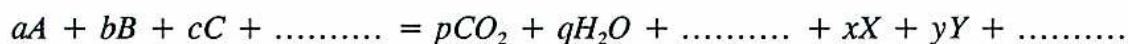


Le second membre contiendra tous les produits transformés qui pourront être de deux sortes :

- *en partie gazeux (CO_2 , H_2O , N_2 , etc.)*
- *en partie solides, fondus (X, Y, Z,)*

l'équilibre entre les deux membres assurant la connaissance du nombre de moles des constituants du second.

L'équation complète de décomposition sera de la forme :



Si le premier membre de l'équation de décomposition de l'explosif ne porte pas à critique (parce qu'il s'agit de constituants bien connus), on ne peut en dire autant du second, qui traite des produits résultant de la détonation.

Dans ce qui précède, l'hypothèse simple est faite que la réaction est du type à combustion complète, c'est-à-dire qu'elle n'est susceptible de donner que des produits complètement oxydés (tels, en plus de N_2 qui reste inchangé, des gaz comme CO_2 , H_2O , SO_2 , etc. et des solides comme Al_2O_3 , CaCO_3 , etc.).

Dans ce cas, l'oxygène en excès dans la formule se retrouve tel quel dans le second membre de l'équation, au même titre que les autres gaz.

Le bilan d'oxygène en %, d'un corps quelconque de formule brute $\text{C}_c \text{H}_h \text{O}_o \text{N}_n$ peut par ailleurs être déterminé par la relation :

$$\% \text{O}_2 = \frac{-1600 (2c + h/2 - o)}{\text{poids moléculaire}}$$

Un bilan d'oxygène légèrement négatif (-1 à -3 % par exemple) se calculera encore comme ci-dessus, l'oxygène déficitaire étant simplement mentionné comme tel (c'est-à-dire précédé du signe -) dans le second membre de l'équation.

Les bilans fortement négatifs ne se rencontrent pas en explosifs industriels; la décomposition serait dans ce cas trop anormale et aboutirait à des imbrûlés tels que C et à des gaz toxiques tels que le CO.

4.1.2. Puissance théorique

Les tables thermodynamiques donnent les chaleurs de formation de tous les corps faisant partie des deux membres de l'équation de décomposition que l'on vient d'établir.

On appelle puissance théorique Q_v , la chaleur dégagée par la réaction de décomposition c'est-à-dire la différence entre la somme des chaleurs de formation des corps du premier membre de l'équation et la somme des chaleurs de formation du second membre. Elle s'exprime en kilocalories ou en kilojoules par kg d'explosif. Une mesure (approximative) peut en être obtenue au moyen d'une bombe calorimétrique.

On exprime aussi parfois la puissance théorique sous forme de potentiel P de l'explosif; on utilise alors la loi de Joule.

$$P = JQ$$

J étant l'équivalent mécanique de la chaleur.

Il n'arrive jamais bien entendu en pratique que l'explosif fournisse toute la puissance théorique dont il dispose.

4.1.3. Volume des gaz

Le volume des gaz formé par la réaction est également très important à connaître, puisqu'il a été vu déjà que leur détente était en grande partie responsable du travail accompli.

C'est encore une fois l'équation de décomposition de l'explosif qui servira de base de calcul : il suffit pour trouver le volume gazeux de transformer en litres le nombre total des mûles de gaz qui figure dans le second membre de cette équation, sachant qu'une mûle de n'importe lequel d'entre eux représente 22,4 l.

Le volume total, appelé V_0 pour marquer que les calculs sont établis pour des produits ramenés à pression atmosphérique et à température 0 °C, s'exprime en l par kg d'explosif.

4.1.4. Température d'explosion

L'équation de décomposition va servir une fois de plus de point de départ au calcul de la température des produits de l'explosion t , exprimée en degrés centigrades. On supposera que l'énergie libérée par la réaction (Q_v) servira à échauffer les gaz formés jusqu'à la température t recherchée, selon la relation :

$$C = Q_v / t$$

C étant la chaleur spécifique de ces gaz.

4.2. Caractéristiques pratiques (mesurées).

4.2.1. Densité

La densité est une caractéristique importante car elle a une nette influence sur certaines des autres caractéristiques mesurées qui vont suivre. D'autre part, elle permet d'estimer à l'avance la densité de chargement, c'est-à-dire le degré de remplissage des fourneaux une fois que l'explosif (vrac ou cartouche) y aura été introduit.

A autres caractéristiques égales, un explosif de densité supérieure est toujours plus avantageux car il permet un gain appréciable sur le forage.

Il existe aussi pour la plupart des explosifs une densité critique au-dessus de laquelle l'explosif ne détone plus.

Selon le cas, la densité apparente se détermine :

- *en mesurette graduée, avec ou sans tassement, pour les produits en vrac;*
- *par mesure exacte des dimensions (longueur, diamètre) et du poids des cartouches;*
- *dans le cas général, le plus souvent, par double pesée des cartouches dans l'air (poids P_1) et sous l'eau (poids P_2).*

$$\text{On a : } d = \frac{P_1}{P_1 - P_2}$$

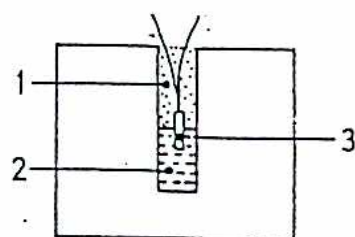
4.2.2. Puissance

La puissance théorique a été discutée plus avant. En pratique, plusieurs méthodes de mesures expérimentales sont utilisées : le bloc de plomb, le mortier balistique, et l'énergie de bulles (ou des gaz).

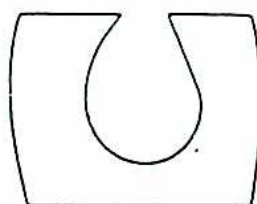
a) Au bloc de plomb, la puissance est déterminée par l'évasement produit dans le bloc par la détonation d'une charge d'explosif. Les dimensions du bloc ont été internationalisées en 1902 déjà (diamètre 200 mm, hauteur 200 mm, cavité cylindrique axiale de diamètre 25 mm, profonde de 125 mm); il est donc le même partout, mais les modalités de l'épreuve peuvent varier de pays à pays.

