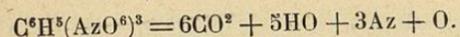


volume de produits gazeux, avec un dégagement considérable de chaleur.

D'après Berthelot, la réaction pourrait être représentée par la formule suivante :



On voit que la nitroglycérine jouit de la remarquable propriété de dégager plus d'oxygène qu'il n'en faut pour brûler ses éléments combustibles; l'oxygène en excès peut toutefois, surtout sous les pressions faibles, s'unir avec l'azote libre pour donner du bioxyde d'azote : aussi Berthelot conseille-t-il de mélanger la nitroglycérine avec des substances oxydables. D'après la formule précédente, 1^{re} de nitroglycérine donne 710^l de gaz ramenés à la pression de 0^m,760 et à la température de 100°, soit 1135^l de produits gazeux pour 1^{re} de matière. Le premier chiffre est 3,5 fois et le second 6 fois plus fort que les chiffres correspondants pour la poudre ordinaire. Si l'on tient compte de l'énorme quantité de chaleur dégagée, on trouve que 1 vol. de nitroglycérine exerce 10 fois autant d'action que 1 vol. de poudre ordinaire. Nobel regarde 1 vol. de nitroglycérine comme équivalant à 13 vol. de poudre, et 1^{re} de la première substance à 8^{es} de la seconde; il calcule que 1 vol. de sa nitroglycérine dégage 1298 vol. de produits gazeux, qui sont portés à 10384 vol. par la chaleur développée, tandis que, dans les mêmes circonstances, 1 vol. de poudre ne produit que 800 vol. de gaz.

Ces résultats théoriques ne sont qu'approximativement confirmés par l'expérience. En effet, la marche de la réaction n'est pas encore exactement connue, et, le fût-elle, il faudrait pouvoir tenir compte des phénomènes si complexes de dissociation résultant de l'énorme élévation de température qui se trouve réalisée (p. 502).

Il n'a été fait jusqu'à présent qu'un seul essai destiné à déterminer les produits gazeux de l'explosion de la nitroglycérine, et encore dans des conditions sensiblement différentes de celles de la pratique.

L'Hôte plaçait dans un eudiomètre à parois très-épaisses, à la surface du mercure, une petite boule de verre contenant environ 0^m,006 de nitroglycérine; il introduisait ensuite 10^{cc} de mélange détonant, qu'il enflammait par l'étincelle électrique : la boule de verre était brisée et la nitroglycérine faisait explosion. Le gaz produit était incolore, mais il attaquait progressivement la surface du mercure

en donnant naissance à du nitrate de protoxyde de mercure. Il résulte des mesures effectuées par l'Hôte que 1^{re} de nitroglycérine ne dégage que 284^l de gaz ramenés à 0° et 0^m,760. Enfin, l'analyse chimique a indiqué la composition suivante de ces produits :

Acide carbonique.	45,72
Bioxyde d'azote.	20,36
Azote.	33,92

L'Hôte ayant négligé de doser la vapeur d'eau formée, on ne saurait accepter comme définitif le volume gazeux qu'il a mesuré. En outre, l'explosion s'étant produite sous une pression faible, on peut admettre, en se reportant aux résultats trouvés pour le coton-poudre (p. 647), que le bioxyde d'azote, dont la proportion était considérable, doit disparaître plus ou moins complètement dans les circonstances ordinaires de l'explosion de la nitroglycérine.

d) Chaleur de combustion et force.

La chaleur de combustion de la nitroglycérine est de 1720^{cal}, d'après Roux et Sarrau (p. 479), et de 1786^{cal}, d'après Berthelot (p. 481). La température de combustion paraît être presque double de celle du coton-poudre (p. 484).

Les forces relatives correspondant aux explosions des deux ordres sont, d'après Roux et Sarrau (p. 495) :

$$f_2 = 4,80, \quad f_1 = 10,13.$$

Les valeurs théoriques de f_2 , calculées par Sarrau et par Berthelot (p. 497), sont 4,55 et 7,40.

§ IV.

USAGES DE LA NITROGLYCÉRINE.

