

www.e-rara.ch

Théorie nouvelle sur le mécanisme de l'artillerie ...

Dulac, Joseph

A Paris, 1741

ETH-Bibliothek Zürich

Shelf Mark: Rar 1922

Persistent Link: <https://doi.org/10.3931/e-rara-14750>

Section quatrième. Dans laquelle on tire de la théorie précédente, des conséquences sur la force de la poudre dans les fourneaux des mines.

www.e-rara.ch

Die Plattform e-rara.ch macht die in Schweizer Bibliotheken vorhandenen Drucke online verfügbar. Das Spektrum reicht von Büchern über Karten bis zu illustrierten Materialien – von den Anfängen des Buchdrucks bis ins 20. Jahrhundert.

e-rara.ch provides online access to rare books available in Swiss libraries. The holdings extend from books and maps to illustrated material – from the beginnings of printing to the 20th century.

e-rara.ch met en ligne des reproductions numériques d'imprimés conservés dans les bibliothèques de Suisse. L'éventail va des livres aux documents iconographiques en passant par les cartes – des débuts de l'imprimerie jusqu'au 20e siècle.

e-rara.ch mette a disposizione in rete le edizioni antiche conservate nelle biblioteche svizzere. La collezione comprende libri, carte geografiche e materiale illustrato che risalgono agli inizi della tipografia fino ad arrivare al XX secolo.

Nutzungsbedingungen Dieses Digitalisat kann kostenfrei heruntergeladen werden. Die Lizenzierungsart und die Nutzungsbedingungen sind individuell zu jedem Dokument in den Titelnformationen angegeben. Für weitere Informationen siehe auch [Link]

Terms of Use This digital copy can be downloaded free of charge. The type of licensing and the terms of use are indicated in the title information for each document individually. For further information please refer to the terms of use on [Link]

Conditions d'utilisation Ce document numérique peut être téléchargé gratuitement. Son statut juridique et ses conditions d'utilisation sont précisés dans sa notice détaillée. Pour de plus amples informations, voir [Link]

Condizioni di utilizzo Questo documento può essere scaricato gratuitamente. Il tipo di licenza e le condizioni di utilizzo sono indicate nella notizia bibliografica del singolo documento. Per ulteriori informazioni vedi anche [Link]

 SECTION QUATRIÈME,

Dans laquelle on tire de la Théorie précédente, des conséquences sur la force de la Poudre dans les Fourneaux des Mines.

(73) **T**OUTE terrible que soit cette force dans les armes à feu, elle n'est point si grande qu'on n'en puisse imaginer d'autres qui sont infiniment au-dessus de celle-là ; il paroît que les machines mêmes des Anciens lançoient des traits avec une vitesse beaucoup plus grande que celle que la poudre imprime aux mobiles, & qu'elles jettoient des fardeaux beaucoup plus péfants que nos bombes & nos boulets : si l'on en croît à Juste Lipse, & plusieurs autres Auteurs, les Anciens tiroient des boulets de plomb avec leurs balistes, avec une si grande violence, que quelque fois le boulet se fondoit en l'air, parceque leur communiquant dans leur mouvement la plus grande vitesse dont ces boulets étoient capables ; ils la communiquoient aussi à toutes leurs parties ; & par conséquent la liquéfaction des métaux n'étant autre chose qu'une agitation violente de la matiere subtile, il ne seroit pas tant surprenant que si ces machines communiquoient aux boulets par leur plus grande vitesse dont ils étoient capables la cause de la liquéfaction, elles auroient pû par conséquent les liquéfier ; mais par rapport aux fourneaux des mines, l'on ne vit jamais rien de si grands dans tout ce qu'ont pratiqué à la guerre les Anciens devant l'invention de la poudre : les effets en sont si surprenans, & si violens qu'ils paroissent surnaturels : la raison de cette violence est manifeste, parceque pour lors la poudre étant renfermée dans le moindre espace qu'elle puisse occuper, & ayant beaucoup moins de communication avec l'air extérieur, que dans une pièce, & outre cela l'air qui l'environne dans son fourneau y étant beaucoup plus condensé, elle s'y enflamme toujours avec toute sa compression absolue, & y agit contre tout le terrain qui lui resiste, avec toute sa force absoluë ; car au lieu que dans les bouches à feu, les mobiles qu'elles chassent leur cedent d'abord, & qu'ils ont du vent dans la pièce, ce qui affoiblit le ressort de l'air : ici tout l'espace environnant lui resiste avec une force infini-

ment plus grande, & son effort se balance toujours avec une résistance proportionnée à cet effort : au lieu que dans les armes à feu les résistances qu'opposent les mobiles par leurs poids aux efforts de la poudre sont beaucoup au-dessous des forces motrices de leurs charges.

Ligne équilibrante pour chaque charge qu'on doit considérer dans les Mines.

(74) Puisque la poudre agit toujours sphériquement, elle agira dans le fourneau, comme elle agit dans une bombe pour la faire éclater ; & par conséquent les efforts des quantités de poudre dans les fourneaux se font également par toutes les directions des rayons indéfinis d'une sphère, contre le terrain qui s'oppose, & par son poids & par sa ténacité aux extensions de leurs inflammations ; or quelque force qu'ait la charge d'un fourneau, son effort initial sera donc a^3u ; c'est-à-dire le produit de cette quantité de poudre par la vitesse de son inflammation qui sera toujours totale, parce que le balancement du fardeau à enlever, est ordinairement peu au-dessus de la force de la charge qui tend à l'enlever ; & par conséquent les charges des fourneaux agiront toujours avec toutes leurs forces motrices a^3u ; quelque résistance que puisse opposer le fardeau à enlever, elle est pourtant limitée & déterminée, selon l'effort de chaque charge, de même qu'une bombe peut toujours avoir une épaisseur capable de la mettre en équilibre contre sa charge de poudre : de sorte que pour peu qu'on ôte de la charge, ou pour peu qu'on ajoute à l'épaisseur de la bombe, à sa ténacité, ou en un mot à sa résistance, la bombe ne pourroit plus créver.

