D'où il suit qu'il a fallu pour rompre :

1°. La soie un poids de.	855,9978 grammes.
2°. Celles du lin de la Nouvelle-Zélande un poids de.	590,5034
3°. Les fibres du chanvre un poids de.	400,5917 (1)
4°. Le lin un poids de.	295,8228
5°. Celles de l'aloès-pitte un poids de.	176,2349

On sentira aisément tout l'avantage qu'il y aurait pour notre marine et pour une infinité d'arts, d'avoir des cordages dont la force serait plus grande de près de moitié de celle des cordages du chanvre ; mais l'auteur annonce qu'elle la dépassera de beaucoup, car les fibres du lin de la Nouvelle-Zélande, d'après une suite d'expériences comparatives faites dans le dessein de connaître la distension dont elles sont susceptibles avant de se rompre, lui ont prouvé qu'elles sont de près de moitié plus extensibles que celles du chanvre ; et la cause principale de la diminution de force d'une corde, à mesure qu'on la tord davantage, tient sur-tout à ce que les fibres qui la composent, éprouvent divers degrés d'extension ; aussi est-il évident, que plus les fibres qui entrent dans la composition d'une corde sont extensibles, moins est grande la différence dans la distribution de leurs forces ; d'où il résulte, que les fibres les plus extensibles, toutes choses égales d'ailleurs, feront les meilleures cordes (2).

Pour connaître l'extensibilité des fibres du lin de la Nouvelle-Zélande, le Cit. Labillardière prit six de ces fibres d'un vingtième de millimètre de diamètre, puis il suspendit à des longueurs de 14 centimètres, un poids qu'il augmenta par degrés, en examinant de quelle quantité ces fibres s'étendaient avant de rompre. La somme de ces quantités, divisées par le nombre des filamens soumis à l'épreuve, a donné le terme moyen de l'extensibilité de chacun. Après avoir opéré de même sur des filamens d'aloès-pitte, de chanvre, de lin et de soie, il obtint les résultats suivans :

1°. Pour la soie.	112,790 millimètres.
2°. Pour l'aloès-pitte.	56,395
3°. Pour le lin de la Nouvelle Zélande. . . .	33,837
4°. Pour le chanvre.	22,558
5°. Pour le lin.	11,279

De sorte que les différens degrés d'extensibilité seront représentés :

1°. Pour la soie par.	5
2°. Pour l'aloès-pitte par.	2,5
3°. Pour le lin de la Nouvelle-Zélande par. . .	1,5
4°. Pour le chanvre par.	1
5°. Pour le lin par.	0,5

D'après ce que nous venons de dire, il est facile de se convaincre qu'il résultera pour la France de très-grands avantages, si l'on y cultive le lin de la Nouvelle-Zélande. Tout porte à croire que cette plante réussira parfaitement dans nos climats.

(1) Le chanvre et le lin qui ont été employés dans ces expériences sont du premier brin des meilleurs du département de l'Orne, les fibres d'aloès-pitte, avaient été séparées de la feuille qui les contient par la macération et par un frottement léger.

(2) On a observé que certains chanvres à fibres roides, mais très-fortes, résistent souvent moins, étant employées à faire des cordes, que d'autres dont les fibres sont moins fortes, mais plus molles et plus flexibles. Ceci ne peut néanmoins infirmer en rien ce qui vient d'être dit sur l'emploi du lin de la Nouvelle-Zélande dans les corderies, puisqu'il est de près de moitié plus extensible que le chanvre, et très-flexible. On sait d'ailleurs que des fibres roides se brisent par une faible torsion, à laquelle résistent des fibres qui ont plus de flexibilité.

JOURNAL DES MINES.

N°. 87. FRIMAIRE AN 12.

NOUVELLE MÉTHODE

D'ASSIGNER la direction des percemens dans les mines, et de tracer les plans des ouvrages souterrains (1).

Par J. F. DAUBUISSON.

Les applications que l'ingénieur des mines fait de la géométrie ont principalement pour objet de déterminer la direction de la route que le mineur doit suivre pour arriver, à travers la roche, d'un point à un autre ; ou bien de trouver, sur la surface du terrain, le point où il faut commencer un percement qui doit aboutir à un point donné dans la mine, et être fait dans une certaine direction. L'ingénieur y parvient à l'aide de la trigonométrie la plus simple ; mais comme les procédés qu'il emploie exigent quelques manipulations particulières, on a décoré du nom de *Géométrie souterraine*, une simple application de la Géométrie élémen-

(1) Ce Mémoire a été remis au Secrétariat des Mines le 18 nivôse an XI.

taire. Quelques auteurs étrangers en ont exposé tous les détails et même les superfluités dans de gros volumes (1) ; et j'entreprends ici de la traiter dans ce court Mémoire, en la présentant sous un nouveau point de vue, qui me paraît aussi simple que conforme à la manière dont on traite aujourd'hui, en mathématiques, toutes les questions de ce genre. Je divise cet écrit en trois articles : le premier contient les principes sur lesquels la nouvelle méthode est basée : le second traite de la forme à donner aux *états* que l'ingénieur dresse de ses opérations ; et, dans le troisième, j'expose l'usage que l'on fait de ces *états* pour la confection des plans et des dessins des mines.

ART. Ier.

Tous les problêmes, que l'on peut proposer sur les percemens, peuvent être ramenés directement ou indirectement à ce

PROBLÊME GÉNÉRAL. *Deux points étant donnés dans une mine, assigner la route qu'il faut suivre, à travers la roche, pour aller directement de l'un à l'autre.*

Solution. Il faut d'abord fixer la position de chacun des deux points, et ensuite celle d'une ligne droite dont ils seraient les extrémités. Le problême général se divise donc en deux parties.

(1) En 1785, M. Lempe, professeur de mathématiques à l'École des Mines de Freyberg, publia un gros volume in-4°. de plus de 1200 pages d'impression sur cette *Géométrie souterraine.*

PREMIÈRE PARTIE. *Déterminer la position d'un point donné dans une mine.*

Solut. On détermine en général la position d'un point, en assignant ses distances (ses trois *coordonnées*) à trois plans donnés de position, et en disant de quel côté, de chacun des plans, la distance doit être prise. Trois plans sont donnés de position, lorsqu'on connaît les angles qu'ils forment entre eux, et le lieu de leur intersection.

Dans notre problême, nous prendrons, dans ou hors la mine, un point arbitraire (duquel cependant on puisse aller, sans de grands détours, à chacun des deux points donnés dans le problême général) ; par ce point on imaginera, 1°. un plan *horizontal ;* 2°. un plan placé dans le *méridien* du lieu ; 3°. un plan *vertical* perpendiculaire au méridien : tels sont les trois plans auxquels on doit rapporter le point donné, c'est-à-dire, assigner sa distance perpendiculaire à chacun d'eux. A l'instar de ce qui est usité en géographie, nous appelerons *longitude* la distance au méridien ; *latitude* celle au plan vertical ; et *hauteur* celle à l'horizon. Selon que la distance sera prise d'un côté ou d'un autre du même plan, elle sera *positive* ou *négative.* Nous regarderons la *longitude* comme positive, lorsqu'elle sera à la droite ou vers l'est du méridien, et par conséquent comme négative, lorsqu'elle sera à sa gauche ou vers l'ouest : la *latitude* sera positive quand elle sera comptée en avant ou au nord du vertical ; elle sera négative lorsqu'elle sera en arrière ou vers le sud : nous disons que la *hauteur* est positive, lorsqu'elle est au-dessus du plan horizontal, et négative lorsqu'elle est au-dessous. Ainsi pour fixer la position d'un point dans les mines, il suffira d'assigner sa *longitude*, sa *latitude* et sa *hauteur*, par rapport à (trois plans passant par) un point donné, et de dire si ces distances sont positives ou négatives. Voyons comment l'on procédera à cette détermination dans la pratique.

