

NOTE SUR QUELQUES EXPÉRIENCES RÉCENTES

RELATIVES AUX

EXPLOSIFS DE SURETÉ

PAR

VICTOR WATTEYNE

Ingénieur principal des mines à Bruxelles.

[622.81]

De nombreuses expériences sur les explosifs dits de sûreté sont encore en cours d'exécution dans divers pays voisins, entreprises soit par l'initiative des gouvernements soit par celle des associations charbonnières.

Le danger bien connu du minage dans les mines grisouteuses ou poussiéreuses, joint à l'extrême difficulté sinon à l'impossibilité pratique de supprimer complètement l'emploi des explosifs, rend cette étude hautement intéressante pour tous ceux qui ont souci de la sécurité dans nos mines de houille.

Parmi les plus importantes de ces expériences il faut signaler celles qui se pratiquent en Westphalie au puits n° 3 de la mine Consolidation à Schalke près de Gelsenkirchen sous la direction de M. le Bergassessor Winkhaus.

Ces expériences se font sur l'initiative et aux frais de la caisse charbonnière de la Westphalie (*Westfälische Berggewerkschaftskasse*), institution reconnue et réglée par la

loi, placée sous la surveillance de l'Administration des Mines, et qui est alimentée par les sociétés charbonnières au prorata de leur extraction (1).

Description de l'Installation de Schalke.

L'installation consiste, comme plusieurs autres établies précédemment dans le même but, en une galerie artificielle s'ouvrant par une extrémité à l'air libre et, de l'autre, se terminant par un solide massif en maçonnerie dans lequel est enchâssé un canon d'acier destiné à recevoir les charges d'explosifs.

La galerie est aux deux tiers enterrée dans le sol tout contre un terris qui l'isole de deux côtés et permet de faire les expériences en toute sécurité.

Les dessins ci-annexés (Pl. I, fig. 1, 2 et 3), extraits des notices que M. Winkhaus a publiées dans le *Glück-auf* et dans le bulletin du *Nord of England Institute of mining and mechanical engineers*, notices auxquelles je fais de nombreux emprunts, font connaître tous les détails de l'installation.

La courte description suivante en complète les indications.

(1) Aux termes de ses statuts, cette caisse a pour objet tout ce qui est de nature à favoriser et à améliorer l'industrie minière en Westphalie et le soutien des entreprises qui portent profit à toutes ou à la plupart des mines de la région, et notamment :

1° L'entretien des écoles industrielles ou professionnelles, la confection de cartes géologiques ou minières, l'établissement de laboratoires d'expériences, la création ou la conservation de collections scientifiques.

2° La création et l'entretien d'œuvres ou de travaux utiles à l'industrie minière et notamment des canaux.

3° La contribution aux charges relatives à l'assurance contre les accidents et qui dépassent les responsabilités prévues par la loi : érection d'hôpitaux pour les victimes, installation de stations d'expériences au sujet du grisou et des accidents, etc.

I. *Galerie proprement dite.*

La galerie a 35 mètres de long et une section elliptique de 1^m.85 de hauteur et de 1^m.35 de largeur.

Ses parois se composent de planches jointives en sapin de premier choix, superposées en une triple enveloppe de façon à ce que les joints soient alternés et toujours recouverts.

L'épaisseur totale est de 60 millimètres.

Cette enveloppe est maintenue extérieurement par des cadres de même forme, en fer à double T, établis à 0^m.40 l'un de l'autre.

Des tirants longitudinaux *a* et *b* consolident l'ensemble en reliant les divers cadres entre eux et au massif de maçonnerie.

Des ouvertures de 0^m.20 de diamètre sont aménagées de distance en distance au sommet de la galerie ; elles sont fermées par des clapets en bois et servent de soupapes de sûreté.

En *d* est un trou d'homme qui remplit également le même office.

Le côté de la galerie tourné vers le local d'observation est garni de fenêtres *g* en verres de 25^{mm} d'épaisseur placés dans des cadres en fer avec intermédiaire de coussins d'asbeste à l'intérieur et de feuilles de caoutchouc à l'extérieur.

Dans le voisinage du massif de maçonnerie ces fenêtres sont à 1 mètre l'une de l'autre ; vers l'extrémité opposée l'intervalle qui les sépare est de 2^m.50.

A 5^m.10 du massif existe, à l'intérieur de galerie, une saillie en bois contre laquelle on peut placer un anneau elliptique en fer qui, formant ressort, se maintient en place par pression contre les parois de la galerie. Sur cet anneau

on peut tendre une feuille de papier assez épais qui isole entre elle et le massif de maçonnerie une chambre d'explosion de 10 mètres cubes de capacité.

On a trouvé inutile d'employer des papiers spécialement imperméabilisés; par suite de la manière d'opérer une légère fuite de gaz à travers la paroi n'a pas d'importance.

Au milieu de la chambre d'explosion et dans sa partie supérieure, un ventilateur horizontal à deux ailes inclinées, pouvant être mis en rotation rapide au moyen de roues dentées, sert à provoquer la diffusion du gaz et la mise en suspension des poussières.

Tout près de là une petite trémie K, de 2 litres de capacité, permet l'introduction de poussières.

II. *Massif de maçonnerie.*

Ce massif a 3 mètres de large, 3 mètres de long et 3^m.76 de hauteur. Il enveloppe la galerie d'essais sur une longueur de 1^m.10 à l'extérieur et de 0^m.80 à l'intérieur.

Deux canons en acier sont établis, l'un au pied, l'autre vers le milieu de la hauteur de la galerie; ils sont inclinés légèrement, de façon à ce que la direction des coups soit montante.

Ces canons sont en deux pièces; ils se composent d'un noyau intérieur de 0^m.165 de diamètre en acier très dur fretté à chaud d'une enveloppe en acier doux de 0^m.495 de diamètre.

Le noyau est creusé d'un trou de 0^m.46 de long et de 0^m.055 de diamètre destiné à recevoir les charges d'explosifs.

C'est le canon inférieur qui sert le plus souvent pour les expériences; le canon supérieur, dont l'orifice se trouve à hauteur des fenêtres d'observation, sert pour la constatation

des flammes ou des lueurs auxquelles donne lieu la déflagration des explosifs.

Un nouveau canon va être installé permettant des charges plus longues et se rapprochant davantage des trous de mines habituels.

Il est, comme les précédents, formé de deux pièces en acier dur et en acier doux.

La longueur est de 0^m.93, et le trou destiné à recevoir les charges a 0^m.75 de longueur et un diamètre de 0^m.04 seulement.

Les canons sont logés dans une couche de sable et sont appuyés, à la culasse, sur des disques en caoutchouc de 35^{mm} d'épaisseur séparés eux-mêmes de la maçonnerie par des disques en bois de saule, de 50^{mm} d'épaisseur.

Au-dessus des canons une ouverture est ménagée à travers le massif de maçonnerie, communiquant derrière celui-ci, à un petit ventilateur aspirant qui a pour but, après chaque expérience, de débarrasser la galerie des gaz et des poussières en suspension qui s'y trouvent.

Cette ouverture est fermée, pendant l'expérience, par un obturateur en bois qui se manœuvre de l'extérieur, de telle sorte qu'il n'est pas besoin de pénétrer dans la galerie tant que des gaz nuisibles s'y trouvent.

Il suffit de six à sept minutes d'aspiration pour débarrasser complètement la galerie des fumées les plus intenses.

III. *Production du gaz nécessaire aux expériences.*

Ce gaz est le grisou naturel, tel qu'il se trouve dans la mine, où l'on va le recueillir directement de la façon suivante :

Au puits n° 1 de Consolidation, à la surface duquel le champ d'expériences est établi, plusieurs couches grisou-

teuses forment, entre les niveaux de 430 mètres et de 530 mètres, une selle qui n'atteint pas le niveau supérieur.

Dans la couche supérieure, qui a 0^m.60 de puissance, on a creusé, entre le niveau inférieur et le crochon, une galerie suivant l'inclinaison de la couche et l'on a fermé cette galerie, aux deux extrémités, par des serremments.

Le serrement supérieur est traversé par un tuyau qui, par le touret, le bouveau et le puits, amène à la surface un volume de grisou d'environ 150 litres par minute. Les croquis Pl. I, fig. 4 et 5, font connaître cette disposition très simple.

Le débit de grisou persiste depuis cinq ou six ans. Déjà, plusieurs années avant la construction de la galerie d'essais, on se servait du gaz, ainsi obtenu, pour divers usages (éclairage, chauffage, etc.).

Le grisou est recueilli, près de la galerie d'essais, dans un double réservoir composé de deux tubes cylindriques, ayant chacun 6 mètres cubes de capacité et que l'on peut remplir et vider alternativement de façon à ce que l'on ait toujours du gaz à sa disposition.

