

On peut, en outre, évaluer simultanément les deux effets soit à l'aide du mortier de Roux, formé d'une simple chambre creusée dans une masse métallique dont on détermine le recul, soit au moyen du mortier sans âme de Nobel, qui donne les portées du projectile, soit en produisant la détonation de la dynamite chargée, avec bourrage, dans diverses substances telles que le plomb, le bois, le papier comprimé, et en mesurant le volume produit par l'explosion. Ce dernier procédé, qui se rapproche des conditions de la pratique, a servi de point de départ aux expériences de Beckerhinn et a fait l'objet d'une série d'essais exécutés à Saint-Étienne (1874).

Nous réunissons dans le tableau suivant les principaux résultats obtenus par les deux derniers modes d'épreuve que nous venons d'indiquer :

SUBSTANCE EXPLOSIVE.	PORTÉES RELATIVES au mortier de Nobel.		ACCROISSEMENTS DE VOLUME RELATIFS.			
	A poids égal.	A volume égal.	Expériences de Beckerhinn.			Saint- Étienne. — (Charge, 40 gr.)
			PAPIER. (Charge, 1 gr.)	HÊTRE. (Charge, 3 gr.)	PLOMB. (Charge, 5 gr.)	
Nitroglycérine.	100	100	100	»	»	»
Dynamite au coton-poudre (75 p. 100).	»	»	84	»	»	»
Dynamite à l'ammoniaque.	83	80	»	»	»	»
Dynamite à la cellulose (75 p. 100).	»	»	80	80	80	»
Coton-poudre comprimé.	71	45	»	»	75	»
Dynamite Nobel n° 1.	72	74	64	54	56	56
Dynamite blanche n° 1 (*).	»	»	56	28	51	»
Dynamite de Paulilles n° 3	»	»	»	»	»	27

(*) Cette dynamite se composait de 63 p. 100 de nitroglycérine, 10 de sciure de bois, 2 de coton-poudre, 20 de carbonate de chaux et 5 de carbonate de magnésie.

Dans les expériences de Nobel, le lithofacteur et la dynamite à la poudre noire (20 p. 100) donnaient, à poids égal, une portée de 50, tandis que le fulminate de mercure et la poudre de mine Curtis et Harvey descendaient respectivement à 30 et à 28.

CHAPITRE IV.

ACIDE PICRIQUE ET PICRATES.

§ I.

GÉNÉRALITÉS.

L'acide picrique et la plupart des sels qui en dérivent, surtout ceux de potasse et d'ammoniaque, constituent des substances explosives assez peu étudiées jusqu'à ce jour, mais qui n'en paraissent pas moins susceptibles d'être employées dans les mines ou pour le chargement des projectiles creux.

L'acide picrique ou carbazotique a été découvert en 1788 par Hausmann, en traitant l'indigo par l'acide nitrique (*amer d'indigo*); en 1795, Welter l'a également préparé en faisant agir l'acide nitrique sur la soie (*amer de Welter*). On a ensuite reconnu qu'on pouvait l'obtenir par l'action de cet acide sur la fibrine, la salicine, la coumarine, la résine, et sur un grand nombre de produits pyrogénés. Laurent a, le premier, montré que l'acide picrique dérive de l'acide phénique $C^{12}H^6O^2$ ou $C^{12}H^5(HO^2)$, et que sa formule doit s'écrire $C^{12}H^3(AzO^1)^3O^2$ ou $C^{12}H^3(AzO^1)^3(HO^2)$.

On prépare aujourd'hui l'acide picrique, d'après Castellaz et Désignolle, en traitant l'acide phénique légèrement chauffé par l'acide nitrique concentré : il se forme une pâte jaune foncé, très-peu soluble dans l'eau froide, soluble dans l'eau bouillante et qui cristallise en paillettes d'un jaune clair. Quant à l'acide phénique, on le retire facilement des huiles de goudron de houille qui distillent entre 150 et 200°, et que l'on mélange avec une dissolution de potasse très-concentrée; la masse cristalline est reprise par l'eau, qui ne dissout que le phénate de potasse, et la liqueur, traitée par l'acide

chlorhydrique, donne l'acide phénique sous forme de cristaux blancs peu solubles dans l'eau et solubles dans l'alcool et dans l'éther.

Le *picrate de potasse* s'obtient en mélangeant avec du carbonate de potasse chaud une dissolution d'acide picrique dans de l'eau bouillante: il se dépose, par refroidissement, sous forme de petites aiguilles cristallines, d'un beau jaune d'or, ayant des reflets rouges et verts à la lumière réfléchie.