En Belgique, en Italie et en Allemagne, on tire 10 g d'explosif, en papier d'étain et on retire de l'évasement obtenu, le volume de la cavité initiale du bloc et celui dû à l'effet du détonateur (soit en tout 70 ml); l'acide picrique est pris comme explosif de référence.

La France détermine le coefficient d'utilisation pratique (C.U.P.). On compare toujours l'effet produit dans le bloc par l'explosif à celui de l'acide picrique pris comme étalon. Le C.U.P. est calculé à partir du poids n d'explosif donnant le même évaseement net que 10 ou 15 g d'acide picrique.

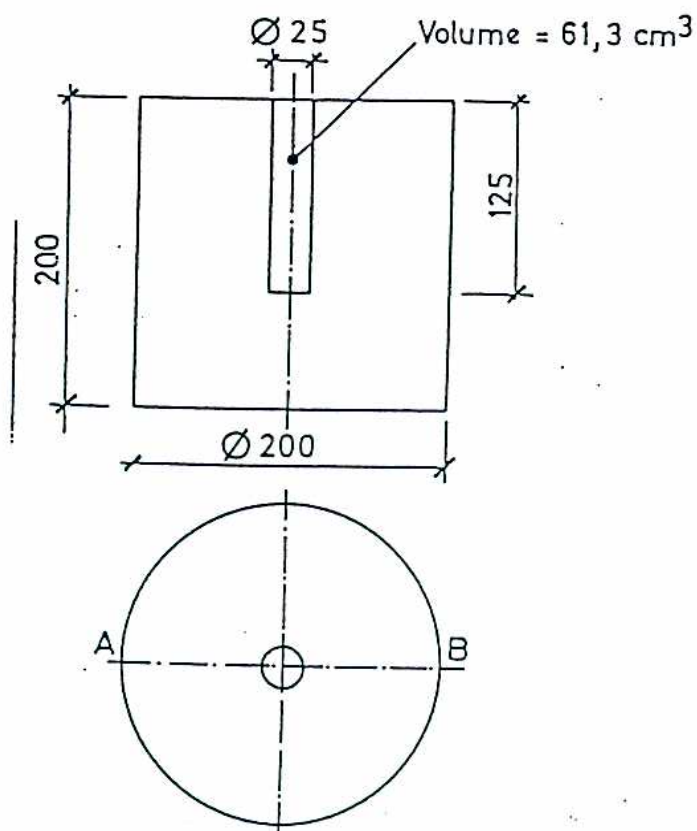


Avant tir



Après tir

- 1. Bourrage au sable
- 2. Explosif à tester
- 3. Détonateur



On applique la formule :

$$CUP = \frac{100 \times 15}{n}$$

ou

$$CUP = \frac{100 \times 10}{n}$$

b) Le Travail au mortier balistique (T.M.B.) est essentiellement utilisé dans les pays anglo-saxons. Un mortier d'acier fermé par un projectile est suspendu à un long bras de pendule monté sur couteaux; on y fait détoner 10 g de l'explosif à examiner. Les gaz de la détonation chassent le projectile du mortier; le recul de ce dernier (angle a) est inscrit automatiquement par un dispositif d'enregistrement; on rapporte les valeurs obtenues à celle d'un explosif de référence (blasting gelatine, acide picrique, TNT) (angle a_1).

On fait la moyenne de 10 essais et on calcule la puissance de l'explosif en "weight strength" (WS) par rapport à la puissance de l'explosif de référence selon :

$$R_{ws} = \frac{100 (1 - \cos a)}{(1 - \cos a_1)} \%$$

Les deux méthodes expérimentales décrites ci-avant, ont le désavantage de porter sur des quantités d'explosifs très faibles; dans ces conditions, les explosifs à faible sensibilité ou à diamètre critique élevé ne donnent pas une réaction totale des constituants.

c) Mesure de l'énergie de bulles.

C'est la raison pour laquelle la méthode d'énergie de bulles a été mise au point; elle permet en effet de déterminer l'énergie émise par des charges de plusieurs kg, en diamètres identiques à ceux des fourneaux de la pratique.

L'idée de recourir au procédé d'explosion sous l'eau fut surtout étudiée par Cole à partir de 1948; les avantages apparaissent immédiatement :

des charges importantes peuvent être mises à feu; le milieu aqueux existe en abondance; il est bien défini et uniforme; il ne faut pas forer et qui plus est, l'eau arrête les fragments éventuels, élimine le bruit, et les effets produits sont tout de suite mesurables.

En pratique, les explosifs sont introduits, sans modification de densité ou de structure, dans des tubes en acier ou en PVC rigides de 400 mm de long; le diamètre intérieur des tubes est de 80 à 100 mm; l'épaisseur des parois de 1,5 à 3 mm.

Le poids d'explosif mis en oeuvre varie selon la densité et le diamètre des charges; il reste compris entre 2 et 4 kg.

Les tubes sont fermés hermétiquement et lestés lorsque la densité ou la faible résistance à l'eau de l'explosif l'exigent.

L'amorçage est réalisé soit par un détonateur ordinaire, soit par un cordeau détonant, soit par un relais d'explosif puissant.

Les conditions d'immersion peuvent varier selon le plan d'eau dont on dispose. En général, la charge est immergée aux 2/3 de la profondeur totale (pour bien faire celle-ci doit être de 15 à 20 m) et à la plus grande distance possible des parois ou des berges.

On travaille en comparaison avec un explosif de référence (Dynamite ou TNT).

En détonant, l'explosif engendre une onde de choc sphérique qui se propage avec les mêmes vitesse et intensité dans toutes les directions; elle permet d'évaluer l'énergie de choc rayonnée; d'autre part les gaz forment une bulle dont la taille croît rapidement en raison de la surpression qui existe entre les gaz et l'eau. L'inertie du système fait que la dilatation des gaz se poursuit au-delà du moment où l'équilibre des pressions est atteint; la bulle se met alors à osciller en contractions et dilatations successives; la durée de l'oscillation est liée à l'énergie des gaz. On se contente en Belgique de mesurer cette dernière.

