sur les monnaies porte : que l'unité monétaire conserve le nom de *franc;* que le titre de la monnaie d'argent sera de 9 parties de ce métal pur et d'une partie d'alliage; que la pièce de 1 franc pèsera 5 grammes, celle de 2 francs 10 grammes, celle de 5 francs 25 grammes.

Huit ans plus tard, la loi du 7 germinal an XI (28 mai 1803), répète que 5 grammes d'argent, au titre de 9 dixièmes de fin, *constituent l'unité monétaire* sous le nom de *franc,* et ordonne de frapper des pièces d'or de 20 francs au poids de 155 au kilogramme, ce qui donne pour chaque pièce 6 grammes 45,161, résultat obtenu en divisant 1,000 par 155.

On admettait alors que la valeur de l'or et de l'argent était dans le rapport de 15,5 à 1.

En effet, 20 francs d'argent pèsent 100 grammes. Or, en divisant 100 grammes par 15,5, on a 6 grammes 45,161. De même en divisant 1,000 grammes par 15,5 on a le même chiffre 6 grammes 45,161.

Par une loi du 25 mai 1864, la fabrication des pièces de 50 centimes et de 20 centimes a été ordonnée au titre de 835 millièmes de fin.

Une autre loi du 27 juin 1866 ordonna la fabrication, au même titre 835, des pièces de 20 et 50 centimes et de plus des pièces de 1 franc et de 2 francs. Les pièces de 20 et 50 centimes, de 1 franc et de 2 francs qui circulent actuellement et qui sont au titre de 900 millièmes de fin, seront refondues pour être employées à la fabrication des nouvelles espèces.

Cette disposition, prise en dérogation de la loi régulatrice du 7 germinal an XI, en ce qui concerne seulement le titre de quelques pièces d'argent, n'altère pas l'essence du système monétaire français dans ses rapports avec le système général des poids et mesures.

Une convention monétaire conclue le 23 décembre 1865, entre la France, la Belgique, l'Italie et la Suisse, promulguée par un décret impérial du 20 juillet 1866, a

2.

reçu son exécution à partir du 1er août 1866, et ces quatre pays pourront fabriquer des pièces d'argent de deux francs, d'un franc, de cinquante centimes et de vingt centimes, savoir :

Pour la France	fr.	239,000,000
— la Belgique		32,000,000
— l'Italie		141,000,000
— la Suisse		17,000,000

TABLEAU

donnant les

POIDS, TITRE ET DIAMÈTRE DES PIÈCES D'OR ET D'ARGENT ACTUELLEMENT USITÉES EN FRANCE.

NATURE DES PIÈCES. 1		POIDS. Droit. 2	POIDS. Tolérance. 3	TITRE. Droit. 4	TITRE. Tolérance. 5	DIAMÈTRE. 6
	Fr. C.	Gr Milligr.	Millièmes.	Millièmes.	Millièmes.	Millimèt.
OR	100 »	32.25806	1	900	2	35
	50 »	16.12903				28
	20 »	6.45161	2			21
	10 »	3.22580				19
	5 »	1.61290	3			17
ARGENT	5 »	25.00000	3	900	2	37
	2 »	10.00000	5	835	2	27
	1 »	5.00000				23
	» 50	2.50000	7			18
	» 20	1.00000	10			16

Ainsi une pièce d'or de 50 francs pèse 16 gr. 12903, on tolère un millième dans sa fabrication ; elle est au titre de 900, avec une tolérance de 2 millièmes et avec 21 millimètres de diamètre. Le tableau qui précède fournit les documents pour les autres pièces.

On voit que la pièce de 5 francs est encore au titre de 900, tandis que les pièces inférieures en argent ne sont qu'au titre de 835.

TABLEAUX COMPARATIFS

DES

MONNAIES DES PRINCIPAUX ÉTATS DU MONDE.

FRANCE.	VALEUR en FRANCS.	POIDS. Gramm. Milligr
Napoléon III, or	100	32.258
Napoléon III, or	50	16.129
Pièces de 40 francs, à l'effigie de Louis-Philippe.	40	12.902
Napoléon III, or	20	6.451
Napoléon III, or	10	3.225
Napoléon III, or	5	1.612
Napoléon III, argent	5	25.000
Napoléon III, argent	2	10.000
Napoléon III, argent	1	5.000
Napoléon III, argent	0.50	2.500
Napoléon III, argent	0.20	1.000
Le décime	0.10	10.000

	VALEUR en FRANCS.	POIDS. Gramm. Millig.
FRANCE (*suite*).		
Le demi-décime	0.05	5.000
La pièce de deux centimes	0.02	2.000
La pièce de un centime.	0.01	1.000
ANGLETERRE.		
Souverain, or	25.00	7.920
Couronne, argent	5.70	14.120
Demi-couronne, argent.	2.85	7.060
Schilling, argent	1.25	5.650
Six pences.	0.625	2.870
Deux pences	0.20	»
AUTRICHE.		
Souverain, or	35.82	5.370
Ducat de l'Empire, or	11.80	3.490
Rixdale de Constitution, argent	5.60	28.740
Florin d'Autriche, argent	2.60	14.000
Pièce de 20 kreutzers, argent	0.86	6.640
BELGIQUE.		
Le royaume de Belgique ayant adopté le système monétaire français, les monnaies actuelles circulent indifféremment dans les deux pays avec cours légal, à l'exception de la pièce supplémentaire en Belgique qui est de 2 fr. 50, *et des pièces de 5, 10 et 20 centimes en nickel.*		

	VALEUR en FRANCS.	POIDS. Gramm. Millig.
GRAND-DUCHÉ DE BADE.		
Pièce de 5 florins, or	10.60	3.430
Ducat, or	11.80	3.640
Deux florins, argent	4.28	21.860
BAVIÈRE.		
Ducat, or	11.83	3.490
Écu, argent	5.72	29.250
Florin	2.12	10.600
Demi-florin	1.06	5.300
6 kreutzers	0.19	»
DANEMARK.		
Chrétien, or	20.50	6.600
Rixdale, argent	5.50	29.150
Demi-rixdale, argent	2.75	14.440
ESPAGNE.		
Pistole, or	20.32	6.760
Quart de pistole, or	5.08	1.680
Quadruple ou doublon, or	81.51	27.040
Piastre neuve, argent	5.45	27.000
Demi-piastre, argent	2.71	13.50
Piécette, argent	1.08	»

	VALEUR en FRANCS.	POIDS. Gramm. Millig.
ITALIE.		
Le royaume d'Italie ayant adopté le système monétaire français, les monnaies actuelles circulent indifféremment dans les deux pays avec cours légal.		
HOLLANDE.		
Guillaume, or	21.16	6.720
Ducat, or	11.78	3.480
Deux florins et demi, argent	5.30	25.000
Un florin, argent	2.12	10.000
Pièces de 25 cents, argent	0.53	»
Pièces de 10 cents, argent	0.21	»
Pièces de 5 cents, argent	0.10	»
SUISSE.		
(Ce pays a aussi adopté le système décimal.)		
Helvetia, argent	5.00	25.000
Helvetia, argent	2.00	10.000
Helvetia, argent	1.00	5.000
Helvetia, argent	0.50	2.500
Il y a des pièces qui sont d'un alliage de zinc, cuivre et argent valant 20, 10, 5 centimes et un centime.		

	VALEUR en FRANCS.	POIDS. Gramm. Millig.
SAXE.		
5 thalers, or	20.75	6.720
1/2 florin, argent	1.27	7.000
HANOVRE.		
Double-pistole, égale à 5 thalers, or	20.20	»
Pistole, égale à 2 1/2 thalers, or	10.10	»
WURTEMBERG.		
Ducat de Wurtemberg, or	11.85	3.490
Kronen-thaler, argent	5.70	29.500
SUÈDE.		
Ducat, or	11.70	3.480
Rixdale, argent	5.55	29.000
PRUSSE.		
Double-Frédéric, or	41.62	13.410
Frédéric, or	20.81	6.700
Écu thaler ou rixdal, argent	3.71	22.200
RUSSIE.		
Impériale de 5 roubles, or	20.65	6.540
Rouble, argent	4.00	24.000
Pièce de 20 kopecks, argent	0.80	5.360

	VALEUR en FRANCS.	POIDS. Gramm. Millig.
HAMBOURG.		
Ducat de Hambourg, or	11.80	»
PORTUGAL. — BRÉSIL.		
Portugaise de 7,500 reis, or	44.95	14.320
Portugaise de 6,400 reis (Meia debra)	45.25	14.330
Demi-portugaise de 3,200 reis, or	22.60	7.160
Couronne de 5.000 reis	30.00	»
Demi-couronne de 2,500 reis	15.00	»
Demi-couronne de 500 reis, argent	3.00	14.800
Cruzade neuve de 400 reis, argent	2.94	14.650
Pièce de 120 reis	0.61	3.050
GRÈCE.		
Icossa ou 20 drachmes, or	17.83	5.740
TURQUIE.		
Sequin de 50 piastres, or	11.20	3.850
Sequin pondoutili, or	9.72	3.520
Piastre de 40 paras ou 120 aspres, argent . . .	1.84	»
MAROC.		
Piastre du Maroc	5.33	»

	VALEUR en FRANCS.	POIDS. Gramm. Millig.
HAITI.		
La piastre vaut 100 cents, ou	2.25	»
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE.		
Aigle de 5 dollars, or	26.50	8.740
Dollar de Californie, or . . . . ,	5.16	1.720
Dollar, argent	5.50	27.000
MEXIQUE.		
Quadruple, or	81.00	27.000
INDES-ORIENTALES.		
Double roupie, or	40.05	13.660
Roupie de Mohammet-Schah, or	37.50	10.890
Pièce de Mohammet-Aly, argent	4.75	»
PERSE.		
Le tomams de 50 abassis	48.00	»
L'abassi vaut 2 mahmousdis ou 4 chayés . . .	0.96	»
Le chayé qui est la plus petite monnaie d'argent, vaut. . . . . ,	0.24	»

DEUXIÈME PARTIE.

DE L'ARPENTAGE.

Avec la simple connaissance des quatre premières règles du calcul, savoir : l'*addition*, la *soustraction*, la *multiplication* et la *division*, la personne la moins intelligente pourra, à l'aide de cet ouvrage et au moyen de la chaîne et de l'équerre d'arpenteur seulement, résoudre très facilement les questions d'arpentage et de cubage, lesquelles questions se résument ainsi :

1°	Mesure	des longueurs,	arpentage.
2°	—	des surfaces,	arpentage.
3°	—	des solides,	cubage.

CHAPITRE Ier.

MESURE DES LONGUEURS.

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

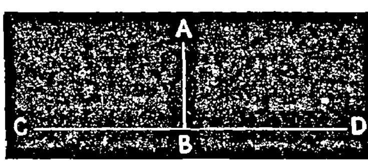
Un fil très fin, fortement tendu, en donne une idée parfaite.

Lorsque deux lignes droites, placées dans la même direction, ne se rencontreraient jamais, à quelque distance qu'on les prolonge, on dit qu'elles sont parallèles. Exemple, les lignes AB et CD, fig. 1 :

FIGURE 1.

On appelle *perpendiculaire,* une ligne droite qui, en tombant sur une autre, ne penche pas plus d'un côté que de l'autre par rapport à cette dernière, et forme deux ouvertures rigoureusement égales. Exemple : la ligne AB est perpendiculaire sur la ligne CD, fig. 2 :

FIGURE 2.



On appelle *ligne horizontale*, une ligne qui est parallèle à la surface de l'eau bien tranquille.

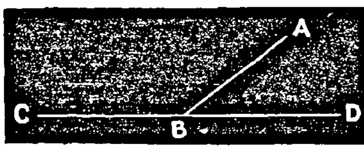
On appelle *ligne verticale*, celle qui suit la direction d'un fil à plomb.

Conséquemment, la ligne verticale est toujours perpendiculaire sur la ligne horizontale.

Il ne faut pas confondre la perpendiculaire avec la verticale, car la perpendiculaire n'est verticale que lorsqu'elle tombe sur une ligne horizontale.

On appelle ligne oblique, une ligne qui, en tombant sur une autre, penche plus d'un côté que de l'autre. Exemple : la ligne AB est oblique sur la ligne CD, fig. 3:

FIGURE 3.



On appelle *angle*, l'espace formé par deux lignes qui se coupent.

Lorsqu'une ligne est perpendiculaire sur une autre, comme AB sur CD, fig. 2, elle forme deux *angles droits* qui sont égaux.

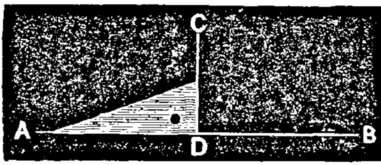
Lorsqu'une ligne est oblique sur une autre, comme AB sur CD, fig. 3, elle forme deux angles inégaux. Le plus petit s'appelle *angle aigu* et le plus grand, *angle obtus*.

Il y a donc trois sortes d'angles :

1° L'angle droit;
2° L'angle aigu ;
3° L'angle obtus.

Pour élever une perpendiculaire à une droite, sur le papier, on se sert d'une équerre généralement en bois en opérant ainsi que l'indique la fig. 4.

FIGURE 4.



Pour élever, sur le terrain, une perpendiculaire sur une ligne déterminée, on se sert de *l'équerre d'arpenteur*, dont le dessin est donné par les fig. 5 et 6 :

FIGURE 5.
Vue perspective de l'équerre.

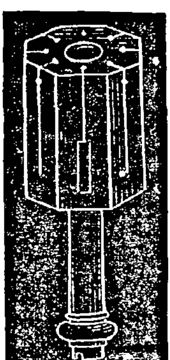
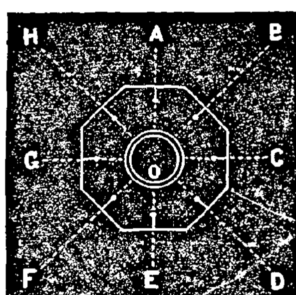


FIGURE 6.
Plan de l'équerre.



L'équerre d'arpenteur est un prisme en cuivre à huit côtés égaux, ayant de 8 à 10 centimètres de hauteur sur 5 à 6 centimètres de largeur.

Chacune des huit faces de l'équerre est percée, longitudinalement et à son milieu, d'une petite fente, suivie d'une ouverture plus large appelée *fenêtre*, laquelle fenêtre est traversée d'un crin très-fin établissant la ligne de visée. La construction de l'instrument est faite de telle façon que la petite fente corresponde à la fenêtre de la face opposée.

La figure 5 représente la vue perspective de l'équerre. La figure 6 en donne le plan horizontal.

Ainsi la ligne :

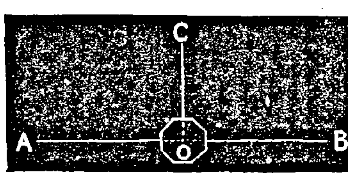
CG est perpendiculaire sur AE ;
DH — sur BF.

Les angles droits formés par ces lignes ont 90 degrés, et les angles aigus formés par les lignes HO et GO, GO et FO, FO et EO, etc., ont 45 degrés. — L'explication des degrés sera faite lors de la description de la circonférence.

Problème N° 1.

Soit proposé d'élever, au moyen de l'équerre d'arpenteur, une perpendiculaire sur la droite AB au point O.

FIGURE 7.



On plante le pied de l'équerre bien verticalement, au point O, et on tourne l'instrument jusqu'à ce qu'on aperçoive les jalons plantés préalablement aux points A et B, par deux fentes opposées, en visant en sens contraire.

Ensuite, on regarde à travers les deux fentes ayant une direction perpendiculaire sur la ligne AB et on fait planter un jalon au point C. La ligne CO est la ligne demandée.

Problème N° 2.

Par un point pris hors d'une droite, mener une perpendiculaire sur cette droite.

La figure 7 servira à résoudre ce problème.

A l'œil, on détermine approximativement le point de la ligne AB sur lequel la perpendiculaire doit tomber. On place l'équerre sur ce point, puis on déplace l'instrument jusqu'à ce que, par deux fentes opposées, on aperçoive les jalons placés aux points A et B, et que par les deux fentes dont la visée est perpendiculaire sur la première on voie le jalon planté au point C. Le point O où l'équerre est placée est le pied de la perpendiculaire qui est la ligne CO.

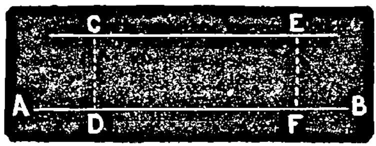
Problème N° 3.

Par un point donné C, *mener une parallèle à la droite* AB, *fig.* 8.

Du point C, on mène une perpendiculaire CD sur AB et on mesure la ligne CD qui a 15 mètres, par exemple. Par un autre point F pris sur AB, on élève la perpendiculaire FE sur laquelle on mesure une longueur de

15 mètres à partir du point F et on plante un jalon au point E où l'on arrive.

FIGURE 8.



La ligne CE, jalonnée, est parallèle à AB.

On peut encore résoudre le problème de la manière suivante :

Comme précédemment, du point C on abaisse la perpendiculaire CD sur AB ; on prolonge la ligne CD et au point C, on élève, à l'aide de l'équerre, la perpendiculaire CE sur CD et la ligne CE sera parallèle à la ligne AB.

MESURE DES LIGNES ACCESSIBLES.

Problème N° 4.

Mesurer une ligne droite accessible, c'est-à-dire qu'il est possible de parcourir.

On place à chaque extrémité, verticalement, un jalon bien droit et si la distance entre les deux jalons extrêmes est assez grande, on met un nombre suffisant de jalons intermédiaires. Pour cela, il faut être deux opérateurs. L'un d'eux place l'œil derrière un jalon extrême et fait poser les autres de telle manière qu'ils soient tous cachés par le premier.

On emploie ensuite la *chaîne d'arpenteur*, qui n'est autre chose qu'un décamètre linéaire.

Tout le monde connaît la chaîne d'arpenteur et ses dix fiches; il est donc inutile d'en donner ni la description, ni la manière de s'en servir.

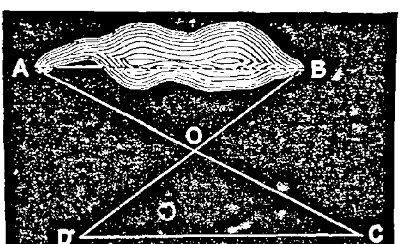
MESURE DES LIGNES INACCESSIBLES.

On dit qu'une ligne est inaccessible lorsque des obstacles s'opposent à ce qu'on puisse la parcourir.

Problème N° 5.

Mesurer la ligne AB *dont les extrémités sont séparées par une pièce d'eau, en supposant que lesdites extrémités soient abordables et que de l'une d'elles il ne soit pas possible de voir l'autre.*

FIGURE 9.

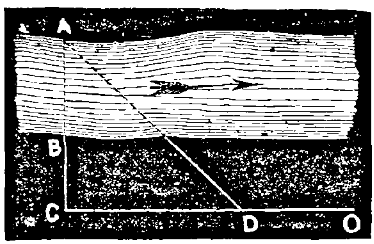


Prenez un point quelconque O, figure 9, de manière que de ce point on puisse apercevoir les extrémités A et B. Jalonnez les lignes OB et OA et prolongez-les de manière que la ligne OC soit égale à la ligne OA et que la ligne OD soit égale à la ligne OB. Joignez par une ligne droite les points C et D, et la ligne CD sera égale à la ligne AB. Il suffira donc de mesurer CD, qui est une ligne accessible, pour avoir la longueur de AB.

Problème N° 6.

Mesurer la largeur AB *d'une rivière.*

FIGURE 10.

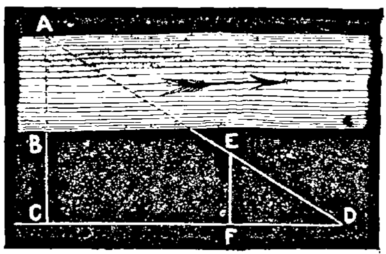


Prolongez la ligne AB jusqu'au point C, par exemple (fig. 10). Au point C, élevez, à l'aide de l'équerre, une perpendiculaire CO sur AC. Placez l'équerre sur un point de la ligne CO qui semble éloigné du point C d'une quantité à peu près égale à CA; visez par deux fentes opposées de manière à apercevoir les points C et O, et déplacez l'instrument jusqu'à ce qu'en visant par la fente la plus voisine formant avec la première un angle de 45 degrés, vous arriviez au point A. Supposez que le point cherché soit le point D; alors la ligne CD est égale à la ligne AC. — Il suffit donc de mesurer la ligne CD, qui est accessible, et de retrancher de cette mesure la longueur de CB pour avoir la largeur AB de la rivière.

Supposez que la ligne CD ait 65 mètres de longueur et la ligne BC, 28 mètres. En retranchant 28 mètres de 65 mètres, il restera 37 mètres pour la largeur AB de la rivière.

Autre manière de résoudre le problème.

FIGURE 11.



Il s'agit toujours de mesurer la largeur AB de la rivière. Prolongez cette ligne sur laquelle vous prendrez un point quelconque C. A ce point, avec l'équerre, élevez la perpendiculaire CD sur AC ; joignez, par une ligne droite jalonnée, le point D au point A. En un point quelconque pris sur CD, élevez sur CD la perpendiculaire FE qui rencontre la ligne AD au point E. Mesurez les lignes CD, FE, FD et BC et vous aurez les éléments nécessaires pour trouver la longueur de AB.

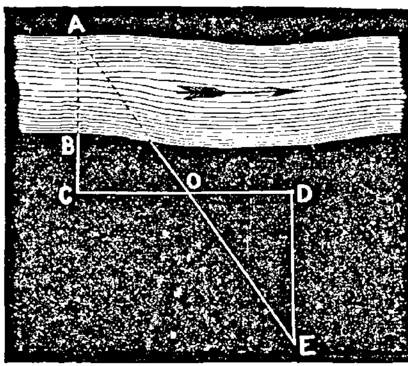
La ligne	CD	égale	65	mètres.
—	FE	—	28	—
—	FD	—	30	—
—	BC	—	25	—

Il faut multiplier 65 mètres par 28 mètres, ce qui fait

1,820 et diviser 1,820 par 30, ce qui donne 60^{m}66; 60^{m}66 est la longueur de la ligne AC, et en en retranchant 25 mètres qui est la longueur de BC, il restera 35^{m}66 pour la largeur AB demandée de la rivière.

Troisième manière de résoudre le même problème.

FIGURE 12.

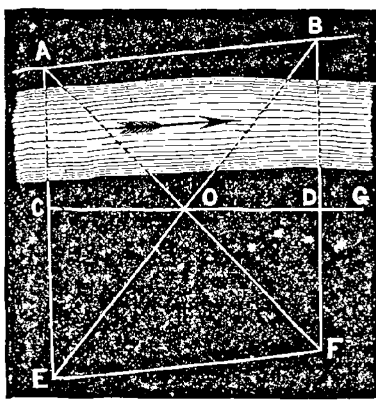


Il s'agit toujours de mesurer la largeur AB d'une rivière. Prenez un point quelconque C sur le prolongement de cette ligne et à ce point élevez la perpendiculaire CD sur AC. En un point D pris à volonté sur cette perpendiculaire, élevez sur CD une autre perpendiculaire DE. Prenez le point O, milieu de CD, et joignez-le au point A; prolongez la ligne AO jusqu'à ce qu'elle rencontre la perpendiculaire DE au point E. — La ligne DE sera égale à la ligne AC. — Il suffira donc de mesurer la longueur de DE, ligne accessible, d'en retrancher la longueur de BC, et la différence donnera la longueur demandée de AB, puis le problème sera résolu.

Problème N° 7.

Etant placé d'un côté d'une rivière, soit proposé de mesusurer la longueur de la ligne AB *située de l'autre côté de la dite rivière* (*fig*. 13).

FIGURE 13.

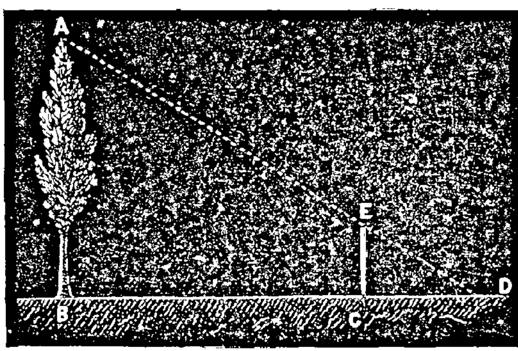


Prenez un point quelconque C du côté de la rivière où vous êtes; placez l'équerre au point C et élevez la perpendiculaire CG sur AC. — Sur la ligne CG, élevez une perpendiculaire arrivant au point B et vous aurez la ligne BD. Joignez le point O, milieu de CD, aux points A et B ; prolongez la ligne BO jusqu'à la rencontre de la ligne AC au point E; prolongez également la ligne AO jusqu'à la rencontre de la ligne BD au point F : la ligne qui joint le point E au point F a exactement la même longueur que AB. Il suffit donc de mesurer la ligne *accessible* EF pour avoir la longueur *inaccessible* de la ligne AB.

Problème N° 8.

Mesurer une hauteur, celle d'un arbre, par exemple.

FIGURE 14.



Il s'agit de mesurer la hauteur de l'arbre AB.

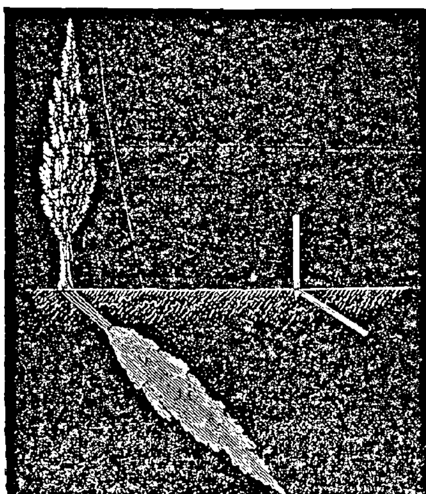
Prenez un point quelconque C à une certaine distance de l'arbre ; plantez à ce point et bien verticalement un jalon de 2 à 3 mètres de hauteur et même moins ; placez la tête à terre et déterminez le point D, qui s'aligne avec les points E et A, sommets du jalon et de l'arbre ; mesurez les longueurs BD, CE et CD, et vous aurez tous les éléments nécessaires.

La ligne	BD	égale	25^m00
—	CE	—	2 50
—	CD	—	2 75

Multipliez 25^{m}00 par 2^{m}50 et vous aurez 62^{m}50 ; divisez 62^{m}50 par 2^{m}75 et vous aurez 22^{m}70 pour la hauteur AB de l'arbre.

Autre manière de mesurer la hauteur de l'arbre au moyen de son ombre.

FIGURE 15.



Plantez bien verticalement un jalon à une certaine distance de l'arbre, mesurez l'ombre de l'arbre, la hauteur du jalon au-dessus du sol et son ombre, puis vous aurez les éléments nécessaires pour obtenir la hauteur de l'arbre.

L'ombre de l'arbre est de.	$12^{m}50$
L'ombre du jalon est de.	1 80
La hauteur du jalon est de. . . .	2 50

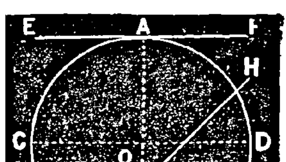
Multipliez $12^{m}50$ par $2^{m}50$ et vous aurez $31^{m}25$; divisez $31^{m}25$ par $1^{m}80$.

Multipliez $12^{m}50$ (*ombre de l'arbre*) par $2^{m}50$ (*hauteur du jalon*) et vous aurez $31^{m}25$. Divisez $31^{m}25$ par $1^{m}80$ (*ombre du jalon*) et vous aurez $17^{m}36$ pour la hauteur demandée de l'arbre.

DE LA CIRCONFÉRENCE.

La circonférence est une courbe dont tous les points sont à égale distance d'un point intérieur qu'on appelle *centre*. La figure 16 est l'exemple d'une circonférence.

FIGURE 16.



La circonférence n'est que la simple ligne courbe, tandis que le cercle est *l'espace*, ou bien la surface renfermée par la circonférence.

Circonférence signifie *ligne*, tandis que cercle signifie *surface*. La circonférence se mesure à l'aide du *mètre linéaire*, tandis que le *cercle* se mesure à l'aide du *mètre carré*.

On appelle *diamètre* une ligne qui va d'un point de la circonférence à un autre en passant par le centre. Les lignes AB et CD (fig. 16) sont deux diamètres.

On rappelle *rayon* une ligne qui part du centre pour aboutir à un des points quelconques de la circonférence. Les lignes OA, OD, OB et OC sont les rayons.

Il résulte des deux définitions précédentes :

1° Que dans une circonférence, on peut tracer un nombre infini de *diamètres* et de *rayons;*

2° Que tous les diamètres sont égaux entre eux;

3° Que tous les rayons sont également égaux entre eux;

4° Que le rayon est la moitié ou diamètre.

La longueur de la circonférence a été divisée en 360 parties et chaque partie a été appelée *degré*.

La demi-circonférence, déterminée par un diamètre, vaut donc 180 degrés.

Lorsque deux diamètres sont respectivement perpendiculaires, ils forment quatre angles droits valant chacun 90 degrés.

Voici comment on évalue la mesure d'un angle :

Par son sommet, qui est le point de rencontre des deux lignes formant l'angle, on décrit un arc de cercle et le nombre de degrés que comprend cet arc de cercle est la mesure de l'angle.

Il en résulte que :

L'angle droit vaut.	90	degrés;
L'angle aigu vaut moins de . . .	90	—
L'angle obtus vaut plus de . . .	90	—

Quelle que soit la longueur d'une circonférence, en divisant cette longueur par la longueur de son diamètre, on a toujours pour résultat le chiffre 3,1416.

Aussi dit-on que le rapport de la circonférence au diamètre est 3,1416.

On appelle *tangente* une ligne tracée extérieurement à la circonférence et qui ne la touche qu'en un seul point, appelé *point de contact*. Exemple, ligne EF, fig. 16.

Le rayon aboutissant au point de contact est perpendiculaire sur la tangente.

On appelle *sécante*, une ligne qui coupe la circonférence en deux points sans passer par le centre. Exemple ligne GH.

Problème N° 9.

Une circonférence a 8^{m}50 *de diamètre, quelle est la longueur de la circonférence ?*

Le rapport de la circonférence au diamètre étant 3,1416, il suffit de multiplier 8^{m}50 par 3,1416, pour avoir la longueur de la circonférence.

CALCUL.

$$\begin{array}{r} 3,1416 \\ 8,50 \\ \hline 1\ 57080 \\ 25\ 1328 \\ \hline 26,703600 \end{array}$$

La longueur de la circonférence est 26^{m}70.

Problème N° 10.

Une circonférence a 2^m75 de rayon, quelle est la longueur de la circonférence ?

Le rayon étant la moitié du diamètre, multipliez 2^m75 par 2 pour avoir le diamètre.

$$\begin{array}{r} 2,75 \\ 2 \\ \hline 5,50 \end{array}$$

Le diamètre est donc 5,50 ; multipliez 5,50 par 3,1416.

$$\begin{array}{r} 3,1416 \\ 5,50 \\ \hline 1\ 57080 \\ 15\ 7080 \\ \hline 17,278800 \end{array}$$

La circonférence a donc une longueur de 17^m28.

Problème N° 11.

Une circonférence a 12^m45 de longueur, quelle est la longueur du diamètre ?

Le rapport de la circonférence au diamètre étant 3,1416, pour résoudre ce problème, il suffit de diviser 12^m45 par 3,1416.

$$\begin{array}{r|l} 12,450000 & 3\ 1416 \\ \cline{2-2} 3,02520 & 3,96 \\ 197760 & \\ 9264 & \end{array}$$

Le diamètre a donc 3^m96 de longueur.

Problème N° 12.

Une circonférence a 10^m50 *de longueur, quelle est la longueur du rayon ?*

Pour avoir le diamètre divisez 10,50 par 3,1416.

10,500000	3,1416
1,07520	3,34
132720	
7056	

Le diamètre est donc 3^m34.
Le rayon est la moitié de 3^m34, c'est-à-dire 1^m67.

CHAPITRE II.

MESURE DES SURFACES.

—

DÉFINITIONS.

Une surface est une étendue comprise entre *longueur* et *largeur*.

Mesurer une surface, c'est la comparer à une autre surface prise pour *unité de mesure*.

Pour les petites surfaces, l'unité de mesure est le *mètre carré*.

Pour les grandes surfaces, l'unité de mesure est l'*are*.

Nous diviserons toutes les surfaces possibles en deux catégories : les *surfaces simples* et les *surfaces composées*.

Les surfaces simples sont celles dont la superficie peut être calculée au moyen de *règles* ou *formules fixes* et *invariables*.

Les surfaces composées sont celles dont la superficie ne peut être obtenue qu'à l'aide de moyens variant avec leur irrégularité et leurs formes diverses.

1re SECTION. — DES SURFACES SIMPLES.

Toutes les surfaces simples se résument ainsi :

1° Le triangle.
2° Le carré . . . .
3° Le rectangle . . . . . .
4° Le parallélogramme .
5° Le losange . . . .
6° Le trapèze . . . .
(2° à 6°) Ces surfaces sont appelées *quadrilatères*.
7° Le cercle.
8° L'ellipse.

§ 1er. — DU TRIANGLE.

Le triangle est la surface comprise entre trois lignes qui se coupent.

Conséquemment, un triangle a trois angles et trois côtés.

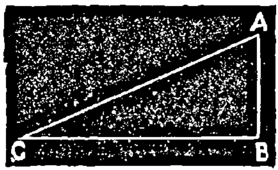
Quant aux angles, il y a trois espèces de triangles, qui sont :

1° Le triangle *rectangle* qui a un angle droit (figure 16 *bis*).

Les lignes AB et BC se nomment les deux côtés de l'angle droit.

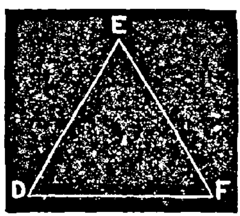
La ligne AC, opposée à l'angle droit, se nomme l'hypoténuse du triangle rectangle.

FIGURE 16 *bis*.



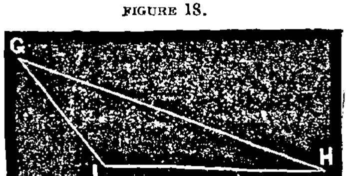
2° Le triangle *équiangle*, dont les trois angles sont égaux.

FIGURE 17.



3° Le triangle *obtusangle* qui a un angle obtus.

FIGURE 18.



Quant aux côtés, il y a aussi trois espèces de triangles qui sont :

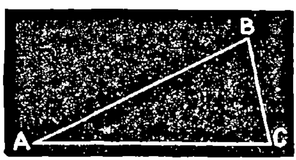
1° Le triangle *équilatéral* dont les trois côtés sont égaux (voir la fig. 17).

Lorsqu'un triangle est *équiangle,* il est forcément *équilatéral*, car il est impossible que les trois angles soient égaux, sans que les trois côtés le soient également.

2° Le triangle *isocèle* dont deux côtés seulement sont égaux.

Exemple : le triangle ABC (fig. 19) dont le côté AB est égal au côté AC.

FIGURE 19.



3° Le triangle *scalène* dont les trois côtés sont inégaux.

Exemple : le triangle CEF, fig. 20.

FIGURE 20.

On appelle *hauteur d'un triangle,* la perpendiculaire abaissée du sommet d'un de ses angles soit sur le côté opposé lui-même, soit sur le prolongement de ce côté. Exemple :

FIGURE 21.

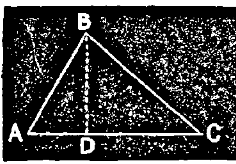
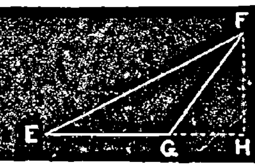


FIGURE 22.

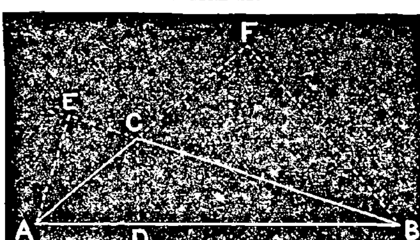


La ligne BD (fig. 21) est la hauteur du triangle ABC et la ligne FH est la hauteur du triangle EGF.

On appelle *base* d'un triangle le côté sur lequel tombe *la hauteur*. Ainsi le côté AC (fig. 21) est la base du triangle ABC et le côté EG (fig. 22) est la base du triangle EGF.

Un triangle ayant trois sommets peut donc avoir trois hauteurs différentes. Exemple :

FIGURE 23.



Les trois hauteurs sont les perpendiculaires CD, AE et BF :

1re hauteur, CD perpendiculaire sur la ligne AB elle-même, qui est la base;

2e hauteur, AE perpendiculaire sur le prolongement de la ligne CB, qui est la base dans ce cas;

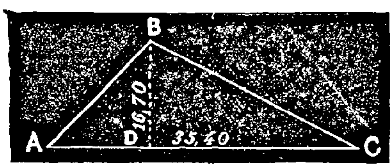
3e hauteur, BF perpendiculaire sur le prolongement de la ligne AC, qui est la base dans ce cas.

La surface d'un triangle est égale à la longueur de la base multipliée par la moitié de la longueur de la hauteur.

Problème N° 13.

Soit proposé de calculer la surface du triangle ABC, *fig.* 24, *dont la base* AC *a* 35m40 *de longueur, et la hauteur* BD 16m70 *de longueur.*

FIGURE 24.



Prenez la moitié de la hauteur BD, qui est 16m70, et vous aurez 8m35; multipliez ensuite 8m35 par la base AC, qui est 35m40, et le produit donnera la surface demandée.

$$\begin{array}{r} 35{,}40 \\ 8{,}35 \\ \hline 1\,770 \\ 10\,62 \\ 283\,2 \\ \hline 295{,}5900 \end{array}$$

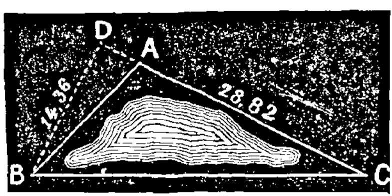
La surface du triangle ABC est donc de 295 mètres carrés 59 décimètres carrés. Comme l'are vaut cent mètres carrés, en divisant $295^{m}59$ par 100, on aura 2 ares 96 centiares pour la surface du triangle. On force toujours le dernier chiffre d'une unité de son ordre, lorsque ceux qui le suivent représentent une valeur supérieure à la moitié de cette unité.

C'est pour cette raison qu'on a écrit 2 ares 96 centiares, au lieu de 2 ares 95 centiares.

Problème N° 14.

Soit proposé de mesurer la surface du triangle ABC, fig. 25, en supposant qu'un obstacle, un marais par exemple, existant dans le triangle, s'oppose à ce que la hauteur soit déterminée à l'intérieur.

FIGURE 25.



Dans ce cas, prenez pour base le côté AC qui a pour longueur, de A à C, $28^{m}82$; prolongez cette ligne sur laquelle vous éléverez, à l'aide de l'équerre, une perpendiculaire DB aboutissant au sommet B, perpendiculaire ayant $14^{m}36$: alors la ligne AC sera la base et la ligne BD sera la hauteur.

Pour calculer la surface du triangle, prenez la moitié de la hauteur $14^{m}36$ et vous aurez $7^{m}18$; multipliez $7^{m}18$

par la base 28^{m}82 et le produit donnera la surface cnerchée.

$$\begin{array}{r}
28,82 \\
7,18 \\
\hline
2\,3056 \\
2\,882 \\
201\,74 \\
\hline
206,9276
\end{array}$$

La surface est donc 206 mètres carrés 93 décimètres carrés, ou bien 2 ares 7 centiares.

Problème N° 15.

Un terrain ayant la forme d'un triangle a 1 are 93 de surface, sa base est de 30^{m}40, quelle est sa hauteur?

Puisque la surface d'un triangle est égale à la longueur de sa base multipliée par la longueur de la moitié de sa hauteur, en divisant sa surface par la base, on aura la moitié de la hauteur : or, en divisant 1 are 93 ou 193 mètres carrés par 30^{m}40, qui est la base, on a 6^{m}35 pour la moitié de la hauteur, et cette hauteur sera 6^{m}35 multipliés par 2 ou 12^{m}70.

Problème N° 16.

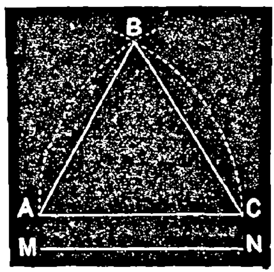
Un terrain ayant la forme d'un triangle a une superficie de 14 ares 4 centiares, sa hauteur est de 38^{m}90, quelle est la longueur de sa base?

Puisque la surface d'un triangle est égale à la base multipliée par la moitié de la hauteur, en divisant 14 ares 4 centiares par la moitié de 38^{m}90 ou 19^{m}45, on aura 72^{m}20 pour la longueur de la base.

Problème N° 17

Construire un triangle équilatéral, fig. 26, dont les côtés soient égaux à la ligne donnée MN.

FIGURE 26.



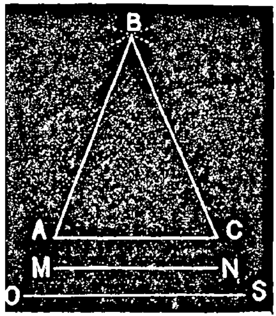
Tracez une ligne AC égale à la ligne MN; du point A comme centre, avec un rayon égal à AC, tracez un arc de cercle; du point C comme centre, avec le même rayon, tracez un second arc de cercle qui coupe le premier au point B; joignez ce point B aux points A et C, et le triangle ABC sera le triangle équilatéral demandé. Il sera aussi *équiangle*.

Problème N° 18.

Construire un triangle isocèle ayant une base égale à la ligne MN *et chacun des deux autres côtés égaux à la ligne* OS, *fig.* 27.

Tracez la base AC égale à la ligne MN; du point A comme centre, avec un rayon égal à OS, menez un arc de cercle; du point C comme centre et avec le même rayon,

FIGURE 27.

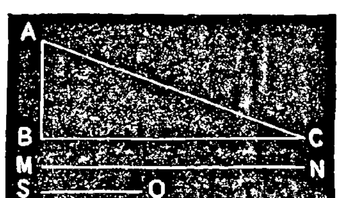


décrivez également un arc de cercle qui coupe le premier au point B; joignez le point B aux points A et C, et le triangle ABC sera le triangle cherché.

Problème N° 19.

Construire un triangle rectangle, connaissant la longueur de chacun des côtés de l'angle droit, fig. 28.

FIGURE 28.



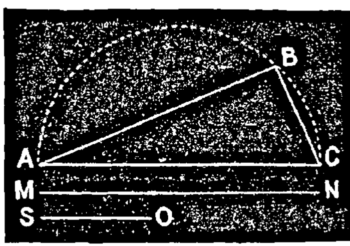
L'un des côtés sera égal à la ligne MN. — L'autre côté sera égal à la ligne SO.

Tracez une ligne BC égale à la ligne MN ; au point B, élevez une perpendiculaire BA égale à la ligne SO ; joignez le point A au point C et le triangle ABC sera le triangle demandé.

Problème N° 20.

Construire un triangle rectangle de telle façon que l'hypoténuse soit égale à la ligne MN *et que l'un des côtés de l'angle droit soit égal à la ligne* SO, *fig.* 29.

FIGURE 29.



Tracez une ligne AC égale à la ligne MN ; sur AC comme diamètre décrivez une demi-circonférence aboutissant aux points A et C. Du point C comme centre, avec un rayon égal à SO, tracez un arc de cercle coupant la demi-circonférence au point B. Joignez le point B aux points A et C, et la figure ABC sera le triangle demandé.

L'angle droit a son sommet au point B et ses deux côtés sont les lignes BA et BC.

DU QUADRILATÈRE.

On appelle *quadrilatère* une surface enveloppée par quatre lignes droites se coupant deux à deux.

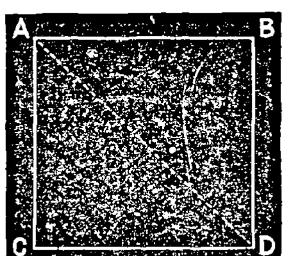
On distingue plusieurs sortes de quadrilatères, qui sont :

Le carré;
Le rectangle;
Le parallélogramme;
Le losange;
Le trapèze.

§ 2. — DU CARRÉ.

On appelle *carré* un quadrilatère dont les quatre côtés sont égaux et dont les quatre angles sont droits.

FIGURE 30.



On appelle *diagonale* du carré une ligne droite qui va d'un des angles du carré à l'angle opposé. La diagonale partage le carré en deux triangles rectangles qui sont égaux. Exemple, fig. 30.

La figure 30 est un carré, parce que les quatre côtés AB, BD, DC et AC sont égaux et que les quatre angles sont droits.

La ligne AD, qui va du sommet de l'angle A au sommet de l'angle D, est une diagonale. Elle forme dans le carré les deux triangles rectangles ABD et ACD qui sont égaux.

La surface d'un carré est égale à la longueur d'un de ses côtés multipliée par elle-même.

Problème N° 21.

Soit proposé de trouver la surface du carré, fig. 30, *en supposant que chacun de ces côtés ait* 15^{m}45 *de longueur*

Multipliez simplement le nombre 15^{m}45 par lui-même.

```
     15,45
     15,45
   -------
      7725
    6 180
   77 25
  154 5
   -------
  238,7025
```

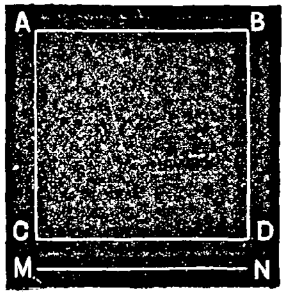
La surface est donc 238 mètres carrés 70 décimètres carrés, ou bien 2 ares 39 centiares.

Problème N° 22.

Construire un carré dont chaque côté sera égal à la ligne MN.

Tracez une ligne CD égale à la ligne MN. A chacun des points C et D élevez, sur CD, deux perpendiculaires

FIGURE 31.

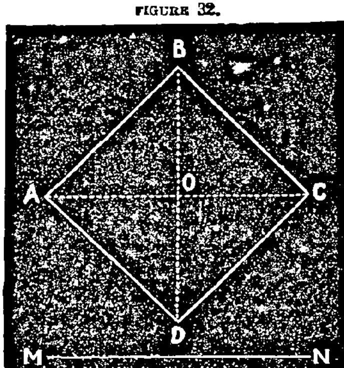


CA et DB égales à la ligne MN. Joignez le point A au point B et la figure ABCD sera le carré demandé.

Problème N° 23.

Soit proposé de construire un carré ayant une diagonale égale à la ligne MN, *fig*. 32.

FIGURE 32.



Tracez une ligne AC égale à la ligne MN. Au point O, milieu de AC, élevez au-dessus et au-dessous une perpendiculaire. Prenez la ligne OB égale à la ligne OA, et OD égale à la même ligne OA. Joignez entre eux les points A, B, C et D, et vous aurez le carré demandé.

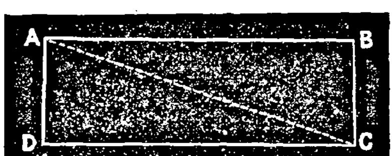
§ 3. — DU RECTANGLE.

On appelle *rectangle* un quadrilatère dont les quatre angles sont droits, mais dont deux côtés opposés sont plus longs que les deux autres.

On peut dire qu'un rectangle n'est autre chose qu'un *carré long*.

On appelle *diagonale* du rectangle une ligne droite qui va d'un des angles du rectangle à l'angle opposé. La diagonale partage le rectangle en deux triangles rectangles qui sont égaux. Exemple, ligne AC, fig. 33.

FIGURE 33.



La figure 33 est un rectangle parce que les quatre angles sont droits et que les deux côtés AB et DC, opposés et égaux entre eux, sont plus grands que les côtés AD et BC, également opposés et aussi égaux entre eux.

La *base* d'un rectangle est l'un des deux grands côtés et la hauteur est l'un des deux petits côtés.

Dans la figure 33, on peut prendre DC pour *base* et DA pour *hauteur*.

La surface d'un rectangle est égale à la longueur de sa base multipliée par la longueur de sa hauteur.

Problème N° 24.

Soit proposé de trouver la surface du rectangle (*fig.* 33), *en supposant que sa base* DC *ait* 23^{m}48 *et que sa hauteur* DA *ait* 14^{m}26.

Multipliez simplement 23^{m}48 par 14^{m}26.

$$\begin{array}{r} 23,48 \\ 14,26 \\ \hline 1\,4088 \\ 4\,696 \\ 93\,92 \\ 234\,8 \\ \hline 334,8248 \end{array}$$

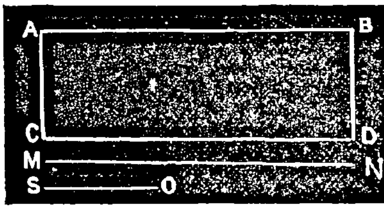
La surface est donc 334 mètres carrés 82 décimètres carrés, ou bien 3 ares 35 centiares.

Problème N° 25.

Construire un rectangle ayant une base égale à la ligne MN *et une hauteur égale à la ligne* SO (*fig.* 34).

Tracez une ligne CD égale à la ligne MN. Aux points C et D, élevez les perpendiculaires CA et DB égales à la

FIGURE 34.



ligne SO. Joignez le point A au point B, et la figure ABCD sera le rectangle demandé.

Problème N° 26.

Un terrain ayant la forme d'un rectangle a une superficie de 4 ares 63 centiares, sa base est de 32^m60, quelle est sa hauteur?

Puisque la surface d'un rectangle est égale à la longueur de sa base multipliée par la longueur de sa hauteur, on comprend qu'en divisant 4 ares 63 centiares par 32^m60 on aura le résultat demandé. La division effectuée, on aura 14^m20 pour la hauteur cherchée.

Problème N° 27.

Un terrain ayant la forme d'un rectangle a une superficie de 4 ares 49 centiares, sa hauteur est de 9^m70, quelle est la longueur de sa base?

Puisque la surface d'un rectangle est égale à la longueur de sa base multipliée par la longueur de sa hauteur, on comprend qu'en divisant 4 ares 49 centiares par 9^m70 on aura le résultat demandé.

La division effectuée, on aura $46^{m}29$ pour la base cherchée.

§ 4. — DU PARALLÉLOGRAMME.

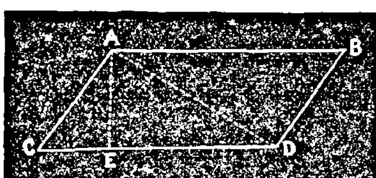
On appelle *parallélogramme* un quadrilatère dont les côtés opposés sont égaux et parallèles deux à deux et dont les angles ne sont pas droits.

Le parallélogramme diffère du rectangle en ce que dans le rectangle les quatre angles sont droits, tandis que dans le parallélogramme il y a deux angles obtus égaux et deux angles aigus également égaux.

On appelle diagonale du parallélogramme une ligne droite qui va d'un des angles du parallélogramme à l'angle opposé. Exemple AD, fig. 35.

La diagonale partage le parallélogramme en deux triangles qui sont égaux. Exemple, triangles ADB et ADC, fig. 35.

FIGURE 35.



La figure 35 est un parallélogramme, parce que les deux côtés AB et CD sont égaux et parallèles et que les deux autres côtés AC et BD sont également égaux et parallèles. Les deux angles aigus opposés, B et C, sont égaux; les angles obtus, A et D, sont aussi égaux.

La base d'un parallélogramme est l'un des deux grands côtés et la hauteur est la perpendiculaire abaissée d'un angle opposé sur la base.

Dans la figure 35, la base du parallélogramme est la ligne CD et la hauteur est la perpendiculaire AE abaissée du sommet de l'angle A sur le côté CD.

La surface d'un parallélogramme est égale à la longueur de la base multipliée par la longueur de la hauteur.

Problème N° 28.

Soit proposé de trouver la surface du parallélogramme (fig. 35), en supposant que la base CD *ait* 21m72 *et que la hauteur* AE *ait* 12m54.

Multipliez simplement 21m72 par 12m54.

```
     21,72
     12,54
   -------
      8688
    10 860
    43 44
   217 2
   -------
   272,3688
```

La surface est donc 272 mètres carrés 37 décimètres carrés, ou bien 2 ares 72 centiares.

Problème N° 29.

Un parallélogramme a une superficie de 26 *ares* 8 *centiares, sa base a* 80m50 *de longueur, quelle est sa hauteur?*

Puisque la surface d'un parallélogramme est égale à la longueur de sa base multipliée par la longueur de sa hauteur, on comprend qu'en divisant 26 ares 8 centiares par 80^m50 on aura la hauteur. La division effectuée, on a 32^m40 pour la hauteur cherchée.

Problème N° 30.

Un parallélogramme a une superficie de 10 ares 43 centiares, sa hauteur est de 18^m50, quelle est la longueur de la base?

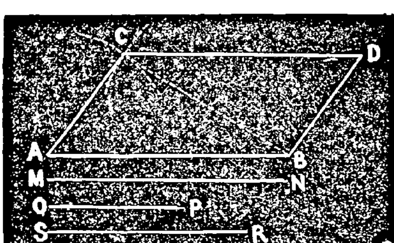
Puisque la surface d'un parallélogramme est égale à la longueur de sa base multipliée par la longueur de sa hauteur, on comprend qu'en divisant 10 ares 43 centiares par 18^m50 on aura la base. La division effectuée, on a 56^m40 pour la base cherchée.

Problème N° 31.

Soit proposé de construire un parallélogramme dans les conditions suivantes :

1° *L'un des grands côtés sera égal à la ligne* MN;
2° *L'un des petits côtés sera égal à la ligne* OP ;
3° *La diagonale sera égale à la ligne* SR.

FIGURE 36.



Tracez une ligne AB égale à la ligne MN. Du point A, comme centre, avec un rayon égal à la ligne OP, décrivez un arc de cercle. Ensuite du point B, comme centre, et avec un rayon égal à la ligne SR, décrivez un second arc de cercle qui coupe le premier au point C; joignez le point C au point A; puis, du point C, menez une parallèle à la ligne AB; du point B, menez également une parallèle à la ligne AC, rencontrant la première parallèle au point D et la figure ACDB sera le parallélogramme demandé.

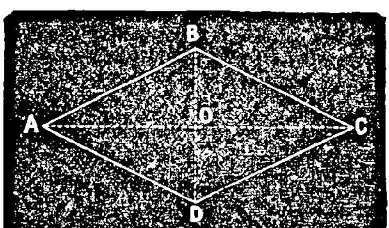
§ 5. — DU LOSANGE.

Le *losange* est un quadrilatère dont les côtés sont égaux et parallèles deux à deux et dont les angles ne sont pas droits.

Le losange diffère du carré en ce que dans le carré les quatre angles sont droits, tandis que dans le losange il y a deux angles aigus égaux et deux angles obtus également égaux.

On appelle *diagonale* du losange une ligne droite qui va d'un des angles du losange à l'angle opposé. Exemple : AC et BD, fig. 37.

FIGURE 37.



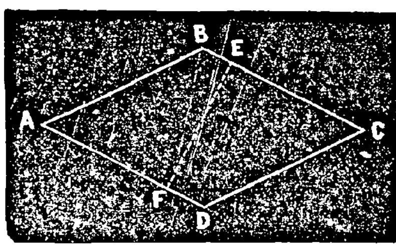
Les deux diagonales AC et BD se coupent à angles droits, en leur milieu O, et elles partagent le losange en quatre triangles rectangles égaux.

La fig. 37 est un losange, parce que les quatre côtés AB, BC, CD et DA sont égaux et que les quatre angles ne sont pas droits. Les angles aigus A et C sont égaux entre eux et les angles obtus B et D sont également égaux entre eux.

On appelle *base* d'un losange l'un quelconque de ses côtés.

On appelle *hauteur* d'un losange une perpendiculaire abaissée d'un point quelconque du côté opposé sur la base.

FIGURE 38.



Si on prend, fig. 38, la ligne AD pour base du losange, la ligne EF, perpendiculaire sur AD, en sera la hauteur.

La surface d'un losange est égale à la longueur de la base multipliée par la longueur de la hauteur.

Problème N° 32.

Soit proposé de trouver la surface du losange (fig. 38), en supposant que la base AD *ait* 18^m24 *et que la hauteur* EF *ait* 14^m38.

Multipliez simplement 18^m24 par 14^m38.

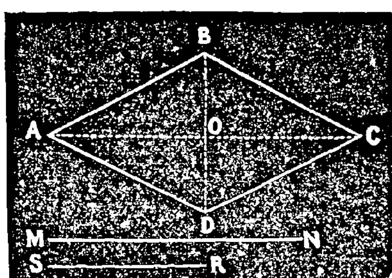
```
   18,24
   14,38
 -------
  1 4592
  5 472
 72 96
182 4
 -------
262,2912
```

La surface est donc 262 mètres carrés 29 décimètres carrés, ou bien 2 ares 62 centiares.

Problème N° 33.

Soit proposé de construire un losange de telle façon qu'une diagonale soit égale à la ligne MN *et que l'autre diagonale soit égale à la ligne* SR.

FIGURE 39.



Tracez une ligne AC égale à la ligne MN; au point O, milieu de AC, élevez une perpendiculaire au-dessus et au-dessous de AC; prenez la ligne OB égale à la moitié de la ligne SR; prenez également la ligne OD égale à la moitié de la ligne SR : la ligne BD sera donc égale à la ligne SR.

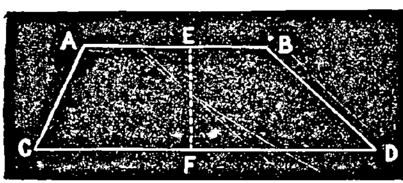
Joignez par des droites le point A au point B, le point B au point C, le point C au point D et le point D au point A.

La figure ABCD sera le losange demandé.

§ 6. — DU TRAPÈZE.

On appelle *trapèze* un quadrilatère dans lequel deux côtés inégaux sont parallèles.

FIGURE 40.



La figure 40 est un trapèze, parce que les deux côtés AB et CD sont inégaux et parallèles. On comprend que si les lignes AB et CD étaient égales, la figure serait soit un rectangle, soit un parallélogramme.

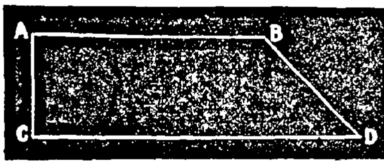
Les deux lignes AB et CD sont appelées les *bases* du trapèze.

La hauteur d'un trapèze est la perpendiculaire abaissée d'un point quelconque de la base supérieure sur la base inférieure.

Ainsi, dans la figure 40, la ligne EF est la hauteur du trapèze.

Le trapèze est *rectangle* quand il a deux angles droits. Exemple, fig. 41.

FIGURE 41.



Le côté AC étant perpendiculaire sur les deux bases AB et CD, les deux angles A et C sont droits et le côté AC est la hauteur du trapèze.

Pour calculer la surface d'un trapèze, il faut :

1° *Ajouter la longueur de la base supérieure à la longueur de la base inférieure ;*

2° *Prendre la moitié de la somme ainsi obtenue ;*

3° *Multiplier cette moitié par la longueur de la hauteur, et le produit sera le résultat cherché.*

Problème N° 34.

Soit proposé de calculer la surface du trapèze (fig. 40), *en supposant :*

1° *Que la base supérieure* AB *ait* 24^{m}62;
2° *Que la base inférieure* CD *ait* 35^{m}50;
3° *Que la hauteur* EF *ait* 15^{m}28.

Ajoutez	24,62	(*base inférieure*)
A.	35,50	(*base inférieure*)
TOTAL	60,12	dont vous prenez la
moitié, qui est de	30,06	

Multipliez ensuite 30,06 par la hauteur, qui est de 13,28.

```
   30,06
   13,28
  ------
  2 4048
  6 012
 90 18
300 6
  ------
399,1968
```

La surface du trapèze est donc de 399 mètres carrés 20 décimètres carrés, ou bien de 3 ares 99 centiares.

On peut encore obtenir la surface du trapèze en multipliant la somme des bases par la moitié de la hauteur. Ainsi dans l'exemple ci-dessus :

Ajoutez	24,62	(*base supérieure*)
A.	35,50	(*base inférieure*)
Vous aurez.	60,12	pour total.

Prenez la moitié de la hauteur 13,28 et vous aurez 6,64.

```
Multipliez . . .   60,12
Par. . . . . . .    6,64
                  ------
                  2 4048
                 36 072
                360 72
                 -------
                399,1968
```

On voit que le résultat est absolument le même que le précédent.

Problème N° 35.

Un terrain, ayant la forme d'un trapèze, a une superficie de 97 mètres carrés 60 décimètres carrés (98 centiares), sa base supérieure est de 12m20, sa base inférieure de 18m30, quelle est sa hauteur?

On sait que la surface d'un trapèze est égale à *la somme des bases multipliée par la moitié de la hauteur*, ou bien *à la demi-somme des bases multipliée par la hauteur.* Donc, en additionnant les deux bases 12,20 et 18,30 et en en prenant la moitié, on obtiendra la hauteur en divisant la surface par cette moitié.

$12{,}20 + 18{,}30 = 30{,}50$ dont la moitié est 15,25, et 97 mètres carrés 60 décimètres carrés divisés par 15m25 donneront 6m40 pour la hauteur cherchée.

Problème N° 36.

Un trapèze a une surface de 859 mètres carrés 95 décimètres carrés (8 ares 60 centiares), sa hauteur est de 14m70, sa base supérieure de 46m60, quelle est la longueur de la base inférieure?

En divisant 859 mètres carrés 95 décimètres carrés par la hauteur 14m70, on aura 58m50, nombre qui sera la demi-somme des bases, et en multipliant 58m50 par 2 on aura 117m00, qui sera la somme des deux bases. En retranchant de 117m00 le nombre 46,60, longueur de la base supérieure, il restera 70m40 (nombre cherché), qui sera la longueur de la base inférieure. En effet :

$$\frac{46{,}60 + 70{,}40}{2} \times 14{,}70 = 859^{m}95.$$

§ 7. — DU CERCLE.

Le cercle est la surface comprise dans la circonférence.

Pour trouver la surface d'un cercle, il faut multiplier par elle-même la longueur du rayon et multiplier le produit par 3,1416 (rapport de la circonférence au diamètre)

Problème N° 37.

Un cercle a 6^m80 *de rayon, quelle en est la surface ?*

Multipliez	6,80
Par.	6,80
	5 44
	40 8
PRODUIT.	46.2400
Multipliez maintenant	46,24
Par	3,1416
	27744
	4624
	1 8496
	4 624
	138 72
PRODUIT.	145,267584

La surface du cercle est donc 145 mètres carrés 27 décimètres carrés, ou bien 1 are 45 centiares.

Problème N° 38.

Un cercle a 4^m20 *de diamètre, quelle est sa surface ?*

Cherchez d'abord le rayon qui est la moitié du diamètre et vous aurez 2,10.

Multipliez.	2,10
Par	2,10
	2 1
	4 2
PRODUIT.	4,4100

Multipliez maintenant . .	3,1416
Par	4,41
	31416
	1 25664
	12 5664
PRODUIT	13,854456

La surface du cercle est donc 13 mètres carrés 85 décimètres carrés.

Problème n° 39.

Un cercle a 8^m54 *pour la longueur de la circonférence, quelle est la surface?*

Cherchez d'abord le diamètre en divisant **8,54** par **3,1416.**

8,5400000	3,1416
2 25680	2,718
57680	
262640	
11312	

Le diamètre est donc 2^m72, dont la moitié, soit 1^m36, représente le rayon.

Multipliez.	1,36
Par	1,36
	816
	408
	136
Multipliez maintenant . .	1,8496
Par	3,1416
	110976
	18496
	73984
	18496
	5 5488
PRODUIT	5,81070336

La surface du cercle est donc 5 mètres carrés 81 décimètres carrés.

On peut encore trouver la surface d'un cercle en multipliant la longueur de la circonférence par la moitié du rayon. Exemple :

Problème N° 40.

Quelle est la surface d'un cercle ayant 12^{m}60 *de circonférence?*

Cherchez d'abord le rayon, pour cela divisez 12,60 par 3,1416.

12,600000	3,1416
33600	4,01
2184	

4,01 représente le diamètre, et en en prenant le quart, vous aurez la moitié du rayon, soit 1,0025.

Multipliez.	12,6
Par	1,0025
	630
	0252
	12 6
	12,63150

La surface du cercle est donc 12 mètres carrés 63 décimètres carrés.

Connaissant simplement le rayon, vous trouveriez la surface du cercle de la manière suivante :

Multipliez le rayon par 2 et vous aurez le diamètre; puis, multipliez ce diamètre par 3,1416 et vous aurez la circonférence. Enfin, multipliez cette circonférence par la moitié du rayon, et vous aurez la surface du cercle.

§ 8. — DE L'ELLIPSE.

On appelle ellipse une ligne courbe fermée décrite de plusieurs centres et formée par quatre arcs de cercles raccordés entre eux et égaux deux à deux.

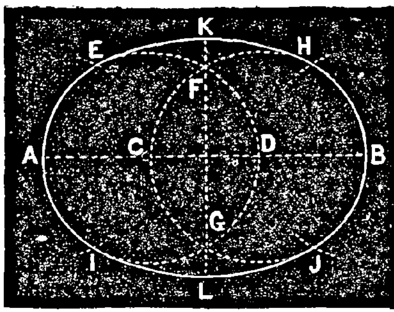
Dans une ellipse, on distingue les éléments suivants :

1° Le grand axe ;
2° Le petit axe ;
3° Les foyers.

Problème N° 41.

Soit proposé de construire une ellipse de forme ordinaire, le grand axe AB *étant donné* (*fig.* 42).

FIGURE 42.



Divisez le grand axe AB en trois parties égales par les points C et D. Des points C et D comme centres, avec un rayon égal à AC, décrivez deux circonférences qui se coupent aux points F et G. Des points A et B, également comme centres, tracez quatre arcs de cercle coupant les deux circonférences aux points EHIJ. Du point G, comme centre, avec un rayon égal à la distance du point G au point E, décrivez l'arc EH. Faites-en autant du point F, avec le même rayon, et vous aurez formé l'ellipse.

AB est le grand axe.

KL le petit axe.

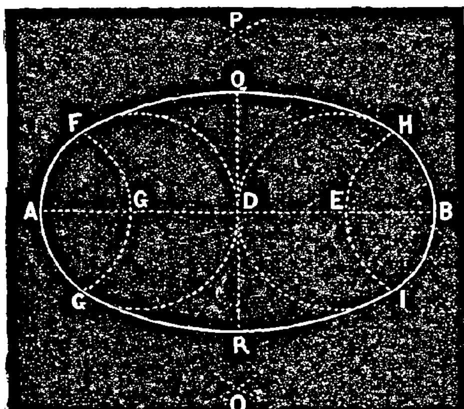
Les points C et D sont les foyers.

Les axes sont toujours perpendiculaires l'un à l'autre.

Problème N° 42.