Les expériences de sautage exécutées depuis 1864 avec la nitroglycérine, et surtout avec les produits qui en dérivent, ont montré que ces substances sont bien supérieures, sous le rapport de leur puissance explosive, à toutes les matières essayées jusqu'alors, le coton-poudre excepté. A partir de 1867, on a abandonné, en Europe,

l'emploi de la nitroglycérine à l'état liquide, Nobel ayant réussi à la mettre sous une forme qui diminue les dangers de transport et de manipulation, sans en amoindrir la puissance dans une proportion trop considérable. En Amérique, Mowbray se sert encore aujourd'hui de nitroglycérine liquide et parfaitement pure.

Quoi qu'il en soit, nous croyons devoir exposer les procédés autrefois employés pour appliquer la nitroglycérine à l'exploitation des mines ou aux autres travaux de sautage; car, outre leur intérêt historique, ces procédés sont intimement liés aux méthodes actuellement en usage pour l'application des dérivés de la nitroglycérine à ces mêmes travaux.

I. AMORÇAGE ET CARTOUCHAGE.

Pour réussir à enflammer une assez grande quantité de nitroglycérine contenue dans un trou de mine, Nobel s'est d'abord servi d'un mélange de nitroglycérine et de poudre (40 parties environ de la première pour 100 de la seconde), préparé immédiatement avant l'opération dans des douilles de zinc: ce mélange produisait des effets de 3 à 5 fois supérieurs à ceux de la poudre seule; afin d'assurer encore mieux l'inflammation, la cartouche était entourée de poudre à l'intérieur du trou de mine. Pour l'extraction des grès de la Zorn, Kopp a fait usage de la disposition suivante (fig. 91): on intro-

Fig. 91.

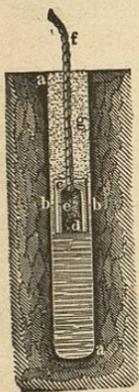
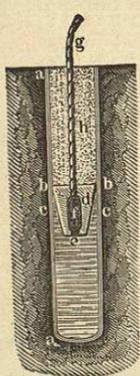


Fig. 92.



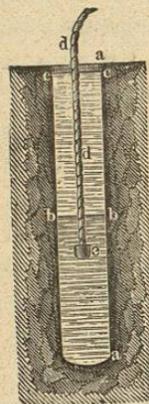
duisait dans des trous de mine *aa*, de 0^m,05 à 0^m,06 de diamètre sur 2 à 3^m de longueur, une quantité de nitroglycérine comprise entre 1 et 2^k; à la surface *d* du liquide, on plaçait un petit cylindre creux en bois *bb* rempli de poudre, qui était fermé par un bouchon et surmonté d'une mèche. Pour les roches fissurées, on employait un procédé peu différent (fig. 92): la nitroglycérine était placée dans un tube métallique *aacc* remplissant à peu près le trou de mine; le réservoir à poudre *beb* affectait la forme conique, la plus grande

base ayant sensiblement le diamètre du tube. Le bourrage se faisait avec du sable, et l'on mettait le feu à l'aide d'une mèche.

En étudiant divers modes d'inflammation, Nobel ne tarda pas à découvrir un moyen de produire d'une manière certaine l'explosion totale de la nitroglycérine. Il reconnut, en effet, que l'explosion de quelques substances fulminantes, telles que le fulminate de mercure, était éminemment propre à provoquer la détonation de la nitroglycérine liquide: il fut ainsi amené à faire usage d'amorces ou de capsules brevetées (1864). Ces dernières se composent (fig. 93) d'une capsule en cuivre *ab* contenant une charge de fulminate triple ou encore plus forte, dans laquelle



Fig. 94.



pénètre jusqu'au fond une mèche Bickford *cd* pincée en *e*. La capsule était plongée dans la nitroglycérine (fig. 94), qui s'élevait jusqu'au niveau *bb*. Dans le cas d'un trou de mine horizontal, celle-ci était enfermée dans une cartouche en tôle, à travers laquelle passait la capsule munie d'un joint parfaitement étanche; on bourrait avec du sable ou de la terre glaise. Dans le cas d'un trou de mine vertical, la nitroglycérine était introduite sans enveloppe, et le bourrage s'effectuait avec du sable, de la terre glaise (fig. 91 et 92) ou, au besoin, avec de l'eau (fig. 94).

II. EXPÉRIENCES DIVERSES.

L'application de la nitroglycérine à la rupture des roches ou des masses de fer a donné lieu aux effets les plus puissants.

Près de Stockholm, 2^k,5 de nitroglycérine ont fait sauter environ 8 800 quintaux de granit; les parties voisines étaient sillonnées de crevasses. On constata bientôt que l'action de la substance explosive était d'autant plus énergique que la roche était plus compacte.