Entre le point par lequel on imagine (que passent) les trois plans, et celui dont on doit déterminer la position, on tend une suite de cordons, d'une longueur arbitraire, et faisant entre eux des angles quelconques; de manière cependant que l'on puisse opérer avec commodité et exactitude : on prend ensuite la *longueur*, l'*inclinaison* et la *direction* de chacun d'eux. L'*inclinaison* d'un cordon est l'angle qu'il fait avec une ligne horizontale imaginée dans son plan vertical; et sa *direction* est l'angle que ce même plan vertical fait avec le méridien.

La *longueur* du cordon se prend simplement avec une une chaîne convenablement divisée : quoique cette longueur soit arbitraire, on ne lui donne guère plus de 16 mètres. Pour déterminer l'*inclinaison*, on suspend au cordon un demi-cercle, au centre duquel pend un fil garni d'un plomb; le limbe en est divisé de manière que le fil indique l'angle cherché : en notant cet angle, on marque aussi par une *M* ou un *D*, placé en avant du nombre de degrés de l'inclinaison, si le cordon va en montant ou en descendant. La *direction* se prend communément à l'aide d'une boussole (1) que l'on suspend au cordon : le milieu de l'instrument, ou la ligne o degrés, se trouvant alors dans le plan

(1) La boussole dont je me sers ici, est divisée en quatre quarts de cercle, et chacun de ceux-ci en 90° (ou 100 de la division centésimale) : les deux points 0° sont sur la ligne du milieu, aux extrémités de laquelle sont les lettres *N* et *S* (nord et sud); et les deux

vertical mené par le cordon, et l'aiguille restant toujours dirigée vers le nord, son extrémité doit marquer, sur le limbe, le nombre de degrés de la direction : il est vrai que de cette manière on n'a la direction du cordon que par rapport au méridien magnétique; mais on la rapporte ensuite au méridien vrai, par une réduction extrêmement facile : avant de noter le nombre de degrés de l'angle, on désigne le quart du cercle de la boussole où se trouve la pointe indicative de l'aiguille; ce qui se fait par les lettres initiales *N. E*, *S. E*, *S. O*, *N. O*, de points cardinaux, qui sont aux deux extrémités du quart de cercle dont il s'agit. Voyez pour le détail des manipulations la *Géométrie souterraine par M. Duhamel* (1).

Cela fait, on décompose chaque cordon ou *distance oblique*, en trois distances (*hauteur*, *latitude* et *longitude*), parallèles aux trois plans de position : de même qu'en mécanique on décompose souvent chacune des forces d'un système en trois forces parallèles à trois plans.

points 90° sont dans la ligne perpendiculaire à la première, et marquée *E. O* (est, ouest) (*fig.* 1). Cette manière de diviser la boussole me paraît la plus convenable; c'est en outre la seule qui évite les réductions que l'on est obligé de faire dans toute autre, lorsqu'on veut faire usage des tables de sinus ordinaires.

La boussole, considérée comme graphomètre, a de grands inconvéniens; on ne peut l'employer dans les mines de fer, dans les pays basaltiques : dans d'autres mines même, un clou dans la charpente des galeries et des puits, un morceau de fer oublié dans les poches ou les vêtemens des ouvriers qui aident l'ingénieur, peuvent donner lieu à des erreurs de la plus grande conséquence. Cependant comme son usage est facile, expéditif, et que lorsqu'on l'emploie avec précaution et une certaine dextérité, elle donne des résultats assez exacts pour les cas ordinaires qui se présentent dans la pratique, on en continue encore l'usage : mais on ne saurait recommander trop de précautions, et de répéter au moins deux fois, et en suivant un chemin inverse, toute opération qui a pour objet une détermination de quelque conséquence. Dans les cas où l'on ne doit pas employer la boussole, on peut lui substituer le graphomètre souterrain du Général Komarzewski. Voy. *Journal des Mines*, n°. 84.

(1) Le meilleur Traité de *Géométrie souterraine* que nous ayons dans notre langue, est celui du Cit. Duhamel, membre de l'Institut national, inspecteur des mines, auquel l'art de l'exploitation en France a de grandes obligations.

Dans la décomposition dont il s'agit ici, on peut regarder chacun des cordons comme la diagonale d'un parallélipipède rectangle, dont les six faces sont parallèles, deux à deux, aux plans de position, et il faut déterminer les trois arêtes contigues de ce solide. Pour y parvenir, observons que le cordon est l'hypothénuse d'un triangle rectangle, dont l'angle d'*inclinaison* est un des angles obliques; la hauteur du parallélipipède, et la diagonale de sa base (ou projection horizontale du cordon), en sont les deux côtés. Ainsi nous connaîtrons cette hauteur et cette projection. Cette dernière ligne est elle-même l'hypothénuse d'un triangle rectangle, dont l'angle de *direction* est un des angles obliques; et les deux autres arêtes du parallélipipède sont les côtés; nous déterminerons ces côtés par la résolution du triangle rectangle. Or ces deux arêtes représentent la *longitude* et la *latitude* d'une des extrémités du cordon par rapport à l'autre : la première arête (la hauteur du solide) était la *hauteur* d'une de ses extrémités sur l'autre : ainsi nous avons décomposé de cette manière chaque cordon en *hauteur, latitude* et *longitude*. La *hauteur* sera positive ou négative, selon que la note de l'angle d'inclinaison portera une *M* ou un *D* : la *latitude* sera positive si la première des deux lettres qui accompagnent les degrés de la direction est une *N*; elle sera négative si c'est une *S* : la *longitude* sera positive ou négative suivant que la seconde des deux lettres sera un *E* ou un *O*. Voyez le tableau joint à ce Mémoire (*page* 273).

Chacun des cordons étant ainsi décomposé

en *hauteur, latitude* et *longitude*, on sommera (1) toutes les *hauteurs* partielles, et l'on aura la *hauteur* totale, c'est-à-dire, celle du point dont on veut déterminer la position : on sommera de même toutes les *latitudes* et toutes les *longitudes* pour avoir la *latitude* et *longitude* du point : et la première partie du problême sera ainsi résolue.

SECONDE PARTIE. *Déterminer la longueur et la position d'une ligne comprise entre deux points donnés de position.*

Solution. On détermine la position d'une ligne, lorsque (après avoir indiqué celui des deux points par lequel elle doit être menée) on donne la position d'un plan passant par cette ligne, et sa propre position par rapport à une ligne connue dans ce même plan. Nous supposerons ici un plan vertical, passant par la ligne, et nous chercherons l'angle que ce plan fait avec le méridien, c'est-à-dire, la *direction* de la ligne; nous prendrons ensuite l'angle qu'elle fait avec une horizontale menée dans ce plan, c'est-à-dire, son *inclinaison*. Il s'agit donc de déterminer sa *longueur*, sa *direction* et son *inclinaison*.

Or cette ligne peut être regardée comme la diagonale d'un parallélipipède rectangle, dont les six faces sont parallèles deux à deux aux trois plans de position, et alors les trois arêtes contiguës de ce solide sont les différences

(1) Par l'expression *sommer les hauteurs*, etc. nous entendons prendre la somme des positives moins la somme des négatives.

entre les *hauteurs*, entre les *latitudes*, et entre les *longitudes* des deux points donnés : par conséquent le problême est exactement l'inverse du précédent, où, connaissant la *longueur*, *l'inclinaison* et la *direction* d'une ligne, il fallait trouver les trois arêtes du parallélipipède dont elle était la diagonale (c'est à-dire qu'il fallait la décomposer en *hauteur*, *latitude* et *longitude*.)