Soit donc au lieu d'une bombe un globe $ACDFIH$, (Fig. 28^e.) au milieu du quel on fait un fourneau G ; je dis qu'il y a une force équilibrante quelconque fixe G , contre cette masse, au dessous de laquelle le corps $ACDFIH$ résistera toujours, & au-delà de laquelle ce corps ne résistera plus : en second lieu, si l'on suppose une charge fixe quelconque G ; je dis qu'à cette charge répond une épaisseur quelconque GP , GQ ou GI , au-dessous de laquelle le corps ne peut plus résister à cette charge ; d'où il suit évidemment que chaque charge différente G , aura une force équilibrante égale à la résistance d'un globe quelconque, dont les rayons seront ou GP , ou GQ , ou GI , &c. que nous nom-

mons ligne de la force équilibrante , ou simplement ligne équilibrante pour abreger le discours.

La Figure des entonnoirs d'une Mine dépend de la résistance du terrain homogène , ou étherogene dans toutes les directions d'un Fourneau.

(75) Il suit de-là que la figure des fourneaux ne dépend point des quantités de poudre , mais des résistances des matériaux de la mine qui , selon la profondeur des fourneaux , opposeront de plus grandes ou de moindres résistances , ou même selon la tenacité ou densité du terrain , qui peut être aussi ou plus grande ou moindre : de sorte que dans un terrain homogène qui seroit capable de compression , mais dont le poids seroit infiniment au-dessus de la charge du fourneau G , l'entonnoir seroit circulaire : supposons une mine bien avant dans la terre , dont la charge fut infiniment au-dessous de la résistance de cette masse ; mais cependant dans un terrain composé de petites lames , qui seroient capables de se resserrer les unes contre les autres , comme ce seroit du crin de cheval , l'effort de cette mine seroit entièrement circulaire & sphérique , puisque l'action de la poudre y seroit précisément sphérique , & que la résistance des rayons est infiniment supérieure , & égale , ou doit passer pour égale de tous les côtés infinis des points G du fourneau , un rayon ne pourra pas plus céder que l'autre , puisqu'il résiste également à la même force qui le presse également ; & par conséquent l'équilibre des résistances & des forces agissantes subsistant , le creux de cette mine seroit sphérique formé par la compression des parties condensées & éloignées du centre du fourneau par l'effort de la poudre , parce qu'on suppose que quoique cette masse fût capable de résister à l'effort de sa charge par son poids , elle n'est pas cependant capable de lui résister par la densité & par la tenacité de ses parties qui la composent ; car si on la suppose capable de résister à la charge par sa densité & par sa tenacité , comme par son poids , alors le fourneau ne fera aucun effet.

Si l'on considère une mine faite sous la surface de la terre (telles que sont les mines que nous pratiquons) dans un terrain de même qualité & parfaitement homogène , il est certain que la résistance des rayons ne sera plus égale , & qu'à moins que l'effort de la mine ne fût énorme , & au-dessus de la résistance de tou
le

Les rayons ; il y aura des rayons du terrain qui résisteront, & d'autres qui céderont ; si l'on suppose que la force équilibrante de cette charge soit exprimable par une ligne plus grande que la perpendiculaire GR au plan de la surface du terrain ; l'effet de ce fourneau en doit être bien différent ; car le terrain résistera infiniment par tous les rayons qui sont du côté du centre de la terre ; cette résistance ira en diminuant à mesure que les rayons s'approcheront de la ligne GR de moindre résistance ; donc il y aura un rayon quelconque CG, AG qui sera en équilibre contre cette charge, au-dessus duquel tous les autres qui seront plus grands résisteront, & au-dessous duquel tous les autres qui seront moindres céderont : de sorte que si ce rayon équilibrant à la force de la poudre est le rayon d'un globe, ce globe résisteroit à cette charge ; c'est donc la ligne équilibrante aux charges des fournaux qu'il faut considérer, pour proportionner la charge aux effets qu'on en exige.

(76) Supposons maintenant que la BZ, (Fig. 29^e.) soit la ligne de résistance équilibrante à la charge Z ; donc si au lieu du secteur du globe BFCZ, on avoit eu celui du globe AGDZ, il eût été supérieur à la force de cette charge : maintenant supposons que les deux globes NBCM, & QAGDS, soient coupés par un plan horizontal ABCD, il arrivera que tous les points compris entre B & C, céderont, parceque les lignes tirées de ces points au centre du fourneau, seront plus courtes que le rayon équilibrant, & opposeront une moindre pesanteur ; & que tous les autres rayons de K vers NMP, & de P vers MNK opposans la même résistance ne seront point changés ; je dis donc que la direction du fourneau par laquelle la charge tend à faire la rupture qui forme l'entonnoir, se fera toujours selon la ligne équilibrante BZ, & qu'elle tendra à enlever tout le reste BCZ ; car supposons qu'on eût achevé le globe NKBFPCM, & que la charge ait eu la force de le faire éclater ; supposons ensuite ce petit globe augmenté comme QAGDS, il est certain qu'il n'eût pas crevé ; or pour avoir ôté le segment AGDH à ce grand globe, on n'a point diminué sa résistance qu'il opposoit à cette charge de A vers QSD, ni depuis D vers SQA ; donc tous ces points résisteront, tandis que tous les autres depuis B vers C, lesquels opposent une moindre résistance céderont, puisque la charge étoit en équilibre avec la résistance BZ, devant qu'on ôtât le petit segment BFCH ; & par conséquent après en avoir ôté ce segment on les a mis au-dessous de cer