Le *picrate d'ammoniaque* se prépare en saturant directement à chaud l'acide picrique par une solution concentrée d'ammoniaque: il cristallise en prismes orangé clair. On peut également l'obtenir cristallisé en belles aiguilles jaune citron, en traitant l'acide picrique par le carbonate d'ammoniaque.

§ II.

POUDRES A L'ACIDE PICRIQUE.

Nous venons de voir que l'acide picrique est un composé de l'acide nitrique. Chauffé légèrement, il se vaporise sans subir aucune autre altération; porté brusquement à une température un peu supérieure à 300°, il détone avec violence. Toutefois, il ne renferme pas assez d'oxygène pour brûler tout son carbone, et l'on doit, pour constituer une véritable poudre, lui ajouter une matière oxydante, telle que du salpêtre, du chlorate de potasse, des oxydes de plomb, de cuivre, d'argent, de mercure, etc. La température d'explosion du mélange est alors inférieure à celle de l'acide picrique pur. Nous donnerons, au paragraphe suivant (p. 737), quelques résultats relatifs à la chaleur de combustion, au potentiel, à la température de combustion et à la force de l'acide picrique.

Borlinetto (1867) a recommandé comme poudre de mine un mélange de 10 parties d'acide picrique, 10 de nitrate de soude et 8,5 de chromate de potasse. Cette poudre aurait l'avantage de ne pas détoner par le frottement ni par le choc. On ne connaît pas les détails de sa préparation, non plus que les expériences dont elle a pu être l'objet.

L'acide picrique est aujourd'hui exclusivement employé à l'état de picrate.

§ III.

POUDRES AU PICRATE DE POTASSE.

I. GÉNÉRALITÉS.

Le picrate de potasse est insoluble dans l'alcool; il se dissout dans 260 parties d'eau à 15° et dans 14 parties d'eau bouillante.

Le picrate sec détone avec violence quand on le chauffe progressivement jusqu'à 310°; un simple choc ou le contact d'un corps en ignition produisent le même effet. Mais, si le picrate renferme environ 15 p. 100 d'humidité, il est impossible de le faire détoner par le choc, et le contact d'un corps en ignition ne produit qu'une déflagration locale.

D'après les calculs de Berthelot, la chaleur de combustion de l'acide picrique et celle du picrate de potasse seraient supérieures à celles de la nitroglycérine et du coton-poudre (p. 481); le contraire résulte des expériences de Roux et Sarrau (p. 479). La chaleur de combustion de l'acide picrique est un peu supérieure et celle du picrate de potasse sensiblement égale à celle des poudres noires; il en est de même pour le potentiel (p. 491) et probablement aussi pour la température de combustion (p. 484). Quant aux forces relatives correspondant aux deux ordres d'explosion, elles sont, d'après les expériences de Roux et Sarrau (p. 495), pour l'acide picrique :

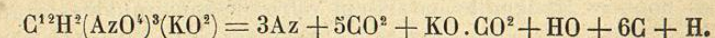
$$f_1 = 5,50, \quad f_2 = 2,04,$$

et, pour le picrate de potasse :

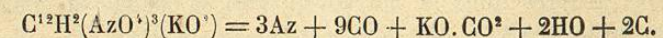
$$f_1 = 5,31, \quad f_2 = 1,82.$$

Cette dernière valeur se rapproche suffisamment de la valeur théorique (p. 497).

D'après Désignolle, la formule de la décomposition du picrate de potasse en vase clos serait la suivante :



Berthelot propose une formule un peu différente, qui paraît plus plausible :



Le picrate de potasse a été employé seul, à titre d'essai, en Angleterre et aux États-Unis, pour le chargement de bombes destinées à percer les cuirasses des navires. Mais, ce sel ne renfermant pas une quantité d'oxygène suffisante pour brûler tout son carbone, on a dû lui ajouter des matières oxydantes, telles que le salpêtre ou le chlorate de potasse. C'est ainsi qu'ont été formées les poudres de Désignolle et de Fontaine.

II. POUDRES DE DÉSIGNOLLE ET DE FONTAINE.

Désignolle (1869) a fait fabriquer au Bouchet 3 espèces de poudre, consistant en un mélange de picrate de potasse et de salpêtre, avec ou sans addition de charbon : poudres pour torpilles, poudres à canon et poudres à mousquet.