Les essais exécutés dans les carrières de l'Oberharz, à Lautenthal, à Osterode, à Clausthal, montrèrent que, malgré le prix de vente relativement élevé de la nitroglycérine (il était alors 8 fois supérieur à celui de la poudre), les frais généraux se trouvaient abaissés d'un tiers. Les travaux de forage étaient singulièrement facilités, la nitro-

glycérine pouvant s'employer aussi bien dans les roches humides que dans les roches sèches ; en outre, le bourrage donnait moins de peine et présentait moins de danger.

Les expériences exécutées au jour, dans d'autres districts, ne fournirent pas des résultats moins favorables. La nitroglycérine fut employée avec succès pour des roches calcaires très-dures, près d'Aix-la-Chapelle, et pour une lave compacte de basalte, dans le duché de Nassau.

On réussit même à faire usage de cette substance explosive à l'intérieur de mines où l'on avait toujours hésité à s'en servir, à cause du danger que les produits gazeux de la combustion ou la nitroglycérine non décomposée pouvaient présenter pour la santé des ouvriers ; en outre, la plupart des trous étant horizontaux, le chargement en était trouvé trop long. Les expériences entreprises dans les carrières de calamine, près d'Aix-la-Chapelle, à la mine du Roi, dans la Haute-Silésie, et dans le district de Freiberg, indiquèrent une telle supériorité de la nitroglycérine sur la poudre ordinaire que, malgré quelques explosions inexplicables et en dépit des plaintes exprimées, dans les débuts, par les mineurs qui se trouvaient atteints de maux de tête, la nitroglycérine fut partout adoptée et devint indispensable dans les régions humides.

On vérifia en même temps que la puissance des effets obtenus ne dépendait pas seulement de la structure de la roche, mais encore de la disposition du trou de mine : si la charge était enfoncée trop profondément, l'action explosive se portait de préférence sur les parties contiguës, qui étaient broyées et pulvérisées ; le même effet se produisait quand on opérait sur des roches tendres ou crevassées, en raison même de l'instantanéité de l'explosion (essais des mines de houille de Westphalie et des gisements de Stassfurt). Au contraire, dans les ardoisières du nord du pays de Galles, à Perhyn, la nitroglycérine fut employée avec succès : le travail fourni était très-considérable (2^k,5 de nitroglycérine pour 600 000^k de roche brisée), et la rupture se produisait avec une grande régularité suivant les couches naturelles du dépôt à exploiter.

Quant à la disposition des trous de mine, on conserva, sur les conseils de Nobel, la profondeur usitée pour la poudre ordinaire, mais le diamètre fut sensiblement diminué ; ces trous étaient le plus souvent pratiqués au moyen de tarières en acier Bessemer suédois. On y introduisait la cartouche de nitroglycérine, munie de son

amorce, à l'aide d'un refouloir en bois. Rudberg recommandait d'enflammer la matière par le choc d'un tampon de chargement, que l'explosion d'une petite quantité de poudre lançait contre la nitroglycérine.

On parvint également à produire la rupture de masses de fer considérables : 50^{sr} de nitroglycérine suffisaient pour briser des blocs de 120 quintaux.

L'explosion de cette substance sous l'eau ne donna pas des résultats moins satisfaisants : une charge de 1^k,25 de nitroglycérine, munie d'une amorce et enfermée dans une bouteille en tôle, put soulever une colonne d'eau de 2 à 3^m de diamètre à une hauteur de 100 à 130^m (expérience de Nobel, à Horn).

Nobel s'est enfin servi de nitroglycérine pour les coups de signal ou de détresse : des fusées, dont la garniture se composait de 0^k,5 de nitroglycérine, étaient lancées à une hauteur de 300^m, et se déchargeaient alors en produisant une vive lumière et une violente détonation.

III. INCONVÉNIENTS DE LA NITROGLYCÉRINE.

La nitroglycérine offre d'incontestables avantages pour les travaux de mine, à l'intérieur et à l'extérieur, au point de vue de l'économie et de la rapidité des opérations, à cause de sa force explosive, 4 à 5 fois plus considérable que celle de la poudre ordinaire ; mais elle présente aussi de sérieux inconvénients, qui se rattachent en partie à son état liquide.