Les différences entre les *latitudes* et entre les *longitudes* des deux points donnés, sont les deux côtés de l'angle droit d'un triangle rectangle, dont l'*angle de direction* est un des angles obliques (celui adjacent à la différence des latitudes), et dont la *projection horizontale* de la ligne est l'hypothénuse; ainsi ces deux quantités nous seront connues par la résolution du triangle. De plus cette *projection* et la différence entre les *hauteurs* des points donnés, sont les côtés d'un second triangle rectangle, dont l'angle adjacent à la projection est l'*angle d'inclinaison*, et dont l'hypothénuse est la *longueur* cherchée : ainsi nous pourrons déterminer ces quantités; et la seconde partie du problême sera résolue.

Je résume la solution du problême général, On prendra, par rapport à un même point (expression abrégée pour dire, par rapport aux trois plans de position passant par le même point), la *hauteur*, la *latitude* et la *longitude* de chacun des deux point donnés, par la méthode indiquée dans la première partie. Ensuite l'on retranchera les deux *hauteurs* l'une de l'autre, les deux *latitudes* et les deux *longitudes*; et au moyen de ces trois différences, on déterminera, comme nous l'avons dit dans la seconde partie, la *longueur*, la *direction* et l'*inclinaison* de la ligne qui doit joindre les deux points. Ces déterminations faites, le mineur se portera à un des deux points, et, en orientant sa bous-

sole de manière que l'aiguille marque le nombre de degrés de la *direction* trouvée, il aura la direction du chemin qu'il doit se frayer à travers la roche : l'angle d'*inclinaison* lui apprendra de combien il doit, en cheminant, s'élever ou s'abaisser pour arriver exactement sur le second point, et il saura en outre quelle est la *longuenr* de la route qu'il doit parcourir.

Applications.

Toutes les questions que l'on peut proposer sur les percemens peuvent être ramenées au problême général, c'est-à-dire, être résolues par la méthode que nous venons d'exposer, etc. Je ne fais mention que des principales; il en serait de même des autres. On peut proposer, 1°. de conduire une galerie de traverse, entre deux points pris dans deux galeries : 2°. d'indiquer sur la surface du terrain, le point où il faut commencer un puits vertical, qui doit aboutir à un point donné dans la mine : 3°. de faire la même indication que précédemment; mais le puits, au lieu d'être vertical, devant être dirigé suivant l'inclinaison d'un filon : 4°. de conduire une galerie ou canal à travers une montagne, lorsque les points extrêmes sont donnés; mais comme il est nécessaire d'attaquer cette galerie par plusieurs points à la fois, il faudra commencer par creuser des puits sur sa direction : 5°. etc. etc.

1°. La première de ces questions étant exactement le cas du problême général, nous avons déjà dit la manière dont elle devait être résolue.

2°. Quant à la seconde, observons que, puisque le puits doit être vertical, son extrémité supérieure aura la même *latitude* et *longitude* que l'inférieure, c'est-à-dire, que le point donné : ainsi il ne s'agit que de déterminer, sur la surface du terrain, un point qui satisfasse à cette condition. Pour cet effet, on prendra à vue d'œil un point (*perdu*) qu'on jugera devoir être aussi voisin que possible du point cherché : on en déterminera la *longitude* et la *latitude*, et l'on verra de combien elles diffèrent de celle du point donné dans la mine : on cheminera d'une quantité égale à la différence des *latitudes*, vers le nord ou vers le sud, selon que cette différence sera positive ou négative; et puis vers l'est ou l'ouest, d'une quantité égale à la différence des *longitudes*: le point de la surface du terrain, qui sera directement au-dessous de celui qu'on aura trouvé par ce procédé, sera le point cherché. La différence entre sa *hauteur* et celle du point donné sera la profondeur du puits.

3°. Si le percement, au-lieu d'être vertical, devait être conduit sur le filon dans lequel est le point donné, alors on commencerait par déterminer la *hauteur*, la *latitude*, et la *longitude* de ce point (par rapport à un point quelconque): ensuite on observerait que le puits devant être dirigé suivant la ligne d'inclinaison du filon (1), on connaît l'*inclinaison* qu'il doit avoir, ainsi que sa *direction*, laquelle doit être perpendiculaire à la direction du filon. L'on supposerait au puits une longueur arbitraire, mais telle que son extrémité, autant qu'on en peut juger par un à-peu-près, dépasse d'une petite quantité la surface du terrain: cela fait, on décomposerait cette longueur en *hauteur*, *latitude* et *longitude*; on ajouterait ces trois quantités à leurs analogues trouvées pour le point donné, et l'on chercherait (à l'aide d'un point *perdu* comme dans le problême précédent), quel est le point, au-dessus de la superficie de la montagne, dont la *hauteur*, la *latitude* et la *longitude* seraient égales à celles trouvées par les sommes que l'on vient de faire. Ce point étant trouvé, l'on y fixerait une règle ou un cordon auquel on donnerait l'inclinaison et la direction que doit avoir le puits, l'endroit où ce cordon rencontrerait la surface du terrain, serait le point où il faut commencer à creuser.

4°. Pour résoudre le quatrième problême, on commencera par prendre la *hauteur*, la *latitude*, et la *longitude* de l'extrémité de la galerie, par rapport à son commencement, et au moyen de ces trois quantités on déterminera facilement sa *longueur*, sa *direction* et son *inclinaison*. Ensuite on prendra, sur sa longueur, les points où devront

(1) Cette ligne est l'intersection du plan du filon avec un plan vertical qui lui serait perpendiculaire: une des règles de la construction des puits foncés sur les filons est de les faire toujours sur cette ligne.

aboutir les puits à percer: on déterminera la *hauteur*, la *latitude*, et la *longitude* de chacun d'eux (toujours par rapport au commencement de la galerie): après cela, il faudra trouver sur la surface du terrain des points qui auront une même *latitude* et *longitude*: ils seront les commencemens des puits. On donnera à ces puits une profondeur égale à la différence des *hauteurs* entre les points pris à la surface du terrain, et leurs correspondans sur la galerie. Enfin, de leur extrémité inférieure, l'on se dirigera, de part et d'autre, sur la direction de la galerie.

La méthode que j'expose ici ne sert pas seulement à la détermination des percemens, on peut encore l'employer à la solution de presque tous les problêmes de géométrie qui peuvent se présenter dans la pratique des mines. Je n'en cite qu'un seul exemple. Il me suffit d'avoir établi le principe, et indiqué la manière de l'appliquer.