La fig. 6, pl. I, suffit pour faire comprendre la disposition de cet appareil.

A sa sortie, le gaz est conduit dans la galerie d'essais par une ouverture *m* située vers le bas de celle-ci.

Un certain nombre d'installations d'expériences, du genre de celle que nous considérons, ont été alimentées par du gaz d'éclairage à défaut de grisou naturel.

Bien que des installations de cette nature aient pu rendre des services, le gaz d'éclairage se rapprochant du grisou par un grand nombre de ses propriétés, il est néanmoins hautement désirable que l'on se mette, dans la mesure du possible, dans les conditions de la mine même et que l'on essaie les explosifs avec le même gaz en présence duquel ils pourront se trouver dans les travaux.

D'ailleurs, il ne semble pas que l'on ait jamais eu de grandes difficultés à se procurer le grisou partout où l'on en a eu besoin, lorsque, bien entendu, on se trouve à proximité de puits grisouteux.

Nous venons de voir comment on se le procure à Schalke.

A Pölnish-Ostrau, dans la Silésie autrichienne, où de remarquables expériences dirigées par M. le Bergrath Johann Mayer ont été exécutées, le grisou est obtenu d'une façon analogue.

Une galerie légèrement en pente a été creusée dans une couche puissante au puits *Wilhelm*; l'endroit choisi a été le voisinage d'un fort plissement qui modifie, sur une assez grande étendue, l'allure des couches de ce bassin, et dont la présence favorise l'accumulation de grisou.

La galerie a été creusée de telle sorte qu'elle venait aboutir, au pied de ce plissement, dans l'espèce d'ennoyage formé par la partie redressée et la reprise des plateures.

Cette galerie a été fermée, à l'entrée, par un serrement bien étanche traversé par une tuyauterie convenable qui se prolongeait jusqu'à la surface.

Du grisou, en quantité suffisante pour toutes les expériences, a toujours été fourni par cette vallée tant que celle-ci a duré.

On a dû, plus tard, par suite des progrès de l'exploitation et de la nécessité où l'on s'est trouvé de dépouiller le massif qui contenait la galerie, supprimer celle-ci; mais on en a rétabli une autre à l'étage inférieur, à peu près dans les mêmes conditions que la précédente, et c'est elle qui sert encore, à l'heure actuelle, à fournir tout le grisou nécessaire aux expériences de *Wilhelm Schacht*.

Revenons à l'installation de Schalke.

IV. *Observation des essais et manière d'opérer.*

A une dizaine de mètres de la galerie d'essais se trouve le local d'observation, installé comme la plupart des locaux de ce genre, muni, vers la galerie, d'une sorte de meurtrière horizontale garnie de verres épais d'où l'on peut observer commodément et sans danger toute la longueur de la galerie.

Dans ce local se trouve l'appareil électrique au moyen duquel on provoque les explosions.

Il s'y trouve aussi un compteur à gaz permettant de mesurer les quantités de grisou introduites dans la chambre d'explosion.

Nous avons dit que la chambre d'explosion, telle qu'elle est délimitée par la paroi mobile en papier, a une capacité de 10 mètres cubes.

Nous avons dit aussi qu'il avait été reconnu inutile de rendre cette paroi d'une imperméabilité absolue. La manière d'opérer étant toujours la même et l'introduction du grisou se faisant rapidement, on arrive à des mélanges pratiquement constants.

Pendant l'introduction du gaz l'agitateur est actionné continuellement, de sorte qu'un mélange homogène est obtenu dès le début.

Le volume total augmentant par suite de l'introduction du gaz, l'excès s'échappe par les interstices de la paroi, de sorte que la pression se maintient à la pression atmosphérique.

L'homogénéité du mélange est constatée par l'analyse de quelques prises d'essai que l'on fait à diverses hauteurs de la galerie au moyen de tubes plongeant plus ou moins profondément dans celle-ci.

Ces analyses ayant toujours donné des résultats très

sensiblement concordants, il y a lieu de considérer le mélange comme étant absolument uniforme dans toute la chambre d'explosion.

Dès lors, toutes les fois que l'on opère de la même façon et qu'il s'agit d'obtenir un mélange de même composition, il devient inutile de procéder à des analyses.

Néanmoins on procède chaque fois à un double essai à l'eudiomètre.

En pratique courante voici comment on opère, lorsque, par exemple, on veut obtenir un mélange grisouteux explosible par lui-même, soit de 7 à 7 1/2 pour cent de grisou :

On laisse affluer le gaz jusqu'à ce que le compteur indique que la proportion atteint 6 % de grisou. En ce moment on va recueillir dans un petit tube en verre que l'on adapte sur une ouverture *ad hoc* ménagée au-dessus de la chambre d'explosion, un peu du mélange. Une étincelle électrique que l'on fait passer dans ce mélange permet de s'assurer que le degré d'explosibilité n'est pas encore atteint.

On laisse alors pénétrer encore 100 litres de gaz et l'on fait une nouvelle prise d'essai.

L'explosion qui a lieu dans le petit tube prouve que l'addition de ces 100 litres a fait passer le mélange à un degré où il est explosible.

On est donc à très peu de chose près à 7 % de grisou.

On laisse encore entrer un peu de gaz, toujours sans cesser de mouvoir l'agitateur, puis on arrête celui-ci, et, immédiatement, au moyen de l'appareil électrique, on provoque la décharge.

Si le mélange grisouteux est très sensiblement constant pour un même nombre de tours du compteur dans la même journée d'essais, il n'en est pas toujours ainsi lorsque l'on opère à plusieurs jours de distance. Dans ce cas il peut y

avoir des différences résultant de ce que le gaz de la mine a quelque peu varié de composition. Aussi convient-il de faire une analyse chaque fois que l'on opère après quelque intervalle. Pour des essais très précis il convient même de faire une analyse à chaque journée d'essai.

Dans les expériences avec les poussières on a soin, avant chaque essai, de balayer complètement la galerie ; puis on répand 3 litres de poussières sur une longueur de 5 mètres à partir du canon.

Immédiatement avant de provoquer le départ de la mine, on laisse encore tomber par la petite trémie K, située au-dessus de l'agitateur, 2 litres de poussières que l'on tient en suspension dans l'atmosphère par une rotation rapide de l'appareil.

Quand, après une expérience sur des atmosphères poussiéreuses, on veut procéder à des essais sur des mélanges gazeux sans poussières, on a soin, non seulement de balayer la galerie à fond, mais encore, de l'arroser au moyen d'un jet d'eau sous pression, car on a constaté que, même une faible quantité de poussières, restant adhérente dans les interstices des planches, avait une influence sensible sur l'explosibilité du mélange.

Les poussières employées proviennent des grilles de triage. Leur composition est, à très peu de chose près, constante, ainsi qu'on l'a vérifié par diverses analyses.

Un autre moyen de vérification de leur inflammabilité consiste à tirer dans le mélange poussiéreux une mine chargée d'une quantité déterminée d'un même explosif, quantité reconnue comme juste suffisante pour allumer un mélange poussiéreux.

L'explosif employé ainsi est la gélatine dynamite, et la quantité est de 100 grammes.

Il est, en effet, reconnu qu'une telle charge enflamme presque à chaque coup une atmosphère chargée des pous-

sières dont on fait habituellement usage, tandis qu'une charge plus faible ne provoque pas d'inflammation.

Pour plus de facilité et pour ne pas manquer de poussières, on a aussi un moyen de produire celles-ci artificiellement en broyant du charbon bitumineux; à cet effet un petit broyeur est installé derrière le massif de maçonnerie près du local qui abrite le ventilateur.

**Conditions dans lesquelles les expériences de Schalke
ont été effectuées.**

Pour tous les essais la charge était simplement introduite dans le fourneau et n'était recouverte d'aucun bourrage.

Il s'est présenté deux cas : ou bien la charge affleurait à l'orifice du trou, ou elle était telle qu'il restait entre elle et l'orifice un espace libre de 0,15 environ.

On a trouvé une différence dans les deux cas au point de vue de l'inflammabilité des mélanges dangereux, mais cette différence n'existait pas pour tous les explosifs et pour toutes les conditions d'essais.

D'abord, les explosifs simplement brisants, dont la flamme résultant de la détonation est assez longue pour dépasser fortement l'espace libre de 0,15, enflammaient toute espèce de mélange, tout aussi bien avec que sans espace libre.

Il n'y avait guère de différence non plus dans les résultats des essais pratiqués même avec les explosifs de sûreté, quand le mélange formé dans la chambre d'explosion était un mélange où le gaz intervenait dans des proportions suffisantes pour qu'il fût explosible sans le secours des poussières.