4.2.3. Vitesse de détonation.

Comme on l'a vu, la détonation d'un explosif est une réaction exothermique rapide qui prend naissance dès qu'une certaine activation - à l'origine généralement sous la forme d'un choc - apporte assez d'énergie que pour permettre aux molécules initiales (celles que l'on trouve dans le premier membre de l'équation de décomposition) de se transformer en de nouvelles molécules (celles du second membre), avec libération d'énergie.

La vitesse de l'onde une fois stabilisée caractérise la vitesse de détonation de l'explosif.

De nombreux dispositifs expérimentaux ont été imaginés pour la mesurer.

Quel que soit celui que l'on emploie, il faut chaque fois exprimer le résultat en indiquant :

- le type d'amorçage utilisé,*
- le diamètre de la cartouche,*
- la densité de l'explosif,*
- la nature du confinement s'il y en a un,*

car tous ces paramètres influent sur le chiffre trouvé.

Les procédés électroniques de mesure des temps (chronographes) sont couramment utilisés.

La méthode de Dautriche (voir figure page suivante) se base sur le fait qu'un processus de mouvement linéaire rapide, de vitesse connue, prend l'avance sur un processus moins rapide de vitesse inconnue, l'avance étant une fonction simple du rapport des deux vitesses.

La vitesse de détonation V de l'explosif est ainsi mesurée en comparaison avec la vitesse de détonation v régulière et bien déterminée d'un cordeau calibré.

Le schéma est décrit ci-après : l'onde issue de l'amorçage se divise en 2; elle suit d'une part, dans l'explosif à étudier, le chemin AB (longueur connue), à la vitesse recherchée V ; d'autre part, elle suit aussi le chemin AMB dans le cordeau de vitesse connue v .

En B , l'onde se divise à nouveau, une partie faisant détoner le bout de la cartouche, l'autre suivant le chemin BMA dans le cordeau, à vitesse v .

L'onde venant de A et celle venant de B le long du cordeau se rencontrent en un point T qui donne sur la plaque-témoin une empreinte bien marquée, facile à repérer; M , milieu du brin de cordeau est repéré à l'avance sur la plaque.

4.2.4. Brisance.

La brisance d'un explosif caractérise son pouvoir de fragmentation d'un matériau placé en son voisinage.

Théoriquement, les paramètres importants qui influencent celle-ci sont la pression de détonation, la vitesse de l'onde (V) et la densité de l'explosif (d); la pression étant difficile à calculer, on préfère la remplacer par la vitesse, à laquelle on sait qu'elle est proportionnelle, si bien qu'on aboutit à une expression de la forme : $B = d \cdot V^2$.

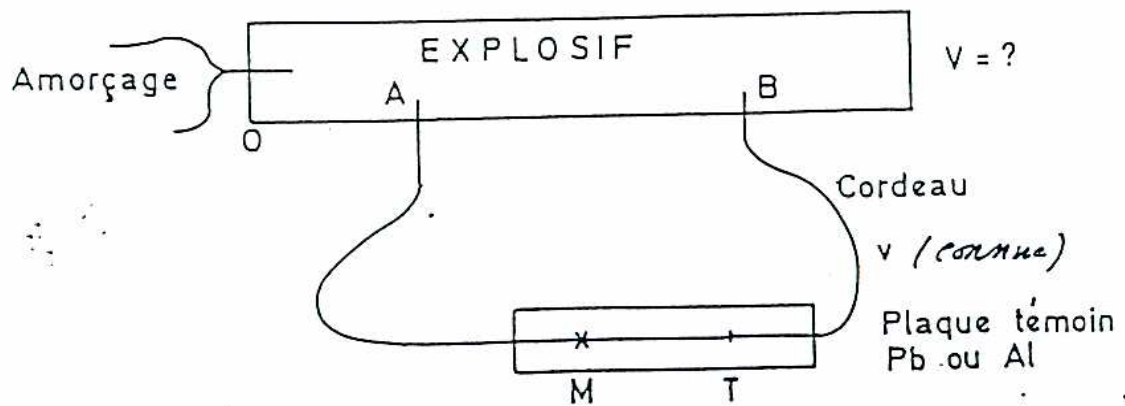


Figure 2 - Méthode de Dautriche
Vitesse de détonation

V = vitesse inconnue à mesurer

v = vitesse connue du cordeau AMTB

M = milieu du cordeau

T = point de rencontre des ondes venant de A et B

Temps mis pour parcourir ABT = Temps mis pour parcourir AMT

$$\frac{AB}{V} + \frac{BT}{v} = \frac{AT}{v} \quad \text{ou} \quad \frac{AB}{V} = \frac{AT - BT}{v}$$

$$V = v \frac{AB}{AT - BT} = v \frac{AB}{2 MT}$$

Précaution à prendre : OA = au moins 3 $\emptyset$

Pratiquement quelques méthodes expérimentales ont été imaginées pour donner de la brisance une valeur relative qui n'est d'ailleurs pas en relation avec le B calculé ci-dessus.

La méthode de Hess est basée sur l'écrasement d'un cylindre en plomb; celle de Kast (voir figure page suivante), sur l'écrasement d'un petit cylindre en cuivre (crusher).