PROBLÊME. *Trois points étant donnés sur un filon déterminer la direction et l'inclinaison de ce filon.*

Solution. Commencez par prendre la *hauteur*, la *latitude*, et la *longitude* de chacun des trois points, ou mieux encore, de deux par rapport au troisième. Pour m'expliquer plus brièvement, j'emploie le secours d'une figure (*fig.* 2), soit A ce troisième point, B et C les projections horizontales des deux autres: soit AX l'intersection du plan du méridien avec le plan horizontal, et AY celle de ce dernier plan avec le filon. L'angle XAY sera l'angle de direction qu'il s'agit de déterminer. Pour cela:

$$\text{Soit}\left\{\begin{array}{l}\left.\begin{array}{l} h = \text{hauteur} \\ l\,(=AD) = \text{latitude} \\ L\,(=BD) = \text{longitude} \end{array}\right\}\text{du point dont la projection est en } B. \\ \left.\begin{array}{l} h' = \text{hauteur} \\ l'\,(=AE) = \text{latitude} \\ L'\,(=EC) = \text{longitude} \end{array}\right\}\text{du point dont la projection est en } C. \end{array}\right.$$

Si l'on avait DF, le triangle rectangle, dans lequel on connaît $AD\,(=l)$, mettrait à même de trouver l'angle DAF cherché: on a déjà la valeur de $DB\,(=L)$, ainsi cherchons la partie inconnue BF que j'appelle x, et je fais $CG = y$. Ces lignes x et y sont proportionnelles aux hauteurs h et h' (comme formant des triangles qui, ayant les côtés parallèles, sont semblables), de plus les triangles ADF, AEG sont encore semblables; ainsi nous aurons les deux proportions

$$x : y :: h : h' \quad \text{et}$$
$$x + L : y + L' :: l : l'$$

qui nous donneront la valeur de x. Cette ligne connue, on déterminera l'*angle de direction* ADF par la résolution d'un triangle rectangle.

Pour avoir l'*angle d'inclinaison*, menez BH perpendiculaire à AY, et observez que cette ligne et la hauteur h sont les côtés d'un triangle rectangle, dans lequel l'angle oblique adjacent à BH est l'angle d'inclinaison : déterminez d'abord BH, au moyen du triangle rectangle AHB, dans lequel on connaît l'hypothénuse AB $(=\sqrt{l^2 + L^2})$, et l'angle oblique BAH $(= DAF - DAB)$.

Peut-être ce problème serait-il susceptible d'une solution plus élégante : je donne celle qui s'est d'abord présentée à moi.

ART. II.

De la forme et de la confection des États.

Le but des opérations géométriques que nous venons d'indiquer dans l'article précédent, et l'usage que l'on en fait pour la confection des plans des mines, exigent qu'on mette un certain ordre dans l'*état* que l'on en dresse. En outre, quel que soit le but de l'opération que l'on vient de faire, il faut toujours commencer par déterminer la position du point *final* (par rapport au point *initial*), c'est-à-dire, sa *hauteur*, sa *latitude* et sa *longitude* : ainsi l'*état* de toutes les opérations, indépendamment de leur but, doit avoir la même forme, et cette forme doit être encore la même pour toutes les mines qui sont sous une même inspection. Pour cet effet, on a des *états* imprimés divisés

Détermination du point du départ.

ÉTAT d'une opération géométrique faite dans la mine de *N*. . . ., le an

La déclinaison de l'aiguille aimantée étant de. . . . (22° vers l'ouest, par exemple).

L'objet est de rapporter, sur le plan de la mine, la partie de la galerie N. . . . *faite en l'an*

Nos des stations.	Longueur des cordons.	Inclinaison des cordons.	Direction magnétique des cordons.	Direction vraie des cordons.	Base ou projection des cordons.	Hauteur.	Latitude.	Longitude.	Somme des hauteurs.	Somme des latitudes.	Somme des longitudes.	OBSERVATIONS.
	Mètres.	*Dég.*	*Dég.*	*Dég.*	*Mètres.*	*Mètres.*	*Mètres.*	*Mètres.*	*Mètres.*	*Mètres.*	*Mètres.*	
0.	0,00. .	0. .	0. .	0. .	0,00.	0,00.	0,00.	0,00.	0,00.	0,00.	0,00. .	Le point initial était dans l'intersection des deux galeries *N*..et *N*.., au bord occidental du faîte : rapporté au milieu de l'orifice du puits principal, sa hauteur était = — 121,32 mètres, sa latitude = + 213,41, et sa longitude = + 72,38.
1.	16,32. .	*D* 10 ¼.	*NE* 29 ¼.	*NE* 7 ¼.	16,06.	— 2,90.	+ 15,93.	+ 2,03.	— 2,90.	+ 15,93.	+ 2,03	
2.	13,21. .	*M* 2 ½.	*NE* 54 ½.	*NE* 32 ½.	13,20.	+ 0,58.	+ 11,13.	+ 7,09.	— 2,32.	+ 27,06.	+ 9,12	
3.	14,92. .	*M* 3 ¼.	*NE* 19 ¾.	*NO* 2 ¼.	14,90.	+ 0,85.	+ 14,89.	— 0,58.	— 1,47.	+ 41,95.	+ 8,54	
4.	12,03. .	*D* 4. .	*SE* 56. .	*SE* 78. .	12,00.	— 0,84.	— 2,50.	+ 11,74.	— 2,31.	+ 39,45.	+ 20,28. .	Rencontre d'une galerie poussée sur le filon *N*. . . .
5.	7,13. .	0. .	*SE* 62 ½.	*SE* 84 ½.	7,13.	0,00.	— 0,68.	+ 7,10.	— 2,31.	+ 38,77.	+ 27,38	
6.	10,11. .	*M* 3 ¼.	*NE* 22. .	*N* 0. .	10,10.	+ 0,57.	+ 10,10.	0,00.	— 1,74.	+ 48,87.	+ 27,38. .	La galerie reprend son cours sur le premier filon qui avait été *dérangé*.
7.	11,52. .	*D* 2 ¼.	*NE* 40 ½.	*NE* 18 ½.	11,51.	— 0,45.	+ 10,92.	+ 3,65.	— 2,19.	+ 59,79.	+ 31,03	
8.	9,47. .	*M* 1 ½.	*NE* 13 ¼.	*NO* 8 ¾.	9,46.	+ 0,25.	+ 9,36.	— 1,44.	— 1,94.	+ 69,15.	+ 29,59	
9.	13,42. .	*M* 6 ¼.	*NE* 32 ¼.	*NE* 10 ¼.	13,34.	+ 1,46.	+ 13,13.	+ 2,37.	— 0,48.	+ 82,28.	+ 31,96	
10.	15,32. .	*M* 3 ½.	*NE* 27 ½.	*NE* 5 ½.	15,29.	+ 0,93.	+ 15,22.	+ 1,47.	+ 0,45.	+ 97,50.	+ 33,43. .	Le point final était à l'extrémité de la galerie, au bord occidental du faîte : rapporté au milieu de l'orifice du puits principal, on aura donc sa hauteur = — 120,87, sa latitude = + 310,91, et sa longitude = + 105,81 mètres.

bles qui se présenteront. Tout ce quel'on a à faire dans l'intérieur de la mine est alors terminé, et l'on peut procéder à la construction de l'*état*.

Formation des diverses colonnes.