équilibre; donc ils cederont, on va démontrer que si les matériaux qui composent cette masse étoient inflexibles, & incapables de condensation ou de compression, l'effort à l'entour de tous les rayons plus grands que BZ seroit nul, & la figure du fourneau seroit parabolique; c'est-à-dire que son entonnoir seroit un paraboloïde, dont l'origine de la parabole generatrice sera au point Z du fourneau; on démontre encore que si le terrain est homogène, & qu'il soit composé de parties capables de condensation; c'est-à-dire d'une plus grande densité par la compression des parties, qui s'éloigneront du centre du fourneau par la force de la poudre; alors l'entonnoir formera un paraboloïde, dont le foyer seroit au centre du fourneau, & l'origine de la parabole generatrice de l'entonnoir seroit dans le fonds de l'entonnoir; car les actions de la charge étant toujours égales, seront circulaires contre tous les rayons du terrain qui leur resiste: or les enfoncemens seront dans la raison inverse des resistances; & parceque les resistances des poids sont infinies du côté du centre de la terre, la poudre n'y agira plus que contre la resistance de la compression des parties du terrain: l'on voit que si le terrain n'est pas homogène, c'est-à-dire que les parties ayent plus de tenacité dans un endroit que dans l'autre, ou que les compressions soient plus faciles dans un endroit que dans l'autre, la figure du fourneau variera pour lors; voilà ce qui a donné lieu à toutes les contestations des Mineurs, sur la nature & la figure de l'entonnoir d'une mine, parceque ces entonnoirs ne sont pas toujours dans le même rapport; & par conséquent leurs figures ne sont pas semblables. M. DE VALLIERE Directeur General des Ecoles de l'Artillerie de France, est le premier qui s'est apperçû que les fourneaux formoient par l'excavation du terrain, des entonnoirs de la figure d'un paraboloïde; ce qui doit en effet toujours arriver necessairement en des terres d'une resistance homogène, soit par leurs tenacité & densité comme par leur compression; ce que je démontre ainsi.

De quelque figure que soit l'excavation de l'entonnoir, (*Fig. 30^e.*) il est toujours sûr que la force de l'inflammation de la chambre doit être représentée par le cone AMN, puisque toutes les terres renfermées dans ce cone ne peuvent resister (76): si la force de l'inflammation est représentée par ce cone, les forces diminuantes de ses extensions seront visiblement représentées par des cones moindres: par exemple le cone PMQ représentera la force de l'extension dans le second instant, R M V représentera la

force de l'extension dans le troisième instant, ainsi des autres: maintenant les forces des différentes extensions sont entr'elles en raison inverse doublée des espaces qu'elles parcourent; il ne s'agit donc que de trouver des espaces qui sont en raison inverse soudoublée des cones PMQ, RMV; & c'est ce que nous allons faire: les bases des cones sont des cercles qui sont entr'eux comme les carrés de leurs hauteurs $6m, 5m, 4m$, puisque les diamètres de ces cercles sont entr'eux comme leurs hauteurs; & si nous prenons des paraboloides faits sur les mêmes hauteurs, les bases de ces paraboloides seront des cercles qui seront comme leurs hauteurs, parceque les diamètres des cercles par la propriété de la parabole seront comme les racines de ces hauteurs: donc les cercles élémentaires du grand cone AMN, seront entr'eux en raison doublée des cercles élémentaires du paraboloides BMC; il en sera de même des cercles élémentaires des autres cones à l'égard des cercles élémentaires des paraboloides correspondans: donc les paraboloides BMC, DMK, &c. seront en raison soudoublée des cones AMN, PMQ, &c; & par conséquent si l'on prend les paraboloides inversement, à commencer par le plus petit vers le sommet M, ils seront entr'eux en raison soudoublée inverse des cones pris directement, c'est-à-dire à commencer par le plus grand AMN; donc les paraboloides pris inversement, doivent représenter les espaces des différentes extensions, puisque les espaces sont en raison soudoublée inverse des forces qui sont exprimées par les cones C. Q. F. D.

Formule $b^3 \times \frac{1}{4} l$, qui exprime les forces totales d'un Fourneau d'une Mine.

(77) Pour trouver la somme des forces, il n'y a qu'à considérer que les cones qui expriment les forces sont entr'eux comme les cubes de leurs hauteurs; c'est-à-dire en commençant par le sommet comme les cubes de la suite infinie des nombres naturels 0 1 2 3 4 &c. or il est démontré que la somme d'une telle suite est au dernier plus grand cube multiplié par le nombre des termes, qui est ici représenté par le plus grand axe $6m$, qui est la ligne de moindre résistance comme 1, à 4: nommant donc L la ligne de moindre résistance, le plus grand cone sera b^3 ; & par conséquent la somme des cones, ou des forces qu'ils représentent, sera $b^3 \times \frac{1}{4} l$; d'où il suit que si les cones qui expriment les forces

correspondantes aux lignes équilibrantes AM de différens fourneaux sont semblables, leur éfort total sera exprimable par $\frac{1^4}{4}$.

Ce que nous venons de dire dans la démonstration que nous venons de faire suppose deux choses: 1°. Que la force de la charge des fourneaux agisse toute dans un seul point O, (Fig. 31^e.) qui est son centre, de même qu'on suppose dans la Mécanique que les pésanteurs des différentes parties d'un même corps soient toutes réunies au centre de gravité de ce corps: 2°. Que toutes les terres qui sont autour de ce centre, & qui ne sont pas comprises dans ce cone, résistent invinciblement à l'effet de la poudre qui tend à les comprimer; mais l'une & l'autre de ces suppositions ne sont pas vraies à la rigueur; ainsi nous allons examiner ce qui doit arriver dans la réalité du fait, lorsque les terres environnantes de l'entonnoir sont capables de compression, & qu'elles cèdent au frottement de la flâme.

Faisons d'abord abstraction de l'effet de la poudre vers les parties M opposées à la ligne de moindre résistance, & examinons d'abord l'effet qu'elle doit faire à cause de l'étendue de son fourneau; soit le fourneau ABCD, dont la base est rectangulaire, & dont le centre est le point O, & dont la ligne de moindre résistance est OP: si la force de son inflammation étoit toute reduite au centre O, cette premiere force seroit exprimée par le cone ORS, en supposant que les lignes OR, OS, sont les rayons équilibrans; mais comme toute cette poudre agit dans toute l'étendue de sa chambre, & qu'elle remue les terres des côtés (car nous faisons abstraction du fonds): supposons que son effet agisse de droit à gauche, jusqu'en E & en F, je mène de E & de F les droites ER, FS, qui forment un cone tronqué EF, SR, lesquels représentent les terres que la premiere force de l'inflammation faite dans le fourneau AC peut enlever; car il est visible qu'elle ne peut agir sur les terres qui sont au-delà des points R vers V, & de S vers V, à cause des rayons OR, OS, qui lui sont équilibrans; or à mesure que cette premiere inflammation s'étendra, les forces de ses extensions diminueront dans la même raison des cones tronqués EFN_n, EFX_x, &c; & comme les espaces correspondans à la premiere inflammation, & à ses extensions, doivent être en raison inverse soûdoublée des forces de ses extensions; je dis que les paraboloides tronqués HL, SR, HLT_t, HLZ_z, &c. étant pris inversement, seront en raison soûdoublée inverse des cones tronqués;