*Ces méthodes ont, comme la puissance, l'inconvénient d'employer de **petites quantités d'explosif** (10 g), non confiné de surcroît. Elles ne sont pas représentatives de la réalité - surtout avec les explosifs modernes peu sensibles - et sont tombées en désuétude.*

4.2.5. Aptitude.

La notion d'aptitude qui se divise en :

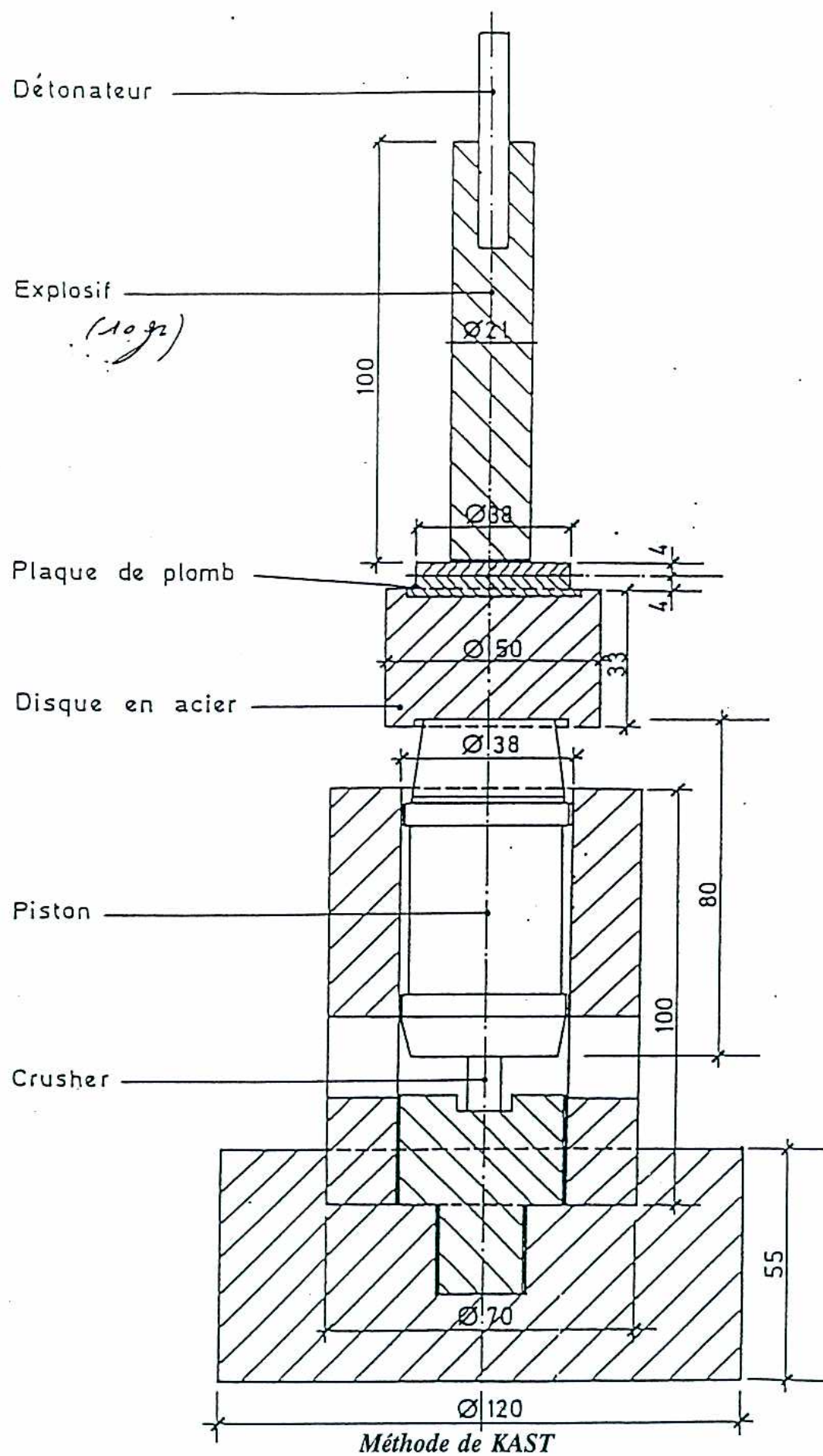
- aptitude à détoner*
- aptitude à transmettre la détonation*

est une caractéristique purement expérimentale de l'explosif.

*a) L'aptitude à détoner, appelée aussi **sensibilité à l'amorçage**, est déterminée pour connaître la plus petite amorce qui entraîne à coup sûr la détonation complète d'une charge.*

On se contente généralement de faire détoner à l'air libre, une cartouche industrielle -ou une série de 3 à 4 cartouches jointives - au moyen de détonateurs de puissances décroissantes.

On repère le résultat par l'empreinte laissée par l'explosif sur un lit de sable ou une plaque-témoin, ou encore par la détonation d'un morceau de cordeau placé en bout de charge.



Pour les explosifs peu sensibles, l'essai peut avoir lieu sous un certain confinement, en carton, voire même en acier. Le résultat de toute manière sera toujours accompagné de la densité de chargement de l'explosif, ainsi que d'une description du confinement éventuel.

*Une variante importante consiste à garder l'amorce constante. Le plus petit diamètre à partir duquel la détonation stable à l'air libre sur une longueur suffisante est encore réalisable, est appelé **diamètre critique de l'explosif** pour l'amorce considérée.*