Dans ce cas en effet, selon l'explication très rationnelle

que donne M. Winkhaus, le mélange gazeux pénétrant aussi bien dans le trou de mine que partout ailleurs, le contact était tout aussi immédiat avec la charge que si celle-ci avait affleuré.

Il en est autrement quand il s'agit de mélanges poussiéreux avec peu ou pas de grisou ; aussi a-t-on observé que, dans ces conditions, les explosifs de sûreté se comportaient d'une façon moins avantageuse quand il n'y avait pas d'espace libre que quand il y en avait.

Dans les tableaux qu'il donne de ses expériences ⁽¹⁾ M. Winkhaus distingue deux séries d'essais : ceux de la première, ayant été effectués sans espace libre ; ceux de la seconde, ayant eu lieu avec espace libre sur la charge.

Je crois, en reproduisant les indications de ces tableaux, complétées par quelques essais ultérieurs et par ceux auxquels j'ai personnellement assisté en août 1895, devoir donner en un seul tableau pour chaque explosif tous les essais faits avec ou sans espace libre, en ayant toutefois soin d'en mentionner les résultats dans deux colonnes différentes.

Une autre circonstance qui a aussi son importance est la suivante.

Certains explosifs, notamment ceux à base de nitrate d'ammoniaque, sont enveloppés dans des papiers paraffinés.

Il a été constaté que le papier diminue la sécurité d'un certain nombre de ces explosifs, la paraffine donnant par elle-même des flammes. Il en est autrement pour les explosifs offrant un degré de sécurité supérieur, car, dans ce cas, la température de détonation étant très basse, la paraffine ne s'enflamme pas ; il importe donc peu qu'il y ait ou non de ces papiers, et c'est ce que l'expérience a constaté.

Pour ce qui concerne la température, on l'a maintenue entre 15° et 22° centigrades.

⁽¹⁾ *Gluck auf*, n^{os} 32, 33 et 34 de 1895.

Dans ces limites on n'a pas constaté de différences dans la manière de se comporter des explosifs.

Indépendamment des essais préliminaires effectués pour constater les longueurs des flammes données par la détonation, pour s'assurer si le papier qui ferme la chambre d'explosion ne pouvait être atteint par les flammes de la mine, et pour quelques autres vérifications de ce genre, les essais proprement dits ont été essentiellement les suivants :

1° Tir des mines dans les poussières seules.

2° Tir des mines dans une atmosphère poussiéreuse où la proportion de grisou atteint le point où le gaz commence à être révélablè à la lampe de sûreté, soit 2 1/2 % de grisou.

3° Tir des mines dans une atmosphère poussiéreuse ou non, contenant assez de grisou pour que le mélange soit explosible par lui-même. Quand le mélange grisouteux atteint cette teneur, on n'a pas constaté de différence sensible dans la manière de se comporter des explosifs selon qu'il y avait, ou non, de la poussière.

Dans tous ces essais la charge d'explosifs était successivement augmentée jusqu'à ce qu'une inflammation du mélange explosible eut lieu. Le degré de sécurité était considéré comme d'autant plus grand que la charge nécessaire pour produire cette inflammation était plus forte.

Il résulte de l'ensemble des expériences que la sécurité des explosifs n'est jamais que relative, et qu'elle dépend de l'importance de la charge, celle-ci pouvant toujours, en étant augmentée, atteindre le point où l'inflammation aurait lieu quel que soit le degré de sécurité de l'explosif.

Tout ceci, bien entendu, dans les conditions des expériences, avec mines faisant canon et sans bourrage.

Il est incontestable que l'absence de bourrage est une condition extrêmement défavorable qui n'existe pas en pratique.

M. Winkhaus fait remarquer d'autre part que le tir des mines, dans la pratique, présente certaines conditions plus dangereuses que celles des expériences, c'est ainsi, dit-il, que les parois du trou de mine, au lieu d'être un métal de grande conductibilité où le refroidissement est rapide, sont constituées de charbon non conducteur et sont, en outre, toujours plus ou moins tapissées de poussières charbonneuses, circonstance défavorable ainsi qu'il le démontre par quelques essais où les parois du canon ont été préalablement tapissés de poussières.

Pour notre pays, où l'on ne mine plus guère en charbon, cette observation a moins de portée : les trous sont forés dans des roches (schistes ou grès) à la vérité moins conductibles que le métal, mais plus conductibles que la houille et où, en tout cas, de la poussière de charbon ne peut pas tapisser les parois.

D'ailleurs M. Winkhaus a soin de faire remarquer à diverses reprises que ses expériences ne sont que comparatives, que sa préoccupation a été moins de placer les explosifs dans les conditions où on les emploie dans les mines que de les mettre dans des conditions identiques l'un par rapport à l'autre.

Quelques expériences effectuées à Pölnish-Ostrau.

En Autriche la Commission du grisou, qui a succédé à celle dont les travaux ont été publiés en 1891, cherche une formule pour déterminer le degré de sûreté des explosifs et pour proposer ensuite la réglementation de leur emploi.

D'après les idées qui m'ont été développées par M. le Bergrath Johann Mayer, la solution pourrait être basée sur les deux séries suivantes d'expériences.

La première consisterait à faire détoner les explosifs en présence de mélanges poussiéreux à 2 1/2 % de grisou.

La seconde, à les faire détoner dans des mélanges gazeux hautement inflammables (7 % et au delà, de grisou).

Dans les deux cas on augmenterait successivement les charges jusqu'à ce que l'on provoquât l'inflammation ou bien jusqu'à ce que l'on arrivât à la limite des charges en usage dans les mines.

Pour que l'on puisse se baser sur ces résultats on expérimente au maximum de danger ou, du moins, dans des conditions que l'on juge être telles, c'est-à-dire qu'on fait déflager les explosifs librement posés dans la chambre d'explosion en plein du mélange inflammable gazeux ou poussiéreux.

Les résultats acquis serviraient de base à la réglementation, et les explosifs qui n'auraient, dans la première série d'expériences, produit, avec une charge donnée, aucune inflammation seraient admis comme pouvant être employés avec cette charge comme maximum dans les endroits, même poussiéreux et grisouteux, mais où le grisou ne serait pas décélé à la lampe ordinaire du mineur.

Rien de tout cela, évidemment, n'est définitif puisque les travaux de la Commission autrichienne sont simplement en cours d'exécution et dureront probablement encore longtemps.

Comme exemple voici quelques essais faits en ma présence le 13 novembre, sous la direction de M. Mayer dans la galerie d'essais de Pölnish-Ostrau.

1° 200 grammes de dynamite ont provoqué l'inflammation de poussières seules.

Nous avons vu qu'en Westphalie une cartouche de 100 grammes de cet explosif ou de gélatine dynamite provoque presque à chaque coup l'inflammation d'un tel mélange.

2° Un paquet de 1000 grammes de Wetterdynamite n'a pas provoqué l'inflammation d'un mélange poussiéreux additionné de 2 1/2 % de grisou.

3° 200 grammes du même explosif ont provoqué l'inflammation d'un mélange poussiéreux avec 7 % de grisou. 100 grammes du même explosif n'avaient pas occasionné d'inflammation.

Partant de ces données, et en adoptant les idées ci-dessus exposées, la Wetterdynamite, composée comme l'est celle expérimentée le 13 novembre, serait autorisée pour le minage dans les milieux poussiéreux qui ne contiendraient pas plus de 2 1/2 % de grisou, c'est-à-dire où la présence de ce gaz ne pourrait pas être décelée à la lampe ordinaire du mineur.

Explosifs expérimentés à Schalke.

Résultats des essais.

Les explosifs essayés sont :

D'abord les explosifs brisants suivants : la dynamite gélatine, la dynamite à la guhr, la carbonite pour roche ou stonite, et la sécurite.

Ces divers explosifs n'étant pas considérés comme des explosifs de sûreté, je ne donnerai pas, dans ce résumé, les résultats des expériences faites pour chacun d'eux. Je ne reproduirai que celles relatives à la dynamite gélatine qui a été prise comme point de comparaison dans la plupart des essais.

Les explosifs dits de sûreté essayés et dont, ainsi qu'on le verra, quelques-uns seulement justifient leur nom, sont les suivants :

La Roburite, la Wetterdynamite, la Progressite, la Dahmenite, la Dahmenite A (maintenant dénommée Victo-rite), la Carbonite pour charbon (*Kohlen carbonit*), la Westphalite, l'Antigrisou Favier n° III et la Roburite n° I.

La composition de ces divers explosifs, telle que la renseigne M. Winkhaus, sera donnée en tête des tableaux relatifs aux essais auxquels chacun d'eux a été soumis.