& par conséquent en raison des espaces correspondans aux forces ; car on démontrera toujours que les cercles élémentaires de ces paraboloïdes seront en raison soudoublée des cercles élémentaires des cones tronqués correspondans ; & que par conséquent les paraboloïdes tronqués pris inversement, seront en raison soudoublée inverse des cones tronqués pris directement, c'est-à-dire des forces : Venons maintenant aux effets de la premiere inflammation de la chambre sur les terres du fonds de l'entonnoir : il est constant que cet effet ne sçauroit être déterminé à la rigueur : ce que l'on peut dire c'est, que la compression qu'elle fait sur ces terres est peu considerable, tant à cause de la grandeur immense des rayons resistans, que parceque ordinairement les terres viennent plus compactes à mesure qu'elles sont plus éloignées de la surface du terrain ; & quoiqu'il paroisse d'abord qu'on puisse juger du terrain par la noirceur des terres qu'on trouve dans le fond de l'entonnoir après que la mine a joué, il peut bien se faire que la poudre n'ait pas penetré si avant, & que les premieres terres brûlées ayent ensuite noirci les autres : ce que l'on peut assurer sur cet effort qui se fait contre le fond de l'entonnoir, c'est qu'il est toujours au préjudice de celui qui se fait contre le paraboloïde tronqué du reste de cet entonnoir ; car plus cet espace en dessous du fourneau sera grand, & moins les compressions de la poudre enflammée seront grandes ; & outre cela les reactions des inflammations seront moindres ; plus au contraire le fonds de l'entonnoir resistera, & plus la reaction des ressorts des balons enflammés sera grande contre le paraboloïde tronqué, & outre cela l'espace sera moindre ; & par conséquent la poudre agira avec une plus grande compression contre le reste de l'entonnoir, & avec une plus grande force de ressort ; d'où il suit évidemment qu'on ne sçauroit trop affermir le fond DC du fourneau AC, afin que la resistance de ce fond augmente la force du fourneau, contre la surface de l'entonnoir & contre sa base.

Si je nomme p le poids de l'escavation du fourneau, i la vitesse initiale avec laquelle les materiaux en sont enlevés, t la tenacité du terrain qui resiste à l'effort de la poudre.

Cette force totale de l'inflammation dans un fourneau sera exprimable par $\frac{a^3 ul}{4}$ ou par $\frac{l^4}{4}$: au lieu du plus grand cône l^3 qui répond à la plus grande force $a^3 u$ de la poudre dans l'état de sa premiere inflammation qui est dans sa plus grande compression :

si je prends a^3u qui en fait aussi généralement l'expression, on aura $\frac{a^3ul}{4} = ipt$, puisque la cause $\frac{a^3ul}{4}$ peut être prise pour l'effet ipt ; mais en supposant que la chambre du fourneau fût sphérique, on auroit $a^3u = a^4$, & $\frac{a^3ul}{4} = \frac{a^4l}{4} = ipt$: donc si je fais $l = a$ le paraboloides p qui est en raison soûdoublée de la force a^4 sera évidemment exprimable par aa ; ce qui nous indique qu'en faisant les chambres des fourneaux sphériques, ou cubiques, la solidité de l'escavation seroit en raison doublée de leur calibre a : donc en mettant aa à la place de p dans la formule précédente, on aura $a^4l = iaat$: donc $aal = it$: il résulte de-là que la force de l'inflammation d'un fourneau s'emploie plus pour vaincre la tenacité du terrain, & pour lui donner une vitesse, qu'elle ne s'emploie contre le poids du terrain.

Il résulte aussi que les vitesses & les tenacités du terrain de l'entonnoir des fourneaux sont entr'elles dans une raison composée de deux autres, dont la première est directe composée des trois grandeurs suivantes: 1°. De la racine a des quantités de poudre: 2°. De la vitesse u de leurs inflammations: 3°. De la ligne de moindre résistance l ; la seconde de ces deux raisons est l'inverse des vitesses ou des densités; car $\frac{aul}{d} = i \frac{aul}{i} = d$: donc plus les tenacités des terres seront grandes, moins elles auront de vitesse; moins les tenacités des terres de l'entonnoir seront grandes, & plus elles auront de vitesse avec une même charge de fourneau, & avec une même ligne de moindre résistance.

Supposons $i = 0$; ce qui arrive lorsque le fourneau ne fait que marquer l'entonnoir, parceque la charge de poudre ne fait qu'un effort total capable de vaincre, & la densité, & le poids du terrain: donc $aul = t \times 0 = t$, puisque 0 ne multiplie point.

Supposons $t = 0$: donc $aul = i \times 0 = i$.

De même si dans une chambre sphérique de poudre a^3 j'exprime la force totale de l'inflammation par a^3ul : de sorte que néanmoins $a^3u = ll(66)$ au lieu de l^3 ; si je nomme p le poids du boulet, i la vitesse initiale, r son frottement dans la volée, & son retardement par la résistance de l'air; en un mot tous les obstacles qui le retardent, j'aurois $a^3ul = ipr$, en prenant la cause a^3ul pour l'effet ipr : supposons que la quantité a^3 de poudre soit proportionnelle au poids du boulet, j'aurai a^3ul , ou $a^4l = ia^3r$: donc $al = ir$: donc $\frac{al}{i} = r$ & $\frac{al}{r} = i$: ce qui m'indique

que si je divise ce produit du calibre de la pièce & de sa longueur, par la racine quarrée de la distance où le boulet est parvenu sous chaque élévation, j'aurai l'exposant ou le rapport de l'obstacle qui l'a retardé.