On commencera d'abord par transcrire sur cet *état* les observations faites dans la mine, c'est-à-dire, la *longueur*, l'*inclinaison*, et la *direction* de chaque cordon, après en avoir marqué le *numéro*; on remplira de cette manière les quatre premières colonnes. Ensuite on réduira la direction magnétique en direction vraie, réduction absolument indispensable (1),

(1) On est contraint à cette réduction toutes les fois que l'on veut dresser les plans d'un ouvrage souterrain : sans cela un dessin fait en des tems différens, au lieu d'offrir la disposition réciproque des parties de l'objet qu'il représente, ne montrerait plus entre ces parties qu'une disposition tout-à-fait fausse : je suppose, par exemple, que dans une mine l'on ait une galerie en ligne droite, et qu'on ait, sur un plan fait il y a 130 ans, la partie de la galerie existante à cette époque. Depuis ce tems cette galerie a été poussée plus loin, et l'on veut rapporter sur le plan de la mine cette nouvelle partie : si l'on ne fait pas de réduction, ces deux parties d'une ligne droite feront entr'elles un angle de 20 degrés, puisque la déclinaison de l'aiguille aimantée était de 2° il y a 130 ans, et qu'aujourd'hui elle est de 22°. Si on avait rapporté sur le plan la galerie à mesure qu'on la poussait, l'ensemble de ses parties présenterait une ligne courbe, tandis que dans la réalité c'est une ligne droite. Quelques grossières et saillantes que soient ces erreurs, j'ai vu un grand nombre de pays où on les commettait continuellement : l'on répondait à mes objections que sur chaque partie du plan, l'on notait l'année où elle avait été faite ; qu'ainsi l'on pouvait voir quelle était la déclinaison à cette époque, et corriger l'erreur provenant de la différence : mais n'était-il pas bien plus simple de faire cette correction avant de commettre la faute ; sans cela un plan ne présente plus aux yeux que des images fausses.

et très-facile à exécuter à l'aide d'un petit tableau (1), cette *direction vraie* formera la cinquième colonne. On procédera ensuite à la décomposition des cordons : la longueur (du cordon) multipliée par le cossinus de l'angle d'inclinaison, donnera la base du premier triangle rectangle ; ce sera la *projection horizontale* du cordon : cette même longueur multipliée par le sinus du même angle, donnera la *hauteur* du premier triangle, ce sera celle du cordon : on formera ainsi la sixième et la septième colonne de l'*état*. La projection multipliée par le sinus, et ensuite par le cossinus de l'angle de direction, donnera la base et la hauteur du second triangle, c'est-à-dire, la *longitude* et la *latitude*

(1) Degrés de la direction magnétique.	Opération par laquelle on les réduit en direction vraie.	Degrés correspondans de la direction vraie.
N E 0°. . . . déclinaison.	Retranc. de la déclinaison.	*N O* déclin. . . . . . . 0°.
N E déclin. . . . . . 90°.	Retranchez la déclin. . . .	*N E* 0. . . (90 — déclin.)
S E 0°. . (90° — déclin.)	Ajoutez la déclin.	*S E* déclin. 90
S E (90 — déclin.). 90°.	Retranc. de (180° — déc.)	*N E* 90. . (90 — déclin.)
S O 0. . . . . déclin.	Retranc. de la déclin. . . .	*S E* déclin. . . . . . . 0°.
S O déclin. . . . . . 90.	Retranc. la déclin.	*S O* 0. . . (90 — déclin.)
N O 0. . . (90 — déclin.)	Ajoutez la déclin.	*N O* déclin. 90
N O (90 — déclin.). . 90.	Retranc. de (180° — déc.)	*S O* 90. . (90 — déclin.)

Un coup d'œil jeté sur la *fig.* 5 suffira pour montrer cette correspondance.

Ce tableau est dressé dans la supposition que la déclinaison est vers l'ouest, quel qu'en soit d'ailleurs la grandeur.

La déclinaison étant actuellement de 22°, le tableau sera :

N E 0. . . . . 22°.	Retranc. de. . . . . 22°.	*N O* 22. . . . . 0°.
N E 22. 90	Retranc. 22	*N E* 0. 68
S E 0. 68	Ajoutez. 22	*S E* 22. 90
S E 68. 90	Retranc. de. 158	*N E* 90. 68
S O 0. 22	Retranc. de. 22	*S E* 22. 0
S O 22. 90	Retranc. 22	*S O* 0. 68
N O 0. 68	Ajoutez. 22	*N O* 22. 90
N O 68. 90	Retranc. de. 158	*S O* 90. 68

de l'extrémité de chaque cordon par rapport au commencement; ces deux distances formeront la huitième et la neuvième colonne. Les trois dernières se feront en sommant successivement les *hauteurs*, les *latitudes*, et les *longitudes* : elles paraîtront peut-être superflues à quelques personnes ; mais elles ont l'avantage de donner la position de chacun des points par rapport au premier, et elles sont en outre indispensables pour la confection des plans, ainsi que nous l'allons voir dans l'article suivant.

Placement des signes.

La position des signes, qui est une opération si délicate dans les calculs, où une méprise est si facile et tire aux plus grandes conséquences ; cette position, dis-je, n'a ici aucune difficulté, et une méprise y est bien difficile ; d'ailleurs on peut continuellement vérifier ces signes. On calcule d'abord les *hauteurs*, les *latitudes*, et les *longitudes*, sans avoir aucun égard au signe, et on les place ainsi dans le tableau, puis on reprend les *hauteurs*, et suivant que dans la troisième colonne on voit une *M* ou un *D* devant l'angle d'inclinaison, on place un + ou un — devant la *hauteur* correspondante : de même, en parcourant la colonne des *latitudes*, on met un + ou un — devant chacune d'elles, selon qu'on voit une *N* ou une *S* devant la direction vraie de la même station : enfin, suivant que la seconde lettre qui est devant cette direction est un *E* ou un *O*, on met le signe + ou — vis-à-vis la longitude correspondante. Les signes placés, un coup d'œil jeté sur le tableau suffit pour leur vérification. En faisant les trois dernières colonnes, on somme successivement les lignes qui sont dans les trois précédentes, ayant bien soin de retrancher toutes les fois qu'il se présente un signe différent.

En comparant la forme des *états* des opérations géométriques que l'on fait dans les mines, telle que je la propose, avec celle de ceux que l'on trouve dans les livres de Géométrie souterraine, il paraîtra peut-être que celle que j'indique présente plus de calculs, et exige par conséquent plus de tems : mais outre que ce tems est bien peu de chose en comparaison de celui que l'on emploie à opérer dans la mine, ces calculs, évitant par la suite de longues opérations graphiques pour la solution des problêmes, abrègent considérablement le travail de l'ingénieur.

ART. III.

Des Plans et autres Dessins des mines.

Divers dessins des mines.

Les mines dont je parle ici, celles où j'ai fait l'application de ma méthode, ont pour objet l'exploitation des filons : les ouvrages qu'elles présentent sont des *galeries*, des *puits*, et des *ouvrages à gradins*. Leurs dessins consistent en des projections de ces divers ouvrages sur différens plans, soit horizontaux, soit verticaux, soit passant par les lignes de direction et d'inclinaison d'un filon. La projection horizontale, que l'on nomme particulièrement *plan*, est la plus ordinaire ; elle montre mieux qu'une autre l'ensemble et la disposition réciproque des ouvrages d'une mine ; cependant, dans la détermination des travaux à faire sur un filon, la projection des ouvrages de ce filon sur un plan, passant à la fois par la ligne de direction et d'inclinaison, est bien préférable, puisqu'elle donne des dimensions plus approchantes de la réalité.

Plan d'une galerie.

Pour montrer l'usage de la nouvelle méthode dans le travail des dessins des mines, je vais supposer que l'on veuille faire le plan de la galerie qui a donné lieu à l'opération dont j'ai parlé dans l'article précédent, et à l'*état* qui en a été la suite (1).

On prend, à vue d'œil, un point sur le papier, de manière que le point initial y étant placé, le dessin occupe assez sensiblement le milieu

(1) Voici la méthode que l'on employait autrefois. On calculait et faisait les sept premières colonnes du tableau, celle de la direction vraie exceptée : ensuite on prenait à volonté sur une feuille de papier un point pour représenter le point initial; et, à partir de ce point, on plaçait bout à bout les bases ou projections que l'on voit dans la sixième colonne, en leur faisant faire les angles indiqués dans la quatrième; la même boussole avec laquelle on avait opéré dans la mine servait de rapporteur pour tracer ces angles. Avait-on un percement à faire, comme dans le cas du problême général cité dans l'article premier, on prenait un même point initial pour les deux galeries, on en faisait le plan de la manière que nous venons de le dire; on en joignait sur le plan les deux extrémités par une ligne; on examinait avec la boussole quelle en était la direction, et le problême était résolu. Si l'on avait voulu avoir l'inclinaison, on aurait fait un profil par la même méthode que nous venons de rapporter, et l'on aurait vu quelle était la différence de hauteur entre les extrémités des deux galeries, d'où l'on aurait pu conclure l'inclinaison.