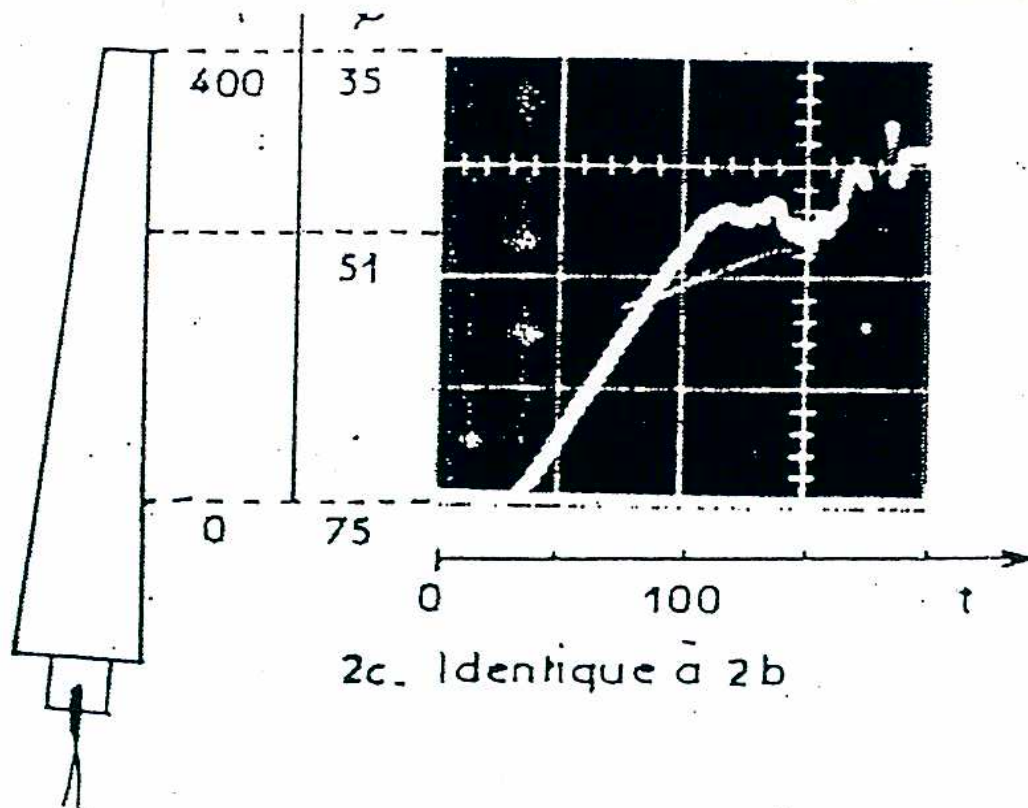
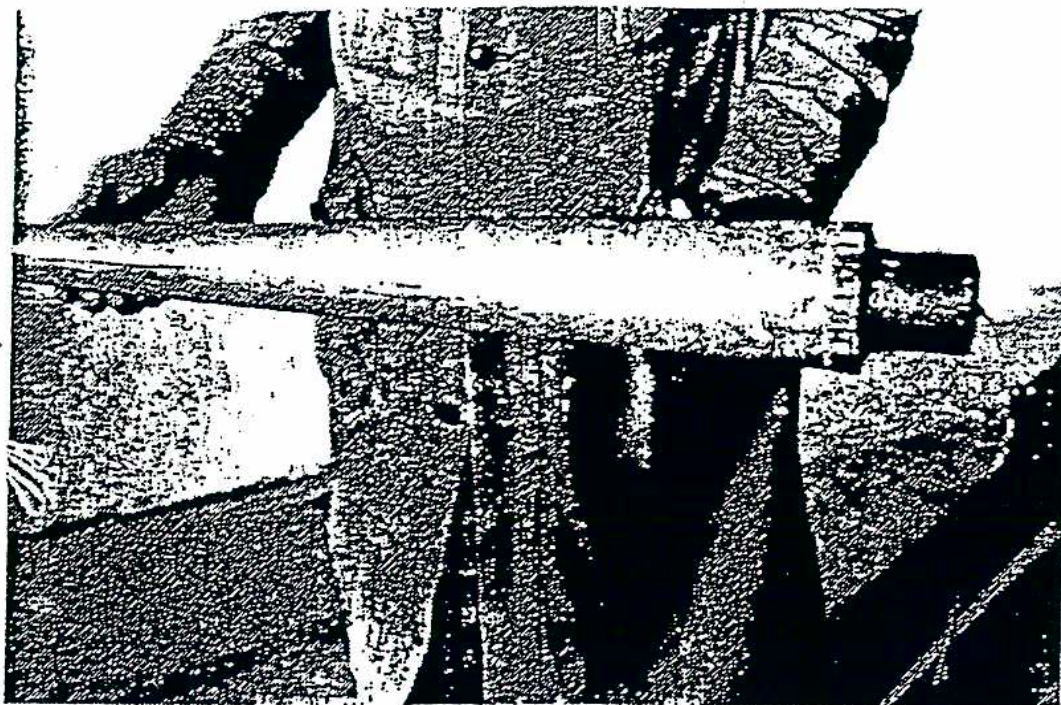
***Le diamètre critique de détonation** est, par définition, le plus petit diamètre à partir duquel la détonation d'un explosif est possible à l'air libre.*

Il peut être déterminé grossièrement en tirant une charge en forme de tronc de cône amorcée du côté du plus gros diamètre. Cette mesure est confirmée par des tirs de charges cylindriques (voir figure).

Bien que l'utilisation dans un trou de mine puisse, du fait du confinement exercé par les terrains, abaisser la valeur du diamètre critique de détonation de l'explosif, il est évidemment souhaitable que le diamètre du trou soit supérieur au diamètre critique de détonation mesuré à l'air libre.

Le diamètre critique de détonation conditionne le type de chantier où l'explosif peut être utilisé :

- *les explosifs destinés à une utilisation en travaux souterrains doivent avoir un diamètre critique de détonation relativement faible, compte tenu des valeurs usuelles des diamètres de foration en travaux souterrains (moins de 50 mm);*
- *en ciel ouvert où les diamètres de foration sont plus importants, on peut utiliser des explosifs à diamètre critique de détonation élevé.*



Mesure du diamètre critique de détonation

(avec enregistrement des phénomènes par sonde résistive continue.

Noter la détonation de 75 à 51 mm, puis son arrêt).

Enfin, pour les explosifs très peu sensibles, l'essai d'explosivité consiste à déterminer le nombre de détonateurs d'un type donné (n°8 en général) nécessaire pour porter une cartouche à détonation dans un diamètre déterminé (50 mm).

- b) L'aptitude à transmettre la détonation fait intervenir à la fois la sensibilité à l'amorçage de l'explosif et sa capacité à transmettre la détonation à distance, cette dernière se propageant à partir d'une charge dite initiatrice, au-delà d'un intervalle de matière étrangère, jusque dans une charge non amorcée dite charge réceptrice. La matière étrangère prise en considération est l'air mais on peut concevoir, le cas échéant, que ce soit du poussier ou tout autre intercalaire qui se rencontre en pratique.

L'essai permet de s'assurer que l'intercalation accidentelle d'air ou d'autres matières entre les cartouches dans les trous chargés, n'empêchera pas la détonation de toute la charge.