Lorsque la charge de poudre fera précisément en équilibre avec le poids du mobile, j'aurai $a^3 ul = p$; car pour lors les deux forces seront égales : donc $\frac{p}{ul} = a^3$: ce qui m'indique qu'en divisant le poids d'un mobile quel qu'il soit par le produit ul , qui est celui de la vitesse d'inflammation, & de l'axe de la pièce, j'aurai le rapport de la quantité de poudre enflammée qui est en équilibre avec le mobile.

Si je fais $u = \sqrt[3]{a^3} = a$, en supposant que cette poudre soit dans une chambre sphérique, j'aurai $\frac{p}{ul} = a^3$, ou $\frac{p}{l} = a^4$, d'où il est facile de tirer le rapport a^3 de la quantité de poudre enflammée qui est en équilibre précisément avec le poids du mobile.

De même si l'on veut trouver le mobile qui seroit en équilibre avec la charge déterminée d'une pièce on aura $a^3 ul = p$: de sorte que si la chambre est sphérique, on aura $a^4 l = p$: à présent si l'on prend an pour l'expression de la longueur l de la pièce, c'est-à-dire le nombre n des calibres a qu'elle contient, on aura $a^5 n = p$: donc si le poids du boulet est proportionnel à la quantité de poudre, & que l'on veuille trouver le rapport du poids équilibrant à la charge de poudre, il faudroit multiplier le poids par aan , c'est-à-dire par le produit du calibre & de la longueur de la pièce.

Si les charges sont plus grandes, & les lignes de moindre résistance sont les mêmes, la force de la première inflammation qui est exprimable par l^3 ou $a^3 u = a^4$ (en supposant sphérique la chambre du fourneau), étant en raison doublée de l'espace, ou de l'escavation de l'entonnoir, cette escavation sera exprimable par aa , d'où il suit qu'elle croîtra à mesure que l'axe de la chambre de la poudre du fourneau croîtra, comme on le démontrera encore dans le paragraphe suivant.

Les espaces des entonnoirs, ou les poids des terres en les supposant homogènes, ne seront pas dans la raison des quantités de poudre, en supposant que les chambres soient cubiques ou sphériques ; car si je nomme a^3 la quantité de poudre, aa sera le quarré de son calibre, & puisque ce quarré fait l'expression de la solidité

du parabolöide , il est évident que a^3 & aa , ne sçauroient être dans un même rapport.

Si les terres ne sont pas homogènes , on voit qu'on ne sçauroit déterminer la charge des fourneaux , ni leur figure ; car à mesure qu'elles seront plus comprimables d'un côté que de l'autre , les côtés des entonnoirs seront plus concaves d'un côté que de l'autre , & à mesure que les terres ne seront point liées , & que la poudre enflammée pourra s'exhaler au travers des vuides , les efforts seront de moindres effets : on trouvera l'application de ces principes généraux dans le second Volume , où l'on donnera une pratique de ce qui concerne les mines.

Si l'on fait deux ou plusieurs fourneaux à côté l'un de l'autre dans un même , ou dans de differens niveaux , la somme des entonnoirs peut être de différente figure à l'infini ; car la solidité de cet entonnoir sera composée de plusieurs autres entonnoirs qui seront tous d'une figure homogène ou étherogène entr'eux , à mesure que les inflammations agiront plus ou moins totalement par les oppositions , ou par les secours qu'elles se donneront mutuellement entr'elles ; ce qui est évident ; car un fourneau peut être évané par le jeu d'un autre qui l'aura précédé : de même deux fourneaux peuvent agir ensemble , & vaincre la résistance de la ténacité qui leur est commune avec beaucoup plus de force : il peut encore se faire que par la disposition des traînées , & par l'emplacemement des fourneaux , aussi bien que par la quantité des charges , un fourneau ait ébranlé seulement la terre de l'entonnoir , & qu'immédiatement après un autre fourneau qui joue n'ayant plus que la pesanteur à vaincre , fasse un effet beaucoup plus grand par rapport à son rayon de moindre résistance , & par rapport à sa charge de poudre.

On pourroit sur ces réflexions donner plusieurs pratiques pour agrandir les entonnoirs des mines , en faisant l'application de ces principes généraux à la construction des fourneaux , & à la conduite des mines.

Quoique la force totale de la poudre enflammée dans son premier état de sa plus grande compression dans le fourneau d'une mine soit exprimable par a^3u , ou par l^3 , & que l'espace de l'entonnoir soit exprimable par $\sqrt{l^3} = aa$ (en supposant la chambre sphérique ou cubique de sorte que $a = u$) ; cependant l'on peut concevoir une infinité de parabolöides qui auront tous la même ligne de moindre résistance pour leur axe , & dont les bases seront différentes

différentes par la différence des rayons des entonnoirs, lesquels paraboloides exprimeront l'espace ou la solidité de l'entonnoir avec cette même quantité a^3 de poudre; car à mesure que la tenacité sera plus grande, le rayon de l'entonnoir sera moindre; ce qui n'empêche pas néanmoins que les paraboloides, ou les entonnoirs des fourneaux ne soient dans la raison soûdoublée aa des forces $a^4 = l^3$.

Puisque la force de la poudre dans un fourneau est exprimable par l^3 dans l'état de sa plus grande compression, au lieu qu'elle est exprimable dans une pièce à chambre sphérique par ll , (66) il suit évidemment que ces deux forces sont l'une à l'autre comme a^3 , aa ou comme a, i ; c'est-à-dire que la force de la même quantité a^3 de poudre dans un fourneau est plus grande que celle de cette même quantité dans une pièce dans la raison de son calibre ou de sa racine cubique a , à l'unité 1, supposé que la chambre qui contient la quantité a^3 de poudre fût sphérique ou cubique ou cylindrique.

L'on peut même concevoir que sans troubler ce rapport a^3 , aa ou $a, 1$, les forces de la poudre enflammée dans les fourneaux soient entr'elles équimultiples ou équisoûmultiples de n , de sorte que $a^3n, A^3n :: a^3, A^3$; $aan, AAn :: aa, AA$; ou bien $\frac{a^3}{n} : \frac{A^3}{n} :: a^3, A^3$, &c.