Soit proposé de construire une ellipse allongée, le grand axe AB *étant donné.*

FIGURE 43.



Divisez le grand axe AB en quatre parties égales par les points C, D, E. Des points C et E, comme centres, avec un rayon égal à AC, décrivez deux circonférences qui se touchent au point D. Des points A et B, également comme centres, avec le même rayon, tracez deux arcs de cercle coupant les deux circonférences aux points FGHI. Par les points F et H, comme centres, avec un rayon égal à la distance du point F au point H, tracez deux arcs de cercle se coupant au point O. Par les points G et I, avec le même rayon, tracez deux arcs de cercle qui se coupent au point P.

7.

Par le point O, comme centre, menez l'arc de cercle FH, et par le point P, aussi comme centre, menez l'arc de cercle GI, puis l'ellipse sera formée.

Il faut remarquer que les distances en ligne droite FH et GI sont égales aux rayons OF, OH, PG, PI.

Grand axe : la ligne AB ;

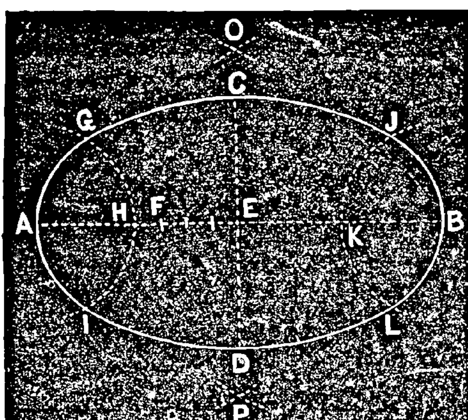
Petit axe : la ligne QR ;

Foyers : les points C et E.

Problème N° 43.

Soit proposé de construire une ellipse, le grand axe AB *et le petit axe* CD *étant donnés (fig.* 44*).*

FIGURE 44.



Tracez le grand axe AB et le petit axe CD égaux aux lignes données et se coupant en leurs milieux au point E.

Prenez, sur le grand axe, à partir du point A, une quantité AF égale à ED. AE sera donc la moitié du grand axe et AF la moitié du petit axe ; la différence de ces deux moitiés sera la ligne FE. Partagez la ligne FE en trois parties égales et portez une de ces parties de F en H ; déterminez le point K en prenant BK = AH. Des points H et K, comme centres, avec un rayon égal à AH au KB, décrivez les arcs de cercle GAI et JBL. Puis, des points A et B, également comme centres, et avec le même rayon, menez les arcs de cercle GHI et JKL coupant les deux précédents aux points G, I, J, L. Ensuite, des points I et L, comme centres, avec un rayon égal à la distance de ces points, tracez les deux arcs qui se coupent au point O. Faites, également par les points G et J, deux arcs semblables se coupant au point P. Enfin, des points P et O, comme centres, menez deux arcs de cercle aboutissant du point G au point J et du point I au point L, et l'ellipse sera formée.

L'ellipse est une courbe telle que si l'on mène deux droites partant de l'un quelconque de ses points et aboutissant à ses deux foyers, la somme de ces deux lignes est égale à la longueur du grand axe.

Le moyen employé par les jardiniers pour tracer une ellipse est basé sur ce principe.

Ils tracent d'abord les deux axes et ils déterminent les foyers par un arc de cercle ayant pour centre l'une des extrémités du petit axe et pour rayon la moitié du grand axe. Les deux points où cet arc de cercle coupe le grand axe sont les foyers. Ensuite, ils prennent un cordeau ayant la même longueur que le grand axe, dont ils fixent les extrémités à chaque foyer. Puis ils tendent le cordeau de manière à former deux lignes droites aboutissant à une pointe à tracer. Cette pointe est mise en mouvement par la main, en ayant soin de maintenir le cordeau bien tendu, et elle détermine, sur le terrain, l'ellipse demandée.

Pour trouver la longueur de la ligne courbe formant l'ellipse lorsqu'on connaît le grand axe et le petit axe, on fait la somme des deux axes dont on prend la moitié. On multiplie cette moitié par 3,1416 *et le produit donne le résultat cherché.* Exemple :

Problème N° 44.

Le grand axe d'une ellipse a $12^{m}60$, *le petit axe a* $8^{m}30$, *trouver la longueur de la courbe.*

Ajoutez	12,60
A	8,30
TOTAL	20,90
Dont vous prenez la moitié, soit . .	10,45
Multipliez	3,1416
Par	10,45
	157080
	1 25664
	31 416
RÉSULTAT	32,829720

La courbe formant l'ellipse a donc une longueur de $32^{m}83$.

Pour obtenir la surface d'une ellipse, on multiplie la longueur du grand axe par la longueur du petit axe, puis on multiplie le résultat par 3,1416, *et ce dernier produit, divisé par* 4, *donne la surface cherchée.*

Problème N° 45.

Soit proposé de trouver la surface d'une ellipse dont le grand axe est 12m60 *et le petit axe,* 8m30.

Multipliez	12,60	
Par	8,30	
	3 78	
	100 8	
Multipliez	104,5800	
Par	3,1416	
	62748	
	10458	
	4 1832	
	10 458	
	313 74	
Divisez.	328,548528	4
	08	82,13
	0 5	Inutile d'achever la division.
	14	
	2	

La surface de l'ellipse est donc 82 mètres carrés 13 décimètres carrés.

Lorsqu'on connaît la surface d'une ellipse et l'un de ses axes, pour trouver l'autre axe, il faut multiplier la surface par 4 et diviser le produit par le nouveau produit qu'on obtient en multipliant la longueur de l'axe connu par 3,1416. Exemple :

Problème N° 46.

Une ellipse a une surface de 82 mètres carrés 13 décimètres carrés, son petit axe a une longueur de 8^{m}30, quelle est la longueur du grand axe?

Multipliez la surface donnée.	82,13
Par	4
Premier produit. . . .	328,52
Multipliez maintenant	3,1416
Par la longueur du petit axe.	8,30
	94248
	25 1328
Deuxième produit	26,075280

Enfin, divisez le premier produit 328,52 par le second produit 26,07.

328,5200	26,07
67 82	12,60
15 680	
380	

Le grand axe a 12^{m}60. Cette solution est la vérification du problème n° 44.

2e SECTION. — DES SURFACES COMPOSÉES.

ARPENTAGE PROPREMENT DIT.

Ce qui vient d'être dit se rapporte aux surfaces *simples* ayant la forme d'un triangle, d'un carré, d'un rectangle, d'un parallélogramme, d'un losange, d'un trapèze, d'un cercle ou d'une ellipse, et toutes les fois qu'un champ ou une surface quelconque aura l'une de ces formes, rien ne sera plus simple, d'après les exemples précédemment donnés, que d'en obtenir la mesure.

Mais presque toujours les superficies à arpenter ont des formes très-*irrégulières* ne rentrant dans aucun des cas précédents : ce sont les *surfaces composées*.

Pour les *arpenter*, il suffit simplement de bien savoir les décomposer en figures régulières, de calculer la surface de chacune d'elles et d'additionner toutes les surfaces partielles pour avoir la surface totale. Voilà tout le secret de l'arpenteur. L'arpentage est une science si élémentaire et si facile, qu'on ne s'explique pas comment il se fait que tous les propriétaires et les cultivateurs, sans exception, ne sachent pas l'appliquer, quand cette science n'exige que la connaissance des quatre règles du calcul et l'usage si simple de la chaîne et de l'équerre d'arpenteur.

L'auteur espère que cet ouvrage pratique, présenté sur un plan tout nouveau, mettra les questions d'arpentage à la portée de l'intelligence la plus vulgaire. Si ses espérances se réalisent, il aura l'immense satisfaction d'avoir rendu un très grand service à l'agriculture en général.

Dans les développements qui vont suivre, certains calculs ne seront qu'indiqués. Il importe donc de donner l'explication et la signification de certains signes qui seront employés tant pour l'arpentage que pour le cubage.

Le signe + qu'on énonce *plus*, est le signe de l'addition. Placé entre deux nombres, il indique qu'on doit en faire la somme. Ainsi A + B exprime la somme des quantités A et B.

Le signe — qu'on énonce *moins*, est le signe de la soustraction. Placé entre deux nombres, il indique qu'on doit en faire la différence. Ainsi A — B indique la différence des quantités A et B.

Le signe × qu'on énonce *multiplié par*, est le signe de la multiplication. Placé entre deux quantités, il indique qu'on doit faire le produit de ces deux quantités. Ainsi 8 × 6 exprime le produit des deux nombres 8 et 6.

Le signe : qu'on énonce *divisé par*, est le signe de la division. Placé entre deux quantités, il indique qu'on doit diviser l'une par l'autre, comme 15 : 5. On indique encore la division ainsi $\frac{15}{5}$, ce qui signifie qu'il faut diviser 15 par 5. C'est ce procédé de séparer les deux nombres par un trait horizontal qui sera employé dans la suite de cet ouvrage.

Le signe = qu'on énonce *égal*, placé entre deux quantités, indique que ces deux quantités sont égales.

Exemples pour bien faire comprendre les signes :

$$15 + 9 = 24$$
$$17 - 12 = 5$$
$$8 \times 7 = 56$$
$$\frac{45}{9} = 5$$
$$\frac{(7 + 5) \times 9}{2} = 54.$$

Cette dernière formule signifie qu'il faut ajouter 5 à 7, ce qui fait 12 ; que ce nombre 12 doit être multiplié par 9, ce qui fait 108 et que 108 doit être divisé par 2, ce qui donne 54, résultat indiqué.

Formules représentant la superficie des surfaces simples.

1° Triangle......	base B........ hauteur H.....	surface $= B \times \frac{H}{2}$ ou $\frac{B \times H}{2}$
2° Carré	côté B	surface $= B \times B$.
3° Rectangle	base B........ hauteur H.....	surface $= B \times H$.
4° Parallélogramme .	base B........ hauteur H.....	surface $= B \times H$.
5° Losange......	base B........ hauteur H.....	surface $= B \times H$.
6° Trapèze	base supérieure B. base inférieure C. hauteur H.....	surface $= \frac{B + C}{2} \times H$.
7° Cercle........	rayon R	surface $= 3.1416 \times R \times R$.

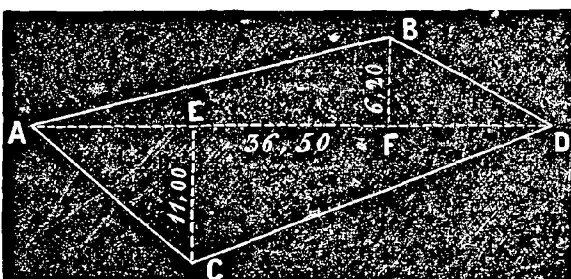
L'arpentage proprement dit consiste donc simplement dans la décomposition des surfaces à arpenter. La décomposition ne donne généralement que des triangles rectangles et des trapèzes rectangles.

Les exemples suivants démontreront clairement la méthode à suivre pour l'arpentage à l'aide de la chaîne et de l'équerre seulement.

Problème N° 47.

Soit proposé d'arpenter un champ ayant la forme de la figure ABDC (*fig.* 45).

FIGURE 45.



Ce quadrilatère n'a la forme d'aucune des figures régulières définies plus haut. Il faut donc le décomposer en figures régulières. Pour cela, menez la diagonale AD, et jalonnez cette ligne. Arrivé au point E, élevez la perpendiculaire EC sur AD ; arrivé au point F, élevez la perpendiculaire FB sur AD : le quadrilatère sera divisé en deux triangles ABD et ACD. Le triangle ABD aura pour base la ligne AD ayant 36,50 de longueur et pour hauteur la perpendiculaire BF ayant 6^m20 de longueur. Le triangle ACD aura pour base la ligne AD ayant 36,50 de longueur et pour hauteur la perpendiculaire CE ayant 11^m00 de hauteur.

Il s'agit donc de calculer la surface de chacun de ces deux triangles et de faire l'addition des deux résultats pour connaître la mesure du quadrilatère.

Voici les calculs indiqués :

1° Surface du triangle ABD $= \dfrac{36,50 \times 6,20}{2}$	$=$	$113^{m}15$
2° Surface du triangle ACD $= \dfrac{36,50 \times 11,00}{2}$	$=$	$200,75$
TOTAL.		$313^{m}90$

La surface du quadrilatère est donc 313 mètres carrés 90 décimètres carrés ou bien 3 ares 14 centiares.

La diagonale AD, sur laquelle les deux perpendiculaires EC et FB (fig. 45) sont élevées, se nomme encore *ligne d'opération*.

On appelle *ligne d'opération en général,* une ligne droite tracée préalablement et sur laquelle aboutissent toutes les perpendiculaires qui vont aux divers angles de la surface à arpenter.

Le choix d'une bonne ligne d'opération est très important au point de vue d'une décomposition convenable en figures régulières d'une grande surface à arpenter.

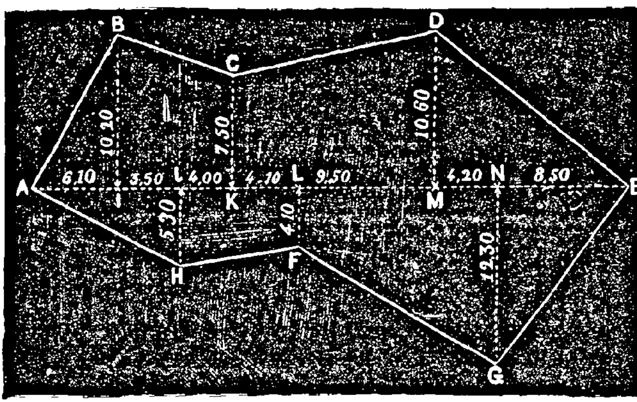
Souvent une seule ligne d'opération suffit ; mais quelquefois, pour le même arpentage, on en emploie *trois* (*jamais deux*) et même davantage, afin de diminuer la longueur des perpendiculaires.

Toutes les fois qu'une figure a plus de quatre côtés, et quel qu'en soit le nombre, elle se nomme *polygone.*

Problème N° 48.

Soit proposé d'arpenter un terrain ayant la forme du polygone ABCDEGFH (*fig.* 46).

FIGURE 46.



Prenez pour ligne d'opération la ligne qui joint le point A au point E et jalonnez cette ligne. Partez avec la chaîne du point A, sur la ligne d'opération, dans la direction du point E. Au point I, élevez la perpendiculaire IB ; inscrivez sur un croquis 6,10, longueur de AI, et mesurez la perpendiculaire IB qui a 10,20, cote que vous inscrivez également. Partez ensuite du point I et, arrivé au point J, élevez la perpendiculaire JH ; inscrivez 3,50 et 5,30, longueurs de IJ et de JH. Puis, partez du point J, sur la ligne d'opération, et mesurez successivement les portions de la ligne d'opération et les perpendiculaires suivantes : JK, KC, KL, LF, LM, MD, MN, NG et NE. Inscrivez bien toutes les cotes ou toutes les longueurs sur le croquis, et vous aurez tous les éléments nécessaires pour calculer la surface demandée. La figure sera décomposée en triangles restangles et en trapèzes rectangles.

Voici la nomenclature et la surface de chaque figure simple composant tout le polygone :

1° Triangle	AIB, surface	$= \dfrac{6{,}10 \times 10{,}20}{2} \ldots\ldots$	$= 31{,}11$
2° Trapèze	IBCK, surface	$= \dfrac{10{,}20 + 7{,}50}{2} \times 7{,}50$	$= 66{,}37$
3° Trapèze	CKMD, surface	$= \dfrac{7{,}50 + 10{,}60}{2} \times 13{,}60$	$= 123{,}08$
4° Triangle	DME, surface	$= \dfrac{10{,}60 \times 12{,}70}{2} \ldots\ldots$	$= 67{,}31$
5° Triangle	AJH, surface	$= \dfrac{9{,}60 \times 5{,}30}{2} \ldots\ldots$	$= 25{,}44$
6° Trapèze	JHFL, surface	$= \dfrac{5{,}30 + 4{,}10}{2} \times 8{,}10$	$= 38{,}07$
7° Trapèze	LFGN, surface	$= \dfrac{4{,}10 + 12{,}30}{2} \times 13{,}70$	$= 112{,}34$
8° Triangle	GNE, surface	$= \dfrac{12{,}30 \times 8{,}50}{2} \ldots\ldots$	$= 52{,}27$
		TOTAL.	515,99

La surface de la figure 46 est donc 515 mètres carrés 99 décimètres carrés ou bien 5 ares 16 centiares.

Il est à remarquer que dans le trapèze BIKC, les deux bases sont les lignes BI et CK. On comprend qu'elles sont parallèles, puisqu'elles sont toutes les deux perpendiculaires sur la ligne d'opération AE. La hauteur est IK, portion de la ligne d'opération, et pour en avoir la longueur il a fallu ajouter 3,50, longueur de IJ, à 4,00, longueur de JK, ce qui a donné $7^{m}50$.

Pour mesurer les distances des pieds des perpendiculaires sur la ligne d'opération AE, on est parti du point A et, arrivé au point I, on a inscrit 6,10. On est reparti ensuite du point I et, arrivé au point J, on a inscrit 3,50, pour continuer ainsi jusqu'au point E. On a donc, pour ainsi dire, mesuré isolément chaque partie AI, IJ, JK, KL, LM, MN et NE. Ce système, qui est très vrai en théorie, peut produire des erreurs dans la pratique. Les géomètres ont l'habitude de cumuler leurs cotes : ce procédé est le meilleur, et voici comment il est employé dans la mesure des longueurs :

FIGURE 47.

Supposez ci-contre, figure 47, la ligne d'opération seulement de la figure 46.

Partez du point A avec la chaîne; arrivé au point I, inscrivez $6^{m}10$, distance du point A; arrivé au point J, lisez sur la chaîne $9^{m}60$ que vous inscrivez. $9^{m}60$ est la distance du point J au point A. Continuez à chaîner et vous inscrivez la cote 13,60 au point K; 17,70 au point L; 27,20 au point M; 31,40 au point N et 39,90 au point E. Toutes ces cotes représentent la distance des points sur lesquels elles sont inscrites, au point A.

C'est ce qu'on appelle mesurer, par des *cotes cumulées* les diverses portions déterminées d'une même ligne droite.

La longueur des portions de ligne s'obtient, par ce procédé, au moyen d'une simple soustraction. Ainsi, pour avoir la longueur de la portion LM :

De.	27,20
Retranchez	17,70
Et vous aurez	9,50

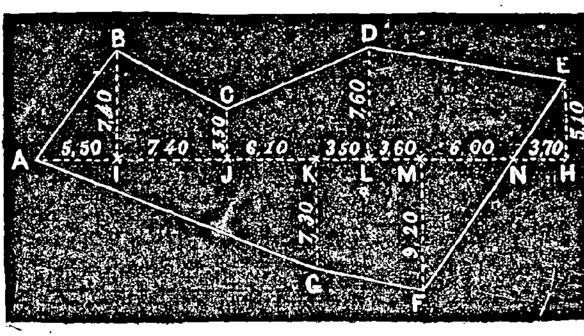
Il n'est pas nécessaire, pour l'arpentage d'une surface, que la ligne d'opération aille du sommet d'un angle au sommet d'un autre angle; il faut la tracer sur le terrain de manière qu'à l'œil elle semble partager ladite surface à peu près en deux parties égales.

Voici un exemple :

Problème N° 49.

Soit proposé d'arpenter un terrain ayant la forme du polygone ABCDEFG (*fig.* 48).

FIGURE 48.



Tracez, partant du point A, la ligne d'opération AH, de manière qu'elle partage le polygone à peu près en deux parties égales.

Élevez, sur la ligne d'opération, des perpendiculaires aboutissant à chacun des sommets des angles B, C, D, E, F et G.

Voici les calculs de la surface :

1° Triangle	AIB, surface	$\frac{5,50 \times 7,40}{2}$	..... =	20,35
2° Trapèze	BIJC, surface	$\frac{7,40 + 3,50}{2} \times 7,40$	=	40,33
3° Trapèze	CJLD, surface	$\frac{3,50 + 7,60}{2} \times 9,60$	=	53,28
4° Trapèze	DLHE, surface	$\frac{7,60 + 5,10}{2} \times 13,30$	=	84,45
5° Triangle	AKG, surface	$\frac{19,00 \times 7,30}{2}$	..... =	69,35
6° Trapèze	KGFM, surface	$\frac{9,20 + 7,30}{2} \times 7,10$	=	58,57
7° Triangle	FMN, surface	$\frac{9,20 \times 6,00}{2}$	..... =	27,60
			TOTAL.....	353,93
A déduire la surface du triangle NHE.		$\frac{3,70 \times 5,10}{2}$	..... =	9,43
			RESTE.....	344,50

La surface de la figure 48 est donc 344 mètres carrés 50 décimètres carrés, ou bien 3 ares 44 centiares.

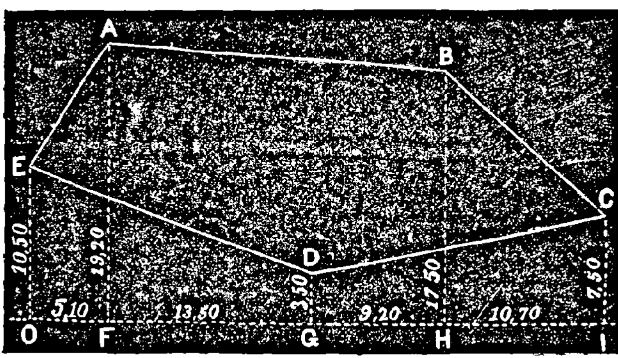
On remarque que le trapèze DLHE, donc la surface est 84,45, contient en trop le triangle NHE qui est en dehors du terrain à arpenter. C'est pour cette raison que la surface de ce triangle, qui est de 9,43, a été retranchée du total 353,93.

Il est aussi possible d'arpenter un terrain en plaçant la ligne d'opération en dehors de ce terrain. En voici un exemple :

Problème N° 50.

Soit proposé d'arpenter un terrain ayant la forme du polygone ABCDE, *en traçant la ligne d'opération en dehors de ce terrain* (*fig.* 49).

FIGURE 49.



Jalonnez une ligne quelconque OI en dehors de la figure, mais rapprochée le plus possible de cette figure. Du sommet de chacun des angles de la figure abaissez les perpendiculaires EO, AF, DG, BH et CI sur la ligne d'opération et vous formerez le grand polygone OEABCI dont vous calculerez la surface. Vous calculerez ensuite la surface du petit polygone OEDCI, et la différence entre ces deux surfaces donnera la surface du polygone proposé ABCDE.

1° *Surface du grand polygone* OEABCI.

1° Trapèze OEAF, surface	$= \frac{10,50 + 19,20}{2}$	$\times$ 5,10	= 75,73
2° Trapèze FABH, surface	$= \frac{19,20 + 17,50}{2}$	$\times$ 22,70	= 416,55
3° Trapèze HBCI, surface	$= \frac{17,50 + 7,50}{2}$	$\times$ 10,70	= 133,75
		Total.	626,03

2° *Surface du petit polygone* OEDCI.

1° Trapèze OEDG, surface	$= \frac{10,50 + 3,50}{2}$	$\times$ 18,60	= 130,20
2° Trapèze GDCI, surface	$= \frac{3,50 + 7,50}{2}$	$\times$ 19,90	= 109,45
		Total.	239,65

RÉSUMÉ.

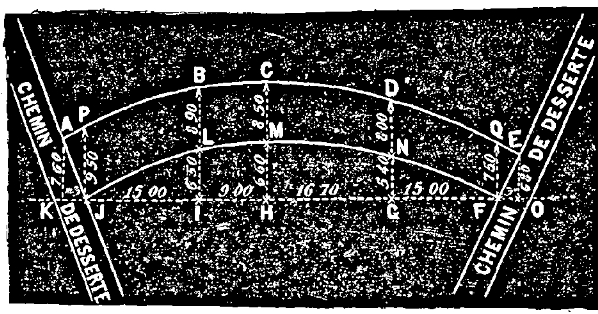
Le grand polygone a une surface de. .	626,03
Le petit id. id. . . .	239,65
Différence.	386,38

La surface du polygone ABCDE est donc 386 mètres carrés 38 décimètres carrés, ou bien 3 ares 86 centiares.

Problème N° 51.

Soit proposé d'arpenter un champ ayant la forme de la figure 50, dont les limites, dans sa longueur, ne sont que des lignes courbes.

FIGURE 50.



Tracez une ligne d'opération allant du point J au point F. Choisissez sur la ligne courbe AE des points B, C, D, de telle façon que les lignes AB, BC, CD et DE se rapprochent sensiblement de la ligne droite. Des points B, C, D, abaissez les perpendiculaires BI, CH et DG sur la ligne JF. Des points J et F, élevez également les perpendiculaires JP et FQ sur JF.

Calculez la surface des trapèzes AKJP, PJLB, BLMC, CMND, DNFQ et QFOE et, en retranchant du total de ces trapèzes la surface des deux triangles KAJ et EFO, on aura le résultat demandé. Voici les calculs :

1° Trapèze AKJP, surface $= \frac{7,60 + 9,50}{2} \times 3,00 = 25,65$

2° Trapèze PJLB, surface $= \frac{9,50 + 8,90}{2} \times 15,00 = 138,00$

3° Trapèze BLMC, surface $= \frac{8,90 + 8,50}{2} \times 9,00 = 78,30$

4° Trapèze CMND, surface $= \frac{8,50 + 8,00}{2} \times 16,70 = 137,77$

5° Trapèze DNFQ, surface $= \frac{8,00 + 7,50}{2} \times 15,00 = 116,25$

6° Trapèze QFOE, surface $= \frac{7,50 + 6,80}{2} \times 3,00 = 21,45$

TOTAL. 517,42

Triangles à retrancher.

1° Triangle AKJ, surface $= \frac{7,60 \times 3,00}{2}$ . . . . . $= 11,40$

2° Triangle EFO, surface $= \frac{6,80 \times 3,00}{2}$ . . . . . $= 10,20$

TOTAL. 21,60

RÉSUMÉ.

Surface totale	517,42
A retrancher les deux triangles.	21,60
DIFFÉRENCE	495,82

La surface cherchée est donc 495 mètres carrés 82 décimètres carrés, ou bien 4 ares 96 centiares.

Il convient de remarquer que pour les trapèzes, *pour le trapèze* BLMC, *par exemple*, on a pris les lignes BL et CM pour bases et pour hauteur la portion IH de la ligne d'opération.

On aurait pu, comme dans le problème précédent, faire la surface du grand polygone KAPBCDQEO et en retrancher la surface du petit polygone JLMNF, ainsi que les deux triangles AKJ et EFO, mais c'eût été beaucoup plus long.

Lorsqu'un champ a la forme de la figure 50 et qu'on veut l'arpenter, il y a un moyen beaucoup plus simple d'y parvenir. Voici comment on s'y prend :

On mesure la longueur au milieu, en suivant à peu près la courbure des rives et on prend des largeurs de distance en distance. On fait l'addition de ces largeurs et on en divise la somme par le nombre pour avoir une largeur moyenne. On multiplie cette largeur moyenne par la longueur trouvée et le produit donne la surface.

Exemple : supposons qu'on prenne cinq largeurs et qu'on ait :

1re	largeur	9,50
2e	id	8,90
3e	id	8.50
4e	id	8,00
5e	id	7.50
	TOTAL	42,40

En divisant 42,40 par 5, nous aurons 8m48 pour la largeur moyenne, et si la longueur moyenne trouvée est de 58m70, la surface sera

$$\begin{array}{r} 58{,}70 \\ 8{,}48 \\ \hline 4\,696 \\ 23\,48 \\ 469\,6 \\ \hline 497{,}776 \end{array}$$

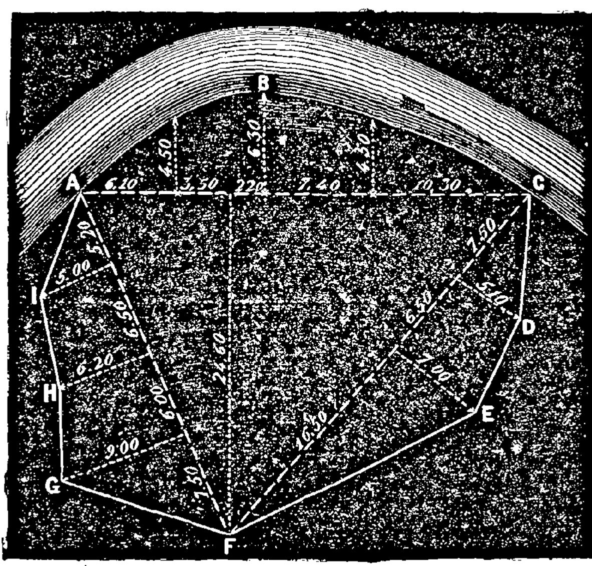
Soit 497 mètres carrés 78 décimètres carrés, ou bien 4 ares 98 centiares.

REMARQUE. — Lorsque la ligne d'opération est tracée dans l'intérieur du terrain à arpenter, les figures régulières données par la décomposition sont presque toujours des triangles rectangles et des trapèzes rectangles, figures 45, 46, 48, tandis que lorsque la ligne d'opération est à l'extérieur, les figures sont presque toujours des trapèzes rectangles.

Problème N° 52.

Arpenter une propriété, limitée par une rivière, ayant la forme de la figure ci-après.

FIGURE 51.



Pour arpenter cette propriété, tracez les trois lignes d'opération AC, CF et FA formant ensemble un triangle.

Sur la ligne AC, élevez un nombre suffisant de perpendiculaires aboutissant à la rivière et déterminant, sur cette rivière, des lignes se rapprochant sensiblement de la ligne droite.

Sur les deux autres lignes d'opération CF et AF, élevez des perpendiculaires aux divers sommets des angles et la propriété sera convenablement décomposée en figures régulières, c'est-à-dire en triangles et trapèzes.

Voici les calculs :

1° *Figures déterminées par les perpendiculaires abaissées sur la ligne d'opération* AC :

$$\left.\begin{array}{llll} 1^{o}\ \text{Triangle} & \dfrac{6,10 \times 4,50}{2} & \ldots\ldots & = 13,72 \\ 2^{o}\ \text{Trapèze} & \dfrac{4,50 + 6,30}{2} & \times\ 5,70 & = 30,78 \\ 3^{o}\ \text{Trapèze} & \dfrac{6,30 + 4,50}{2} & \times\ 7,40 & = 39,96 \\ 4^{o}\ \text{Triangle} & \dfrac{10,30 \times 4,50}{2} & \ldots\ldots & = 23,17 \end{array}\right\} 107,63$$

2° *Figures déterminées par les perpendiculaires abaissées sur la ligne d'opération* CF :

$$\left.\begin{array}{llll} 1^{o}\ \text{Triangle} & \dfrac{7,50 \times 5,10}{2} & \ldots\ldots & = 19,12 \\ 2^{o}\ \text{Trapèze} & \dfrac{5,10 + 7,00}{2} & \times\ 6,50 & = 39,32 \\ 3^{o}\ \text{Triangle} & \dfrac{16,50 \times 7,00}{2} & \ldots\ldots & = 57,75 \end{array}\right\} 116,19$$

A REPORTER. 223,82

REPORT. 223,82

3° *Figures déterminées par les perpendiculaires abaissées sur la ligne d'opération* AF :

$$\left.\begin{array}{lll} 1^{o}\ \text{Triangle}\ \dfrac{5{,}20 \times 5{,}00}{2} & \ldots\ldots & = 13{,}00 \\ 2^{o}\ \text{Trapèze}\ \dfrac{5{,}00 + 6{,}20}{2} & \times\ 6{,}50 & = 36{,}40 \\ 3^{o}\ \text{Trapèze}\ \dfrac{6{,}20 + 9{,}00}{2} & \times\ 6{,}00 & = 45{,}60 \\ 4^{o}\ \text{Trapèze}\ \dfrac{7{,}50 \times 9{,}00}{2} & \ldots\ldots & = 33{,}75 \end{array}\right\} \quad 128{,}75$$

Calculez maintenant la surface du triangle ACF déterminé par les trois lignes d'opération, en prenant AC pour base, dont la longueur totale est, par l'addition des côtés, 29,50. La hauteur est $24^{m}60$, ce qui donne

$$\frac{29{,}50 \times 24{,}60}{2} \ldots\ldots\ldots\ldots = \quad 362{,}85$$

TOTAL. 715,42

La surface totale est donc 715 mètres carrés 42 décimètres carrés, ou bien 7 ares 15 centiares.

Quelle que soit l'étendue de la propriété, la manière d'opérer, pour l'arpentage, est toujours la même : on trace avec intelligence les lignes d'opération nécessaires, et on opère en abaissant sur ces lignes un nombre suffisant de perpendiculaires, puis le calcul se fait d'après l'exposé précédent.

Il faut toujours que les lignes d'opération soient bien reliées entre elles. S'il y en a trois, elles doivent former un triangle qui se rapproche autant que possible du triangle équilatéral, car on doit toujours, dans la décomposition, éviter les angles trop aigus ou trop obtus. S'il y en a quatre, elles doivent former toujours, autant que possible, soit un carré, soit un rectangle, soit un trapèze.

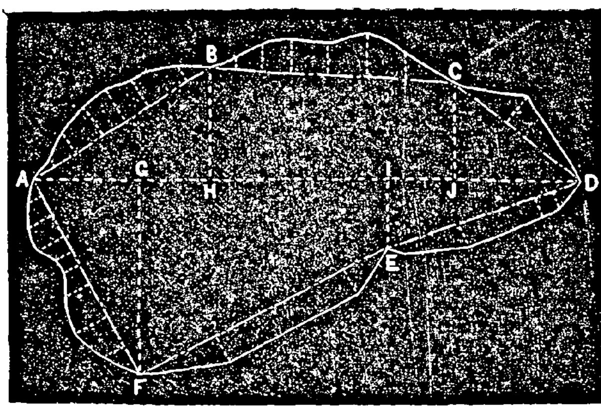
Quelquefois, lorsqu'un terrain est limité par une ligne sinueuse continue, on est forcé d'employer cinq ou six lignes d'opération formant entre elles un polygone qu'il faut à son tour décomposer en figures régulières. Pour cela, on trace, dans l'intérieur du polygone, une ligne d'opération, ou trois si elles sont nécessaires. Les côtés du polygone sont des *lignes d'opération secondaires,* tandis qu'on appelle *lignes d'opération principales,* celles menées pour la mesure du polygone.

Problème N° 53.

Soit proposé d'arpenter un terrain représenté par la figure 52, *limité par une ligne sinueuse continue.*

Tracez (figure 52) le polygone intérieur ABCDEF, de façon que chacun de ses côtés permette facilement de calculer la surface de la figure comprise entre ce côté et la portion de la courbe aboutissant à ses extrémités. Élevez sur chacune des lignes d'opération AB, BC, CD, DE, EF et FA un nombre suffisant de perpendiculaires et vous déterminez des triangles et des trapèzes dont vous cherchez les surfaces partielles. Établissez ensuite la surface du polygone ABCDEF à l'aide de la ligne d'opération AD et des perpendiculaires HB, JC, IE et GF.

FIGURE 52



Ajoutez la somme des surfaces partielles à celle du polygone et vous aurez la superficie du terrain entier limité par la ligne sinueuse.

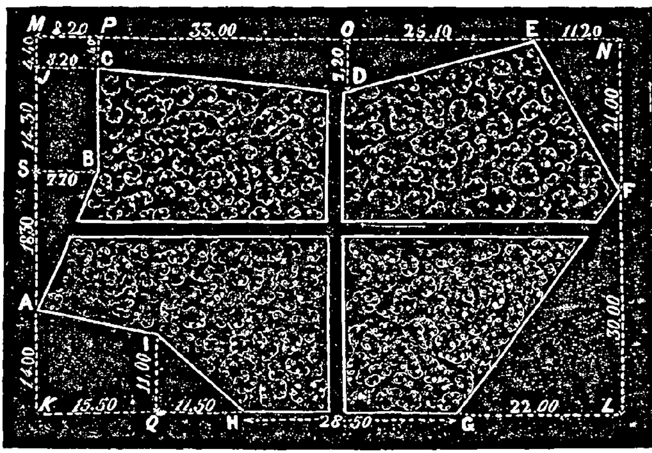
Les côtés AB, BC, CD, DE, EF et FA du polygone sont appelés *lignes d'opération secondaires*, et la diagonale AD du même polygone se nomme *ligne d'opération principale*.

On peut aussi, dans la pratique, avoir à arpenter divers terrains, tels que *bois, marais, etc.*, au milieu desquels il est impossible de jalonner des lignes. Voici comment on opère, toujours à l'aide de l'équerre et de la chaîne d'arpenteur seulement :

Problème N° 54.

Soit proposé d'arpenter un bois ayant la forme du polygone ABCDEFGHI.

FIGURE 53.



Nous supposons qu'il n'est pas possible de tracer, dans l'intérieur, la ligne d'opération nécessaire, ni de jalonner aucune ligne.

Tracez donc la ligne KL, prolongement à droite et à gauche de la ligne HG. Au point K, élevez une perpendiculaire KM sur KL passant par le point A. Au point L, élevez la perpendiculaire LN sur LK, passant par le point F, et au point M, élevez la perpendiculaire MN sur MK. De cette façon, vous aurez formé le rectangle MKLN, enveloppant le bois à arpenter.

Ce rectangle a pour base la ligne KL, qui a pour longueur $15,50+11,50+28,50+22,00=77,50$.

Il a pour hauteur $14,00+18,30+14,30+4,40=51^m00$.

Sa surface est donc de $77,50 \times 51,00 = 39$ ares 52 centiares.

Il faut maintenant retrancher de 39 ares 52 centiares la surface des figures partielles comprises entre les côtés du rectangle et les limites du bois.

Voici le calcul :

1° Rectangle	$=$	$8,20 \times 4,40 =$	36,08
2° Trapèze	$=$	$\frac{4,40 + 7,20}{2} \times 33,00 =$	191,40
3° Triangle	$=$	$\frac{25,10 \times 7,20}{2} \ldots\ldots =$	90,36
4° Triangle	$=$	$\frac{11,20 \times 21,00}{2} \ldots\ldots =$	167,60
5° Triangle	$=$	$\frac{30,00 \times 22,00}{2} \ldots\ldots =$	330,00
6° Triangle	$=$	$\frac{11,50 \times 11,00}{2} \ldots\ldots =$	63,25
7° Trapèze	$=$	$\frac{14,00 + 11,00}{2} \times 15,50 =$	193,75
8° Triangle	$=$	$\frac{18,30 \times 7,70}{2} \ldots\ldots =$	70,45
9° Trapèze	$=$	$\frac{8,20 + 7,70}{2} \times 14,30 =$	113,68
		TOTAL.	1256,57

Les figures partielles ont donc une superficie de 1256 mètres carrés 57 décimètres carrés, ou bien 12 ares 57 centiares.

RÉSUMÉ.

Le rectangle a une superficie de	37 ares	52 cent.
Les figures partielles ont ensemble une superficie de . . .	12	57
RESTE	24 ares	95 cent.

soit 24 ares 95 centiares pour la surface du bois, figure 53.

RÈGLE GÉNÉRALE. *Pour arpenter une surface au milieu de laquelle il est impossible de tracer les lignes nécessaires, on enveloppe ladite surface d'un carré, d'un rectangle ou d'un trapèze rectangle. On calcule la surface du carré, du rectangle ou du trapèze rectangle et on retranche du résultat le total des surfaces partielles comprises entre les côtés de la figure extérieure et les côtés du terrain à mesurer, et la différence donne le résultat cherché.*

Cette règle ne souffre pas d'exception, s'il s'agit de l'emploi de la chaîne et de l'équerre d'arpenteur, seuls instruments dont l'usage est admis dans cet ouvrage.

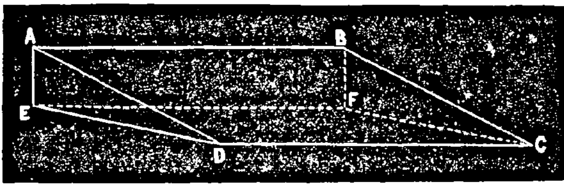
Arpentage de terrains inclinés par rapport à la ligne horizontale, c'est-à-dire à une ligne qui suit le niveau de l'eau.

Un terrain incliné ne produit pas plus qu'un plan parfaitement horizontal placé en dessous du terrain incliné.

Le plan horizontal se nomme *base productive* ou *pro-*

jection horizontale du terrain incliné. La figure 54 en donne un exemple en perspective.

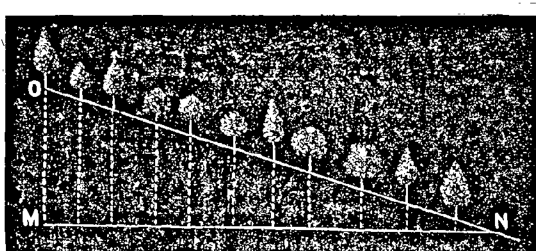
FIGURE 54.



Le plan ABCD a une certaine inclinaison et il ne produira pas plus que le plan horizontal EFCD qu'on nomme *base productive* ou *projection horizontale* du plan ABCD.

Voici un autre exemple qui sera peut-être plus frappant (fig. 55).

FIGURE 55.

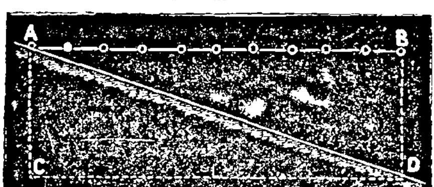


La ligne ON est inclinée et elle ne produira pas plus que sa *projection horizontale* MN. Cela se comprend, puisque les arbres et les végétaux croissent toujours verticalement.

Les terrains horizontaux sont heureusement assez rares; car, à moins qu'ils ne soient drainés naturellement par un sous-sol graveleux perméable, ou artificiellement par des tuyaux de drainage, ils ne permettent pas l'écoulement des eaux et sont à peu près improductifs. Presque toujours, dans les campagnes, les terres ont une certaine inclinaison.

Lorsque cette inclinaison est peu importante, pour arpenter un terrain, on peut, sans erreur sensible, en suivre la pente dans les diverses mesures nécessaires; mais, quand le terrain est situé sur le flanc d'une montagne, par exemple, il importe de déterminer la *projection horizontale* ou la *base productive* de la surface à mesurer. Cette opération se fait en chaînant, ainsi que l'indique la figure 56, et cela sur toutes les lignes dont on a besoin pour déterminer la surface.

FIGURE 56.



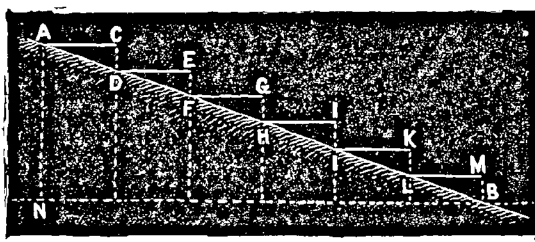
La ligne AD a l'inclinaison donnée par la figure 56, et *sa projection horizontale* est la ligne DC, déterminée par le point D et par le pied de la verticale tombant du point A et aboutissant au point C. L'opérateur tient *horizon-*

talement la chaîne AB, et à l'extrémité B de ladite chaîne, il laisse tomber un objet lourd, une pierre, par exemple, qui arrive au point D. A ce point, il place une fiche et il continue ainsi, en partant du point D, en tenant toujours la chaîne bien horizontalement.

Problème N° 55.

Soit proposé de trouver la surface productive ou la projection horizontale d'un terrain ayant l'inclinaison de la ligne AC, *fig.* 57.

FIGURE 57.



On indiquera seulement le moyen de trouver la projection horizontale de la ligne inclinée AB, le même moyen devant être employé pour toutes les autres lignes.

A partir du point A, la chaîne est tenue horizontalement suivant AC; puis, déterminez le point D en laissant tomber une pierre ou la fiche elle-même. Partez de nouveau du point D et placez la chaîne toujours horizontalement suivant DE; mettez une fiche au point F. Continuez à partir du point F et ainsi de suite jusqu'au point B. La réunion de toutes les lignes AC, DE, FG, HI, JK et LM, qui ne sera autre que la ligne horizontale NB, constituera la projection horizontale de la ligne inclinée AB.

Ce qui vient d'être exposé suffit pour faire comprendre la manière d'opérer, lorsqu'il s'agit d'arpenter une propriété ayant une inclinaison d'une certaine importance.

CHAPITRE III.

DU LEVE DES PLANS.

Lever un plan, c'est rapporter sur le papier une figure exactement semblable à celle qu'on a arpentée, c'est-à-dire avec des lignes proportionnelles et des angles parfaitement égaux.

Le plan rapporté sur le papier d'un terrain quelconque doit donc être l'image fidèle dudit terrain.

On comprend qu'il est impraticable de faire l'image d'un terrain, sur le papier, dans ses dimensions naturelles. Il faut donc une réduction en rapport avec le papier qu'on veut employer.

En représentant 1 mètre linéaire par 1 décimètre, si l'une des lignes avait 10 mètres seulement, cette ligne serait indiquée par 10 décimètres ou 1 mètre, dimension trop longue. En prenant 1 centimètre, la ligne de 10 mètres serait désignée par 10 centimètres; elle le serait par 10 millimètres en prenant le millimètre pour point de départ.

Pour rapporter un plan, on construit des *échelles de proportion* donnant l'unité avec ses divisions jusqu'au dixième et par un, deux, trois, etc., jusqu'à dix dixièmes, lesquelles échelles comprennent un, deux, trois..... dix, vingt et cinquante unités. On ne fait qu'indiquer ces échelles, sans parler de leur construction.

Au point de vue pratique, un double décimètre en buis, divisé en décimètres, centimètres, millimètres et demi-millimètres, sera largement suffisant. Il convient même d'ajouter que, dans le service des ponts et chaussées et dans l'administration des chemins de fer, on ne se sert généralement *comme échelles* que du double décimètre divisé comme on vient de l'indiquer.

C'est donc à l'opérateur à voir si, pour représenter le mètre, il doit employer :

soit le décimètre,
soit le centimètre,
soit le millimètre,
soit le demi-millimètre,
ou même des mesures intermédiaires.

La manière de rapporter toutes les surfaces dont on vient, précédemment, de faire l'arpentage suffira largement pour initier le lecteur à tous les détails du levé des plans à l'aide de la chaîne et de l'équerre d'arpenteur.

Problème N° 56.

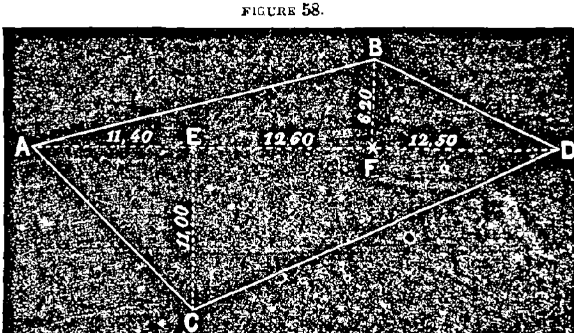
Soit proposé de rapporter le plan de la figure 45 (*page* 86).

Tout d'abord, il convient de remarquer que les cotes données sont suffisantes pour l'arpentage du quadrilatère, puisque ce quadrilatère a été décomposé en deux triangles et que pour chaque triangle on a la longueur de la base et la longueur de la hauteur. Mais, pour en rapporter le plan, il faut nécessairement d'autres données, car rien absolument n'indique les points où doivent tomber les perpendiculaires EC et FB. Il faut de toute nécessité les longueurs partielles des lignes AE, EF et FD.

Supposez la ligne	AE	= 11,40
Id	EF	= 12,60
Id	FD	= 12,50

Prenez l'échelle de 2 millimètres par mètre, par exemple. Le mètre sera donc représenté par 2 millimètres, le demi-mètre (*cinquante centimètres*), par 1 millimètre, le quart du mètre (*vingt-cinq centimètres*), par le demi-millimètre, et le décimètre, par deux dixièmes de millimètre. Les divisions du mètre devront donc être appréciées par le dessinateur sur le décimètre servant d'échelle et il sera facile d'y arriver très approximativement.

FIGURE 58.



La figure 58 n'est autre que la figure 45 rapportée.

Tracez d'abord la ligne d'opération AD. A partir du point A, prenez 22 millimètres 8 dixièmes de millimètre pour représenter 11^m40 ($11{,}40 \times 2$) et vous aurez le point E. A ce point, élevez la perpendiculaire EC, égale à 22 millimètres ($11{,}00 \times 2$) ; puis, à partir du point E, prenez EF égale à 25 millimètres 2 dixièmes de millimètre ($12{,}60 \times 2$). Au point F, élevez la perpendiculaire FB égale à 12 millimètres 4 dixièmes de millimètre ($6{,}20 \times 2$), puis prenez FD égale à 25 millimètres ($12{,}50 \times 2$). Joignez par des lignes droites les points A, B, D et C et vous aurez le quadrilatère ABDC qui sera l'image *très fidèle* de la figure 45.

Problème N° 57.

Soit proposé de rapporter le plan de la figure 46.

Le croquis de l'arpentage de cette figure donne tous les éléments nécessaires pour en rapporter le plan. La ligne d'opération AE a 39^m90 de longueur. Faut-il employer l'échelle de 1, 2 ou 5 millimètres par mètre?

Par l'échelle de 1 millimètre, la plus grande longueur de la figure serait 4 centimètres.

Par l'échelle de 2 millimètres, cette longueur serait de 8 centimètres, et par l'échelle de 5 millimètres, elle serait de 20 centimètres environ.

Prenez l'échelle de 2 millimètres par mètre. Tracez d'abord la ligne d'opération AE, puis déterminez à l'échelle admise les points I, J, K, L, M, N. A chaque point, élevez les perpendiculaires toujours à l'échelle ; joignez-en les extrémités et vous aurez une figure semblable à celle que vous avez arpentée.

Problème N° 58.

Soit proposé de rapporter le plan de la figure 48.

Comme précédemment, vous pouvez adopter l'échelle de deux millimètres par mètre.

Tracez d'abord la ligne d'opération AH sur laquelle vous déterminerez, toujours à l'échelle, les points I, J, K, L, M, N, H. A chacun de ces points, élevez les perpendiculaires indiquées d'après les cotes du croquis; joignez les extrémités des perpendiculaires par des lignes droites, et vous aurez le plan du terrain.

Problème N° 59.

Soit proposé de rapporter le plan de la figure 49.

La ligne d'opération est, dans ce cas, en dehors de la figure. Admettez encore l'échelle de 2 millimètres par mètre, qui est convenable. Tracez la ligne d'opération OI et déterminez les points O, F, G, H, I, auxquels vous éléverez les perpendiculaires OE, FA, GD, HB et IC sur la ligne OI. Joignez, par des lignes droites, les points A, B, C, D, E, et vous aurez une figure exactement semblable à celle que vous aurez arpentée.

Problème N° 60.

Soit proposé de rapporter le plan de la figure 50.

Pour l'arpentage, les longueurs partielles de la ligne d'opération KO et les cotes AK, PJ, BL, CM, DN, QF et EO étaient suffisantes; mais ces données ne nous per-

10.

mettaient pas de déterminer la position des points A, P, B, C, D, Q et E par rapport à la ligne d'opération KO. Il fallait, en outre, les cotes LI, MH et NG pour y parvenir. A l'aide de tous ces éléments, pour rapporter le plan de la figure 50, admettez l'échelle de 2 millimètres par mètre. Tracez d'abord la ligne d'opération KO avec tous ses points intermédiaires J, I, H, G, F. A chaque point, élevez une perpendiculaire sur KO. Joignez les divers points entre eux par des lignes droites et vous aurez le plan de la figure.

Problème N° 61.

Soit proposé de rapporter le plan de la figure 51.

Cette figure a été arpentée à l'aide des trois lignes d'opération AC, AF et CF. Pour en avoir le plan, il faut déjà rapporter le triangle formé par les trois lignes d'opération. Employez encore l'échelle de 2 millimètres par mètre. Tout d'abord, tracez la ligne AC, et, par le point J, distant de 9^m60 du point A, élevez JF perpendiculaire sur AC à l'échelle convenue. Joignez le point F aux points A et C. Puis, sur chacun des côtés AC, AF, CF du triangle ainsi formé, élevez, à leur place, les diverses perpendiculaires cotées au croquis, et, en joignant les extrémités de ces perpendiculaires, vous aurez le plan fidèle de la figure donnée.

Problème N° 62.

Soit proposé de rapporter le plan de la figure 52.

Opérez comme précédemment à l'échelle que vous admettrez et rapportez le polygone intérieur ABCDEF à l'aide de la ligne d'opération principale AD. Puis, sur chaque côté du polygone, élevez les perpendiculaires secondaires cotées, et, en joignant les extrémités de ces perpendiculaires, vous aurez le plan de la figure 52.

Problème N° 63.

Soit proposé de rapporter le plan de la figure 53.

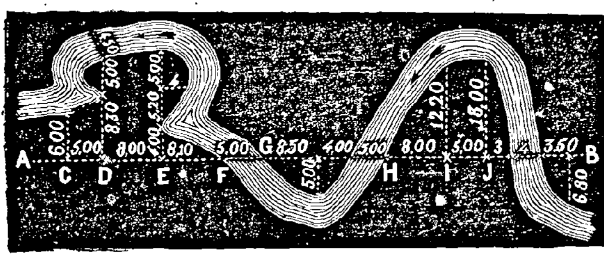
Dans ce cas, il convient d'admettre l'échelle de 1 millimètre par mètre. Tracez d'abord, à l'échelle, le rectangle MNLK qui enveloppe la figure. Sur chaque côté du rectangle, déterminez bien à l'échelle les points **S, O, E, F, G, H, Q, A, P** et **J** et élevez les perpendiculaires nécessaires d'après les cotes du croquis. Joignez entre eux les divers points obtenus, et vous aurez le plan exact de la surface arpentée.

Problème N° 64.

Soit proposé de lever le plan d'une rivière très sinueuse, fig. 59.

Il s'agit de déterminer sur un plan la forme exacte de la rivière (fig. 59). Pour cela, tracez une ligne d'opération AB et élevez à toutes les sinuosités de la rivière les perpendiculaires nécessaires. Mesurez la distance des pieds des perpendiculaires et la longueur des perpendiculaires elles-mêmes, ainsi que les largeurs correspondantes de la rivière. Remarquez que les perpendiculaires élevées aux points D et E sont elles-mêmes des lignes d'opération secondaires, puisque de nouvelles perpendiculaires sont abaissées sur ces lignes.

FIGURE 59.



Rapportez à l'échelle de 1 millimètre par mètre la ligne d'opération AB et les perpendiculaires dont vous joindrez les extrémités par des lignes droites, et vous aurez le plan exact du cours d'eau.

A l'aide d'une ligne d'opération, et par le même procédé, vous obtiendrez le plan de toutes les courbes possibles.

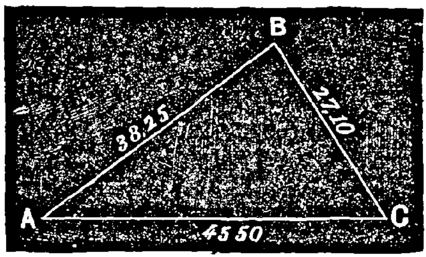
Levé des plans à l'aide de la chaîne d'arpenteur seulement.

Dans ce qui vient d'être dit à propos de l'arpentage et du levé des plans, on a supposé que l'opérateur se servait simultanément de l'équerre et de la chaîne d'arpenteur; mais il est possible de lever un plan à l'aide de la chaîne seulement. Voici des exemples :

Problème N° 65.

Soit proposé de lever le plan du triangle ABC *au moyen de la chaîne d'arpenteur seulement* (*fig.* 60).

FIGURE 60.



Mesurez chacun des côtés du triangle et vous trouvez, par exemple :

$$AC = 45{,}50$$
$$AB = 38{,}25$$
$$BC = 27{,}10$$

Employez l'échelle de 1 millimètre par mètre et tracez la ligne AC. Du point A comme centre, avec un rayon égal à 38 millimètres 2 dixièmes, décrivez un arc de cercle ; puis, du point C comme centre, avec un rayon égal à 27 millimètres 1 dixième, décrivez un second arc de cercle coupant le premier au point B. Joignez le point B aux points A et C et vous obtiendrez le triangle ABC, qui sera le plan exact de la figure mesurée sur le terrain.

Comme vous n'aurez pas la hauteur du triangle, les éléments nécessaires pour en calculer la surface vous manqueront. Pourtant, votre plan rapporté sur le papier, vous pourrez abaisser du point B une perpendiculaire sur AC et trouver, à l'aide de l'échelle (*double décimètre*), la longueur de la perpendiculaire. Si, par exemple, vous obtenez 22 millimètres 6 dixièmes, la hauteur sera 22^m60, et, en prenant la moitié du produit de 45,50 par 22,60, vous aurez la surface du triangle.

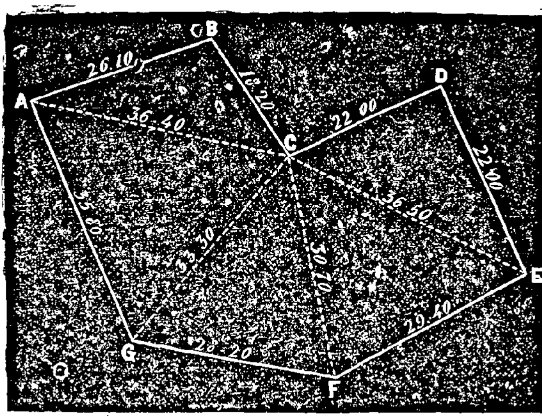
Il y a bien un moyen de calculer la surface d'un triangle à l'aide de la longueur de ses trois côtés; mais ce moyen, exigeant l'emploi de la racine carrée, n'est pas à la portée des personnes auxquelles cet ouvrage s'adresse, puisque ledit ouvrage ne suppose que la connaissance des quatre premières règles du calcul. Il n'en sera donc pas parlé. Du reste, ce moyen est très rarement employé, pour ne pas dire jamais, car il suppose toujours qu'il est possible de *chaîner* les trois côtés du triangle, et il est difficile d'admettre que lorsque l'on peut parcourir les trois côtés d'un triangle il ne soit pas possible d'abaisser, soit intérieurement, soit extérieurement, une perpendiculaire sur l'un de ses côtés pour avoir la hauteur.

Problème N° 66.

Soit proposé de lever le plan du polygone ABCDEFG *à l'aide de la chaîne seulement* (*fig.* 61).

Du point C, tracez les diagonales CE, CF, CG et CA. Mesurez tous les côtés du polygone ainsi que toutes les diagonales et vous aurez les éléments nécessaires pour faire le plan demandé. Admettez l'échelle de 1 millimètre par mètre. Rapportez d'abord le triangle ABC d'après la méthode donnée à propos du problème n° 56; puis, par le

FIGURE 61.



même procédé, rapportez successivement les triangles ABC, ACG, CGF, CFE et CED, et vous aurez le plan parfait du polygone proposé. Le plan rapporté à l'échelle sur le papier, voulez-vous en trouver la surface ? Vous n'avez pas d'autre moyen que de mesurer les cotes qui vous manquent à l'échelle. Dans ce cas, prenez l'échelle la plus grande possible, selon la dimension du papier dont vous pouvez disposer, l'échelle de 5 millimètres, par exemple, car plus l'échelle sera grande plus vous aurez de précision dans les cotes que vous cherchez. Faites donc, sur le papier, dans le cabinet, à l'aide du double décimètre divisé et de l'équerre en bois, les mêmes opérations que vous feriez sur le terrain à l'aide de la chaîne et de l'équerre d'arpenteur, c'est-à-dire tracez une ligne d'opération, la ligne AE, par exemple. Élevez sur cette ligne d'opération des perpendiculaires aboutissant aux sommets des angles B, C, D en dessus, et au sommet des angles G et F en dessous. Mesurez à l'échelle la longueur des perpendiculaires et leurs distances sur la ligne d'opération ; vous calculerez ensuite la surface de la figure totale, qui sera ainsi décomposée en triangles et en trapèzes rectangles.

On voit donc qu'à l'aide de la chaîne d'arpenteur seulement, il est très facile de lever des plans et d'en calculer la surface. Il suffit pour cela de décomposer en triangles le terrain sur lequel on opère et de s'arranger de manière que les angles des triangles soient le moins aigus possibles. Plus on obtiendra de triangles dont les angles seront à peu près égaux, plus le résultat sera précis.

CHAPITRE IV.

PARTAGE DES TERRAINS.

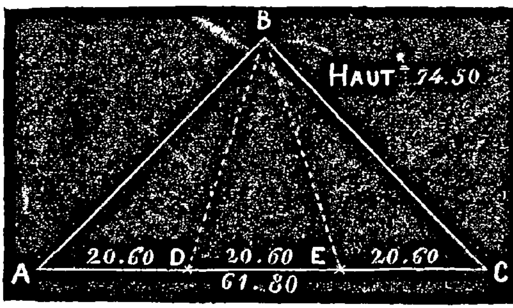
Problème N° 67.

Trois personnes ont acheté ensemble un champ ayant la forme du triangle ABC (*fig.* 62), *et elles veulent le partager de manière que chaque partie arrive au point* B. *Quelle est la part de chacune?*

Chaque partie doit arriver au point B et aboutir sur la ligne AC.

Supposez que la ligne AC ait une longueur de 61,80, et divisez cette longueur par 3, vous aurez 20,60. Partagez la ligne AC en trois parties égales par les points D et E,

FIGURE 62.



et joignez chacun de ces deux points au point A. Les triangles ADB, DBE et EBC seront les parties demandées. On comprend que ces trois triangles soient égaux, car en supposant 74,50 pour la hauteur, on aura :

$$\text{Surface du triangle ABD} = \frac{20{,}60 \times 37{,}25}{2} = 767{,}35$$

$$\text{Id.} \quad \text{id.} \quad \text{DCF} = \frac{20{,}60 \times 37{,}25}{2} = 767{,}35$$

$$\text{Id.} \quad \text{id.} \quad \text{EBC} = \frac{20{,}60 \times 37{,}25}{2} = 767{,}35$$

TOTAL. 2302,05

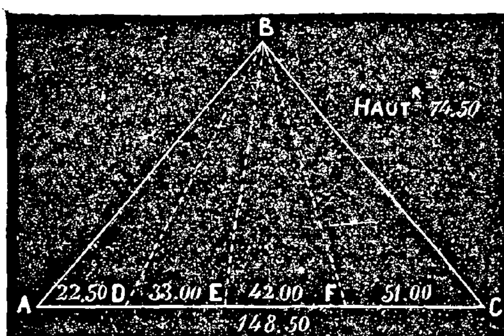
Problème N° 68.

Quatre personnes ont acheté ensemble une vigne ayant la forme du triangle ABC, *fig.* 63, *moyennant la somme totale de* 990 *francs, frais compris.*

La première donne 150 *francs.*
La seconde donne 220 *francs.*
La troisième donne 280 *francs.*
La quatrième donne 340 *francs.*

Chaque partie doit arriver au sommet de l'angle B. — *Tracer la surface à donner à chaque acheteur.*

FIGURE 63.



Chaque parcelle doit partir du point B et arriver sur la ligne AC. Supposez la base, qui a 148^m50 de longueur, divisée en 990 parties égales, chiffre de l'acquisition, chaque partie sera de

$$\begin{array}{r|l} 148{,}50 & 990 \\ \cline{2-2} 49\ 5 & 0{,}15 \\ 0\ 0 & \end{array}$$

soit 0^m15. Vous formeriez donc, en joignant chacun des 990 points au point A, 990 triangles égaux ayant chacun la même base 0^m15, et la même hauteur, qui est la perpendiculaire abaissée du point B sur AC, et chaque petit triangle présentera une surface qui vaudra 1 franc.

Or, le premier acheteur, ayant donné 150 francs, aura droit à un triangle dont la base sera 150 fois 0^m15,

soit.				22,50
Le second acheteur aura droit à			220 × 0,15 =	33,00
Le troisième	id.	id.	280 × 0,15 =	42,00
Le quatrième	id.	id.	340 × 0,15 =	51,00
			TOTAL	148,50

Prenez sur les bases AC les longueurs :

$$\left.\begin{array}{l} AD = 22{,}50 \\ DE = 33{,}00 \\ EF = 42{,}00 \\ FG = 51{,}00 \end{array}\right\} 148{,}50$$

Joignez chacun des points D, E, F au point B, et vous aurez quatre triangles dont les surfaces seront dans la même proportion que les prix d'acquisition : 150, 220, 280 et 340. Supposez la hauteur du triangle ABC égale à 74,50, vous aurez :

1° Surface du triangle ABD $= \dfrac{22,50 \times 74,50}{2} =$ 8 ares 38 centiares.

2° Id. id. DBE $= \dfrac{33,00 \times 74,50}{2} =$ 12 » 29 »

3° Id. id. EBF $= \dfrac{42,00 \times 74,50}{2} =$ 15 » 64 »

4° Id. id. FBC $= \dfrac{51,00 \times 74,50}{2} =$ 19 » 00 »

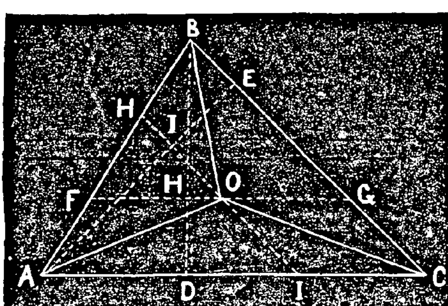
55 ares 31 centiares.

La surface du triangle total est de $\dfrac{148,50 \times 74,50}{2} = 55,31.$

Problème N° 69.

Soit proposé de trouver dans l'intérieur d'un triangle un point tel qu'en joignant ce point à chacun des sommets des trois angles du triangle par des lignes droites on obtienne trois triangles ayant même surface.

FIGURE 64.



Abaissez la perpendiculaire BD sur AC, et, par le point H, tiers de la hauteur BD, menez FG, parallèle à la base AC. Abaissez ensuite la perpendiculaire AE sur BC, et, par le point I, tiers de la hauteur AE, menez HI, parallèle à BC.

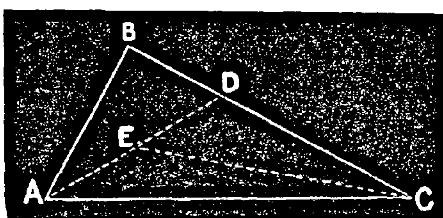
Le point O, où les deux parallèles se rencontrent, est le point cherché.

Joignez le point O aux points A, B, C, et les trois triangles AOB, BOC et AOC auront exactement la même surface.

Problème N° 70.

Soit proposé de diviser en trois parties égales un terrain ayant la forme du rectangle ABC, *par deux lignes partant des angles* A *et* C.

FIGURE 65.



Prenez le point D, de manière que BD soit le tiers de BC. Joignez le point D au point A. Déterminez ensuite le point E, milieu de AD, et joignez ce point au sommet de l'angle C, et les trois triangles BDA, DEC et AEC auront exactement la même surface.