Les déterminations et solutions graphiques paraissent bien simples au premier coup d'œil, mais elles demandent une très-grande exactitude et dextérité de la part du

de la feuille que l'on a entouré d'un cadre, comme on le voit *fig.* 3. Par ce point, l'on mène deux lignes parallèles aux côtés du cadre, l'une représentera l'intersection du méridien avec le plan horizontal, et l'autre lui sera perpendiculaire : la distance de chaque point du plan à la première sera sa *longitude*, et la distance à la seconde sera sa *latitude*. Aux extrémités de ces lignes, on marquera zéro : à partir de ces points, on portera sur deux côtés opposés (ceux dans le sens de la largeur) du cadre, la suite des *longitudes* + 2,03; + 9,12; + 8,54, etc., et à côté de chaque nombre, on marquera le numéro de la station. S'il y avait quelques longitudes négatives, on les porterait à la gauche, et non à la droite des points o : par les points marqués, on menera des parallèles à la ligne qui représente le méridien. Ensuite l'on prendra la suite des latitudes, + 15,93; + 27,06; + 41,95, etc.; on les portera sur les côtés du cadre, parallèles à la même ligne, et à partir des points o, que l'on y a précédemment marqués, l'on notera également à côté de chaque nombre le numéro

dessinateur. Lorsqu'on range ainsi les projections bout à bout, la plus petite erreur dans la longueur de l'une d'elles, et sur-tout dans le tracé des angles qu'elles font entr'elles, rend défectueux tout le dessin; une seule erreur dans la position d'un point, rend vicieuse celle de tous les autres, et conduit à une solution erronnée : il ne faut rien moins que plusieurs années d'une expérience continue pour mettre un ingénieur en état de faire de cette manière des déterminations, d'après lesquelles on puisse entreprendre un ouvrage sans s'exposer à des erreurs de grande conséquence.

de la station à laquelle il appartient : par les extrémités de ces latitudes, l'on menera des lignes parallèles entr'elles et perpendiculaires à la ligne nord et sud. On marquera les points d'intersection des lignes qui portent le numéro de la même station; on joindra successivement ces points par des lignes droites, dont l'ensemble sera la projection horizontale du système de cordons, et par conséquent celle de la galerie dans laquelle ils étaient tendus.

Dans la pratique ordinaire, on ne mène point toutes ces lignes, dont les intersections marquent les extrémités de chaque station : elles porteraient de la consusion si le plan était compliqué ; mais on fait usage de dessins maillés, c'est-à-dire, qu'on divise en carrés, par des lignes menées à distances égales et parallèlement aux côtés du cadre, la feuille sur laquelle le dessin doit être tracé. Le point d'intersection de deux de ces lignes est pris pour point initial, et leurs extrémités sont marquées o ; à partir de ces points, les extrémités des autres portent les nombres 10, 20, 30, 40, etc., ou toute autre division suivant la grandeur de l'échelle. Cela fait, on place convenablement dans les carrés, et à l'aide des colonnes de *latitude* et de *longitude* du tableau, les extrémités des stations, que l'on joint ensuite par des lignes droites, ainsi qu'on le voit *fig.* 4.

Plan d'une mine.

Le plan d'une galerie étant ainsi tracé : on procédera à celui de la suivante ; tous les points en seront rapportés au même point initial : on en fera successivement de même pour toutes les autres : on passera ensuite aux puits : et enfin, on placera avec exactitude les principaux

points des ouvrages à gradins ; on en tracera le reste à vue d'œil. C'est ainsi qu'on peut faire, d'une manière aussi expéditive qu'exacte, le plan d'une mine. Si, par mégarde, on ne donnait pas à un point sa vraie position, cette erreur ne tirerait à aucune conséquence pour le placement des autres, qui sont tous rapportés au point initial. Un autre des avantages de cette manière de diviser un dessin en carrés, c'est d'offrir continuellement à l'œil une échelle qui, sans le secours d'aucun instrument, lui donne la distance respective entre tous les points.

Autres dessins.

Si l'on voulait avoir une projection sur le plan du méridien, on opérerait exactement de la même manière, en faisant usage de la colonne des *latitudes* et de celle des *hauteurs*.

Si la projection devait être sur le plan vertical perpendiculaire au méridien, on emploirait la colonne des *longitudes* et celle des *hauteurs*.

Si on voulait une projection sur un plan vertical passant par la ligne de direction du filon, on prendrait les *hauteurs* et les *latitudes*; l'on augmenterait ces dernières dans le rapport du cosinus de l'angle de direction au sinus total; on pourrait également, au lieu des *latitudes*, prendre les *longitudes*; mais celles-ci devraient être augmentées dans le rapport du sinus de la direction au sinus total.

Ces augmentations sont extrêmement faciles à faire dans la pratique, par le moyen du compas de proportion ; et à son défaut, en construisant un triangle rectangle, dont l'angle de direction serait un des angles obliques, les lignes que l'on veut augmenter seraient portées sur un des côtés de l'angle droit, l'on menerait par les points de division des lignes parallèles à l'autre côté, et les parties correspondantes de l'hypothénuse seraient les lignes cherchées.

Si l'on voulait construire une projection sur un plan passant en même-tems par les lignes de direction et d'inclinaison d'un filon, on prendrait les *latitudes* et les *longitudes* augmentées dans les rapports que nous venons d'assigner, et les *hauteurs* augmentées dans le rapport du sinus de l'angle d'inclinaison au sinus total. Au reste, quoique cette dernière espèce de dessin soit bien celle dans laquelle les parties d'un filon sont représentées avec des dimensions plus approchantes de la réalité que dans les autres, cependant un filon n'étant pas un plan parfait, et présentant diverses sinuosités, il est impossible d'en représenter dans une projection, toutes les parties dans leur grandeur naturelle, ou bien raccourcies toutes dans la même proportion. Lorsque les déviations deviennent trop considérables, il faut faire des dessins particuliers pour chaque partie, en orientant convenablement pour chacune d'elles le plan de projection ; sa position étant connue, l'on fera encore usage des *hauteurs*, *latitudes* et *longitudes* prises dans le tableau, mais augmentées dans un certain rapport.

Avantages de la nouvelle méthode.

1°. Elle substitue le calcul aux opérations graphiques dans la solution des problêmes : elle garantit ainsi une exactitude mathématique, et économise beaucoup de tems. Pour résoudre un problême de la nature de ceux relatifs aux percemens, par le moyen des opérations graphiques, de manière à ce que la solution inspire quelque confiance, il faut être consommé dans ce genre de travail (1) : les vacillations continuelles de l'aiguille aimantée, rendent très-délicat le maniement de la boussole employée comme *rapporteur* : il est bien facile en faisant le tracé de commettre une petite erreur dans le placement d'un point, dans la longueur que l'on donne à une ligne, dans la grandeur d'un angle ; et ces erreurs petites et presque imperceptibles sur le papier, deviennent souvent très-conséquentes lorsqu'on rapporte la solution sur le terrain. Par le calcul, au contraire, il suffit de résoudre deux triangles rectangles : et quel est l'ingénieur qui ne répond pas alors d'une solution rigoureusement exacte? Cette solution, répétée deux fois, exigera un quart-d'heure de tems. La solution graphique occupera au moins une matinée (1), et combien de fois faudra-t-il la refaire, lorsqu'on n'est pas très-exercé à ce travail, avant qu'on ose entreprendre une opération importante sur cette solution ?