Il est très difficile, pour ne pas dire impossible, de déterminer la figure des entonnoirs, leurs solidités & leurs rayons, puisque cela dépend de la tenacité & compression des matériaux, & de plusieurs autres circonstances qui peuvent en varier les figures de plusieurs manières à l'infini.

La pratique qu'on suit ordinairement pour régler la charge des fourneaux, est de supposer que le rayon de leur entonnoir est égal à la ligne de moindre résistance, & que la figure de l'escavation est un paraboloides: on suppose encore que les quantités de poudre doivent être proportionnelles aux solidités des paraboloides.

De sorte qu'en supposant que les rayons des entonnoirs, sont égaux aux lignes de moindre résistance, on aura $a^3, A^3 :: l^3, L^3$; au lieu que nous venons de trouver pour ce rapport $a^4, A^4 :: l^3, L^3$: ce qui donne une proportion bien différente, parce qu'on ne fait pas toutes les considérations qu'il faut faire sur toutes les circonstances nécessaires qui peuvent varier ce rapport.

Comment les rayons des entonnoirs peuvent excéder leurs lignes de moindre résistance ; & pourquoi ils ne la peuvent excéder qu'à un certain point : Observations sur la charge des Fourneaux & sur l'élargissement des Entonnoirs.

(78) Les anciens Mineurs ont cru que les rayons des entonnoirs PS, ne pouvoient jamais surpasser la ligne de moindre résistance PO de quelque grandeur que fût la charge ; mais l'expérience & la raison même sont contraires à ce sentiment ; car si l'on augmente la quantité de la charge du fourneau sans l'approfondir d'avantage ; il est évident que la ligne de moindre résistance correspondante à cette charge, auroit fait un plus grand effet de l'aveu même des anciens Mineurs : Supposons donc que la première ait donné un rayon égal à sa ligne de moindre résistance ; il est encore évident que si j'enfonce la seconde charge : de sorte que chaque ligne de moindre résistance correspondante soit dans le rapport qu'elle doit avoir avec sa charge, le rayon de l'entonnoir que feroit cette charge, sera plus grand que celui de l'entonnoir qu'a donné la première charge, puisque ce rayon sera égal à sa ligne de moindre résistance laquelle est plus grande : Remettons donc la seconde charge à la place du premier fourneau, sa force équilibrante sera la même, puisque c'est la même charge ; donc son rayon équilibrant plus grand doit aussi donner (comme nous venons de le voir) un plus grand rayon d'entonnoir.

(79) Dès qu'il ne s'agit que de faire de grands entonnoirs, il résulte de-là qu'il n'y a qu'à s'approfondir le plus bas que l'on peut, & forcer de poudre autant qu'il est possible ; mais lorsqu'il est dangereux de faire crêver les fourneaux voisins, ou les galeries qui y conduisent, ou d'être incommodé par les matériaux à enlever, qui retombent aux environs de l'entonnoir, il faut proportionner la charge des fourneaux aux lignes de moindre résistance, en faisant des épreuves sur un terrain homogène à celui qu'on veut miner selon la pratique ordinaire ; & pour lors on peut faire jouer plusieurs fourneaux l'un sur l'autre, sans que les efforts des premiers empêchent les effets des seconds fourneaux, qui seront sous les premiers. Mr. de Valliere nous a donné une Méthode à laquelle on ne peut rien ajouter ; & Mr. Belidor vient de nous promettre une Théorie sur les mines, de laquelle on doit esperer d'être satisfait. En attendant qu'il ait mis au jour son ouvrage, dont il

a déjà annoncé le Programme, ceux qui seront curieux de voir le système de Mr. de Valliere, pour faire jouer plusieurs fourneaux, l'un dessous l'autre, sans qu'ils s'empêchent les uns & les autres, le trouveront dans le Polibe de Mr. le Chevalier de Follard, ou dans le parfait Ingenieur de Mr. l'Abbé Deidier. Comme cet ouvrage doit être connu de tous ceux qui font profession du Génie & de l'Artillerie, j'ai cru qu'il eût été inutile d'en faire ici la description.

(80) J'ajoute seulement que puisque chaque charge (*Fig. 32^e.*) a sa ligne AM de résistance équilibrante, dès que ces lignes équilibrantes AM, GM, &c. aux charges M, seront de beaucoup plus grandes que les lignes σ M de moindre résistance, lorsque l'inflammation sera arrivée au point σ , où elle arrive toujours plutôt qu'à un autre point du terrain dont la surface est un plan; puisque son effort étant circulaire, il enlèvera le terrain circulairement; & par conséquent le point σ , comme le plus proche, sera plutôt enlevé que la partie BD qui est plus éloignée: la poudre trouvant à s'exhaler au milieu de l'air, n'agira plus selon sa direction AM, où pour mieux dire GM; puisqu'elle la change à chaque instant, à mesure que la compression diminue, & les terres GDN, qui sont déjà minées, ne seront pas totalement arrachées & enlevées de leurs entonnoirs: de sorte qu'il restera une partie DBN, laquelle retombera selon sa moindre ou plus grande tenacité, & selon l'ébranlement qu'elle aura souffert dans le tems du balancement de l'effort de la charge contre la résistance du poids des terres qu'elle tendoit à ébranler & à enlever; ce qui fera que le rayon de l'entonnoir ne pourra surpasser qu'à un certain point la ligne σ M de moindre résistance, quoique la force équilibrante AM de la charge soit beaucoup supérieure à la ligne MQ hypoténuse du triangle isocèle, & rectangle σ MQ, selon l'opinion commune des anciens Mineurs, qui croyoient la ligne σ Q toujours égale à la moindre résistance σ M: c'est probablement la raison pour laquelle on trouve ordinairement beaucoup de terre remuée dans le fonds des entonnoirs, que l'on croit être celle qui retombe perpendiculairement après l'effort de la mine; au dessous de cette terre, lorsque le terrain est capable de compression, on trouve ordinairement les terres noircies par la flâme de la poudre, & enfoncées au dessous du centre du fourneau; ce qui confirme ce que nous venons d'établir (77).