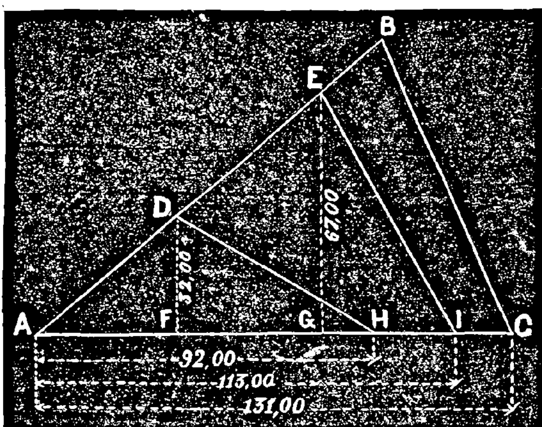
Problème N° 71.

Un terrain a la forme du triangle ABC (*fig.* 66). *Sa surface est de* 56 *ares* 92 *centiares, et il s'agit de la partager en trois parties, de la manière suivante :*

La 1re *partie aura* 14 *ares* 72 *centiares, et pour côté la ligne* AD.
La 2e *partie aura* 23 *ares* 13 *centiares, et pour côté la ligne* DE.
La 3e *partie aura* 19 *ares* 7 *centiares, et pour côté la ligne* EB.

Les lignes de division devront aboutir sur le côté AC.

FIGURE 66.



Des points D et E, abaissez sur le terrain les perpendiculaires DF et EG ; puis, mesurez ces deux perpendiculaires :

$$DF = 32{,}00$$
et $$EG = 67{,}00$$

La première partie, qui a une surface de 14 ares 72 centiares, est un triangle ayant 32^m00 de hauteur. Divisez 14,72 par 32,00 et vous aurez 46^m00, ce qui donnera la moitié de la base. Multipliez 46,00 par 2 et vous obtiendrez 92^m00, qui sera la base. Sur le terrain, mesurez 92 mètres et vous déterminerez le point H. Joignez le point H au point D, et le triangle ADH sera la première partie demandée. En effet, ce triangle a pour surface :

$$\frac{92{,}00 \times 32{,}00}{2} = 14 \text{ ares } 72 \text{ centiares.}$$

Maintenant, ajoutez 14 ares 72 centiares, valeur de la première partie, à 23 ares 13 centiares, valeur de la seconde partie, et vous obtiendrez un total de 37 ares 85 centiares. Divisez 37,85 par 67,00, hauteur de la perpendiculaire EG, et vous aurez 56,50 pour la moitié de la base, ou 113,00 pour la base entière. Mesurez 113 mètres sur la ligne AC, en partant du point A, et vous aurez le point I. Joignez le point I au point E et le triangle AEI aura une surface de

$$\frac{113{,}00 \times 67{,}00}{2} = 37 \text{ ares } 85 \text{ centiares.}$$

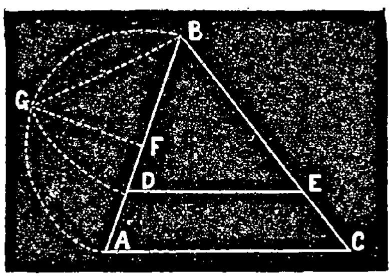
En retranchant de 37 ares 85 centiares la valeur de la première partie, qui est de 14,72, il restera 23 ares 13 centiares pour la seconde partie, qui sera représentée par la figure DHIE. — En retranchant ensuite 37,85 de 56,92, surface totale du triangle, il restera bien 19 ares 7 centiares, valeur de la troisième partie représentée par la figure EBCI.

Les lignes DH et EI, partant des points D et E et aboutissant à la ligne AC, résolvent donc le problème donné.

Problème N° 72.

Soit proposé de partager un triangle en deux parties ayant même surface, par une ligne parallèle à la base AC.

FIGURE 67.

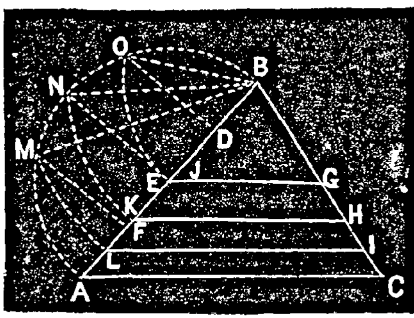


Levez le plan, sur le terrain, du triangle ABC et rapportez-le sur le papier, avec une échelle convenable, le plus exactement possible. Puis sur AB, par exemple, comme diamètre, décrivez la demi-circonférence AGB. Au point F, milieu de AB, élevez la perpendiculaire FG et du point B, comme centre, avec un rayon égal à BG, décrivez un arc de cercle coupant la ligne AB au point D. Par le point D, menez la ligne DE parallèle à AC et la ligne DE partagera le triangle ABC en deux parties ayant même surface.

Problème N° 73.

Soit proposé de partager le triangle ABC, *en quatre parties, ayant même surface, par des lignes parallèles à la base.*

FIGURE 68.



Levez le plan du triangle ABC et rapportez ce plan à une échelle convenable, le plus exactement possible. Puis, sur AB, par exemple, comme diamètre, décrivez une demi-circonférence.

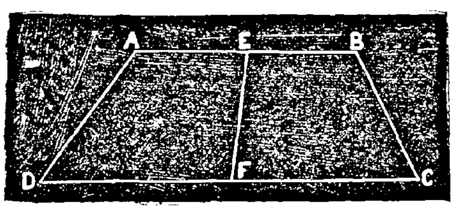
Divisez le côté AB en quatre parties égales par les points F, E, D. A chacun de ces points, élevez les perpendiculaires DO, EN et FM. Joignez les points O, N, M au point B. Par le point B, comme centre, et avec des rayons égaux à BO, BN et BM, décrivez les arcs de cercle OJ, NK et ML. Par les points J, K, L, menez les lignes JG, KH et LI parallèles à AC et les quatre figures JBG, EGHK, KHIL, LICA auront toutes la même surface.

Nous ne dirons rien des procédés relatifs à la division du carré, du rectangle et du parallélogramme, car ces divisions étant excessivement simples, il suffira de partager convenablement, soit les bases, soit les hauteurs et de mener des parallèles.

Problème N° 74.

Soit proposé de partager le trapèze ABCD *en deux parties ayant des surfaces égales.*

FIGURE 69.



Prenez le point E, milieu de AB, et le point F, milieu de DC. Joignez, par une ligne droite, le point E au point F, et les deux trapèzes AEFD et EFCB seront égaux. Cela se comprend, puisqu'ils ont des bases égales et même hauteur.

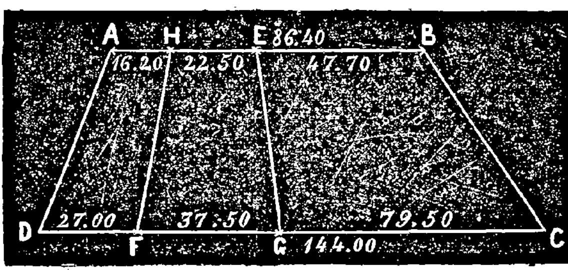
Problème N° 75.

Trois personnes ont acheté ensemble un terrain ayant la forme du trapèze ABCD (*fig.* 70), *moyennant la somme de* 960 *fr.*

La première doit payer 180 *fr.*
La deuxième doit payer 230 *fr.*
La troisième doit payer 550 *fr.*

Trouver la surface à donner à chaque acheteur.

FIGURE 70.



La base supérieure AB a une longueur de 86,40 et la base inférieure DC, une longueur de $144^{m}00$. La hauteur est $31^{m}00$.

Divisez 86,40, longueur de la base supérieure, par 960, total du prix d'acquisition, et vous aurez 0,09 pour quotient.

Multipliez	180 par 0,09	et vous aurez		16^m20
Id.	250 par 0,09	id.		22 50
Id.	530 par 0,09	id.		47 70
		TOTAL.		86^m40

Prenez AH = 16,20 sur AB;
Id. HE = 22,50 sur AB;
Id. EB = 47,70 sur AB.

Divisez maintenant 144,00, longueur de la base inférieure, également par 960, et vous aurez 0,15 pour quotient.

Multipliez	180 par 0,15	et vous aurez		27^m00
Id.	250 par 0,15	id.		37 50
Id.	530 par 0,15	id.		79 50
		TOTAL		144^m00

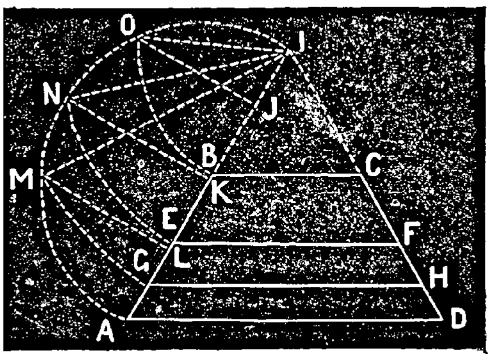
Prenez DF = 27,00 sur DC;
Id. FG = 37,50 sur DC;
Id. GC = 79,50 sur DC.

Joignez, par des lignes droites, les points H et F, E et G, et vous aurez les trapèzes AHFD, HEGF, EBCG qui seront rigoureusement en rapport avec les prix d'acquisition 180, 250 et 530.

Problème N° 76.

Soit proposé de partager le trapèze ABCD (fig. 71) en trois parties égales, par des lignes parallèles aux deux bases.

FIGURE 71



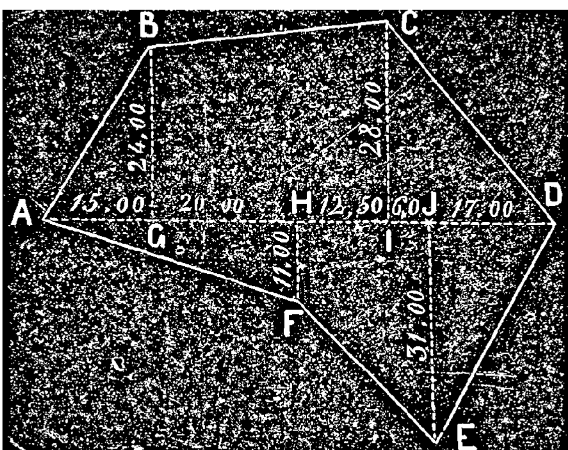
Rapportez le plan très-exactement et à l'aide de la plus grande échelle possible. Prolongez les côtés AB et DC jusqu'à ce qu'ils se rencontrent au point I, et vous aurez le triangle AID.

Sur IA, comme diamètre, décrivez une demi-circonférence; puis, du point I comme centre, décrivez l'arc de cercle OB. Du point O, abaissez OJ, perpendiculaire sur IA. Partagez la ligne JA en trois parties égales par les points K et L, à chacun desquels vous éléverez LM et KN perpendiculaires sur IA. Du point I, comme centre, avec des rayons égaux à IN et IM, décrivez les arcs de cercle NE et MG. Par les points E et G, menez à la base AD les parallèles EF et GH et vous aurez les trois trapèzes BCFE, EFHG et GHDA qui auront exactement la même surface.

Problème N° 77.

Soit proposé de partager le polygone ABCDEF *en quatre lots, de manière que ces quatre lots soient entre eux dans le même rapport que les nombres* 2, 5, 7 *et* 9, *et que, de plus, ils aboutissent tous au point* O, *à l'intérieur (fig.* 72).

FIGURE 72.



Calculez d'abord la surface du polygone, comme au problème n° 48, et vous aurez :

1° Triangle ABG	$= \dfrac{15,00 \times 24,00}{2}$	.....	=	180,00
2° Trapèze BCIG	$= \dfrac{24,00 \times 28,00}{2}$	$\times$ 32,50	=	845,00
3° Triangle ICD	$= \dfrac{23,00 \times 28,00}{2}$	.....	=	322,00
4° Triangle AHF	$= \dfrac{35,00 \times 11,00}{2}$	.....	=	192,50
5° Trapèze HJEF	$= \dfrac{11,00 + 31,00}{2}$	$\times$ 18,50	=	388,50
6° Triangle EJD	$= \dfrac{17,00 \times 31,00}{2}$	.....	=	263,50
		TOTAL.....	=	2191,50

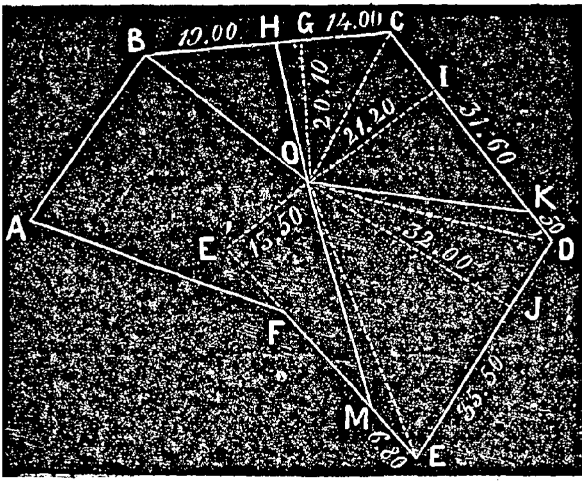
Soit 21 ares 91 centiares.

Les surfaces des quatre portions à obtenir devant être entre elles comme les nombres 2, 5, 7 et 9, faites la somme de ces quatre chiffres et vous aurez 23. Supposez maintenant le polygone proposé divisé en 23 parties égales aboutissant toutes au point O (fig. 73) ; donnez 2 parties au premier lot, 5 au second, 7 au troisième, et 9 au quatrième, et vous aurez résolu le problème.

Divisez 21 ares 91 centiares par 23 et vous aurez 0 are 95 centiares 26 centièmes par partie ; ce qui fera :

1er lot	= 0,95 26 $\times$ 2 =	1 are	91 centiares.
2e lot	= 0,95 26 $\times$ 5 =	4 ares	76 »
3e lot	= 0,95 26 $\times$ 7 =	6 »	67 »
4e lot	= 0,95 26 $\times$ 9 =	8 »	57 »
	TOTAL.	21 ares	91 centiares.

FIGURE 73.



Joignez le point O au point B (fig. 73) et abaissez la perpendiculaire OG du point O sur BC. Mesurez la ligne OG qui a 20m10. Divisez 1 are 91 centiares, ou 191 mètres carrés (*surface du 1er lot*) par 10,05 (*moitié de la hauteur* OG) et vous aurez 19,00 pour la base d'un triangle qui donnera précisément 1 are 91 centiares, surface du premier lot, puisque

$$\frac{20,10 \times 19,00}{2} = 1 \text{ are } 91 \text{ centiares.}$$

Prenez 19,00 sur le côté BC et vous arriverez au point H, que vous joindrez au point O par une ligne droite, et le triangle BOH sera le premier lot demandé. Il s'agit maintenant de déterminer le second lot.

Mesurez d'abord la ligne HC qui a 14,00 ; puis calculez la surface du triangle HOC, et vous aurez :

$$\frac{14^{m}00 \times 20,10}{2} = 141 \text{ mètres carrés, ou 1 are 41 cent.}$$

Or, le second lot devant contenir 4 ares 76 centiares, le triangle HOC ne sera pas suffisant pour le constituer et il lui manquera :

$$4,76 - 1,41 = 3 \text{ ares } 35 \text{ centiares.}$$

Il s'agit donc de déterminer une nouvelle surface de 3 ares 35 centiares à ajouter à la première.

Pour cela, du point O abaissez la perpendiculaire OI sur CD et mesurez cette perpendiculaire qui a une longueur de 21,20. Divisez 3 ares 35 centiares ou 335 mètres carrés par $10^{m}60$, moitié de 21,20 et vous aurez pour quotient $31^{m}60$. Prenez sur la ligne CD une longueur CK égale à $31^{m}60$ et vous arriverez au point K ; joignez le point O au point K et vous aurez :

$$\frac{31,60 \times 21,20}{2} = 3 \text{ ares } 35 \text{ cent. (surface du triangle COK).}$$

Le 2e lot sera donc composé du quadrilatère HOKC ayant bien la surface de 4 ares 76 centiares, puisque :

1° Le triangle COH =	1 are 41 centiares ;
2° Le triangle COK =	3 ares 35
TOTAL.	4 ares 76 centiares.

Il s'agit maintenant de déterminer le 3ᵉ lot, dont la surface doit être de 6 ares 67 centiares.

Calculez d'abord la surface du triangle OKD, dont la base KD a 5^m00 et la hauteur OI 21,20, et vous aurez :

$$\frac{5{,}00 \times 21{,}20}{2} = 53 \text{ mètres ou } 53 \text{ centiares.}$$

Du point O abaissez OJ, perpendiculaire sur ED, et mesurez cette ligne dont la longueur est 32^m00 ; mesurez également la ligne ED qui a 35,50.

La surface du triangle ODE sera donc de :

$\frac{32{,}00 \times 35{,}50}{2}$ = 568 mètres carrés ou	5 ares	68	cent.
Ajoutez la surface du triangle précédent KOD = ...	0 »	53	»
TOTAL.	6 ares	21	cent.

Le 3ᵉ lot devant avoir 6 ares 67 centiares, ces deux triangles ne suffiront pas pour le constituer, et il manquera 6,67 — 6,21 = 0,46 centiares qu'il faut prendre à côté.

Pour cela, du point O abaissez OE′, perpendiculaire sur le prolongement de la ligne FE, et mesurez cette perpendiculaire qui a une longueur de 13,50.

Divisez 46 centiares par 6^m75, moitié de 13,50, longueur de NO, et vous aurez 6^m80 pour quotient. Prenez sur EF une longueur EM, égale à 6^m80. Joignez le point M au point O et le triangle OEM aura pour surface :

$$\frac{6,80 \times 13,50}{2} = 46 \text{ centiares.}$$

Le polygone EMOKD constitue exactement le 3e lot. En effet, il comprend les trois triangles suivants :

1° Triangle OKD	=	0 are 53 centiares.	
2° Triangle ODE	=	5 ares 68	»
3° Triangle OEM	=	0 are 46	»
Résultat cherché ou total. .		6 ares 67 centiares.	

Comme le polygone donné a été arpenté avec soin (fig. 72) et trouvé de 21 ares 91 centiares, en retranchant de cette surface le total des trois premiers lots, il restera bien 8 ares 57 centiares pour le 4e lot, et le terrain sera ainsi décomposé :

1° 1er lot, triangle	BOIH	=	1 are	91	centiares.
2° 2e lot, quadrilatère	HOKC	=	4 ares	76	»
3° 3e lot, polygone	OMEDK	=	6 »	67	»
4° 4e lot, polygone	BOMFA	=	8 »	57	»
Total pareil.			21 ares	91	centiares.

On comprend facilement que le procédé de partage serait le même si les quatre lots avaient la même contenance.

S'il s'agissait de diviser une propriété coûtant en bloc, frais compris, 2,500 francs, par exemple, en quatre lots, de façon que :

Le 1[er] lot coûtât	....	450	francs.
Le 2[e] id.	.....	575	»
Le 3[e] id.	.....	585	»
Le 4[e] id.	.....	890	»
TOTAL	....	2,500	francs,

il faudrait opérer comme au problème 48, c'est-à-dire arpenter d'abord le terrain, qu'on diviserait ensuite en quatre parties en rapport avec les nombres 450, 575, 585 et 890.

Les exemples qui viennent d'être donnés suffisent pour démontrer comment on opère, au point de vue exclusivement pratique, pour partager un terrain quelconque en un certain nombre de parties, dans des conditions déterminées.

Si pourtant des difficultés se présentaient par suite de la configuration du terrain ou de certaines convenances particulières, voici une règle à peu près générale à suivre :

Arpentez le terrain dont vous rapporterez le plan, sur le papier, avec le plus grand soin, à la plus grande échelle possible. Sur le plan vous ferez toutes les divisions exigées et vous n'aurez ensuite qu'à les reporter sur le terrain à l'aide de tous les points de repère que vous aurez obtenus.

TROISIÈME PARTIE.

DU NIVELLEMENT.

CHAPITRE Ier.

DEFINITION DU NIVELLEMENT.

Le nivellement est une opération qui a pour but de déterminer la position des points saillants d'une ligne ou d'une surface quelconque par rapport à un plan horizontal qu'on appelle *plan de comparaison*.

Niveler deux points, c'est chercher de quelle quantité l'un d'eux est placé au-dessus ou au-dessous de l'autre.

Il ne sera parlé dans cet ouvrage que de trois genres de niveaux, qui, par leur simplicité, sont à la portée de toutes les intelligences, savoir :

1° Le niveau de maçon ;

2° Le niveau d'eau ;

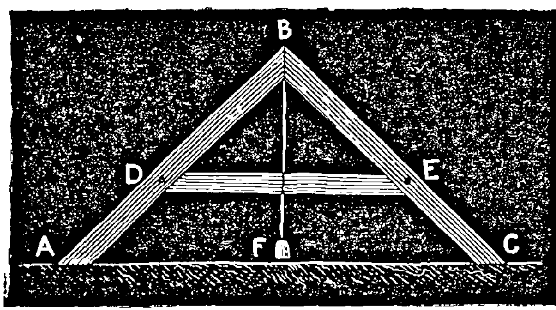
3° Le niveau Chairgrasse.

CHAPITRE II.

DU NIVEAU DE MAÇON.

Cet instrument se compose de deux règles plates en bois ou en fer d'égale longueur, et ajustées de telle façon qu'elles soient rigoureusement perpendiculaires l'une sur l'autre (fig. 74).

FIGURE 74.



La figure 74 représente un niveau de maçon. Les deux règles AB et BC sont perpendiculaires l'une sur l'autre; elles sont assemblées au point B et réunies par une traverse DE. Un fil à plomb BF indique le niveau et lorsqu'il passe sur un léger trait tracé au milieu de DE, les points A et C sont sur la même ligne horizontale de niveau.

Pour indiquer le trait, milieu de DE, désigné sous le nom de *trait d'équerre,* on place l'instrument tel que la figure l'indique et on marque la ligne où passe le fil. On retourne ensuite l'instrument bout pour bout, c'est-à-dire de manière que l'extrémité C soit au point A et réciproquement. On marque de nouveau la ligne où passe le fil, et c'est le trait qui est fait juste au milieu des deux lignes déterminées qui est le trait d'équerre.

On comprend alors que pour vérifier un niveau de maçon, il faut qu'en faisant l'opération qui vient d'être décrite, le fil à plomb tombe sur la même ligne dans les deux positions.

Au point F existe un plomb ou un tronc de cône en cuivre, suspendu à un fil, qui donnera des résultats d'autant plus exacts que ce fil sera plus fin.

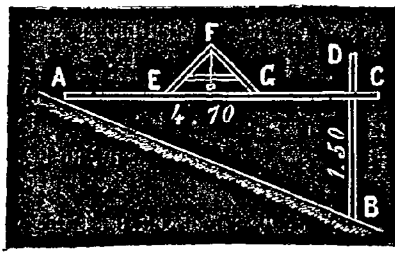
Problème N° 78.

Soit proposé de trouver la différence de niveau des points A *et* B *à l'aide du niveau de maçon.*

Faites tenir une règle DB bien verticalement au point B. Puis, placez une seconde règle bien droite et à arêtes bien parallèles au point A, règle dont vous ferez glisser l'autre extrémité le long de la règle verticale DB, jusqu'à ce que le fil à plomb du niveau EFG, posé sur la règle AC, passe par le trait d'équerre. Alors, si le niveau est bien juste, la règle AC sera placée très-horizontalement. Mesurez la hauteur de CB et vous aurez, par exemple, 1ᵐ50 qui sera la différence de niveau des points A et B, ce qui signifie que le point A est situé à 1ᵐ50 au-dessus du point B.

Mesurez horizontalement la distance du point A au point B et vous aurez 4^m70. Supposez le point A joint au point B par une ligne droite AB.

FIGURE 75.



Divisez 1^m50 par 4^m70 et vous aurez 0^m32, ce qui signifie que la ligne AB a une pente de 0^m32 par mètre, ou bien qu'à chaque mètre, pris horizontalement, elle baisse de 0^m32.

On peut donc dire que lorsqu'on connaît la différence de niveau de deux points et la distance horizontale de ces deux points, *pour avoir la pente par mètre, il faut diviser la différence de niveau par la longueur horizontale.*

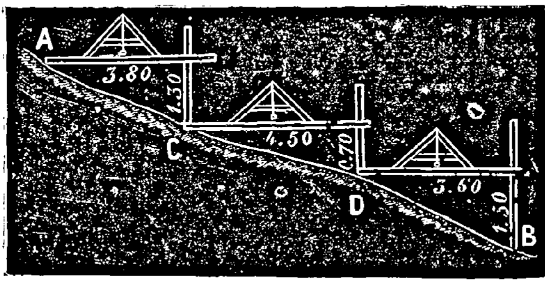
Lorsqu'on veut se servir du niveau de maçon et que les deux points sont trop éloignés pour qu'on puisse trouver une règle assez longue, on opère en faisant plusieurs stations, d'après l'exemple suivant.

Problème N° 79.

Soit proposé de trouver la différence de niveau des points A *et* B *(fig.* 76) *à l'aide du niveau de maçon.*

La figure ci-après indique suffisamment les opérations

FIGURE 76.



à faire. On voit qu'on arrivera au résultat cherché par trois stations :

1er station, différence de niveau des points		A et C =	1,30
2e station,	id.	C et D =	0,70
3e station,	id.	D et B =	1,50
		TOTAL. . . .	3,50

La différence de niveau des points A et B sera donc de 3m50 : c'est le résultat demandé.

Additionnez maintenant les longueurs suivantes :

AF =	3m80
CG =	4 50
DH =	3 60
TOTAL. . . . . =	11m90

La longueur horizontale de la ligne droite inclinée qui joint le point A au point B est donc 11,90.

13

Divisez 3^m50 par 11,90 et vous aurez 0,30 millimètres, nombre qui représentera la pente par mètre de la ligne droite horizontale aboutissant du point A à la ligne verticale élevée au point B.

Lorsqu'un nivellement s'effectue à l'aide *d'une seule station*, comme au problème 78 (fig. 75), on l'appelle NIVELLEMENT SIMPLE.

Lorsqu'un nivellement s'effectue à l'aide *de plusieurs stations*, comme au problème n° 79 (fig. 76), on l'appelle NIVELLEMENT COMPOSÉ.

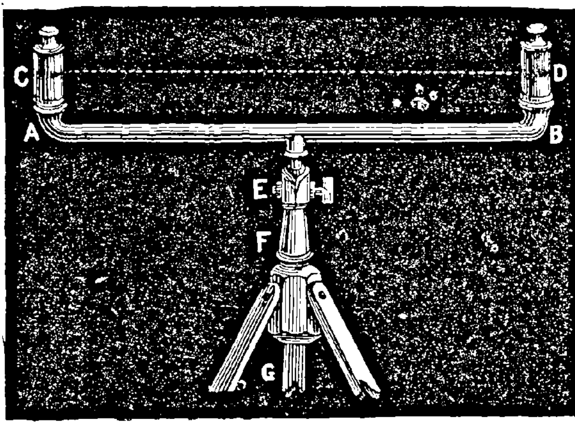
CHAPITRE III.

DU NIVEAU D'EAU.

Le niveau d'eau est un instrument composé d'un tube cylindrique en ferblanc ou en cuivre ayant environ 5 centimètres de diamètre sur 1^m40 de longueur et terminé par des fioles en verre, sans fond, de mêmes dimensions, parfaitement soudées avec du mastic ou des rondelles en cuir, en ferblanc, ou en cuivre.

Le tube est relié à une douille au moyen d'un genou permettant de faire mouvoir l'instrument dans tous les sens, et la douille est fixée sur un trépied en bois. La figure 77 donne le dessin d'un niveau d'eau. Quelquefois, la douille est simplement soudée au tube sans le secours d'un genou; mais cette disposition est beaucoup moins commode.

FIGURE 77.



DESCRIPTION SOMMAIRE.

AB = tube en ferblanc ou en cuivre.
C et D = deux fioles en verre, sans fond.
E = genou pour le mouvement du niveau avec vis, de pression (voir fig. 91).
F = douille pour fixer l'instrument sur le trépied.
G = trépied, avec branches terminées par des pointes en fer.

Pour se servir du niveau d'eau, on dispose le trépied de manière que ses trois branches soient bien fixées sur le sol et que la tige soit à peu près verticale; on place ensuite le tube sur le trépied dans une position aussi horizontale que possible, puis on verse de l'eau dans les fioles de façon à les remplir à peu près au tiers de leur hauteur. Dès que le mouvement occasionné par le remplissage a cessé, les surfaces des deux colonnes liquides sont dans un même plan horizontal. On comprend alors qu'un rayon visuel passant contre les deux cercles limitant la surface liquide détermine une ligne horizontale.

Il convient de remarquer que la surface de l'eau contenue dans les fioles n'est pas tout à fait plane. Cette eau forme un *ménisque concave* dont les deux cercles supérieurs sont dans le même plan horizontal, *si les deux fioles ont bien même diamètre*.

En se plaçant à 50 ou 60 centimètres de l'instrument et en visant par le côté des fioles, on détermine parfaitement la ligne horizontale (*ligne de niveau*) formée par les deux cercles supérieurs du ménisque. C'est ainsi qu'on opère pour déterminer la différence de niveau de deux points ; mais il faut encore un objet accessoire qu'on appelle *mire*.

DE LA MIRE.

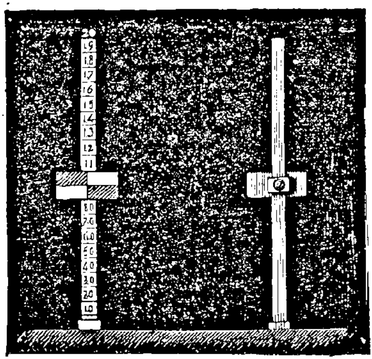
La mire est une règle à coulisse de 2 mètres de hauteur, mais se développant sur 4 mètres à l'aide de la coulisse.

La règle est en bois et de forme carrée. Un *voyant* composé d'une plaque métallique rectangulaire glisse le long de la règle à l'aide d'un collier en cuivre. Une vis de pression adaptée au collier permet de fixer le voyant dans une position quelconque.

Le voyant est partagé en quatre rectangles égaux par une ligne horizontale sur laquelle le rayon visuel est dirigé. Deux de ces rectangles, placés en diagonale, sont peints en rouge ou en noir, et les deux autres sont peints en blanc.

Voici le dessin d'une mire :

FIGURE 78.



Pour se servir de la mire, un aide opérateur tient la règle verticalement, et, sur des signes du niveleur, déplace le voyant jusqu'à ce que la ligne de niveau passe par la ligne horizontale du voyant. Puis on lit la cote sur la règle en mètres, décimètres et centimètres, auxquels on ajoute les millimètres indiqués par le zéro d'une petite règle en cuivre adaptée au collier du voyant. Si la hauteur a plus de 2 mètres, on développe la mire par la coulisse à l'extrémité de laquelle on arrête le voyant à l'aide d'une vis.

Dans ce cas, s'il faut monter ou descendre le voyant, c'est la coulisse qui est mise en mouvement et qu'on arrête à l'aide d'un collier spécial lorsque le voyant est bien placé.

On lit alors la cote par côté de la règle.

Lorsqu'on emploie le niveau d'eau et qu'on veut avoir une précision suffisante, il ne faut pas que la mire soit, au maximum, placée à plus de 50 mètres de l'instrument.

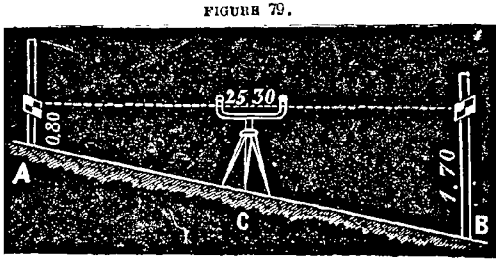
Il va être donné un exemple du *nivellement simple* et un exemple du *nivellement composé*.

§ 1er. — NIVELLEMENT SIMPLE.

Problème N° 80.

Soit proposé de trouver la différence de niveau des deux points A et B à l'aide du niveau d'eau (fig. 79).

FIGURE 79.



Placez le niveau au point C, à peu près à égale distance des points A et B, puis le porte-mire se met en A, où il tient la mire bien verticalement, et le niveleur fait mouvoir le voyant jusqu'à ce que la ligne horizontale, déterminée par le liquide contenu dans les fioles, passe par le milieu du voyant. Lisez ensuite la cote de la mire et vous aurez 0^m80, par exemple. Le porte-mire se rendra au point B, où vous ferez la même opération, et vous trouverez 1^m70, par exemple. La différence de niveau des points A et B sera donc de $1^m70 - 0^m80 = 0^m90$: soit 90 centimètres. Prenez la distance horizontale des points A et B, qui sera de 25^m30. Divisez 0^m90 par 25^m30 et vous aurez 0^m0356 de pente par mètre, ce qui signifie que la ligne AB baissera de 0,0356 à chaque mètre mesuré horizontalement.

Dans l'usage du niveau d'eau, quelquefois les cercles du ménisque se distinguent difficilement. On peut, pour remédier à cet inconvénient, colorer légèrement le liquide, soit avec un peu de vin rouge, soit avec un peu d'encre.

Avant d'opérer, il faut boucher hermétiquement avec le pouce l'une des fioles, incliner le tube et l'agiter jusqu'à ce que les bulles d'air qui peuvent s'attacher aux parois soient sorties. Ces bulles d'air fausseraient l'opération.

En changeant de station, pour que le liquide ne se perde pas en route, il suffit de fermer l'une des fioles avec le pouce.

Si on opère pendant les gelées, l'eau devra être remplacée par de l'alcool.

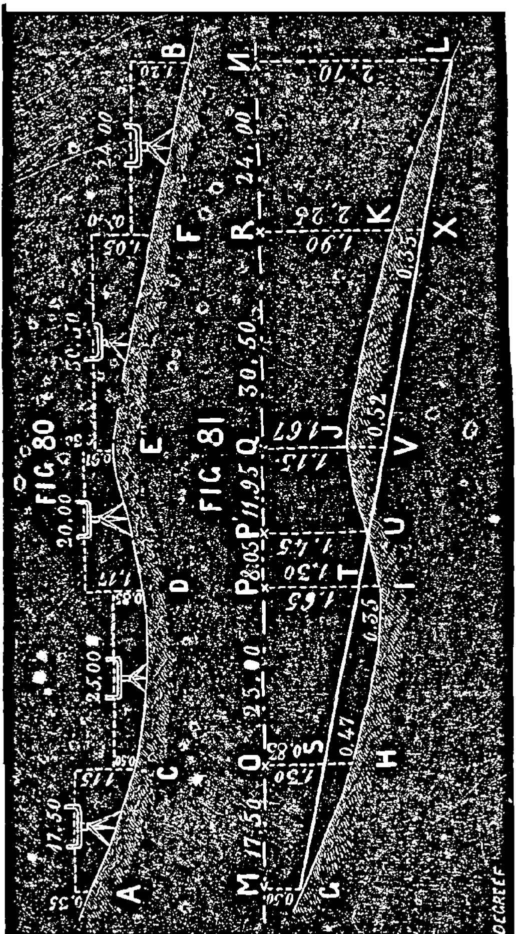
On déduit de ce qui vient d'être exposé que la différence de niveau de deux points, à l'aide du NIVEAU D'EAU, s'obtient par une *soustraction*, et que la pente par mètre est le quotient d'une division.

Plus loin, à propos de la description et de l'usage des *niveaux Chairgrasse*, on verra qu'on peut savoir quelle est la pente par mètre au moyen d'une simple lecture, sans le secours de la mire divisée.

§ 2. — NIVELLEMENT COMPOSÉ.

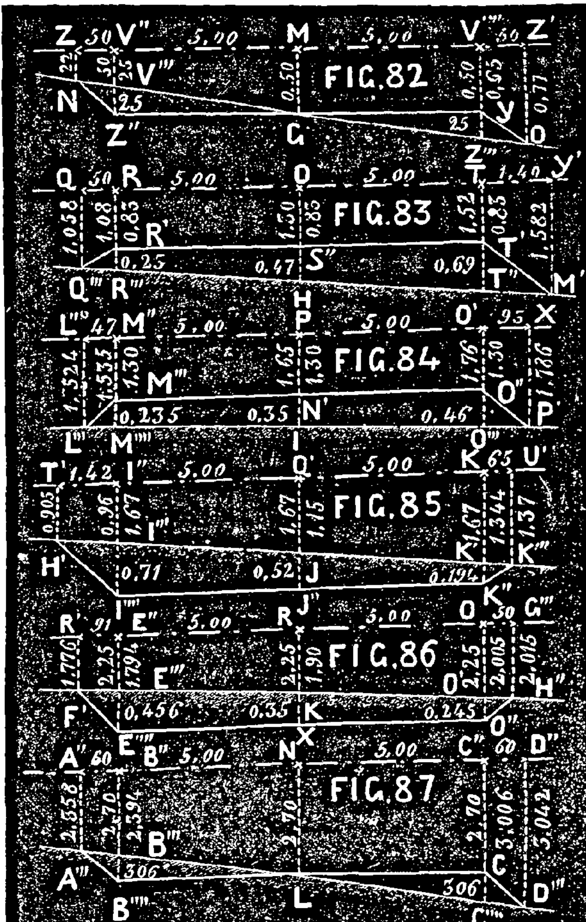
Problème n° 81.

Soit proposé de faire le nivellement de la ligne ACDEFB, *c'est-à-dire de déterminer la position de tous ses points saillants* (lesquels points sont choisis de façon que les droites qui les unissent deux à deux soient à peu près droites) *par rapport à un plan horizontal situé à* 0^m50 *au-dessus du point* A.



FIGURES 80 ET 81.

FIGURES 82 A 87.



Les points intermédiaires C, D, E, F (fig. 80) sont choisis au fur et à mesure de l'opération, de manière que, sur le terrain, les lignes AC, CD, DE, EF, FB, soient à peu près droites.

Placez le niveau entre les points A et C, vous trouverez en A une cote de 0,35 et en B une cote de 1,15. La différence de niveau de ces deux points est donc 1,15 — 0,35 = 0,80 0,80

Transportez ensuite l'instrument entre les points C et D; vous aurez en C une cote de 0,50 et en D une cote de 0,85. Donc le point D est le plus bas et la différence de niveau est 0,85 — 0,50 = 0,35. Mais le point C est déjà de 0,80 plus bas que le point A. Donc le point D est de 0,80 + 0,35 = 1,15 plus bas que le point A 1,15

Faites la même opération entre les points D et E; vous aurez en D une cote de 1,17 et en E une cote de 0,67. Le point E est donc plus élevé que le point D, et la différence de niveau sera 1,17 — 0,67 = 0,50.

Comme le point D est à 1,15 au-dessous du point A et que le point E est à 0,50 au-dessus du point D, vous comprenez que le point E sera de 1,15 — 0,50 = 0,65, soit 0,65 au-dessous du point A 0,65

Placez maintenant le niveau entre les points E et F, vous aurez en E la cote de 0,30 et en F; la cote de 1,05. Donc le point F sera plus bas que le point E et la différence de niveau sera 1,05 — 0,30 = 0,75.

Comme le point E est à 0,65 au-dessous du point A, le point F sera de 0,65 + 0,75 = 1,40 au-dessous du point A 1,40

Transportez enfin l'instrument entre les points F et B ; vous aurez en F la cote 0,40 et en B la cote 1,20. Donc le point F est plus élevé que le point B de 1,20 — 0,40 = 0,80. Or, le point A est plus élevé que le point F de 1,40, donc le point A sera aussi plus élevé que le point B de 1,40 + 0,80 = 2,20 2,20

Ce qui signifie que la différence de niveau entre les points A et B est de 2,20.

On voit qu'en détaillant les résultats obtenus par chaque station, rien n'est plus simple que d'obtenir la différence de niveau des points intermédiaires combinés entre eux et celle des points extrêmes. Mais s'il s'agissait d'opérer sur une ligne de plusieurs kilomètres, on comprend que l'opération serait beaucoup trop longue et surtout trop exposée à des erreurs.

Voici comment on simplifie le travail :

A chaque station on donne deux coups de niveau : l'un s'appelle *coup arrière* et l'autre *coup avant*.

Dans la figure 80, on a commencé d'opérer en partant du point A et en se dirigeant vers le point B. Or, les coups arrière sont tous ceux que le niveleur obtient à chaque station en tournant le dos au point B pendant qu'il opère. Les coups avant sont ceux qu'il obtient, toujours à chaque station, lorsque, en opérant, il regarde la direction du point B.

Voici une définition plus simple :

Les coups avant sont ceux obtenus par l'opérateur lorsqu'il regarde la direction qu'il suit.

Les coups arrière sont ceux qu'il obtient en tournant le dos à cette direction.

Il en résulte que, pour le nivellement composé représenté par la figure 80 :

Les coups avant sont les cotes 1,15; 0,85; 0,67; 1,05 et 1,20.

Les coups arrière sont les cotes 0,35; 0,50; 1,17; 0,30 et 0,40.

On peut effectuer un nivellement, quelle que soit sa longueur, sur le terrain, sans avoir besoin de faire le moindre croquis, en consignant les résultats qu'on obtient sur un état préparé à l'avance d'après le modèle ci-dessous, lequel état se nomme *carnet de nivellement.* C'est le système employé par les services vicinaux, des ponts et chaussées et des chemins de fer.

Le tableau suivant donnera les résultats obtenus par l'opération indiquée figure 80 :

CARNET DE NIVELLEMENT.

STATIONS.	COUPS DE NIVEAU.		DISTANCES.
	Arrière.	Avant.	
De A en C.	0,35	1,15	AC = 17,50
De C en D.	0,50	0,85	CD = 25,00
De D en E.	1,17	0,67	DE = 20,00
De E en F.	0.30	1,05	EF = 30,50
De F en B.	0,40	1,20	FB = 24,00
TOTAUX. . . .	2,72	4,92	117,00
		2,72	
DIFFÉRENCE. . . .		2,20	

Ce tableau est si simple qu'en le comparant aux cotes de la figure 80, on le comprendra sans la moindre difficulté.

On remarque que la somme des coups avant est 4,92 et la somme des coups arrière 2,72. La différence de niveau des points A et B est donc 4,92 — 2,72 = 2,20. C'est précisément le résultat trouvé ci-devant. *Donc, pour avoir la différence de niveau de deux points, il faut faire la différence entre la somme des coups avant et la somme des coups arrière.*

Si la somme des coups avant est la plus forte, c'est que le point vers lequel on se dirige est plus bas que le point de départ. Le contraire a lieu si la somme des coups arrière est la plus forte.

Le nivellement qui fait l'objet de la figure 80 est rapporté, à l'échelle, à la figure 81, par un plan de comparaison situé à 0,50 au-dessus du point A, et la ligne courbe GHIJKL donne parfaitement le relief du terrain. C'est ce qu'on appelle un *profil en long. Le profil en long est la section qu'on obtient en supposant la ligne sur laquelle on opère coupée par un plan vertical dans sa longueur.*

Voici comment le nivellement a été rapporté :

D'abord on a employé deux échelles, savoir :

1° Pour les longueurs, l'échelle de 1 *millimètre par mètre.* Ainsi la ligne MO, qui a 17^m50 de longueur, est représentée par 17 millimètres et demi, et la ligne totale MN, qui a 117 mètres de longueur, est représentée par 117 millimètres, ou 11 centimètres 7 millimètres.

2° Pour les hauteurs, l'échelle de 1 *centimètre par mètre*. Ainsi la première perpendiculaire MG, qui a 0^m50 de longueur, est représentée par un demi-centimètre, c'est-à-dire 5 millimètres.

Lorsqu'on rapporte un profil en long, on emploie généralement, pour les hauteurs, une échelle dix fois plus grande que pour les longueurs, et cela dans le seul but de mieux accentuer la pente et le relief du sol.

On comprend, en effet, à propos de la figure 80, que si les hauteurs étaient tracées à l'échelle de 1 millimètre par mètre, comme pour les longueurs, puisque les points A et B n'ont qu'une différence de niveau de 2^m20, le point L (fig. 81) ne serait placé qu'à 2 millimètres 2 dixièmes au-dessous du point G. Une si petite différence serait à peine appréciable par rapport à la longueur de MN, qui a 117 millimètres.

Ces importantes explications données, commençons l'opération :

Tracez d'abord la ligne horizontale MN (fig 81), qui représentera le plan horizontal de comparaison adopté, et prenez, sur cette ligne, à l'échelle de 1 millimètre par mètre, les distances MO, OP, PQ, QR et RN. A chaque point abaissez une perpendiculaire. Comme le point A doit être à 0,50 au-dessous du plan horizontal de comparaison et que l'échelle des hauteurs est un centimètre par mètre, prenez MG égal à 5 millimètres.

Le point C est à 0,80 au-dessous du point A. Ajoutez 0,50 à 0,80 et vous aurez 1^m30. Prenez 1^m30 à l'échelle de 1 centimètre par mètre, et vous aurez 13 millimètres pour la hauteur OH. Joignez le point G au point H.

Le point D est à 0,35 au-dessous du point C. Ajoutez 0,35 à 1,30 (hauteur de OH) et vous aurez 1^m65. Prenez

1^m65 à l'échelle de 1 centimètre par mètre et vous obtiendrez 16 millimètres et demi pour la hauteur de PI. Joignez le point H au point I.

Le point E est à 0,50 au-dessus du point D. Retranchez 0,50 de 1,65 et vous aurez 1^m15. Prenez 1^m15 à l'échelle de 1 centimètre par mètre et vous obtiendrez 11 millimètres et demi pour la hauteur de QJ. Joignez le point I au point J.

Le point F est à 0,75 au-dessous du point E. Ajoutez 0,75 à 1,15 (hauteur de QJ) et vous aurez 1^m90. Prenez 1^m90 à l'échelle de 1 centimètre par mètre et vous obtiendrez 19 millimètres pour la hauteur de RK. Joignez le point J au point K.

Le point B est à 0,80 au-dessous du point F. Ajoutez 0,80 à 1^m90 (hauteur de RK) et vous obtiendrez 2^m70. Prenez 2^m70 à l'échelle de 1 centimètre par mètre et vous aurez 27 millimètres. Joignez le point K au point L et la ligne courbe GHIJKL (fig. 81) sera le profil en long rapporté du nivellement indiqué par le croquis (fig. 80).

On voit que cette opération est aussi simple que de rapporter le plan d'un terrain, préalablement arpenté, à la chaîne et à l'équerre.

On voit aussi que le terrain présente des irrégularités assez sensibles, et supposons qu'on veuille tracer, du point A au point B, un chemin de 5 mètres de largeur avec une pente régulière, c'est-à-dire avec une chaussée en ligne droite inclinée uniformément.

Joignez le point G au point L par une ligne droite (fig. 81). Cette ligne sera la véritable pente du chemin.

Mais remarquez qu'elle coupe la ligne courbe (relief du terrain) GHIJKL (fig. 81) au point U. Il faudra donc, d'un côté, faire des remblais selon la surface GSTUIH, et de l'autre faire des déblais selon la surface UJKLXV.

Comme application du cubage et lorsque nous en aurons démontré les principes, nous indiquerons comment on s'y prend pour calculer les déblais et remblais, et nous effectuerons l'opération qui fait l'objet des mêmes figures 80 et 81.

Maintenant, déterminons la longueur de chaque perpendiculaire abaissée des points O, P, Q et R pris sur la ligne horizontale MN et aboutissant à la ligne GL (fig. 81).

La différence de niveau des points A et B (fig. 80) ou G et L (fig. 81) est de 2,70 — 0,50 = 2^{m}20, soit 2^{m}20. La distance horizontale entre les points A et B est de 117^{m}00. Donc en divisant 2^{m}20 par 117^{m}00, vous aurez la pente par mètre. La division effectuée, vous trouvez 0^{m}0188, ce qui signifie qu'à chaque mètre de longueur horizontale, la ligne droite GL baisse de 0^{m}0188, soit 2 centimètres environ.

COTE OS. — Puisque la ligne GL baisse de 0,0188 par mètre, pour 17,50, distance de M en O, elle baissera de 17,50 × 0,0188 = 0,329 ou 0,33. En ajoutant 0,33 à 0,50, longueur de MG, vous aurez 0^{m}83 qui vous donnera la hauteur du point O au-dessus de la ligne droite GL, c'est-à-dire de OS.

COTE PT. — Puisque la ligne GL baisse de 0,0188 par mètre, pour 42^{m}50, distance de M en O, elle baissera de 42^{m}50 × 0,0188 = 0,799 ou 0,80. En ajoutant 0,50, longueur de MG, à 0,80, vous aurez 1^{m}30 qui vous donnera la hauteur du point P au-dessus de la ligne droite GL, c'est-à-dire de PT.

COTE QV. — Puisque la ligne GL baisse de 0,0188 par mètre, pour 62,50, distance de M en Q, elle baissera de 62,50 × 0,0188 = 1^m175 ou 1,17. En ajoutant 0^m50, longueur de MG, à 1^m17, vous aurez 1^m67, qui vous donnera la hauteur du point Q au-dessus de la ligne droite GL, c'est-à-dire de QV.

COTE RX. — Puisque la ligne GL baisse de 0,0188 par mètre, pour 93,00, distance du point M au point R, elle baissera de 93,00 × 0,0188 = 1,7484 ou 1,75. En ajoutant 1,75 à 0,50, longueur de MG, vous aurez 2^m25 qui vous donnera la hauteur du point R au-dessus de la ligne GL, c'est-à-dire de RX.

COTE NL. — Enfin, en multipliant 117,00, longueur de la ligne AB, par 0,0188, vous aurez 2,1996 ou 2^m20, nombre qui, ajouté à 0,50, longueur de MG, vous donnera 2^m70, hauteur du point N au-dessus de la ligne droite GL, c'est-à-dire de NL.

Vous aurez donc les cotes du terrain, qui seront les suivantes (fig. 81) :

MG	=	0.50
OH	=	1.30
PI	=	1,65
QJ	=	1,15
RK	=	1,90
NL	=	2,70

Vous aurez aussi les cotes de la ligne GL, qui seront :

MG	=	0,50
OS	=	0,83
PT	=	1,30
QV	=	1,67
RX	=	2.25
NL	=	2,70

D'après ce qui a été dit plus haut, nous avons la sur-

14.

face de remblai, qui est la figure GHIUTS, et la surface de déblai, qui est la figure UJKLXV, surfaces que nous allons calculer. Pour y parvenir, il faut les hauteurs SH, TI pour les remblais et JV, KX pour les déblais. Or, nous pouvons les obtenir à l'aide d'une simple soustraction. En effet :

$$\left.\begin{array}{lllll} SH & = 1,30 & - 0,83 & = 0,47 \\ TI & = 1,65 & - 1,30 & = 0,35 \end{array}\right\} \text{remblais.}$$

$$\left.\begin{array}{lllll} JV & = 1,67 & - 1,15 & = 0,52 \\ KX & = 2,25 & - 1,90 & = 0,35 \end{array}\right\} \text{déblais.}$$

Mais, pour calculer la surface des deux triangles TUI et JUV, il nous manque les hauteurs des deux triangles, car nous n'avons que la longueur des bases TI et JV.

Ici il y a une remarque très importante à faire et sur laquelle nous appelons l'attention spéciale du lecteur. Le triangle TUI est en remblai et le triangle JUV est en déblai; or, trouver la hauteur de chacun de ces triangles c'est déterminer le POINT DE PASSAGE *des déblais* aux *remblais*. C'est une question qui se présente à chaque instant dans les travaux et qui, quoique d'une simplicité extraordinaire, embarrasse quelquefois des jeunes gens très instruits, dans leurs examens d'agent voyer ou de conducteur des ponts et chaussées. Pourtant, comme toutes les matières que nous traitons, elle est à la portée de toute personne connaissant les quatre premières règles, et nous espérons la rendre intelligible à tout le monde.

Pour trouver la hauteur PP′ du triangle TUI, multipliez la longueur de la base 0,35 par 20^{m}00, longueur de PQ et somme des hauteurs des deux triangles, et vous aurez 7^m00; divisez 7^m00 par 0,87, somme des bases (0,35 et 0,52) des deux triangles, et le résultat, 8^m05, vous donnera la hauteur du triangle TUI.

Maintenant, pour trouver la hauteur du triangle JUV, vous opérerez exactement de la même manière en multipliant la longueur de la base 0,52 par 20^m00, longueur de PQ et somme des hauteurs des deux triangles, et vous aurez 10^m40. Divisez 10^m40 par 0,87, somme des bases (0,35 + 0,52), et le résultat, 11,95, vous donnera la hauteur du triangle JUV.

Comme vérification, faites l'addition des deux résultats, 8,05 et 11,95, et vous aurez précisément 20^m00, distance des points P et Q.

RÈGLE PRATIQUE. — *Pour trouver le* POINT DE PASSAGE *des déblais aux remblais, il faut multiplier la base d'un triangle par la somme des hauteurs des deux triangles et diviser le produit par la somme des deux bases.*

Nous pouvons maintenant calculer les deux surfaces de remblais et de déblais (fig. 81).

Celle des remblais se compose du triangle GSH, du trapèze STIH et du triangle TUI, dont voici les superficies :

1° Triangle GSH, surface $= \dfrac{17,50 \times 0,47}{2}$ . . . . . $=$ 8,22

2° Trapèze STIH, surface $= \dfrac{0,47 + 0,35}{2} \times 25,00 =$ 10,25

3° Triangle TUI, surface $= \dfrac{0,35 \times 8,05}{2}$ . . . . $=$ 2,82

TOTAL pour les remblais . . . . . $=$ 21,29

Celle des déblais se compose du triangle JVU, du trapèze JVXK et du triangle KXL, dont voici les superficies :

1° Triangle JVU, surface $= \dfrac{11,95 \times 0,52}{2}$ . . . . . $=$ 3,11

2° Trapèze JVXK, surface $= \dfrac{0,52 + 0,35}{2} \times 30,50 =$ 13,27

3° Triangle KXL, surface $= \dfrac{0,35 \times 24,00}{2}$ . . . . . . $=$ 8,40

TOTAL pour les déblais. . . . . . $=$ 24,78

On voit donc que, d'après le profil en long rapporté figure 81, la surface des remblais sera de 21 mètres carrés 29 décimètres carrés, et celle des déblais, de 24 mètres carrés 78 décimètres carrés.

A propos du tracé des chemins de fer, canaux, routes et chemins quelconques, on détermine d'abord la direction de la voie à construire à l'aide de piquets, puis on en fait le profil en long d'après l'exemple ci-dessus.

Bien que nous n'ayons opéré que sur une longueur de 117 mètres, la méthode serait exactement la même, qu'il s'agisse de un, dix, vingt ou cent kilomètres et plus.

Le nivellement effectué sur le terrain, c'est-à-dire le CARNET bien rempli, on rapporte ledit nivellement, puis on trace la ligne de pente, et il faut, autant que possible, pour cette ligne, s'arranger de manière que, sur le profil en long, la surface des déblais soit à peu près égale à la surface des remblais ; car, généralement, les cubes sont en rapport avec ces surfaces.

La ligne de pente peut très bien ne pas être droite ; dans ce cas, elle forme des angles dont on a bien soin de repérer les sommets ; puis, pour chaque côté des angles, on opère exactement, pour calculer les cotes du terrain et les cotes de la ligne de pente, comme nous l'avons fait figure 81.

Le profil en long d'un chemin de fer, d'un canal, d'une route ou d'un chemin quelconque donne exactement le relief du sol suivant une ligne déterminée et piquetée à l'avance, qu'on appelle AXE; mais, comme les travaux s'étendent évidemment à droite et à gauche, il faut de toute nécessité avoir encore le relief du sol sur une largeur suffisante de chaque côté de la ligne du profil en long. Tel est l'objet des PROFILS EN TRAVERS.

Ainsi, il s'agit d'avoir, *en travers*, à droite et à gauche de la ligne ACDEFB (fig. 80), et perpendiculairement à cette ligne, le relief du sol aux points A, C, D, E, F et B, c'est-à-dire un *profil en travers* à chacun de ces points.

Prenez les cotes sur une étendue suffisante, à l'aide du niveau, en même temps que vous opérez sur le profil en long, de manière que vous n'ayez pas à revenir sur le terrain; prenez bien la distance horizontale entre chaque cote. Consignez les chiffres que vous obtenez sur un croquis spécial que vous ferez pour chaque profil en travers. Puis, lorsque le profil en long est rapporté, vous rapportez également les profils en travers, en employant les mêmes échelles.

C'est ce qui a été fait par les figures 82, 83, 84, 85, 86 et 87 qui représentent les profils en travers, levés à chacun des six points du profil en long (fig. 80), rapporté par la figure 81.

Disons d'abord que lorsqu'on rapporte sur le papier des profils en travers, on prend toujours les mêmes échelles et le même plan de comparaison employés pour le profil en long, afin qu'il y ait bien concordance entre les diverses cotes.

FIGURE 82. — Profil en travers au point G de la figure 81. La ligne ZZ' représente le plan de comparaison. La perpendiculaire MG sur ZZ' est prise de 0^m50, comme MG de la figure 81. Calculez ensuite les autres cotes du croquis en prenant pour point de départ 0^m50, hauteur de MG, et vous aurez ZN = 0,22 et Z'O = 0,77. Rapportez ces deux lignes à l'échelle, joignez les deux points N et O et la ligne NO indiquera la pente en travers du terrain au point A, figure 80.

FIGURE 83. — Profil en travers au point H de la figure 81. La ligne QY' représente le plan de comparaison. La perpendiculaire OH sur QY' est prise de 1^m30, comme OH (fig. 81). Calculez ensuite les autres cotes du croquis en prenant pour point de départ 1^m30, hauteur de OH, et vous aurez QQ''' = 1,058 et Y' M' = 1,582. Rapportez ces deux lignes à l'échelle, joignez les deux points Q''' et M' et la ligne Q'''M' indiquera la pente en travers du terrain au point C (fig. 80).

FIGURE 84. — Profil en travers au point I de la figure 81. La ligne L'' X représente le plan de comparaison. La perpendiculaire PI sur L'' X est prise de 1^m65, comme PI (fig. 81). Calculez ensuite les autres cotes du croquis en prenant pour point de départ 1^m65, hauteur de PI, et vous aurez L'' L''' = 1,524 et X P' = 1,786. Rapportez ces deux lignes à l'échelle, joignez les deux points L''' et P' et la ligne L''' P' indiquera la pente en travers du terrain au point D (fig. 80).

FIGURE 85. — Profil en travers au point J de la figure 81. La ligne T' U' représente le plan de comparaison. La perpendiculaire QJ sur T' U' est prise de 1^m15, comme

QJ (fig. 81). Calculez ensuite les autres cotes du croquis en prenant pour point de départ 1^m15, hauteur de QJ, et vous aurez $T' H' = 0,905$, et $U' K''' = 1,370$. Rapportez ces deux lignes à l'échelle; joignez les deux points H' et K''' et la ligne $H' K'''$ indiquera la pente en travers du terrain au point E (fig. 80).

FIGURE 86. — Profil en travers au point K de la figure 81. La ligne $R' G'''$ représente le plan de comparaison. La perpendiculaire RK sur $R' G'''$ est prise de 1,90, comme RK (fig. 81). Calculez ensuite les autres cotes du croquis en prenant pour point de départ 1^m90, hauteur de RK, et vous aurez $R' F' = 1,776$ et $G'' H'' = 2,015$. Rapportez ces deux lignes à l'échelle, joignez les deux points F' et H'' et la ligne $F' H''$ indiquera la pente du terrain au point F (fig. 80).

FIGURE 87. — Profil en travers au point L de la fig. 81. La ligne $A'' D''$ représente le plan de comparaison. La perpendiculaire NL sur $A'' D''$ est prise de 2^m70, comme NL (fig. 81). Calculez ensuite les autres cotes du croquis en prenant pour point de départ 2^m70, hauteur de NL, et vous aurez $A'' A''' = 2,358$ et $D'' D''' = 3,042$. Rapportez ces deux lignes à l'échelle, joignez les deux points A''' et D''' et la ligne $A''' D'''$ indiquera la pente du terrain au point B (fig. 80).

Nous avons donc, par le profil en long, rapporté le relief du sol suivant l'axe de la voie à établir. Les profils en travers, également rapportés à même échelle, donnent les accidents du terrain, sur la largeur des travaux à exécuter et à chaque point saillant du profil en long.

Ainsi qu'on vient de le voir, ces profils s'obtiennent avec la plus grande facilité, sur le terrain comme sur le papier, sans qu'il soit nécessaire de posséder d'autres connaissances que les quatre premières règles du calcul et l'usage si simple du niveau d'eau avec la mire.

Les cotes obtenues suffisent pour calculer le volume des déblais et des remblais. La manière d'opérer sera donnée plus loin, dans le chapitre des applications, à la suite de la démonstration du cubage.

CHAPITRE IV.

DU NIVEAU CHAIRGRASSE.

—

DESCRIPTION DES INSTRUMENTS.

Les niveaux CHAIRGRASSE constituent quatre instruments, savoir :

N° 1. — Niveau simple;

N° 2. — Niveau simple, niveau ordinaire, niveau de pente;

N° 3. — Niveau simple, niveau ordinaire, niveau de pente et équerre d'arpenteur ;

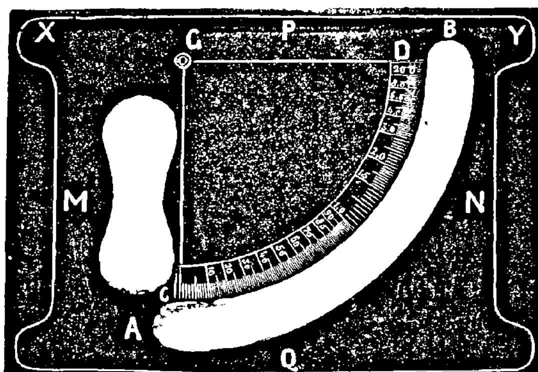
N° 4. — Niveau-équerre-graphomètre.

Nous ne dirons rien de ce dernier instrument, parce que, dans cet ouvrage, nous ne supposons pas l'emploi du graphomètre, qui est, du reste, inutile dans les usages ordinaires de la vie.

N° 1. — NIVEAU SIMPLE.

Cet instrument se compose d'une planchette en acajou ou en métal, fig. 88, ayant 22 centimètres de longueur, 15 centimètres de largeur et de 2 à 10 millimètres d'épaisseur, portant un évidement intérieur AB en forme de quart de cercle, figure 88.

FIGURE 88.



Un limbe de cuivre, divisé d'une manière spéciale, fig. 88, est placé sur le bord intérieur de l'évidement, en CD. Les divisions de ce limbe indiquent les pentes par mètre.

Une aiguille en acier, figure 89, porte à sa partie supérieure un trou circulaire F, destiné à permettre à l'aiguille de tourner librement autour d'un bouton G situé sur la planchette, fig. 88. La partie inférieure de l'aiguille porte une balle de plomb H, qui force l'aiguille à prendre la position verticale; cette balle se place naturellement dans l'évidement AB, et, immédiatement au-dessus

FIGURE 89.

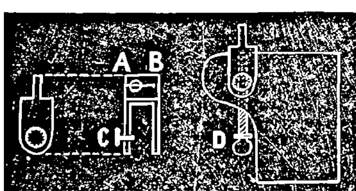
de la balle H, l'aiguille forme une fenêtre K, au milieu de laquelle un index métallique I, indique sur le limbe de cuivre CD, les pentes par mètres, de 0 à 100 mètres par mètre.

Nota. — L'instrument permet, à l'aide du tableau, page 177, de trouver immédiatement les pentes en degrés.

N° 2. — NIVEAU SIMPLE, NIVEAU ORDINAIRE, NIVEAU DE PENTE.

Il s'agit ici du même instrument que précédemment, auquel on a ajouté deux pinnules de niveau et un genou.

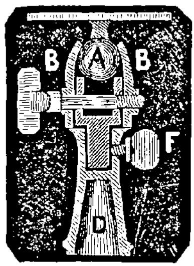
FIGURE 90.



Ces pinnules, figure 90, sont à chape et à vis de pression C, et munies chacune d'un trou A et d'une fenêtre B, de façon que le trou de l'une corresponde à la fenêtre de l'autre, et réciproquement; l'une d'elles est réglée par une vis D, qui permet de l'élever ou de l'abaisser à volonté.

Le genou a la disposition indiquée figure 91, c'est-à-

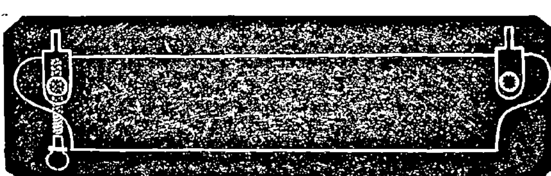
FIGURE 91.



dire que le genou A peut tourner avec ses coquilles B au moyen d'un tourillon qui se meut dans la douille D, cette douille pouvant demeurer immobile sur le pied pendant le mouvement de rotation, quand, avec la vis de pression F, on n'a pas fixé la douille au tourillon.

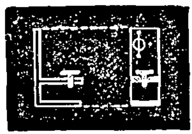
Les pinnules de niveau se placent aux deux extrémités XY de la partie supérieure de l'instrument, figure 88; cette partie prend alors la forme suivante, figure 92 :

FIGURE 92.



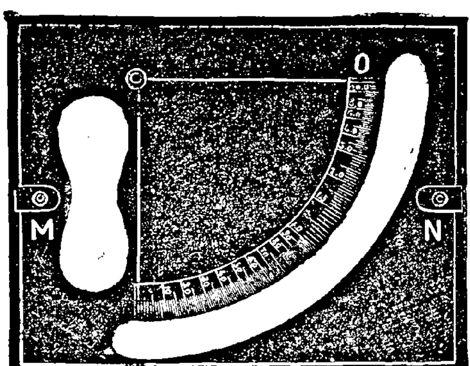
On peut aussi donner aux pinnules de niveau une forme différente, figure 93, l'une des deux avec vis

FIGURE 93.



de rappel, et les placer en M et N, figure 88, sur la planchette, dont la partie moyenne aura alors la forme suivante, figure 94 :

FIGURE 94.

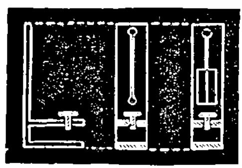


Cette forme sera plus convenable pour certaines opérations.

N° 3. — NIVEAU SIMPLE, NIVEAU ORDINAIRE, NIVEAU DE PENTE ET ÉQUERRE D'ARPENTEUR.

On a ajouté à l'instrument précédent quatre pinnules d'équerre, se plaçant en M, N, P, Q, figure 88. Ces pinnules d'équerre sont à fente et à fenêtre, de manière que la fente de l'une corresponde à la fenêtre de l'autre, et réciproquement, ou à fente seulement, figure 95.

FIGURE 95.



Ces pinnules sont à chape et à vis de pression, de manière qu'on puisse les enlever à volonté. Elles peuvent, du reste, être à charnière et demeurer fixées à l'instrument.

La planchette fonctionnera comme équerre ou comme niveau, suivant qu'elle sera horizontale ou verticale.