En Belgique, la méthode officielle consiste dans le tir en suspendu dans l'air, de 3 cartouches de 100 g d'explosif (2 pour la charge initiatrice, 1 pour la charge réceptrice); si le poids unitaire est supérieur à 100 g, on n'utilise que 2 cartouches (une initiatrice et une réceptrice). On fait varier la distance entre les deux cartouches et six essais consécutifs positifs (c'est-à-dire avec l'explosion de la réceptrice) caractérisent, en cm, l'aptitude à la transmission.

En France, les deux cartouches sont posées sur des plaques en plomb qui reposent elles-mêmes sur un support en acier par l'intermédiaire de deux cylindres d'acier; l'expression du résultat est différente de ce qui se fait dans les autres pays, l'aptitude se caractérise par le coefficient de transmission de la détonation (C.T.D.) qui est la moyenne entre la distance maximale assurant trois transmissions consécutives et la distance minimale donnant trois non-transmissions consécutives.

C'est cette manière de voir, combinée avec l'essai belge en suspendu, qui a servi de base à la méthode normalisée internationale.

Ces dernières années, pour se rapprocher des conditions de la pratique, la tendance a été d'effectuer l'épreuve de transmission avec des cartouches placées dans un confinement fort (tube d'acier) ou semi-fort (tubes plastiques ou en charbon ciment); l'exécution de l'essai se déroule comme pour les tirs à l'air libre, mais toujours avec deux cartouches; cette façon de procéder a déjà été normalisée dans le cas des explosifs pour charbonnages.

Il faut bien noter que l'essai d'aptitude à la transmission de la détonation n'est requis que pour des cartouches de petits diamètres (< 40 mm).

4.2.6. Epreuves de sensibilité chocs et frottements

Ces épreuves sont relatives à la sécurité de l'explosif lors de sa fabrication, son stockage et son utilisation.

- a) Dans ce cadre, un essai particulièrement important paraît être la sensibilité aux chocs, où on laisse tomber sur une petite quantité d'explosif une masse de poids et de hauteur de chute variable (voir figure page suivante).*

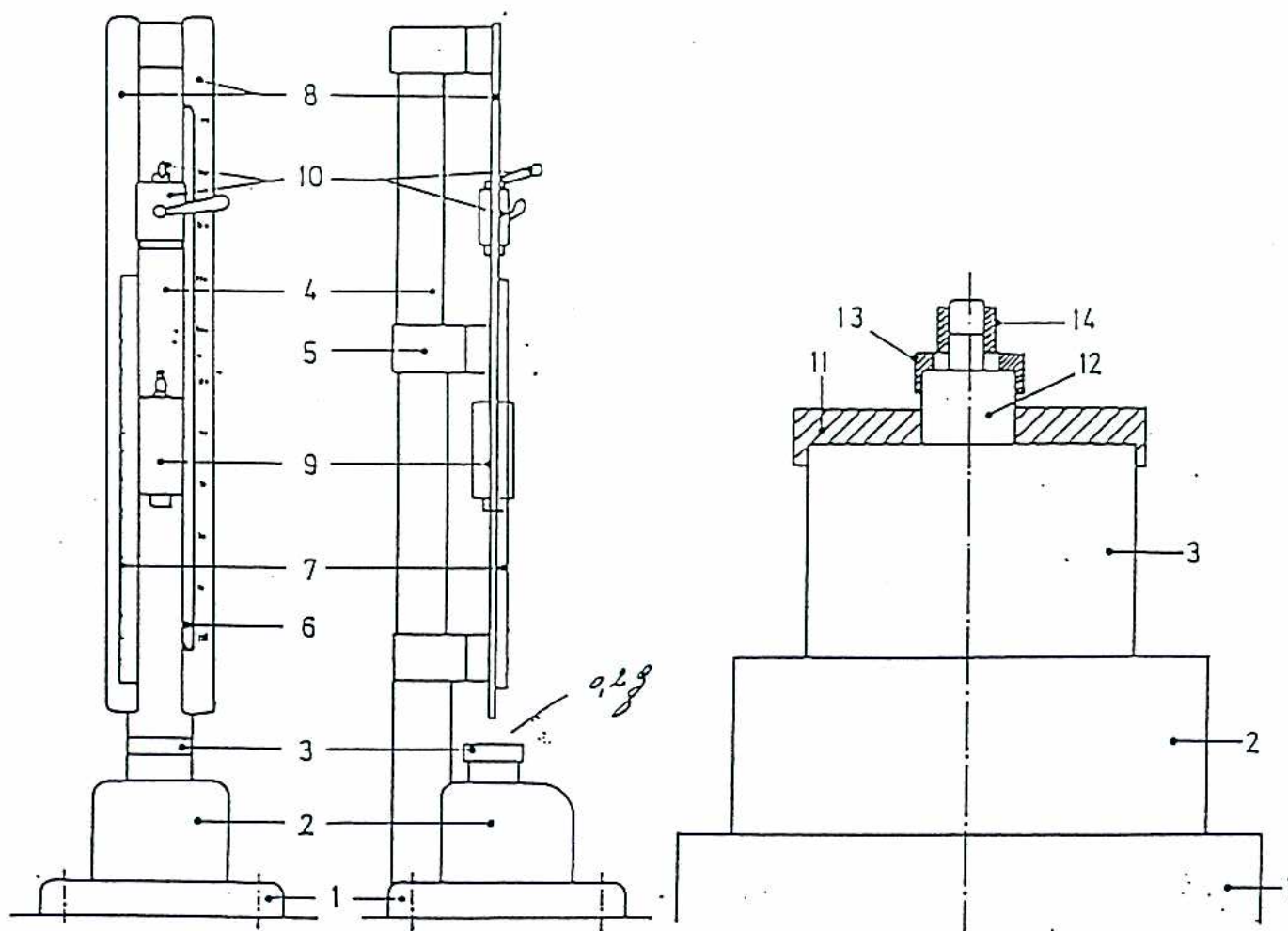
En Belgique, dans l'essai standardisé par l'Administration des Mines, les poids (0,5 à 10 kg) tombent librement de toutes les hauteurs comprises entre 0 et 200 cm sur une pastille d'explosif préparée volumétriquement et pesant environ 0,2 g, posée sur une enclume en acier.

On recherche la plus grande hauteur de chute pour laquelle on obtient dix non-explosions consécutives à la pastille.