(81) Pour élargir les entonnoirs (*Fig. 33^e.*), & les faire de la

grandeur que l'on veut, soit qu'on n'ait pas de lignes de moindre résistance assez grandes, parce qu'on ne peut pas s'enfoncer assez faite de terrain; soit qu'on veuille outre cela épargner la poudre qu'il faudroit pour la charge de ce fourneau, dont la ligne de moindre résistance seroit égale au rayon des entonnoirs, laquelle charge seroit exorbitante, lorsque les entonnoirs auront de grands rayons; au lieu de s'enfoncer si profondement, il n'y a qu'à faire plusieurs fourneaux dont le centre soit éloigné un peu moins que ne porte leur ligne de moindre résistance communes; car pour lors en faisant des communications de chaque fourneau à celui du centre, & donnant le feu par celui du centre, celui-ci communiqueroit précisément en même tems le feu à tous les autres; agissans tous ensemble, ils enleveront tout le terrain qu'ils embrassent; lorsqu'on voudroit des entonnoirs d'un rayon d'une grandeur excessive, & qu'il faudroit trop s'enfoncer, pour qu'une seule circonférence de fourneau puisse suffire avec cette ligne de moindre résistance à faire l'entonnoir qu'on desire, il n'y auroit qu'à multiplier les circonférences des fourneaux, pour agrandir l'étendue des cercles des entonnoirs; lorsqu'il y aura plus d'une circonférence de fourneaux B comme C, pour que le feu du fourneau du centre communique en même tems le feu à toutes les autres circonférences à la fois; il n'y a qu'à faire plus grosses les traînées des boudins qui communiquent le feu à la seconde circonférence; de façon qu'elles soient consumées en même tems l'une que l'autre; s'il y avoit une troisième circonférence de fourneaux comme D, il faudroit proportionner les grosseurs des traînées AB, AC, AD, à leurs longueurs; de façon que les trois traînées soient précisément consumées en même tems (15).

Il peut arriver que l'excavation des fourneaux étant un paraboloïde; l'entonnoir total DD, ou CC, ou BB, qui comprend tous ces entonnoirs aura plusieurs inégalités dans son fonds & sur ses bords; mais cela n'obste en rien pour quelque effet qu'on veuille faire la mine; car si c'est pour faire sauter le terrain, toute la surface de l'entonnoir sautera également, comme si l'on n'avoit fait qu'un fourneau, & que l'on se fût approfondi de la moitié du diamètre de l'entonnoir; si c'est pour s'enterrer & profiter de l'excavation des entonnoirs, pour se loger ou pour se couvrir, ces inégalités du fond importent aussi peu, parce qu'il est facile avec la fappe & la pioche de les applanir; lorsque les lignes de moindre resi-

france de ces fourneaux seront d'une certaine grandeur, il arrivera un inconvenient, que le fourneau du centre jouera devant que tous les autres, par la longueur des traînées; & par conséquent pourra souffler les terres qui sont entre la circonférence de son entonnoir AM, & la circonférence des fourneaux B; ce qui pourroit en diminuer l'effet; car tous les autres fourneaux C, D, aussi bien que les fourneaux B prendront toujours feu de cette façon précisément en même tems, dès qu'on aura été exact & attentif à proportionner leurs communications avec le fourneau du centre A; il n'y auroit qu'à faire le fourneau du centre plus petit, & au-dessous de la force de la résistance du terrain qu'il doit enlever, afin de retarder son effet & de le rendre nul; puisqu'il ne seroit plus qu'une espece de reservoir, ou d'amorce pour s'assurer de la communication égale à tous les fourneaux, & dans un tems précisément égal; il n'y auroit que cette attention à avoir que la distance des fourneaux entr'eux de l'un à l'autre, aussi bien que de celui du centre fût égale, & même un peu moindre que le diamètre de leurs entonnoirs.

Lorsqu'on voudroit faire jouer le fourneau du centre A, & qu'il n'y auroit qu'une circonférence de fourneaux B à l'entour, si on pouvoit laisser (sans qu'il en arrivât aucun inconvenient) les canaux AB des communications vuides, & sans poudre, & forcer de poudre le fourneau A, selon ce que nous avons établi, l'extension de la charge sphérique du fourneau A, se feroit dans la raison de son axe; c'est-à-dire que la flâme s'étendroit par tout où elle auroit de vuide sans résistance au travers des canaux des communications à la distance de huit fois son diamètre de la charge tout au moins vers les points B, avec toute la vitesse de son inflammation; d'où il suit évidemment que toutes les inflammations des fourneaux se feroient dans un même tems, quoi qu'un peu plus tard que celles des fourneaux du centre; mais lui seroient toujours coëxistantes devant qu'il eût achevé son effet.

L'on voit par cette méthode que l'inflammation des fourneaux B, seroit beaucoup plus prompte que si l'on remplissoit de poudre les canaux des communications AB, puisque la vitesse des inflammations des traînées AB, sera dans la raison de leur calibre (15); or le calibre de la charge du fourneau du centre étant beaucoup plus grand que celui des traînées, il n'y a pas de doute que le feu ne fût plus vite communiqué aux fourneaux B, par les extensions des inflammations du fourneau A, que s'il leur étoit com-

muniqué par l'extension des traînées des canaux A, B; en multipliant ainsi les fourneaux, l'on voit combien il est facile d'agrandir les entonnoirs autant qu'on le veut, & aussi combien cela épargne la poudre; puisque si l'on faisoit un seul fourneau, il faudroit s'enfoncer, selon les anciens Mineurs, à la profondeur des rayons des entonnoirs qu'on veut faire; & par conséquent enlever le paraboloïde, qui auroit la même base que l'entonnoir total fait avec les fourneaux A & B, mais dont la hauteur seroit beaucoup plus grande; donc ce paraboloïde eût été beaucoup plus grand, & par conséquent il eût fallu beaucoup plus de poudre pour la charge de ce seul fourneau, qu'il n'en faut pour la charge du fourneau A & des fourneaux B, puisque les charges doivent être proportionnelles au fardeau qu'elles enlèvent.