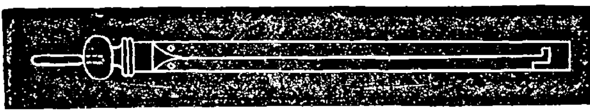
Le genou sera le genou perfectionné que nous avons décrit figure 91. Le plan de l'instrument ainsi modifié est indiqué figure 97.

Nous ajouterons à cette nomenclature d'instruments la mention d'un accessoire important.

CANNE-TRÉPIED.

Cette nouvelle disposition permet, sous un volume qui ne dépasse pas de beaucoup la forme et les dimensions d'une canne, figure 96, d'avoir un trépied commode pour

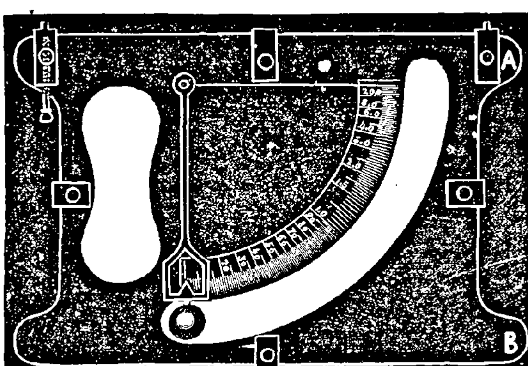
FIGURE 96



les nouveaux instruments comme pour les anciens; les anciens trépieds pouvant servir aussi pour les nouveaux instruments.

PLAN COMPLET DU NIVEAU N° 3.

FIGURE 97



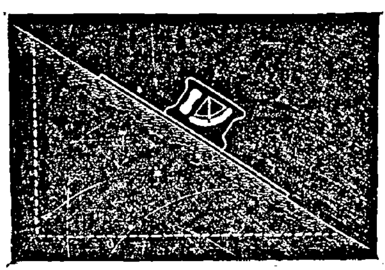
USAGES DES INSTRUMENTS.

N° 1. — NIVEAU SIMPLE.

Le niveau n° 1 servira à mesurer l'inclinaison des talus, murs de soutènement des terres, toits, perrés, et, en général, de toutes les surfaces inclinées, et cela, sans calcul, à la simple lecture.

On placera sur la surface une règle dans le sens de l'inclinaison, et on posera le bord inférieur de l'instrument sur cette règle. Dans cette position, figure 98, l'index de l'aiguille donnera, sur le limbe en cuivre, la pente en centimètres par mètre.

FIGURE 98.



Ces pentes sont marquées, pour les cas ordinaires, de 0 à 1 mètre de pente par mètre, de centimètre en centimètre, mais l'œil pourra distinguer, à un demi ou même à un quart de centimètre près, la pente lorsque l'index tombera entre deux divisions.

Comme on exprime souvent les pentes en comparant la base de la surface inclinée à la hauteur, nous donnons le tableau suivant, qui servira pour ce cas :

PENTES LUES SUR L'INSTRUMENT.

0,25	signifie	4	de base pour	1	de hauteur.
0,33	—	3	—	1	—
0,50	—	2	—	1	—
0,67	—	3	—	2	—
1,00	—	1	—	1	—
2,00	—	1	—	2	—
3,00	—	1	—	3	—
5,00	—	1	—	5	—
10,00	—	1	—	10	—

C'est cet instrument qui permet d'obtenir une inclinaison demandée pour une surface, l'aiguille indiquant la pente aussi commodément que le niveau de maçon indique l'horizontalité. Inutile de dire que si l'index marque 0, la ligne sur laquelle l'instrument est placé est une *horizontale*.

Nous avons dit, dans la description de l'instrument, qu'un second limbe avec un autre index à l'aiguille pourrait donner les pentes en degrés; voici un tableau qui permettra, dans des limites suffisantes pour la pratique, d'obtenir le même résultat avec l'instrument ordinaire.

Les nombres de la première colonne sont les pentes de degré en degré, ceux de la deuxième sont les indications correspondantes de l'instrument.

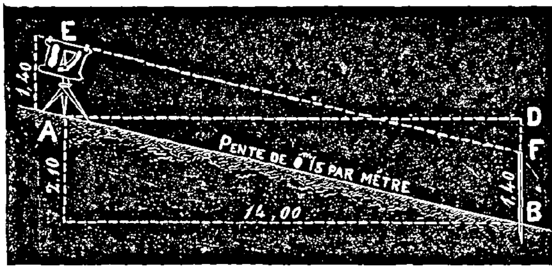
DEGRÉS	PENTES	DEGRÉS	PENTES	DEGRÉS	PENTES	DEGRÉS	PENTES
	m.		m.		m.		m.
1	0,017	24	0,445	46	1,03	68	2,47
2	0,034	25	0,466	47	1,07	69	2,60
3	0,052	26	0,488	48	1,11	70	2,75
4	0,070	27	0,510	49	1,15	71	2,90
5	0,087	28	0,532	50	1,19	72	3,04
6	0,105	29	0,554	51	1,23	73	3,27
7	0,123	30	0,577	52	1,28	74	3,49
8	0,141	31	0,601	53	1,33	75	3,73
9	0,158	32	0,625	54	1,38	76	4,01
10	0,176	33	0,649	55	1,43	77	4,33
11	0,194	34	0,674	56	1,48	78	4,70
12	0,213	35	0,700	57	1.54	79	5,14
13	0,231	36	0,727	58	1,60	80	5,67
14	0,249	37	0,753	59	1,66	81	6,31
15	0,268	38	0,781	60	1,73	82	7,12
16	0,287	39	0,810	61	1,80	83	8,15
17	0,306	40	0,839	62	1,88	84	9,51
18	0,325	41	0,869	63	1,96	85	11,43
19	0,344	42	0,900	64	2,05	86	14,30
20	0,364	43	0,933	65	2,14	87	19,08
21	0,384	44	0,966	66	2,25	88	28,65
22	0,404	45	1,000	67	2,36	89	57,30
23	0,424						

Si donc on veut une pente de 35 degrés, on établira la pente de façon que l'instrument y marque par son aiguille $0^{m},70$, et si, en étudiant une pente, l'instrument accuse $1^{m}60$, on verra par le tableau qu'il s'agit d'une pente de 58 degrés.

N° 2. — NIVEAU SIMPLE, NIVEAU ORDINAIRE, NIVEAU DE PENTE.

Cet instrument se place, au moyen du genou, soit sur un pied d'équerre, soit sur un trépied ordinaire, soit sur une canne-trépied; la planchette étant verticale, il servira d'abord comme le précédent.

FIGURE 99

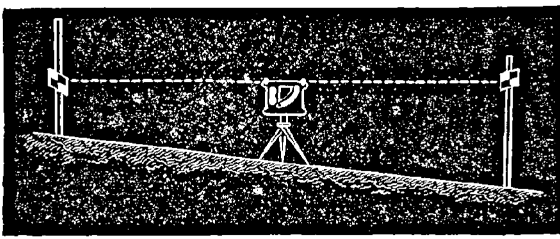


1° FIGURE 99. — On se place en AE à une des deux extrémités de la ligne dont on veut mesurer la pente ; à l'autre extrémité BF, on pose un jalon dont le sommet F, ou une mire dont le voyant soit à la même hauteur au-dessus du sol que le niveau, et on ajuste par les pinnules la ligne EF. L'aiguille indique la pente par mètre de cette ligne EF, soit 0m15. Pour obtenir la différence de hauteur DB ou AC des points A et B, on mesurera la distance horizontale AD à la chaîne, et AD $\times$ 0,15 donnera la hauteur BD.

Ensuite il servira à la détermination des cotes d'autant de points qu'on voudra. (Nivellement simple et composé.)

2° FIGURE 100. — On tiendra la planchette verticale, et on la fera tourner autour du genou jusqu'à ce que l'aiguille marque zéro ; alors les pinnules de niveau seront sur une ligne de visée horizontale. Pour s'assurer qu'elles sont bien réglées, on visera un point d'un jalon assez éloigné à travers un des trous et la fenêtre correspondante des pinnules de niveau. On fera tourner ensuite la planchette avec son genou au moyen du tourillon placé dans la douille jusqu'à ce qu'elle ait fait 180 degrés et que les pinnules de niveau aient changé de place, et en

FIGURE 100.



ajustant de nouveau, la ligne de visée devra tomber au même point du jalon que précédemment. Sinon, on fera marcher une des deux pinnules avec la vis de rappel, de façon à partager la différence, et le niveau sera réglé. On donnera alors les coups de niveau avant et les coups de niveau arrière comme avec le niveau d'eau, et avec une mire divisée on déterminera les cotes comme à l'ordinaire, ou en mesurant chaque fois la distance horizontale et la pente de la ligne qui irait du niveau au pied de la mire, on déduira la hauteur de mire par le calcul.

3° Le même instrument mesurera une hauteur dont le pied est accessible.

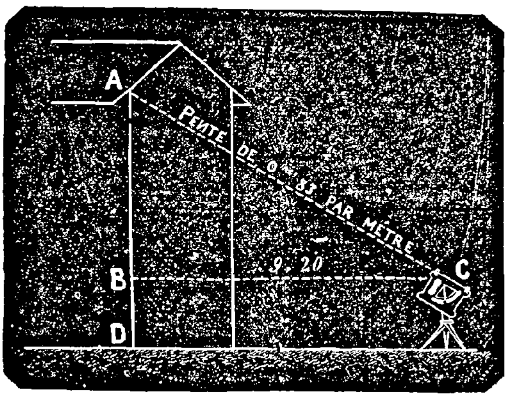
Problème N° 82.

Soit proposé de mesurer la hauteur d'une maison.

On se placera avec l'instrument à une certaine distance

BC du pied de l'objet ; on visera ensuite le sommet A de

FIGURE 101.



l'objet, et on lira sur l'instrument la pente par mètre, soit 0^m83. En multipliant la distance horizontale de l'instrument à l'objet, soit 9^m20 par 0^m83,

$$\begin{array}{r} 92 \\ 83 \\ \hline 276 \\ 7\,36 \\ \hline 7{,}636 \end{array} \qquad 9{,}20 \times 0{,}83 = 7{,}636,$$

on aura 7^m64 pour la hauteur AB, et en ajoutant à cette hauteur l'élévation du niveau C au-dessus du pied D de l'objet, soit 1^m40, on aura

$7^m64 + 1^m40 = 9{,}04$ pour la hauteur cherchée.

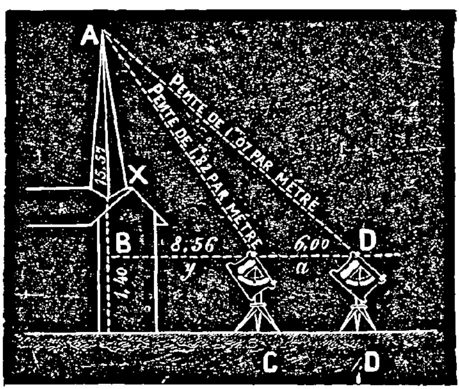
RÈGLE PRATIQUE POUR MESURER LA HAUTEUR D'UN OBJET DONT LE PIED EST ACCESSIBLE. — *On multiplie la pente de la ligne qui va au sommet par la distance du niveau à l'objet, et on ajoute la hauteur du niveau au-dessus du sol.*

4° On pourra aussi mesurer une hauteur dont le pied est inaccessible, figure 102.

Problème N° 83.

Soit proposé de mesurer la hauteur d'une flèche d'église.

FIGURE 102



On placera l'instrument en deux stations C et D, sur une horizontale allant au pied de l'objet; on mesurera la distance CD de ces deux stations, soit 6 mètres, et les pentes des lignes CA et DA, qui vont des deux stations au sommet de l'objet, soit 1^m82 et 1^m07 ; on multipliera la distance des deux stations, 6 mètres, par la plus petite pente, 1^m07 :

$$\begin{array}{r} 1{,}07 \\ 6 \\ \hline 6{,}42 \end{array} \qquad 1{,}07 \times 6 = 6{,}42$$

puis le produit obtenu, 6^m42, par la plus grande pente, 1^m82 :

$$\begin{array}{r} 642 \\ 182 \\ \hline 1284 \\ 5\,136 \\ 6\,42 \\ \hline 11{,}6844 \end{array} \qquad 6{,}42 \times 1{,}82 = 11{,}6844$$

et on divisera le deuxième produit, 11^m6844, par la différence des deux pentes, qui est

$$1{,}82 - 1{,}07 = 0{,}75$$

$$\begin{array}{l|l} 1168{,}44 & 75 \\ \cline{2-2} 418 & 15{,}579 \\ 434 & \\ 594 & \\ 690 & \end{array}$$

et en ajoutant au quotient la hauteur, 1^m40, du niveau au-dessus du pied de l'objet,

$$15{,}58 + 1{,}40 = 16{,}98,$$

la hauteur de l'objet serait 16^m98.

RÈGLE PRATIQUE POUR MESURER UN OBJET DONT LE PIED EST INACCESSIBLE. — *D'une certaine distance, on vise le sommet de l'objet et on lit la pente. Plaçant ensuite le niveau à une autre distance de l'objet sur la même horizontale que la première fois, on vise de nouveau le sommet et on lit la nouvelle pente. On multiplie la distance des deux stations de l'instrument par la plus petite pente, puis par la plus grande, et en divisant le produit par la différence des deux pentes, on n'a plus qu'à ajouter au quotient la hauteur du niveau au-dessus du sol pour avoir le résultat cherché.*

N° 3. — NIVEAU SIMPLE, NIVEAU ORDINAIRE, NIVEAU DE PENTE, ÉQUERRE D'ARPENTEUR.

Nous avons dit, dans la description, en quoi consiste la modification qui fait à volonté de cet instrument une équerre d'arpenteur. Il est bien entendu que tous les problèmes que nous venons d'indiquer au n° 2 se font de la même manière avec l'instrument n° 3. Nous ajouterons cette observation, qu'une boîte de 30 centimètres de long, 25 de large et 5 ou 6 d'épaisseur contient l'instrument, et que cet instrument dans une main, une canne-trépied dans l'autre, des jalons qu'on trouve partout, on est complétement équipé pour toutes les opérations topographiques qui peuvent se présenter.

QUATRIÈME PARTIE.

MESURE DES SOLIDES.

DÉFINITIONS.

On appelle *solide* tout ce qui réunit les trois dimensions : *longueur*, *largeur*, *épaisseur* ou *profondeur*.

Mesurer un solide, c'est le comparer à un autre solide, pris pour *unité de mesure*.

Les bases et les faces latérales d'un solide sont terminées soit par des lignes droites, soit par des lignes courbes.

On appelle *arêtes* les lignes qui réunissent les faces d'un solide.

Nous diviserons tous les solides possibles en deux catégories : les *solides simples* et les *solides composés*.

Les solides simples sont ceux dont le volume peut être calculé au moyen de *règles* ou *formules fixes* et invariables.

Les solides composés sont ceux dont le volume ne peut être obtenu qu'à l'aide de moyens variant avec leur irrégularité et leurs formes diverses.

16.

CHAPITRE Ier.

DES SOLIDES SIMPLES.

Tous les solides simples se résument ainsi :

1° Le cube;
2° Le parallélipipède;
3° Le prisme;
4° La pyramide:
5° Le tronc de pyramide;
6° Le cylindre;
7° Le cône;
8° Le tronc de cône;
9° La sphère.

Pour chacun des *solides simples* qui viennent d'être énumérés, nous donnerons :

1° La règle pratique pour en déterminer la surface, c'est-à-dire l'enveloppe, avec des exemples;

2° La règle pratique pour en déterminer le volume, avec des exemples.

§ 1er. — DU CUBE.

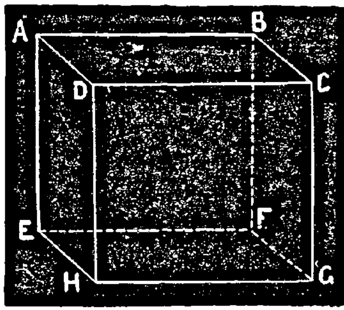
Le cube est un solide dont les trois dimensions : *longueur*, *largeur* et *hauteur* sont égales.

On comprend alors que les six faces du cube sont toutes des carrés parfaits égaux entre eux.

L'une quelconque des six faces peut servir de base.

La figure 103 (*vue en perspective*) est un cube, parce que ses trois dimensions AB, AE et AD sont égales.

FIGURE 103.



SURFACE DU CUBE.

Pour obtenir la surface d'un cube, il faut multiplier la longueur d'une des arêtes par elle-même, et multiplier ensuite le produit ainsi obtenu par 6.

Problème N° 84.

La longueur d'une arête d'un cube est de 6^{m}52, *quelle est sa surface?*

Multipliez	6,52
Par	6,52
	1304
	3 260
	39 12
PRODUIT	42,5104
Multipliez maintenant . . .	42,5104
Par	6
RÉSULTAT	255,0624

La surface cherchée est donc 255 mètres carrés 6 décimètres carrés 24 centimètres carrés.

On comprend que la surface du cube se compose de six carrés égaux, et que, pour obtenir cette superficie, il faut multiplier la superficie d'un carré par 6. C'est précisément ce qui a été fait au problème précédent.

VOLUME DU CUBE.

Pour obtenir le volume d'un cube, il faut simplement multiplier la longueur d'une de ses arêtes trois fois par elle-même.

Problème N° 85.

La longueur d'une arête d'un cube est de 8^m95, *quel est son volume ?*

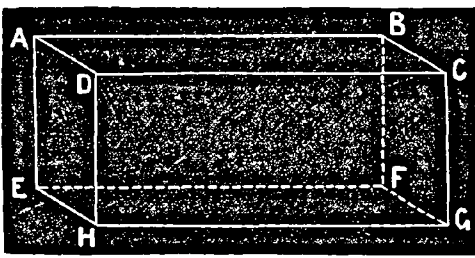
Multipliez	8,95
Par	8,95
	4475
	8 055
	71 60
PRODUIT	80,1025
Multipliez maintenant . .	80,1025
Par	8,95
	4 005125
	72 09225
	640 8200
PRODUIT	716,917375

Le volume cherché est donc 716 mètres cubes 917 décimètres cubes 375 centimètres cubes.

§ 2. — DU PARALLÉLIPIPÈDE.

Le parallélipipède est un solide terminé par six faces rectangulaires et égales deux à deux.

FIGURE 104.



Un parallélipipède n'est autre chose qu'un cube allongé.

La figure 104 (*vue en perspective*) est un parallélipipède, parce que les faces suivantes opposées sont des rectangles égaux :

ABFE = DCGH
ABCD = EFGH
ADHE = BCGF

SURFACE DU PARALLÉLIPIPÈDE.

Pour obtenir la surface d'un parallélipipède, il faut multiplier sa longueur par la longueur développée de son pourtour et ajouter au produit la surface des deux bases.

Problème N° 86.

Un parallélipipède a 5^m^60 *de longueur*, 0^m^85 *de largeur et* 0^m^54 *de hauteur, quelle est sa surface?*

La longueur du parallélipipède est 5,60.

La longueur développée du pourtour est 0,85 + 0,85 + 0,54 + 0,54 = 2,78.

Multipliez.	5,60
Par	2,78
	448
	3 92
	11 2
PRODUIT.	15,5680

A ce résultat, 15,568, il faut ajouter la surface des deux bases qui sont égales et rectangulaires. Voici le calcul :

Multipliez.	0,85	(largeur).
Par.	0,54	(hauteur).
	340	
	425	
PRODUIT.	0,4590	
A multiplier par . . .	2	
PRODUIT.	0,9180	
Ajoutez.	15,568	
à.	0,918	
TOTAL. . . . . . =	16,486	

La surface cherchée est donc 16 mètres carrés 48 décimètres carrés 60 centimètres carrés.

VOLUME DU PARALLÉLIPIPÈDE.

Pour obtenir le cube ou le volume d'un parallélipipède, il faut multiplier la longueur par la largeur, et multiplier encore le produit par la hauteur.

Problème N° 87.

Un parallélipipède a 12^m45 *de longueur,* 1^m25 *de largeur et* 0^m92 *de hauteur, quel est son volume?*

Multipliez.	12,45
Par	1,25
	6225
	2 490
	12 45
PRODUIT.	15,5625
Multipliez encore	15,5625
Par	0,92
	311250
	14 00625
RÉSULTAT.	14,317500

Le volume cherché est donc de 14 mètres cubes 317 décimètres cubes 500 centimètres cubes.

Une pièce de bois équarrie ayant, d'un bout à l'autre, même largeur et même épaisseur, n'est donc qu'un simple parallélipipède, et pour la cuber il suffit de mesurer sa longueur, sa largeur et son épaisseur, puis de multiplier ces trois dimensions ainsi que nous venons de l'indiquer. Voici, du reste, un exemple :

Problème N° 88.

Une pièce de bois de sapin équarrie a 15^m75 de longueur, 0^m88 de largeur et 0^m34 d'épaisseur, quel est son cube?

Multipliez	15,75
Par	0,88
	1 2600
	12 600
PRODUIT.	13,8600

Multipliez ensuite	13,86
Par	0,34
	5544
	4 158
RÉSULTAT	4,7124

Le volume de la pièce de bois est donc 4 mètres cubes 712 décimètres cubes 400 centimètres cubes.

On voit déjà que rien n'est plus simple que le cubage d'une pièce de bois équarrie régulièrement.

Problème N° 89.

Un parallélipipède a 4 mètres cubes 49 décimètres cubes 25 centimètres cubes de volume ; sa longueur est de 9^{m}80, *sa largeur est* 0^{m}84, *quelle est sa hauteur ?*

Multipliez	9,80
Par.	0,84
	392
	7 84
Produit.	8,232

Si la hauteur était connue, en la multipliant par 8,232, on aurait pour résultat 4^{m}049025, volume donné. Donc, en divisant 4,049025 par 8,232, on aura la hauteur demandée.

Effectuez la division :

4,0490250	8,232
75622	0,4918
15345	
71130	
5274	

La hauteur du parallélipipède est donc 0^{m}4918, ou, en forçant le dernier chiffre, 0^{m}492.

Problème N° 90.

Un mur a 12^{m}48 de longueur, 7^{m}25 de largeur et 0^{m}62 d'épaisseur; dans ce mur, six ouvertures ont été ménagées ayant chacune 1^{m}64 de hauteur et 1^{m}05 de largeur; quel est le volume réel de la maçonnerie?

Ce mur n'est autre chose qu'un parallélipipède dont le volume va être calculé comme au problème n° 87.

Pour cela, multipliez. . .	12,48	(longueur).
Par	7,25	(largeur).
	6240	
	2 496	
	87 36	
PRODUIT . . .	90,4800	
A multiplier par.	0,62	(épaisseur).
	1 8096	
	54 288	
PRODUIT . . .	56,0976	

Le mur a un volume total de 56 mètres cubes 97 décimètres cubes 600 centimètres cubes; mais, pour avoir le volume réel de la maçonnerie, il faut retrancher le vide des six ouvertures. Or, chaque ouverture est un parallélipipède ayant 1^{m}64 de longueur, 1^{m}05 de largeur et 0^{m}62 d'épaisseur.

Calculez le volume du vide des ouvertures, comme au problème n° 87.

Multipliez.	1,64	(hauteur).
Par	1,05	(largeur).
	820	
	1 64	
PRODUIT	1,7220	
A multiplier par . . .	0,62	(épaisseur).
	3444	
	1,0332	
PRODUIT	1,067640	

RÉSUMÉ.

Volume total du mur	56,09760
Volume du vide des ouvertures . . .	1,06764
DIFFÉRENCE	55,02996

Le volume réel de la maçonnerie est donc 55 mètres cubes 29 décimètres cubes 960 centimètres cubes.

§ 3. — DU PRISME.

On appelle *prisme* un solide dont les surfaces des deux bases opposées sont des plans parallèles et dont les côtés sont des rectangles ou des parallélogrammes.

Exemples, les figures 105, 106, 107 et 108 :

FIGURE 105. FIGURE 106.

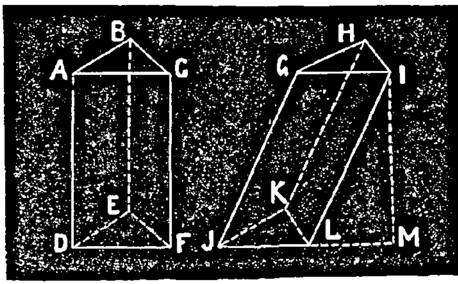
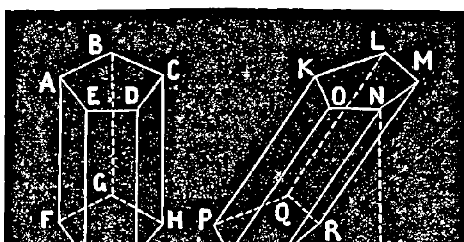


FIGURE 107. FIGURE 108.



On appelle *prisme triangulaire,* celui dont les bases sont des triangles ; *prisme quadrangulaire,* celui dont les bases sont des quadrilatères ; *prisme pentagonal,* celui dont les bases sont des polygones à cinq côtés ; *prisme hexagonal*, celui dont les bases sont des polygones à six côtés, et, en général, *prisme polygonal*, celui dont les bases sont des polygones quelconques.

Le cube et le parallélipipède décrits dans les §§ 1 et 2 (figures 103 et 104), ne sont que des *prismes quadrangulaires*.

On appelle *arêtes* d'un prisme, les lignes de jonction des faces.

On distingue encore le *prisme droit* et le *prisme oblique*.

Le *prisme droit* est celui dont les arêtes sont perpendiculaires sur le plan des bases ; conséquemment, toutes les faces latérales sont des rectangles.

Le *prisme oblique* est celui dont toutes les arêtes sont obliques sur le plan des bases; conséquemment, toutes les faces latérales sont des parallélogrammes.

On appelle *hauteur* d'un prisme, la perpendiculaire abaissée d'un point quelconque de la base supérieure sur le plan de la base inférieure ou sur son prolongement.

Il résulte de cette définition que lorsque le prisme est droit, sa hauteur est la longueur d'une de ses arêtes.

FIGURE 105. — *Prisme triangulaire droit.* Triangle ABC, base supérieure; triangle DEF, base inférieure ; les deux bases sont égales en surface et parallèles. Les trois faces latérales ABED, BCFE et ACFD sont des rectangles. Les trois arêtes AD, BE et CF sont égales et perpendiculaires sur les plans des deux bases.

Chacune d'elles peut être considérée comme la hauteur du prisme.

FIGURE 106. — *Prisme triangulaire oblique.* Triangle GHI, base supérieure; triangle JKL, base inférieure ; les deux bases sont égales en surface et parallèles. Les

trois faces latérales GHKJ, HILK et GILJ sont des parallélogrammes. Les trois arêtes GJ, HK et IL sont obliques sur les deux bases ; mais elles sont toutes les trois parallèles entre elles.

La hauteur du prisme est, par exemple, la ligne IM, perpendiculaire abaissée du point I de la base supérieure sur le prolongement du plan de la base inférieure.

FIGURE 107. — *Prisme pentagonal droit.* Pentagone ou polygone à cinq côtés ABCDE, base supérieure; pentagone ou polygone FGHIJ, base inférieure. Les deux bases sont égales en surface et parallèles. Les cinq faces latérales ALJF, EDIJ, CDIH, BCHG, BGFA sont des rectangles. Les cinq arêtes AF, EJ, BG, DI et CH sont égales et perpendiculaires sur le plan des deux bases. Chacune d'elles peut être considérée comme la hauteur du prisme.

FIGURE 108. — *Prisme pentagonal oblique.* Pentagone ou polygone à cinq côtés KLMNO, base supérieure ; pentagone ou polygone PQRST, base inférieure. Les deux bases sont égales en surface et parallèles. Les cinq faces latérales KOTP, OTSN, MNSR, LMRQ, LQPK, sont obliques sur les deux bases.

La hauteur du prisme est, par exemple, la ligne NU, abaissée du point U de la base supérieure sur le prolongement du plan de la base inférieure.

Si les deux prismes obliques, figures 106 et 108, étaient placés de façon que leurs bases inférieures fussent sur un plan horizontal, leurs hauteurs seraient les longueurs des verticales comprises entre l'un des angles de la base supérieure et le plan horizontal. On les obtiendrait à l'aide d'un fil à plomb.

SURFACE DU PRISME.

Pour calculer la surface d'un prisme, on multiplie la longueur d'une de ses arêtes par la longueur développée du contour du polygone qui sert de base s'il est droit; et, s'il est oblique, on multiplie la longueur d'une arête par la longueur développée d'une section faite perpendiculairement aux arêtes. Au résultat ainsi obtenu, on ajoute la surface des deux bases, surface qu'on évalue comme à la méthode des polygones.

Problème N° 91.

Quelle est la surface d'un prisme droit, ayant 2^m47 pour la longueur d'une de ses arêtes et 3^m48 pour le contour du polygone servant de base?

D'après la règle précédente,

Multipliez	2,47
Par.	3,48
	1976
	988
	7 41
PRODUIT.	8,5956

La superficie de toutes les faces du prisme est de 8 mètres carrés 59 décimètres carrés 56 centimètres carrés. Pour avoir la surface totale, il faudrait calculer les surfaces des deux bases par la méthode des polygones et ajouter ce résultat au nombre 8,5956.

VOLUME DU PRISME.

Le volume ou le cube d'un prisme quelconque (droit ou oblique) s'obtient en multipliant la surface de sa base par la longueur de sa hauteur.

Problème N° 92.

Quel est le volume d'un prisme triangulaire dont la hauteur est 3^{m}75, ***le triangle lui servant de base ayant*** 1^{m}82 ***de base et*** 1^{m}20 ***de hauteur.***

Cherchez d'abord la surface du triangle servant de base et vous aurez

$$\frac{1,82 \times 1,20}{2} = 1^{m}092$$

Multipliez	1,092
Par.	3,75
	5460
	7644
	3 276
PRODUIT.	4,09500

Le volume du prisme est donc 4 mètres cubes 95 décimètres cubes.

Lorsque la base d'un prisme est un polygone quelconque, il faut calculer la surface de ce polygone, ainsi que nous l'avons indiqué, problème n° 48, figure 46. Lorsqu'on possède cette surface, il faut la multiplier par la hauteur du prisme pour avoir le volume.

Problème N° 93.

Le polygone PQRST, *base du prisme oblique* (*fig.* 108), *a une surface de* 2 *mètres carrés* 34 *décimètres carrés; la longueur de sa hauteur* NU *est* 1^m84, *quel est le volume du prisme?*

Vous avez cherché préalablement la surface du polygone servant de base et vous avez trouvé 2 mètres carrés 34 décimètres carrés.

Multipliez maintenant.	2,34
Par la hauteur.	1,84
	936
	1 872
	2 34
Et vous avez.	4 3056

Le volume cherché est donc 4 mètres cubes 305 décimètres cubes et 600 centimètres cubes.

Problème N° 94.

Un prisme triangulaire a un volume de 3 *mètres cubes* 452 *décimètres cubes; sa hauteur est de* 1^m35; *le triangle servant de base a lui-même une base de* 0^m92, *quelle est la hauteur de ce triangle?*

Divisez le volume donné, 3,452, par 1^m35, hauteur du prisme, et vous aurez pour quotient la surface du triangle servant de base.

3,45200	1,35
752	2,557
770	
950	
5	

La surface du triangle servant de base est donc 2 mètres carrés 55 décimètres carrés 70 centimètres carrés. Or, dans un triangle, en divisant la surface par la moitié de la base, on a la hauteur. La moitié de la base 0,92 est 0,46.

Il faut, par conséquent, diviser 2,5570 par 0,46 :

$$\begin{array}{r|l} 2,55700 & 0,46 \\ \cline{2-2} 257 & 5,558 \\ 270 & \\ 400 & \\ 32 & \end{array}$$

La hauteur du triangle servant de base au prisme est donc, en forçant le dernier chiffre, 5^m56.

Problème N° 95.

Un prisme a un volume de 12 mètres cubes 64 décimètres cubes ; la surface du polygone qui lui sert de base est de 3 mètres carrés 39 décimètres carrés, quelle est sa hauteur ?

Pour résoudre cette question, il faut simplement diviser 12,064 par 3,39.

$$\begin{array}{r|l} 12,0640 & 3,39 \\ \cline{2-2} 1\,894 & 3,55 \\ 1990 & \\ 295 & \end{array}$$

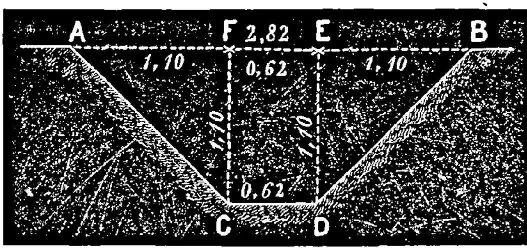
La hauteur du prisme est donc 3^m55.

Il résulte de ce qui vient d'être dit, que lorsque plusieurs prismes droits ou obliques ont des bases équivalentes et des hauteurs égales, ils ont même volume.

Problème N° 96

Soit proposé d'ouvrir un fossé sur 152m50 *de longueur, avec une section égale à celle indiquée figure* 109, *et trouver le cube de terre à enlever.*

FIGURE 109.



Le cube de terre à enlever forme un prisme droit ayant pour base le trapèze ACDB et pour hauteur 152m50. Pour en trouver le volume, il faut multiplier la surface du trapèze par la hauteur. Or, la surface du trapèze est de :

$$\frac{2^{m}82 + 0^{m}62}{2} \times 1^{m}10 = 1{,}892$$

Multipliez	1,892
Par	152,50
	9460
	3 784
	94 60
	189 2
Produit	288,5300

Pour creuser le fossé, il faudra enlever 288 mètres cubes 530 décimètres cubes de terre.

La ligne CD s'appelle *plafond* ou *cuvette* du fossé et les lignes AC et BD se nomment *talus.*

Généralement, les talus sont inclinés à 45 degrés, ce qui signifie, dans le cas particulier, que la ligne EB est égale à la ligne ED.

§ 4. — DE LA PYRAMIDE.

On appelle *pyramide,* un solide dont la base est un polygone quelconque et dont les faces latérales sont des triangles se réunissant tous en un même point, nommé *sommet de la pyramide.*

Exemples, les figures 110, 111, 112 et 113 (*vue perspective*).

FIGURE 110. FIGURE 111.

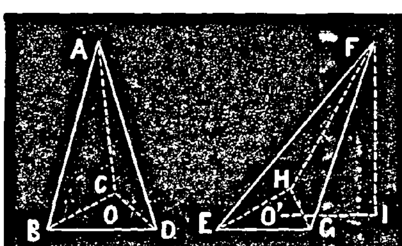
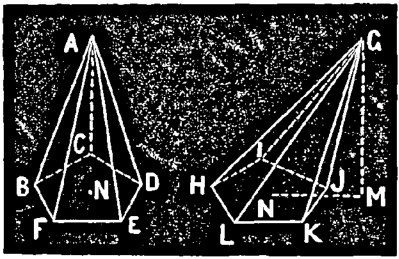


FIGURE 112. FIGURE 113



On appelle *pyramide triangulaire,* celle dont la base est un triangle; *pyramide quadrangulaire,* celle dont la base est un quadrilatère; *pyramide pentagonale,* celle dont la base est un pentagone; *pyramide hexagonale,* celle dont la base est un hexagone.

On appelle *arêtes* de la pyramide, les lignes de jonction des faces aboutissant toutes au sommet.

On appelle *hauteur* de la pyramide, la perpendiculaire abaissée de son sommet sur le plan de la base ou sur son prolongement.

On distingue deux sortes de pyramides : la *pyramide droite* et la *pyramide oblique.*

La *pyramide droite* est celle dont la base est un polygone régulier (*c'est-à-dire ayant tous ses côtés égaux*) et la hauteur aboutissant au centre même du polygone. Dans ce cas, toutes les arêtes sont égales.

La *pyramide oblique* est celle dont la base est un polygone quelconque, mais dont la hauteur tombe plus d'un côté que de l'autre, soit sur le plan de la base, soit sur son prolongement. Dans ce cas, les arêtes ne sont pas égales.

FIGURE 110. — *Pyramide triangulaire droite.* Le

triangle BCD qui sert de base est équilatéral (*c'est-à-dire ayant ses trois côtés égaux*). La hauteur tombe au point O, centre du triangle. Les trois faces latérales ACB, ABD et ACD sont trois triangles égaux et les trois arêtes AB, AC et AD sont aussi égales.

FIGURE 111. — *Prisme triangulaire oblique.* La base HEG est un triangle quelconque. La hauteur FI tombe sur le prolongement du plan de la base. Les trois arêtes et les trois surfaces latérales sont inégales.

FIGURE 112. — *Pyramide pentagonale droite.* La base BCDEF est un pentagone régulier (*c'est-à-dire ayant ses trois côtés égaux*). La hauteur tombe au point N, centre du pentagone. Les cinq faces latérales AFB, AFE, AED, ADC et ACB sont cinq triangles égaux et les arêtes AB, AF, AE, AD et AC sont aussi égales.

FIGURE 113. — *Pyramide pentagonale oblique.* La base HIJKL est un pentagone quelconque. La hauteur GM tombe sur le prolongement du plan de la base. Les cinq arêtes et les cinq surfaces latérales sont inégales.

Si les deux pyramides obliques, figures 111 et 113, étaient placées de façon que leurs bases fussent sur un plan horizontal, leurs hauteurs seraient les longueurs des verticales comprises entre les sommets des pyramides et le plan horizontal. On les obtiendrait à l'aide d'un fil à plomb.

SURFACE DE LA PYRAMIDE.

Pour calculer la surface d'une pyramide droite, il faut multiplier la longueur développée du polygone lui servant de base par la moitié de la hauteur de l'un des triangles *latéraux et ajouter au produit la surface du polygone de base.*

Si la pyramide est oblique, on calcule séparément la surface de chaque triangle en faisant l'addition des résultats obtenus, ou bien on multiplie le contour de la base par la moitié de la hauteur moyenne des divers triangles.

Problème N° 97.

Quelle est la surface d'une pyramide droite ayant une longueur de 8^m75 pour le développement du contour de sa base et 2^m94 pour la hauteur de l'un des triangles?

Prenez la moitié de 2^m94 et vous aurez 1^m47.

Multipliez	8,75
Par.	1,47
	6125
	3 500
	8 75
PRODUIT.	12,8625

Pour avoir la surface cherchée, il faudra ajouter la surface du polygone de base au produit 12^m8625.

VOLUME DE LA PYRAMIDE.

Le volume d'une pyramide quelconque est égal à la surface de sa base multipliée par le tiers de la longueur de la hauteur.

Problème N° 98.

Quel est le volume d'une pyramide triangulaire dont la hauteur est 2^m94, le triangle lui servant de base ayant 1^m42 de base et 1^m16 de hauteur?

Cherchez d'abord la surface du triangle servant de base et vous aurez

$$\frac{1,42 \times 1,16}{2} = 0,8236$$

Prenez le tiers de la hauteur, 2^m94, soit 0^m98,

Multipliez	0,8236
Par.	0,98
	65888
	74124
RÉSULTAT.	0,807128

le volume de la pyramide est donc 807 décimètres cubes 128 centimètres cubes.

Lorsque la base d'une pyramide est un polygone quelconque, il faut calculer la surface de ce polygone ainsi que nous l'avons indiqué, problème n° 48, figure 46. Et lorsqu'on possède cette surface, il faut la multiplier par le tiers de la hauteur de la pyramide pour avoir le volume.

Problème N° 99.

Le polygone HIJKL, *base de la pyramide oblique (fig. 113), a une surface de 2 mètres carrés 95 décimètres carrés; la longueur de sa hauteur* GM *est de 2^m16, quel est le volume de la pyramide?*

Vous avez préalablement cherché la surface du polygone servant de base et vous avez trouvé 2 mètres carrés 95 décimètres carrés.

Prenez le tiers de la hauteur, soit 0,72,

Multipliez maintenant . . .	2,95
Par	0,72
	590
	2 065
Et vous aurez. . .	2,1240

Le volume cherché est donc 2 mètres cubes 124 décimètres cubes.

Problème N° 100.

Une pyramide triangulaire a un volume de 2 mètres cubes 854 décimètres cubes; sa hauteur est de 1^m95; *le triangle servant de base a lui-même une base de* 1^m80, *quelle est la hauteur de ce triangle?*

Prenez le tiers de 1^m95, soit 0^m65.

Divisez le volume donné 2,854 par 0,65, tiers de la hauteur de la pyramide, et vous aurez pour quotient la surface du triangle servant de base.

2,8540	0,65
254	4,39
590	
5	

La surface du triangle servant de base est donc de 4 mètres carrés 39 décimètre carrés. Or, dans un triangle, en divisant la surface par la moitié de la base, on a la hauteur. La moitié de la base, 1^m80, est 0^m90.

Il faut, par conséquent, diviser 4^m39 par 0^m90.

4,3900	0,90
79	4,877
70	
70	
7	

La hauteur du triangle servant de base à la pyramide est donc, en forçant le dernier chiffre, 4^m88.

Problème N° 101.

Une pyramide quelconque a un volume de 3 mètres cubes 142 décimètres cubes ; la surface du polygone qui lui sert de base est de 2 mètres carrés 34 décimètres carrés, quelle est sa hauteur ?

Puisque le volume d'une pyramide est égal à la surface du polygone qui lui sert de base, multipliée par le tiers de la hauteur, on comprend qu'en divisant 3^m142 par 2^m34, on aura le tiers de la hauteur.

Effectuez la division :

31,420	2.34
802	1,34
1000	
64	

1^m34 est donc le tiers de la hauteur; multipliez ce nombre par 3 et vous aurez 4^m02 pour la hauteur elle-même.

Il résulte de ce qui vient d'être dit, que lorsque plusieurs pyramides droites ou obliques ont des bases équivalentes et des hauteurs égales, elles ont même volume.

§ 5. — DU TRONC DE PYRAMIDE.

Le tronc de pyramide est ce qui reste d'une pyramide lorsqu'on en a enlevé une partie quelconque, comprenant le sommet, par un plan parallèle à la base. Exemples : figures 114, 115, 116 et 117 (*vue en perspective*).

FIGURE 114.

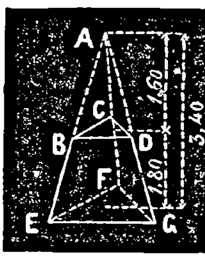


FIGURE 115.

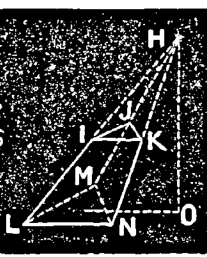


FIGURE 116.

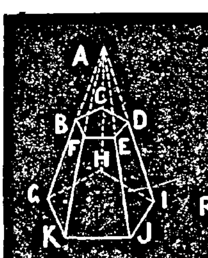


FIGURE 117.

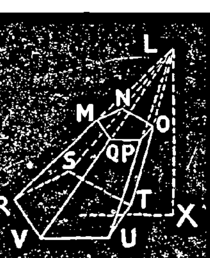


FIGURE 114. — Tronc de pyramide triangulaire droit

BCDEFG : les deux bases BCD et EFG sont parallèles. La pyramide enlevée est le solide ABDC.

FIGURE 115. — Tronc de pyramide triangulaire oblique IJKLMN : les deux bases IJK et LMN sont parallèles. La pyramide enlevée est le solide HIJK.

FIGURE 116. — Tronc de pyramide polygonal droit BCDEFGHIJK : les deux bases BCDEF et GHIJK sont parallèles. La pyramide enlevée est le solide ABCDEF.

FIGURE 117. — Tronc de pyramide polygonal oblique MNOPQRSTUV : les deux bases MNOPQ et RSTUV sont parallèles. La pyramide enlevée est le solide LMNOPQ.

Il résulte des exemples qui viennent d'être donnés, qu'un tronc de pyramide a deux bases qui sont parallèles; que ces bases sont inégales, mais rigoureusement semblables, c'est-à-dire que leurs angles sont égaux et leurs côtés respectifs proportionnels entre eux.

Il en résulte encore que, pour qu'un solide soit un tronc de pyramide, il faut que ses arêtes, supposées prolongées, aboutissent toutes en un même point, qui sera le sommet d'une pyramide complète.

De même qu'il y a *pyramide droite* et *pyramide oblique*, il y aura aussi *tronc de pyramide droit* et *tronc de pyramide oblique;* mais, que le tronc de pyramide soit droit ou oblique, le moyen d'en trouver le volume est toujours le même, de sorte que cette distinction n'est donnée que pour la forme.

Ainsi les figures 114 et 116 représentent des troncs de pyramides droits et les figures 115 et 117 représentent des troncs de pyramides obliques. La *hauteur* d'un tronc de pyramide est la perpendiculaire abaissée d'un point de la base supérieure, soit sur la base inférieure elle-même, soit sur son prolongement.

SURFACE DU TRONC DE PYRAMIDE.

Pour calculer la surface d'un tronc de pyramide droit, il faut ajouter la longueur du contour de la base supérieure à la longueur du contour de la base inférieure et multiplier la somme par la moitié de la hauteur d'un des trapèzes enveloppant le solide, puis ajouter au produit la surface des deux polygones servant de base.

Si le tronc de pyramide est oblique, on calculera séparément la surface de chacun des trapèzes latéraux et des polygones de base; puis on fera l'addition de toutes les surfaces partielles.

Problème N° 102.

Quelle est la surface d'un tronc de pyramide droit ayant :

2^m75 *pour le contour de la base supérieure;*
5^m42 *pour le contour de la base inférieure ;*
1^m56 *pour la hauteur d'un des trapèzes latéraux?*

D'après la règle précédente,

Ajoutez.	2,75
A.	5,42
TOTAL	8,17

Prenez la moitié de 1^m56, soit — 0^m78,

Multipliez.	8,17
Par.	0,78
	6536
	5 719
PRODUIT.	6,3726

Pour avoir la surface cherchée, il faudra ajouter la somme des surfaces des deux polygones de base au produit 6,3726.

On voit que la surface latérale développée du tronc de pyramide est considérée comme un trapèze.

VOLUME DU TRONC DE PYRAMIDE.

D'après la définition donnée (page 211), on pressent déjà un moyen de trouver le volume d'un tronc de pyramide, lequel moyen consiste à déterminer le volume total de la pyramide complète et retrancher du résultat le volume de la petite pyramide située au-dessus du tronc de pyramide.

Voici un exemple :

Problème N° 103.

Soit proposé de trouver le volume du tronc de pyramide triangulaire BCDEFG (*fig.* 114).

La base inférieure du tronc de pyramide est le triangle BFG, qui a lui-même 8ᵐ50 pour base et 6ᵐ30 pour hauteur. Sa surface est donc

$$\frac{8,50 \times 6,30}{2} = 26,77$$

La base supérieure du tronc de pyramide est le triangle BCD, qui a lui-même pour base 4ᵐ02 et pour hauteur 2ᵐ98. Sa surface est donc

$$\frac{4,02 \times 2,98}{2} = 5,99$$

Les trois arêtes EB, FC et GD prolongées se réunissent au même point A et constituent la pyramide complète AEFG, ayant pour base le triangle EFG et pour hauteur 3m40.

La petite pyramide ABCD, déterminée par la base supérieure du tronc de pyramide, a pour hauteur 1m60.

Ces données sont suffisantes pour trouver *très exactement* le volume du tronc de pyramide.

Le volume de la grande pyramide AEFG est égal à la surface de la base EFG, multipliée par le tiers de la hauteur, 3m40.

La surface du triangle EFG égale

$$\frac{8,50 \times 6,30}{2} = 26,77$$

Le tiers de la hauteur, 3m40, est 1m133 :

Multipliez	26,77
Par	1,133
	8031
	8031
	2 677
	26 77
RÉSULTAT.	30,33041

La pyramide complète a donc un volume de 30 mètres cubes 330 décimètres cubes 410 centimètres cubes.

Le volume de la petite pyramide ABCD, située au-dessus du tronc de pyramide, est égal à la surface de la base BCD, multipliée par le tiers de la hauteur, 1m60.

La surface du triangle BCD égale

$$\frac{4{,}02 \times 2{,}98}{2} = 5{,}99$$

Le tiers de la hauteur, $1^{m}60$, est 0,533 :

Multipliez	5,99
Par	0,533
	1797
	1797
	2 995
RÉSULTAT.	3,19267

La pyramide supplémentaire a donc un volume de 3 mètres cubes 192 décimètres cubes 670 centimètres cubes.

De	30,33041, volume de la grande pyramide,
Retranchons. .	3,19267, volume de la petite pyramide,
Il restera. . . .	27,13774, volume du tronc de pyramide.

Le tronc de pyramide proposé aura donc un volume de 27 mètres cubes 137 décimètres cubes 740 centimètres cubes, et ce résultat est *mathématiquement exact.*

On comprend que, dans la pratique, pour obtenir le volume d'un tronc de pyramide, constituer la pyramide, puis en trouver la hauteur, est une chose sinon impossible, du moins extrêmement difficile. Aussi ce moyen n'est-il jamais employé.

On peut, sans qu'il soit besoin de reconstituer la pyramide, trouver *très exactement* le volume d'un tronc de pyramide, connaissant sa hauteur et la surface de ses deux bases ; mais nous ne ferons que mentionner ce procédé, parce qu'il exige l'application de la racine carrée et que cet ouvrage ne suppose que la connaissance des quatre premières règles du calcul. Voici le procédé :

On calcule la surface de la base supérieure et de la base inférieure; on cherche la moyenne proportionnelle entre les deux bases. On fait la somme de la base inférieure, de la base supérieure et de la moyenne proportionnelle ; puis on multiplie le total par le tiers de la hauteur du tronc de pyramide, et le produit donne le résultat cherché.

Ce procédé est très long et il n'est guère plus employé que le précédent.

Dans la pratique, on se sert du moyen suivant, qui est généralement, pour ne pas dire exclusivement, employé :

On calcule la surface de la base inférieure et de la base supérieure ; on fait l'addition des deux résultats dont on prend la moitié ; puis on multiplie cette moitié par la hauteur du tronc de pyramide. Cette règle, que nous appellerons méthode approximative, se résume ainsi :

Le volume d'un tronc de pyramide est égal à la demi-somme des bases, multipliée par la hauteur.

Problème N° 104.

Soit proposé de trouver le volume du même tronc de pyramide triangulaire BCDEFG (*fig.* 114) *à l'aide de la méthode approximative.*

La base inférieure est égale à 26 mètres carrés 77 décimètres carrés, et la base supérieure est égale à 5 mètres carrés 99 décimètres carrés (voir problème n° 92).

La hauteur du tronc de pyramide est 1^m80 :

Additionnez.	26,77
Avec.	5,99
TOTAL. . .	32,76
Moitié	16,38
Multipliez.	16,38
Par la hauteur.	1,80
	13 104
	16 38
PRODUIT. . . .	29,484

Le volume est donc, d'après cette méthode, qui n'est qu'approximative, 29 mètres cubes 484 décimètres cubes.

Or, la méthode précédente, qui est *rigoureusement exacte*, a donné 30 mètres cubes 330 décimètres cubes 41 centimètres cubes.

Faisons la différence :

De	30,33041
Retranchons.	29,48400
RÉSULTAT. . .	0,84641

On voit que le second procédé présente une différence de 846 décimètres cubes en moins, *presqu'un mètre cube.* Pourtant il est, pour ainsi dire, seul employé dans la pratique ordinaire.

Mais il convient d'ajouter que moins il y a de différence dans les surfaces des deux bases du tronc de pyramide, moins il y a d'erreur dans leur volume.

Ainsi, si la base inférieure a 8 mètres carrés et la base supérieure 3 mètres carrés, l'erreur, par la méthode approximative, sera beaucoup plus grande que si la base inférieure avait toujours 8 mètres carrés et la base supérieure 7 mètres carrés.

Problème N° 105.

Un tronc de pyramide a 12 mètres cubes 62 décimètres cubes de volume; sa base inférieure a 9 mètres carrés 7 décimètres carrés de surface et sa base supérieure 3 mètres carrés 45 décimètres carrés, quelle est sa hauteur?

Opérez selon la méthode approximative :

Additionnez	3,45
Avec.	9,07
TOTAL. . .	12,52
Prenez la moitié . . .	6,26

Divisez 12^m62 par 6,26 :

12,6200	6,26
1000	2 01
374	

la hauteur du tronc de pyramide est 2^m01.

Problème N° 106.

Un tronc de pyramide a 9 *mètres cubes* 164 *décimètres cubes de volume ; sa base supérieure est de* 2 *mètres carrés* 92 *décimètres carrés ; sa hauteur est de* 1ᵐ96, *quelle est la surface de sa base inférieure ?*

Puisque le volume d'un tronc de pyramide est égal à la demi-somme des bases multipliée par la hauteur, en divisant 9,164 par 1,96 (hauteur), vous aurez pour quotient la demi-somme des bases :

$$\begin{array}{r|l} 9{,}1640 & 1{,}96 \\ \cline{2-2} 1\,324 & 4{,}67 \\ 1480 & \\ 108 & \end{array}$$

4^m67 est la demi-somme des bases. La somme des deux bases est donc $4{,}67 \times 2 = 9{,}34$.

Comme la base supérieure est 2,92, il faut donc de 9,34 retrancher 2,92 pour avoir la base inférieure. La soustraction effectuée, il restera 6 mètres carrés 42 décimètres carrés, pour la surface cherchée de la base inférieure.

Les principes exposés ci-dessus, à propos du tronc de pyramide, permettent de calculer le volume d'une pièce de bois équarrie, plus petite d'un bout que de l'autre, d'un tas de gravier ou d'un tas de terre convenablement emmétrés d'après les exemples suivants :

Problème N° 107.

Une pièce de bois équarrie a $8^{m}75$ de longueur, $0^{m}32$ de largeur et $0^{m}28$ d'épaisseur d'un bout ; $0^{m}27$ de largeur et $0^{m}24$ d'épaisseur de l'autre bout, quel est son volume ?

Cette pièce de bois à base carrée n'est autre chose qu'une pyramide quadrangulaire, dont les bases sont les deux extrémités. La base inférieure, qui est la plus grande, a pour surface $0,32 \times 0,28 = 0,0896$, soit 8 décimètres carrés 96 centimètres carrés. La base inférieure, qui est la plus petite, a pour surface $0,27 \times 0,24 = 0,0648$, soit 6 décimètres carrés 48 centimètres carrés :

Ajoutez.	0,0896
A.	0,0648
TOTAL. . .	0,1544
Dont la moitié est. . .	0,0772
Multipliez.	0,0772
Par.	8,75
	3860
	5404
	6176
PRODUIT	0,675500

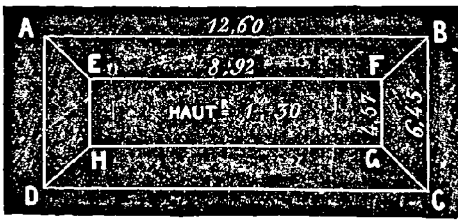
La pièce de bois proposée a donc un volume de 675 décimètres cubes 500 centimètres cubes.

Si le mètre cube coûtait 92 fr., par exemple, la pièce de bois vaudrait $0,6755 \times 92,00 = 62$ fr. 15.

Problème N° 108.

Soit proposé de trouver le volume d'un tas de gravier ou de terre ayant la forme vue en plan de la figure 118.

FIGURE 118.



La figure ABCDEFGH est un tronc de pyramide quadrangulaire, la base inférieure ABCD et la base supérieure EFGH sont des rectangles.

La surface de la base inférieure	est 12,60 × 6,45	=	81,27
Id. de la base supérieure	est 8,92 × 4,57	=	40,76
Additionnez les deux surfaces . .		=	122,03
Prenez-en la moitié, soit		=	61,015

Multipliez	61,015
Par la hauteur	1,30
	18 3045
	61 015
PRODUIT. . .	79,31950

Le cube du tas de gravier est donc, d'après la méthode approximative (dite encore : *des moyennes*), 79 mètres cubes 319 décimètres cubes 500 centimètres cubes.

Comme comparaison, afin de bien fixer les idées, nous allons *résoudre le même problème*, n° 108 :

1° A l'aide de la pyramide reconstituée, comme au problème n° 103;

2° A l'aide de la méthode exigeant la connaissance de la racine carrée, mentionnée plus haut, page 217.

1° MÉTHODE DE LA PYRAMIDE COMPLÈTE RECONSTITUÉE.

On a trouvé, comme au problème n° 103, figure 114, que la pyramide reconstituée d'après les cotes du tronc de pyramide, avait une hauteur de 4^m45.

Son volume est donc égal à sa base, qui a une surface de 81 mètres carrés 27 décimètres carrés, multipliée par le tiers de sa hautenr, 4,45, soit 1^m4833.

Multipliez donc.	81,27
Par	1,4833
	24381
	24381
	6 5016
	32 508
	81 27
Volume pour la grande pyramide . . .	120,547791

Puisque le tronc de pyramide a 1^m30 de hauteur, il reste pour la petite pyramide une hauteur de $4^m45 - 1^m30 = 3^m15$. Or, le volume de cette petite pyramide est égal à sa base, qui a une surface de 40 mètres carrés 76 décimètres carrés, multipliée par le tiers de sa hauteur, 3^m15, soit 1^m05.

Multipliez donc.	40,76
Par	1,05
	2 0380
	40 76
Volume pour la petite pyramide.	42,7980

De.	120,55,	volume de la grande pyramide,
Retranchez	42,80,	volume de la petite pyramide,
Il restera . .	77,75,	pour le volume du tronc de pyramide,

soit 77 mètres cubes 750 décimètres cubes.

2e MÉTHODE EXIGEANT LA CONNAISSANCE DE LA RACINE CARRÉE (PROBLÈME N° 108).

Multipliez la surface de la base inférieure.	81,27	
Par la surface de la base supérieure. . . .	40,76	
	4 8762	
	56 889	
	3250 8	
Extrayez la racine carrée de ce produit.	3312,5652	57,55
	812	107
	63 56	7
	6 3152	1145
	5627	5
		11505
		5

Le résultat, 57 mètres carrés 55 décimètres carrés, est la *moyenne proportionnelle* entre la base supérieure et la base inférieure, ce qui signifie qu'en multipliant le nombre 57,55 par lui-même, on a le même produit qu'en multipliant 81,27 par 40,76.

Faites l'addition des trois nombres suivants :

1°	Base inférieure	81,27
2°	Base supérieure.	40,76
3°	Moyenne proportionnelle entre les deux bases .	57,55
	TOTAL.	179,58

Prenez le tiers de la hauteur, 1m30, et vous aurez 0m433.

Multipliez	179,58
Par	0,433
	53874
	5 3874
	71 832
PRODUIT.	77,75814

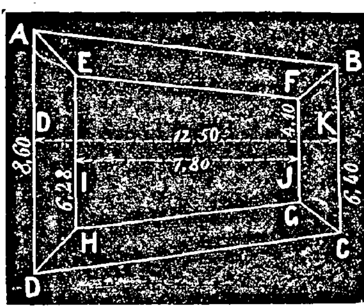
Ce procédé donne, pour le tronc de pyramide, un volume de 77 mètres cubes 758 décimètres cubes. Le précédent offre le même résultat à 8 décimètres cubes près. Aussi ces deux manières d'opérer sont-elles mathématiquement exactes, tandis que la méthode approximative donne pour résultat 79 mètres cubes 319 décimètres cubes, soit une différence en plus de 79,319 — 77,750 = 1m569.

Nous appelons la plus sérieuse attention du lecteur sur la comparaison qui vient d'être faite, afin qu'il soit bien fixé sur la valeur du procédé qu'il emploiera dans ses opérations de cubage, et cela est d'autant plus important que, dès qu'une opération de cubage se présente, presque toujours on rencontre le *tronc de pyramide.*

Problème N° 109.

Soit proposé de faire le cubage d'un tas de gravier ayant la forme vue en plan de la figure **119.**

FIGURE 119.



Hauteur en F	=	1,20
Id. en E	=	1,32
Id. en H	=	1,28
Id. en G	=	1,36
TOTAL. . . .		5,16
Hauteur moyenne. . . .		1,29

La figure 119 est considérée comme un tronc de pyramide dont les deux bases ABCD et EFGH sont des trapèzes ayant pour hauteur, l'un, la perpendiculaire DK = 12,50, et l'autre, la perpendiculaire IJ = 7,80.

Le tas de gravier a des hauteurs ou plutôt des épaisseurs différentes. Prenez-en quatre à chacun des sommets de la base supérieure : vous aurez, par exemple, 1^m20 en F, 1^m32 en E, 1^m28 en H et 1^m36 en G. Additionnez ces quatre chiffres, ce qui donne 5^m16 pour total. Divisez 5^m16 par 4, et vous aurez 1^m29, qui sera la hauteur moyenne.

Maintenant vous avez tous les éléments nécessaires pour déterminer le volume de la figure au moyen de la méthode approximative.

Voici les calculs :

Surface base inférieure ABCD $= \dfrac{8,60 + 6,40}{2} \times 12,50 = 93,75$

Surface base supérieure EFGH $= \dfrac{6,28 + 4,10}{2} \times 7,80 = 40,48$

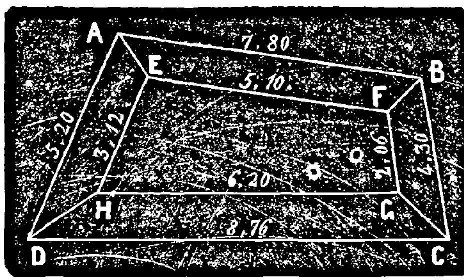
Faites l'addition.	134,23
Dont la moitié est de	67,115
A multiplier par la hauteur moyenne. .	1,29
	6 04035
	13 4230
	67 115
PRODUIT.	86,57835

Le volume cherché est donc de 86 mètres cubes 578 décimètres cubes 350 centimètres cubes.

Problème N° 110.

Soit proposé de faire le cubage d'un tas de gravier ayant la forme de la figure 120, vue en plan.

FIGURE 120.



Hauteur	en E . . .	=	1,05
Id.	en F. . . .	=	1,12
Id.	en G. . . .	=	1,18
Id.	en H. . . .	=	1,14
TOTAL.			4,49
Hauteur moyenne.			1,12

La figure 120 est considérée comme un tronc de pyramide dont les deux bases ABCD et EFGH sont des quadrilatères irréguliers. Pour trouver la surface de ces bases, il faudrait les décomposer en triangles par des diagonales, ainsi que nous l'avons indiqué au problème n° 48, puis on opère en tous points comme précédemment.

Mais on emploie quelquefois aussi la méthode approximative suivante dont on se contente dans bien des cas, et nous pensons qu'il n'est pas inutile de la faire connaître, l'opérateur étant toujours libre de choisir le système de cubage qui va le mieux à ses intérêts.

Mesurez la longueur de chacun des côtés AB, BC, CD et DA de la base inférieure, ainsi que les côtés EF, FG, GH et HE de la base supérieure.

Faites la moyenne des côtés opposés AB et DC, et vous aurez

$$\frac{7{,}80 + 8{,}76}{2} = 8^{m}28$$

Opérez de même pour les côtés opposés AD et BC, et vous aurez

$$\frac{5{,}20 + 4{,}30}{2} = 4^{m}75$$

Il résulte de ces calculs que le quadrilatère ABCD est *approximativement* égal à un rectangle qui aurait $8^{m}28$ de base et $4^{m}75$ de hauteur, dont la surface serait de $8{,}28 \times 4{,}75 = 39{,}33$.

Faites la moyenne des côtés opposés EF et HG, et vous aurez

$$\frac{5{,}10 + 6{,}20}{2} = 5^{m}65$$

Opérez de même pour les côtés opposés EH et FG, et vous aurez

$$\frac{3{,}12 + 2{,}06}{2} = 2^{m}59$$

Il résulte de ces calculs que le quadrilatère EFGH est *approximativement* égal à un rectangle, qui aurait 5^m65 de base et 2^m59 de hauteur, dont la surface serait de $5,65 \times 2,59 = 14^m63$.

Additionnez	14,63	surface de la base supérieure.
Avec.	39,33	surface de la base inférieure.
TOTAL. . . .	53,96	
Moitié	26,98	moyenne entre les bases.

L'épaisseur du tas de gravier n'étant pas uniforme, il a été pris, aux points E,F,G,H, les cotes **1,05**, **1,12**, **1,18**, **1,14**, dont la somme est de **4,49**, donnant une moyenne de **1,12**.

Multipliez.	26,98
Par	1,12
	5396
	2 698
	26 98
PRODUIT.	30,2176

Le tas de gravier a donc un volume *approximatif* de 30 mètres cubes 217 décimètres cubes 600 centimètres cubes.

§ 6. — DU CYLINDRE.

Le cylindre est un solide dont deux faces opposées sont des cercles égaux et parallèles, et dont la surface convexe est formée par une ligne droite tournant en rasant les deux cercles parallèlement à une autre, qui joint les centres desdits cercles et qu'on appelle *axe du cylindre*.

On dit encore qu'un cylindre est le volume engendré par le mouvement d'un rectangle tournant sur l'un de ses côtés.

Les cercles extrêmes constituent les deux bases du cylindre.

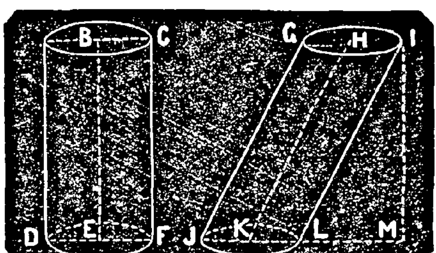
On distingue deux espèces de cylindres :

1° Le *cylindre droit;*
2° Le *cylindre oblique.*

Le *cylindre droit* est celui dont l'axe est perpendiculaire sur le plan de la base : exemple, figure 121.

Le *cylindre oblique* est celui dont l'axe est oblique sur le plan de la base : exemple, figure 122.

FIGURE 121. FIGURE 122.



On appelle *hauteur d'un cylindre*, la perpendiculaire abaissée d'un point quelconque de la base supérieure, soit sur le plan de la base inférieure, soit sur son prolongement.

Ainsi, figure 121, la hauteur du cylindre droit est l'axe BE, et, figure 122, la hauteur du cylindre oblique est la perpendiculaire IM, abaissée du point I de la base supérieure sur le prolongement du plan de la base inférieure.

Si le cylindre oblique, figure 122, était placé de façon que la base inférieure fût sur un plan horizontal, la hauteur serait la longueur de la verticale comprise entre le point I et le plan horizontal. On l'obtiendrait très facilement à l'aide d'un fil à plomb.

SURFACE DU CYLINDRE.

La surface d'un cylindre droit ou oblique est égale à la longueur de la circonférence d'une des bases, multipliée par la hauteur, en évaluant séparément la surface des deux cercles de base et en ajoutant cette surface au premier produit.

Problème N° 111.

Quelle est la surface d'un cylindre ayant 3^m^28 de hauteur et dont la longueur de la circonférence de la base est de 1^m^68 ?

D'après la règle précédente,

Multipliez.	3,28
Par	1,68
	2624
	1 968
	3 28
PRODUIT.	5,5104

A ce produit, il suffira d'ajouter la surface des deux cercles de base pour avoir le résultat demandé.