GÉLATINE DYNAMITE

NUMÉROS DES ESSAIS	DATES DES ESSAIS			Poids de la charge. Gramm ^a	Tempé- rature de la galerie. Degrés centigr.	Pous- sières. (avec ou sans pous.)	Grisou ‰	Cartouches paraffinées ou non (paraf. ou non p.)	Résultats Inflammation ou non (I ou N)	
									Essais sans espace libre au-dessus de la charge	Essais avec espace libre au-dessus de la charge
1	1894	août	9	75	15	avec	0	non p.	N	»
2	»	»	»	100	15	»	0	»	I	»
3	1895	mars	18	100	15	»	0	»	»	I
4	1894	août	9	101	15	»	0	»	I	»
5	»	septembre	21	101	16	»	0	»	N	»
6	1895	mars	19	103	6	»	0	»	»	I
7	»	janvier	»	104	10	»	0	»	»	I
8	»	»	15	109	10	»	0	»	»	I
9	»	avril	20	75	15	»	1 1/2	»	»	I
10	1894	octobre	31	50	8	»	2 1/4	»	N	»
11	»	mars	19	75	10	»	2 1/4	»	»	I
12	»	octobre	31	75	12	»	2 1/4	»	I	»
13	»	août	16	45	15	»	6 1/2	»	I	»
14	»	septembre	25	50	15	sans	6 1/4	»	I	»

ROBURITE { 17,8 Dinitrobenzol.
79,2 Azotate d'ammoniaque.
0,3 Chlorure et sulfate d'ammonium.
2,7 Humidité provenant d'un long emmagasinage.
100,00

NUMÉROS DES ESSAIS	DATES DES ESSAIS	Poids de la charge. Gramm ^s	Tempé- rature de la galerie. Degrés centigr.	Pous- sières (avec ou sans (pous.	Grisou %	Cartouches paraffinées ou non (paraf. ou non p.)	Résultats	
							Essais sans espace libre au-dessus de la charge	Essais avec espace libre au-dessus de la charge
1	1894 août 17	153	15	avec	0	non p.	N	»
2	» octobre 13	250	12	»	0	»	N	»
3	1895 janvier 5	255	18	»	0	»	»	N
4	» » »	256	10	»	0	»	»	N
5	1894 octobre 13	275	15	»	0	»	N	»
6	» » »	300	14	»	0	»	I	»
7	» » 18	300	10	»	0	»	N	»
8	» » »	300	10	»	0	»	I	»
9	1895 janvier 1 ^{er}	300	12	»	0	»	»	I
10	» » »	305	8	»	0	»	»	I
11	1894 août 17	330	15	»	0	»	I	»
12	1895 janvier 1 ^{er}	152	18	»	2.2	»	»	I
13	» » »	202	21	»	2.2	»	»	I
14	1894 octobre 24	121	11	»	2.4	»	N	»
15	» » »	152	11	»	2.4	»	I	»
16	» » »	178	8	»	2.4	»	I	»
17	» » 23	130	6	»	5.8	»	I	»
18	» » 22	104	12	sans	6.1	»	N	»
19	» » »	154	10	»	6.1	»	I	»
20	» » »	200	9	»	6.1	»	I	»
21	1895 janvier 8	122	16	»	6.5	»	»	I
22	» » »	154	16	»	6.5	»	»	I
23	» » »	154	17	»	6.5	»	»	I

WETTERDYNAMITE { 100 } 52.9 Trinitroglycérine.
 14.4 Guhr.
 32.7 Sulfate de magnésie (Mg SO⁴ + 7 H²O).

NUMÉROS DES ESSAIS	DATES DES ESSAIS	Poids de la charge. Gramms	Tempé- rature de la galerie. Degrés centigr.	Pous- sières (avec ou sans pous.)	Grisou %	Cartouches paraffinées ou non (paraf. ou non p.)	Résultats Inflammation ou non (I ou N)	
							Essais sans espace libre	Essais avec espace libre
1	1894 septembre 19	150	14	avec	0	non p.	N	»
2	» » »	250	14	»	0	»	N	»
3	» » 21	303	16	»	0	»	N	»
4	» » 19	307	16	»	0	»	N	»
5	» » »	326	19	»	0	»	N	»
6	» » »	341	17	»	0	»	N	»
7	» » »	342	15	»	0	»	I	»
8	» » »	346	17	»	0	»	N	»
9	» » 21	351	16	»	0	»	I	»
10	» » 19	352	16	»	0	»	N	»
11	» » »	371	17	»	0	»	I	»
12	1895 mars 15	403	15	»	0	»	»	N
13	» janvier »	409	8	»	0	»	»	N
14	» mars 26	462	16	»	0	»	»	N
15	» » »	395	17	»	1.3	»	»	I
16	1894 novembre 20	255	14	»	1.5	»	N	»
17	» octobre 11	108	16	»	2.1	»	N	»
18	» novembre 5	155	15	»	2.2	»	N	»
19	» » 31	162	12	»	2.2	»	N	»
20	» » 5	200	14	»	2.2	»	I	»
21	1895 janvier 15	295	10	»	2.2	»	»	N
22	» » 19	301	12	»	2.2	»	»	N
23	» » 18	368	12	»	2.2	»	»	I
24	1894 novembre 5	200	14	»	2.3	»	I	»
25	1895 mars 18	250	18	»	2.3	»	»	N
26	1894 novembre 5	255	14	»	2.3	»	I	»
27	1895 mars 18	307	18	»	2.3	»	»	N
28	» » »	357	21	»	2.3	»	»	I
29	1894 octobre 16	54	8	»	6.3	»	N	»
30	» » »	68	8	»	6.3	»	I	»
31	1895 janvier 15	72	13	»	6.5	»	»	N
32	» mars »	76	20	sans	6.5	»	»	I
33	» » »	79	20	avec	6.5	»	»	I
34	» janvier »	102	10	»	6.5	»	»	I
35	1894 septembre 25	51	18	sans	6.6	»	I	»
36	» » »	101	16	»	6.6	»	I	»
37	» » »	150	15	»	6.6	»	I	»
38	» novembre 10	50	7	»	7.2	»	I	»

CARBONITE POUR CHARBON

25.0 Nitroglycérine.
 34.0 Nitrate de potasse.
 38.5 Farine de seigle.
 1.0 Poudre de bois.
 1.0 Nitrate de barium.
 0.5 Bicarbonate de soude.

NUMÉROS DES ESSAIS	DATES DES ESSAIS			Poids de la charge. Gramm ^s	Tempé- rature de la galerie. Degrés centigr.	Pous- sières (avec ou sans pous.)	Grisou %	Cartouches paraffinées ou non (paraf. ou non p.)	Résultats Inflammation ou non (I ou N)	
									Essais sans espace libre sur la charge	Essais avec espace libre sur la charge
1	1894	octobre	18	200	6	avec	0	non p.	N	»
2	»	»	»	256	7	»	0	»	N	»
3	»	»	»	304	7	»	0	»	N	»
4	»	»	»	350	11	»	0	»	N	»
5	»	»	20	445	11	»	0	»	N	»
6	»	»	»	299	11	»	2.2	»	N	»
7	»	»	24	446	14	»	2.2	»	N	»
8	»	»	23	350	11	sans	6.5	»	N	»
9	»	»	24	444	12	avec	6.5	»	N	»
10	»	novembre	29	444	23	»	6.5	»	N	»
11	»	»	»	447	20	sans	6.5	»	N	»
12	»	octobre	23	450	11	»	6.5	»	N	»
13	1895	mars	26	465	17	»	6.5	»	N	»
14	»	janvier	24	495	20	avec	6.5	»	N	»
15	1894	novembre	29	514	27	»	6.5	»	N	»
16	1895	janvier	26	514	18	»	6.7	»	N	»
17	»	mars	»	484	20	sans	7.0	»	N	»
18	»	»	»	607	19	»	7.0	»	N	»
19	1894	novembre	»	448	12	avec	7.2	»	N	»
20	1895	janvier	»	495	20	»	7.2	»	N	»
21	»	»	»	606	25	»	7.2	»	N	»
22	1894	novembre	29	513	29	»	7.3	»	N	»
23	1895	mars	26	600	19	sans	7.3	»	N	»

WESTPHALITE } 94.0 Azotate d'ammoniaque.
5.5 Résine.
0.1 Chlorure d'ammoniaque.
0.4 Sulfate d'ammoniaque.