Le marteau généralement employé pour les explosifs civils est de 2 kg.

- b) Dans le même ordre d'idées, on détermine aussi la sensibilité aux frottements.*

La plupart des pays utilisent l'appareil de Koenen et Ide standardisé en Allemagne par la BAM et reconnu par l'Administration des Mines de Belgique.



Vue générale de face et de côté

Partie inférieure

1. Embase, 450 x 450 x 60
2. Bloc en acier, 230 x 250 x 200
3. Enclume, 100 (Ø) x 70
4. Bras
5. Traverse médiane
6. 2 glissières
7. Crémaillère
8. Règle graduée
9. Mouton
10. Dispositif de suspension et de déclenchement
11. Plaque de centrage
12. Enclume intermédiaire (interchangeable), 26 (Ø) x 26
13. Anneau de centrage avec perforations
14. Dispositif de percussion.

Sensibilité aux chocs - Schéma de l'appareil (dimensions en mm)

Une petite quantité d'explosif (environ 10 mm³) est posée entre une plaque et un crayon en porcelaine; le crayon supporte les poids qui, grâce à un bras de levier, peuvent varier de 0 à 36 kg; le frottement est assuré par un mouvement de va-et-vient du crayon sur la plaque; un simple mouvement aller-retour suffit. On détermine le poids le plus grand pour lequel on obtient six non-réactions (explosions ou combustions) consécutives de l'explosif. La plaque de porcelaine est remplacée après 4 essais; le crayon sert 8 fois en moyenne. Cependant, en Grande-Bretagne et aux USA, on emploie le plus souvent l'appareil de Browden et Yoffe dans lequel un sabot métallique suspendu à un balancier, frotte en tombant sur l'explosif réparti sur une enclume; l'angle formé par le balancier avec la verticale détermine la force du frottement.

4.2.7. Stabilité et comportement à la chaleur

- a) stabilité des explosifs, le plus souvent à la chaleur, à l'aide du test Abel à 70 °C pour les explosifs à base de Nitroglycérine, complété ou souvent même remplacé par le test ADR pendant 48 h à 75 °C, qui s'adapte mieux à tous les explosifs.*
- b) comportement à la chaleur, soit par application d'un fer rouge sur un peu de matière explosive (essai DI), soit par combustion en cassette d'acier fermée, soit encore par échauffement en douille d'acier avec disque à lumière calibrée.*

4.2.8. Résistance aux sollicitations climatiques

Selon les conditions d'utilisation, on peut attendre des explosifs qu'ils aient certaines aptitudes à supporter les sollicitations climatiques comme l'humidité, le gel ou les températures atmosphériques élevées.

L'humidité réduit la sensibilité à l'amorce et l'aptitude à la transmission de la détonation. Les gels y sont pratiquement insensibles, les dynamites-gommes également. Les dynamites pulvérulentes et les explosifs nitrates sont moins résistants à l'eau. Quant au nitrate-fioul, il est tellement soluble que son utilisation est impossible lorsque les trous de mine contiennent de l'eau.

L'effet des basses températures se manifeste surtout par la modification de la sensibilité à l'amorce et de l'aptitude à la transmission qui sont en général abaissées. Le pompage des explosifs pompables peut être rendu difficile par accroissement de viscosité.

Une dynamite qui a gelé est très sensible au choc. Mais en fait les dynamites sont faites avec un mélange nitroglycérine/dinitroglycol 50/50 qui leur assure de bonnes propriétés jusque vers - 10 °C.

La chaleur peut provoquer une exsudation de la nitroglycérine qui est très dangereuse: la cartouche doit alors absolument être détruite avec précaution. Mais l'effet le plus courant d'une élévation de température (30-40 °C) sera un ramollissement de la cartouche et une accélération du vieillissement de l'explosif.

Pour toute utilisation particulière ne faisant pas l'objet d'autorisations spéciales (tir sous eau, tir en masse chaude, tir en terrains gelés), il est indispensable de consulter le fournisseur ou le Cerchar.

4.2.9. Durée limite de conservation

Au bout d'une certaine durée de stockage, certains explosifs peuvent devenir dangereux (dynamites exsudant la nitroglycérine) ou perdre leurs qualités explosives. A quelques exceptions près, la durée limite de conservation des explosifs n'est pas fixée réglementairement. Il est conseillé de se renseigner auprès des fournisseurs, car certains explosifs peuvent avoir une durée de conservation réduite.

4.2.10. Fumées de tir

La décomposition des explosifs par détonation sous confinement entraîne la production de 150 à 500 l de gaz par kilogramme d'explosif (hors vapeur d'eau). Ces fumées contiennent de 2 à 15 % de monoxyde de carbone (CO) et de 0,01 à 5 % de vapeurs nitreuses (NO et NO₂). Ces gaz sont considérés comme toxiques (ils provoquent des maux de tête, toux, irritations, ...) à partir de concentrations très faibles dans l'atmosphère du chantier.

Les concentrations admissibles conseillées sont :

NO_x 5 ppm durant 8 heures

30 ppm en pointe

10 ppm durant 5 - 15 minutes

CO 50 ppm durant 8 heures

50 à 100 ppm durant moins de 30 minutes

100 ppm : intoxication; 250 ppm : inconscience; 750 ppm : mort

CO₂ seuil plafond 12.500 ppm - ne pas dépasser 5.000 ppm.

Ces concentrations sont toujours dépassées pendant une période de quelques minutes immédiatement après le tir dans les chantiers souterrains.

La production de gaz toxiques d'un explosif n'est pas à proprement parler une caractéristique intrinsèque de l'explosif, car elle dépend beaucoup des conditions de tir : mode d'amorçage, résistance et fracturation des terrains, résistance du bourrage, séquence d'amorçage, etc. De même, les concentrations en gaz toxiques atteintes après le tir dans l'atmosphère du chantier dépendent de l'importance de la charge, de la section de la galerie en cours de creusement, du débit et de l'organisation de l'aérage, etc. D'autre part, la mesure de ces concentrations dans un chantier n'est pas aisée.