Ces divers mélanges étaient faits dans les proportions indiquées par le tableau ci-après :

ÉLÉMENTS.	POUDRES pour torpilles et pour projectiles creux.		POUDRES A CANON.			POUDRES à mousquet.	
			Ordinaires.	Gros calibres.			
Picrate de potasse.	55	50	16,4	9,6	9	28,6	22,9
Salpêtre.	45	50	74,4	79,7	80	65,0	69,4
Charbon.	"	"	9,2	10,7	11	6,4	7,7

Le procédé de fabrication était le suivant. Les matières premières, touillées avec une proportion d'eau variant de 6 à 14 p. 100, étaient triturées sous les meules pendant 3^h pour les poudres de rupture, 9^h pour les poudres à canon et 6^h pour les poudres à mousquet, essorées pendant quelques jours et galetées à la presse hydraulique. Les galettes étaient de nouveau essorées, puis concassées, grenées au grenoir mécanique en grains de grosseur convenable, enfin lissées, séchées et époussetées comme à l'ordinaire.

Les poudres Désignolle paraissent offrir de remarquables avantages au double point de vue de la puissance de leurs effets et de la sécurité de leur emploi. Les poudres pour les torpilles et pour les projectiles creux, essayées à Brest et à Toulon, ont donné de bons résultats. D'après Roux et Sarrau (p. 479), la chaleur de combustion du mélange à 55 p. 100 de picrate serait de 916^{cal}, et celle du

mélange à 50 p. 100 de picrate s'élèverait à 1180^{cal}; la température de combustion de la seconde poudre serait également bien supérieure à celle de la première (p. 484). Les poudres à mousquet et à canon se sont signalées par une grande régularité d'effets : les vitesses initiales imprimées au projectile différaient à peine de 1 ou 2^m. D'après Jouglet, 60^{er} de poudre Désignolle produisent le même résultat que 350^{er} de poudre ordinaire, et la force du nouveau mélange peut varier dans des limites assez étendues suivant la proportion de picrate qu'il renferme. Malgré leur supériorité balistique, les poudres Désignolle paraissent être moins brisantes que la poudre noire; en outre, elles brûlent presque sans fumée, et n'attaquent pas chimiquement le métal du canon, à cause de l'absence du soufre. Enfin, les picrates constituant des corps cristallisés à composition définie et à réactions connues, on n'a pas à craindre les phénomènes de décomposition spontanée qui pourraient résulter de l'emploi de la nitroglycérine ou de ses dérivés.

Les poudres de Fontaine, composées de picrate et de chlorate de potasse et exclusivement destinées au chargement des projectiles creux et des torpilles, ont une force bien supérieure à celle des mélanges précédents; mais elles présentent des dangers de manipulation qui ont été révélés, dès les débuts, par une terrible explosion (Paris, 1869).

§ IV.

Le picrate d'ammoniaque, qui détone, comme le picrate de potasse, vers 310°, présente sur ce dernier sel l'avantage de ne faire explosion par le choc que très-difficilement. Si on le chauffe à l'air libre à une température inférieure à 300°, il fond et brûle avec une belle flamme fuligineuse.

Brugère, en France, et Abel, en Angleterre, ont simultanément proposé des poudres formées d'un mélange de picrate d'ammoniaque et de salpêtre, et destinées au tir des armes à feu et surtout au chargement des projectiles creux.

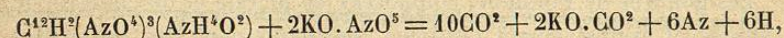
I. POUDRE DE BRUGÈRE.

La poudre de Brugère (1869) se compose de 54 parties de picrate d'ammoniaque pour 46 de salpêtre.

Chauffée à 310°, elle brûle avec une vitesse moitié de celle de la poudre ordinaire; sa force d'explosion n'en est pas moins double ou triple. En outre, d'après Brugère, la poudre au picrate d'ammoniaque est moins hygrométrique; elle laisse un résidu insignifiant, uniquement composé de carbonate de potasse, qui n'attaque pas les parois de l'âme. Enfin, elle dégage peu de fumée, et les gaz produits sont inodores.

Des expériences exécutées au fusil Chassepot avec la nouvelle poudre ont montré qu'elle produisait le même effet, à la charge de 2^{er},6, que la poudre noire à la charge réglementaire de 5^{er},5.