NUMÉROS DES ESSAIS	DATES DES ESSAIS	Poids de la charge. Gramm ^s	Tempé- rature de la galerie. Degrés centigr.	Pous- sières (avec ou sans pous.)	Grisou %	Cartouches paraffinées ou non (paraf. ou non p.)	Résultats Inflammation ou non (I ou N)	
							Essais sans espace libre sur la charge	Essais avec espace libre sur la charge
1	1895 janvier 23	174	16	avec	0	paraff.	»	I
2	» mars 19	200	14	»	0	»	»	I
3	1894 septembre 26	201	18	»	0	»	N	»
4	1895 janvier 23	240	14	»	0	»	»	I
5	1894 septembre 26	250	18	»	0	»	I	»
6	» octobre 8	259	15	»	0	»	I	»
7	» août 17	267	»	»	0	»	N	»
8	» octobre 8	271	15	»	0	non p.	N	»
9	» septembre 26	295	16	»	0	paraff.	I	»
10	» août 17	333	»	»	0	»	I	»
11	» octobre 8	400	16	»	0	non p.	N	»
12	» novembre 3	475	»	»	0	»	N	»
13	» septembre 26	496	18	»	0	»	N	»
14	1895 mars 19	500	14	»	0	»	»	N
15	1894 octobre 9	250	8	»	2.1	»	N	»
16	» » »	300	8	»	2.1	»	I	»
17	» novembre 2	325	13	»	2.2	»	N	»
18	» décembre 5	354	14	»	2.2	»	N	»
19	» » »	356	14	»	2.2	»	I	»
20	» » »	358	15	»	2.2	»	I	»
21	1895 janvier 22	545	18	»	2.2	»	»	N
22	» » »	653	19	»	2.2	»	»	N
23	1894 novembre 5	351	14	»	2.3	»	I	»
24	1895 janvier 12	451	18	»	3.5	»	»	N
25	» » »	453	16	»	3.5	»	»	N
26	» » »	453	16	»	4.2	»	»	N
27	1894 décembre 31	250	17	»	5.0	»	»	N
28	1895 janvier 9	258	18	»	5.0	»	»	N
29	» » »	299	8	»	5.0	»	»	I
30	1894 décembre 31	307	15	»	5.0	»	»	I
31	» » »	355	12	»	5.0	»	»	I
32	» octobre 11	200	11	»	6.2	»	N	»
33	» » »	250	11	»	6.2	»	I	»

WESTPHALITE (suite)

NUMÉROS DES ESSAIS	DATES DES ESSAIS			Poids de la charge. Gramm ^s	Tempé- rature de la galerie. Degrés centigr.	Pous- sières (avec ou sans pous.)	Grisou %	Cartouches paraffinées ou non (paraf. ou non p.)	Résultats Inflammation ou non (I ou N)	
									Essais sans espace libre sur la charge	Essais avec espace libre sur la charge
34	1894	octobre	8	150	16	sans	6.3	paraff.	N	»
35	»	»	»	200	16	»	6.3	»	I	»
36	»	»	11	250	9	»	6.3	non p.	I	»
37	»	»	9	250	15	»	6.3	»	N	»
38	1895	mars	12	254	22	»	6.3	»	»	I
39	1894	octobre	9	300	8	»	6.3	»	I	»
40	1895	mars	15	258	20	avec	6.5	»	»	N
41	1894	décembre	28	259	15	»	6.5	»	»	I
42	»	»	27	302	15	sans	6.5	»	»	I
43	»	»	»	323	16	»	6.5	»	»	I
44	»	septembre	28	200	11	»	7.0	»	N	»
45	»	»	»	251	14	»	7.0	»	I	»
46	1895	mars	12	258	19	»	7.0	»	»	I
47	»	»	»	263	20	»	7.0	»	»	N
48	»	»	»	306	20	»	7.0	»	»	I

PROGRESSITE } 89.1 Azotate d'ammoniaque.
4.8 Hydrochlorate d'aniline.
6.1 Sulfate d'ammoniaque.

NUMÉROS DES ESSAIS	DATES DES ESSAIS	Poids de la charge. Gramm ^s	Tempé- rature de la galerie. Degrés centigr.	Pous- sières (avec ou sans pous.)	Grisou %	Cartouches paraffinées ou non (paraf. ou non p.)	Résultats Inflammation ou non (I ou N)	
							Essais sans espace libre sur la charge	Essais avec espace libre sur la charge
1	1894 octobre 29	440	9	avec	0	paraf.	N	»
2	» » 5	400	12	»	2.2	»	N	»
3	» » »	350	12	sans	6.5	»	N	»
4	» » 29	440	12	avec	6.5	»	N	»
5	» novembre 30	451	20	»	6.5	»	N	»
6	» » 8	460	8	»	6.5	»	N	»
7	» » 30	469	20	»	6.5	»	N	»
8	» » 8	475	8	»	6.5	»	I	»
9	» » 9	480	9	»	6.5	»	N	»
10	» octobre 31	545	15	»	6.5	non p.	N	»
11	» décembre 18	550	12	sans	6.7	paraf.	I	»
12	» octobre 29	440	12	avec	7.2	»	N	»
13	» » »	440	12	sans	7.2	»	N	»
14	» » 31	560	14	avec	7.2	non p.	I	»

DAHMENTITE

93.3 Azotate d'ammoniaque.
4.8 Naphtaline.
1.6 Chlorate de potasse.
0.1 Chlorure d'ammoniaque.
0.2 Sulfate d'ammoniaque.

NUMÉROS DES ESSAIS	DATES DES ESSAIS	Poids de la charge. Gramm ^s	Tempé- rature de la galerie. Degrés centigr.	Pous- sières (avec ou sans pous.)	Grisou °.	Cartouches paraffinées ou non (paraf. ou non p.)	Résultats Inflammation ou non (I ou N)	
							Essais sans espace libre sur la charge	Essais avec espace libre sur la charge
1	1894 septembre 24	201	18	avec	0	paraf.	N	»
2	1895 mars 6	242	12	»	0	»	»	N
3	1894 septembre 26	250	17	»	0	»	I	»
4	1895 mars »	290	12	»	0	»	»	I
5	1894 septembre »	294	15	»	0	»	I	»
6	1895 mars 6	300	12	»	0	»	»	N
7	1894 septembre 26	352	17	»	0	non p.	N	»
8	1895 mars 3	359	12	»	0	paraf.	»	I
9	1894 septembre 26	496	18	»	0	non p.	N	»
10	» octobre 1 ^{er}	360	12	»	2.2	»	I	»
11	» décembre 4	301	18	»	2.3	»	N	»
12	» » »	350	12	»	2.3	»	N	»
13	» » »	354	18	»	2.3	»	I	»
14	» » »	356	14	»	2.3	»	I	»
15	» » »	359	19	»	2.3	»	I	»
16	1895 mars 7	455	20	»	2.3	»	»	N
17	» » 6	456	20	»	2.3	»	»	N
18	» janvier 11	453	16	»	3.5	»	»	N
19	» » »	300	15	»	5.0	»	»	N
20	» » »	308	14	»	5.0	»	»	N
21	» » »	310	15	»	5.0	»	»	N
22	» » »	358	15	»	5.0	»	»	I
23	1894 octobre 11	200	17	»	6.3	»	N	»
24	» » »	250	16	»	6.3	»	I	»
25	» » 5	275	11	sans	6.4	»	N	»
26	» septembre 27	150	14	»	6.5	»	N	»
27	1895 mars 15	255	21	avec	6.6	»	»	N
28	» » »	257	20	»	6.7	»	»	N
29	» » »	312	19	»	6.7	»	»	N
30	» » 26	300	20	»	6.9	»	»	I
31	1894 septembre 27	200	11	sans	7.0	»	N	»
32	1895 mars 12	257	20	»	7.0	»	»	I
33	» » »	257	20	»	7.0	»	»	N
34	» » »	307	20	»	7.0	»	»	I
35	1894 septembre 27	251	14	»	7.1	»	I	»

DAHMENTITE A ou VICTORITE } 92.0 Azotate d'ammoniaque.
5.5 Naphtaline.
25 Bichromate de potasse.

NUMÉROS DES ESSAIS	DATES DES ESSAIS	Poids de la charge. Gramm ^s	Tempé- rature de la galerie. Degrés centigr.	Pous- sières (avec ou sans pous.)	Grisou %	Cartouches paraffinées ou non (paraf. ou non p.)	Résultats Inflammation ou non (I ou N)	
							Essais sans espace libre sur la charge	Essais avec espace libre sur la charge
1	1895 février 22	402	15	avec	0	paraf.	»	N
2	» septembre 4	429	18	»	0	»	»	N
3	» avril 5	502	10	»	0	»	N	»
4	» » »	506	17	»	2.3	»	N	»
5	» février 22	503	17	»	5.0	»	N	»
6	» avril 5	403	22	»	5.7	»	»	N
7	» » »	500	20	sans	6.3	»	N	»
8	» » »	501	19	avec	6.3	»	N	»
9	» » »	550	19	sans	6.3	non p.	»	N
10	» » »	562	16	»	6.3	»	»	N
11	» » 23	500	15	avec	6.8	paraf.	»	N
12	» » »	506	14	sans	6.8	»	N	»
13	» février 22	449	22	avec	7.0	»	»	N
14	» septembre 4	500	20	»	7.0	»	N	»
15	» » »	504	20	»	7.0	»	I	»
16	» avril 5	562	19	sans	7.0	non p.	»	I
17	» février 2	570	22	avec	7.2	»	»	I

ANTIGRISOU FAVIER N° III { 82 Azotate d'ammoniaque.
5 Trinitronaphtaline.
13 Chlorure d'ammonium.