VOLUME DU CYLINDRE.

Le volume d'un cylindre quelconque est égal à la surface du cercle qui lui sert de base, multipliée par la hauteur.

Problème N° 112.

Un cylindre a 3m25 *de hauteur; le rayon du cercle qui lui sert de base est de* 0m62, *quel est le volume de ce cylindre?*

Pour résoudre ce problème, cherchez d'abord la surface du cercle qui lui sert de base. Pour cela

Multipliez	0,62
Par	0,62
	124
	372
Multipliez.	0,3844
Par	3,1416
	23064
	3844
	15376
	3844
	1 1532
PRODUIT.	1,20763104

Multipliez.	1,20763104
Par la hauteur du cylindre .	3,25
	603815520
	241526208
	3 62289312
RÉSULTAT	3,9248008800

Le cylindre proposé a donc un volume de 3 mètres cubes 924 décimètres cubes 800 centimètres cubes et 880 millimètres cubes.

On se contente toujours des trois premiers chiffres décimaux, et le cube demandé est, en forçant le dernier chiffre, de 3 mètres cubes 925 décimètres cubes.

Problème N° 113.

Un cylindre a 2^m92 *de hauteur; la circonférence du cercle qui lui sert de base a une longueur de* 3^m40, *quel est le cube de ce cylindre?*

Cherchez d'abord le diamètre de la base. Divisez 3,40 par 3,1416 :

3,40000000	3,1416
258400	1,08
7072	

Le diamètre est 1,08 et le rayon égal, 0,54.

Déterminez maintenant la surface du cercle, et pour cela

Multipliez	0,54
Par.	0,54
	216
	270
Multipliez ensuite	0,2916
Par.	3,1416
	17496
	2916
	11664
	2916
	8748
Surface du cercle	0,91609056
Multipliez maintenant	0,91609056
Par la hauteur du cylindre..	2,92
	183218112
	824481504
	1 83218112
RÉSULTAT	2,6749844352

Le volume du cylindre est donc 2 mètres cubes 675 décimètres cubes, en forçant le dernier chiffre et en négligeant tous les autres.

Nota. — On aurait pu trouver la surface du cercle en multipliant simplement la longueur de la circonférence 3,40 par 0,27, qui est la moitié du rayon 0,54.

Problème N° 114.

Quelle est la hauteur d'un cylindre ayant 4 mètres 65 décimètres cubes pour son volume et 1 mètre 2 centimètres pour la longueur du rayon du cercle qui lui sert de base?

Cherchez d'abord la surface du cercle de base. Pour cela

Multipliez.	1,02
Par	1,02
	204
	1 02
Multipliez encore	1,0404
Par	3,1416
	62424
	10404
	41616
	10404
	3 1212
PRODUIT.	3,26852064

Comme le volume d'un cylindre est égal à la surface de la base multipliée par la hauteur, en divisant $4^{m}065$, son volume, par 3,269, surface de la base, vous aurez la hauteur.

Effectuez la division :

4,06500	3,269
7960	1,24
14220	
1144	

La hauteur cherchée est donc 1,24.

Il résulte de ce qui vient d'être dit, que plusieurs cylindres droits ou obliques ayant des bases égales et même hauteur, ont exactement le même volume.

Problème N° 115.

Une pièce de bois en grume a 1^{m}98 *de circonférence et* 12^{m}65 *de longueur, quel est son volume?*

Cette pièce de bis est un cylindre. Pour la cuber, cherchez le diamète en divisant 1,98 par 3,1416 :

1,980000	3,1416
95040	0,63
792	

Le rayon est la moitié de 0,63, soit 0,315.

Déterminez la surface du cercle et vous aurez $0,315 \times 0,315 \times 3,1416 = 0,3117$.

Multipliez	0,3117	
Par	12,65	(longueur de la pièce).
	15585	
	18702	
	6234	
	3 117	
Produit	3,943005	

Le volume de la pièce de bois est donc de 3 mètres cubes 943 décimètres cubes 5 centimètres cubes.

On conçoit que le volume trouvé par le procédé suivi au problème n° 115 comprend l'écorce et l'aubier, qui pourtant ne doivent pas être payés, puisque ces matières disparaissent dans l'équarrissage. Aussi, les marchands de bois, charpentiers et autres, ont-ils bien soin d'en tenir compte dans le cubage, en ne prenant à leur charge que la partie de la pièce en état d'être employée.

On ne doit compter que le carré qu'il est possible d'inscrire dans la circonférence moyenne, le surplus devant tomber par suite de la main-d'œuvre d'équarissage.

C'est ce qu'on appelle *cuber une pièce de bois au quart sans déduction, au cinquième* ou *usixième déduit*, et nous allons donner un exemple de chacun de ces cas.

PREMIER CAS. — Cubage au quart, sans déduction.

Pour opérer, on prend le quart de la longueur de la circonférence moyenne, on multiplie le résultat par lui-même, puis on multiplie le produit par la longueur de la pièce de bois et on a le volume cherché.

Problème N° 116.

Une pièce de bois a 1ᵐ86 de circonférence moyenne et 9ᵐ45 de longueur, quel est son volume AU QUART, SANS RÉDUCTION?

Prenez le quart, sans réduction, de 1ᵐ86 et vous aurez 0ᵐ465.

Multipliez	0,465
Par.	0,465
	2325
	2790
	1860
PRODUIT.	0,216225
Multipliez	0,216225
Par	9,45
	1081125
	864900
	1 946025
RÉSULTAT.	2,04332625

Le résultat cherché est 2 mètres cubes 43 décimètres cubes 326 centimètres cubes.

DEUXIÈME CAS. — Cubage au cinquième déduit.

On prend le cinquième de la longueur de la circonférence, de laquelle on retranche ce cinquième, puis on prend le quart de la différence et on multiplie ce résultat par lui-même. On multiplie ensuite le produit par la longueur de la pièce de bois et on a le volume cherché.

Problème N° 117.

Soit proposé de trouver le volume, AU CINQUIÈME DÉDUIT, *de la même pièce de bois (problème n° 116), ayant* 1^m86 *de circonférence moyenne et* 9^m45 *de longueur.*

Prenez le cinquième de 1^m86 et vous aurez 0,372.

De	1,860
Retranchez.	0,372
Il restera.	1,488

dont vous prendrez le quart, soit 0,372.

Multipliez	0,372
Par	0,372
	744
	2604
	1116
	0,138384

Multipliez.	0,138384
Par.	9,45 (longueur).
	691920
	553536
	1 245456
RÉSULTAT.	1,30772880

Le cube de la même pièce, au cinquième déduit, est donc de 1 mètre cube 307 décimètres cubes 729 centimètres cubes.

TROISIÈME CAS. — Cubage au sixième déduit.

On opère exactement comme au cas précédent, avec cette différence qu'on retranche de la circonférence le sixième au lieu du cinquième.

Problème N° 118.

Soit proposé de trouver le volume, AU SIXIÈME DÉDUIT, *de la même pièce de bois (problème n° 104), ayant* 1^m86 *de circonférence moyenne et* 9^m45 *de longueur.*

Prenez le sixième de 1^m86 et vous aurez 0,31.

De	1,86
Retranchez	0,31
Il restera. . . .	1,55

dont vous prendrez le quart, soit 0,39.

Multipliez.	0,39
Par.	0,39
	351
	117
PRODUIT.	0,1521
Multipliez.	0,1521
Par	9,45
	7605
	6084
	1 3689
RÉSULTAT.	1,437345

Le cube de la même pièce, au sixième déduit, est donc de 1 mètre cube 427 décimètres cubes 345 centimètres cubes.

Les trois derniers problèmes, portant sur la même pièce de bois, permettront, au vendeur comme à l'acheteur, de voir quelle est la différence de résultat que donne l'application de l'une ou de l'autre méthode de cubage, *soit au quart, soit au cinquième, soit au sixième*, et ce sera à eux à choisir celle qui ménage le mieux leurs intérêts.

§ 7. — DU CONE.

Le *cône* est un solide dont la base est un cercle et qui est engendré par le mouvement d'un triangle rectangle tournant sur l'un des côtés de l'angle droit.

On appelle *axe* une ligne droite qui va du sommet du cône au centre du cercle de base.

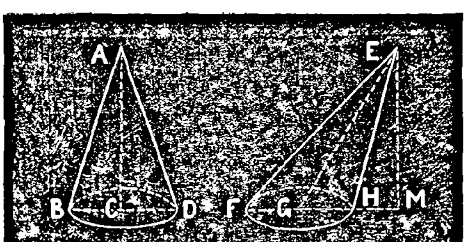
On distingue deux espèces de cône :

1° le *cône droit;*
2° le *cône oblique*.

Le *cône droit* est celui dont l'axe est perpendiculaire sur le plan de la base; exemple, figure 123.

Le *cône oblique* est celui dont l'axe est oblique sur le plan de la base ; exemple, figure 124.

FIGURE 123. FIGURE 124.



On appelle *hauteur d'un cône*, la perpendiculaire abaissée d'un point quelconque de la base supérieure, soit sur le plan de la base inférieure, soit sur son prolongement.

Ainsi, figure 123, la hauteur du cône droit est l'axe AC, et, figure 124, la hauteur du cylindre oblique est la perpendiculaire EM abaissée du sommet E du cône sur le prolongement du plan de la base inférieure.

Si le cône oblique, figure 124, était placé de façon que la base inférieure fût sur un plan horizontal, sa hauteur EM serait verticale et on l'obtiendrait très facilement à l'aide d'un fil à plomb.

SURFACE DU CONE.

La surface d'un cône droit est égale à la longueur de la circonférence du cercle de base, multipliée par la moitié de la longueur de l'hypoténuse du triangle rectangle qui a engendré le cône. Il faut ajouter au produit la surface du cercle de base.

Problème N° 119.

Quelle est la surface d'un cône dont la longueur de la circonférence de la base est 4m37 et la longueur de l'hypoténuse, 2m18?

D'après la règle précédente,

Multipliez	4,37	
Par.	1,09	(moitié de 2m18).
	3933	
	4 37	
PRODUIT.	4,7633	

Pour avoir le résultat demandé, ajoutez la surface du cercle de base au produit 4,7633.

VOLUME DU CONE.

Le volume d'un cône quelconque est égal à la surface du cercle qui lui sert de base, multipliée par le tiers de la hauteur.

Problème N° 120.

Un cône a 2^m^95 *de hauteur ; le rayon du cercle lui servant de base est* 0^m^58, *quel est le volume de ce cône ?*

Pour résoudre ce problème, cherchez d'abord la surface du cercle qui sert de base au cône. Pour cela,

Multipliez	0,58
Par	0,58
	464
	290
Multipliez	0,3364
Par	3,1416
	20184
	3364
	13456
	3364
	1 0092
Multipliez enfin	1,05683424
Par le tiers de la hauteur.	0,983
	317050272
	845467392
	951150816
RÉSULTAT.	1,03886805792

Le cône proposé a donc un volume de 1 mètre cube 38 décimètres cubes 868 centimètres cubes

Problème N° 121.

Un cône a 3^m27 de hauteur; la circonférence du cercle qui lui sert de base a une longueur de 2^m85, quel est le volume de ce cône?

Cherchez d'abord le diamètre de la base en divisant 2^m85 par 3,1416.

2,8500000	3,1416
225600	0,907 ou 0,91 en forçant.
5688	

Le diamètre est 0,91 et le rayon 0,455.

Déterminez maintenant la surface du cercle, et pour cela

Multipliez	0,455	
Par.	0,455	
	2275	
	2275	
	1820	
Multipliez ensuite .	0,207025	
Par.	3,1416	
	1242150	
	207025	
	828100	
	207025	
	621075	
Multipliez enfin. .	0,6503897400	(surface du cercle),
Par.	1,09	(tiers de la hauteur).
	585350766	
	65038974	
Résultat	0,7089248166	

Le volume du cône donné est donc 708 décimètres cubes 923 centimètres cubes.

Nota. — On aurait pu trouver la surface du cercle en multipliant simplement la longueur de la circonférence, 2,85, par 0,2275, qui est la moitié du rayon 0,455.

Problème N° 122.

Quelle est la hauteur d'un cône ayant 1 mètre cube 778 décimètres cubes de volume et 1ᵐ24 pour la longueur du rayon du cercle qui lui sert de base?

Cherchez d'abord la surface du cercle servant de base. Pour cela,

Multipliez............	1,24
Par....................	1,24
	496
	248
	1 24
Multipliez ensuite......	1,5376
Par....................	3,1416
	92256
	15376
	61504
	15376
	4 6128
PRODUIT	4.83052416

Comme le volume d'un cône est égal à sa base multipliée par le tiers de sa hauteur, en divisant 1ᵐ728 par

4,830 (*en supprimant tous les autres chiffres*), on aura le tiers du résultat cherché. Effectuez la division :

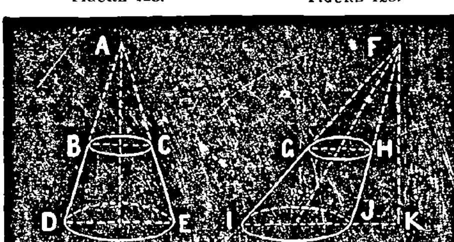
$$\begin{array}{r|l} 1{,}728000 & 4{,}83 \\ \cline{2-2} 790 & 0{,}3577 \\ 750 & \\ 3690 & \\ 309 & \end{array}$$

Le tiers de la hauteur du cône étant de 0,3577, la hauteur totale sera $0{,}3577 \times 3 = 1{,}0731$, *ou* simplement 1^m07, en négligeant les deux derniers chiffres.

§ 8. — DU TRONC DE CONE.

Le *tronc de cône* est ce qui reste d'un cône lorsqu'on en a enlevé une partie quelconque, comprenant le sommet, par un plan parallèle à la base ; exemples, figures 125 et 126.

FIGURE 125. FIGURE 126.



De même qu'il y a *cône droit* et *cône oblique*, il y aura aussi *tronc de cône droit* et *tronc de cône oblique*.

Dans le premier cas, la ligne droite qui joint les centres des deux cercles qui servent de bases, sera perpendiculaire sur le plan de la base inférieure, figure 125, et dans le second cas, la même ligne sera oblique sur ladite base, figure 126.

Mais, que le tronc de cône soit droit ou oblique, le moyen d'en trouver le volume est toujours le même, de sorte que cette distinction n'est donnée que pour la forme.

SURFACE DU TRONC DE CONE.

La surface du tronc de cône droit est égale à la somme des longueurs des circonférences des deux bases, multipliée par la moitié de la portion comprise entre les deux bases de l'hypoténuse du triangle rectangle qui a engendré le cône complet. Il faut ajouter au produit la somme des surfaces des deux bases.

Problème N° 123.

Quelle est la surface d'un tronc de cône ayant les dimensions suivantes :

1° 1m82 *longueur de la circonférence, base supérieure ;*

2° 2m74 *longueur de la circonférence, base inférieure ;*

3° 1m28 *longueur de la portion de l'hypoténuse comprise entre les bases ?*

D'après la règle précédente,

Ajoutez	1,82
A.	2,74
TOTAL	4,56
A multiplier par	0,64
	1824
	2 736
PRODUIT. . . .	2,9184

Pour obtenir le résultat demandé, il faut ajouter au produit 2,9184, la somme des surfaces des deux cercles de base.

VOLUME DU TRONC DE CONE.

De la définition donnée plus haut, il résulte clairement que, pour trouver le volume du tronc de cône, il suffit de déterminer le volume du cône complet, d'en retrancher le volume du cône supplémentaire et la différence constituera *très exactement* le résultat cherché.

Le *tronc de cône*, comme le *tronc de pyramide*, jouant un très grand rôle dans les opérations du cubage, nous donnerons les différents modes comparés d'en trouver le volume, afin que l'opérateur soit bien fixé sur le système qui lui conviendra le mieux.

Ces modes sont au nombre de trois, savoir :

1° *Mode du cône principal reconstitué;*

2° *Mode exigeant la connaissance de la racine carrée;*

3° *Mode approximatif.*

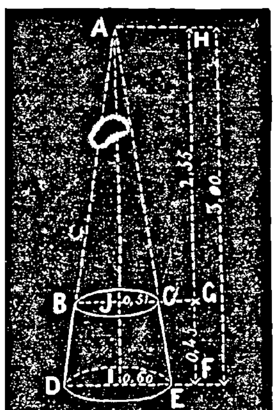
Nous allons résoudre le problème suivant d'après chacun des trois systèmes :

Problème N° 124.

Soit proposé de trouver le volume du tronc de cône BCDE (*fig.* 127), *ayant* 0,51 *pour le diamètre de la base supérieure,* 0,60 *pour le diamètre de la base inférieure et* 0,45 *de hauteur.*

1° MODE DU CÔNE PRINCIPAL RECONSTITUÉ.

FIGURE 127.



Il s'agit d'abord de déterminer la hauteur AI ou HF du cône complet, à l'aide des cotes données pour le tronc de cône; et, puisque nous connaissons la longueur JI ou GF, qui est 0,45, il suffit de trouver la longueur de AJ ou HG. Pour cela,

Multipliez	0,51	(diamètre de la base supérieure),
Par	0,45	(hauteur du tronc de cône).
	255	
	204	
PRODUIT . .	0,2295	

Prenez maintenant la différence entre 0,60, diamètre de la base inférieure, et 0,51, diamètre de la base supérieure, et vous aurez 0,09.

Divisez ensuite 0,2295 par 0,09 :

0,2295	0,09
49	2,55
45	
0	

Le quotient de la division, 2^m55, est la hauteur du cône supplémentaire. En ajoutant 2,55 à 0,45, qui est la hauteur du tronc de cône, on aura 3 mètres pour la hauteur du cône reconstitué.

RÈGLE GÉNÉRALE. — Lorsqu'on a les cotes d'un tronc de cône, pour trouver la hauteur du cône reconstitué, *multipliez le diamètre de la base supérieure, ou le plus petit diamètre, par la hauteur du tronc de cône et divisez le produit par la différence entre les longueurs des deux diamètres, puis ajoutez le quotient à la hauteur du tronc de cône.*

Revenons au calcul du volume du tronc de cône.

Cherchez d'abord le volume du cône reconstitué ADE.

Surface du cercle de base :

Multipliez le rayon	0,30
Par lui-même	0,30
Produit	0,0900
Multipliez ensuite.	3,1416
Par	0,09
Surface du cercle de la base inférieure du tronc de cône.	0,282744

Le cône ayant 3 mètres de hauteur, le tiers sera 1 mètre, qui, multiplié par 0,282744, donnera précisément le même chiffre pour son volume, soit 0,282744.

Déterminons maintenant le volume du petit cône ABC :

Multipliez le rayon . .	0,255	(moitié de 0^m51),
Par lui-même.	0,255	
	1275	
	1275	
	510	
Produit.	0,065025	
A multiplier par. . . .	3,1416	
	390150	
	65025	
	260100	
	65025	
	195075	
Surface du cercle, base du tronc de cône . .	0,2042825400	
A multiplier par. . . .	0,85	(tiers de la haut^r 2^m55)
	102141270	
	163426032	
Volume du petit cône	0,1736401590	

RÉSUMÉ.

De	0,282744,	volume du cône reconstitué,
Retranchez.	0,173640,	volume du cône supérieur,
Il restera . .	0,109104,	pour le volume du tronc de cône;

soit, pour le résultat cherché, 109 décimètres cubes 104 centimètres cubes. Si le tronc de cône était un vase, une chaudière, une petite tonne, dont il a la forme, et qu'on voulût obtenir sa capacité en litres, comme on se souvient que le décimètre cube vaut 1 litre, on aurait 109 litres 104 millilitres, ou simplement 109 litres.

2° MODE EXIGEANT LA CONNAISSANCE DE LA RACINE CARRÉE.

Il faut additionner la surface de la base supérieure, la surface de la base inférieure et une surface moyenne proportionnelle entre les surfaces des bases, puis multiplier le total par le tiers de la hauteur du tronc de cône.

Cherchez déjà la moyenne proportionnelle. Pour cela,

```
Multipliez . . .     0,282744  (base inférieure),
Par . . . . . . .    0,204282  (base supérieure).
                    ----------
                       565488
                     2261952
                     565488
                   1130976
                  565488
                  ------------
PRODUIT. . . .    0,057759509808
```

Extrayez la racine carrée de. .	0,057759509808	0,240332
	177	44
	15950	4
	154198	4803
	1000908	3
	39584	48063
		3
		480662
		2

Maintenant additionnez :

Base inférieure.	0,282744	
Base supérieure	0,204282	
Moyenne proportionnelle.	0,240332	
TOTAL.	0,727358	
A multiplier par	0,15	(tiers de la hauteur du tronc de cône).
	3636790	
	727358	
PRODUIT.	0,10910370	

soit 109 décimètres cubes 104 centimètres cubes, ou 100 litres 104 millilitres pour la capacité du tronc de cône.

3° MODE APPROXIMATIF.

Pour trouver le volume d'un tronc de cône par le mode approximatif, il faut calculer la surface des deux bases, en faire l'addition, prendre la moitié de la somme et multiplier cette somme par la hauteur.

Additionnez	0,282744 (base inférieure),
Avec	0,204282 (base supérieure).
TOTAL.	0,487026
Dont la moitié est de . . .	0,243513
Multipliez	0,243513
Par la hauteur	0,45
	1217565
	974052
PRODUIT. . . .	0,10958085

soit 109 décimètres cubes 581 centimètres cubes, ou bien 109 litres 581 millilitres.

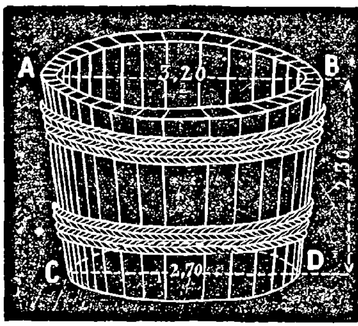
On voit que les deux premiers modes, qui sont rigoureusement exacts, donnent le même résultat, tandis que le troisième mode offre une différence en plus de 477 centimètres cubes, ou 477 millilitres (*le décimètre cube et le millilitre étant la même chose*).

REMARQUE. — Cet écart est relativement peu sensible, parce que entre les diamètres des deux bases il n'y a qu'une différence de 9 centimètres; mais si les diamètres différaient d'une quantité plus importante, l'erreur serait plus considérable. Nous ne faisons, du reste, que répéter ce que nous avons dit à propos du tronc de pyramide, car on comprend qu'un tronc de cône n'est autre chose qu'un tronc de pyramide d'un nombre infini de côtés.

Problème N° 125.

Soit proposé de déterminer la capacité d'une cuve ABDC, *figure* 128.

FIGURE 128.



Cette cuve n'est qu'un tronc de cône renversé et nous allons calculer sa capacité :

1° *D'après la méthode du cône reconstitué;*

2° *D'après la méthode approximative.*

1° MÉTHODE DU CÔNE RECONSTITUÉ.

Cherchez d'abord la hauteur du cône complet en appliquant la *règle générale* donnée, page 251.

Pour cela,

Multipliez.	2,70	(diamètre du petit cercle),
Par	2,30	(hauteur de la cuve).
	81	
	5 4	
PRODUIT.	6,21	

Faites maintenant la différence entre les longueurs des deux diamètres et vous aurez $3,20 - 2,70 = 0,50$.

Divisez 6,21 par 0,50 :

6,21	0,50
1 2	12,42
21	
10	
0	

Le grand cône, dont nous allons chercher maintenant la capacité, a donc une hauteur de $12^m42 + 2,30 = 14,72$.

Trouvez d'abord la surface du grand cercle qui a pour diamètre $AB = 3,20$.

Multipliez.	1,60	(rayon),
Par lui-même.	1,60	
	96	
	1 6	
PRODUIT.	2,56	
A multiplier par	3,1416	
	1536	
	256	
	1024	
	256	
	7 68	
Surface du cercle supérieur.	8,042496	

Multipliez.	8,042496	
Par.	4,9066	(tiers de la h^r 14,72).
	48254976	
	48254976	
	7 2382464	
	32 169984	
PRODUIT.	39,4613108736	

Le cône complet a donc un volume de 39 mètres cubes 461 décimètres cubes 311 centimètres cubes, ou bien 39461 litres 311 millilitres.

Déterminez maintenant le volume du cône supplémentaire dont le cercle de base a 2^m70 de diamètre et dont la hauteur est de 12,42.

Multipliez.	1,35	(rayon),
Par lui-même	1,35	
	675	
	405	
	1 35	
PRODUIT.	1,8225	
A multiplier par. . . .	3,1416	
	109350	
	18225	
	72900	
	18225	
	5 4675	
Surface du cercle inférieur. .	**5,72556600**	

Surface du cercle. . .	5,725566	
A multiplier par . . .	4,14	(tiers de la haut 12,42).
	22902264	
	5725566	
	22 902264	
PRODUIT.	23,70384324	

Le cube supplémentaire a donc un volume de 23 mètres cubes 703 décimètres cubes 843 centimètres cubes, ou bien une capacité de 23703 litres 843 millilitres.

Maintenant résumons :

Le cube reconstitué a une capacité de.	39461	litres	311	millilitres.
La pyramide supplémentaire a une capacité de.	23703	»	843	»
DIFFÉRENCE.	15757	litres	468	millilitres.

La cuve, figure 128, a donc, d'après la méthode du cône reconstitué, une capacité de 15757 litres 468 millilitres.

2° MÉTHODE APPROXIMATIVE.

Pour opérer selon ce procédé, il faut additionner la surface des deux cercles de base, prendre la moitié de la somme et multiplier cette moitié par la hauteur de la cuve.

Surface du cercle supérieur	8,042496
Surface du cercle inférieur	5,725566
TOTAL.	13,768062
Dont la moitié est de	6,884031

Multipliez	6,884031
Par la hauteur.	2,30
	2 0652093
	13 768062
PRODUIT.	15,8332713

On voit que la capacité de la cuve, d'après la méthode approximative, est 15 mètres cubes 833 décimètres cubes 271 centimètres cubes, ou bien 15833 litres 271 millilitres.

COMPARAISON DES RÉSULTATS OBTENUS PAR LES DEUX MÉTHODES.

1° Méthode approximative	15833,271
2° Méthode du cône reconstitué, dite *exacte*	15757,468
DIFFÉRENCE	00075,803

Il résulte de cette comparaison que la méthode approximative donne un résultat supérieur à l'autre méthode de 75 litres 803 millilitres.

MOYEN DE DÉTERMINER LA CAPACITÉ DES TONNEAUX.

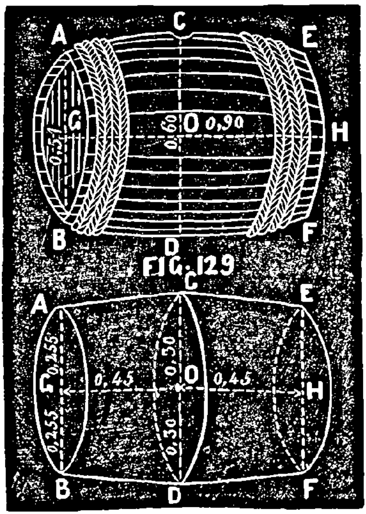
Problème N° 126.

Soit proposé de déterminer la capacité du tonneau (*fig.* 128bis) *ayant les dimensions suivantes :*

1° 0,60 *pour le diamètre intérieur* CD *du bouge;*
2° 0,51 *pour le diamètre intérieur* AB *d'un des fonds;*
3° 0,90 *pour la longueur comprise entre les fonds.*

Un tonneau, dont le dessin est donné par la fig. 128bis, semble être composé de deux troncs de cône réunis par leurs bases inférieures. Dans ce cas, il serait représenté exactement par la figure 129.

FIGURES 128 bis ET 129.



En supposant donc un tonneau comme formé de deux troncs de cône réguliers droits, pour en trouver la capacité, il suffirait de calculer le volume de l'un d'eux et de multiplier le résultat par 2.

Il convient de remarquer que, dans la figure 127, donnée pour l'explication du problème 124, le tronc de cône BCED est précisément la moitié du tonneau, figure 129, les cotes étant les mêmes.

Le calcul est donc tout fait et la capacité de ce solide, calculée par la méthode exacte, donne 109 litres 104 millilitres (page 253). En multipliant ce chiffre par 2, puisque le fût se compose de deux troncs de cône égaux, on aura :

$$109{,}104 \times 2 = 218 \text{ litres } 208 \text{ millilitres.}$$

Mais il faut observer qu'un tonneau présente des irrégularités résultant de la courbure des douelles, qui font qu'il n'est pas formé de deux troncs de cône réguliers. Aussi la méthode ordinaire appliquée précédemment comme au problème n° 124, n'est-elle pas exacte : elle donne un résultat trop faible, et cela se comprend, puisque chaque douelle a été supposée de deux parties droites AC et CE, figure 129, formant un angle très obtus par leur réunion au point C, tandis que la ligne brisée ACE forme une courbure qui n'est pas elle-même régulière.

On a cherché, par l'expérience, une formule qui permette de déterminer le plus exactement possible la capacité des tonneaux, et voici celle qui a été adoptée et qui est toujours suivie par l'administration des contributions indirectes françaises. Elle a été définie par une circulaire de M. le Ministre de l'Intérieur, de l'an VII de la République française :

On détermine la capacité d'un tonneau en le considérant comme un cylindre ayant pour hauteur la longueur intérieure du fût et pour diamètre celui du bouge diminué du tiers de la différence qui existe entre ce diamètre et le diamètre moyen des fonds.

Éclaircissons cette règle en l'appliquant à l'exemple donné par les figures 128bis et 129.

Le diamètre du bouge	=	0,60
Le diamètre moyen des fonds	=	0,51
DIFFÉRENCE.		0,09

Prenez le tiers de 0^m09 et vous aurez 0^m03.

De.	0,60	(diamètre du bouge)
Retranchez . . .	0,03	(différence des diamètres),
RESTE . . .	0,57	

Le tonneau est donc considéré comme un cylindre ayant 0^m90 de hauteur et 0^m57 de diamètre, dont il faut calculer le volume en opérant comme au problème n° **112**. Cherchez d'abord la surface du cercle de base. Pour cela,

Multipliez.	0,285	(rayon)
Par lui-même . . .	0,285	(rayon).
	1425	
	2280	
	570	
PRODUIT . . .	0,081225	
A multiplier par. . .	3,1416	
	487350	
	81225	
	324900	
	81225	
	243675	
PRODUIT . . .	0,2551764600	(surface du cercle),
A multiplier par. .	0,90	(haut. du cylindre).
RÉSULTAT. . .	0,229658814000	

La capacité du tonneau est donc 229 décimètres cubes 658 centimètres cubes 814 millimètres cubes, ou bien 229 litres 659 millilitres ou bien simplement 230 litres, en forçant le troisième chiffre.

Les négociants en liquide emploient un procédé qui semble plus simple, mais qui revient exactement au précédent. Le voici :

On mesure très exactement le plus grand diamètre intérieur, c'est-à-dire celui du bouge. On double la longueur obtenue, et on ajoute à ce double la longueur du diamètre intérieur moyen des fonds. On prend le tiers de la somme, puis la moitié de ce tiers. On multiplie ce dernier résultat par lui-même et on multiplie encore ce produit par 3,1416. *Enfin ce dernier produit, multiplié par la longueur du tonneau, donne la capacité cherchée.*

Éclaircissons cette règle en l'appliquant à l'exemple donné par les figures 128bis et 129.

Multipliez.	0,60	(grand diamètre),
Par	2	
PRODUIT. . .	1,20	
Ajoutez.	0,51	(diamètre des fonds).
TOTAL. . . .	1,71	(dont vous prenez le tiers)
Soit	0,57	pour le tiers, dont vous
prenez la moitié, soit	0,285	
à multiplier par . .	0,285	
	1425	
	2280	
	570	
PRODUIT. . .	0,081225	
à multiplier par . .	3,1416	
	487350	
	81225	
	324900	
	81225	
	243675	
PRODUIT. . .	0,2551764600	
à multiplier par. .	0,90	
RÉSULTAT . .	0,22965881400	

On voit que le résultat est le même que par l'emploi de la règle précédente, c'est-à-dire 230 litres pour la capacité du tonneau.

On voit aussi que le procédé par lequel le tonneau est considéré comme deux troncs de cône droits, donne une capacité de 218 litres, tandis que les méthodes résultant de l'expérience donnent 230 litres, soit une différence de 12 litres en plus.

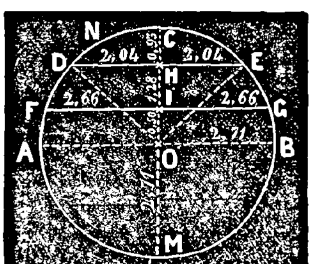
§ 9. — DE LA SPHÈRE.

La *sphère* est un solide rond dont tous les points de la surface sont à égale distance d'un point intérieur qu'on appelle *centre de la sphère*.

On peut encore donner la définition suivante :

La *sphère* est un solide engendré par le mouvement d'une demi-circonférence faisant une révolution complète autour de son axe. Exemple, figure 130.

FIGURE 130.



On appelle *diamètre* ou *axe* de la sphère une ligne droite qui va d'un point de la surface à l'autre en passant par le centre ; exemple CM. Les extrémités du diamètre se nomment *pôles*.

On appelle *rayon*, une ligne droite qui va du centre de la sphère à un point quelconque de sa surface ; exemple OM. Le rayon est la moitié du diamètre.

On appelle *grands cercles*, des cercles tracés sur la sphère et dont les plans passent par le centre de la sphère.

Le diamètre, le rayon et le centre d'un grand cercle sont exactement les mêmes que le diamètre, le rayon et le centre de la sphère.

On appelle *petits cercles*, des cercles tracés sur la surface de la sphère et dont les plans ne passent pas par le centre de la sphère.

Une perpendiculaire élevée au centre, et sur le plan d'un petit cercle, passe toujours par le centre de la sphère.

SURFACE DE LA SPHÈRE.

Nous donnerons trois moyens d'obtenir la surface de la sphère :

1er MOYEN. *La surface d'une sphère est égale à la longueur de la circonférence d'un grand cercle multipliée par la longueur de son diamètre.*

2e MOYEN. *La surface d'une sphère est égale à la surface d'un grand cercle multipliée par 4.*

3e MOYEN. *La surface d'une sphère est égale à la longueur du rayon multipliée par elle-même, le produit ainsi obtenu multiplié par 3,1416, et enfin ce dernier produit multiplié par 4.*

Le dernier moyen est absolument le même que le second, dont il n'est que la décomposition. On comprend, en effet, que les deux premières multiplications du troisième moyen donnent la surface d'un grand cercle.

Le premier moyen suppose la connaissance de deux éléments qu'il faut préalablement déterminer : la circonférence et le diamètre d'un grand cercle. Les deux autres n'exigent que la connaissance du diamètre ou du rayon.

En résumé, la surface de la sphère est égale à celle de quatre grands cercles.

Nous allons éclaircir ces règles par un exemple.

Problème N° 127.

Une sphère a 5m42 de diamètre, quelle est sa surface?

PREMIER MOYEN.

Il faut déterminer la longueur de la circonférence ; or, nous avons vu (page 43) qu'il faut, pour y parvenir, multiplier le diamètre par 3,1416. Effectuez ce calcul :

Multipliez.	3,1416
Par	5,42
	62832
	1 25664
	15 7080
Résultat.	17,027472

La longueur de la circonférence est donc 17m027472. D'après le premier moyen, il faut multiplier cette longueur par 5m42, longueur du diamètre. Effectuez ce calcul :

Multipliez	17,027472
Par	5,42
	34054944
	6 8109888
	85 137360
RÉSULTAT.	92,28889824

La surface de la sphère est donc 92 mètres carrés 28 décimètres carrés 89 centimètres carrés.

2^e ET 3^e MOYENS.

Le rayon étant 2^{m}71, moitié de 5^{m}42, diamètre,

Multipliez.	2,71
Par.	2,71
	271
	1 897
	5 42
PRODUIT. . . .	7,3441
à multiplier par . .	3,1416
	440646
	73441
	293764
	73441
	22 0323
PRODUIT. . . .	23,07222456 (surface du grand cercle).
à multiplier par . .	4
RÉSULTAT. . .	92,28889824

On voit que ce dernier résultat est exactement le même que le précédent. L'opérateur pourra donc employer le procédé qui lui plaira le mieux.

Dans la surface de la sphère, nous distinguerons deux parties principales, savoir :

1° la zône;
2° la calotte sphérique.

1° ZÔNE.

La *zône* est une portion de la surface de la sphère comprise entre deux cercles dont les plans sont parallèles. Exemple, FDEG (fig. 130).

On peut encore dire que la *zône* est la surface extérieure engendrée par le mouvement de rotation de la figure DHIF (fig. 130) tournant autour du diamètre CM.

On appelle *hauteur d'une zône*, la distance entre les deux plans, ou bien la portion de la perpendiculaire élevée sur l'un des plans et comprise entre les deux cercles.

La ligne HI est la hauteur de la zône prise pour exemple.

On appelle *bases de la zône*, les deux cercles plans parallèles qui la limitent.

La surface d'une zône est égale à la longueur d'un grand cercle de la sphère multipliée par la hauteur de la zône.

Problème N° 128.

La longueur d'un grand cercle est 17^m027, la hauteur de la zône est 1^m28, quelle est la surface de cette zône?

Appliquez la règle ci-dessus et

Multipliez.	17,027
Par	1,28
	1 36216
	3 4054
	17 027
RÉSULTAT. . .	21,79456

La surface cherchée est donc 21 mètres carrés 79 décimètres carrés 46 centimètres carrés.

Il faut remarquer que ce résultat est simplement la portion de la surface de la sphère, déterminée par le mouvement de rotation de la ligne courbe FD tournant autour du diamètre CM.

Pour avoir la surface complète, c'est-à-dire l'enveloppe de toutes les faces de la zône, il faudrait ajouter au produit 21,79456, les surfaces réunies des deux cercles de base ayant pour diamètres les lignes DE et FG.

2° CALOTTE SPHÉRIQUE.

On appelle *calotte sphérique*, une partie de la surface de la sphère, coupée par un cercle quelconque.

Exemple, DCE (fig. 130).

On peut encore dire que la *calotte sphérique* est la surface extérieure engendrée par le mouvement de rotation de la figure CND (fig. 130) tournant autour du diamètre CM.

On appelle base de la *calotte sphérique,* le plan du cercle qui détermine cette portion de la surface de la sphère.

La calotte sphérique n'a qu'une seule base.

On appelle *hauteur* de la calotte sphérique, la longueur de la perpendiculaire élevée au centre du cercle de base sur son plan et aboutissant au sommet de la calotte sphérique. La ligne CH est la hauteur.

La surface d'une calotte sphérique est égale à la longueur d'un grand cercle de la sphère multipliée par la hauteur de la calotte.

Problème N° 129.

La longueur d'un grand cercle de la sphère est 17^m027, *la hauteur de la calotte sphérique est* 0^m93, *quelle est la surface de cette calotte sphérique ?*

Appliquez la règle ci-dessus et

Multipliez.	17,027
Par	0,93
	51081
	15 3243
RÉSULTAT.	15,83511

La surface cherchée est donc 15 mètres carrés 83 décimètres carrés 51 centimètres carrés.

Il faut remarquer que ce résultat est simplement la portion de la surface de la sphère déterminée par le mouvement de rotation de la ligne courbe DNC tournant autour du diamètre CM.

Pour obtenir la surface complète, c'est-à-dire l'enveloppe de toutes les faces de la calotte sphérique, il faudrait ajouter au produit $15^{m}83511$ la surface du cercle de base, ayant pour diamètre la ligne DE.

VOLUME DE LA SPHÈRE.

Nous donnerons deux moyens d'obtenir le volume de la sphère :

PREMIER MOYEN. *Le volume d'une sphère est égal à sa surface, multipliée par le tiers du rayon.*

DEUXIÈME MOYEN. *Pour calculer le volume d'une sphère, il faut multiplier la longueur du rayon par elle-même; multiplier ensuite le produit ainsi obtenu encore une fois par le rayon; multiplier ce produit par* 3,1416; *puis multiplier ce nouveau résultat par* 4. *Enfin ce dernier produit, divisé par* 3, *donne le volume cherché.*

Nous allons expliquer ces règles par un exemple :

Problème N° 130.

Une sphère a $5^{m}42$ de diamètre, quel est son volume?

PREMIER MOYEN.

Il faut préalablement calculer la surface de la sphère; or, ce calcul a été fait au problème n° 127, problème qui se rapporte à une sphère qui a également $5^{m}42$ de diamètre. Cette surface est 92,28889824.

Le rayon étant 2^m71, son tiers sera 0,903.

Multipliez donc. . . .	92,28889824
Par	0,903
	27686669472
	83 060008416
RÉSULTAT . . .	83,33687511072

Le volume de la sphère, obtenu par le premier moyen, est donc 83 mètres cubes 336 décimètres cubes 875 centimètres cubes.

DEUXIÈME MOYEN.

Multipliez. . . .	2,71	(rayon)
Par	2,71	(rayon).
	271	
	1897	
	542	
PRODUIT. . .	7,3441	
à multiplier par . .	2,71	
	73441	
	5 14087	
	14 6882	
PRODUIT. . .	19,902511	
à multiplier par . .	3,1416	
	119415066	
	19902511	
	79610044	
	1 9902511	
	59 707533	
PRODUIT. . .	62,5257285576	
à multiplier par . .	4	
PRODUIT . . .	250,1029142304,	dont il faut prendre
le tiers, et vous aurez	83,3676380768	pour résultat.

Le volume de la sphère, obtenu par le second moyen, est donc 83 mètres cubes 367 décimètres cubes 638 centimètres cubes.

REMARQUE. On peut constater une légère différence dans les résultats donnés par les deux procédés; cette différence provient de ce que, dans le premier moyen, le rayon 2^m71 n'étant pas divisible par 3, nous nous sommes contenté de prendre pour le tiers 0,903, en négligeant les chiffres décimaux suivants, qui eussent été des 3 à l'infini.

Dans le volume de la sphère, nous distinguerons trois parties principales, savoir :

1° le segment sphérique;
2° le segment extrême;
3° le secteur sphérique.

1° SEGMENT SPHÉRIQUE.

On appelle *segment sphérique* une partie solide quelconque du volume de la sphère comprise entre deux plans parallèles, ou, autrement, le solide enveloppé par la zône et ses deux bases. Exemple DEGF (fig. 130).

La *hauteur* et les *bases* du segment sphérique sont celles de la zône.

Pour trouver le volume d'un segment sphérique, il faut calculer la surface des deux cercles qui lui servent de base, faire l'addition des résultats, multiplier la somme par la moitié de la hauteur et ajouter au produit le volume d'une sphère qui aurait pour diamètre la hauteur même du segment sphérique.

Expliquons cette règle par un exemple :

Problème N° 131.

Le segment sphérique DEGF (*fig.* 150) *a les dimensions suivantes :*

1° *Rayon* HE *de la base supérieure* = 2^m04 ;
2° *Rayon* IG *de la base inférieure* = 2^m66 ;
3° *Hauteur* HI . . . . = 1^m28 ;

quel est son volume ?

SURFACE DU CERCLE DE BASE SUPÉRIEURE.		SURFACE DU CERCLE DE BASE INFÉRIEURE.	
Multipliez	2,04	Multipliez.	2,66
Par	2,04	Par	2,66
	816		1596
	4 08		1 596
			5 32
PRODUIT. . . .	4,1616	PRODUIT.	7,0756
à multiplier par . .	3,1416	à multiplier par. . .	3,1416
	249696		424536
	41616		70756
	166464		283024
	41616		70756
	12 4848		21 2268
RÉSULTAT . .	13,07408256	RÉSULTAT. . . .	22,22870496

Ajoutez.	13,07408256	
à	22,22870496	
TOTAL. . . .	35,30278752	
à multiplier par . .	0,64	(moitié de la h^r 1^m28).
	1 4121115008	
	21 181672512	
PRODUIT. . .	22,5937840128	

A ce dernier produit, il faut ajouter le volume d'une sphère ayant pour diamètre $1^{m}28$, hauteur du segment.

Opérons par le premier moyen donné pour calculer le volume de la sphère.

Cherchez d'abord la longueur de la circonférence d'un grand cercle, et pour cela (voyez problème n° 9) :

Multipliez	3,1416	
Par	1,28	(diamètre).
	251328	
	62832	
	3 1416	
Produit...	4,021248	(longueur de la circonférence).
à multiplier par	1,28	(diamètre).
	32169984	
	8042496	
	4 021248	
Produit...	5,14719744	(surface de la sphère),
à multiplier par	0,213	(tiers de 0,64, rayon de la sphère).
	1544159232	
	514719744	
	1 029439488	
Produit...	1,09635305472	(volume de la sphère).
A	22,5937840128	(total ci-dessus),
Ajoutez	1,0963530547	
Résultat ..	23,6901370675	

Le segment sphérique proposé a un volume de 23 mètres cubes 690 décimètres cubes 137 centimètres cubes 67 millimètres cubes.

2° SEGMENT EXTRÊME.

On appelle *segment extrême* la portion solide de la sphère enveloppée par la calotte sphérique.

La base et la hauteur du segment extrême sont celles de la calotte sphérique.

On comprend qu'un segment extrême n'est autre chose qu'un segment sphérique. En effet, il peut être considéré comme ayant deux bases, dont l'une est le cercle qui le forme et l'autre zéro.

La formule pour en déterminer le volume ne différera de celle du segment sphérique que parce qu'il n'y a qu'une base numérique.

Néanmoins, pour éviter toute espèce de doute, nous allons la donner.

Pour trouver le volume d'un segment extrême, il faut calculer la surface du cercle de base, multiplier cette surface par la moitié de la hauteur du segment et ajouter au produit le volume d'une sphère qui aurait pour diamètre la hauteur même du segment extrême.

Il nous semble inutile d'expliquer cette règle par un exemple, en raison de sa grande ressemblance avec la précédente et de la solution détaillée du problème n° 131.

3° SECTEUR SPHÉRIQUE.

On appelle *secteur sphérique*, une portion du volume de la sphère, semblable à un cône ayant son sommet au centre de la sphère et pour base une calotte sphérique. Exemple, ODCE (fig. 130).

On peut encore dire que le secteur sphérique est le solide engendré par le mouvement de rotation de la figure CODN tournant autour du diamètre CM.

Le volume d'un secteur sphérique est égal à la surface de la calotte sphérique qui le limite, multipliée par le tiers du rayon de la sphère.

Problème N° 132.

Quel est le volume du secteur sphérique ODCE (*fig.* 130), *sachant que la calotte sphérique* DCE *qui le limite a une surface de* $15^{m^2}8351$ *et que le rayon de la sphère a une longueur de* 2^m71 ?

D'après la règle précédente,

Multipliez	15,8351	
Par.	0,903	(tiers du rayon)
	475053	
	14 25159	
Résultat. . . .	14,2990953	

Le secteur sphérique a un volume de 14 mètres cubes 299 décimètres cubes 95 centimètres cubes.

Le secteur sphérique, qui fait l'objet du problème n° 132, comprend le segment extrême DCE et le cône ODE, dont la base est le cercle qui a pour diamètre DE, cône ayant son sommet au centre O de la sphère. Donc, en retranchant de $14^{m^3}2990953$, volume du secteur sphérique, le volume du cône, il restera le volume exact du segment extrême. C'est encore un moyen qui peut être employé lorsqu'on aura à mesurer un segment extrême.

FORMULES REPRÉSENTANT LA SURFACE ET LE VOLUME DES SOLIDES SIMPLES.

CUBE.

Arête	A	Surface $= A \times A \times 4$. Volume $= A \times A \times A$.

PARALLÉLIPIPDE.

Longueur	A	Surface $= (A \times M) + 2(B \times C)$.
Largeur	B	
Hauteur	C	Volume $= A \times B \times C$.
Développt linéaire du pourtour	M	

PRISME.

Hauteur	H	Surface $= H \times C$.
Surface de la base	B	
Contour linéaire de la base	C	Volume $= H \times B$.

PYRAMIDE.

Hauteur perpendiculaire	H	
Hauteur d'un des triangles latéraux ou hauteur moyenne	A	Surface $= C \times \frac{A}{2}$.
Surface de la base	B	Volume $= B \times \frac{H}{3}$.
Contour linéaire de la base	C	

TRONC DE PYRAMIDE.

Contour linéaire, base supérre.	A	Surface $= (A + B) \times \frac{C}{2}$.
Id., base inférre.	B	
Hauteur d'un trapèze latéral ou hauteur moyenne	C	Volume, méthode exacte : $= \left(D + E + \sqrt{D \times E}\right) \times \frac{H}{3}$.
Surface, base supérieure	D	
Surface, base inférieure	E	Volume, méthode approximative : $= \frac{D + E}{2} \times H$.
Hauteur perpendiculaire	H	

CYLINDRE.

Hauteur perpendiculaire	H	Surface = A × H.
Longr de la circonfér. de base..	A	Volume = B × H.
Surface du cercle de base.....	B	

CONE.

Hauteur perpendiculaire......	H	
Longueur de l'hypoténuse ou longueur moyenne	A	Surface $= B \times \frac{A}{2}$.
Longr de la circonfér. de base.	B	Volume $= S \times \frac{H}{3}$.
Surface du cercle de base.....	S	

TRONC DE CONE.

Hauteur perpendiculaire......	H	Surface $= (B + C) \times \frac{A}{2}$.
Portion de la longueur de l'hypoténuse ou moyenne	A	Volume, méthode exacte :
Longueur de la circonférence :		$= \left(D + E + \sqrt{D \times E}\right) \times \frac{H}{3}$.
base supérieure	B	Volume, méthode approximative :
base inférieure	C	$= \frac{D + E}{2} \times H$.
Surface du cercle :		
base supérieure	D	
base inférieure	E	

SPHÈRE.

Longueur de la circonférence d'un grand cercle..........	C	Surface, 1er moyen $= C \times D$.
Diamètre	D	Id., 2e moyen $= S \times 4$.
Rayon......................	R	Volume, 1er moyen $= A \times \frac{R}{3}$.
Surface d'un grand cercle.....	S	Id., 2e moyen :
Surface de la sphère..........	A	$= \frac{(R \times R \times R) \times 3{,}1416 \times 4}{3}$.

ZONE.

Longueur d'un grand cercle de la sphère	L	Surface $= L \times H$.
Hauteur de la zône	H	

CALOTTE SPHÉRIQUE.

Longueur d'un grand cercle de la sphère	L	Surface $= L \times H$.
Hauteur de la calotte.........	H	

SEGMENT SPHÉRIQUE.

Surface, cercle supérieur	A	Volume $= \left(A + B \times \frac{H}{2} + V\right)$.
Id., cercle inférieur	B	
Hauteur	H	
Volume d'une sphère qui a pour diamètre la hauteur H......	V	

SEGMENT EXTRÊME.

Surface du cercle de base.....	S	Volume $= \left(\times \frac{H}{2}\right) + V$.
Hauteur	H	
Volume d'une sphère qui a pour diamètre la hauteur H......	S	

SECTEUR SPHÉRIQUE.

Surface de la calotte sphérique.	S	$S \times \frac{R}{3}$.
Rayon de la sphère	R	

CHAPITRE II.

DES SOLIDES COMPOSÉS.

CUBAGE PROPREMENT DIT.

Lorsque nous avons traité, plus haut, les questions d'arpentage, nous avons fait ressortir que toutes les surfaces à mesurer se décomposaient en *surfaces simples* et en *surfaces composées.*

Après avoir exposé, avec des exemples suffisants, comment on calcule les surfaces simples, nous avons posé la règle générale suivante pour les surfaces composées, règle qui ne souffre pas d'exception :

Pour calculer une surface composée, divisez-la, par une ou plusieurs lignes d'opération, en surfaces simples, dont vous déterminerez la superficie isolément, et la somme de tous les résultats partiels vous donnera la contenance de la surface composée.

Les opérations de cubage des solides donnent lieu aux mêmes observations.

Nous avons donc des *solides simples* et des *solides composés*. Nous venons de donner les moyens de calculer le volume des solides simples, et il s'agit maintenant d'exposer la méthode à suivre pour cuber les solides composés.

Nous poserons la règle suivante, qui ne souffre pas, non plus, d'exception :

Pour faire le cubage d'un solide composé, divisez-le en solides simples, dont vous déterminerez le volume isolément, et la somme de tous les résultats partiels vous donnera le volume total du solide composé.

On voit donc que les procédés d'arpentage et de cubage ont ensemble la plus grande analogie. Pour l'arpentage, la division des surfaces composées est très-simple et elle se fait généralement à l'aide de l'équerre et de la chaîne d'arpenteur seulement.

A propos du cubage, la division des solides composés présente des difficultés nombreuses en raison de la forme des objets sur lesquels on opère. Néanmoins, la solution du problème est toujours très facilement trouvée si on se reporte à la règle qui vient d'être donnée.

La méthode de décomposition d'un solide composé en solides simples n'est soumise à aucune règle positive; et, pour chaque objet à cuber, on peut toujours en employer plusieurs; mais la plus simple est la meilleure. La simplicité et la clarté apportées dans une opération de cubage dépendent de l'intelligence de l'opérateur.

Pour les terrassements, lorsqu'il s'agit d'un volume d'une certaine étendue et d'une certaine hauteur, on opère généralement à l'aide d'un niveau et d'une mire, ce qui a été fait pour l'exemple suivant.

Problème N° 133.

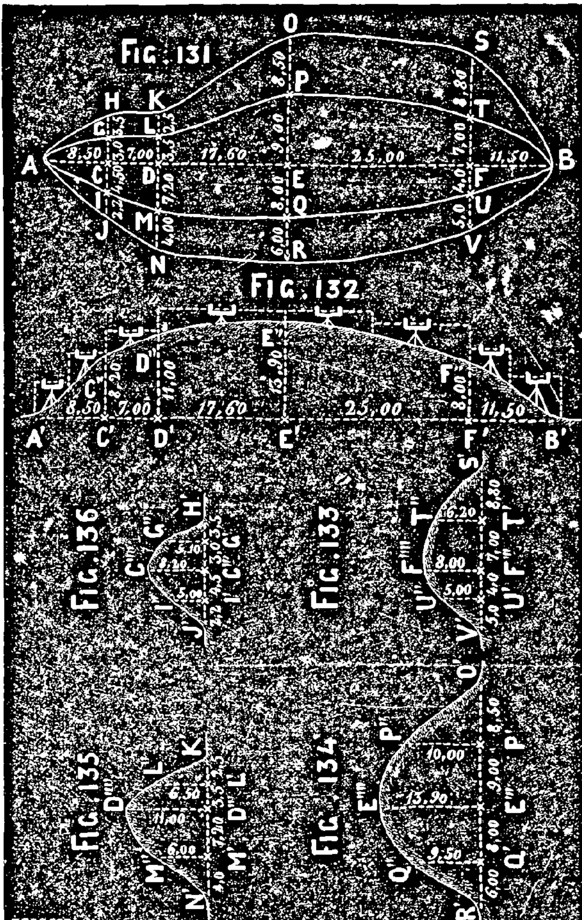
Soit proposé de faire le cubage d'une masse de terre représentée en plan par le polygone AHKOSBVRNJ (*fig.* 131).

Ce solide est très irrégulier, et, pour en avoir le volume, il faut le décomposer en solides simples.

Pour cela, il a été nécessaire d'opérer avec le niveau d'eau, par exemple, et la mire. On jalonne sur le terrain la ligne droite AB (fig. 131) dans la plus grande longueur de la masse de terre et on a donné des coups de niveau aux points C, D, E, F, où existent des accidents de terrain. A l'aide des cotes recueillies, on a rapporté, ainsi que nous l'avons indiqué au chapitre du nivellement, le profil en long A′C″D″E″F″B′ (fig. 132), de sorte que la ligne courbe indique le relief du terrain à enlever dans sa longueur.

A chacun des points F, E, D, C du plan (fig. 131), il

FIGURES 131, 132, 133, 134, 135 ET 136.



a été pris des profils en travers, rapportés par les figures 133, 134, 135 et 136, donnant le relief du terrain, *en travers*, à ses divers accidents aux mêmes points, suivant des perpendiculaires à la ligne AB (fig. 131).

Le profil en long et les quatre profils en travers décomposent parfaitement en solides simples la masse de terre dont il s'agit. Les solides simples obtenus par la décomposition sont simplement des *pyramides* et des *troncs de pyramides*. Ainsi, toute la partie solide comprise entre le point B (fig. 131) et le profil en travers (fig. 133), pris suivant la ligne SV (fig. 131), forment quatre pyramides, savoir :

1°	Pyramide	triangulaire	ayant pour base	T′T″S′	(fig. 133);
2°	Id.	quadrangulaire	id.	F‴F⁗T″T′	(fig. 133);
3°	Id.	id.	id.	U′U″F⁗F‴	(fig. 133);
4°	Id.	triangulaire	id.	V′U″U′	(fig. 133).

Toutes ces bases sont cotées. La hauteur de ces pyramides est la même. Elle est représentée par la perpendiculaire abaissée du point B (fig. 131) sur le plan du profil en travers (fig. 133), et sa longueur est 11m50.

La partie comprise entre les profils en travers (fig. 133 et 134), pris suivant les lignes SV et OR (fig. 131), forme les quatre troncs de pyramides suivants :

1° Tronc de pyramide triangulaire ayant :

Base supérieure	P′P″O′	(fig. 134);
Base inférieure.	T′T″S′	(fig. 133);

2° Tronc de pyramide quadrangulaire ayant :

Base supérieure	E‴E⁗P″P′	(fig. 134);
Base inférieure. . .	F‴F⁗T″T′	(fig. 133);

3° Tronc de pyramide quadrangulaire ayant :

Base supérieure.	Q'Q"E""E'''	(fig. 134);
Base inférieure.	U'U"F""F'''	(fig. 133);

4° Tronc de pyramide triangulaire ayant :

Base supérieure.	R'Q"Q'	(fig. 134);
Base inférieure	V'U"U'	(fig. 133).

Tous ces troncs de pyramides, dont les bases sont cotées, ont la même hauteur, qui est représentée par la portion de ligne EF (fig. 131), de 25 mètres de longueur. Cette portion de ligne est perpendiculaire sur les plans des deux profils en travers (fig. 133 et 134).

La partie comprise entre les profils en travers (fig. 134 et 135), pris suivant les lignes OR et KN, forme les quatre troncs de pyramides suivants :

1° Tronc de pyramide triangulaire ayant :

Base supérieure.	L'L"K'	(fig. 135);
Base inférieure	P'P"O'	(fig. 134);

2° Tronc de pyramide quadrangulaire ayant :

Base supérieure.	D'''D""L"L'	(fig. 135);
Base inférieure	E''' E"" P" P'	(fig. 134);

3° Tronc de pyramide quadrangulaire ayant :

Base supérieure.	M'M"D""D'''	(fig. 135);
Base inférieure.	Q'Q"E""E'''	(fig. 134);

4° Tronc de pyramide triangulaire ayant :

Base supérieure.	N'M"M'	(fig. 135);
Base inférieure	R'Q"Q'	(fig. 134).

Tous ces troncs de pyramides, dont les bases sont cotées, ont une même hauteur, qui est la portion de ligne DE, de 17^{m}60 de longueur (fig. 131).

La partie comprise entre les profils en travers (fig. 135

et 136), pris suivant les lignes KN et HJ (fig. 131), forme les quatre troncs de pyramides suivants :

1° Tronc de pyramide triangulaire ayant :

Base supérieure.	G'G"H'	(fig. 136) ;
Base inférieure.	L'L"K'	(fig. 135) ;

2° Tronc de pyramide quadrangulaire ayant :

Base supérieure.	C'"C""G"G'	(fig. 136) ;
Base inférieure.	D'"D""L"L'	(fig. 135) ;

3° Tronc de pyramide quadrangulaire ayant :

Base supérieure.	I'I"C""C'"	(fig. 136) ;
Base inférieure.	M'M"D""D'"	(fig. 135) ;

4° Tronc de pyramide triangulaire ayant :

Base supérieure.	J'I"I'	(fig. 136) ;
Base inférieure.	N'M"M'	(fig. 135).

Tous ces troncs de pyramides, dont les bases sont cotées, ont une même hauteur, qui est la portion de ligne CD, de 7 mètres (fig. 131).

La partie comprise entre le point A (fig. 131) et le profil en travers (fig. 136), pris suivant la ligne HJ (fig. 131), forme les quatre troncs de pyramides suivants :

1°	Pyramide	triangulaire	ayant pour base	G'G"H'	(fig. 136) ;
2°	Id.	quadrangulaire	id.	C'"C""G"G'	(fig. 136) ;
3°	Id.	id.	id.	I'I"C""C'"	(fig. 136) ;
4°	Id.	id.	id.	J'J"I'	(fig. 136).

Toutes ces pyramides, dont les bases sont cotées, ont une même hauteur qui est la portion de ligne AC de 8^m50 (fig. 131).

On voit que la masse de terre à cuber comprend, d'après la méthode de décomposition que nous avons adoptée :

4 pyramides triangulaires,
4 pyramides quadrangulaires,
6 troncs de pyramides triangulaires,
6 Id. id. quadrangulaires.

TOTAL 20 solides simples.

Les bases et les hauteurs de ces solides étant parfaitement cotées, il est clair qu'en calculant isolément le volume de chacun d'eux et en faisant la somme des résultats partiels obtenus, le problème sera résolu.

Les détails complets dans lesquels nous venons d'entrer, bien étudiés par le lecteur, lui permettront de se rendre un compte très exact de la décomposition d'un solide composé en solides simples; mais, dans la pratique, on ne calcule pas les solides simples, ainsi que nous venons de l'indiquer, parce que ce serait beaucoup trop long. Par un système de *moyennes*, les pyramides et les troncs de pyramides partiels sont transformés en parallélipipèdes.

Voici la méthode qui est appliquée dans les travaux :

Lorsque les profils en travers sont rapportés et cotés sur le papier, on calcule la surface de chaque profil et on multiplie le résultat obtenu par la demi-somme des entre-profils. L'addition des volumes correspondants à chaque profil donne le cube cherché.

Expliquons cette règle :

PROFIL EN TRAVERS (fig. 133). — On suppose au point B un profil *zéro*. La distance du point B au profil (fig. 133) est 11m50; la distance de ce dernier profil au profil figure 134 est 25m00.

$$11{,}50 + 25{,}00 = 36^m50\,;$$

dont la moitié est 18,25, nombre qui est la *demi-somme des entre-profils*. Calculez la surface des deux triangles et des deux trapèzes composant la superficie du profil (fig. 133), et le total des résultats obtenus, multiplié par 18,25, donnera le volume correspondant à ce profil.

PROFIL EN TRAVERS (fig. 134). — La distance de ce profil au précédent est 25m00; sa distance au suivant est 17m60.

$$\frac{25{,}00 + 17{,}60}{2} = 21^m30\,;$$

21m30 est la *demi-somme des entre-profils*. En multipliant la surface de la figure 134 par 21,30, on aura le volume correspondant à ce profil.

PROFIL EN TRAVERS (fig. 135). — La distance de ce profil au précédent est 17m60; sa distance au suivant est 7m00.

$$\frac{17{,}60 + 7{,}00}{2} = 12^m30\,;$$

12m30 est la *demi-somme des entre-profils*. La surface de la figure 135, multipliée par 12,30, donnera le volume correspondant à ce profil.

PROFIL EN TRAVERS (fig. 136). — La distance de ce profil au précédent est 7 mètres; sa distance au suivant (*supposé zéro au point* A) est 8m50.

$$\frac{7{,}00 + 8{,}50}{2} = 7^m75\,;$$

7m75 est la *demi-somme des entre-profils*. La surface de la figure 136, multipliée par 7,75, donnera le volume correspondant à ce profil.

L'addition des quatre résultats obtenus résoudra le problème.

Nous allons maintenant effectuer tous les calculs et les mettre sous forme d'un tableau très-simple.

DÉSIGNATION des FIGURES.	Longueurs des ENTRE-PROFILS.	LARGEURS.	HAUTEURS.	CUBES Partiels.	CUBES par Profils.
		PROFIL EN TRAVERS (fig. 133).			
Triangle T''T'S'	18,25	$\frac{6,20}{2}$	8,80	497,86	2107,50
Trapèze F''''F'''T''T'	18,25	$\frac{8,00+6,20}{2}$	7,00	907,02	
Trapèze U'U''F''''F'''	18,25	$\frac{5,00+8,00}{2}$	4,00	474,50	
Triangle V'U'U''	18,25	$\frac{5,00}{2}$	5,00	228,12	
		PROFIL EN TRAVERS (fig. 134).			
Triangle O'P'P''	21,30	$\frac{10,00}{2}$	8,50	905,25	5796,79
Trapèze E'''E''''P''P'	21,30	$\frac{13,90+10,00}{2}$	9,00	2290,81	
Trapèze Q'Q''E''''E'''	21,30	$\frac{9,50+13,90}{2}$	8,00	1993,68	
Triangle R'Q''Q'	21,30	$\frac{9,50}{2}$	6,00	607,05	
		À REPORTER.			7904,29

DÉSIGNATION des FIGURES.	Longueurs des ENTRE-PROFILS.	LARGEURS.	HAUTEURS.	CUBES partiels.	CUBES par profils.
			REPORT.		7904,29
		PROFIL EN TRAVERS (fig. 135).			
Triangle K' L' L"	12,50	$\frac{6,30}{2}$	2,50	99,94	
Trapèze D''' D'''' L" L'	12,50	$\frac{6,30+11,00}{2}$	3,50	376,69	1376,99
Trapèze M'M"D'''' D'''	12,50	$\frac{6,00+11,00}{2}$	7,20	752,76	
Triangle N' M" M'	12,50	$\frac{6,00}{2}$	4,00	147,60	
		PROFIL EN TRAVERS (fig. 136).			
Triangle H' G' G"	7,75	$\frac{5,10}{2}$	3,50	69,17	
Trapèze C''' C'''' G" G'	7,75	$\frac{8,20+5,10}{2}$	3,00	154,61	496,58
Trapèze I' I" C'''' C'''	7,75	$\frac{5,00+8,20}{2}$	4,50	230,17	
Triangle J' I" I'	7,75	$\frac{5,00}{2}$	2,20	42,63	
			VOLUME TOTAL.		9777,86

Le tas de terre proposé a donc un volume de 9777 mètres cubes 86 décimètres cubes.

Problème N° 134.

Soit proposé de faire le métré des terrassements nécessaires pour l'exécution d'un chemin suivant une pente déterminée, d'après le nivellement effectué au problème n° 81.

La figure 80 représente le croquis du nivellement, lequel nivellement est rapporté à l'échelle par la figure 81.

Les figures 82, 83, 84, 85, 86 et 87 sont les profils en travers levés à chaque station du profil en long et rapportés à la même échelle que le profil en long, figure 81.

Nous avons maintenant à tracer, sur chaque profil en travers, la limite des terrassements à exécuter (déblais ou remblais) et à calculer les cotes correspondantes à cette limite. Faisons l'opération.