L'épreuve consiste à tirer une charge d'explosif de 750 g derrière bourrage dans un mortier d'acier simulant le trou de mine, à l'intérieur d'une chambre étanche de 15 m³.

On analyse la composition de l'atmosphère de la chambre après tir et on en déduit les productions de monoxyde de carbone (CO) et de vapeurs nitreuses (NO_x) exprimées en litre par kilogramme d'explosif. L'indice de toxicité permettant le classement des différents explosifs est défini par $IT = CO + 5 NO_x$. Il est également exprimé en litres par kilogramme d'explosif.

L'expérience acquise en hygiène et toxicologie a conduit à considérer comme satisfaisant un explosif dont l'indice de toxicité est inférieur à 50 l/kg.

4.2.11. Effets d'une explosion

Pour mesurer les effets d'une explosion, au lieu d'utiliser des unités absolues d'énergie, on utilise une grandeur relative qui fait appel à l'énergie d'explosion d'un explosif de référence, le T.N.T.

On remplace donc l'explosif en cause par une quantité équivalente de T.N.T., appelée "équivalent T.N.T."

Le "T.N.T. standard" correspond à une énergie de 4.610 kJ/kg.

Le tableau ci-dessous reprend les valeurs moyennes de la puissance, la brisance et l'aptitude à transmettre la détonation pour des explosifs encartouchés (25-30 mm de diamètre).

	<i>Puissance relative</i>	<i>Brisance relative</i>	<i>Aptitude à transmettre la détonation (cm)</i>
<i>dynamites blasting (*)</i>	1,8	1	4
<i>dynamites ordinaires</i>	1,3 - 1,5	0,7 - 0,9	4 - 9
<i>brisants</i>	1,1 - 1,35	0,6	4 - 7
<i>sécurité, grisou, poussières (SGP)</i>	0,6 - 0,85	0,4 - 0,7	3 - 8

(*) vitesse de détonation : 8.000 m/s

5. NATURE DES EXPLOSIFS. (1, 2, 5)

5.1. La Poudre Noire.

5.1.1. Généralités.

Le plus ancien des explosifs a également été pendant longtemps le seul explosif industriel couramment utilisé.

Bien que poudre, à régime explosif déflagrant et non détonant, elle est encore employée pour l'abattage, là où un effet de poussée non destructif est souhaité; son emploi est cependant en nette régression.

5.1.2. Production.

La Poudre Noire n'est plus fabriquée en Belgique, mais importée d'Allemagne ou de France.

Sa fabrication est délicate à cause de la difficulté d'obtenir un mélange intime des constituants.

5.1.3. Compositions-types.

75,00 KNO_3 ou $NaNO_3$	62,00 KNO_3 ($NaNO_3$)	75,00 KNO_3 ($NaNO_3$)
12,50 S	20,00 S	10,00 S
12,50 C (charbon de bois)	18,00 C	15,00 C
Pulvérin d'allumage	Poudre d'abattage	Composition optimale

5.1.4. Propriétés.

En général, il est peu logique d'appliquer à la poudre noire les méthodes de calculs et de mesures explicitées - pour les véritables explosifs - dans le chapitre précédent.

Si on le fait cependant, on trouve que la poudre noire a un Q_v de 725 Kcal/kg et un V_o de 275 l/kg tandis que l'essai pratique de puissance au bloc de plomb équivaut à un évasement de 120 à 140 cm³ (caractéristique particulièrement faible); on ne parlera pas non plus de vitesse de détonation mais de combustion de l'ordre de 5 à 15 m/sec selon la granulométrie des grains et leur densité; dans le cas limite d'une déflagration de la poudre, cette vitesse n'excédera pas 500 m/sec.

On connaît cependant des cas où la vitesse a atteint accidentellement 900 m/sec.

5.1.5. Usages.

La poudre agira donc par un effet de poussée assez lent des gaz sur les roches qu'elle abattra sans les casser : ce résultat est souhaité dans certaines carrières spéciales de marbre et d'ardoise. On l'utilise aussi dans les mèches de sûreté et pour l'allumage de certaines poudres militaires et des feux d'artifices.

5.1.6. Dangers et inconvénients.

La poudre noire est à juste raison considérée comme très dangereuse :

- *Bien que sa température d'inflammation soit de l'ordre de 240 à 300 °C, elle s'enflamme très aisément, car elle est très sensible aux chocs, à la friction, aux particules incandescentes et aux étincelles; lorsque l'inflammation s'est produite, la déflagration est le plus souvent de règle et on ne peut guère espérer arrêter le phénomène par un noyage.*
- *Elle forme aussi facilement avec l'air des nuages explosifs, à cause des poussières très fines qu'elle peut produire.*

- D'autre part, sa conservation est limitée car elle est très hygroscopique et la reprise d'humidité tend à diminuer sa sensibilité et sa vivacité.
- Sa vitesse varie avec la pression (le confinement), ce qui peut être la cause d'irrégularités.
- Les nombreuses particules solides incandescentes qu'elle émet (K_2CO_3 , K_2SO_4) caractérisent ses propriétés d'allumage, mais peuvent être source d'incendies accidentels.

5.2. Les Dynamites.

5.2.1. Généralités.

Ce sont les nombreux accidents graves survenus au siècle dernier lors de l'emploi de la Nitroglycérine qui ont donné naissance à la dynamite; cette dernière, en effet, dans l'esprit de son inventeur, Alfred Nobel, n'est rien d'autre qu'une Nitroglycérine relativement désensibilisée et donc d'une manipulation plus sûre.

Initialement, Nobel a fait absorber la Nitroglycérine par le kieselguhr, dans la proportion de 75/25, aboutissant ainsi à la Dynamite Guhr, première du nom.

Par après, le développement des Dynamites fut affaire de perfectionnement :

- au kieselguhr, matériau inerte, succédèrent des absorbants plus efficaces et plus réactifs, tels les farines de bois d'abord, la nitrocellulose ensuite, celle-ci ayant de surcroît des propriétés explosives certaines; le mélange Nitroglycérine - Nitrocellulose dans le rapport 93/7 s'appelle la Dynamite-gomme.