NUMÉROS DES ESSAIS	DATES DES ESSAIS	Poids de la charge. Gramm ^s	Tempé- rature de la galerie. Degrés centigr.	Pous- sières (avec ou sans pous.)	Grisou %	Cartouches paraffinées ou non (paraf. ou non p.)	Résultats Inflammation ou non (I ou N)	
							Essais sans espace libre sur la charge	Essais avec espace libre sur la charge
1	1895 septembre 3	400	20	avec	0	paraf.	»	N
2	» » 4	605	20	»	7.0	»	»	N
3	» » 3	610	20	»	7.0	»	»	N

ROBURITE N° I { 89 Azotate d'ammoniaque.
7 Binitrobenzine.
4 Permanganate de potasse.

NUMÉROS DES ESSAIS	DATES DES ESSAIS	Poids de la charge. Gramm ^s	Tempé- rature de la galerie. Degrés centigr.	Pous- sières (avec ou sans pous.)	Grisou %	Cartouches paraffinées ou non (paraf. ou non p.)	Résultats Inflammation ou non (I ou N)	
							Essais sans espace libre sur la charge	Essais avec espace libre sur la charge
1	1892 août 30	395	17	avec	7	paraf.	»	N
2	» » »	500	17	»	7	non p.	»	N
3	» » »	500	18	»	7	»	»	N
4	» » »	500	18	»	7	»	»	N
5	» » »	600	19	»	7	»	»	N
6	» » »	600	19	»	7	»	»	N
7	» » »	600	20	»	7	»	»	N
8	» » »	600	20	»	7	»	»	N

Si les résultats de ces tableaux ne donnent pas encore entière satisfaction au point de vue de la sécurité du minage puisque la plupart des explosifs provoquent des inflammations dès que la charge atteint un chiffre déterminé, il n'est pas moins vrai que, s'ils se maintenaient quel que soit le nombre d'expériences et quelles que soient les conditions dans lesquelles on ferait varier celles-ci pour rencontrer toutes les circonstances qui peuvent se présenter dans une vraie mine, ce serait déjà un grand avantage d'avoir à sa disposition un explosif qui, avec une charge restant en-dessous d'un chiffre minimum bien déterminé, pourrait détoner en toute sécurité dans les mélanges les plus explosibles.

Dans l'esprit des règlements de notre pays, c'est toujours cette dernière circonstance qui est prévue, et la formation d'un mélange au plus haut degré d'explosibilité est toujours redoutée comme possible lorsque la présence du grisou est constatée ou lorsqu'elle est vraisemblable.

Aussi, par l'arrêté royal du 13 décembre 1895 réglementant l'emploi des explosifs dans les mines, le minage est-il interdit, non seulement dans les endroits où le grisou est constaté, mais aussi dans tous les points de la mine où des mélanges grisouteux peuvent le plus facilement se produire.

Il n'en est pas de même dans d'autres pays. Nous avons vu, par exemple, que, d'après les idées régnantes en Autriche, il serait question de préciser l'octroi d'emploi des explosifs, non seulement d'après la façon de se comporter de ceux-ci dans les mélanges les plus explosibles, mais même d'après leur degré de sécurité dans des mélanges moins dangereux.

Et, de fait, le règlement le plus récent, promulgué dans le bassin d'Ostrau-Karwin, détermine déjà avec beaucoup de précision les conditions dans lesquelles l'emploi des explosifs est ou non permis.

Voici, en effet, le passage le plus saillant, à ce point de

vue, de ce règlement du 27 octobre 1895, qui est applicable depuis le 27 janvier 1896 ⁽¹⁾.

« Si, lors de la visite qu'il doit faire avant l'allumage de
» chaque mine, le boutefeux ne constate pas la présence de
» poussières mais qu'il reconnaît la présence de 1 1/2 pour
» cent de grisou dans le courant d'air, il ne peut miner
» qu'avec des explosifs de sûreté.

» Si cette proportion de grisou atteint 2 1/2 pour cent
» dans le courant d'air ou même simplement dans quelque
» point du rayon de ses investigations, le minage est abso-
» lument interdit.

» Si, dans sa visite, le boutefeux ne trouve pas de grisou,
» mais s'il constate la présence dans le courant d'air, sur le
» sol et les parois des galeries, ou sur les boisages, de
» poussières qu'il n'aura pas été possible de faire disparaître
» entièrement par l'arrosage, on ne pourra miner qu'avec
» des explosifs de sûreté.

» Si, en même temps que des poussières, on constate la
» présence de 1 1/2 pour cent de grisou, le minage est
» complètement interdit. »

Cette réglementation implique la reconnaissance officielle des explosifs de sûreté. Il semble, ainsi qu'il a été dit plus haut, que cette reconnaissance sera subordonnée aux charges employées, pour laquelle un maximum sera fixé, et à la nature des mélanges gazeux ou poussiéreux auxquels on aura affaire.

Quoi qu'il en soit, le fait, bien reconnu maintenant que la grandeur des charges a une influence décisive sur le degré de sécurité des explosifs, donne beaucoup d'importance à la détermination de la puissance de ces explosifs.

Car il est bien évident que si un explosif était reconnu

⁽¹⁾ Faisons remarquer en passant que, de même que notre règlement du 13 décembre 1895, le règlement autrichien interdit l'emploi de la poudre noire et l'emploi pour l'amorçage, de la mèche ou des autres procédés analogues.

de sûreté jusqu'à la charge de 400 grammes, par exemple, tandis qu'un autre aurait sa sécurité étendue jusqu'à 800 grammes, mais serait de force moitié moindre, les deux explosifs devraient, malgré leurs écarts apparents sous le rapport de la sûreté, être mis sur le même pied puisque l'on pourrait, avec le premier, employer des charges moindres.

Les expériences de force sont donc le complément obligé des expériences de sûreté.

Expériences de force faites à Schalke.

M. Winkhaus les a effectuées au moyen de blocs de plomb dont la disposition est trop connue pour qu'il y ait lieu de la décrire ici de nouveau.

Les moyennes de quatre expériences faites avec divers explosifs ont donné les résultats résumés dans le tableau ci-dessous :

La charge uniforme était de 10 grammes d'explosifs.

La cavité des blocs de plomb avant les expériences avait une capacité de 62 centimètres cubes.

NOMS DES EXPLOSIFS.	Élargissement de la cavité (centim. cubes).
Gélatine dynamite.	640
Roburite	549
Dahmenite A (Victorite).	502
Dahmenite	495
Westphalite	470
Wetter dynamite	325
Carbonite au charbon	232

J'écarte les essais de la progressite car, la composition de cet explosif ayant varié pendant les expériences, on ne pourrait, sans confusion, comparer les essais de force avec les essais de sûreté.

Mais, comme le fait observer avec raison M. Winkhaus, si les essais pratiqués de la sorte permettent de classer les explosifs dans leur ordre d'énergie, on ne peut considérer celle-ci comme proportionnelle aux chiffres indiquant l'élargissement.

En effet, les parois du cylindre de plomb allant en s'amincissant, et, par conséquent, en s'affaiblissant, au fur et à mesure que la capacité s'élargit, pour un explosif plus fort, l'élargissement est relativement plus considérable.

Pour obtenir des résultats plus comparables, il faut chercher par tâtonnements, au moyen d'un certain nombre d'essais quelles sont les charges d'explosifs qui donnent le même élargissement de la cavité.

C'est ce qui a été faite à Schalke, et les résultats sont donnés dans le tableau suivant qui indique aussi, d'après ces données, la puissance relative des divers explosifs.

NOMS DES EXPLOSIFS.	Poids d'explosifs nécessaire pour obtenir un même élargissement. Grammes.	Puissance relative des explosifs par rapport à la gélatine dynamite.
Gelatine dynamite	10	1.000
Roburite	12	0.833
Dahmenite A	13	0.770
Westphalite	14	0.714
Wetterdynamite	17	0.588
Carbonite au charbon	21.5	0.465

Résultats généraux des expériences de Schalke.

M. Winkhaus résume ces résultats d'une façon très lucide dans un tableau qui accompagne une communication donnée par lui le 10 septembre 1895 à l'assemblée générale des ingénieurs des mines allemands à Hanovre ⁽¹⁾.

(1) *Gluck auf*, n° 66, de 1895.