PROFIL EN TRAVERS (fig. 82). — Le point G (fig. 82) correspond au point G de l'axe du chemin (fig. 81). De chaque cote du point M (fig. 82), prenez deux distances de 5^{m}00 chacune, et vous obtiendrez les points V″V″″ à chacun desquels vous abaisserez une perpendiculaire sur la ligne ZZ′. Au point G, menez une ligne horizontale Z″Y rencontrant les perpendiculaires précédentes aux points Z″Y. Joignez par une droite le point Z″ au point N et le point Y au point O.

Le triangle NZ″G est en *déblai* et le triangle GYO est en *remblai*. Les cotes V″Z″ et V″″Y sont égales à MG et ont 0,50 de longueur ; il reste à calculer les cotes V″V‴ et V″″Z‴.

Cote V″V‴. — La différence de niveau des points G et N est 0,50 — 0,22 = 0,28. La distance du point Z au point M est 0,50 + 5,00 = 5,50. Or, en divisant 0,28 par 5,50, on aura la pente par mètre de la ligne NG. La division effectuée, on a pour quotient 0^m05. Le point V‴ sera donc a $0,50 \times 0,05 = 0,025$ au dessous du point Z (0,50 *est la distance des points* Z *et* V″). Par conséquent, la ligne V″V‴ a pour longueur $0,22 + 0,025 = 0,245$, ou 0,25 en forçant le dernier chiffre, et on aura $0^m50 - 0^m25 = 0^m25$ pour la ligne V‴Z″.

Cote V⁗Z‴.— La différence de niveau des points O et G est $0,77 - 0,50 = 0,27$. La distance du point M au point Z′ est $5,00 + 0,50 = 5,50$. Or, en divisant 0,27 par 5,50, on aura la pente par mètre de la ligne GO. La division effectuée, on a pour quotient 0,05. Le point Z″′ sera donc au-dessus du point O de $0,50 \times 0,05 = 0,025$. Par conséquent, la ligne V⁗Z‴ a pour longueur $0,77 - 0,025 = 0,745$, ou 0,75 en forçant le dernier chiffre, et on aura $0,75 - 0,50 = 0,25$ pour la ligne Y Z‴.

PROFIL EN TRAVERS (fig. 83).—Le point H (fig. 83) correspond au point H de l'axe du chemin (fig. 81). De chaque cote du point O (fig. 83), prenez deux distances de 5^m00 chacune et vous obtiendrez les points R et T à chacun desquels vous abaisserez une perpendiculaire sur la ligne QY′. Puisque la ligne horizontale du remblai est à 0,83 au dessous de la ligne QY′ (voyez OS, fig. 81), déterminez le point S″ et par ce point menez une ligne horizontale rencontrant les perpendiculaires précédentes aux points R′T′. Joignez par une droite le point R′ au point Q‴ et le point T′ au point M′. Le quadrilatère Q‴R′T′M′ sera tout entier en remblai.

Les cotes RR′ et TT′ sont égales à OS″ et ont 0,83 de longueur.

La ligne S″H est égale à 1,30 — 0,83 = 0,47. Il reste à calculer les cotes RR‴ et TT″.

Cote RR‴. — La différence de niveau des points H et Q‴ est 1,30 — 1,058 = 0,242. La distance des points Q et O est 5,00 + 0,50 = 5,50. Or, en divisant 0,242 par 5,50, on aura la pente par mètre de la ligne Q‴H. La division effectuée, on a pour quotient 0,044. Le point R‴ sera donc de 0,50 × 0,044 = 0,022 au-dessous du point Q‴ (0,50 *est la distance des points* Q *et* R). Par conséquent, la ligne RR‴ a pour longueur 1,058 + 0,022 = 1,08, et on aura 1,08 — 0,83 = 0,25 pour la ligne R′R‴.

Cote TT″. — La différence de niveau des points M′ et H est 1,582 — 1,30 = 0,282. La distance du point O au point Y′ est 5,00 + 1,40 = 6,40. Or, en divisant 0,282 par 6,40, on aura la pente par mètre de la ligne HM′. La division effectuée, on a pour quotient 0,044. Le point T″ sera donc au-dessus du point M′ de 1,40 × 0,044 = $0^{m}062$. Par conséquent, la ligne TT″ a pour longueur 1,582 — 0,062 = 1,52, et on aura 1,52 — 0,83 = 0,69 pour la ligne T′T″.

Les profils, figures 82 et 83, contiennent maintenant toutes les cotes nécessaires pour calculer les volumes de déblais et de remblais. Pour les autres profils, on opérera exactement de la même manière pour déterminer les cotes manquantes ; mais nous nous contenterons des explications données aux deux exemples précédents.

Comme au problème n° 131, nous allons effectuer tous les calculs d'après la même méthode, et les mettre sous forme d'un tableau semblable.

DÉSIGNATION des FIGURES.	Longueurs des ENTRE-PROFILS.	LARGEURS.	HAUTEURS.	CUBES partiels.	CUBES par profils.
1° DÉBLAIS.					
PROFIL EN TRAVERS (fig. 82).					
Triangle N V''' Z''	8,75	$\frac{0,25}{2}$	0,50	0,547	6,016
Triangle V''' Z'' G	8,75	$\frac{0,25}{2}$	5,00	5,469	
PROFIL EN TRAVERS (fig. 85).					
Triangle H' I''' I''''	21,225	$\frac{0,71}{2}$	1,42	10,700	115,192
Trapèze I''' I'''' J'' J	21,225	$\frac{0,71 + 0,52}{2}$	5,00	65,267	
Trapèze J J'' K'' K'	21,225	$\frac{0,52 + 0,194}{2}$	5,00	37,887	
Triangle K' K'' K'''	21,225	$\frac{0,194}{2}$	0,65	1,538	
PROFIL EN TRAVERS (fig. 86).					
Triangle F' E''' E''''	27,25	$\frac{0,456}{2}$	0,91	5,654	102,766
Trapèze E''' E'''' K X	27,25	$\frac{0,456 + 0,35}{2}$	5,00	54,909	
Trapèze K X O' O''	27,25	$\frac{0,35 + 0,245}{2}$	5,00	40,534	
Triangle O' O'' H''	27,25	$\frac{0,245}{2}$	0,50	1,669	
PROFIL EN TRAVERS (fig. 87).					
Triangle A''' B''' B''''	12,00	$\frac{0,506}{2}$	0,60	1,102	10,282
Triangle B'''' B''' L	12,00	$\frac{0,306}{2}$	5,00	9,180	
TOTAL des déblais.					234,256

DÉSIGNATION des FIGURES.	Longueurs des ENTRE-PROFILS.	LARGEURS.	HAUTEURS.	CUBES Partiels.	CUBES par Profils.
		2° REMBLAIS.			
		PROFIL EN TRAVERS (fig. 82).			
Triangle G Y Z'''	8,75	$\frac{0,25}{2}$	5,00	5,469	6,016
Triangle Y Z''' O	8,75	$\frac{0,25}{2}$	0,50	0,547	
		PROFIL EN TRAVERS (fig. 83).			
Triangle Q''' R' R'''	21,25	$\frac{0,25}{2}$	0,50	1,528	111,467
Trapèze R''' R' S'' H	21,25	$\frac{0,25+0,47}{2}$	5,00	38,250	
Trapèze H S'' T' T''	21,25	$\frac{0,47+0,69}{2}$	5,00	61,625	
Triangle T'' T' M'	21,25	$\frac{0,69}{2}$	1,40	10,264	
		PROFIL EN TRAVERS (fig. 84).			
Triangle L''' M''' M''''	16,525	$\frac{0,235}{2}$	047	0,913	60,030
Trapèze M'''' M''' N' I	16,525	$\frac{0,235+0,35}{2}$	5,00	24,168	
Trapèze I N' O'' O'''	16,525	$\frac{0,35+0,46}{2}$	5,00	31,338	
Triangle O''' O'' P'	16,525	$\frac{0,46}{2}$	0,95	3,611	
		PROFIL EN TRAVERS (fig. 87).			
Triangle L C''' C''''	12,00	$\frac{0,306}{2}$	5,00	9,180	10,282
Triangle C'''' C D'''	12,00	$\frac{0,306}{2}$	0,60	1,102	
		TOTAL des remblais.			187,795

Pour établir le chemin en question, il faudra faire 234 mètres cubes 256 décimètres cubes de déblais et 187 mètres cubes 795 décimètres cubes de remblais.

La méthode que nous venons d'employer, pour établir le profil en long et les profils en travers et pour calculer les terrassements, est celle en usage dans les grands travaux de chemins de fer et autres. Nous engageons donc vivement le lecteur à l'étudier avec le plus grand soin. Avec un peu d'attention, il saisira parfaitement tous les détails du mécanisme.

REMARQUE. — Nous avons tenu à mettre les six profils en travers sur la même page, en regard du profil en long. L'espace trop restreint ne nous a pas permis de rapporter les hauteurs à l'échelle du profil en long. Néanmoins, les croquis offrent toute la clarté suffisante.

CINQUIÈME PARTIE.

DES PROJETS DE TRAVAUX.

CHAPITRE Ier.

CONSTRUCTION DES BATIMENTS.

Problème N° 135.

Soit proposé de faire le projet et le métré des travaux à exécuter pour l'établissement d'une petite maison d'habitation.

Faire un projet, c'est :

1° Exécuter les dessins nécessaires, à une échelle convenable, de manière à présenter clairement tous les détails de l'ouvrage ;

2° Rédiger un métré détaillé des diverses natures de travaux à effectuer ;

3° Préparer l'estimation d'après les prix du pays où la construction doit être édifiée.

S'il s'agit de travaux pour des communes, pour l'État ou pour des établissements publics, on rédige, en outre, un devis complet, aux conditions duquel l'entrepreneur sera tenu de se soumettre. Il est même bon, pour les travaux particuliers, de préparer un devis semblable, qui est soumis à l'acceptation de l'entrepreneur.

FIGURE 137.

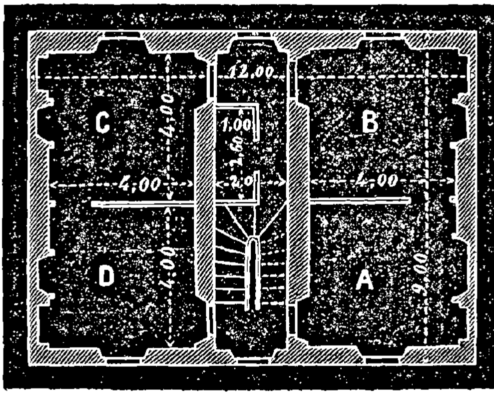
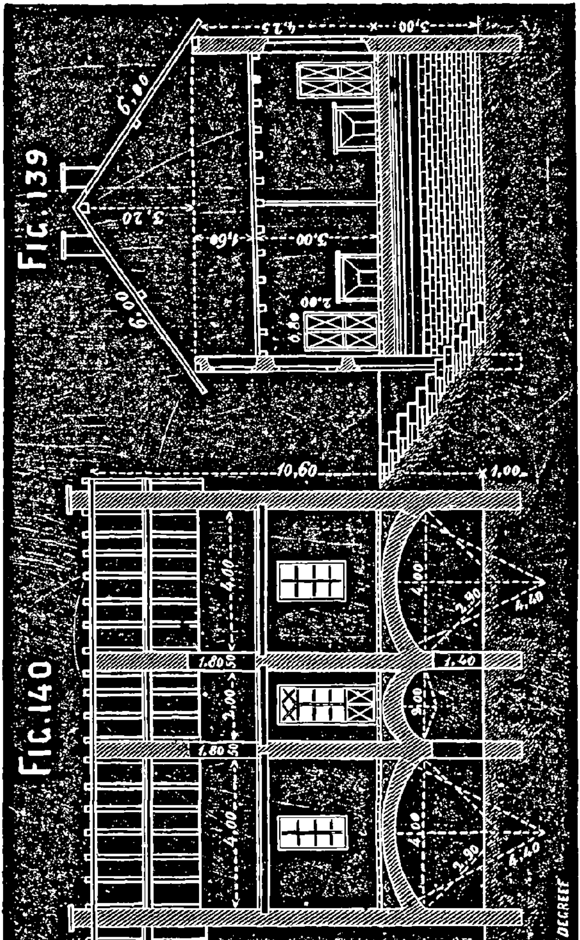


FIGURE 138

FIGURE 139 SET 140.



§ 1er. — DESSINS.

La construction qui fait l'objet du problème n° 135 se compose simplement d'un rez-de-chaussée sur caves avec grenier. Elle a extérieurement 12m00 de longueur sur 9 mètres de largeur.

1° PLAN. — Avant tout, le plan (fig. 137) a été fait et il donne la distribution de l'habitation, qui se compose de quatre pièces A, B, C, D, de 4 mètres au carré l'une, possédant chacune une cheminée. La pièce A servira de cuisine; sa cheminée est plus grande. Entre deux murs de refend, distants entre eux de 2m00, se trouve un couloir contenant l'escalier du grenier et un petit cabinet à la suite, ayant, dans œuvre, 2m60 de longueur sur 1 mètre de largeur. A chaque extrémité du couloir se trouve une porte d'entrée. Les quatre pièces correspondent entre elles et avec le couloir, de manière qu'au besoin les chambres A et B composent un logement et les pièces C et D un autre logement.

Si la construction devait comprendre plusieurs étages habitables, il faudrait un plan de distribution par étage, si ladite distribution n'était pas la même.

Le plan d'un bâtiment nécessite toujours une étude très-soignée, car un appartement n'est agréable et commode qu'autant qu'il est bien distribué.

2° COUPE TRANSVERSALE. — La coupe transversale est une section verticale faite perpendiculairement aux murs, suivant la largeur de la construction (fig. 139).

Elle fait voir la disposition adoptée depuis les fondations jusqu'au faîtage de la charpente. On voit que les pièces habitables ont 3 mètres de hauteur entre le carrelage et le solivage; que, depuis le plancher du grenier à la partie supérieure des murs, il y a 1^{m}60; que la hauteur de la pointe du pignon est 3^{m}20. On voit aussi l'inclinaison et la disposition de l'escalier de cave, ainsi que la forme des cheminées.

3° COUPE LONGITUDINALE. — La coupe longitudinale est une section verticale faite perpendiculairement aux murs, suivant la longueur de la construction (fig. 140).

Elle fait voir les dispositions adoptées dans le sens de la longueur de l'ouvrage, depuis les fondations jusqu'au sommet, la forme des voûtes de cave avec les rayons des arcs de cercle, le carrelage, les ouvertures, le solivage et le chevronnage.

4° ÉLÉVATION. — L'élévation (fig. 138) présente l'aspect du bâtiment achevé, avec tous les détails vus.

Pour la clarté et la facilité d'exécution des dessins, il convient de les placer, autant que possible, tel que nous l'avons fait. La coupe transversale sera en face du plan; la coupe longitudinale sous la coupe transversale, et l'élévation sous le plan, en face de la coupe transversale.

On comprend qu'en prolongeant les lignes principales du plan, on a les lignes principales de la coupe transversale. De même, en prolongeant les lignes principales de la coupe transversale, on a les lignes principales de la coupe longitudinale.

Nous allons maintenant effectuer le métré des divers travaux à exécuter. Comme toujours, nous décomposerons les divers solides composés en solides simples. Ce métré sera mis sous forme d'un tableau, qui sera très facilement compris, sans qu'il soit besoin d'aucune observation.

§ 2. — MÉTRÉ DES TRAVAUX.

DÉSIGNATION DES PARTIES.	NOMBRE DES PARTIES.	LONGUEURS.	LARGEURS.	ÉPAISSEUR OU HAUTEUR.	SURFACES.	VOLUMES PARTIELS.	VOLUMES TOTAUX.
1° TERRASSEMENTS.							
Ouverture des caves	1	12,00	9,00	3,00	»	324,00	
Fondations, développement	1	42,00	1,00	0,80	»	33,60	372,00
Id., murs de refend.	2	9,00	1,00	0,80	»	14,40	
TOTAL des terrassements. . . .						. . . .	372,00
2° MAÇONNERIES.							
Développement du pourtour	1	42,00	11,60	0,50	»	243,60	
Pignons extrêmes.	2	9,00	$\frac{3,20}{2}$	0,50	»	14,40	
Murs de refend.	2	9,00	11,60	0,50	»	104,40	
Pignons des murs de refend.	2	9,00	$\frac{3,20}{2}$	0,50	»	14,40	443,19
Grandes voûtes développées	2	9,00	4,50	0,60	»	48,60	
Petite voûte.	1	9,00	2,30	0,50	»	10,35	
Escalier, maçonnᵉ de côté.	2	1,00	$\frac{2,50}{2}$	2,40	»	6,00	
Id., id. de derrière.	1	1,20	2,40	0,50	»	1,44	
Vides à déduire :							
Grandes fenêtres	4	1,80	1,00	0,50	»	3,60	
Petites fenêtres.	2	1,00	0,60	0,50	»	0,60	
Fenêtre sur porte d'entrée.	1	1,00	1,00	0,50	»	0,50	
Portes d'entrée.	2	2,60	1,00	0,50	»	2,60	
Portes dˢ les murs de refend au rez-de-chaussée. . . .	2	1,80	1,00	0,50	»	1,80	13,20
Porte de descente de cave. .	1	1,80	1,00	0,50	»	0,90	
Portes dans les caves. . . .	2	1,40	1,00	0,50	»	1,40	
Portes dans les greniers. .	2	1,80	1,00	0,50	»	1,80	
RESTE pour la maçonnerie ordinaire.						. . . .	429,99
Cheminée (au m. courant).	4	7,50	»	»	»	»	linéaire 30ᵐ00

DÉSIGNATION DES PARTIES.	NOMBRE DES PARTIES.	LONGUEURS.	LARGEURS.	ÉPAISSEUR OU HAUTEUR.	SURFACES.	VOLUMES PARTIELS.	VOLUMES TOTAUX.
Enduits extérieurs.							
Développement.	»	42,00	4,25	»	178,50	»	»
Pignon.	2	9,00	3,20	»	57,60	»	»
TOTAL de l'enduit extérieur.					236,10	»	»
Nota. Les ouvertures ne sont pas déduites.							
3° PIERRE DE TAILLE.						Au mètre linéaire	
Portes principales, développement.	2	6,20	»	»	»	12,40	73,20
Grandes fenêtres	4	5,60	»	»	»	22,40	
Petites fenêtres.	2	3,20	»	»	»	6,40	
Fenêtre de grenier.	1	4,00	»	»	»	4.00	
Porte de cave.	1	5,60	»	»	»	5,60	
Portes intérieures.	4	5,60	»	»	»	22,40	
Pierre de taille à la pièce.							
Escalier de la cave (marches)	12	»	»	»	»	»	»
Pierre d'évier.	1	»	»	»	»	»	»
Cheminées.	4	»	»	»	»	»	»
TOTAL de la pierre de taille. . . .						. . . .	73,20
4° CHARPENTE.							
Solives (compartiment CD).	13	4,50	0,20	0,15	»	1,755	8,016
Id. (compartiment AB).	13	4,50	0,20	0,15	»	1,755	
Moitié du compartiment entre les murs de refend. .	7	2,50	0,20	0,15	»	0,525	
Solives.	44	6,00	0,09	0,08	»	1,901	
Pannes.	2	13,00	0,20	0,15	»	0,780	
Faîtage.	1	13,00	0,20	0,20	»	0,520	
Sablières.	2	13,00	0,20	0,15	»	0,780	
TOTAL de la charpente.						. . . .	8,016

26.

DÉSIGNATION DES PARTIES.	NOMBRE DES PARTIES.	LONGUEURS.	LARGEURS.	ÉPAISSEUR OU HAUTEUR.	SURFACES.	VOLUMES PARTIELS.	VOLUMES TOTAUX.
5° COUVERTURE.							
Tuiles plates.	2	13,00	6,00	»	156,00	»	»
Faîtières.	13	»	»	»	»	»	»
OEils de bœuf.	4	»	»	»	»	»	»
6° MENUISERIE.							
Portes extérieures.	2	2,60	1,00	»	5,20	»	»
Portes de cave	1	1,80	1,00	»	1,80	»	»
TOTAL pour portes en chêne					7,00	»	»
Portes intérieures.							
Dans les murs de refend. .	4	1,80	1,00	»	7,20	»	»
Dans les cloisons.	2	1,80	0,80	»	2,88	»	»
Petit cabinet.	1	1,70	0,60	»	1,02	»	»
Placard.	4	1,80	0,80	»	5,76	»	»
TOTAL pour portes intérieures . . .					16,86	»	»
Petits volets de grenier. . .	2	1,00	0,60	»	1,20	»	»
Grand volet id. . .	1	1,00	1,00	»	1,00	»	»
Rayons pour les placards .	5	0,80	0,30	»	1,20	»	»
TOTAL pour menuiseries ordinaires.					3,40	»	»
Chambranle, longr dévelop.	»	14,00	»	»	»	»	»
Grandes fenêtres.	4	1,80	1,00	»	7,20	»	»
Planchers.							
Compartiment AB.	»	8,00	2,00	»	16,00	»	»
Id. CD.	»	8,00	2,00	»	16,00	»	»
Un demi compartiment entre les murs de refend. .	»	2,00	4,00	»	8,00	»	»
TOTAL du plancher					40,00	»	»
Escalier du grenier (marches)	13	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PARTIES.	NOMBRE DES PARTIES.	LONGUEURS.	LARGEURS.	ÉPAISSEUR OU HAUTEUR	SURFACES.	VOLUMES PARTIELS.	VOLUMES TOTAUX.
7° PLATRERIE.							
Cloisons.							
Compartiment AB.	»	4,00	3,00	»	12,00	»	»
Id. CD.	»	4,00	3,00	»	12,00	»	»
Petit cabinet.	»	4,60	3,00	»	13,80	»	»
TOTAL des cloisons					37,80	»	»
Enduits intérieurs.							
Compartiment AB	»	24,00	3,00	»	72,00	»	»
Id. CD.	»	24,00	3,00	»	72,00	»	»
TOTAL des enduits					144,00	»	»
Carrelage.							
Compartiment AB.	»	8,00	4,00	»	32,00	»	»
Id. CD.	»	8,00	4,00	»	32,00	»	»
Petit compartiment.	»	8,00	2,00	»	16,00	»	»
TOTAL du carrelage					80,00	»	»
8° PEINTURES.							
Portes extérieures	2	2,60	2,00	»	10,40	»	»
Porte de cave.	»	1,80	2,00	»	3,60	»	»
Portes intér., murs de refend	4	1,80	2,00	»	14,40	»	»
Dans les cloisons.	2	1,70	1,60	»	5,44	»	»
Petit cabinet.	1	1,70	1,20	»	2,04	»	»
Placard	4	1,80	1,60	»	11,52	»	»
Volets de grenier.	2	1,00	1,20	»	2,40	»	»
Id. id.	1	1,00	2,00	»	2,00	»	»
Grandes fenetres	4	1,80	2,00	»	14,40	»	»
TOTAL de la peinture.					66,20	»	»
9° VITRERIE.							
Portes d'entrée.	2	1,00	0.80	»	1,60	»	»
Grandes fenêtres.	4	1,70	0,90	»	6,12	»	»
TOTAL de la vitrerie					7,72	»	»

10° FERRURES.

Les ferrures seront comptées, après exécution des travaux, les unes au poids, les autres à la pièce, selon les conventions.

Il en sera de même de la ferblanterie, de la plomberie et des petits ouvrages accessoires.

RÉSUMÉ DU MÉTRÉ.

1° Terrassements		372,00
2° Maçonnerie	Maçonnerie ordinaire	429,99
	Cheminées	30,00
	Enduits extérieurs	236,10
3° Pierre de taille	Taille ordinaire	73,20
	Escalier (marches)	12,00
	Pierre d'évier	1,00
	Cheminée	4,00
4° Charpente		8,016
5° Couverture	Tuiles plates	156,00
	Faîtières	13,00
	Œils-de-bœuf	4,00
6° Menuiserie	Portes extérieures	7,00
	Portes intérieures	16,86
	Menuiserie ordinaire	3,40
	Chambranle	14,00
	Grandes fenêtres	7,20
	Planchers	40,00
	Marches d'escalier	15,00
7° Plâtrerie	Cloisons	37,80
	Enduits intérieurs	144,00
	Carrelage	80,00
8° Peintures		66,20
9° Vitrerie		7,72

§ 3. — ESTIMATION DES TRAVAUX.

Les prix variant avec chaque pays, nous nous dispenserons de faire l'estimation des travaux dont le métré vient d'être établi. Il suffira de préparer un tableau d'après le modèle suivant, de le remplir avec les éléments du métré et les prix convenus, de faire les produits et les totaux :

DÉSIGNATION DES TRAVAUX.	QUANTITÉS.	PRIX de L'UNITÉ.	PRODUITS	
			PARTIELS.	TOTAUX.

§ 4. — DEVIS.

Plus loin, nous donnerons, avec des détails très étendus, les éléments nécessaires à la rédaction d'un devis contenant les conditions auxquelles l'entrepreneur devra se soumettre pour la bonne exécution des travaux. Nous exposerons même, d'après des instructions officielles, les règles à suivre pour la préparation des projets.

CHAPITRE II.

DES AQUEDUCS ET PONTS.

Problème N° 136.

Soit proposé de faire le projet et le mètré des travaux à exécuter pour l'établissement d'un petit aqueduc d'un débouché de 0^m50 *de largeur sur* 0^m40 *de hauteur, sous un chemin communal.*

Les dessins du projet se composeront, comme toujours, des éléments suivants :

1° ÉLÉVATION D'UNE TÊTE (fig. 142). — Dessin de la partie vue de l'ouvrage achevé lorsqu'on regarde l'ouverture.

Un aqueduc et un pont ont toujours deux têtes : *celle d'amont* et *celle d'aval.*

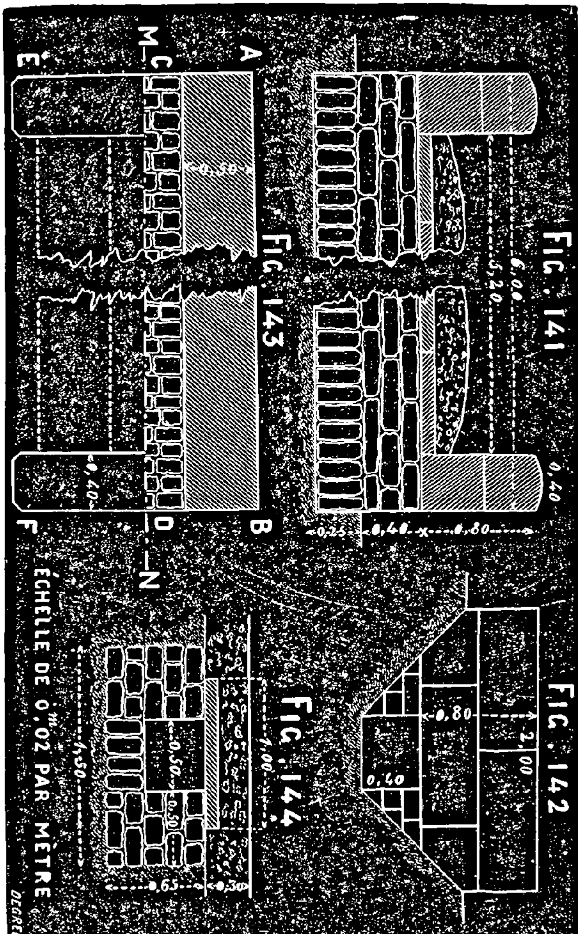
La tête d'amont est celle par laquelle l'eau entre et la tête d'aval est celle par laquelle l'eau sort.

2° COUPE LONGITUDINALE (fig. 141). — Section faite par un plan vertical dans le sens de la longueur de l'ouvrage et qui en fait voir tous les détails. Les parties coupées sont indiquées par des hachures.

L'aqueduc ayant 6 mètres de longueur extérieurement, et l'échelle de 0,02 par mètre étant adoptée, il aurait fallu, pour la coupe longitudinale, une longueur de 0^m12. La dimension du papier n'ayant pas permis de donner ce détail tout entier, une brisure a été opérée au milieu, mais la clarté n'y perd rien.

3° COUPE TRANSVERSALE (fig. 144). — Section faite par

FIGURES 141, 142, 143 ET 144.



un plan vertical, dans le sens de la largeur de l'ouvrage et perpendiculairement à l'axe ou aux culées. Elle fait voir la forme des déblais, la disposition des maçonneries et du dallage.

3° PLAN (fig. 143). — Vue de l'ouvrage suivant un plan horizontal.

Le plan est divisé en deux parties :

1° CDFE, vue au niveau des parapets, l'ouvrage étant supposé achevé.

2° ABDC, vue au niveau des fondations.

A propos de la brisure, même observation que pour la coupe longitudinale.

ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DES PONTS ET AQUEDUCS.

Les ponts et aqueducs comprennent les parties suivantes :

1° FONDATION. Partie inférieure établie, sur le terrain solide, sur béton ou sur pilotis, destinée à supporter tout le poids de l'ouvrage. Il est nécessaire que l'entrepreneur et le directeur des travaux apportent le plus grand soin à cet important détail.

2° CULÉES OU PIEDS DROITS. Massif en maçonnerie, destiné à maintenir les terres à droite et à gauche et à soutenir le dallage, le tablier en bois ou en fonte, ou une voûte, suivant le cas.

La coupe transversale donne l'épaisseur et la disposition des culées.

3° RADIER. Maçonnerie placée entre les culées et sur laquelle l'eau s'écoule.

4° **VOÛTE.** Maçonnerie suivant une courbe reposant sur chaque culée et établissant communication de l'une à l'autre.

5° **VOUSSOIRS.** Moellons en taille composant le corps de la voûte.

6° **DOUELLE.** Face vue d'un voussoir.

7° **INTRADOS.** Surface intérieure de la voûte.

8° **EXTRADOS.** Surface extérieure de la voûte.

9° **CLEF.** Voussoir fermant la voûte à sa partie supérieure.

10° **MURS EN AILE.** Maçonnerie placée de chaque côté des têtes, aboutissant aux culées pour soutenir les terres.

RELEVÉ DES TRAVAUX A EXÉCUTER POUR L'ÉTABLISSEMENT DE L'AQUEDUC. (*Problème n° 133.*)

DÉSIGNATION DES PARTIES.	NOMBRE DES PARTIES.	Longueurs.	Largeurs.	Épaisseur ou hauteur.	Surfaces.	VOLUMES partiels	VOLUMES totaux.
Maçonnerie à mortier							
Culées............	2	6,00	0,65	0,50	»	3,90	3,90
Maçie à pierre sèche.							
Radier............	»	6,00	0,50	0,25	»	0,75	0,75
Maçonnerie de taille.							
Parapets..........	2	2,00	0,80	0,40	»	1,28	1,28
Dallage	»	6,00	0,90	»	5,40	»	»
Épinçage de moellons.							
Culées	2	6,00	0,40	»	4,80	»	»
Têtes.............	4	0,50	0,40	»	0,80	»	»
Radier	»	6,00	0,50	»	3,00	»	»
Taillage à la bouchardе.			TOTAL	.....	8,60		
Parapet, développt.	2	2,00	2,00	»	8,00	»	»
Abouts............	4	0,80	0,40	»	1,28	»	»
			TOTAL	.....	9,28	»	»

Problème N° 137.

Soit proposé de faire le projet et le métré des travaux à exécuter pour l'établissement d'un pont, avec murs en aile, à plein cintre, de 4 mètres d'ouverture et de 4 mètres de hauteur sous clef, sous un remblai.

Les dessins du projet comportent les éléments suivants:

1° ÉLÉVATION D'UNE TÊTE (fig. 145). — Les lignes AB et CD sont les intersections du plan de la tête avec les murs en aile. Elles ont une inclinaison nommée *fruit*, afin de donner aux murs en aile plus de résistance contre la poussée des terres. Les pieds E et F des rampants des murs en aile viennent aboutir au pied du talus.

Les talus ont une hauteur de 4m60 au-dessus du radier du pont, et, comme ils sont supposés inclinés à 45 degrés, leur largeur, ou projection horizontale, est également 4m60 à partir du plan de la tête. Cette longueur est représentée par la ligne GH (figure 147).

2° COUPE LONGITUDINALE (fig. 146). — Section faite par un plan vertical dans le sens de l'axe du pont.

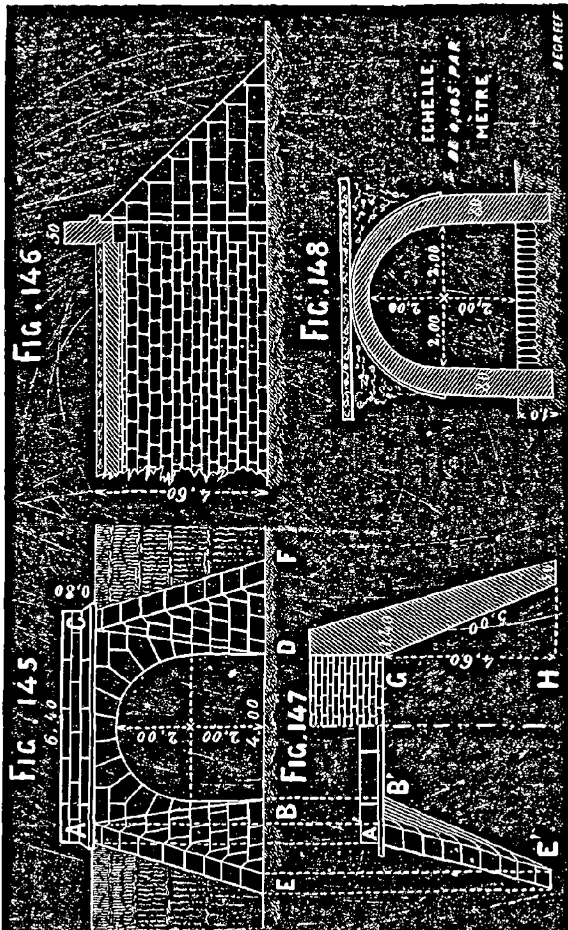
Cette coupe ne va pas d'une tête à l'autre, les dimensions du papier ne le permettant pas. Elle présente, du reste, tous les détails nécessaires, et il suffit, pour le métré, de savoir que l'ouvrage a une longueur de 8 mètres entre les plans des têtes.

3° COUPE TRANSVERSALE (fig. 148). — Section faite par un plan vertical dans le sens de la largeur de l'ouvrage et perpendiculairement à l'axe du pont.

Elle fait voir l'épaisseur des culées de la voûte, la profondeur des fondations et le radier.

4° PLAN (fig. 147). — La partie de droite est le plan de la moitié d'une tête à niveau du radier; la partie de gauche est le plan pris au niveau du parapet. Bien que

FIGURES 145, 146, 147 ET 148.



le plan ne soit pas complet, il donne les détails d'une tête, ce qui est suffisant, quand on sait que l'ouvrage a 8 mètres de longueur entre les têtes.

Le plan a été placé sous l'élévation d'une tête, afin de bien mettre en évidence les détails d'un mur en aile vu dessiné sur un plan horizontal et sur un plan vertical. On a aussi ce qu'on appelle une projection horizontale et une projection verticale.

Le point B est projeté au point B'; le point A, au point A'; le point E, au point E'. Les points du rampant et ceux du mur sont projetés de la même façon sur le plan.

On a donc :

AB, projection verticale et A'B' projection horizontale de la même ligne.
EB, projection verticale et E'B' projection horizontale de la même ligne.
AE, projection verticale et A'E' projection horizontale de la même ligne.

La ligne E'B' est la longueur naturelle de la ligne EB, sa projection verticale. De même, la ligne AB est la longueur naturelle de la ligne A'B', sa projection horizontale.

On comprend que la longueur du rampant n'est déterminée ni en grandeur naturelle, ni par sa projection verticale AE, ni par sa projection horizontale A'E'; mais elle forme l'hypoténuse d'un triangle rectangle dont les deux côtés de l'angle droit, AB (fig. 145) et E'B' (fig. 147), sont connus en grandeur réelle. Pour l'avoir, il n'y aura donc qu'à construire le triangle.

Nous recommandons l'étude la plus attentive des explications qui viennent d'être données, car elles sont très importantes. Il est essentiel que le lecteur se rende bien compte de la manière dont les détails d'un mur en aile se projettent horizontalement et verticalement.

MÉTRÉ DES TRAVAUX.

DÉSIGNATION DES PARTIES.	NOMBRE DES PARTIES.	LONGUEURS.	LARGEURS.	ÉPAISSEUR OU HAUTEUR.	SURFACES.	VOLUMES partiels	VOLUMES totaux.
MAÇONNERIES GÉNÉRALES.							
Corps de la voûte.							
De l'extrémité des fondations à la naissance de la voûte.................	»	8,00	5,00	3,00	»	134,400	»
Voûte (1/2 cylind.), formule $\frac{2,60 \times 2,60 \times 3,1416 \times 8,00}{2}$	»	»	»	»	»	84,949	»
Murs en aile	2	5,00	$\frac{4,60}{2}$	moyenne 0,725	»	16,675	»
A déduire :	TOTAL de la maçonnerie générale.					236,024	»
1° *Vide du pont.*							
Entre le radier et la naissance de la voûte........	»	8,00	4,00	2,00	»	64,000	»
Voûte (1/2 cylind.), formule $\frac{2,00 \times 2,00 \times 3,1416 \times 8,00}{2}$	»	»	»	»	»	50,265	»
	TOTAL du vide.................					114,265	»
2° *Pierre de taille.*		dével.					
Têtes du pont	2	12.57	0,70	0,50	»	8,800	»
Rampants des murs en aile	4	6,08	0,50	0,50	»	3,648	»
	TOTAL de la taille.............					12,448	»
RÉSUMÉ.							
Maçonnerie générale.....	»	»	»	»	»	»	236,024
A déduire :							
1° Vide.................	»	»	»	»	»	114,265	126,713
2° Taille...............	»	»	»	»	»	12,448	
	RESTE pour la maçonnerie, à amortir ..						109,311

DÉSIGNATION DES PARTIES.	NOMBRE DES PARTIES.	LONGUEURS.	LARGEURS.	ÉPAISSEUR OU HAUTEUR.	SURFACES.	VOLUMES partiels	VOLUMES totaux
Maçonnerie en pierre sèche.							
Radier..................	»	8,00	4,00	0,30	»	9,60	9,60
Maçonnerie de pierre de taille.							
Comme au vide déduit....	»	»	»	»	»	12,448	17,568
Parapets................	2	6,40	0,80	0,50	»	5,120	
	Cube de la pierre de taille.................						17,568
Chape hydraulique.							
Sur la voûte............	»	8,00	6,29	»	50,32	»	»
Épinçage de moellons.							
Cubes...................	2	7,40	2,00	»	29,60		
Voûte...................	»	7,40	6,29	»	46,55	94,55	»
Murs en aile............	4	4,00	$\frac{2,50}{2}$	»	18,40		
Taillage à la boucharde de pierre de taille.							
Têtes...................	2	6,29	0,60	»	7,55		
Rampants des murs en aile.	4	6,06	0,80	»	19,39	55,42	»
Parapets (développem^{t})...	2	6,40	2,10	»	26,88		
Id. (abouts)........	4	0,80	0,50	»	1,60		

RÉSUMÉ DU MÈTRÉ.

1°	Maçonnerie à mortier	109,311
2°	— à pierre sèche	9,600
3°	— de pierre de taille. .	17,568
4°	Chape hydraulique.........	50,32
5°	Épinçage de moellons........	94,55
6°	Taillage à la boucharde	55,42

On ajoutera au métré les surfaces des jointoiements après l'exécution des travaux, surfaces qui seront égales à celles de l'épinçage de moellons et du taillage à la boucharde, savoir :

1° Jointoiements sur moellons. . .		94,55 ;
2° —	sur taille.	55,42.

On remarquera que, pour calculer la maçonnerie ordinaire à mortier, nous avons fait le volume total du vide et du plein des maçonneries, moins le radier et le parapet, et nous avons ensuite retranché du résultat les volumes du vide et de la taille. Ce procédé nous semble être le plus simple.

On aurait pu aussi calculer séparément chaque détail de maçonnerie.

CHAPITRE III.

QUALITÉS DES MATÉRIAUX

EMPLOYÉS DANS LES TRAVAUX ET FAÇON DES OUVRAGES.

—

1° QUALITÉS DES MATÉRIAUX.

—

§ 1er. — SABLES.

1. Les sables employés dans les maçonneries seront calcaires, granitiques ou siliceux ; et, quelle que soit leur origine, ils ne devront pas contenir plus d'un quinzième de leur volume de matières terreuses.

2. Ils devront être préalablement passés dans un crible contenant 200 mailles par décimètre carré, ce qui donne

7 millimètres pour le cote d'une maille, compris la grosseur du fil de fer.

3. Pour vérifier le degré de pureté des sables, on en lave un décimètre cube dans un vase quelconque, puis, après le décantage et le desséchement du dépôt, on mesure le volume des terres.

§ 2. — CHAUX.

4. La chaux grasse sera réduite soit en poudre, soit en pâte, ce dernier cas étant préférable à cause du foisonnement.

5. La chaux hydraulique sera cuite à la houille, éteinte par immersion pour être réduite en poudre, puis passée dans un crible de 400 mailles par décimètre carré : elle sera pulvérulente, douce et onctueuse au toucher.

6. Le litre de chaux hydraulique en poudre sèche, au degré de tassement naturel, ne devra pas peser plus de 670 grammes.

7. Préparée à l'état de pâte ferme et immédiatement immergée, elle devra faire prise au bout de quatre ou cinq jours au plus, c'est-à-dire qu'elle devra supporter, sans une dépression sensible, une tige pointue chargée de 300 grammes de plomb, appelée *tige de Vicat*.

8. La chaux hydraulique doit être conservée dans des magasins couverts, secs et parfaitement fermés.

§ 3. — CIMENT CALCAIRE.

9. Le ciment calcaire sera bluté au degré de finesse et d'onctuosité de la farine.

10. Le litre de ciment en poudre sèche, au degré de

tassement naturel, ne devra pas peser moins de 900 grammes et plus de 950. Toutefois, ce poids pourra s'élever jusqu'à 1050 grammes pour le ciment noir, à prise lente.

11. Préparé à l'état de pâte demi-liquide non immergée, sans mélange de sable, par parties d'environ 150 grammes de ciment et 70 grammes d'eau, le ciment devra faire prise après six minutes. Après une heure, il accusera une dépression de 0^m006 sous la machine de Vicat; après vingt-quatre heures, 0^m005; après deux jours, 0^m004; après dix jours, 0^m003.

§ 4. — PLATRE.

12. Le plâtre gris proviendra des carrières les plus rapprochées du lieu des travaux.

Le plâtre blanc proviendra de .....

13. Le plâtre sera bien calciné, tamisé fin et onctueux au toucher. Il devra être conservé dans des lieux bien secs. Le plâtre éventé ou mouillé devra être refusé.

§ 5. — BRIQUES. — CARREAUX. — TUILES.

14. La terre qui servira à la confection de ces matériaux sera préalablement cylindrée et ne renfermera ni débris calcaires, ni nodules de fer ou autres corps étrangers ; la pâte sera fine et homogène.

15. Ces matériaux seront cuits à un degré convenable, de manière qu'ils rendent un son clair, présentent des cassures vives et soient inattaquables à la gelée.

16. Ils auront des formes nettes, sans écornures, ger-

çures ou courbures disgracieuses ou contraires à leur destination.

§ 6. — MOELLONS BRUTS.

17. Les moellons bruts destinés aux maçonneries ordinaires seront généralement calcaires et devront toujours résister à la gelée. Ils seront choisis dans les bancs les plus durs des carrières; ils seront francs et sans délit.

18. Ces matériaux seront plats et d'une bonne assiette ; ceux destinés aux fondations présenteront les plus grandes dimensions possibles.

§ 7. — MOELLONS DE PAREMENT.

19. Les moellons de parement, comme les moellons bruts, seront généralement calcaires et toujours complétement inattaquables à la gelée.

Ils seront choisis dans les bancs les plus durs des carrières. Ils seront francs, sans délits et ébouss inés jusqu'au vif.

20. Les moellons de parement se divisent en trois classes, savoir :

1re CLASSE : Moellons piqués;
2e — : Moellons smillés;
3e — : Moellons épincés.

21. Chacune des trois classes de parement se subdivise en deux catégories :

1re CATÉGORIE : Parement droit, sans sujétion ou ordinaire;
2e — Parement droit ou courbe de sujétion.

Le parement de la deuxième catégorie comprend les hérissons, caniveaux, radiers courbes, les coupes biaises, les douelles de voûte, les parements inclinés sur un fruit égal ou supérieur à 1 de base pour 10 de hauteur.

Les parements inclinés en maçonnerie à mortier, sur un fruit inférieur à 1/10, sont classés comme parements ordinaires; il en est de même de tous les perrés à pierre sèche, droits ou courbes, quelle que soit leur inclinaison.

Cette classification s'applique aux maçonneries à mortier comme aux maçonneries à pierre sèche.

22. Le parement des moellons piqués, ou de première classe, sera préparé à la pointe, au ciseau ou à la boucharde, et relevé entre quatre ciselures; les lits et joints de ces moellons, retournés d'équerre au parement ou suivant les coupes d'appareils qui seront prescrites, devront être dressés sans démaigrissement sur 0^m15 de profondeur au moins : leurs arêtes seront bien vives. Les moellons piqués auront exactement la même hauteur dans l'étendue de chaque assise; leur longueur ne sera jamais plus faible que leur hauteur et aura généralement moitié en sus. Cette hauteur ne sera jamais moindre que 0^m16.

23. Le parement des moellons smillés, ou de deuxième classe, ne diffère de celui des moellons piqués qu'en ce qu'il n'est pas relevé entre quatre ciselures, et que le piquage est un peu moins soigné. Leur hauteur d'assise pourra descendre à 0^m13; les longueurs seront avec leur hauteur dans la proportion ci-dessus indiquée.

24. Le parement des moellons épincés, ou de troisième classe, est proprement dressé ou têtué; ces moellons présentent d'ailleurs des formes régulières comme ceux des deux premières classes. Les hauteurs pourront

cependant varier de 2 à 3 centimètres dans la même assise, mais sans ressaut brusque et en répartissant la différence sur une longueur de 10 mètres au moins. Leur épaisseur pourra descendre jusqu'à 0^m10.

25. Les moellons de parement seront toujours disposés par carreaux et boutisses, dans la proportion de 2/3 contre 1/3, en sorte que sur 3 mètres de longueur il y ait, en moyenne, 1 mètre en boutisse. Ces boutisses auront toujours au moins 0^m10 de longueur en queue de plus que les carreaux. Cette longueur en queue des carreaux sera d'au moins 0^m32 pour les moellons piqués, de 0^m27 pour les moellons smillés, de 0^m22 pour les moellons épincés. Du reste, il est formellement stipulé que ces dimensions et celles indiquées aux articles précédents pourront être modifiées en plus ou en moins par le directeur des travaux, et l'entrepreneur devra se conformer aux instructions qui lui seront données à cet égard.

26. Les moellons piqués, ou de première classe, seront toujours taillés à pied d'œuvre sur le chantier; les moellons smillés et épincés pourront être préparés en carrière.

27. Les moellons des trois classes, de nature exclusivement calcaire, ne seront pas extraits des carrières après le 1er septembre de l'année de leur emploi.

§ 8. — PIERRE DE TAILLE.

28. La pierre de taille se divise en deux classes :

1° Pierre de taille *de grand appareil;*
2° — *d'appareil ordinaire.*

La pierre de taille de grand appareil comprend les blocs dont le volume en œuvre est égal ou supérieur à 1/4 de mètre cube.

La pierre de taille d'appareil ordinaire comprend les blocs dont le volume est inférieur à 1/4 de mètre cube.

29. La pierre de taille proviendra des carrières qui fournissent des matériaux inattaquables à la gelée. L'extraction en sera faite à la tranche ou à la pince, et non à la poudre.

La pierre de taille devra toujours avoir été extraite avant le 15 août de son emploi.

30. La pierre sera bien pleine, sans fils ni délits, flaches ou moies ; elle sera ébousinée et atteinte jusqu'au vif, sans faux démaigrissement. Elle sera bien sonore sous le choc du marteau.

31. Les parements de la pierre de taille seront classés comme il suit :

1re CLASSE :		Parement bouchardé entre ciselures ;
2e	—	Parement piqué à la pointe entre ciselures ;
3e	—	Parement piqué à la pointe sans ciselures ;
4e	—	Parement rustiqué, épannelé ou têtué entre ciselures ;
5e	—	Parement rustiqué, épannelé ou têtué, sans ciselures.

32. La pierre de taille bouchardée ou piquée entre ciselures sera toujours préparée à pied d'œuvre sur le chantier.

33. Le parement bouchardé entre ciselures, ou de première classe, sera fait proprement, sans écornures ni épaufrures ; la surface sera dressée suivant l'appareil indiqué. Les lits et joints seront retournés sans faux

démaigrissement, sur 0^m30 de profondeur, à moins de circonstances particulières et d'instructions spéciales qui seraient données à l'entrepreneur.

34. Le parement piqué entre ciselures, ou de deuxième classe, ne différera du parement de première classe que par l'aspect du travail à la pointe.

Le parement piqué à la pointe sans ciselures, ou de troisième classe, ne différera du précédent que par l'absence de la ciselure.

35. Le parement rustiqué, épannelé, dressé ou têtué entre ciselures, ou de quatrième classe, sera grossièrement équarri ; mais les ciselures seront faites avec autant de soin que pour le parement de première classe.

Le parement rustiqué, épannelé, dressé, ou têtué sans ciselures, ou de cinquième classe, ne différera du parement de la quatrième que par l'absence de la ciselure.

36. Chacune des cinq classes de parement de pierre de taille sera divisée en *parement de sujétion* et *parement ordinaire*.

Les parements de sujétion comprendront toutes les surfaces destinées à des appareils biais, courbes ou refouillés.

Ne seront pas considérées comme parements de sujétion, les surfaces des pierres dont les arêtes auront été arrondies, quand les faces adjacentes à ces arêtes seront perpendiculaires entre elles. Elles seront considérées comme perpendiculaires tant que l'inclinaison de l'une de ces faces sur l'autre ne dépassera pas 0^m05 par mètre.

Les parements ordinaires comprendront toutes les surfaces qui n'exigent ni coupes biaises, ni appareils courbes, ni refouillements.

§ 9. — BOIS.

37. On emploie, dans les travaux de charpente, des bois de plusieurs essences, savoir : le chêne, le sapin, le peuplier ordinaire, le peuplier noir, l'orme.

38. Le bois de chêne sera de couleur jaune foncé, par opposition au chêne blanc à gros glands, dont la couleur est plus claire, la pesanteur spécifique et la résistance moindres, et dont l'emploi ne sera toléré que dans les travaux de maisons d'habitation, la confection des cintres et les ouvrages de peu d'importance. Il sera toujours choisi dans les climats secs et pierreux.

39. Le chêne ne pourra être employé qu'autant qu'il aura été abattu et écorcé depuis deux ans, et depuis quatre ans pour les ouvrages de menuiserie.

Il devra être débité avant la mise en œuvre.

40. Le bois de chêne, sans aubier ni flaches, ou à vive arête, doit être exempt des défauts suivants :

Gélif cadranné ou étoilé : lorsque la coupe présente des fentes en rayon plus ou moins nombreuses.

Noueux : lorsqu'il présente beaucoup de nœuds.

Rebours : lorsque la direction générale des fibres est tourmentée.

Roulé : lorsque la coupe transversale présente des anneaux ou des fentes concentriques.

Tranché : lorsque l'équarrissage coupe transversalement des faisceaux fibreux.

Mouliné : lorsque le bois est piqué par les vers.

Carié : lorsque le bois, ne présentant plus ni cohésion ni résistance, tombe en pourriture.

Enfin, le bois *sur le retour,* qui est mort sur pied après avoir longtemps dépéri et qui se décompose par le centre, est également proscrit.

41. Le sapin, le peuplier et l'orme, dont l'emploi sera prescrit, devront être exempts des défauts analogues.

§ 10. — PEINTURE A L'HUILE.

42. Les couleurs destinées aux peintures seront broyées avec soin et délayées sous la molette avec de l'huile de lin ou de noix que l'on aura rendue siccative en la mêlant à l'essence de térébenthine et la faisant bouillir avec de la litharge. Le broyage sur marbre sera exécuté de manière à rendre le mélange bien homogène et légèrement visqueux.

43. Les couleurs employées aux peintures seront à base de zinc ou de plomb.

44. Les couleurs seront délayées de différentes manières :

La première couche, ou couche d'impression sur le bois, renfermera 1/10 d'essence de térébenthine ;

La seconde couche, 2/10 ;

La troisième couche, 3/10.

La consistance ou la viscosité de la peinture sera moindre pour la première couche que pour la deuxième, et moindre pour celle-ci que pour la troisième.

Les couleurs pour la peinture sur métaux seront délayées à l'essence pure.

§ 11. — VERRES A VITRE. — MASTIC.

45. Les verres pour le vitrage des fenêtres seront forts, choisis parmi les plus blancs, sans taches, stries ou défauts quelconques. Leur épaisseur sera au moins de 1 millimètre 1/4 pour les verres simples, de 2 millimètres

pour les verres demi-doubles et de 3 millimètres pour les verres doubles.

46. Le mastic à employer pour la pose des verres à vitres, ou pour le remplissage des fissures des bois, sera composé de blanc de Troyes dit *d'Espagne* en poudre, de céruse et d'huile de lin. Ces matières seront broyées ensemble à la molette sur marbre, pour en faire une pâte homogène et de bonne consistance.

§ 12. — MÉTAUX.

47. La fonte destinée aux travaux sera de deuxième fusion ; elle proviendra des meilleures fonderies ; elle sera douce et malléable.

48. On distinguera les fontes en deux classes : *fonte de grosse œuvre* et *fonte de sujétion*. Il y aura des prix particuliers pour ces deux fontes.

49. Toutes les pièces seront coulées avec soin sans dégauchissement, soufflures ou défauts quelconques ; elles seront nettoyées et terminées à la lime.

50. Le *cuivre rouge* ou *rosette* sera de la meilleure qualité et sans mélange d'aucun autre métal ; le *cuivre jaune* ou *laiton* sera composé dans les proportions ordinaires.

51. Le *bronze* contiendra dix parties de cuivre rouge en poids et une partie d'étain fin fondus ensemble.

52. Le *plomb* destiné aux scellements et soudures sera bien épuré, uni et doux.

53. Les soudures seront composées d'un tiers d'étain fin et de deux tiers de plomb.

54. Les feuilles de *zinc* laminées que l'on emploiera

pèseront de 6 à 7 kilogrammes le mètre carré; elles seront de bonne qualité marchande.

55. Le *ferblanc* sera livré en feuilles parfaitement étamées et sans défauts, et de bonne qualité marchande.

56. La *tôle* sera laminée sous les épaisseurs demandées : douce, lisse, sans gerçures ni défauts quelconques.

57. Les *fers* seront de la meilleure qualité dans leur espèce; ils seront nerveux, doux, sans pailles ou défauts quelconques. A toute réquisition, on pourra exiger la production du certificat d'origine.

58. On emploiera deux espèces de fer : les fers préparés à la houille, ordinairement désignés sous le nom de *fers laminés*, et les fers entièrement préparés au bois, que l'on désigne habituellement sous le nom de *fers martelés*. Les premiers serviront pour les pièces ordinaires, les seconds, pour les pièces de sujétion.

59. Les ouvrages neufs en fer forgé seront divisés en trois catégories :

1° Fers travaillés à froid (avec ou sans assemblage, percés ou non percés);

2° Fers chauffés en partie (pliés, soudés ou refoulés);

3° Fers chauffés en entier.

Les fers seront employés bruts de forge, ou bien ils seront réparés à la lime.

60. Les clous, broches, brochettes, pointes, vis à bois, de toutes dimensions, seront faits en fers très doux.

61. Toutes les pièces de serrurerie seront de main de maître et conformes aux dimensions ou modèles prescrits et de bonne qualité marchande.

Il en sera de même des ouvrages de menue serrurerie et des objets de quincaillerie.

62. Les fers filés seront de première qualité et recuits; ils devront supporter, sans se rompre, une tension de 28 kilogrammes par millimètres carrés de section.

2° FAÇON DES OUVRAGES.

—

§ 1er. — MORTIERS A BASE DE CHAUX HYDRAULIQUE.

63. Les mortiers à base de chaux hydraulique seront composés de proportions déterminées de chaux en poudre au degré de tassement habituel et de sables mesurés en volume. On indiquera ces proportions.

64. Les mortiers pourront être confectionnés par divers procédés, savoir :

Par les machines dites *manéges circulaires*, mis en mouvement par des chevaux;

Par des *râteaux* à tonnes, mis en mouvement par le même moteur;

Par des hommes agissant à l'aide de rabots en fer, sur des aires en bois ou en pierre;

Par des hommes agissant à l'aide de pilons, sur des aires en bois ou en pierre.

Toutefois, les deux premiers procédés ne pourront être exigés que pour des ouvrages d'une certaine importance.

65. De quelque manière que le mortier soit confectionné, les matières intégrantes seront brassées jusqu'à ce que la chaux et le sable soient parfaitement mélangés et que l'on ne distingue aucune particule de chaux.

66. Les mortiers qui auraient été délavés par la pluie, et qui se trouveraient ainsi privés d'une partie de la chaux qu'ils doivent contenir, ne seront pas employés en cet état et pourront rester au compte de l'entrepreneur, à moins que ce dernier ne soit autorisé à les mettre en œuvre après un nouveau brassage avec addition de chaux.

67. Les mortiers ne pourront être conservés plus de quatre heures sans emploi. Immédiatement après leur préparation, ils devront être retroussés à la pelle en tas de forme conique. Si les mortiers ne sont pas employés aussitôt après qu'ils sont préparés, l'entrepreneur devra les faire rabattre, en les humectant légèrement avec un balai mouillé ou un arrosoir à pomme.

Les mortiers desséchés seront rebutés et jetés hors de l'atelier.

§ 2. — MORTIERS A BASE DE CIMENT CALCAIRE.

68. Les mortiers à base de ciment calcaire seront composés de proportions déterminées de ciment calcaire en poudre, au degré de tassement habituel, et de sables mesurés en volume. Ces proportions seront indiquées préalablement.

69. Le mortier à base de ciment calcaire sera toujours préparé de la manière suivante : les matières, dosées préalablement, seront placées dans une auge en bois et mélangées à sec. Dès que le mélange sera complet, on y ajoutera l'eau nécessaire et l'on opérera la trituration aussi rapidement que possible.

70. Le mortier à base de ciment sera employé immédiatement après la préparation.

71. Le mortier de ciment destiné soit aux enduits, soit aux rejointoiements, sera composé dans les proportions suivantes :

Partie de ciment en poudre......	1,0
Partie de sable tamisé.........	0,8
Partie d'eau................	0,4

§ 3. — DISPOSITIONS COMMUNES A TOUS LES MORTIERS.

72. Tous les mortiers seront dosés et confectionnés en présence d'un surveillant. Ils seront préparés et conservés à couvert.

73. L'entrepreneur sera tenu d'avoir sur les ateliers des caisses en bois pour le dosage des matières. Ces caisses, dont la capacité devra être une partie aliquote de l'hectolitre, auront les formes et les dimensions préalablement déterminées.

74. Le degré de consistance des mortiers, qui doit varier avec la nature des ouvrages à exécuter et avec l'état barométrique et thermométrique de l'atmosphère, sera fixé avant de commencer les travaux.

§ 4. — MAÇONNERIES A PIERRES SÈCHES.

75. Les maçonneries à pierres sèches pour fondations, perrés, murs de clôture, murs de soutènement ou autres, seront exécutées avec les diverses natures de pierres qui seront indiquées à l'entrepreneur.

76. Les pierres seront posées à la main, sur lit de carrière, autant que possible, à moins d'ordres contraires,

et calées avec des éclats, recoupes, pierrailles, sables ou graviers, de manière qu'elles soient inébranlables. Elles sont liaisonnées tant à l'intérieur qu'à l'extérieur et les vides seront parfaitement remplis avec les matières indiquées ci-dessus.

Les matériaux de plus fortes dimensions seront réservés en général pour les fondations.

77. Lorsque la maçonnerie de pierres sèches sera destinée à l'établissement de perrés, les inclinaisons et épaisseurs seront fixées d'abord. Dans tous les cas, les moellons seront posés par assises ou rangées plus ou moins régulières, ou à joints incertains, selon la nature des matériaux, et leurs lits et joints dirigés perpendiculairement aux talus.

78. Les maçonneries seront en assises *réglées,* lorsque chaque assise sera exécutée en moellons épincés, smillés ou piqués d'égale hauteur; en assises *libres,* lorsque chaque assise se composera de moellons de plusieurs échantillons; et *à joints incertains*, lorsque les parements seront exécutés en moellons ordinaires sans coupe, taille, ni préparation.

79. Dans les maçonneries en pierres sèches à parement vu, telles que perrés, murs de clôture et murs de soutènement, on aura soin de poser tous les moellons en carreaux et boutisses alternativement en bonne liaison et calées en queue.

Dans les maçonneries de faible épaisseur, telles que murs de clôture à double parement, on placera, en outre, des parpanigs en échiquier à chaque mètre carré de mur en élévation. Les carreaux et boutisses seront posés sur chaque face, de telle sorte que les carreaux d'un côté correspondent alternativement aux boutisses de l'autre.

§ 5. — MAÇONNERIE AVEC MORTIER.

80. Toutes les fois que l'on emploiera le mortier en fondation d'ouvrages, soit à l'état de chape, soit à l'état de maçonneries de diverses espèces, le sol sera préalablement dressé, nettoyé et arrosé.

81. Lorsque le mortier devra être appliqué contre des parois verticales ou inclinées, on fera subir à ces parois une préparation analogue, en ayant soin d'en détacher toutes les parties ébranlées.

82. Lorsque le sol de la fondation sera du rocher, on aura soin de le déraser autant que possible, d'en détacher les parties tendres ou qui tendraient à se séparer, et de remplir tous les joints avec un coulis de ciment ou de mortier avant la pose de la maçonnerie.

§ 6. — MAÇONNERIE DE BÉTON.

83. Le béton en mortier à base de chaux hydraulique étant destiné à divers usages qui nécessitent une préparation spéciale, sera composé d'éléments variables. L'entrepreneur fournira le mortier et la pierre cassée, ou le gravier. Ces matières, ainsi que la main-d'œuvre de préparation et d'emploi, seront payées à l'entrepreneur.

84. Les pierres cassées ou le gravier seront, pendant les temps secs, arrosés avant d'être incorporés dans le mortier.

Le mélange de ces matières sera fait sur des aires en bois ou en maçonnerie, à l'aide de pelles, rabots et greffes en fer. Elles seront retournées, brassées, jusqu'à ce que toutes les facettes des pierres ou du gravier soient imprégnées de mortier.

85. Le béton sera porté dans la forme à l'aide de brouettes, caisses, pelles ou autres instruments. L'usage de couloirs est absolument proscrit.

Lorsque le béton devra être immergé, il sera descendu dans la fosse à l'aide d'une trémie dont la forme, les dimensions et l'usage seront fixés par le directeur des travaux.

86. Lorsque le béton sera employé dans une fondation sèche, il sera comprimé soit avec les pieds, soit avec une hie plate à large base.

Lorsqu'il sera employé dans une fondation submergée, le régalage et le tassement en seront exécutés avec un rouleau d'un poids suffisant.

87. Le béton qui sera destiné à des fondations d'ouvrages pourra être étendu par couches de 0^m20 à 0^m25 d'épaisseur.

88. Lorsque l'on fera usage du béton à base de ciment calcaire, on suivra les mêmes prescriptions que pour le béton de mortier de chaux hydraulique.

89. L'emploi des bétons devra être fait assez rapidement pour que les mortiers n'aient pas le temps de durcir avant d'être mis en place, ni avant qu'on les recouvre d'une couche nouvelle.

§ 7. — MAÇONNERIE ORDINAIRE EN MOELLONS BRUTS OU DE REMPLISSAGE ET MORTIER A BASE DE CHAUX HYDRAULIQUE OU DE CIMENT CALCAIRE.

90. Lorsque les maçonneries ordinaires en moellons bruts ou de remplissage et mortier hydraulique seront destinées à des massifs non parementés avec ces moellons, elles seront exécutées de la manière suivante :

Les moellons, décrassés à vif, seront logés dans un bain de mortier. La pierre sera frappée avec le marteau ou une masse de bois pour que le mortier souffle et reflue de tous côtés. Ce battage sera opéré sur chaque pierre, d'abord dans le sens horizontal, pour la serrer contre la maçonnerie déjà faite, où du mortier frais aura été préalablement relevé sur toute la hauteur du joint; ensuite dans le sens vertical.

Les pierres seront chassées au refus; les joints seront remplis avec des éclats ou recoupes que l'on frappera au marteau. Les pierres seront toujours placées de telle sorte que la face la mieux gisante soit en dessous et qu'elles ne se touchent pas à sec sans interposition de mortier.

Les matériaux des plus fortes dimensions seront réservés pour les parties basses des maçonneries et les côtés tournés vers les terres.

Sur cette première assise, l'ouvrier en placera une seconde de la même manière, en ayant soin de faire correspondre, autant que possible, le plein des pierres de l'une des assises aux joints de l'autre.

91. Les pierres seront toujours arrosées avant d'être employées dans les maçonneries, pendant les temps secs. Elles devront être humides au moment de l'emploi.

92. Les maçonneries seront arrosées et tenues humides pendant et après leur confection. Cet arrosage sera continué tant que le directeur des travaux le jugera convenable, au compte de l'entrepreneur.

93. Les machines et outils de toute sorte, la main-d'œuvre de nettoyage, d'arrosage, de conservation des maçonneries, l'enlèvement et le remplacement des moellons arrachés ou ébranlés, sont à la charge de l'entrepreneur.

94. Pour la construction des maçonneries à double

parement et de faible épaisseur, l'ouvrage sera conduit régulièrement au cordeau des deux côtés : les moellons de parement seront disposés de telle sorte que les carreaux d'une face correspondent aux boutisses de l'autre, et que la maçonnerie soit liée dans son épaisseur. On aura soin d'y employer des pierres longues et bien gisantes, posées en échiquier sur la hauteur. Dans les murs de $0^{m}60$ d'épaisseur et au-dessous, les parpanigs seront distribués de telle sorte qu'il y en ait au moins un par mètre carré en élévation.

Dans le cas où les murs ainsi construits devraient être percés de baies, on établira au-dessus d'elles des arcs en décharge sur toute l'épaisseur du mur.

Les angles et les parties basses de ces maçonneries seront exécutés avec les matériaux les mieux gisants et présentant les plus grandes dimensions.

Bien que les moellons de ces maçonneries ne soient pas des moellons de parement proprement dit, cependant ils devront être têtués grossièrement, de manière que les faces des murs soient régulières et dressées proprement.