Au reste de quelque figure que soit l'entonnoir d'une mine après l'effet de son fourneau, il importe peu pour la pratique qu'il soit parabolique ou conique, puisque ceux qui le tiennent conique dans leurs expériences, ont été obligés d'ajouter $\frac{1}{2}$ de la poudre à la charge qu'il faudroit pour l'enlèvement de ce cone; & ceux au contraire qui croient cet espace parabolique, n'ajoutent rien à la charge qu'il faudroit pour l'enlèvement de ce paraboloïde; ce qui revient au même, parceque en supposant l'entonnoir parabolique, on suppose la quantité du terrain qu'il faut enlever plus grande d' $\frac{1}{2}$ partie, que si cet entonnoir étoit d'une figure conique, & qu'il eût même base & même hauteur du paraboloïde, comme cela est évident par la *Geométrie*, ainsi que le remarque fort bien Mr. l'Abbé Deidier dans le parfait Ingenieur. Mais il importe beaucoup de connoître l'étendue des rayons des entonnoirs à mesure qu'on enfonce les fourneaux, & qu'on les force de poudre; & cela pour deux raisons: la première c'est, que l'on peut s'en servir utilement contre les mines des Ennemis, en forçant de poudre, afin que par les efforts collatéraux des fourneaux on puisse faire crêver les galeries & les souterrains de l'Ennemi, & quelquefois même faire jouer leurs propres mines lorsqu'elles sont chargées, à leur desavantage: en second lieu, il seroit aussi très-important de connoître cette étendue pour ne pas endommager ses propres souterrains, & ses propres fourneaux, que l'on ne voudroit pas encore faire jouer, lorsqu'on fait jouer une mine contre l'Ennemi.

Je n'ai établi que des principes généraux sur la force de la poudre, sans entrer dans le détail de sa fabrication, parceque je se-

serve cette pratique pour le Volume suivant, où je parlerai des qualités des matériaux qui la composent, de leurs doses, & des moyens de la perfectionner; car il me paroît qu'on pourroit la rendre beaucoup plus prompte & plus forte.

L'on trouvera ensuite le rapport de ces charges que je déterminerai (conséquemment à un coup d'épreuve) aux distances des buts qu'on se propose d'atteindre, & aux poids des mobiles; comme je propose de faire toutes les chambres sphériques ou cylindriques de la hauteur d'un seul calibre, toujours remplies de poudre, il sera assez facile de donner des tables générales sur la force de la poudre; ce qui nous fera d'une grande utilité.

Je déterminerai aussi dans le second Volume les dimensions de nos pièces, faites selon le système de cette Théorie, dont je ne donne qu'une ébauche dans celui-ci, après que je serai entré dans le détail de la fabrication de la poudre, de la fonte des métaux, de leurs alliages que cela suppose. Il résulte néanmoins de tout ce que je viens d'établir dans cette première Partie, que de quelque force que soit la poudre, il sera très difficile de déterminer les dimensions de nos pièces, aussi bien que leurs charges à proportion du poids des mobiles & des éloignemens des buts qu'on se propose d'atteindre, tandis que les inflammations d'une même quantité varieront, par rapport à la longueur des axes des chambres qu'elles auront à parcourir.

Si la nature observoit dans ses opérations une proportion mathématique, on pourroit à force d'expériences & de raisonnement en combiner les effets; mais mille accidens imprévus les peuvent varier: il est comme impossible de les pouvoir tous considérer: de sorte que ce seroit un prodige si l'on pouvoit arriver à la dernière précision. Il faut nous régler sur les bornes de l'esprit humain, & des lumières qu'il a plu à Dieu de nous donner, en tâchant de les rendre utiles autant qu'il veut bien le permettre.

On tireroit un grand avantage de se servir des Machines de traits des Anciens pour inquieter l'Ennemi.

(82) Seminiovuski, Perrault, Blondel, Messieurs Belidor, le Chevalier de Folard & Bigot, ont eu raison de proposer après Vitruve des machines de traits, à l'exemple des Anciens pour le jet des bombes, & des pierres à la place des mortiers, eu égard aux variations & accidens continuels des inflammations qui don-

nent rarement les mêmes portées, malgré toutes les précautions qu'on prend à charger également; quoiqu'il ne soit pas prudent de s'en dépourvoir tout-à-fait, eu égard aux inconveniens auxquels sont sujettes aussi les machines de traits qu'on pourroit faire, lesquelles également seroient dérangées par l'alteration du tems (selon l'humidité, la sécheresse, & la chaleur qui dérangeroient les ressorts ou les cordes des arcs), selon les machines dont on se serviroit: au lieu que les mortiers souffrent bien à la verité des variations par ces mêmes accidens, mais n'en sont pas dérangés pour cela, & ne laissent pas d'être d'un bon service; cependant cela n'empêcheroit point tout au moins que l'on ne pût se servir très utilement de ces sortes de machines pour harceler l'Ennemi, par un déluge continuel de pierres, de feux d'artifices, & d'autres fardeaux capables de l'inquiéter, d'écraser ses batteries, ses édifices & ses magasins, sans qu'il en coutât autant qu'il en coute avec les mortiers; car ces machines ne sont point embarrassantes à transporter, & peuvent servir dans toute sorte de terrain, & jeter toutes sortes de fardeaux; l'on épargneroit donc les transports de cette grande quantité de mortiers, & les voitures destinées à leurs charois, seroient plus utilement employées à porter une grosse quantité de poudre, pour augmenter le feu des autres pièces contre l'Ennemi, & sur tout à faire des fourneaux avec des charges forcées, quand il s'agiroit de rendre inutiles ceux d'une place contreminée qu'on assiége: d'ailleurs ces machines dans un tems temperé seroient beaucoup plus justes que les mortiers; puisque pour lors on éviteroit toutes les variations causées, par les inégalités des inflammations, par l'évasement des mortiers, les défauts des calibres, des bombes, & les dérangemens des affuts qui sont très considérables; il n'y auroit plus qu'à avoir égard aux résistances de l'air, en changeant les poids des mobiles, ou les élévations des machines, ainsi que nous l'allons faire voir dans la seconde Partie de cet Ouvrage.

Fin de la premiere Partie.