Je reproduis ce tableau, en en retranchant, pour les motifs exposés plus haut, ce qui concerne la Progressite.

On trouve dans ce tableau un explosif dont il n'a pas encore été question jusqu'ici et qui présente un assez haut degré de sûreté, c'est la Poudre de sûreté de Cologne-Rothweiler (*Köln-Rothweiler. Sicherheits Sprengpulver*) et dont la composition, non entièrement connue encore, est à peu près la suivante :

92.5 d'azotate d'ammoniaque,
5.5 huile végétale.
2 substances diverses.

100

Dans ce tableau M. Winkhaus a cessé de faire la distinction entre les charges affleurant à l'orifice du canon et celles laissant un certain espace vide jusqu'à cet orifice; sans doute que la différence qu'il avait constatée dans ces deux circonstances, et qui d'ailleurs n'était pas générale, lui a paru plus tard avoir moins d'importance.

Je n'ai pas cru devoir ajouter à ce tableau ce qui concerne les explosifs Favier dont les essais ont été faits en ma présence, le nombre d'essais ayant été beaucoup moins considérable que ceux des autres explosifs du tableau.

Rappelons toutefois que, si l'on devait tirer une conclusion immédiate des essais faits avec l'antigrisou n° III (explosif nouveau d'un degré de sûreté supérieur à celui de l'antigrisou n° II, seul explosif de ce nom en usage jusqu'ici dans notre pays) il faudrait classer cet explosif près de la Roburite n° 1; en effet, comme on peut le voir dans les tableaux de détail, cet explosif, même employé avec des charges dépassant 600 grammes, n'a pas allumé les mélanges les plus dangereux de grisou et de poussières.

Un essai au bloc de plomb a donné un élargissement de 300 cm³ environ.

Dans le tableau ci-après les rectangles indiquent, par leurs dimensions et par des nombres y inscrits, les charges d'explosifs ; lorsque les rectangles sont couverts de petites croix, cela signifie que, pour les charges indiquées, on produit des inflammations dans les conditions des essais ; lorsque les rectangles sont laissés en blanc, cela signifie que pour ces charges d'explosifs et pour toutes celles inférieures il n'y a pas eu inflammation des mélanges explosibles.

RÉSULTATS OBTENUS AVEC LES EXPLOSIFS

NOMS DES EXPLOSIFS	RÉSULTATS OBTENUS AVEC LES EXPLOSIFS				Élargissement de la cavité du bloc de plomb cm ³
	Dans des enveloppes paraffinées	Dans des enveloppes non paraffinées			
	Poussières seules	Poussières seules	Poussières et 2 1/4 % grisou	Poussières et 7 % grisou	
Gélatine Dynamite		××× ×100× ×××	××× ×75× ×××	×× ×50× ××	640
Roburite	×××× ×125× ××××	×××××××× ×300× ××××××××	×××× ×450× ××××	×× ×50× ××	549
Wetterdynamite		500	×××××××× ×370× ××××××××	×× ×60× ××	325
Westphalite	×××××× ×200× ××××××	500	500	×××××××× ×250× ××××××××	470
Dahmenite	×××××××× ×250× ××××××××	500	450	×××××××× ×250× ××××××××	495
Dahmenite A ou Victorite	500	500	500	×××××××××××××××× ×600× ××××××××××××××××	502
Poudre de sûreté de Köln-Rottweiler		500	500	×××××××××××××××× ×600× ××××××××××××××××	433
Roburite n° 1	500	500	500	600	358
Carbonite pour charbon		500	500	600	232

Il n'a été fait qu'une colonne pour les expériences à 7 % de grisou ou sans poussières, car, ainsi qu'il est dit plus haut, il a été constaté que les mélanges qui ont cette teneur en gaz ne sont pas plus inflammables avec que sans poussières.

On voit qu'il existe certains explosifs, tels que la Roburite n° I et le Carbonite pour charbon, comme aussi l'Anti-grisou Favier n° III, qui n'ont pas enflammé les mélanges explosibles aux plus hautes charges qu'il a été possible d'introduire dans le canon d'expérience.

Mais cette charge était limitée à 600 grammes et il paraît probable, si l'on en juge par ce qui se passe avec les autres explosifs dont le degré de sûreté est déjà élevé, que leur sûreté ne persisterait pas indéfiniment si l'on augmentait les charges, et l'on peut dire, tout au moins d'une manière générale, que le degré de sûreté des explosifs donnés comme tels n'est pas absolu et est fonction inverse de la charge.

Ce fait a été parfois perdu de vue par certains exploitants qui, confiants dans la sûreté des explosifs qu'ils employaient, faisaient usage de charges excessives, un ou 2 kilogrammes d'explosifs, même davantage.

De là des accidents, de là aussi un discrédit jeté sur les explosifs de sûreté.

Les expériences du genre de celles dont il s'agit ici présentent une très grande utilité en ce qu'elles servent, non seulement à attirer l'attention sur les meilleurs explosifs, mais aussi à faire connaître les charges qu'il ne faut pas dépasser si l'on veut ne pas avoir des mécomptes sous le rapport de leur sûreté.

Tout ceci n'est, à la vérité, exact que pour les circonstances où les expériences ont été faites.

Nous avons déjà dit qu'il ne faut pas trop se hâter de reporter dans la pratique les résultats de ces expériences autrement que comme des résultats comparatifs.

Cependant le fait que ces expériences représentent toutes des mines faisant canon et dépourvues de bourres, donne de bonnes raisons de croire que l'on ne se trouve pas ici dans des conditions moins dangereuses que dans la pratique des mines, malgré certaines circonstances plus favorables qui ont été mentionnées antérieurement.

Un fait qui paraît en contradiction avec ce qui vient d'être dit à propos de fortes charges, se constate parfois dans la pratique. Plusieurs explosions sont survenues occasionnées par de toutes petites mines, ce que l'on appelle dans quelques bassins des « pétards ».

Mais, outre qu'il s'agit, dans la plupart des cas de ce genre que l'on pourrait citer, d'explosifs non de sûreté, il y a lieu de remarquer que souvent les petites mines, toutes petites qu'elles soient, sont encore trop fortes pour le travail qu'elles ont à accomplir, et qu'ainsi, travaillant peu, elles sont presque assimilables à des mines faisant canon ; tandis que de fortes charges introduites dans des trous profonds, destinées à soulever de grandes masses de roches et bourrées en conséquence peuvent, dans la pratique, être parfois moins dangereuses que les simples « pétards ».

Ajoutons que les surveillants, porions et boutefeux ne prennent pas toujours des précautions aussi minutieuses lorsqu'il s'agit de petites mines que lorsqu'ils doivent allumer des charges considérables.

Application des résultats des expériences aux explosifs binaires à base d'azotate d'ammoniaque.

Considérations diverses.

On sait que les règlements français prescrivent pour l'usage des explosifs une température de détonation maximum (1900° en roche et 1500° en veine) calculée d'après les principes de la thermo-chimie.

Le point de savoir si l'on peut, avec une formule, déterminer avec certitude, dans tous les cas, le degré de sûreté d'un explosif est fort controversé, les phénomènes qui se passent lors de la détonation étant trop complexes pour que, d'après certains ingénieurs, on puisse tirer des températures théoriques de détonation une présomption sérieuse de sécurité.

Quoi qu'il en soit, cette donnée a, sans aucun doute, sa valeur. Malheureusement, elle n'est pas toujours aisément déterminable pour toutes espèces d'explosifs (1).

M. Winkhaus a cherché, par une série d'expériences faites avec des explosifs fabriqués par lui d'après les principes de la Commission française et avec des proportions variables de carburant et d'azotate d'ammoniaque, à s'assurer du degré de sûreté que donnent expérimentalement des explosifs dont la température de détonation est aisément déterminable.

Il est arrivé à faire ainsi un rapprochement intéressant entre les résultats de la méthode théorique et ceux de la méthode expérimentale en contrôlant et en complétant les uns par les autres.

Il a fabriqué cinq composés binaires formés tous, mais en proportions variables, de nitrate d'ammoniaque et d'un corps carburant, le dinitrobenzol.

Voici ces composés.

Proportion de Nitrate	Proportion de Dinitrobenzol	Proportion de carbone correspondant à la quantité employée d'hydrocarbure.
83 %	17 %	7.29 %
86 »	14 »	6.00 »
89 »	11 »	4.72 »
92 »	8 »	3.43 »
95 1/4 %	4 3/4 %	2.04 »

(1) Voir l'étude de M. Henrotte sur les explosifs de sûreté en usage dans les mines grisouteuses. *Annales des Mines de Belgique*.

Il a ensuite soumis ces divers explosifs dans la galerie d'essais de Schalke à des expériences analogues à celles décrites plus haut.