95. Si l'entrepreneur reçoit l'ordre de faire des maçonneries en moellons bruts avec du mortier à base de ciment calcaire, il devra exécuter toutes les prescriptions relatives aux maçonneries faites avec du mortier à base de chaux. On aura soin, toutefois, de donner au mortier de ciment une très-faible consistance, et d'éviter de marcher sur la maçonnerie, d'y jeter des pierres, d'y rouler des matériaux, en un mot, de produire des chocs ou de faire des manœuvres qui détruiraient la cohésion du mortier de ciment, dont la prise est rapide.

§ 8. — MAÇONNERIE DE BRIQUE ET MORTIER A BASE DE CHAUX HYDRAULIQUE OU DE CIMENT CALCAIRE.

96. Lorsque la brique sera employée avec du mortier à base de chaux pour les parements d'ouvrages, elle sera débarrassée préalablement du sable de forme avec un balai, une râclette ou le tranchant d'une truelle.

Elle sera, en outre, parfaitement imbibée avant l'emploi, et ne sera retirée de l'eau que pour être posée sur lit et à bain de mortier. Les briques seront maçonnées en liaison, de telle sorte que celles d'une rangée croisent celles des rangées voisines et qu'il n'y ait pas de continuité dans les lits et joints.

Elles seront serrées les unes contre les autres de manière que les joints n'excèdent pas 0^m01 et ne soient pas inférieurs à 0^m008. Elles seront assises et tassées avec le manche de la truelle.

Le mortier destiné à cette espèce de maçonnerie devra toujours être d'une très faible consistance.

97. L'emploi de la brique et du mortier à base de ciment calcaire sera fait comme il est indiqué à l'article précédent.

98. Toutes les précautions recommandées pour les maçonneries ordinaires seront applicables à la maçonnerie de briques.

§ 9. — MAÇONNERIE DE PAREMENT EN MOELLONS PIQUÉS, SMILLÉS, ÉPINCÉS, ET MORTIER A BASE DE CHAUX HYDRAULIQUE OU DE CIMENT CALCAIRE.

99. Les moellons de parement seront posés par carreaux et boutissés sur lit de mortier, battus avec une masse de bois, et serrés horizontalement et verticalement,

de manière que les joints horizontaux aient au plus une largeur variant de 0m01 à 0m02, et les joints verticaux, de 0m01 à 0m015 au plus.

Ils seront garnis en queue avec des éclats ou recoupes noyées dans le mortier, de manière qu'ils soient inébranlables.

Avant la pose d'un moellon, la face du moellon voisin et le lit de pose seront recouverts d'une couche de mortier étendu à la truelle.

Les joints verticaux couperont les assises inférieures et supérieures d'au moins 0m10 en élévation. On aura soin de poser alternativement les carreaux et les boutisses.

100. La maçonnerie de remplissage en arrière sera élevée en même temps que celle des moellons de parement.

101. On admettra des prix particuliers pour les maçonneries de parement en assises *réglées* et en assises *libres*, faites en moellons piqués, smillés ou épincés.

La division des assises sera indiquée à l'entrepreneur, qui devra s'y conformer exactement.

102. Si l'entrepreneur reçoit l'ordre de faire des maçonneries de parement en moellons avec du mortier à base de ciment, il devra exécuter toutes les prescriptions relatives aux maçonneries faites avec du mortier à base de chaux. On aura soin, toutefois, de donner au mortier de ciment une très-faible consistance, et d'éviter, ainsi qu'il a été dit à l'art. 95, pour la maçonnerie de moellons, toutes les manœuvres qui pourraient détruire la cohésion du mortier.

103. Toutes les précautions recommandées pour la maçonnerie ordinaire sont d'ailleurs applicables à la maçonnerie de moellons de parement.

§ 10. — MAÇONNERIE DE PAREMENT DE PIERRE DE TAILLE EN MORTIER A BASE DE CHAUX HYDRAULIQUE, EN MORTIER A BASE DE CIMENT CALCAIRE.

104. La maçonnerie de parement de pierre de taille sera faite suivant les instructions qui seront données à l'entrepreneur, soit avec du mortier à base de chaux hydraulique, soit avec du mortier à base de ciment calcaire.

105. Avant de poser une assise de pierre de taille, l'entrepreneur devra araser avec de la maçonnerie ordinaire le lit sur lequel elle doit être établie.

106. La pierre de taille sera présentée dans la position qu'elle doit occuper, appuyée sur des cales en bois de l'épaisseur du joint. Le lit, préalablement nettoyé à vif, sera arrosé à grande eau aux frais de l'entrepreneur. Lorsque le bloc sera mis en place, on examinera, au moyen du plomb, de l'équerre et du niveau de poseur, si les lits sont bien dressés d'équerre au parement pour un mur droit, ou suivant l'angle d'inclinaison pour un mur en talus.

107. La pierre étant définitivement mise en place, les lits et joints en seront garnis à la fiche.

Le fichage sera fait avec du mortier demi-liquide, en commençant par les joints horizontaux, et continué jusqu'à ce que le mortier reflue de toutes parts. On enlèvera ensuite toutes les cales et l'on tassera la pierre avec une forte masse de bois pour lui faire prendre assiette.

Des cales ou garnis de pierre noyés dans le mortier seront placées sous la queue pour la maintenir dans sa position.

108. Si les blocs de pierre n'ont pas de trop fortes

dimensions, ils seront posés immédiatement sur un lit de mortier, sans fichage, étendu préalablement à la truelle.

109. Les assises seront dérasées immédiatement après la pose et avant que le mortier n'ait durci, quand cette opération sera jugée nécessaire.

Le ragréage et le layage ne seront faits qu'après le durcissement du mortier.

110. Dès qu'une assise de pierre de taille sera posée, on arasera le massif contigu et en arrière, avec de la maçonnerie de remplissage et de parement.

111. Les joints horizontaux auront de $0^{m}008$ à $0^{m}010$ de largeur; les joints verticaux, de $0^{m}004$ à $0^{m}008$.

112. Les boutisses d'une assise seront placées, autant que possible, sur les carreaux de l'assise précédente, de manière à établir une liaison complète entre la maçonnerie de pierre de taille et celle de l'intérieur du massif. Les joints verticaux seront croisés en parements d'au moins $0^{m}15$.

113. Les pierres de taille employées en parements seront posées sur lit de carrière, à moins de circonstances particulières qui seront spécialement indiquées en cours d'exécution.

114. Les assises de pierre de taille pourront être divisées, comme celles des moellons de parement, en *assises réglées* et en *assises libres*.

La division des assises sera indiquée à l'entrepreneur, qui devra s'y conformer exactement.

115. Si l'entrepreneur n'enlevait pas les cales en bois destinées à soutenir la pierre de taille pendant l'opération du fichage des joints, au fur et à mesure de cette opération, la démolition des maçonneries serait immédiatement exécutée par les ordres du directeur des travaux.

116. Lorsqu'il sera nécessaire de relier et cramponner les diverses assises d'un parement en pierre de taille ou les blocs consécutifs d'une même assise, ce travail exceptionnel et de sujétion sera exécuté par voie de régie, suivant les instructions du directeur des travaux.

§ 11. — MAÇONNERIE DES VOUTES EN GÉNÉRAL.

117. Les cintres pour les voûtes au-dessus de 2 mètres seront exécutés selon les devis et prescriptions du directeur des travaux.

118. Les échafaudages seront fournis par l'entrepreneur et feront partie des faux frais, ainsi que les cintres pour les voûtes de 2 mètres et au-dessous.

119. Le décintrement des voûtes ne sera jamais opéré qu'après que le directeur des travaux en aura donné l'autorisation.

120. Les voûtes seront construites soit en briques, soit en moellons de diverses espèces, soit en pierre de taille.

121. Quelle que soit la nature des matériaux dont les voûtes seront composées, la main-d'œuvre sera faite de la manière suivante :

Lorsque le cintre sera établi, le directeur des travaux vérifiera la position et la solidité des cintres et des couchis.

On rapportera sur les couchis la position des claveaux de tête et des claveaux de douelle, au moyen de lignes de joints tracées parallèlement aux génératrices du cylindre, conformément à l'épure de la voûte.

Les matériaux employés seront placés de telle sorte que les plans passant par les lits et joints soient normaux à l'intrados de la voûte; ils seront garnis avec des éclats de pierre noyés dans le mortier. Les matériaux, en prolongement de ceux qui forment la douelle, seront posés en coupe et solidement fixés.

122. Tous les matériaux employés dans les constructions des voûtes seront placés, à bain de mortier, avec les mêmes précautions et les mêmes soins que pour les maçonneries en élévation. Ils seront posés de telle sorte que leurs rangées consécutives soient bien liaisonnées entre elles.

123. La nature et les dimensions des matériaux, tant en épaisseur qu'en largeur et en queue, seront indiquées pour chaque voûte en particulier.

124. La maçonnerie de remplissage sur les reins des voûtes et sur les tympans, ainsi que les chapes, ne seront exécutées qu'après décintrement.

125. L'entrepreneur sera tenu de suivre, pour chaque voûte à construire, la méthode de pose des claveaux et voussoirs qui sera indiquée par le directeur des travaux.

§ 12. — CARRELAGE DES AIRES D'APPARTEMENTS.

126. Les carrelages seront effectués soit en carreaux carrés ou hexagones, soit en dalles calcaires.

127. Les carreaux seront posés sur un bain de mortier suffisant, le sol étant préalablement bien battu et rendu incompressible.

Les carreaux carrés seront placés de manière que les joints d'une rangée soient en liaison avec ceux de la rangée voisine.

Quelle que soit la forme des carreaux, les joints seront aussi serrés que possible et remplis d'un coulis de mortier fin.

L'ensemble du carrelage présentera une surface plane, bien dégauchie.

128. Toutes les précautions recommandées pour l'emploi des briques dans la maçonnerie seront applicables aux carrelages, en tant qu'elles n'ont rien de contraire aux stipulations précédentes.

129. L'emploi des dalles calcaires, de forme carrée ou rectangulaire, sera fait dans des conditions analogues à celles qui sont indiquées ci-dessus.

130. Le mortier destiné aux carrelages sera hydraulique; la couche sera d'au moins 0^m02 d'épaisseur.

131. Lorsque le carrelage sera posé sur une aire de plâtre, l'entrepreneur exécutera le travail en suivant les indications du présent paragraphe et se conformant aux prescriptions relatives à l'emploi du plâtre.

§ 13. — BÉTONS.

132. Le mortier pour les bétons sera préparé comme pour la maçonnerie ordinaire : sa consistance sera un peu plus forte que pour le carrelage.

133. Le béton sera composé des proportions de mortier et de pierre cassée que le directeur des travaux fixera. Il sera procédé à sa confection et à son emploi comme on l'a indiqué au paragraphe *Maçonnerie de béton*.

§ 14. — JOINTOIEMENTS. — REJOINTOIEMENTS.

134. En général, les parements de maçonneries neuves des ouvrages d'art seront jointoyés avec du mortier à base de ciment calcaire, préparé comme il est dit au § 2 (*Façon des ouvrages*), page 332.

Il en sera de même, en général, des rejointoiements à exécuter sur les parements des anciennes maçonneries.

135. Pour jointoyer ou rejointoyer un parement de maçonnerie en moellons, briques ou pierre de taille, on enlèvera le mortier des joints avec un crochet, sur 0^m05 au moins de profondeur. Les joints trop étroits seront élargis au ciseau.

Après cette double opération, les joints seront nettoyés, lavés à grande eau et humectés avant la pose du mortier, qui sera introduit jusqu'au fond des joints.

L'ouvrier fouettera le mortier à plein comme pour la confection des enduits, et l'enfoncera avec le tranchant de la truelle en le laissant en saillie sur le parement.

Lorsque le mortier aura durci, l'ouvrier lui fera subir l'opération du *brettelage* avec la râclette dentelée, et le joint sera ensuite creusé avec un crochet glissant le long d'une règle.

136. Lorsque des parements d'ancienne maçonnerie devront être rejointoyés en mortier ordinaire, les joints seront préparés comme on l'a indiqué précédemment, et le mortier sera employé proprement avec la truelle et sans frottement.

La durée de la garantie de ces ouvrages ne dépassera pas celle des travaux ordinaires.

§ 15. — CRÉPIS, ENDUITS EN MORTIER.

137. Les murs neufs ou vieux qui devront être crépis seront grattés à vif, nettoyés préalablement, puis lavés à grande eau.

138. Le crépissage sera fait en mortier hydraulique ordinaire, de consistance suffisante, fouetté à plein pour

bien remplir les joints et araser la surface. Le mortier sera recoupé avec le tranchant de la truelle, de bas en haut.

Avant que cette couche soit complétement sèche, on la couvrira, si cela est ordonné, d'une seconde couche également fouettée, qui fera disparaître les inégalités et aspérités de la première, mais sans lisser, et en ayant soin de relever seulement le mortier de bas en haut avec le tranchant de la truelle, comme pour la première couche.

139. Les crépis pourront être à simple ou double couche; des prix particuliers seront établis pour les deux cas.

140. Les enduits seront faits en mortier hydraulique, sur murs neufs ou vieux, après la préparation indiquée à l'article 137.

141. Les enduits seront commencés comme les crépis; mais la seconde couche posée à la truelle sera étendue et dressée à la taloche de plâtrier, légèrement relevée sur les bords. On fera disparaître toutes les gerçures en frottant, avec un lissoir, l'enduit à plusieurs reprises, dès que le mortier aura commencé à durcir.

142. Les murs à crépir ou à enduire seront, après la préparation indiquée à l'article 137, entretenus à l'état humide, au fur et à mesure de l'avancement du travail.

143. Lorsque les vieux murs contiendront des racines, des herbes et des broussailles, celles-ci seront extirpées préalablement, et les joints trop grands, après avoir été nettoyés et imbibés, seront remplis d'éclats de pierre ou de tuiles noyés dans le mortier.

§ 16. — BLANCHISSAGE EN LAIT DE CHAUX. BADIGEONNAGE.

144. Avant d'appliquer le blanchissage au lait de chaux ou le badigeonnage, les murs et les plafonds seront grattés etparfaitement nettoyés.

145. La chaux blanche sera délayée avec un volume d'eau égal au sien.

La première couche sera donnée avec ce liquide.

La seconde sera appliquée lorsque la première sera sèche, avec le même liquide, un peu étendu d'eau. Elle contiendra, en outre, une légère portion de colle de peau ou de l'alun en quantité suffisante pour que la chaux ne se détache pas (environ 1 kilogramme pour 80 litres de lait de chaux).

17. — PLATRERIE, CLOISONS, ENDUITS, PLAFONDS.

146. Les cloisons seront faites en briques posées de champ et hourdées en plâtre, enduites des deux côtés, soit simplement en plâtre gris, soit de deux couches, l'une en plâtre gris, l'autre en plâtre blanc.

147. Les briques, mouillées avant l'emploi, seront posées à la règle et au cordeau, à joints croisés et en plâtre gâché, ferme; l'enduit sera ensuite appliqué bien dressé et ciré à la truelle ou à la taloche.

148. Les surfaces des murs à enduire en plâtre seront d'abord rendues le plus unies possible, au moyen d'un rejointoiement ou d'un enduit en mortier.

149. Les enduits en plâtre, tant sur vieux que sur nouveaux murs, seront appliqués à deux couches. La seconde couche, en plâtre gris ou blanc, sera dressée et cirée à la truelle, de manière à présenter une surface

parfaitement unie. Cette seconde couche ne sera appliquée qu'après que la première, en plâtre gris, sera tout à fait sèche.

150. Les lattes en cœur de chêne pour plafonds seront clouées sur chaque solive. Elles seront espacées de 10 à 15 millimètres au plus pour les plafonds horizontaux. Leur écartement pourra être plus grand pour les plafonds ou lambris inclinés.

On appliquera sur le lattis un enduit en plâtre *gâché clair* et passé au tamis fin. Cette première couche pénétrera les intervalles du lattis et le recouvrira en entier.

Après que la première couche sera prise, on en appliquera une seconde en gros plâtre passé au panier, et d'environ 15 millimètres d'épaisseur. Cette seconde couche sera bien dressée et aplanie, et recouverte, étant encore fraîche, d'une troisième couche.

La troisième couche, de plâtre *blanc* ou *gris* passé au tamis, formera le parement du plafond. Elle sera cirée et dressée avec la plus grande régularité.

151. Les plafonds et lambris sur vieux lattis seront traités de la même manière.

Le vieux lattis sera dégagé, gratté et mouillé avec l'emploi du plâtre.

§ 18. — COUVERTURES EN TUILES PLATES.

152. Les couvertures seront faites en tuiles plates ou autres; les faîtages seront recouverts de tuiles faîtières de l'échantillon du pays. Les couvertures seront payées au mètre carré et les tuiles faîtières, au mètre courant.

153. Les lattes en bois de sapin seront solidement

attachées sur chaque chevron par des pointes d'une longueur double de l'épaisseur des lattes.

154. Les lattes et les tuiles seront fixées de manière que le pureau soit du tiers de la longueur de la tuile.

Les rangées de tuiles seront bien régulières, et la surface de la toiture sera plane et sans ondulations.

155. Les tuiles faîtières et les tuiles plates arêtières formant le rampant des combles seront posées sur mortier hydraulique ordinaire.

156. Les solins et ruellées, les rivets et garnitures en mortier hydraulique, seront exécutés selon les règles de l'art.

157. Les réparations en recherche des couvertures en tuiles seront exécutées avec le plus grand soin.

§ 19. — CHARPENTE.

158. Les bois employés dans les constructions devront être exempts des défauts énumérés au § 9 (page 327). Ils seront reçus avant la mise en œuvre, par le directeur des travaux.

159. Les assemblages seront faits suivant les épures et dessins préalablement donnés à l'entrepreneur.

§ 20. — MENUISERIE.

160. Les planchers seront en bois de chêne, de sapin ou de peuplier, de $0^{m}027$ d'épaisseur. Les planches seront assemblées à rainures et languettes, blanchies sur les deux faces et clouées sur les solives, de manière que le plancher présente une surface parfaitement plane. Les planches auront la plus grande longueur possible ;

les joints seront disposés, sur les solives, en liaison avec le cours des planches voisines.

161. Les contrevents seront faits en planches de sapin ou de chêne, de $0^{m}027$ d'épaisseur, assemblées à rainures et languettes, avec clefs bien collées et blanchies sur les deux parements. Elles porteront des emboitures en haut et en bas, traverses et revers d'eau en chêne, solidement collés et chevillés.

162. Les portes de l'intérieur ou de l'extérieur des maisons seront en bois de sapin ou de chêne, exécutées avec les mêmes soins que les contrevents.

163. Les croisées seront faites en bois de chêne bien sec; elles seront confectionnées sur les modèles et les dimensions donnés, et d'après les règles de l'art.

§ 21. — PEINTURE A L'HUILE — EN DÉTREMPE.

164. La peinture à l'huile et la peinture en détrempe seront toujours appliquées par un beau temps, sur des bois parfaitement secs.

165. Pour la peinture à l'huile, les proportions de litharge et de térébenthine formeront ordinairement le quart de la quantité d'huile, mais elles pourront varier suivant les couleurs et leur emploi.

166. Les couches de peinture seront étendues avec soin à la brosse, de manière à couvrir parfaitement les surfaces et pénétrer au fond des gerçures et des joints.

167. Les bois anciennement peints seront nettoyés et grattés avec soin avant l'application des nouvelles peintures.

168. Le masticage des joints et gerçures dans les bois neufs ou vieux sera également fait.

Le masticage sera précédé de l'application d'une couche de peinture pénétrant au fond des joints et gerçures des bois. Ce travail est compris dans la peinture proprement dite.

169. Toutes les charpentes et menuiseries qui devront être peintes, le seront de la manière suivante :

1° S'il s'agit de bois neufs, trois couches de peintures seront appliquées ;
2° S'il s'agit de vieux bois, deux couches seulement seront appliquées.

On n'appliquera une nouvelle couche que lorsque la précédente sera parfaitement sèche.

170. La peinture en détrempe sera faite à deux couches, avec du blanc de Troyes ou blanc d'Espagne bien broyé, auquel on mêlera une quantité suffisante de colle de peau blanche, bien claire et transparente. Pour la peinture *en couleur*, on ajoutera la quantité d'ocre convenable pour obtenir les teintes prescrites. Les peintures en détrempe seront appliquées tièdes.

171. Toute peinture en détrempe qui présenterait des gerçures ou écailles, qui s'enlèverait par le frottement ou exhalerait une odeur de colle corrompue, sera refusée.

§ 22. — **VITRERIE.**

172. Les carreaux de vitres seront exactement fixés, dans les feuillures, par le nombre de pointes nécessaires pour assurer leur solidité, et garnis avec soin de bon mastic.

CHAPITRE IV.

MESURAGE DES TRAVAUX.

173. Le cube de la maçonnerie de pierres sèches sera constaté au moyen des trois dimensions de ce cube. Il y aura un cube distinct pour le remplissage et un autre pour le parement.

174. La maçonnerie de béton ne sera pas mesurée en œuvre. On paiera séparément à l'entrepreneur les cubes de mortier, de pierre cassée ou gravier et la main-d'œuvre de confection et d'emploi.

175. La maçonnerie ordinaire de moellons bruts et mortier sera comptée pour son volume réel, constaté par les dimensions de ce volume.

176. Il en sera de même de la maçonnerie de briques.

177. Le volume de la maçonnerie en moellons de parement piqués, smillés ou épincés, sera évalué d'après la surface du parement multipliée par la queue réduite des moellons dont il est formé.

178. Le volume de la maçonnerie de pierres de taille sera calculé au moyen du cube partiel de chacune des pierres qui la composent. Ce cube sera déterminé à l'aide des plans d'assises relevés en cours d'exécution et cotés avec soin. La queue sera évaluée d'après sa longueur moyenne, de manière à se rapprocher autant que possible du cube réel.

179. Le cube de la maçonnerie de parement des voûtes en moellons piqués, smillés ou épincés, sera établi comme à l'art. 177 ci-dessus, d'après la surface du parement multipliée par la queue réduite. Seulement, si les

moellons sont taillés en coupe, au lieu de la surface du parement vu, on prendra la moyenne entre les surfaces de l'extrados et de l'intrados.

180. Les jointoiements et rejointoiements, les crépis et enduits, les blanchissages au lait de chaux et le badigeonnage, les carrelages des aires d'appartements, les cloisons et les enduits en plâtre, les plafonds et les couvertures en tuiles, seront mesurés et payés au mètre superficiel.

181. Les ruellées, solins et autres ouvrages analogues seront payés au mètre courant.

182. Les tuiles employées en recherche, à la réparation des couvertures, seront payées au cent.

183. Les charpentes seront payées au mètre cube.

184. Les planchers, les marches et contre-marches d'escaliers, les contrevents et les portes pleines des maisons d'habitation seront payés au mètre superficiel effectif.

185. Les croisées seront payées au mètre superficiel, tant plein que vide, à des prix différents pour les croisées à carreaux ordinaires et pour les croisées à grands carreaux, tant pour les croisées complètes avec leurs châssis dormants que pour les simples châssis à verre.

Les espagnolettes en bois seront payées au mètre courant.

186. Les peintures à l'huile à une, deux ou trois couches, compris masticage, seront payées au mètre superficiel de surface développée.

187. La peinture des croisées à carreaux ordinaires sera comptée seulement pour la surface réelle développée, compris les châssis dormants, en doublant la main-d'œuvre; mais l'augmentation sera seulement de

moitié pour les peintures des croisées à grands carreaux. Ces augmentations compenseront la difficulté de main-d'œuvre.

188. Les peintures en détrempe à deux couches seront comptées au mètre superficiel, comme on l'a indiqué pour les peintures à l'huile.

189. Les verres à vitre seront comptés au mètre superficiel réel en œuvre, c'est-à-dire déduction faite des grands et petits bois des croisées.

190. La fonte, le cuivre, le bronze, le plomb, le zinc, le ferblanc, la tôle, les fers de diverses espèces, neufs ou travaillés, et les matières de scellement seront payés au kilogramme, pour le poids mis en œuvre dans les limites des dimensions qui auront été fixées par le directeur des travaux.

191. Les serrures et autres objets de serrurerie et de quincaillerie seront payés à la pièce.

CHAPITRE V.

CLAUSES ET CONDITIONS GÉNÉRALES

IMPOSÉES AUX ENTREPRENEURS.

Indépendamment des conditions stipulées dans les devis rédigés spécialement pour chaque entreprise, les entrepreneurs de travaux publics pour le compte de l'État sont obligés, d'office, de se conformer aux clauses et conditions générales textuellement données ci-dessous.

Pour les travaux privés, le devis, rédigé par le directeur des travaux et accepté par l'entrepreneur, est la loi des parties. Nous conseillons d'insérer à la fin de ce devis un article ainsi conçu :

« ART..... — *Indépendamment des conditions qui viennent d'être exposées, l'entrepreneur sera tenu de se conformer aux clauses et conditions générales imposées aux entrepreneurs, en date du* 25 *août* 1833. »

CLAUSES ET CONDITIONS GÉNÉRALES.

ARTICLE PREMIER. — Nul ne sera admis à concourir aux adjudications, s'il n'a les qualités requises pour entreprendre les travaux et à en garantir le succès. A cet effet, chaque concurrent sera tenu de fournir un certificat constatant sa capacité, et de présenter un acte régulier, ou au moins une promesse valable de cautionnement. Il ne sera pas exigé de certificat de capacité pour les fournitures de matériaux destinés à l'entretien des routes, ni pour les travaux de terrassement dont l'estimation ne s'élèvera pas à plus de 15,000 francs. (*Art.* 9 *de l'Ordonnance royale du* 10 *mai* 1829)

Le certificat devra avoir été délivré dans les trois ans qui précéderont l'adjudication. Il contiendra l'indication des travaux exécutés ou suivis par l'entrepreneur, ainsi que la justification de l'accomplissement des engagements qu'il aurait contractés.

ART. 2. — Le montant du cautionnement n'excédera pas le trentième de l'estimation des travaux, déduction faite de toutes les sommes portées à valoir pour cas imprévus, indemnités de terrains et ouvrages en régie.

Ce cautionnement sera mobilier ou immobilier, à la volonté des soumissionnaires. Les valeurs mobilières ne pourront être que des effets publics ayant cours sur la place. (*Art.* 20 *de la même Ordonnance.*)

ART. 3. — Si, en homologuant l'adjudication, l'administration ordonne quelques changements au projet ou au devis, l'entrepreneur devra s'y conformer, et il lui sera fait état de la valeur de ces changements, soit en plus, soit en moins, au prorata des prix de l'adjudication, sans qu'il puisse, en cas de réduction, réclamer aucune indemnité à raison des prétendus bénéfices qu'il aurait pu faire sur les fournitures et la main-d'œuvre.

Néanmoins, lorsque ces changements dénaturent fortement le projet, en opérant sur le prix total une différence de plus d'un sixième en plus ou en moins, l'entrepreneur sera libre de retirer sa soumission.

Il ne pourra prétendre à aucune indemnité dans le cas où l'adjudication ne serait pas approuvée.

ART. 4. — Pour que les travaux ne soient pas abandonnés à des spéculateurs inconnus ou inhabiles, l'entrepreneur ne pourra céder tout ou partie de son entreprise : si l'on venait à découvrir que cette clause a été éludée, l'adjudication pourrait être résiliée, et, dans ce cas, il serait procédé à une nouvelle adjudication à la folle enchère de l'entrepreneur.

ART. 5. — Pendant la durée de l'entreprise, l'adjudicataire ne pourra s'éloigner du lieu des travaux que pour affaires relatives à son marché, et qu'après en avoir obtenu l'autorisation. Dans ce cas, il choisira et fera agréer un représentant capable de le remplacer, et auquel il aura donné pouvoir d'agir pour lui et de faire des paiements aux ouvriers, de manière qu'aucune opération ne puisse être retardée ou suspendue pour raison de l'absence de l'entrepreneur.

ART. 6. — A l'époque fixée par l'adjudication, l'entrepreneur mettra la main à l'œuvre ; il entretiendra constamment un nombre suffisant d'ouvriers ; il exécutera tous les ouvrages, en se conformant strictement aux plans, profils, tracés, instructions et ordres de service qui lui seront donnés par les ingénieurs ou leurs préposés.

Il lui sera préalablement délivré par le préfet des expéditions en bonne forme du procès-verbal d'adjudication, du devis et du détail estimatif.

ART. 7. — Il se conformera, pendant le cours du travail, aux changements qui lui seront ordonnés *par écrit* et sous la responsabilité de l'ingénieur, pour des motifs de convenance, d'utilité ou d'économie, et il lui en sera fait compte, suivant les dispositions de l'art. 3 ; mais il ne pourra, de lui-même, et sous aucun prétexte, apporter le plus léger changement au projet ou au devis.

ART. 8. — Dans le cas d'adjudication ou continuation d'ouvrages, si l'entrepreneur sortant juge à propos de garder, pour son compte, les matériaux par lui approvisionnés, en vertu d'ordres des ingénieurs et non soldés par l'administration, ainsi que ses propres outils et équipages, il sera tenu d'évacuer, dans le délai qui aura été fixé par le devis, tous les chantiers, magasins et emplacements publics. Si, au contraire, il a déclaré vouloir céder tout ou partie des objets ci-dessus indiqués, l'entrepreneur entrant sera forcé d'accepter les matériaux au prix de la nouvelle adjudication, et sur un état dressé contradictoirement entre les deux entrepreneurs, et en supposant, toutefois, qu'on ait reconnu à ces matériaux les qualités requises.

Les outils et équipages seront payés de gré à gré ou à dire d'experts.

ART. 9. — Lorsque le devis n'indiquera pas de carrières ou sablières appartenant à l'État, l'entrepreneur en ouvrira, à ses frais, dans les lieux indiqués par le devis ; il sera tenu de prévenir les propriétaires avant de commencer les extractions, et de les dédommager de gré à gré ou à dire d'experts, conformément aux lois et règlements sur la matière; il devra représenter, toutes les fois qu'il en sera requis, le traité qu'il aura fait avec eux.

Il paiera, sans recours contre l'administration, tous les dommages que pourront occasionner la prise, le transport ou le dépôt des matériaux.

Il en sera de même des dommages pour établissement de chantiers, chemins de service, et autres indemnités temporaires qui font partie des charges et faux frais de l'entreprise.

L'entrepreneur ne sera entièrement soldé, et ne pourra recevoir le montant de la retenue pour garantie dont il est parlé à l'article 35, qu'après avoir justifié, par des quittances en forme, qu'il a payé les indemnités et dommages mis à sa charge.

Dans le cas où le devis prescrirait d'extraire les matériaux dans les bois soumis au régime forestier, l'entrepreneur devra se conformer, sans recours en indemnités contre l'administration des ponts et chaussées, aux obligations résultant pour lui de l'article 145 du Code forestier, ainsi que des articles 172, 173 et 175 de l'Ordonnance royale du 1er août 1827 concernant l'exécution de ce Code.

Si, pendant la durée de l'entreprise, il était reconnu indispensable de prescrire à l'entrepreneur d'extraire des matériaux dans des lieux autres que ceux qui auraient été prévus au devis, les ingénieurs établiront de nouveaux prix d'extraction et de transport, d'après les éléments de l'adjudication. Ces changements, après avoir été soumis à l'approbation du préfet, seront signifiés à l'entrepreneur, qui, en cas de refus, devra déduire ses motifs dans le délai de dix jours, et il sera statué ensuite, par l'administration, ce qu'il appartiendra.

Dans ce même cas de refus, l'administration aura le droit de considérer l'extraction et le transport des dits matériaux comme ne faisant pas partie de l'entreprise.

Si l'entrepreneur parvenait à découvrir de nouvelles carrières plus rapprochées que celles qui auraient été indiquées au devis, et offrant des matériaux d'une qualité au moins égale, il recevra l'autorisation de les exploiter, et il ne subira, sur les prix de l'adjudication, aucune déduction pour cause de diminution de frais d'extraction, de transport et de taille de matériaux.

L'entrepreneur ne pourra, en aucun cas, livrer au commerce les matériaux qu'il aura fait extraire dans une carrière qui ne lui appartiendrait pas, attendu que le droit d'exploitation ne lui a été conféré qu'en sa qualité d'entrepreneur des travaux publics et pour un objet déterminé.

ART. 10. — L'entrepreneur sera tenu, indépendamment des indemnités mentionnées à l'article précédent, de fournir, à ses frais, les magasins, équipages, voitures, ustensiles et outils de toute espèce, sauf les exceptions qui seront stipulées au devis.

Seront également à sa charge, les frais de tracés d'ouvrages, les cordeaux, piquets et jalons, et généralement tout ce qui constitue les faux frais et menues dépenses dont un entrepreneur n'est pas admis à compter.

ART. 11. — Au moyen de prix consentis et approuvés, l'entrepreneur fera l'achat, la fourniture, le transport à pied d'œuvre, la façon, la pose et l'emploi de tous les matériaux.

Il soldera les salaires et peines d'ouvriers, les commis et autres agents dont il pourra avoir besoin pour assurer la bonne et solide exécution des ouvrages.

Il ne pourra, sous aucun prétexte d'erreur ou d'omission dans la composition des prix de sous-détail, revenir sur les prix par lui consentis, attendu qu'il a dû préalablement s'en rendre un compte exact, et qu'il est censé avoir refait et vérifié tous les calculs d'appréciation.

ART. 12. — Les matériaux proviendront des lieux indiqués au devis; ils seront de la meilleure qualité, parfaitement travaillés et mis en œuvre conformément aux règles de l'art. On ne pourra les employer qu'après qu'ils auront été visités par l'ingénieur. En cas de surprise, de mauvaise qualité ou de malfaçon, ils seront rebutés et remplacés aux frais de l'entrepreneur. Toutefois, si l'entrepreneur conteste les faits, l'ingénieur dressera immédiatement procès-verbal des circonstances de cette contestation. L'entrepreneur pourra consigner à la suite du procès-verbal, qui devra lui être communiqué, les observations qu'il se croira en droit de présenter. Il sera statué ensuite par l'administration ce qu'il appartiendra.

ART. 13. — Lorsque les ingénieurs présumeront qu'il existe dans les ouvrages des vices d'exécution, ils ordonneront, soit en cours d'exécution, soit avant la réception finale, la démolition et la reconstruction des ouvrages présumés vicieux.

Les dépenses résultant de cette vérification seront à la charge de l'adjudicataire, lorsque les vices de construction auront été constatés et reconnus.

En cas de contestation de l'entrepreneur sur les vices d'exécution, il sera procédé comme il a été dit ci-dessus, article 12.

ART. 14. — En général, tous les matériaux auront les dimensions prescrites par le devis.

Si l'entrepreneur leur donne des dimensions plus fortes, il ne pourra réclamer aucune augmentation de prix ; les métrages et les pesées seront basés sur les dimensions du devis, et néanmoins les pièces qui seraient jugées nuisibles ou difformes seraient enlevées et remplacées aux frais de l'entrepreneur.

Dans le cas de dimensions plus faibles, les prix seront réduits en proportion, et néanmoins les pièces dont l'emploi serait reconnu contraire au goût et à la solidité seraient également enlevées et remplacées aux frais de l'entrepreneur.

Dans tous les cas, l'entrepreneur ne pourra employer aucune pièce ni aucune matière qui ne seraient pas de dimensions ou de poids prescrit par les devis, sans l'autorisation écrite de l'ingénieur.

ART. 15. — Il pourra être accordé des à-compte sur les prix des matériaux approvisionnés, jusqu'à concurrence des quatre cinquièmes de leur valeur. On ne regardera comme approvisionnés que les matériaux déposés sur l'atelier, et dès ce moment, l'entrepreneur ne pourra les détourner pour un autre service sans autorisation par écrit.

ART. 16. — Si, aux termes du devis, l'entrepreneur est tenu de démolir d'anciens ouvrages, les matériaux seront déplacés avec attention, pour pouvoir être réparés et mis en place, s'il y a lieu, avec les mêmes précautions que les matériaux neufs. Dans le cas où les démolitions n'auraient pas été prévues, il en sera tenu compte à l'entrepreneur dans les formes prescrites ci-après, article 22.

ART. 17.— Toutes les fois que, par des motifs d'économie ou de célérité, on croira devoir employer des matières neuves ou de démolition appartenant à l'État, l'entrepreneur ne sera payé que des frais de main-d'œuvre et d'emploi, sans pouvoir répéter de dommages pour manque de gain sur les fournitures supprimées.

ART. 18. — L'entrepreneur aura soin de ne choisir pour commis, maîtres et chefs d'atelier, que des gens probes et intelligents, capables de l'aider et même de le remplacer au besoin dans la conduite et le métrage des travaux.

Il choisira également les ouvriers les plus habiles et les plus expérimentés, et néanmoins, il demeurera responsable en son propre et privé nom, comme en celui de sa caution, des fraudes ou malfaçons que ses agents pourront commettre sur les fournitures, la qualité et l'emploi des matériaux, sous les peines indiquées à l'article 12.

ART. 19. — L'ingénieur aura le droit d'exiger le changement ou le renvoi des agents et ouvriers de l'entrepreneur, pour cause d'insubordination, d'incapacité ou de défaut de probité.

ART. 20. — Le nombre des ouvriers, de quelque espèce qu'ils soient, sera toujours proportionné à la quantité d'ouvrages à faire; et pour mettre l'ingénieur à même d'assurer l'accomplissement de cette condition et de reconnaître les individus, il lui sera remis périodiquement, et aux époques qu'il aura fixées, une liste nominative.

ART. 21. — Lorsqu'un ouvrage languira faute de matériaux, ouvriers, etc., de manière à faire craindre qu'il ne soit pas achevé aux époques prescrites, ou que les fonds crédités ne puissent être consommés dans l'année, le préfet, dans un arrêté qu'il notifiera à l'entrepreneur, ordonnera l'établissement d'une régie aux frais de l'entrepreneur, si à une époque fixée, il n'a pas satisfait aux dispositions qui lui seront prescrites.

A l'expiration du délai, si l'entrepreneur n'a pas satisfait à ces dispositions, la régie sera organisée immédiatement et sans autres formalités. Il en sera aussitôt rendu compte au directeur général, qui, selon les circonstances de l'affaire, pourra ordonner la continuation de la régie aux frais de l'entrepreneur, ou prononcer la réalisation du marché et ordonner une nouvelle adjudication sur folle enchère.

Dans ces divers cas, les excédants de prix et de dépenses seront prélevés sur les sommes qui pourront être dues à l'entrepreneur, sans préjudice des droits à exercer contre lui et sa caution, en cas d'insuffisance.

Si la régie ou l'adjudication sur folle enchère amenait au contraire une diminution dans les prix et les frais des ouvrages, l'entrepreneur ou sa caution ne pourront réclamer aucune part de ce bénéfice, qui resterait acquis à l'administration.

ART. 22. — Lorsqu'il sera jugé nécessaire d'exécuter des parties d'ouvrages non prévues par le devis, les prix en seront réglés d'après ceux de l'adjudication, par assimilation aux ouvrages les plus analogues. Dans le cas d'une impossibilité absolue d'assimilation, les prix seront réglés sur estimation contradictoire, en prenant pour termes de comparaison les prix courants du pays.

Lorsque ces travaux devront être de quelque importance, il en sera fait un avant métré, que l'entrepreneur acceptera, tant pour les prix proposés que pour l'indication des ouvrages, par une soumission particulière qui sera présentée à l'approbation de l'administration.

ART. 23. — S'il y a lieu de faire des épuisements qui n'auraient pas été mis par le devis à charge de l'entrepreneur, les dépenses y relatives seront constatées par attachement et sur des contrôles tenus sous la surveillance de l'ingénieur. Elles seront acquittées régulièrement par l'entrepreneur, à la fin de chaque semaine, aux conditions portées à l'article suivant.

ART. 24. — Tous les paiements pour épuisements, ouvrages par attachement, indemnités et autres articles imputés sur la somme à valoir, seront remboursés à l'entrepreneur avec un quarantième en sus pour le dédommager de ses avances de fonds. A cet effet, il sera tenu de payer à vue, en présence d'un employé désigné par l'ingénieur, les rôles ou états qui seront dressés pour le compte des travaux, et de les faire quittancer par les parties prenantes, avant de pouvoir en demander le remboursement.

Deux quarantièmes lui sero t en outre alloués pour ceux des dits articles qui nécessiteront, de sa part, des outils, soins, frais de conduite des travaux, fourniture et entretien des machines.

ART. 25. — Sont exceptés des dispositions ci-dessus, les paiements qu'on pourrait être obligés de faire par l'intermédiaire de l'entrepreneur, mais qui n'exigeraient réellement de sa part aucune avance de fonds, et pour lesquels, conséquemment, il ne sera alloué aucune rétribution.

ART. 26. — Il ne sera alloué à l'entrepreneur aucune indemnité à raison des pertes, avaries ou dommages occasionnés par négligence, imprévoyance, défaut de moyens ou fausses manœuvres. Ne sont pas compris, toutefois, dans la disposition précédente, les cas de force majeure qui, dans le délai de dix jours au plus après l'événement, auraient été signalés par l'entrepreneur : dans ce cas, néanmoins, il ne pourra rien être alloué qu'avec l'approbation de l'administration. Passé le délai de dix jours, l'entrepreneur ne sera pas admis à réclamer.

ART. 27. — L'entrepreneur, soit par lui-même, soit par ses commis, visitera les travaux aussi souvent que pourra le réclamer le bien du service. Il justifiera de ces visites, et accompagnera les ingénieurs dans leurs tournées toutes les fois qu'il en sera requis.

ART. 28. — Il surveillera, dans l'étendue de son entreprise, les propriétaires riverains et les cultivateurs qui se permettraient de labourer et de planter trop près des routes, canaux et autres propriétés publiques, ou qui détérioreraient les bornes, talus, fossés et plantations. Il avertira, sur-le-champ, les ingénieurs des contraventions qu'il apercevrait à cet égard, comme aussi de celles qui consisteraient en des dépôts de bois et de fumier, ou autres encombrements quelconques, ainsi que des anticipations qui seraient faites sur le domaine de la voie publique.

ART. 29. — L'ingénieur en chef fera tous les règlements nécessaires pour le bon ordre des travaux ou pour l'exécution des clauses du devis. Ces règlements seront visés par le préfet, lorsqu'il aura été reconnu par ce magistrat qu'ils n'imposent pas de nouvelles charges à l'entrepreneur, pour lequel, dès lors, ils seront obligatoires.

ART. 30. — S'il survient quelque difficulté entre l'ingénieur ordinaire et l'entrepreneur, au sujet de l'application des prix ou des métrages, il en sera référé à l'ingénieur en chef, qui appliquera les règles admises dans le service des ponts et chaussées.

Dans aucun cas, l'entrepreneur ne pourra invoquer en sa faveur les us et coutumes, auxquels il est formellement dérogé dans le présent article.

ART. 31. — Toutes les dimensions d'ouvrages, tous les prix, salaires et dépenses, seront calculés d'après le système légal des poids et mesures.

ART. 32. — Les métrages généraux et partiels, les états d'attachement, les états de dépenses, les états de situation et les procès-verbaux de réception, devront être communiqués à l'entrepreneur et acceptés par lui. En cas de refus, il déduira, par écrit, ses motifs dans les dix jours qui suivront la présentation des dites pièces, et, dans ce cas seulement, il sera dressé procès-verbal de l'acte de présentation et des circonstances qui l'auront accompagné. Un plus long délai mettrait souvent dans l'impossibilité de rechercher et de constater les causes d'erreurs qui auraient pu donner lieu à quelques réclamations. En conséquence, il est expressément stipulé que l'entrepreneur ne sera jamais admis à élever de réclamations au sujet des pièces ci-dessus indiquées, après le délai de dix jours, et que, passé ce délai, les dites pièces seront censées acceptées par lui, quand bien même il ne les aurait pas signées. Le procès-verbal de présentation devra toujours être joint à l'appui des pièces qui n'auront pas été acceptées.

ART. 33. — Indépendamment de la communication des pièces énoncées dans l'article précédent, l'entrepreneur sera autorisé à s'en procurer des expéditions, qu'il pourra faire transcrire par ses propres commis, dans les bureaux de l'ingénieur en chef ou dans ceux de la préfecture.

ART. 34. — Les paiements d'à-compte pour ouvrages faits s'effectueront en raison de l'avancement des travaux, en vertu des mandats du préfet expédiés sur les certificats de l'ingénieur en chef, d'après les états fournis par l'ingénieur ordinaire, jusqu'à concurrence des neuf dixièmes de la dépense, et déduction faite des à-compte qui auront pu être délivrés sur les approvisionnements avant leur emploi.

Les paiements ne pourront être faits qu'au fur et à mesure des ordonnances et des fonds disponibles ; il ne sera jamais alloué d'indemnité, sous aucune dénomination, pour retard de paiement pendant l'exécution des travaux.

Toutefois, si les travaux étant définitivement reçus, l'entrepreneur ne pouvait pas être entièrement soldé à l'expiration du délai de garantie, il pourra prétendre à des intérêts pour cause de retard de paiement de la somme qui lui restera due à dater de cette époque.

ART. 35. — Le dernier dixième ne sera payé à l'entrepreneur qu'après l'expiration du délai fixé pour la garantie des ouvrages, sur les justifications préalables exigées par le quatrième paragraphe de l'article 9.

Immédiatement après l'achèvement des travaux, il sera procédé à leur réception provisoire, et la réception définitive n'aura lieu qu'après l'expiration du délai de garantie. Pendant ce délai, l'entrepreneur demeurera responsable ds ses ouvrages, et sera tenu de les entretenir.

Ce délai de garantie sera de trois mois après la réception pour les travaux d'entretien, de six mois pour les terrassements et les chaussées d'empierrement, d'un ou de deux ans pour les ouvrages d'art, selon les stipulations du devis.

ART. 36. — Dans le cas où l'administration ordonnerait la cessation absolue ou l'ajournement indéfini des travaux adjugés, l'entrepreneur pourra requérir qu'il soit procédé de suite à la réception provisoire des travaux exécutés, et à leur réception définitive après l'expiration du délai de garantie. Après la réception définitive, il sera, ainsi que sa caution, déchargé de toute garantie pour raison de son entreprise.

ART. 37. — Si le dixième des dépenses est jugé devoir excéder la proportion nécessaire pour la garantie de l'entreprise, il pourra être stipulé, au devis, que la retenue cessera de croître lorsqu'elle aura atteint un maximum déterminé.

ART. 38. — Toutes les réceptions d'ouvrages seront faites par l'ingénieur, en présence de l'entrepreneur, ou lui dûment appelé par écrit. En cas d'absence, il en sera fait mention au procès-verbal.

ART. 39. — Si, pendant le cours de l'entreprise, les prix subissaient une augmentation notable, le marché pourra être résilié sur la demande qui en sera faite par l'entrepreneur ; en cas de diminution notable, la résiliation du marché pourra être prononcée, à moins que l'entrepreneur n'accepte les modifications qui lui seraient prescrites par l'administration.

Et dans le cas où, pendant le cours de l'entreprise, et sans changer les charges et les prix, il serait ordonné, par l'administration, d'augmenter ou de diminuer la masse des travaux, l'entrepreneur sera tenu d'exécuter les nouveaux ordres, sans réclamations, à moins qu'il n'ait été autorisé à faire des approvisionnements de matériaux qui demeureraient sans emploi, et pourvu que les changements en plus ou en moins n'excèdent pas le sixième du montant de l'entreprise, auquel cas il pourra demander la résiliation de son marché.

ART. 40. — Dans le cas prévu par l'article 36, et celui où, conformément à l'article 39 et par suite d'une diminution notable dans le prix des ouvrages, l'administration aura prononcé la résiliation du marché, les outils et ustensiles indispensables à l'entreprise que l'entrepreneur ne pourra pas garder pour son compte, seront acquis par l'État, sur l'estimation qui en sera réglée de gré à gré, ou à dire d'experts, d'après la valeur première des dits outils et ustensiles et déduction faite de leur degré d'usure ; le tout au taux du commerce, et sans augmentation du dixième ou de toute autre plus value, sous prétexte de bénéfice présumé.

Les matériaux approvisionnés par ordre et déposés sur les travaux, s'ils sont de bonne qualité, seront également acquis par l'État, au prix d'adjudication.

Les matériaux qui ne seraient pas déposés sur les travaux resteront au compte de l'entrepreneur ; mais, tant pour cet objet que pour toutes autres réclamations, il pourra lui être alloué une indemnité qui sera fixée par l'administration, et qui, dans aucun cas, ne devra excéder le cinquantième du montant des dépenses restant à faire en vertu de l'adjudication.

ART. 41. — L'entrepreneur paiera comptant les frais relatifs à son adjudication, sur un état arrêté par le préfet. Ces frais ne pourront être autres que ceux d'affiches et de publications, ceux de timbre et d'expédition du devis, du détail estimatif et du procès-verbal d'adjudication ; enfin le droit d'enregistrement fixé à un franc par la loi du 7 germinal an VIII, l'arrêté du 15 brumaire an XII et le décret du 25 germinal an XIII.

ART. 42. — Conformément aux dispositions du second paragraphe de l'article 4 de la loi du 17 février 1800 (28 pluviôse an VIII), toutes les difficultés qui pourraient s'élever entre les entrepreneurs de travaux publics et l'administration, concernant le sens ou l'exécution des clauses de leur marché, seront portées devant le Conseil de préfecture, qui statuera, sauf recours au Conseil d'État.

(25 *août* 1833.)

CHAPITRE VI.

PROGRAMME POUR LA RÉDACTION DES PROJETS DE TRAVAUX.

Les pièces à fournir et les règles à observer dans la rédaction des projets ont été définies par une décision ministérielle en date du 14 janvier 1850.

Ces renseignements étant indispensables à toutes les personnes qui s'occupent de travaux à un titre quelconque, nous les donnons textuellement.

1° AVANT-PROJET.

PIÈCES A PRODUIRE.	ÉCHELLES.
DESSINS.	
1° *Extrait de cartes* . . .	A volonté.
2° *Plan général*	On adoptera, suivant le cas, l'une des échelles suivantes : $\frac{1}{1000}$, ou 0m001 (un mill. par mètre). $\frac{1}{2000}$, ou 0m0005 (1/2 mill. pr mètre). $\frac{1}{2500}$, ou 0m0004 (4/10 de mil. pr m.) $\frac{1}{5000}$, ou 0m0002 (2/10 id.) $\frac{1}{10000}$, ou 0m0001 (1/10 id.) On fera usage, autant que possible, des plans du cadastre.
3° *Profil en long :*	
Longueur	Échelle du plan général.
Hauteur.	Échelle décuple de celle des longrs.

PIÈCES A PRODUIRE.	ÉCHELLES.
4° *Profils en travers* . . .	$\frac{1}{200}$, ou 5 millimèt. par mètre pour les longueurs et pour les hauteurs.
5° *Types d'ouvrages d'art :*	
Pour les dimensions n'excédant pas 100 mètres. . .	$\frac{1}{100}$, ou 1 centimètre par mètre.
Pour les dimensions excédant 100 mètres	$\frac{1}{200}$, ou 5 millimètres par mètre; Sauf à employer, au besoin, pour certains détails, des échelles multiples de celles qui précèdent.
PIÈCES ÉCRITES.	
1° *Mémoire* à l'appui de l'avant-projet	»
2° *Tableau approximatif* des terrassements, ouvrages d'art, etc.	»
3° *Estimation approximative* et détaillée des dépenses . .	»
4° *Relevé de la circulation annuelle* (pour les projets de route, en distinguant, autant que possible, les diverses parties de la route) . . .	»
5° *Bordereau* des pièces du dossier.	»

2° PROJETS DÉFINITIFS.

DESSINS.	On adoptera, suivant le cas, l'une des échelles suivantes :
1° *Plan général*	$\frac{1}{1000}$, ou 0m001 (1 mill. par mètre). $\frac{1}{2000}$, ou 0m0005 (1/2 mil. par mètre). $\frac{1}{2500}$, ou 0m0004 (4/10 mil. pr mètre). $\frac{1}{5000}$, ou 0m0002 (2/10 id.) $\frac{1}{10000}$, ou 0m0001 (1/10 id.) On fera usage, autant que possible, des plans du cadastre.

PIÈCES A PRODUIRE.	ÉCHELLES.
2° *Profil en long :*	
Longueur	Échelle du plan général.
Hauteur.	Échelle décuple de celle des longrs.
3° *Profils en travers* . . .	$\frac{1}{200}$, ou 5 millimètres par mètre, pour les longrs et pour les hauteurs.
4° *Ouvrages d'art :*	
Pour les dimensions n'excédant pas 25 mètres . . .	$\frac{1}{50}$, ou 2 centimètres par mètre.
Pour les dimensions comprises entre 25 et 1000 mètres . .	$\frac{1}{100}$, ou 1 centimètre par mètre.
Pour les dimensions excédant 100 mètres	$\frac{1}{200}$, ou 5 millimètres par mètre.
Pour les portes d'écluses, les ponts tournants, les voies et le matériel des chemins de fer, et, en général, pour les ouvrages en charpente ou en métal	De 1/20 à 1/5, c'est-à-dire de 5 à 20 centimètres par mètre, en n'employant que des rapports simples et décimaux.
PIÈCES ÉCRITES.	
1° *Mémoire* à l'appui du projet.	»
2° *Devis et cahier des charges.*	»
3° *Avant métré.*	»
4° *Analyse des prix* . . .	»
5° *Détail estimatif* . . .	»
6° *État sommaire* des indemnités à payer	»
7° *Bordereau* des pièces du projet	»
PIÈCES A PRODUIRE.	
1° *Plans parcellaires* par commune	$\frac{1}{1000}$, ou 1 millimètre par mètre.
2° *Tableau* des surfaces de terrains à acquérir	»
3° *État détaillé* des indemnités à payer	»
4° *Bordereau* des pièces du dossier.	»

RÈGLES A OBSERVER POUR LA RÉDACTION DES PROJETS.

§ 1er. — AVANT-PROJET.

1. Les accidents du terrain seront toujours figurés sur la carte ou sur le plan général au moyen soit de courbes horizontales, soit de hachures, soit de teintes conventionnelles. On y inscrira en outre, entre parenthèses, autant de cotes *utiles* de hauteur au-dessus du niveau de la mer que l'on aura pu en recueillir, particulièrement celles qui se rapportent aux faîtes et aux thalwegs.

Les extraits de cartes devront être calqués sur les cartes gravées ou manuscrites qui existent dans les bureaux, notamment sur celles du dépôt de la guerre.

Lorsqu'un projet s'étendra sur une certaine partie du littoral maritime, on se servira des cartes hydrographiques existantes, surtout de celles qui sont publiées par le dépôt de la marine, pour figurer le développement des cotes et indiquer les cotes de profondeur.

2. La carte et le plan général seront orientés.

3. La direction de chaque cours d'eau sera indiquée par une ou plusieurs flèches.

4. Pour établir une concordance parfaite entre le plan et le nivellement, on rapportera sur le plan, avec précision, les points principaux du profil en long, notamment les bornes milliaires ou kilométriques, s'il en existe, tous les pieds de pentes et sommets de rampes, les piquets d'angles, et les points où doivent être placés les ouvrages d'art.

De plus, lorsque cela pourra être utile pour faciliter l'examen du projet, on rabattra le profil en long sur le plan.

5. Lorsqu'un tracé devra passer dans une vallée sujette à des inondations, on indiquera sur le plan la limite du champ d'inondation. Si le projet a pour but l'amélioration d'un fleuve ou d'une rivière, ou une défense de rive, on s'attachera plus particulièrement à indiquer le tracé du thalweg et les limites du champ d'inondation sur les deux rives.

Le plan devra d'ailleurs s'étendre suffisamment, en amont et en aval des ouvrages projetés, pour donner une idée exacte de la direction générale des cours d'eau.

6. Lorsqu'il s'agira d'un tracé d'une route, d'un canal ou d'un chemin de fer, le plan général devra présenter, des deux côtés du tracé, et sur une largeur totale qui ne sera pas, en général, de moins d'un kilomètre, des rangées transversales de cotes de nivellement en nombre assez grand pour justifier complétement le choix de la direction proposée. Les chemins transversaux, et, au besoin, les limites des propriétés, fourniront des directions naturelles pour ces nivellements. Ils seront compris, autant que possible, entre les limites naturelles, telles que le flanc d'un coteau et une ligne de thalweg ou le bord d'un cours d'eau.

7. Le nivellement sera, autant que possible, rapporté au niveau de la mer.

8. Les cotes de longueur seront inscrites sur deux lignes tracées au-dessous du profil, parallèlement à la vue du papier. Sur la première ligne seront inscrites les longueurs partielles entre deux cotes consécutives de nivellement; sur la seconde, les mêmes longueurs cumulées à partir de l'origine. S'il s'agit d'un tracé de route ou de chemin de fer, on inscrira sur une troisième ligne la longueur et la déclivité de chaque pente ou rampe. S'il s'agit d'un projet de navigation, on y indiquera, au besoin, les distances entre les principaux ouvrages d'art.

Pour les chemins de fer, on cotera, sur une quatrième ligne, les longueurs des alignements droits, ainsi que les longueurs et les rayons des courbes.

Enfin, pour tous les projets, sur une ligne établie au-dessus du profil, on indiquera la longueur du tracé dans la traversée de chaque commune.

9. La longueur du tracé sera divisée en kilomètres; l'origine sera indiquée par un zéro, et les extrémités des divers kilomètres seront marquées par des chiffres romains. Chacune de ces divisions principales sera subdivisée en fractions exactes du kilomètre, lesquelles seront numérotées en chiffres arabes.

La longueur des entre-profils ainsi numérotés devra être constante dans toute l'étendue d'un même avant-projet.

S'il est nécessaire d'établir des profils intermédiaires, on les placera, autant que possible, à des distances du profil normal qui précède immédiatement, exprimées par des nombres entiers, sans fractions de mètre, et on les désignera par le numéro de ce profil normal, auquel on ajoutera les indices *a*, *b*, *c*, etc.

10. Le profil en long indiquera toujours la coupe du terrain par un simple trait noir. Les lignes du projet seront tracées en rouge. Les surfaces de remblai seront lavées en rouge, et celles de déblai, en jaune. Les cotes de remblai et de déblai seront inscrites en rouge, et placées, celles de remblai immédiatement au-dessus, et celles de déblai immédiatement au-dessous de la ligne de terrain, excepté sur les points où cette ligne se trouvera très rapprochée de celle du projet, auquel cas les cotes devront être inscrites au-dessus des deux lignes à la fois, s'il y a remblai, et au-dessous, s'il y a déblai.

11. Les ponts, ponceaux, aqueducs et autres ouvrages d'art seront figurés en coupe sur le profil en long.

Le niveau des plus hautes et des plus basses eaux connues, et celui des plus hautes eaux de navigation, seront indiqués par des lignes bleues que l'on rattachera au plan général de comparaison par des cotes de même couleur.

Lorsqu'il s'agira d'un projet de navigation, on indiquera à la fois, sur ce profil en long, la rivière et le chemin de halage.

Dans les projets des ports maritimes et des ouvrages à la mer, on aura toujours soin d'indiquer les hautes et les basses mers de morte eau, ainsi que les hautes et basses mers de vive eau, tant ordinaires qu'extraordinaires.

12. Lorsqu'il y aura lieu de comparer plusieurs tracés, les nivellements respectifs de ces tracés, entre les mêmes points du plan, seront superposés ou placés les uns au-dessus des autres, mais toujours sur la même feuille. On emploiera pour les lignes et écritures relatives à chaque tracé la couleur qui aura été affectée à ce tracé sur le plan.

13. Les profils en travers comprendront une étendue au moins double de celle du terrain à occuper. La cote prise sur l'axe sera distinguée des autres par l'emploi d'un caractère spécial ou plus prononcé. Cette cote sera la même que celle du profil en long.

Les cotes des profils en travers et celles du profil en long appartiendront toujours à un même plan général de comparaison ; seulement, pour ne pas avoir de trop longues ordonnées, on pourra rapporter ces profils à une ligne passant à un certain nombre de mètres au-dessus ou au-dessous du plan de comparaison, mais en laissant les cotes telles qu'elles doivent être pour indiquer les hauteurs prises par rapport à ce plan.

Les profils en travers levés dans le voisinage d'un cours d'eau ou sur un terrain submersible seront accompagnés d'un trait bleu indiquant le niveau des plus hautes eaux, et rattaché au plan général de comparaison par une cote de même couleur.

Lorsqu'il s'agira de projets de travaux à exécuter en lit de rivière ou de projet de digue à établir sur le bord des rivières, on y joindra des profils en travers en nombre suffisant pour faire connaître la position du thalweg, et l'on aura soin d'étendre ces profils au delà des limites du champ d'inondation.

Les profils en travers seront tous rabattus du côté du point de départ.

14. Tous les dessins seront cotés avec exactitude.

Le niveau des plus basses et des plus hautes eaux, ceux des hautes et des basses mers de morte eau, de vive eau ordinaire et de vive eau d'équinoxe, y seront toujours indiqués par des lignes et des cotes bleues.

§ 2. — PROJETS DÉFINITIFS.

15. Les accidents du terrain seront toujours figurés sur le plan général, au moyen, soit de courbes horizontales, soit de hachures, soit de teintes conventionnelles.

16. Le plan général sera exécuté, et la direction de chaque cours d'eau y sera indiquée par une ou plusieurs flèches.

17. On rapportera sur le plan général tous les points du profil en long, sans exception.

Les rayons des arcs de cercle, et, pour les paraboles, les rayons de courbures aux points de tangence ainsi qu'au sommet, seront cotés avec exactitude.

18. Dans les vallées, on indiquera sur le plan le thalweg, ainsi que les limites du champ d'inondation.

19. Comme aux n^os^ 7, 8, 9, 10 et 11, en ajoutant que l'on indiquera sur le profil les sondages qui auront été faits, notamment sur l'emplacement des tranchées et des remblais d'une certaine hauteur, ainsi que dans le lit des rivières, pour les projets des ponts ou des travaux de navigation.

20. Comme au n° 13, en y ajoutant seulement que l'on mettra, en tête du cahier des profils en travers, les profils types de la route, du canal ou du chemin de fer à exécuter.

21. On indiquera sur la coupe des fondations de tous les ouvrages, soit par des traits distincts, soit par des teintes conventionnelles, la

nature et l'épaisseur des couches de terrain dans lesquelles les fondations seront engagées.

On inscrira, en outre, sur chaque couche, l'indication de sa nature et de son épaisseur.

22. Le niveau des plus basses et des plus hautes eaux, ceux des hautes et basses mers de morte eau, de vive eau ordinaire et de vive eau d'équinoxe, seront toujours indiqués sur les élévations et sur les coupes des ouvrages d'art par des lignes et des cotes bleues.

23. Sur les plans, coupes et élévation des ouvrages d'art, on aura soin de mettre autant de cotes qu'il sera nécessaire pour que l'on n'ait pas besoin de recourir au devis. On écrira en chiffre plus prononcés les dimensions principales, par exemple : pour les ponts et ponceaux, l'ouverture et la montée des voûtes, la hauteur des piédroits, l'épaisseur des piles et culées, l'épaisseur à la clef, la largeur entre les têtes, la hauteur et l'épaisseur des parapets, la largeur des trottoirs, la distance entre les trottoirs, etc. ; pour une écluse, la largeur du sas, la hauteur des bajoyers, celle du mur de chute, la longueur totale de l'écluse, la distance du mur de chute à la chambre des portes d'aval, etc.

24. L'appareil sera toujours figuré en élévation et en coupe.

25. Les pièces nos 2, 3, 4 et 5 seront toujours exactement conformes aux formules arrêtées par l'administration.

26. On ne reproduira, dans les pièces du projet, aucune des conditions qui figurent dans le cahier des clauses et conditions générales, auquel on devra toujours renvoyer par le dernier article du devis.

27. On aura soin d'inscrire dans le bordereau toutes les pièces du projet, avec un numéro correspondant.

§ 3. — PIÈCES A PRODUIRE
EN MÊME TEMPS QUE LES PROJETS DÉFINITIFS.

28. Chaque plan parcellaire sera rapporté sur une feuille de papier continue, formée de feuilles ajustées en ligne droite, sans goussets. En conséquence, à chaque changement notable de direction de l'axe, on établira un onglet en blanc, déterminé par deux lignes formant un angle d'une amplitude convenable, et disposées de manière qu'il soit facile de reproduire à volonté l'état des lieux. A cet effet, le papier sera brisé suivant deux plis que l'on reformera au besoin : ces deux

brisures aboutiront au même point sur l'une des rives du papier : l'une des brisures sera perpendiculaire à ces rives, de manière à diviser en deux parties égales l'angle mort où le dessin sera interrompu.

29. On inscrira sur chaque parcelle le nom du propriétaire, le numéro de la matrice cadastrale, et, de plus, un numéro d'ordre écrit en rouge, correspondant à celui de l'état des indemnités.

Le plan portera en outre les lettres par lesquelles on désigne les sections cadastrales, et les dénominations locales des subdivisions ou lieux dits.

30. On reproduira sur ces états les noms, les numéros et les autres désignations inscrites sur le plan. Pour les noms, il y aura deux colonnes, dans l'une desquelles on inscrira les noms qui figurent à la matrice cadastrale, et dans l'autre ceux des propriétaires actuels et de leurs fermiers ou locataires.

§ 4. — DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

31. Les plans et nivellement seront toujours rapportés dans le sens indiqué par la dénomination de la route, du canal ou du chemin de fer, ou dans le sens du cours de la rivière, en allant de gauche à droite.

32. On inscrira aux deux extrémités du plan les mots :

Cote de .... (Points de départ et d'arrivée servant à la dénomination de la route, du canal ou du chemin de fer.)

33. Afin de faciliter la recherche, sur les cartes, du lieu où les travaux doivent être exécutés, on placera, à l'origine du profil en long, une note indiquant approximativement la distance de ce point aux principaux centres de population qui précèdent; et, à l'extrémité du même profil, une note semblable indiquant la distance de ce second point aux principaux centres de population situés au delà.

34. On aura soin d'indiquer sur tous les plans les centres de population, domaines, chemins, cours d'eau, ouvrages d'art, tracés, etc., dont il est fait mention dans les rapports, mémoires, délibérations et autres pièces quelconques faisant partie du dossier, afin de faciliter l'intelligence de ces pièces. Autant que possible, on y inscrira les chiffres des populations.

35. On évitera d'employer des expressions locales, ou, si on les emploie, on en donnera la traduction.

36. Les écritures devront être bien lisibles, ainsi que les chiffres inscrits sur les plans et profils. Les petits caractères (lettres ou chiffres) n'auront pas moins de deux millimètres de hauteur.

37. *Les échelles seront représentées graphiquement* sur les plans et profils. En même temps, elles seront définies en chiffres, comme dans l'exemple suivant :

Échelle de $0^{m}005$ par mètre $\left(\frac{1}{200}\right)$.