On se plaignait, dès les débuts, de l'influence de la nitroglycérine sur la santé des mineurs : une habitude plus prolongée de la substance n'a pas tardé à supprimer la cause qui provoquait ces plaintes. Neimke a, en effet, remarqué que les ouvriers des mines du Harz ne ressentaient plus aucune atteinte depuis qu'ils s'appliquaient à manier la nitroglycérine avec de plus grandes précautions, et particulièrement à éviter tout contact direct. Mais il pouvait aussi arriver, comme on en a fait souvent l'observation, que, par suite d'un forage imparfait du trou de mine ou d'une confection défectueuse de la cartouche, la nitroglycérine s'infiltrât dans les fissures de la roche et ne fît qu'incomplètement explosion : les parties non décomposées produisaient alors sur l'organisme les troubles si fréquemment constatés.

Les dangers qui résultaient du transport de la nitroglycérine liquide constituaient un inconvénient non moins grave de cette substance explosive. Si le produit, imparfaitement purifié, avait éprouvé un commencement de décomposition, sans que les gaz formés pussent s'échapper des caisses d'étain où l'on enfermait la nitroglycérine, de légères secousses suffisaient pour en provoquer la détonation. Si, au contraire, ces caisses ne fermaient pas hermétiquement, les dangers d'explosion se trouvaient encore augmentés. On peut, il est vrai, dans des circonstances données, se servir de nitroglycérine gelée, sous la condition d'opérer avec toutes les précautions reconnues nécessaires.

On fut amené, par toutes ces raisons, à abandonner l'emploi de la nitroglycérine sous forme liquide. Nobel fut encore le premier qui, vers la fin de 1866, parvint à la transformer en une masse solide et à l'introduire dans le commerce sous le nom de *dynamite*.

Nobel avait antérieurement proposé, pour assurer la conservation du produit en même temps que la sécurité des transports, de le dissoudre dans 15 à 20 p. 100 d'alcool méthylique anhydre (esprit de bois) : à cet état, la nitroglycérine ne détone ni par le choc ni par l'action d'un fulminate, et il suffit, pour la régénérer, de traiter la liqueur par 6 à 8 volumes d'eau. — Wurtz avait également recommandé d'émulsionner la nitroglycérine au moyen d'une solution de nitrate de zinc ou de chaux de même densité, et de reprendre ensuite le mélange par un excès d'eau.

B.

DYNAMITES.

On donne le nom de *dynamites (giant powder)* à des mélanges de nitroglycérine avec des substances poreuses. Le mélange, pour être parfait, devrait être constitué de telle façon que le liquide ne pût se séparer de l'absorbant ni sous l'action d'une pression énergique, ni pendant les transports, la conservation ou l'usage.

Les dynamites sont à *base inerte* ou à *base active*. Dans le premier

cas, la matière absorbante sert simplement de support à la nitroglycérine; elle ne concourt en rien à la déflagration et subsiste, après l'explosion, comme résidu plus ou moins modifié. Dans le second cas, au contraire, la déflagration de la matière absorbante s'ajoute à celle de la nitroglycérine.

a. *Dynamites à base inerte.*

On a dit, à tort, que Nobel avait été conduit par hasard à la découverte de la dynamite : en 1866, à l'époque où l'on s'occupait de prévenir les explosions de nitroglycérine en cours de transport, une fuite s'étant déclarée dans une des bouteilles en tôle pleines de liquide et emballées dans de la terre siliceuse très-poreuse, celle-ci aurait absorbé toute la nitroglycérine écoulée, se transformant ainsi en une véritable dynamite à base inerte.

D'après Nobel, les premières dynamites contenaient du charbon poreux imbibé de nitroglycérine, et de nombreuses expériences ont été faites avec divers absorbants, tels que terres calcinées, sciure de bois, papier ordinaire ou nitré, imbibé de liquide explosif et roulé en cartouches, avant l'adoption définitive de la silice poreuse.

§ I.

PRÉPARATION DES DYNAMITES A BASE INERTE.

Les diverses dynamites à base inerte se distinguent par la proportion de nitroglycérine qu'elles contiennent et par la nature de la matière absorbante qui lui sert de support. Ces matières sont principalement le *kieselguhr*, en Allemagne, et la *randanite*, en France; on a également employé la *silice ordinaire*, l'*alumine*, la *brique pulvérisée*, le *tripoli*, la *cencre de houille*, la *cencre d' charbon de Boghead*, des *laitiers de forge*, etc.