2°. Lorqu'on fait les dessins, et que, par mégarde, on commet une erreur dans le placement d'un point, cela n'a aucune influence dans la position des suivans, qui sont toujours rapportés directement au premier.

3°. L'ingénieur, après avoir dressé l'*état* de son opération, peut le remettre, pour être réduit en plan, à un dessinateur qui ne sait manier que la règle et le compas ; et le dessin fini, il lui est très-facile d'en vérifier l'exactitude.

4°. Un chef qui doit garantir ou qui veut reconnaître l'exactitude d'un dessin, le fait avec la plus grande facilité, au moyen de l'*état* qui y est annexé.

5°. Un ingénieur fait ses opérarions géométriques, il en dresse l'état, et il en envoie une copie dans l'endroit où

(1) J'ai connu, il est vrai, à Freyberg, quelques personnes qui, ayant en quelque sorte passé leur vie à ces tracés, indiquaient des percemens avec une précision qui tenait du merveilleux : mais dans le plus grand nombre des mines que j'ai vues en Allemagne, on ne regardait que comme un effet du hasard et comme un cas extraordinaire, toutes les fois qu'en poussant un percement on arrivait sur le point désiré.

(1) Il faut d'abord préparer le papier, puis y tracer, à l'aide de la boussole, le plan des galeries que l'on veut joindre par le percement dont on cherche la direction. A chaque ligne que l'on trace, il faut attendre que l'aiguille soit entièrement immobile ; tout ce travail exige un tems considérable. Dans les solutions graphiques, on n'en est pas d'ailleurs moins obligé de dresser des états à-peu-près aussi longs que ceux que nous proposons. (Voyez Duhamel, *Géométrie souterraine*, page 162.)

sont les anciens plans de la mine, ayant seulement soin de rapporter le point initial de ses opérations à un point déjà marqué sur le plan; et dès-lors, sans aucun déplacement, un simple dessinateur ajoute les nouveaux travaux aux anciens. On voit par-là combien il serait facile de tenir toujours complets, et sans aucuns déplacement, tous les dessins d'une archive.

6°. Les *états* des diverses opérations faites dans une mine, formeraient un registre, qui devrait toujours accompagner les plans, afin qu'on pût vérifier l'exactitude de ces derniers, lorsqu'on en ferait usage pour une décision importante.

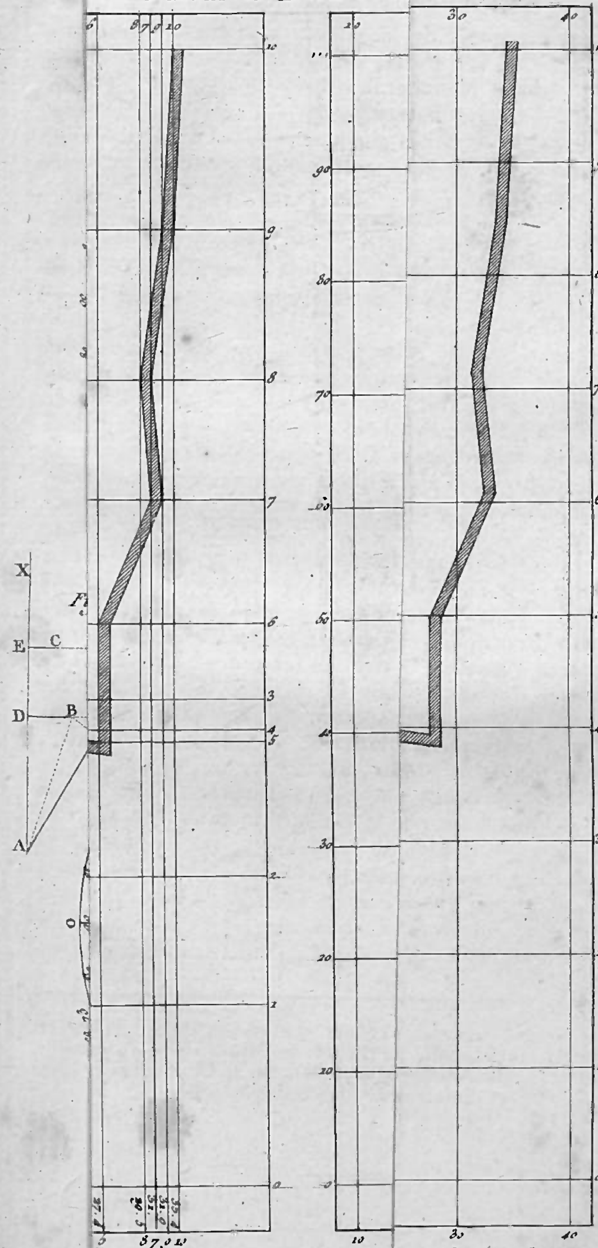
7°. On établirait de cette manière une uniformité dans les dessins de toutes les mines soumises à une même administration : ce qui est presque aussi nécessaire pour ordonner et diriger convenablement les travaux, que l'uniformité dans les registres l'est pour surveiller toute la partie économique. Il n'y a que l'ordre et une stricte économie qui puissent garantir le succès et l'existence des exploitations.

L'usage des dessins maillés est depuis long-tems introduit à Freyberg (1) : et même l'on y fait quelquefois les plans en prenant la distance de chaque point à deux lignes perpendiculaires entr'elles et parallèles aux côtés du cadre; ces distances y portent le nom de *latitudes* (*Breite*) et de *longitudes* (*Laenge*). Mais la manière de résoudre les questions de la Géométrie souterraine, en rapportant chaque point à trois plans (horizon, méridien et vertical), passant par un point connu, n'a été encore, du moins que je sache, exposée nulle part. J'en ai conçu l'idée avant d'avoir eu connaissance de la Géométrie descriptive du Citoyen Monge, dans laquelle le principe est exposé de la manière la plus explicite : cette idée me vint dans un tems où j'assistais à des opérations géométriques faites dans les mines, et où étant en même-tems occupé de la solution de quelques questions de mécanique, j'étais familliarisé avec

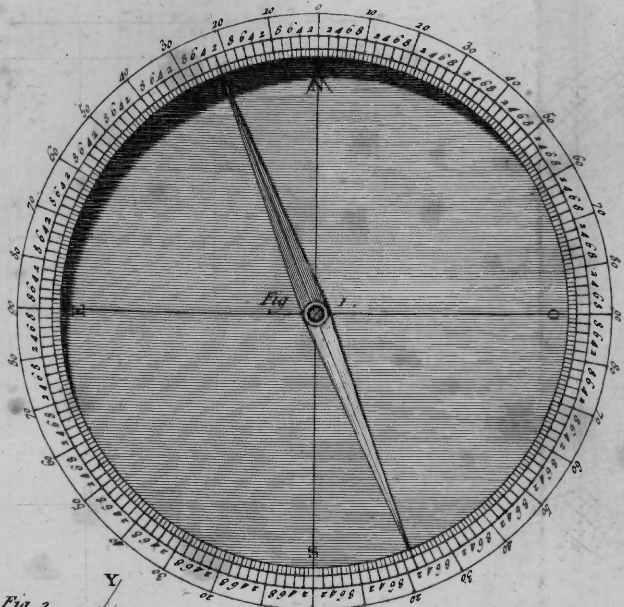
(1) Ces dessins (à carreaux) ont quelquefois été employés en France; il y a dans la salle du Conseil des Mines, trois plans maillés des mines d'Allemond; ils sont faits par le Cit. Schreiber, ingénieur en chef, et directeur de l'École des Mines.