38. Les plans, profils et dessins seront, autant que possible, collés sur calicot blanc, ou sinon, dressés sur bon papier, simple et propre au lavis.

39. Tous les plans, profils, dessins et pièces écrites, sans exception aucune, seront présentés dans le format dit *tellière*, de $0^{m}31$ de hauteur sur $0^{m}21$ de largeur.

40. Les plans, profils et dessins seront pliés suivant ces dimensions, en paravent, c'est-à-dire à plis égaux et alternatifs, tant dans le sens de la hauteur que dans celui de la longueur, en commençant toujours par cette dernière dimension.

41. Les titres, signatures et autres écritures d'usage, ainsi que l'échelle, seront placés sur le *verso* du premier feuillet des plans, profils et dessins, de manière qu'il soit toujours facile de les mettre en évidence, que le dessin soit plié ou qu'il soit ouvert.

42. Les ingénieurs emploieront le formules suivantes :

Dressé par . . .	*l'Ingénieur ordinaire* ou *l'Élève Ingénieur*	*soussigné.*
Vérifié et présenté par	*l'Ingénieur en chef* ou *l'Ingénieur faisant fonction d'Ingénieur en chef*	*soussigné, conformément à sa lettre* ou *à son rapport du....*

43. On inscrira, d'ailleurs, en caractères très-lisibles, au-dessous des titres généraux, les noms et les grades des signataires du projet.

44. Les procès-verbaux des conférences entre les ingénieurs des services civil et militaire seront toujours accompagnés d'une expédition des plans, nivellements, dessins et autres pièces mentionnées dans le procès-verbal, et portant les mêmes dates et les mêmes signatures que ce procès-verbal.

CHAPITRE VII.

CALCUL DU POIDS DES FERS.

Alors que nous étions chargé, comme conducteur des ponts et chaussées, des importants travaux de reconstruction des portes d'écluses sur le canal de Bourgogne, nous nous sommes livré à de nombreuses expériences sur le poids des fers plats et des fers ronds, et nous nous sommes attaché principalement aux fers laminés provenant de fonte au bois ou au coke, parce qu'ils sont, maintenant, à peu près exclusivement employés dans tous les travaux.

Nous avons trouvé que le mètre cube de fer laminé provenant de fonte, soit au bois, soit au coke, pesait 7,700 kilogrammes, et que la tôle à la houille offrait, à peu près, le même poids.

Munis de ce document, rien n'a été plus simple que de calculer les tableaux suivants, qui donnent, *par mètre courant,* le poids des fers plats et des fers ronds, pour les dimensions les plus usitées.

En effet, connaissant le volume d'une bande de fer, on comprend qu'en multipliant ce volume par 7,700, on aura le poids.

Problème N° 138.

Quel est le poids d'une barre de fer ayant 1 *mètre de longueur,* 102 *millimètres de largeur et* 21 *millimètres d'épaisseur ?*

Cherchez d'abord le volume. Pour cela

Multipliez	0,102	(largeur),
Par.	0,021	(épaisseur).
	102	
	204	
PRODUIT. . . .	0,002142	

Multipliez	0,002142	
Par.	1,00	(longr de la bande).
Enfin multipliez. .	0,002142	
Par.	7700	(poids du m. cube).
	1 4994	
	14 994	
RÉSULTAT. .	16,493400	

soit 16 kilogrammes 493 grammes, chiffre précisément donné par la table.

Problème N° 139.

Quel est le poids d'une barre de fer rond ayant 1 mètre de longueur et 34 millimètres de diamètre?

Cherchez d'abord le volume de cette barre de fer qui n'est qu'un cylindre. Pour cela,

Multipliez	0,017	(rayon),
Par lui-même. . .	0,017	
	119	
	17	
PRODUIT. . . .	0,000289	
A multiplier par..	3,1416	
	1734	
	289	
	1156	
	289	
	867	
PRODUIT. . . .	0,0009079224	(surface du cercle),
A multiplier par.	1	(longr de la bande).
	0,0009079224	
A multiplier par.	7700	
	63554568	
	6 3554568	
PRODUIT. . .	6,9910024800	

soit 6 kilogrammes 991 grammes, chiffre précisément donné par la table.

Ces deux exemples font connaître la méthode employée pour obtenir tous les chiffres des tableaux suivants :

CALCUL DU POIDS DES FERS

DE LARGEURS ET ÉPAISSEURS USUELLES, SUR UN MÈTRE DE LONGUEUR.

§ 1er. — FERS PLATS.

Épaisseurs en millimètres.	LARGEURS EN MILLIMÈTRES.							
	2	4	6	8	10	12	14	16
	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.
1	0,015	0,031	0,046	0,062	0,077	0,092	0,108	0,123
3	0,046	0,092	0,139	0,185	0,231	0,277	0,323	0,370
5	0,077	0,154	0,231	0,308	0,385	0,462	0,539	0,616
7	0,108	0,216	0,323	0,431	0,539	0,647	0,755	0,862
9	0,139	0,277	0,419	0,554	0,693	0,832	0,970	1,109
11	0,169	0,339	0,508	0,678	0,847	1,016	1,186	1,355
13	0,200	0,400	0,601	0,801	1,001	1,201	1,401	1,602
15	0,231	0,462	0,693	0,924	1,155	1,386	1,617	1,848
17	0,262	0,524	0,785	1,047	1,309	1,571	1,833	2,094
19	0,293	0,585	0,878	1,170	1,463	1,756	2,048	2,341
21	0,323	0,647	0,970	1,294	1,617	1,940	2,264	2,587
23	0,354	0,708	1,063	1,417	1,771	2,123	2,479	2,834
25	0,385	0,770	1,155	1,540	1,925	2,310	2,695	3,080
27	0,416	0,832	1,247	1,663	2,079	2,495	2,911	3,326
29	0,447	0,893	1,340	1,786	2,233	2,680	3,126	3,572
31	0,475	0,955	1,432	1,910	2,387	2,864	3,342	3,719
33	0,508	1,016	1,525	2,033	2,541	3,049	3,557	4,066
35	0,539	1,078	1,617	2,156	2,695	3,234	3,773	4,312
37	0,570	1,140	1,709	2,279	2,849	3,419	3,987	4,558
39	0,601	1,201	1,802	2,402	3,003	3,604	4,204	4,805

Épaisseurs en millimètres.	LARGEURS EN MILLIMÈTRES.							
	18	20	22	24	26	28	30	32
	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.
1	0,139	0,154	0,169	0,185	0,198	0,215	0,231	0,246
3	0,416	0,462	0,508	0,544	0,601	0,646	0,693	0,739
5	0,693	0,770	0,847	0,924	1,001	1,078	1,155	1,232
7	0,970	1,078	1,186	1,294	1,401	1,509	1,617	1,725
9	1,247	1,386	1,524	1,663	1,801	1,940	2,079	2,217
11	1,525	1,694	1,863	2,033	2,202	2,371	2,541	2,710
13	1,802	2,002	2,202	2,402	2,602	2,802	3,003	3,203
15	2,079	2.310	2,451	2,772	3,003	3,234	3,465	3,696
17	2,356	2,618	2,880	3,142	3,293	3,665	3,927	4,188
19	2,633	2,926	3,219	3,591	3,803	4,096	4,389	4,681
21	2.911	3,234	2,557	3,881	4,202	4,528	4,851	5,174
23	3,188	3,542	3,896	4,250	4,605	4,958	5,313	5,667
25	3,465	3,850	4,235	4,620	5,005	5,390	5,775	6,160
27	3,742	4,158	4,574	4,990	5,405	5,821	6,237	6,653
29	4,019	4,466	4,913	5,359	5,808	6,252	6,699	7,146
31	4,297	4,774	5,251	5,729	6,206	6,684	7,161	7,638
33	4,574	5,082	5,590	6,098	6,617	7,117	7,623	8,131
35	4,851	5,390	5,929	6,468	7,007	7,546	8,085	8,624
37	5,128	5,698	6,268	6,837	7,407	7,977	8,547	9,117
39	5,405	6,006	6,607	7,207	7,808	8,408	9,009	9,610

Épaisseurs en millimètres.	LARGEURS EN MILLIMÈTRES.							
	34	**36**	**38**	**40**	**42**	**44**	**46**	**48**
	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.
1	0,262	0,277	0,293	0,308	0,323	0,339	0,354	0,370
3	0,785	0,832	0,877	0,924	0,970	1,016	1,063	1,109
5	1,309	1,386	1,463	1,540	1,617	1,694	1,771	1,848
7	1,833	1,940	2,048	2,156	2,264	2,372	2,479	2,587
9	2,356	2,497	2,633	2,772	2,911	3,049	3,188	3,326
11	2,879	3,049	3,219	3,388	3,557	3,727	3,896	4,066
13	3,403	3,604	3,806	4,004	4,204	4,404	4,605	4,805
15	3,927	4,158	4,389	4,620	4,851	5,082	5,313	5,544
17	4,451	4,712	4,974	5,236	5,498	5,760	6,021	6,283
19	4,974	5,269	5,559	5,852	6,145	6,437	6,730	7,022
21	5,497	5,821	6,145	6,468	6,791	7,115	7,438	7,762
23	6,021	6,376	6,730	7,084	7,438	7,792	8,147	8,501
25	6,545	6,930	7,315	7,700	8,085	8,470	8,855	9,240
27	7,069	7,484	7,900	8,316	8,732	9,148	9,563	9,979
29	7,592	8,039	8,485	8,932	9,379	9,825	10,272	10,718
31	8,116	8,593	9,071	9,548	10,025	10,503	10,980	11,458
33	8,639	9,148	9,656	10,164	10,672	11,180	11,689	12,197
35	9,163	9,702	10,241	10,780	10,996	11,519	12,043	12,566
37	9,687	10,266	10,826	11,396	11,966	12,536	13,105	13,675
39	10,210	10,811	11,411	12,012	12,613	13,213	13,814	14,414

Épaisseurs en millimètres.	LARGEURS EN MILLIMÈTRES.							
	50	**52**	**54**	**56**	**58**	**60**	**62**	**64**
	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.
1	0,385	0,400	0,416	0,431	0,447	0,462	0,477	0,892
3	1,155	1,201	1,247	1,294	1,340	1,386	1,432	1,478
5	1,925	2,002	2,079	2,156	2,233	2,310	2.387	2,464
7	2,695	2,803	2,911	3,018	3,126	3,234	3,341	3,450
9	3,465	3,604	3,742	3,881	4,019	4,158	4,297	4,435
11	4,235	4,404	4,574	4,743	4,913	5,082	5,251	5,420
13	5,005	5,205	5,405	5,606	5,806	6,006	6,206	6,406
15	5,775	6,006	6,237	6,468	6,669	6,930	7,161	7,392
17	6,545	6,807	7,069	7,330	7,592	7,854	8,115	8,378
19	7,315	7,608	7,900	8,193	8,485	8,778	9,070	9,363
21	8,085	8,408	8.732	9,055	9,379	9,702	10,025	10,349
23	8,855	9,209	9,563	9,918	10,272	10,626	10,980	11,334
25	9,625	10,010	10,395	10,780	11,165	11,550	11,935	12,320
27	10,395	10,811	11,227	11,642	12,058	12,474	12,890	13.306
29	11,165	11,612	12,058	12,505	12,951	13,398	13,845	14,391
31	11,935	12,412	12,890	13,367	13,845	14,322	14,749	15,277
33	12,705	13,213	13,721	14,230	14,738	15,246	15,754	16,262
35	13,475	14,014	14,553	15,092	15,631	16,170	16,709	17,248
37	14,245	14,815	15,385	15,954	16,524	17,094	17,664	18,263
39	15,015	15,616	16,216	16,817	17,417	18,018	18,619	19,219

Épaisseurs en millimètres	LARGEURS EN MILLIMÈTRES.							
	66	68	70	72	74	76	78	80
	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.
1	0,508	0,523	0,539	0,554	0,570	0,585	0,601	0,616
3	1,525	1,570	1,617	1,663	1,709	1,756	1,802	1,848
5	2,541	2,618	2,695	2,772	2,849	2,926	3,003	3,080
7	3,557	3,765	3,773	3,880	3,987	4,096	4,204	4,312
9	4,574	4,712	4,851	4,997	5,128	5,267	5,405	5,544
11	5,590	5,760	5,929	6,098	6,268	6,637	6,607	6,776
13	6,607	6,807	7,707	7,207	7,407	7,608	7,808	8,008
15	7,623	7,854	8,085	8,316	8,547	8,778	9,009	9,240
17	8,639	8,590	9,009	9,425	9,687	9,948	10,210	10,472
19	9,656	9,948	10,241	10,514	10,826	11,119	11,411	11,704
21	10,672	10,996	11,319	11,642	11,966	12,289	12,613	12,936
23	11,687	12,042	12,397	12,751	13,105	13,460	13,814	14,168
25	12,705	13,090	13,475	13,860	14,245	14,630	15,015	15,400
27	13,721	14,137	14,553	14,969	15,385	15,800	16,216	16,632
29	14,738	15,184	15,631	16,078	16,524	16,971	17,417	17,864
31	15,754	16,231	16,709	17,186	17,664	18,141	18,619	19,096
33	16,770	17,279	17,787	18,295	18,803	19,312	19,820	20,328
35	17,787	18,326	18,865	19,404	19,943	20,482	21,021	21,560
37	18,693	19,373	19,943	20,513	21,083	21,652	22,222	22,792
39	19,820	20,420	21,021	21,622	22,222	22,823	23,423	24,024

Épaisseurs en millimètres.	LARGEURS EN MILLIMÈTRES.							
	82	84	86	88	90	92	94	96
	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.
1	0,631	0,647	0,662	0,678	0,693	0,708	0,724	0,739
3	1,894	1,940	1,997	2,033	2,079	2,125	2,171	2,218
5	3,157	3,234	3,311	3,388	3,465	3,542	3,619	5,696
7	4,420	4,312	4,635	4,743	4,851	4,959	5,067	5,174
9	5,683	5,821	6,060	6,098	6,237	6,376	6,514	6,653
11	6,945	7,115	7,284	7,454	7,623	7,792	7,962	8,131
13	8,208	8,408	8,609	8,809	90,09	9,209	9,409	9,610
15	9,471	9,702	9,933	10,164	10,395	10,626	10,857	11,088
17	10,734	10,996	10,257	11,519	11,781	12,043	12,305	12,566
19	11,997	12,289	12,582	12,874	13,167	13,460	13,752	14,045
21	13,259	13,583	13,906	14,230	14,553	14,876	15,200	15,523
23	14,522	14,876	15,231	15,585	15,939	16,293	16,647	17,002
25	15,785	16,170	16,555	16,940	17,325	17,710	18,095	18,480
27	17,047	17,464	17,879	18,295	18,711	19,127	19,543	19,958
29	18,311	18,757	18,434	19,650	20,097	20,544	20,099	21,437
31	19,573	20,050	20,528	21,006	21,483	21,960	22,438	22,893
33	20,836	21,344	21,853	22,361	22,869	23,377	23,885	24,394
35	22,099	22,638	23,177	23,716	24,255	24,794	25,333	25,872
37	23,362	23,932	24,501	25,071	25,641	26,211	26,781	27,350
39	24,625	25,225	25,826	26,426	27,027	27,628	28,228	28,829

Épaisseurs en millimètres.	LARGEURS EN MILLIMÈTRES.							
	98	100	102	104	106	108	110	112
	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr	kil. gr.	kil. gr.
1	0,756	0,770	0,785	0,801	0,816	0,832	0,847	0,862
3	2,240	2,310	2,356	2,402	2,459	2,495	2,541	2,587
5	3,773	3,850	3,927	4,004	4,081	4,158	4,235	4,312
7	5,282	5,390	5,498	5,606	5,703	5,821	5,929	6,037
9	6,791	6,930	7,069	7,207	7,345	7,484	7,623	7,762
11	8,301	8,479	8,639	8,809	8,978	9,148	9,317	9,486
13	9,810	10,010	10,210	10,410	10,611	10,811	11,011	11,211
15	11,319	11,750	11,781	12,012	12,243	12,474	12,705	12,936
17	12,828	13,090	13,351	13,614	13,875	14,137	14,399	14,661
19	14,337	14,630	14,923	15,215	15,508	15,800	16,093	16,385
21	15,847	16,170	16,493	16,817	17,140	17,464	17,787	18,110
23	17,356	17,710	18,064	18,418	18,773	19,127	19,481	19,835
25	18,865	19,250	19,635	20,020	20.405	20,790	21,175	21,560
27	20,385	20,790	21,206	21,621	22,037	22,453	22,869	23,285
29	21,883	22,330	22,777	23,223	23,670	24,116	24,563	25,009
31	23,393	23,870	24,347	24,825	25,302	25,770	26,257	26,734
33	24,902	25,410	25,918	26,426	26,935	27,443	27,951	28,459
35	26,411	26,950	27,489	28,128	28,567	29,106	29,645	30,184
37	27,920	28,490	29,060	29,630	30,246	30,769	31,339	31,909
39	29,429	30,030	30,631	31,231	31,832	32,432	33,033	33,634

Épaisseurs en millimètres.	LARGEURS EN MILLIMÈTRES.							
	114	116	118	120	122	124	126	128
	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.
1	0,878	0,893	0,909	0,924	0,939	0,955	0,970	0,986
3	2,635	2,680	2,726	2,772	2,818	2,864	2,911	2,957
5	4,389	4,466	4,543	4,620	4,697	4,774	4,851	4,928
7	6,145	6,252	6,360	6,468	6,576	6,684	6,791	6,899
9	7,900	8,039	8,177	8,316	8,455	8,595	8,731	8,870
11	9,656	9,825	9,995	10,164	10,333	10,503	10,672	10,842
13	11,411	11,612	11,812	12,012	12,212	12,412	12,613	12,813
15	13,167	13,398	13,629	13,860	14,091	14,322	14,553	14,784
17	14,923	15,184	15,446	15,708	15,979	16,232	16,339	16,755
19	16,678	16,971	17,253	17,536	17,849	18,141	18,434	18,726
21	18,434	18,757	19,080	19,404	19,727	20,051	20,374	20,544
23	20,189	20,544	20,898	21,252	21,606	21,961	22,315	22,669
25	21,945	22,330	22,715	23,100	23,485	23,870	24,255	24,640
27	23,701	24,116	24,532	24,948	25,364	25,780	26,195	26,611
29	25,456	25,903	26,349	26,796	27,243	27,689	28,736	28,583
31	27,212	27,689	28,167	28,644	29,121	29,599	30,076	30,554
33	28,967	29,476	29,984	30,492	31,000	31,508	32,017	32,525
35	30,723	31,262	31,801	32,340	32,879	33,418	33,957	34,496
37	32,479	33,048	33,618	34,188	34,758	35,328	35,897	36,467
39	34,234	34,835	35,435	36,036	36,687	37,237	37,838	38,458

§ 2. — FERS RONDS.

DIAMÈTRE.	POIDS.	DIAMÈTRE.	POIDS.	DIAMÈTRE.	POIDS.
millim.	kil. gr.	millim.	kil. gr.	*millim.*	kil. gr.
1	0,006	40	9,671	79	37,724
2	0,024	41	10,161	80	38,685
3	0,054	42	10,662	81	39,658
4	0,097	43	11,176	82	40,643
5	0,151	44	11,702	83	41,641
6	0,218	45	12,240	84	42,650
7	0,296	46	12,790	85	43,671
8	0,387	47	13,352	86	44,705
9	0,490	48	13,926	87	45,751
10	0,604	49	14,513	88	46,809
11	0,731	50	15,111	89	47,878
12	0,870	51	15,722	90	48,960
13	1,022	52	16,344	91	50,054
14	1,185	53	16,979	92	51,161
15	1,360	54	17,626	93	52,279
16	1,547	55	18,285	94	53.409
17	1,747	56	18,955	95	54,552
18	1,958	57	19,639	96	55,706
19	2,182	58	20,817	97	56.873
20	2,418	59	21,041	98	58,051
21	2,666	60	21,761	99	59,242
22	2,926	61	22,492	100	60,445
23	3,198	62	23,235	101	61,660
24	3,482	63	23,991	102	62.887
25	3,778	64	24,758	103	64,126
26	4,086	65	25.538	104	65.377
27	4,406	66	26.329	105	66,641
28	4,758	67	27,134	106	67,916
29	5,085	68	27,950	107	69,203
30	5,440	69	28,778	108	70,503
31	5,809	70	29,618	109	71,815
32	6,190	71	30,470	110	73,138
33	6,582	72	31,335	111	74,474
34	6,991	73	32,211	112	75,822
35	7,404	74	33,100	114	78,554
36	7,833	75	34,000	116	81,335
37	8,275	76	34,913	118	84,164
38	8,728	77	35,838	120	87,041
39	9,194	78	36,775		

Application des tableaux précédents :

Problème N° 140.

Une bande de fer plat a 3^m65 de longueur, 0^m096 de largeur et 0^m027 d'épaisseur, quel est son poids?

Cherchez dans le tableau, page 384, et vous trouverez que le fer de 96 millimètres sur 27 millimètres, pèse 19 kilogrammes 958 grammes le mètre courant.

Multipliez	19,958
Par	3,65
	99790
	11 9748
	59 874
PRODUIT.	72,84670

La bande de fer pèse donc 72 kilogr. 847 grammes.

Problème N° 141.

Une bande de fer rond a 4^m92 de longueur et 0^m045 de diamètre, quel est son poids ?

Cherchez dans le tableau, page 387, et vous trouverez que le fer rond de 45 millimètres de diamètre pèse 12 kilogrammes 240 grammes le mètre courant.

Multipliez donc.	12,240
Par	4,92
	2448
	11 016
	48 96
PRODUIT	60,22080

La bande de fer pèse donc 60 kilogr. 221 grammes.

Ces deux exemples suffisent pour faire comprendre toute l'importance des tableaux qui précèdent, puisqu'il est possible d'obtenir le poids des fers sans les peser.

Si l'on veut obtenir le poids d'une feuille de tôle, il faut en déterminer le volume et multiplier le résultat par 7700.

SIXIÈME PARTIE.

ÉLÉMENTS D'HYDRAULIQUE.

CHAPITRE PREMIER.

NOTIONS PRÉLIMINAIRES.

L'hydraulique est une science qui traite des lois de l'écoulement et de la conduite des liquides.

Cette science, très-compliquée, a donné lieu à des expériences aussi laborieuses que savantes.

Nous avons jugé utile, dans cet ouvrage essentiellement pratique, d'exposer les principales formules concernant le *jaugeage des cours d'eau*. Ces formules comportent la connaissance de la *racine carrée*, et pourtant nous comptions ne donner que des applications des *quatre premières règles du calcul*. Nous espérons qu'on nous saura gré de cette nouvelle infraction à notre programme.

Du reste, à la fin de cet ouvrage, nous expliquerons ce que c'est que la racine carrée d'un nombre et comment on l'obtient. On verra que l'opération à faire n'offre guère plus de difficultés que la division.

1° JAUGEAGE DES COURS D'EAU.

Jauger un cours d'eau, c'est déterminer le volume d'eau qu'il débite par seconde, à un point donné.

Pour y parvenir, l'élément le plus important à déterminer est la *vitesse du liquide* par seconde.

La vitesse est le chemin que parcourt une molécule ou plutôt une goutte d'eau pendant une seconde.

Une masse liquide qui s'écoule constitue un nombre infini de *filets liquides,* et chacun d'eux a une vitesse différente de celle du filet voisin.

On entend par *vitesse d'un cours d'eau,* la vitesse moyenne de tous ses filets liquides, et c'est cette vitesse qui est nécessaire pour obtenir le débit en mètres cubes ou en litres par seconde.

On comprend que si, par exemple, la vitesse moyenne est 0^m60 par seconde et que la section mouillée du cours d'eau ait, au point considéré, une surface de 2 mètres carrés 25 décimètres carrés, le volume écoulé pendant une seconde sera un prisme ayant 2 mètres carrés 25 décimètres carrés de base et 0^m60 de hauteur. Le volume cherché sera donc le volume du prisme, ou bien

$$2^m25 \times 0^m60 = 1^m350;$$

soit 1 mètre cube 350 décimètres cubes, ou 1350 litres par seconde.

D'où nous pouvons déjà tirer la règle générale suivante :

Pour déterminer le débit d'un cours d'eau quelconque, il faut multiplier la vitesse moyenne par seconde par la section mouillée.

2° PRINCIPAUX MOYENS D'OBTENIR LA VITESSE DE L'EAU D'UN RUISSEAU OU D'UNE RIVIÈRE.

Nous nous contenterons de donner les quatre moyens suivants, savoir :

1° Emploi d'un flotteur ;
2° Différence de niveau de deux points ;
3° Usage d'un déversoir ;
4° Emploi d'un vannage.

CHAPITRE II.

§ 1er. — VITESSE ET DÉBIT D'UN COURS D'EAU, DÉTERMINÉS A L'AIDE D'UN FLOTTEUR.

Le flotteur est un corps léger qui surnage à la surface de l'eau.

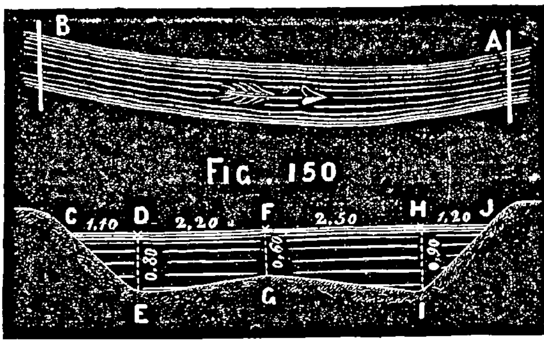
Tous les filets liquides n'ayant pas la même vitesse, ainsi que nous l'avons dit plus haut, le flotteur est préparé de façon que sa partie supérieure reste et soit visible à la surface de l'eau, et que sa partie inférieure soit assez longue et plonge suffisamment pour donner le plus exactement possible la vitesse moyenne.

Problème N° 142.

Soit proposé de trouver, à l'aide d'un flotteur, la vitesse moyenne, puis le débit du cours d'eau (fig. 149).

Déterminez le point B, le plus régulier du cours d'eau, et indiquez-le par un piquet ; puis mesurez très exactement, en suivant les sinuosités du ruisseau, une distance de 20 mètres, par exemple, et vous arriverez au point A, que vous fixerez à l'aide d'un second piquet.

FIGURES 149 ET 150



Munissez-vous d'une montre à secondes, et jetez le flotteur à quelques mètres en amont du point B. Au moment du passage du flotteur au point B, marquez les secondes ; suivez le flotteur et à son passage au point A, marquez de nouveau les secondes. — La différence vous donnera le temps employé pour le parcours de la distance du point B au point A. Pour avoir plus d'exactitude, recommencez, par exemple, quatre fois l'opération et prenez la moyenne. Supposez les résultats suivants :

1re expérience	. . . . . .	28 secondes.
2e —	. . . . . .	22 —
3e —	. . . . . .	27 —
4e —	. . . . . .	23 —
TOTAL	. . . . .	100 secondes.

Divisez 100 par 4 et vous aurez 25 secondes, temps moyen employé par le flotteur pour parcourir la distance du point B au point A. Comme cette distance est 20 mètres, en divisant 20 par 25, vous aurez 80 centimètres pour la vitesse par seconde du cours d'eau.

Cherchez maintenant la section mouillée au point B, c'est-à-dire le profil en travers du ruisseau, et vous obtiendrez la figure 150.

Calculez-en la surface en la divisant en triangles et en trapèzes et vous aurez :

$$1^{\circ} \text{ Triangle CDE} = \frac{1{,}10 \times 0{,}80}{2} = 0{,}44$$

$$2^{\circ} \text{ Trapèze DFGE} = \frac{0{,}80 + 0{,}60}{2} \times 2{,}20 = 1{,}54$$

$$3^{\circ} \text{ Trapèze FHIG} = \frac{0{,}60 + 0{,}90}{2} \times 2{,}50 = 1{,}87$$

$$4^{\circ} \text{ Triangle HJI} = \frac{1{,}20 \times 0{,}90}{2} = 0{,}54$$

$$4{,}39$$

La section mouillée étant de 4 mètres carrés 39 décimètres carrés, et la vitesse par seconde étant de $0^{m}80$, le débit du cours d'eau sera

$$4{,}39 \times 0{,}80 = 3^{m}512.$$

SOLUTION DU PROBLÈME : Vitesse égale, $0^{m}80$.

Débit égal, 3 mètres cubes 512 décimètres cubes, ou bien 3512 litres par seconde.

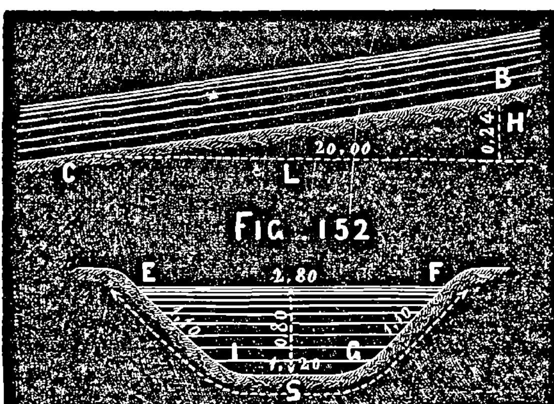
REMARQUE TRÈS IMPORTANTE. — Dans l'exemple précédent, nous avons supposé que la section du cours d'eau était la même, au point B comme au point A. S'il y a une différence, il faut calculer les deux sections, en faire la moyenne et multiplier, pour avoir le débit, cette moyenne par la vitesse.

Pour plus d'exactitude, on fera bien aussi de déterminer la vitesse sur la plus grande longueur possible et de calculer la *section moyenne* en faisant des profils aux principaux points irréguliers de la rivière.

CHAPITRE III.

VITESSE ET DÉBIT D'UN COURS D'EAU, DÉTERMINÉS A L'AIDE DE LA DIFFÉRENCE DE NIVEAU DE DEUX POINTS.

FIGURES 151 ET 152.



La figure 151 représente le profil en long d'une portion d'un cours d'eau, sur 20 mètres de longueur, et la ligne CB indique le fond de la rivière, dont la pente est de 0^m24, soit, en divisant 0^m24 par 20, *douze millimètres de pente par mètre.*

FORMULE POUR DÉTERMINER LA VITESSE.

$$U = 52\sqrt{\frac{A}{S} \times \frac{H}{L}} - 0,072.$$

EXPLICATION DE CETTE FORMULE :

U représente la vitesse moyenne cherchée par seconde ;
A — la surface de la section mouillée ;
S — le développement du périmètre mouillé ;
H — la différence de niveau des points considérés ;
L — la distance horizontale entre ces deux points ;
$\frac{H}{L}$ — la pente par mètre.

Les nombres 52 et 0,072 sont des coefficients invariables.

Problème N° 143.

Soit proposé de faire l'application de la formule précédente et de trouver la vitesse de l'eau dans un ruisseau ayant une pente indiquée par la figure 151 *et une section représentée par la figure* 152.

Cherchez d'abord la surface de la partie mouillée (figure 152), et vous aurez

$$\frac{2\,80 + 1,20}{2} \times 0,80 = 1^m60.$$

Déterminez ensuite la longueur du périmètre mouillé, même figure, et vous aurez

$$1,10 + 1,20 + 1,10 = 3^m40.$$

Mettez maintenant les nombres à la place des lettres dans la formule ci-dessus, et vous obtiendrez

$$U = 52\sqrt{\frac{1.60}{3,40} \times \frac{0,24}{20,00}} - 0,072.$$

Pour avoir le résultat de cette formule, calculez avant tout l'expression

$$\sqrt{\frac{1.60}{3,40} \times \frac{0,24}{20,00}}$$

Divisez $1^{m}60$ par $3^{m}40$:

1,600	3,40
240	0,47
2	

Divisez ensuite $0^{m}24$ par $20^{m}00$:

0,240	20,00
840	0,012
00	

Multipliez.	0,47
Par	0,012
	94
	47
Produit.	0,00564

Extrayez la racine carrée de 0,00564 :

0,0056400000	0,07509
49	
740	145
725	5
150000	15009
135081	9
14919	

Multipliez.	0,07509	(*racine carrée de* 0,00564),
Par	52	(*coefficient invariable*).
	15018	
	3 7545	
PRODUIT. . .	3,90468	
De.	3,90468	
Retranchez	0,07200	(*coefficient invariable*).
DIFFÉRENCE .	3,83268	

La vitesse cherchée, par seconde, est donc de $3^{m}83$.

Puisque le débit est égal à la vitesse multipliée par la section mouillée, ce débit sera donc représenté par la formule

$$Q = AU.$$

Q débit cherché ;
A surface de la section mouillée ;
U vitesse par seconde.

Cette formule va être résolue par le problème ci-après :

Problème N° 144.

Soit proposé de trouver le débit du cours d'eau qui fait l'objet du problème n° 141 et des figures 151 et 152.

D'après ce qui vient d'être dit, ce débit est égal à $1^{m}60 \times 3^{m}83$.

Multipliez donc. . .	3,83	(vitesse par seconde),
Par	1,60	(surface de la partie mouillée).
	2 298	
	3 83	
PRODUIT. . . .	6,128	

Le débit cherché est donc 6 mètres cubes 128 décimètres cubes, ou bien 6128 litres par seconde.

CHAPITRE IV.

VITESSE ET DÉBIT D'UN COURS D'EAU, DÉTERMINÉS AU MOYEN D'UN DÉVERSOIR.

Un déversoir est un barrage fixe ou mobile, placé en travers du cours d'eau à jauger, formant une échancrure rectangulaire à base horizontale, appelée *crête*, et posé de telle façon que toute l'eau passe par l'échancrure, sans qu'il se produise de remous sur la crête.

Le déversoir est représenté par les lettres ADIG (fig. 153). L'échancrure rectangulaire est représentée par les lettres BEFC, même figure.

Le plan supérieur de la crête du déversoir doit être incliné au moins à 45 degrés (fig. 154).

FIGURE 153.

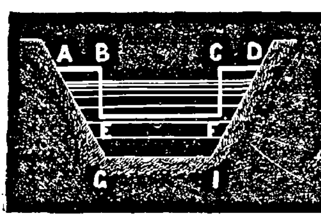
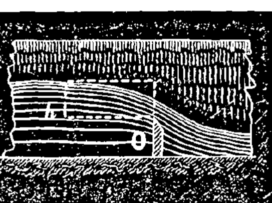


FIGURE 154.



La figure 153 est une coupe ou un profil en travers du cours d'eau indiquant la position du déversoir. La figure 154 est une coupe en long indiquant la manière dont l'eau s'écoule.

L'épaisseur de la lame d'eau passant sur la crête du déversoir ne doit pas être mesurée sur la crête elle-même, parce qu'il se produit, à ce point, une dénivellation parfaitement représentée par la figure 154.

La hauteur doit être prise plus loin, en amont. Aussi lorsqu'on fait, à l'aide d'un déversoir, des expériences sérieuses sur un cours d'eau, a-t-on soin de placer une échelle à au moins 2 mètres en amont de la crête, de manière que son *zéro* soit vigoureusement au même niveau que la crête du déversoir.

Cette condition exactement remplie, une simple lecture sur l'échelle donne la hauteur réelle sur la crête de jaugeage.

Le déversoir, ainsi décrit, permet de déterminer la vitesse de l'eau du ruisseau sur lequel il est placé. Voici la formule :

$$\text{Vitesse} = 1{,}80 \times \sqrt{h}.$$

1^m80 est un coefficient invariable déterminé par l'expérience.

h est la hauteur de la lame d'eau, hauteur obtenue, ainsi que nous l'avons expliqué plus haut, sans tenir compte de la dénivellation.

Faisons l'application de cette formule :

Problème N° 145.

Soit proposé de déterminer la vitesse d'un cours d'eau, au moyen du déversoir représenté par les figures 153 *et* 154.

Supposons la hauteur *h* égale à 0^m16, la formule sera

$$= 1{,}80 \sqrt{0{,}16}$$

La racine carrée de 0^m16 est facile à trouver : elle est 0^m40.

Multipliez	1,80
Par.	0,40
PRODUIT. . . .	0,7200

La vitesse sera donc de 0^m72 par seconde.

Le débit d'un cours d'eau, au moyen d'un déversoir, s'obtient directement par l'application de la formule suivante :

$$Q = 1{,}80 \times \omega \sqrt{h}.$$

EXPLICATION DE LA FORMULE :

Q débit cherché ;
1,80 coefficient invariable déterminé par l'expérience ;
ω surface de la section de la lame d'eau sur la crête ;
h hauteur de la lame d'eau.

Appliquons cette formule à un exemple :

Problème N° 146.

La largeur EF *du déversoir* (*fig.* 153) *est* 1^m50; *la hauteur* h (*fig.* 154) *de la lame d'eau est* 0^m16, *quel est le débit du cours d'eau ?*

La section de la lame déversante, représentée par ω, est $1^m50 \times 0^m16$.

La formule du débit sera donc :

$$Q = 1{,}80 \times 1{,}50 \times 0{,}16 \times \sqrt{0{,}16}.$$

CALCUL DE LA FORMULE :

Multipliez.	1,80
Par.	1,50
	90
	18
PRODUIT.	2,7000

	2,7000
A multiplier par. .	0,16
	162
	27
PRODUIT	0,432

La racine carrée de 0^m16 étant 0^m40,

Multipliez.	0,432
Par.	0,40
PRODUIT	0,17280

Le débit sera, en forçant le chiffre des millièmes, 173 décimètres cubes, ou bien 173 litres par seconde.

Faisant l'application du résultat donné par la formule ci-dessus, nous avons établi le tableau suivant, donnant, pour un déversoir de 1 mètre de largeur, le débit correspondant à une lame d'eau, depuis 1 centimètre jusqu'à 1 mètre d'épaisseur :

Hauteurs en centimètres.	HAUTEURS EN DÉCIMÈTRES.									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	lit. c.	lit c.	lit. c.	lit. c.	lit. c.	lit. c.	lit. c.	lit. c.	lit. c.	lit. c.
1	1,80	6,60	17,40	31,20	47,20	65,50	85,60	10,80	13,18	15,60
2	5,10	7,50	18,60	32,60	49,00	67,50	88,00	11,00	13,40	15,90
3	9,30	8,60	20,00	34,00	50,80	69,50	90,00	11,25	13,60	16,10
4	14,40	9,40	21,20	35,60	52,50	70,50	92,00	11,45	13,90	16,42
5	20,00	10,50	22,50	37,20	54,50	73,80	94,50	11,70	14 10	16,70
6	26,30	11,50	23,80	39,00	56,20	75,50	96,50	11,95	14,35	16,95
7	33,30	12,80	25,30	40,50	58,00	77,50	98,80	12,20	14,63	17,20
8	40,60	13,80	26,60	42,00	60,00	79,50	10,06	12,40	14,95	17.40
9	48,60	14,90	28,10	43,60	61,80	81,50	10,35	12,65	15,15	17,70
10	57,00	16,10	29,60	45,50	63,70	83,50	10,58	12,95	15,40	18,00

Application du tableau précédent :

Problème N° 147.

Quel est le débit d'un cours d'eau jaugé par un déversoir de 1 mètre de largeur et une lame d'eau de $0^{m}28$ *d'épaisseur ?*

Cherchez le nombre 2 dans la colonne horizontale des décimètres. Descendez la colonne verticale en tête de laquelle se trouve le même chiffre 2. Arrêtez-vous en face du chiffre 8 inscrit dans la colonne verticale des centimètres, et vous trouverez le nombre 266 litres qui représentera le débit par seconde du cours d'eau.

De la même manière on reconnaîtrait qu'une lame d'eau de $0^{m}74$ donnerait, pour un déversoir de 1 mètre de largeur, un débit de 1145 litres par seconde.

Ce même tableau permet de déterminer le débit d'un déversoir d'une largeur quelconque, ainsi que nous allons le démontrer par le problème suivant :

Problème N° 148.

Quel est le débit d'un cours d'eau jaugé par un déversoir de $3^{m}50$ *de largeur lorsque la lame d'eau a une épaisseur de* $0^{m}37$?

Pour un déversoir de 1 mètre de largeur et une épaisseur de lame d'eau de $0^{m}37$, le débit par seconde est de 405 litres. (*Voir le tableau, page* 401.)

Lorsque le déversoir aura $3^{m}50$ de largeur, le débit sera représenté par $3^{m}50 \times 405$.

CALCUL :

Multipliez	405
Par	3,5
	202 5
	1225
PRODUIT	1427,5

Le débit sera 1427 litres 50 centilitres par seconde.

On voit donc que :

Connaissant le débit pour un déversoir de 1 mètre de largeur, il faudra multiplier ce débit par la largeur du déversoir avec lequel on opère pour avoir le débit du cours d'eau jaugé avec ce dernier appareil.

Le tableau donné à ce sujet a donc une très-grande importance puisqu'il dispense de faire l'application de la formule spéciale.

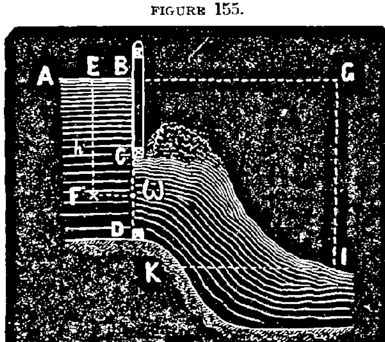
CHAPITRE V.

VITESSE ET DÉBIT D'UN COURS D'EAU, DÉTERMINÉS AU MOYEN D'UN VANNAGE.

Nous considérerons seulement les trois genres de vannes les plus usitées, savoir :

1° VANNES DONT LE SEUIL EST AU-DESSUS DU PLAN D'EAU A L'AVAL

FIGURE 155.



Cette vanne est représentée de la manière suivante :

D Seuil de la vanne ;
KI Niveau de l'eau à l'aval (*au-dessous du seuil*) ;
AB Niveau de l'eau à l'amont ;
GI Différence de niveau de l'eau entre l'amont et l'aval ;
CD Hauteur libre de la vanne ;
ω Section ouverte de la vanne ;
EF Hauteur entre le niveau de l'eau à l'amont et le centre de la vanne.

Vitesse de l'eau.

La formule qui donne la vitesse est la suivante :

$$V = 2{,}66 \sqrt{h}.$$

V représente la vitesse cherchée ;
2,66 coefficient invariable déterminé par l'expérience ;
h est la hauteur entre le niveau de l'eau à l'amont et le centre libre de l'orifice de la vanne (EF *dans le dessin*).

Appliquons cette formule à un exemple :

Problème N° 149.

La hauteur h *entre le niveau à l'amont et le centre de la vanne* (*fig.* 155) *est* 1^m85, *quelle est la vitesse de l'eau ?*

La formule est

$$V = 2{,}66 \sqrt{1{,}85}$$

Extrayez la racine carrée de 1^m85 :

1,8500	1,36	Multipliez. . .	2,66
1	23	Par.	1,36
0,85	3		1596
69	266		798
1600	6		266
1596	Résultat 1,36.	Produit. .	3,6176
0004			

La vitesse cherchée, à l'orifice de la vanne, est 3^m62.

Le tableau suivant donne la vitesse calculée par la formule $2{,}66 \sqrt{h}$, par centimètres, jusqu'à 2 mètres de hauteur pour une vanne de 1 mètre de largeur.

Hauteurs en centimètres.	HAUTEURS EN DÉCIMÈTRES.																		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0,26	0,88	1,22	1,48	1,70	1,89	2,07	2,24	2,39	2,53	2,67	2,80	2,92	3,04	3,15	3,26	3,37	3,47	3,57	3,67
2	0,37	0,92	1,24	1,50	1,72	1,91	2,09	2,25	2,40	2,55	2,68	2,81	2,93	3,05	3,16	3,27	3,38	3,48	3,58	3,68
3	0,46	0,96	1,27	1,52	1,74	1,93	2,11	2,27	2,42	2,56	2,69	2,82	2,94	3,06	3,18	3,29	3,39	3,49	3,59	3,69
4	0,53	1,00	1,30	1,55	1,76	1,95	2,12	2,28	2,43	2,57	2,71	2,83	2,96	3,07	3,19	3,30	3,40	3,50	3,60	3,70
5	0,59	1,03	1,33	1,57	1,78	1,97	2,14	2,30	2,45	2,59	2,72	2,85	2,97	3,08	3,20	3,31	3,41	3,51	1,63	3,71
6	0,65	1,06	1,35	1,59	1,80	1,99	2,16	2,31	2,46	2,60	2,73	2,86	2,98	3,09	3,21	3,32	3,42	3,52	3,62	3,72
7	0,70	1,08	1,38	1,61	1,82	2,00	2,17	2,33	2,48	2,61	2,75	2,87	2,99	3,11	3,22	3,33	3,43	3,53	3,63	3,73
8	0,75	1,13	1,40	1,63	1,84	2,02	2,19	2,34	2,49	2,63	2,76	2,88	3,00	3,12	3,23	3,34	3,44	3,54	3,64	3,74
9	0,80	1,15	1,43	1,66	1,86	2,04	2,20	2,36	2,50	2,64	2,77	2,90	3,02	3,13	3,24	3,35	3,45	3,55	3,65	3,75
10	0,84	1,19	1,45	1,68	1,88	2,06	2,22	2,37	2,52	2,65	2,78	2,91	3,03	3,14	3,25	3,36	3,46	3,56	3,66	3,76

Application du tableau précédent :

Problème N° 150.

La hauteur entre le seuil d'une vanne et le niveau de l'eau à l'amont est 2m05, *la vanne est levée de* 0m68; *quelle est la vitesse de l'eau dans l'orifice d'écoulement, au moyen du tableau précédent ?*

Le centre de l'orifice d'écoulement est la moitié de 0m68, c'est-à-dire 0m34 au-dessus du seuil.

En retranchant 0m34 de 2m05, vous aurez 1m71, qui représentera la hauteur h, entre le niveau de l'eau à l'amont et le centre de l'orifice.

1m71 se compose de 17 décimètres et de 1 centimètre.

Cherchez le nombre 17 dans la colonne horizontale des décimètres. Descendez la colonne verticale en tête de laquelle se trouve le même chiffre 17. Arrêtez-vous en face du chiffre 1 inscrit dans la colonne verticale des centimètres, et vous trouverez le nombre 3m47 qui représente la vitesse cherchée par seconde.

De la même manière on trouverait que pour une hauteur de 1m39, entre le niveau à l'amont et le centre de l'orifice de la vanne, la vitesse serait de 3m13.

DÉBIT PAR UNE VANNE DONT LE SEUIL N'EST PAS NOYÉ PAR LE NIVEAU DE L'EAU A L'AVAL (fig. 155).

La formule est :

$$Q = 2{,}66\ \omega \sqrt{h}.$$

Q représente le débit cherché;

2,66 est un coefficient invariable (*comme pour la vitesse*) ;

ω est la surface ouverte de la vanne, c'est-à-dire le produit de la largeur multipliée par la hauteur;

h est la hauteur entre le niveau de l'eau à l'amont et le centre de l'orifice ouvert (*comme pour la vitesse*) ;

Faisons l'explication de cette formule par un exemple :

Problème N° 151.

Une vanne a 0^m86 *de largeur; elle est levée de* 0^m68; *la hauteur entre le niveau de l'eau à l'amont et le seuil est de* 2^m05 ; *quel est le volume d'eau débité?*

Le centre de l'orifice d'écoulement est la moitié de 0^m68, c'est-à-dire 0^m34 au-dessus du seuil.

En retranchant 0^m34 de 2^m05, vous aurez 1^m71, qui représentera la hauteur h, entre le niveau de l'eau à l'amont et le centre de l'orifice.

La formule du débit sera donc, ainsi qu'il suit, représentée en nombre :

$$Q = 2{,}66 \times 0{,}86 \times 0{,}68 \times \sqrt{1{,}71.}$$

Tout d'abord, cherchez la racine carrée de 1^m71 :

1,7100	1,30
1	2 3
0 71	3
69	2 6
0200	

Le résultat est 1^m30.

Multipliez	2,66
Par	0,86
	1596
	2 128
PRODUIT.	2,2876
A multiplier par	0,68
	183008
	137256
PRODUIT	1,555568
A multiplier par	1,30
	4666704
	1555568
RÉSULTAT.	2,02223840

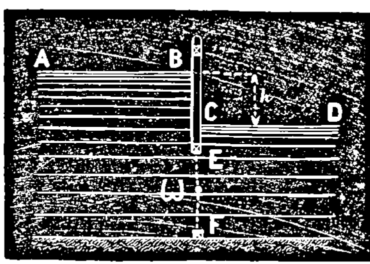
Le débit cherché est donc 2 mètres cubes 22 décimètres cubes, ou bien 2022 litres par seconde.

En comparant la formule du débit avec celle de la vitesse, on remarque que le débit s'obtient en multipliant la vitesse par la section ouverte de la vanne.

A l'aide du tableau (page 405), on n'aura donc qu'à déterminer la largeur et la hauteur de la vanne, et tout se bornera à deux multiplications.

2° VANNES DONT L'OUVERTURE EST COMPLÈTEMENT NOYÉE PAR LE PLAN D'EAU A L'AVAL.

FIGURE 156.



La figure 156 donne l'exemple de ce deuxième cas :

EF représente l'ouverture de la vanne ;
AB donne le niveau du plan à l'amont ;
CD — — à l'aval ;
h représente la différence de niveau entre le plan d'eau à l'amont et le plan d'eau à l'aval.

On voit que l'ouverture de la vanne EF est complètement noyée par le plan CD de l'eau à l'aval.

Pour cette disposition de vannage, la formule servant à donner la vitesse et celle servant à donner le débit est exactement la même que pour le cas précédent, c'est-à-dire :

1° Vitesse : $V = 2{,}66 \sqrt{h}.$

2° Débit : $Q = 2{,}66\ \omega \sqrt{h}.$

Pourtant la hauteur h n'est pas obtenue de la même manière qu'à la figure 155.

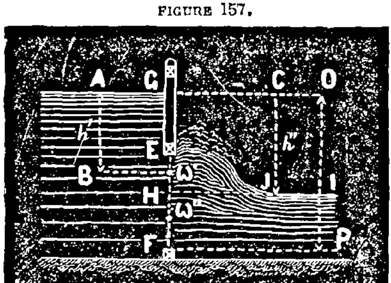
Dans le premier cas, cette mesure est comprise entre le centre de l'orifice d'écoulement et le plan d'eau à l'amont, tandis que dans le second cas (fig. 156), cette hauteur est la différence h entre le plan d'eau à l'amont et le plan d'eau à l'aval.

Dans l'application des formules, c'est ainsi que sera déterminé l'élément h : là est toute la différence.

Il est donc complétement inutile de donner des exemples, car ce ne serait que répéter ce qui a été dit à propos du premier cas.

3° VANNES DONT L'OUVERTURE N'EST QU'EN PARTIE NOYÉE PAR LE PLAN D'EAU A L'AVAL.

FIGURE 157.



La figure 157 donne l'exemple de ce troisième cas :

EF représente l'ouverture de la vanne ;
AG niveau du plan d'eau à l'amont;
HI niveau du plan d'eau à l'aval, ne noyant qu'une partie de l'orifice EF ;
h' hauteur entre le plan d'eau à l'amont et le centre de EH compris entre le plan d'eau d'aval et le dessus de la vanne ;
h'' différence entre le niveau d'eau à l'amont et le niveau d'eau à l'aval ;
ω' section (*longueur multipliée par largeur*) de la portion de la vanne entre sa partie supérieure et le plan d'eau d'aval ;
ω'' section (*longueur multipliée par largeur*) de la portion de la vanne comprise entre son seuil et le plan d'eau d'aval.

Tous ces éléments sont nécessaires pour calculer la vitesse et le débit.

1° *Vitesse* :

La formule de la vitesse est :

$$V = \frac{2{,}66\sqrt{h'} + 2{,}66\sqrt{h''}}{2}.$$

Éclaircissons cette formule par un exemple :

Problème N° 152.

La hauteur entre le seuil de la vanne et le niveau d'amont est 2^m^50; *la hauteur entre le seuil de la vanne et le niveau d'aval est* 0^m^60; *la vanne est levée d'une hauteur de* 1 *mètre. Quelle est la vitesse dans l'orifice de ladite vanne ?*

Tout d'abord déterminons les éléments h' et h''.
h'' est la différence entre les niveaux d'amont et d'aval,

c'est-à-dire, la différence entre 2^m50 et 0^m60, soit 1^m90.

h'. Puisque le plan d'eau d'aval est à 0^m60 au-dessus du seuil de la vanne et que cette vanne est levée de 1 mètre, la différence entre le plan d'eau d'aval et le dessous de la vanne levée sera de 1 mètre moins 0^m60, soit 0^m40. Prenons la moitié de 0^m40, et nous aurons 0^m20, et 0^m20 retranché de 1^m90 (*différence entre les niveaux d'amont et d'aval*) donnera 1^m70 pour la valeur *h'*.

Rattachons les cotes du problème aux éléments de la figure 157, et nous aurons :

OP	=	2,50
HF	=	0,60
EF	=	1,00
h' (*ou* AB)	=	1,70
h'' (*ou* CJ)	=	1,90

La formule numérique de la vitesse sera :

$$V = \frac{2{,}66 \times \sqrt{1{,}70} + 2{,}66 \times \sqrt{1{,}90}}{2}.$$

Extrayons d'abord les racines carrées de 1^m70 et 1^m90 :

1,7000	1,30
1	2 3
0 70	3
69	2 6
0 100	

1,9000	1,37
1	2 3
0 90	3
69	2 67
2100	7
1869	
0231	

Multipliez	2,66	Multipliez	2,66
Par.	1,30	Par.	1,37
	798		1862
	2 66		798
			2 66
PRODUIT . . .	3,4580	PRODUIT . . .	3,6442

Additionnez.	3,4580
Avec	3,6442
TOTAL.	7,1022
Prenez la moitié	3,5511

La vitesse cherchée est donc 3^m55.

DEUXIÈME DÉBIT.

La formule du débit est :

$$Q = 2,66 \times \omega' \times \sqrt{h'} + 2,66 \times \omega'' \times \sqrt{h''}.$$

Éclaircissons aussi cette formule par un exemple :

Problème N° 153.

Quel est le débit d'une vanne qui a 0^m80 *de largeur, d'après les données du problème précédent, n°* 152.

Éléments du problème :

ω' Section de la portion de la vanne au-dessus du plan d'eau d'aval égale $0,80 \times 0,40$.

ω'' Section de la portion de la vanne au-dessous du plan d'eau d'aval égale $0,80 \times 0,60$.

h' 1^m70, et la racine carrée de 1^m70, calculée plus haut, est 1^m30.

h'' 1^m90, et la racine carrée de 1^m90, calculée plus haut, est 1^m37.

Voici donc la formule numérique :

$$Q = 2{,}66 \times 0{,}80 \times 0{,}40 \times \sqrt{1{,}70} + 2{,}66 \times 0{,}80 \times 0{,}60 \times \sqrt{1{,}90}.$$

ou bien :

$$Q = 2{,}66 \times 0{,}80 \times 0{,}40 \times 1{,}30 + 2{,}66 \times 0{,}80 \times 0{,}60 \times 1{,}37.$$

Multipliez.	2,66	Multipliez.	2,66
Par.	0,80	Par.	0,80
PRODUIT. . .	2,128	PRODUIT. .	2,128
A multiplier par .	0,40	A multiplier par.	0,60
PRODUIT . .	0,8512	PRODUIT. .	1,2768
A multiplier par .	1,30	A multiplier par.	1,37
	25536		89376
	8512		38304
			1 2768
PRODUIT . .	1,10656	PRODUIT. .	1,749216

Additionnez	1,10656
Avec	1,74922
TOTAL	2,85578

Le débit cherché est donc de 2 mètres cubes 856 décimètres cubes, ou bien 2856 litres par seconde.

SUPPLÉMENT.

DU CARRÉ ET DE LA RACINE CARRÉE.

On appelle *carré* d'un nombre, le produit de ce nombre multiplié par lui-même.

Ainsi 49 est le carré de 7, parce qu'en multipliant 7 par lui-même, on a 49.

Pour indiquer qu'on doit élever un nombre au carré, on place à la droite de ce nombre, et un peu au-dessus, un petit 2, qu'on nomme *exposant.*

Exemple : 32^2, signifie qu'il faut multiplier 32 par lui-même, ce qui donne 1024. Ce nombre est le carré de 32.

On appelle *racine carrée* d'un nombre, un autre nombre qui, multiplié par lui-même, reproduit le nombre proposé.

Aussi 7 est la racine carrée de 49, parce que $7 \times 7 = 49$. De même, 32 est la racine carrée de 1024, parce que $32 \times 32 = 1024$.

On appelle *carré parfait,* un nombre entier dont la racine carrée est aussi un nombre entier.

Ainsi 49 et 1024 sont des *carrés parfaits*, parce que ce sont des nombres entiers et que leurs racines carrées 7 et 32 sont aussi des nombres entiers.

On appelle *plus grand carré* contenu dans un nombre, le plus grand carré parfait contenu dans ce nombre.

Ainsi 56 n'est pas un carré parfait, parce que sa racine carrée se trouve comprise entre 7 et 8. En effet, $7 \times 7 = 49$ et $8 \times 8 = 64$. La racine carrée de 56 est donc 7 unités plus une fraction.

49 est le plus grand carré parfait contenu dans 56.

CARRÉS PARFAITS DES NEUF PREMIERS NOMBRES.

1	4	9	16	25	36	49	64	81

RACINES CARRÉES.

1	2	3	4	5	6	7	8	9

Pour indiquer qu'on doit extraire la racine carrée d'un nombre, on place ce signe $\sqrt{}$ à gauche du nombre, en mettant entre les branches du signe $\sqrt{}$ un petit 2. Presque toujours on se dispense d'ajouter ce petit chiffre qui n'est qu'un signe.

Ainsi $\sqrt[2]{1024}$, ou simplement $\sqrt{1024}$, indique qu'il faut extraire la racine carrée de 1024.

RÈGLE PRATIQUE POUR EXTRAIRE LA RACINE CARRÉE D'UN NOMBRE ENTIER.

Pour obtenir la racine carrée d'un nombre entier, on le partage, par des virgules, en tranches de deux en deux chiffres, en commençant par la droite.

Partant ensuite de la gauche, on cherche la racine carrée du plus grand carré contenu dans la première tranche et on obtient le premier chiffre de la racine. On écrit ce premier chiffre à droite du nombre proposé, duquel on le sépare par un trait vertical. — On fait le carré de ce premier chiffre, carré que l'on retranche de la première tranche à gauche. A côté du reste, on abaisse la tranche suivante et on sépare le premier chiffre à droite par une virgule. On divise la partie à gauche par le double du premier chiffre, ce qui donne le second chiffre de la racine. On écrit ce second chiffre à droite du double du premier et on multiplie le nombre ainsi obtenu par le second chiffre lui-même. On retranche le produit du premier reste joint à la tranche suivante. A côté de ce second reste, on ajoute la troisième tranche ; on sépare, par une virgule, le premier chiffre à droite. On divise la partie à gauche par le double des deux premiers chiffres de la racine, et on obtient le troisième chiffre. On continue ainsi jusqu'à ce que toutes les tranches soient épuisées.

Pour que l'opération soit exacte, il faut qu'en multipliant par elle-même la racine obtenue et en ajoutant le reste au produit, on retrouve exactement le nombre proposé.

Problème N° 154.

Soit proposé d'extraire la racine carrée du nombre entier 374.

OPÉRATION.

3,74	19
1	29
27,4	9
26 1	
1 3	

PREUVE.

Multipliez	19	
Par	19	
	171	
	19	
PRODUIT . . .	361	
Ajoutez.	13	(reste)
Nombre proposé .	374	

On voit, par ce problème, que 374 n'est pas un carré parfait ; que le plus grand carré parfait contenu dans ce nombre est 361 et que la racine carrée de 374 est 19, à une unité près.

Problème N° 155.

Soit proposé d'extraire la racine carrée du nombre 12033019.

OPÉRATION.

12,03,30,19	3468
9	64
30,3	4
25 6	686
04 73,0	6
4 11 6	6928
0 61 41,9	8
55 42 4	
5 99 5	

PREUVE.

Multipliez . . .	3468
Par.	3468
	27744
	20808
	13872
	10404
PRODUIT . .	12027024
Ajoutez	5995
Nombre proposé.	12033019

EXPLICATION DU PROBLÈME. — Divisez le nombre 12033019 en tranches de deux chiffres, en commençant par la droite. Le plus grand carré contenu dans 12, première tranche à gauche, est 9, dont la racine est 3. Écrivez 9 sous 12 et 3 à côté du nombre proposé. Retranchez 9 de 12, différence 3. A côté de 3, abaissez la tranche suivante 03 et vous aurez 303. Séparez le premier chiffre à droite par une virgule. Divisez 30, partie à gauche, par 6, double du premier chiffre 3, et vous aurez 4 pour quotient. Écrivez 4 à côté de 6 et vous obtiendrez le nombre 64, que vous multiplierez par 4.

Écrivez le produit 256 sous 303 et faites la soustraction: vous aurez 47 pour différence.

OBSERVATION. — *Le chiffre obtenu en divisant* 30 *par* 6 *ne doit être ni trop fort, ni trop faible.* 5 *eût été trop fort, parce que le produit de* 65 *par* 5 *aurait donné* 325, *plus fort que* 303. *Le chiffre* 4 *n'est pas trop faible* : *pour qu'il le fût, il faudrait que le reste,* 47, *valût* 2 *fois* 34, *augmenté d'une unité, c'est-à-dire* 69.

Continuons l'opération :

A côté du reste 47, abaissez la tranche suivante 30 et vous aurez 4730. Séparez le premier à droite par une virgule et vous aurez 473 pour la partie à gauche. Divisez 473 par 68, double de 34, et vous aurez 6. (*Pour obtenir* 68, *additionnez simplement les nombres* 64 *et* 4 *précédemment écrits.*) Écrivez 6 à côté de 68 et multipliez 686, nombre ainsi obtenu par 6 ; retranchez le produit 4116 de 4730 et il restera 614.

OBSERVATION. — *Le chiffre* 6 *n'est pas trop fort; il n'est pas trop faible non plus, puisque le reste* 614 *est plus faible que* 2 *fois* 346, *augmenté d'une unité.*

A côté du reste 614 abaissez la dernière tranche 19 et vous aurez 61419. Séparez le premier chiffre à droite par une virgule et vous aurez 6141 pour la partie à gauche. Divisez 6141 par 692, double de 346, et vous aurez 8. (*Pour obtenir* 692, *additionnez simplement les nombres* 686 *et* 6 *précédemment écrits.*) Écrivez 8 à côté de 692 et multipliez 6928, nombre ainsi obtenu par 8 ; retranchez le produit 55424 de 61419 et il restera 5995.

Toutes les tranches étant épuisées, l'opération est achevée et la racine carrée cherchée est 3468, nombre dont chaque chiffre a été obtenu par les calculs qui viennent d'être décrits.

OBSERVATION. — *Ce chiffre de 3468 n'est pas trop fort, parce que 3469, multiplié par lui-même, donnerait 12034061, nombre plus fort que celui proposé. Il n'est pas trop faible non plus, parce que le reste est inférieur à* $2 \times 3468 + 1$, *c'est-à-dire 2 fois 3468, augmenté d'une unité.*

La racine carrée exacte est donc plus forte que 3468 et plus faible que 3469 ; elle est 3468, à une unité près.

EXTRACTION DE LA RACINE CARRÉE DES NOMBRES DÉCIMAUX.

Nous distinguerons deux cas :

1° Lorsque le nombre des décimales est pair ;
2° Lorsque le nombre des décimales est impair.

PREMIER CAS.

RÈGLE PRATIQUE. — *Pour extraire la racine carrée d'un nombre décimal, dans le premier cas, on supprime la virgule. On opère comme si le nombre était entier, puis, sur la droite de la racine, on sépare 2 fois moins de décimales qu'il y en avait sur la droite du nombre proposé.*

Exemple :

Problème N° 156.

Soit proposé d'extraire la racine carrée du nombre décimal 0,005392 (5392 *millionièmes*).

Extrayez la racine carrée du nombre 5392 comme s'il était entier.

OPÉRATION.	
53,9 3	73
49	143
04 9,3	3
4 2 9	
6 4	

PREUVE.	
Multipliez . . .	0,073
Par.	0,073
	219
	511
PRODUIT . . .	0,005329
Ajoutez	64
Nombre proposé.	0,005393

La racine carrée du nombre entier 5393 est 73, à une unité près. Mais comme, en vertu de la règle pratique précédente, il faut séparer sur la droite de la racine deux fois moins de décimales que le nombre donné en comporte et que ce nombre en a 6, il faut en séparer 3. La racine carrée de 0,005392 sera donc 0,073, à un centième près. On voit, par la preuve, que ce résultat est exact.

SECOND CAS.

RÈGLE PRATIQUE. *Pour extraire la racine carrée d'un nombre décimal dans le second cas, il suffit simplement de rendre le nombre de décimales pair, en ajoutant un zéro à droite, et on retombe dans le premier cas.*

Exemple :

Problème N° 157.

Soit proposé d'extraire la racine carrée du nombre décimal 0,05392 (5392 *cent millièmes*).

Ajoutez un zéro à droite et vous aurez 0,053920, nombre égal au premier ; mais il aura 6 décimales (*nombre pair*) au lieu de 5.

Extrayez la racine carrée de 53920, considéré comme nombre entier.

OPÉRATION.

5,39,20	232
4	43
13,9	3
12 9	462
10 2,0	2
9 2 4	
96	

PREUVE.

Multipliez . . .	0,232
Par.	0,232
	464
	696
	464
PRODUIT. .	0,053824
	96
	0,053920

Le nombre donné ayant 6 décimales, il faut en séparer 3 sur la droite de la racine, qui sera 0,232, à un millième près.

Il résulte de ce qui vient d'être exposé à propos de l'extraction de la racine carrée des nombres décimaux, qu'il est possible d'obtenir la racine carrée d'un nombre entier, à un dixième, un centième, un millième, etc., près.

Pour cela, il faut ajouter 2, 4, 6, etc., zéros sur sa droite, puis effectuer l'opération et séparer sur la droite de la racine 1, 2, 3, etc., décimales.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES.

PREMIÈRE PARTIE.

SYSTÈME MÉTRIQUE.

DEUXIÈME PARTIE.

DE L'ARPENTAGE.

CHAPITRE I^er^. — MESURE DES LONGUEURS.

TROISIÈME PARTIE.

DU NIVELLEMENT.

CHAPITRE Ier.

CHAPITRE II. — DES SOLIDES COMPOSÉS.

CINQUIÈME PARTIE.

DES PROJETS DE TRAVAUX.

CHAPITRE Ier. — CONSTRUCTION DES BATIMENTS.

CHAPITRE II. — DES AQUEDUCS ET PONTS.

CHAPITRE III. — 1° QUALITÉS DES MATÉRIAUX EMPLOYÉS DANS LES TRAVAUX ET FAÇON DES OUVRAGES.

SUPPLÉMENT.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.