

répondant au maximum de chaleur dégagée, c'est-à-dire à l'état de sulfate et d'acide carbonique, d'après l'équation n° (5); mais le refroidissement subit qu'ils éprouvent ne permet pas à cet état de se réaliser. Cependant chacun de ces produits n'en est pas moins formé suivant une loi régulière, et la transformation chimique de la poudre est exprimée, dans tous les cas, par le système des équations principales simultanées et des équations auxiliaires que nous avons indiquées.

## § III.

## POTENTIEL.

On appelle *potentiel* d'une substance explosive le travail maximum que l'unité de poids de cette substance est capable d'effectuer, dans le cas idéal d'une gazéification totale et d'une détente adiabatique indéfinie.

THÉORÈME. *Le potentiel d'une substance explosive s'obtient en multipliant sa chaleur absolue de combustion par l'équivalent mécanique de la chaleur.*

Si l'on considère, en effet, l'unité de poids de la substance gazéifiée, on aura, en vertu du principe fondamental de la thermodynamique et dans le cas d'une transformation adiabatique :

$$0 = cdT + \frac{d\mathcal{E}}{E},$$

en désignant par  $d\mathcal{E}$  l'élément de travail correspondant à la variation de température  $dT$ . On en tire l'expression du potentiel  $H$  :

$$H = -E \int_{T_0}^0 cdT = E \int_0^{T_0} cdT,$$

d'où (p. 477) :

$$H = EQ,$$

quelles que soient d'ailleurs les variations de la chaleur spécifique avec la température ou par le fait des dissociations ou recompositions chimiques se produisant pendant la détente.

Cette expression du potentiel, appliquée à diverses substances explosives, a donné les résultats suivants, obtenus en multipliant par 436 les chaleurs de combustion mesurées par Roux et Sarrau (p. 479) :

SUBSTANCE EXPLOSIVE.	POTENTIEL.
	tonneaux-mètres
Poudre de chasse fine. . . . .	370
Poudre à canon. . . . .	347
Poudre à fusil, dite B. . . . .	337
Poudre de commerce extérieur. . . . .	321
Poudre de mine ordinaire. . . . .	267
Chlorure d'azote. . . . .	148
Nitroglycérine. . . . .	778
Coton-poudre. . . . .	489
Picrate de potasse. . . . .	366
Mélange de { picrate de potasse. . . . . 53	420
{ salpêtre. . . . . 45	
Mélange de { picrate de potasse. . . . . 50	534
{ salpêtre. . . . . 50	

On remarquera que le potentiel de la poudre de mine est notablement moindre que celui des autres poudres. Cette infériorité se trouve être, dans ce cas particulier, de peu d'importance, puisque la force de la substance est à peu près seule à considérer au point de vue des effets de rupture : or, nous verrons (p. 499) que toutes les poudres ont sensiblement la même force.

Noble et Abel ont calculé, pour des détentes variant de 1 à 20 fois le volume  $v_0$  de la poudre, le travail théorique que peut effectuer la substance, à l'aide de la formule :

$$\mathcal{E}_v = \int_{v_0}^v pdv,$$

dans laquelle ils ont remplacé la pression  $p$  par l'expression qu'ils avaient déduite de leurs expériences. Le travail a ainsi varié de 3214 à 87244 kilogrammètres par kilogramme de poudre brûlée. Noble et Abel ont, en outre, calculé et résumé dans un tableau synoptique : 1° le travail total réalisé par kilogramme de poudre brûlée pour

chaque canon, chaque charge et chaque espèce de poudre du service réglementaire anglais; 2° le travail théorique maximum par kilogramme de poudre qu'il serait possible de réaliser dans chaque canon avec chaque charge; 3° le coefficient d'efficacité pour chacune des charges de chaque canon. Ce coefficient, qui varie de 50 à 93 p. 100, augmente avec le calibre des bouches à feu.

Quant au potentiel, on peut en calculer la valeur en intégrant entre  $v_0$  et  $\infty$ , ce qui donne :

$$H = \int_{v_0}^{\infty} p dv = 332^{\text{m}}, 128.$$

Cette valeur est un peu inférieure à celles que nous avons précédemment indiquées pour les poudres de guerre, parce que l'expression de  $p$  a été établie dans l'hypothèse de l'existence de produits solides ou liquides, qui n'agiraient sur la détente que par la chaleur qu'ils communiqueraient à la partie gazeuse.