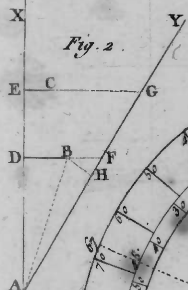
PLANS DES MI

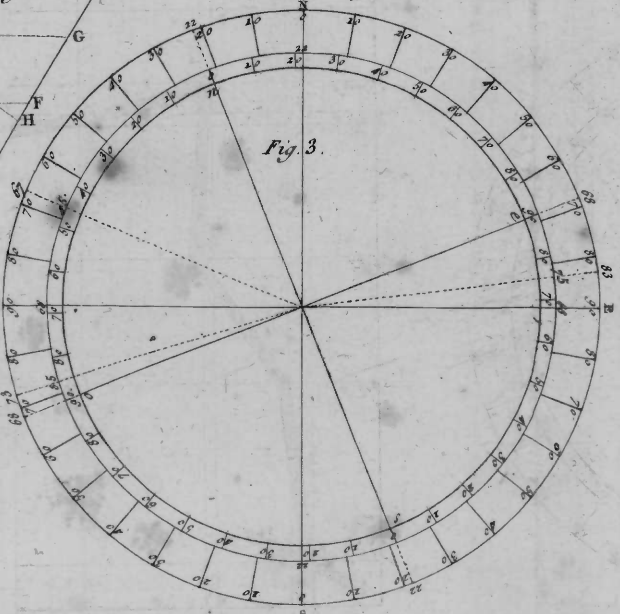
Vol. 15. Pl. III

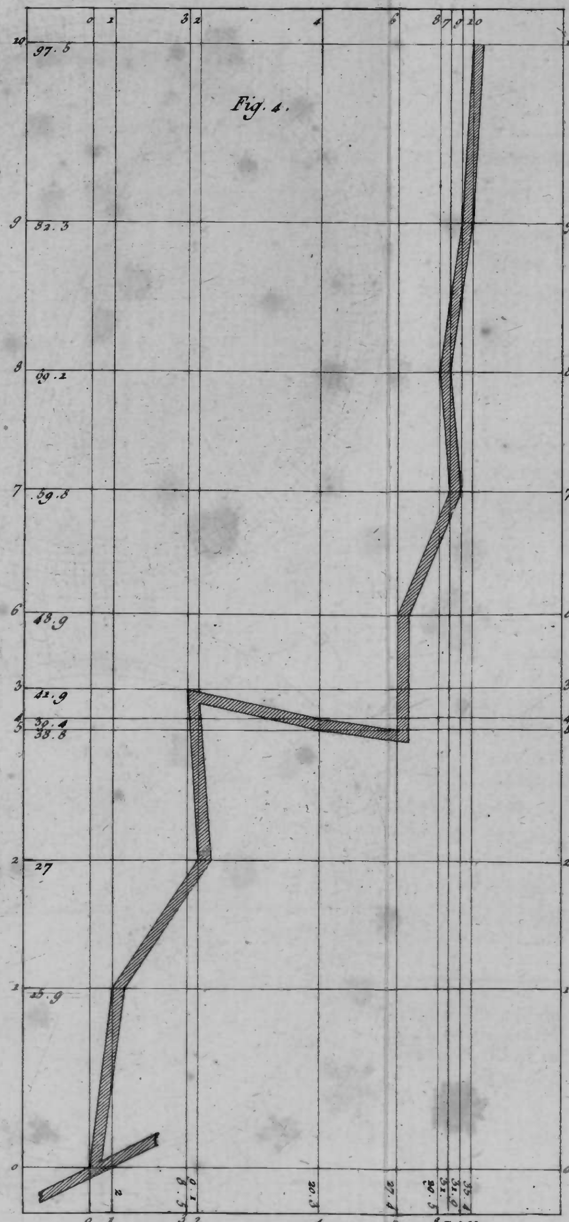


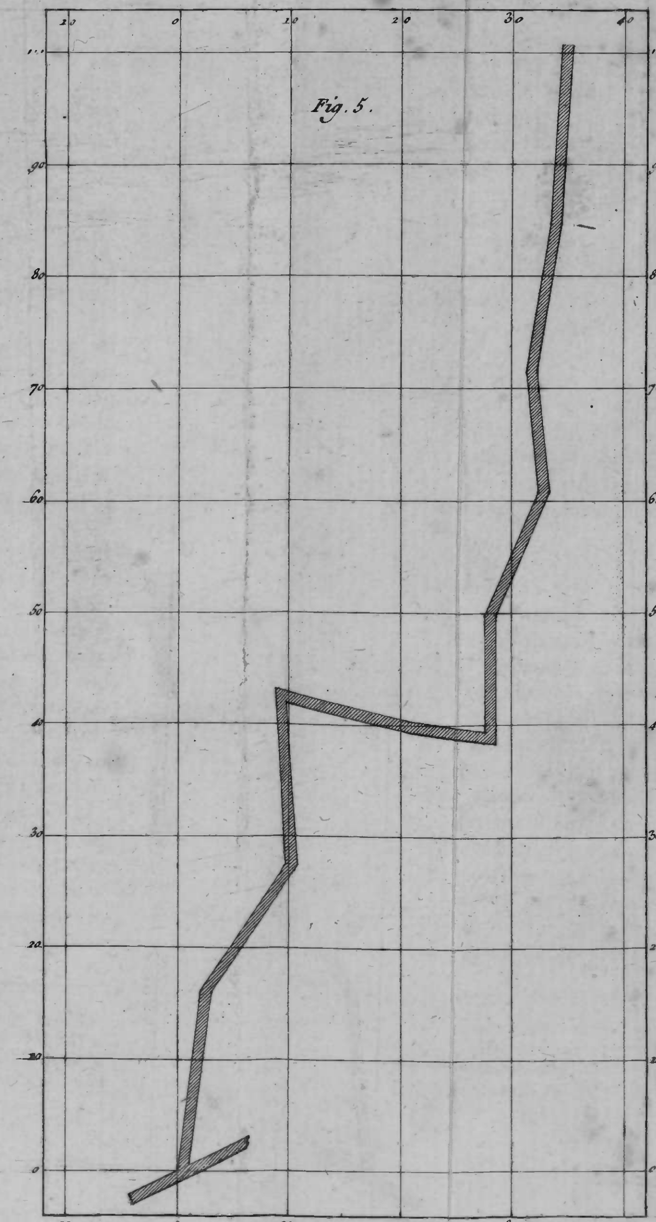
Gravé par Rousseau.











Gravé par Rousseau.

la décomposition de chacune des forces d'un système en trois autres parallèles à trois plans, et par analogie je décomposai la distance d'un point à un autre, en trois distances parallèles à trois plans connus : de cette manière je fixais la position du point dans l'espace, et je la comparais ensuite à celle d'un autre.

Quant aux plans et autres dessins des mines, je me suis contenté d'avancer mon idée sur la manière de les faire ; mais je me suis interdit tous les détails d'exécution, étant bien persuadé que pour peu que les ingénieurs des mines Français veuillent s'occuper de cet objet, ils porteront ce genre de travail à un degré de perfection supérieur à ce que j'ai vu dans d'autres pays, et à tout ce que je pourrais imaginer.