D'après la formule de la décomposition adoptée par Brugère :



100^{er} de la poudre au picrate doivent donner 69^{er},14 de produits gazeux, soit, à 0° et 0^m,760, un volume de 52^l,05; une détermination directe a fourni 48^l. Si l'on compare ce résultat au résultat analogue trouvé par Bunsen et Schischkoff pour la poudre ordinaire (p. 464), on voit que les deux volumes sont entre eux dans le rapport de 2,5 à 1.

Enfin, la poudre de Brugère est stable, peu dangereuse à manier et à fabriquer, et paraît destinée, malgré son prix un peu élevé (4^{fr} le kil.), à rendre de réels services pour le chargement des obus et des torpilles.

II. POUDRE PICRIQUE D'ABEL.

Abel a donné le nom de *poudre picrique* au mélange de picrate d'ammoniaque et de salpêtre.

Cette poudre, uniquement destinée au chargement des obus, ne détone que par l'action d'un choc très-violent. En outre, la déflagration est purement locale, et la matière n'a aucune tendance à s'enflammer, même quand elle est soumise à un frottement considérable. Si on la met en contact avec une flamme, il se produit un

sifflement strident aux points touchés, sans que l'inflammation se propage. En vase clos, la poudre picrique détone avec une grande violence; au point de vue de la force d'explosion, elle est inférieure à la nitroglycérine, au coton-poudre et aux poudres au picrate de potasse, mais très-supérieure à la poudre ordinaire.

Enfin, d'après Abel, l'addition au mélange d'une quantité d'eau suffisante pour l'humecter fortement, ne paraît pas provoquer la formation du nitrate d'ammoniaque déliquescent: il en résulte que la poudre picrique est d'une conservation facile, et que la fabrication n'en présente aucun danger, puisqu'il est possible, sans altérer la stabilité du mélange, d'opérer sur des matières humides, en appliquant les procédés de compression et de granulation en usage pour la poudre ordinaire.

APPENDICE.

SUBSTANCES DIAZOTÉES.

A l'acide picrique se rattache un petit nombre de corps diazotés, découverts par Griess, qui les a obtenus par le traitement de certains dérivés de la benzine. Ces corps, extrêmement intéressants au point de vue chimique, sont explosifs et d'une sensibilité extraordinaire. On a proposé de les appliquer à la fabrication des capsules; mais le danger que présente leur maniement s'est jusqu'à présent opposé à leur adoption définitive.

L'*aniline fulminante*, qui n'est autre que du nitrate de benzine diazotée ($C^{12}H^5Az^2.AzO^6$), se prépare en introduisant dans une solution de nitrate d'aniline des vapeurs d'acide azoteux. Elle détone moins facilement par le frottement et plus facilement par une élévation de température que le fulminate de mercure.

Caro et Griess ont fait breveter en Angleterre un procédé de fa-

brication du *chromate de benzine diazotée*, consistant à mélanger 1 équivalent de chlorhydrate d'aniline avec 2 équivalents d'acide chlorhydrique, à traiter la liqueur à froid par 1 équivalent d'azotite de chaux en solution concentrée, et à précipiter le chromate par un mélange de 1 équivalent de chromate acide de potasse avec 1 équivalent d'acide chlorhydrique.

CHAPITRE V.

FULMINATES.

§ I.

FULMINATE DE MERCURE.

Le *fulminate de mercure* ou *mercure fulminant* a été découvert par Howard en 1799; ses propriétés éminemment explosives ont tout d'abord empêché de le soumettre à des expériences suivies. La composition exacte des fulminates a été, pour la première fois, établie par les travaux célèbres de Liebig et de Gay-Lussac; Berzélius et Wöhler se sont également occupés du fulminate de mercure. Enfin, Kékulé a récemment fait connaître, avec une approximation suffisante, la constitution chimique des fulminates.

I. FABRICATION.

Les matières premières nécessaires pour la préparation du fulminate de mercure sont : le mercure, l'acide nitrique et l'alcool. Le degré de concentration de ces deux derniers liquides varie peu suivant les procédés.

Howard faisait réagir, sur 1 partie de mercure, 5 parties d'acide nitrique (densité 1,3) et 10 d'alcool (densité 0,83). Ces proportions sont aujourd'hui sensiblement modifiées.

a) Procédé de Chandelon.

D'après Chandelon, on verse 1 partie de mercure dans un grand vase, et on le dissout dans 10 parties d'acide nitrique (densité 1,4)