Noble et Abel font remarquer, à ce sujet, que le potentiel de la houille, qui a pour valeur  $H = 3400^{\text{m}}$ , est décuple de celui de la poudre; ils cherchent à expliquer cette infériorité relative de la poudre à canon par ce fait, que cette dernière dépense une quantité de travail considérable pour amener son oxygène à l'état de gaz, tandis que la houille peut immédiatement se l'assimiler sous cette forme. Au surplus, l'emmagasinage de l'oxygène dans la matière de la poudre est fort dispendieux, et l'on peut démontrer ainsi l'impossibilité pratique d'établir économiquement des machines empruntant leur puissance motrice à la force de la poudre à canon.

#### § IV.

##### FORCE.

##### I. GÉNÉRALITÉS.

La *force* d'une substance explosive peut être définie : la pression, par unité de surface, des gaz de l'unité de poids de la substance occupant, à la température de combustion, l'unité de volume.

On avait autrefois sur la force de la poudre les idées les plus va-

gues et les moins exactes. Schreiber dit, à ce sujet, dans son *Büchsenmeister Discours* de 1656 : « Si l'on fait brûler du soufre sous un litre de sel froid, celui-ci se met à rejaillir et à cracher, tant la chaleur du soufre lui est contraire; ainsi, la chaleur et le froid produisent cette forte vapeur qui, sans leur opposition, resterait à l'état liquide. » Pour augmenter la force de la poudre, on recommandait spécialement l'emploi du sel ammoniac ou salmiac, du camphre, de l'arsenic, du mercure et du vert-de-gris (\*).

Plus tard, on imagina que l'humidité renfermée dans la poudre et convertie en vapeur était pour beaucoup dans la force d'expansion des produits. Or, on sait que la tension de la vapeur d'eau produite ne suffit pas à compenser la quantité de chaleur absorbée pour sa formation. Robins (1743) a le premier remarqué que l'humidité ne pouvait que diminuer la force de la poudre, et nous avons signalé plus haut (p. 422) son influence sur la vitesse imprimée au projectile.

On supposa enfin que la force de la poudre était due à l'accroissement d'élasticité de l'air contenu dans les grains et dans leurs interstices, la poudre n'exerçant par elle-même que les fonctions d'un agent calorifique. Cette opinion, soutenue par de la Hire (1702), fut combattue par Robins, qui démontra que l'élasticité ainsi acquise ne devait pas dépasser 5 atmosphères et que la pression résultante ne représentait pas la 1/200 partie de l'effort nécessaire pour produire les effets observés. En même temps, on reconnaissait (p. 461) que la combustion de la poudre engendre un certain volume de gaz permanents, et, dès 1741, un manuscrit prussien portait que « le salpêtre développe, quand on le chauffe, une certaine quantité d'air qui est l'élément actif de la poudre, bien plutôt que

(\*) Nous transcrivons, à titre de curiosité, l'extrait suivant d'un manuscrit allemand portant la date de 1563 :

« Zu Salpeter zu giftigem Hauch giebt man, wenn er geschmolzen, [so entstehen] kleine Schlangen, Kröten, Spinnen, Blindschleichen und Basilisken. Letztere werden, wenn man sie nicht hat, auf folgende Weise artificialiter dargestellt. Man bringt frische, mit Leinöl gesalbte Eier 14 Tage in Schafmist, es entstehen dann Würmer drin, die sich auffressen. Den letzten speist man mit Menschenblut, das man lässt in den Badstuben, oder mit dem Hintertheil einer Ratte. Beim Füttern verbindet man sich Nase und Mund mit Raute und Salbei. Nach 14 Tagen brennt man ihn in einem wohl lutirten Glase auf freiem Felde zu Asche. — Ebenso kann man zwei zweijährige Hähne mit brandrothen Augen zusammensperren bis sie sich begatten, die Eier lässt man von einer grossen Kröte ausbrüten. »