Les résultats de ces essais sont donnés dans le tableau suivant dans lequel les résultats des expériences sont figurés de la même façon que précédemment.

La cinquième colonne indique, en degrés centigrades, les températures de détonation calculées pour ces diverses compositions.

COMPOSITION DES EXPLOSIFS	RÉSULTATS OBTENUS			Température de détonation 0 centigr.	Élargissement de la cavité du bloc de plomb cm ³
	avec enveloppes paraffinées	sans enveloppes paraffinées			
	Poussières seules	Poussières seules	7 % de grisou		
Azotate d'ammoniaque . . . 83 Dinitrobenzol 17	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> xxxxx x125x xxxxx </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> xxxxxxxx xx 225 xx xxxxxxxx </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> xx x50 xx </div>	2200	470
Azotate d'ammoniaque . . . 86 Dinitrobenzol 14	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> xxxxx x150x xxxxx </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> xxxxxxxxxx xx 300 xx xxxxxxxxxx </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> xxx x100 xxx </div>	2047	457
Azotate d'ammoniaque . . . 89 Dinitrobenzol 11	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> xxxxxxxx xx 225 xx xxxxxxxx </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> xxxxxxxxxx500xxxxxxxx xxxxxxxxxx500xxxxxxxx xxxxxxxxxx500xxxxxxxx </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> xxxxx x150x xxxxx </div>	1870	456
Azotate d'ammoniaque . . . 92 Dinitrobenzol 8	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> xxxxxxxxxx xx 250 xx xxxxxxxxxx </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> 500 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> xxxxxxxxxx xx 350 xx xxxxxxxxxx </div>	1696	365
Azotate d'ammoniaque . . . 95.25 Dinitrobenzol 4.75	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> 500 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> 500 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> xxxxxxxxxx500xxxxxxxx xxxxxxxxxx500xxxxxxxx xxxxxxxxxx500xxxxxxxx </div>	1482	290

Des divers mélanges ainsi essayés, un seul satisfait aux prescriptions des règlements français pour le minage dans la couche, c'est le dernier, à 4 3/4 pour cent de dinitrobenzol, puisque sa température de détonation reste en dessous de 1500, tandis que tous les autres ont une température de détonation notablement plus élevée.

On voit que ces explosifs donnent des résultats d'autant meilleurs au point de vue de la sécurité dans les mélanges explosibles que la proportion de nitrate d'ammoniaque est plus élevée par rapport au produit carburant et qu'ainsi la température de détonation s'abaisse.

Nous verrons bientôt cependant qu'il y a, d'après M. Winkhaus, pratiquement une limite à cette progression, et que cette limite est bien près d'être atteinte avec des explosifs simplement composés comme il vient d'être indiqué.

Le tableau ci-dessus démontre, en outre, que la sécurité de l'explosif qui satisfait par sa composition aux exigences du règlement français n'est pas absolue puisqu'une charge de 500 grammes enflamme un mélange à 7 pour cent de grisou.

Quoi qu'il en soit, si l'on compare ce tableau avec celui qui indique les résultats des expériences faites à Schalke sur divers explosifs existants, on remarque, avec M. Winkhaus, que plusieurs de ces derniers, bien que leur température de détonation n'ait pas été calculée, satisfont par leur degré de sûreté aux prescriptions françaises, puisque l'expérience comparative en a démontré le degré de sûreté égal ou supérieur à celui dont la température de détonation est en dessous de 1500° : ce sont tous les explosifs qui n'enflamment le grisou qu'avec des charges égales ou supérieures à 500 grammes ; à savoir la Dahmenite A ou Victo-rite, la Poudre de sûreté de Köln-Rothweiler, la Roburite n° 1 et la Carbonite au charbon.

Toutes réserves faites sur le nombre restreint d'expériences effectuées, il faudrait y ajouter l'antigrisou Favier n° III.

J'ai parlé plus haut des limites pratiques qui s'opposent à ce que la progression dans le sens de la sûreté croisse pour ainsi dire indéfiniment avec la réduction, dans le mélange binaire, de l'élément carburé.

M. Winkhaus s'exprime comme suit dans son instructive conférence du 10 septembre 1895 ⁽¹⁾, au sujet de ces difficultés et des moyens employés pour les résoudre.

» Des exemples précédents, dit-il, on pourrait conclure qu'il est possible de donner à un explosif tel degré de sûreté que l'on voudrait. Mais il intervient ici deux considérations qui assignent une limite à cette conclusion, ce sont :

» 1° L'explosibilité de l'explosif, c'est-à-dire la possibilité de faire détoner l'explosif par les moyens ordinaires, et la faculté que doit avoir la détonation de se communiquer d'une cartouche à l'autre.

» 2° La puissance de l'explosif.

» Pour ce qui est du premier point, il est à remarquer que ce n'est que par une manipulation spéciale, un tour de main, que le fabricant arrive à rendre susceptibles d'explosion sous le choc d'une capsule ordinaire les explosifs à base de nitrate d'ammoniaque et pauvres en substances carbonées, et que c'est là un point dont la réussite est une condition *sine qua non* de l'emploi industriel de maints explosifs.

» Les personnes qui ont employé dans les mines les explosifs à base d'azotate d'ammoniaque connaissent les graves inconvénients qui résultent d'une détonation incomplète, inconvénients qui suffisent pour rendre certains explosifs inutilisables dans la pratique. Or, pour plusieurs

⁽¹⁾ *Gluck auf*, n° 66, 1895.

d'entr'eux, il est impossible, à cause notamment de leurs propriétés hygroscopiques, d'éviter entièrement la détonation incomplète.

» Il importe donc au plus haut point de rendre les explosifs susceptibles d'être amenés aisément à la détonation complète : et les fabricants ne sauraient trop se préoccuper de la réalisation de cette condition s'ils ne veulent pas échouer dans les efforts qu'ils font en vue de faire entrer leurs produits dans la pratique des mines.

» La seconde circonstance qui assigne une limite à la sûreté des explosifs obtenue par la diminution de la proportion des substances carbonées, est que cette diminution détermine celle de la puissance de l'explosif.

» Les chiffres de la dernière colonne du tableau prouvent cette progression décroissante : tandis que l'explosif à 17 % de dinitrobenzol provoque un élargissement de 470 centimètres cubes du creux du bloc de plomb, celui à 4 3/4 % d'hydrocarbure ne détermine plus qu'un élargissement de 290 cm³.

» On est cependant parvenu à vaincre partiellement ces difficultés, et les explosifs dénommés Dahmenite A et Roburite n° 1 sont spécialement intéressants à considérer sous ce rapport.

» M. le chevalier von Dahmen a, par l'addition de 2 1/2 pour cent de bichromate de potasse à sa Dahmenite ordinaire, obtenu un explosif nouveau, la Dahmenite A, dont la sûreté est bien supérieure, tandis que sa puissance n'a pas souffert. Comme le montre le premier tableau récapitulatif, la Dahmenite ordinaire enflamme un mélange grisouteux à 7 pour cent avec une charge de 250 grammes seulement, tandis que la Dahmenite A n'enflamme régulièrement un tel mélange qu'avec une charge de 560 grammes. Or, l'élargissement du cylindre de plomb, qui est de 495 cm³ pour la Dahmenite ordinaire, atteint 502 cm³ pour la Dahmenite A.

» L'influence singulière qu'exerce cette légère addition de sel potassique s'explique par le fait que ce sel est assez aisément décomposable, déjà à la chaleur rouge ; d'une part, cette décomposition absorbe une partie de la chaleur que la détonation engendre, et, d'autre part, la facilité de cette décomposition augmente la faculté de détonation complète de l'explosif.

» Et, en réalité, la Dahmenite A fraîchement fabriquée, peut explosionner complètement sous le choc d'une capsule n° 3 contenant 0^{gr}.54 de fulminate de mercure ; dans la pratique courante on doit employer une capsule contenant 2 grammes de fulminate.

» Un principe analogue a été suivi pour la Progressite et aussi, apparemment, pour l'explosif du Köln-Rothweiler, dont la composition n'a pas encore été jusqu'à présent complètement déterminée par l'analyse, et également pour la Roburite n° 1.

» Dans ce dernier explosif, c'est au moyen de l'addition de 4 pour cent de permanganate de potasse que l'on est parvenu à abaisser la proportion du corps carburé (dinitrobenzol) jusqu'à 7 pour cent, sans que l'explosibilité du mélange en souffre. Avec une capsule n° 4, on peut provoquer la détonation complète de cet explosif récemment fabriqué, même en cartouches de 27 millimètres. Son degré de sûreté est très élevé puisque des charges de 600 grammes n'ont pas pu enflammer des mélanges à 7 1/4 pour cent de grisou.

» La puissance de cet explosif, telle qu'elle résulte des essais au bloc de plomb est, à la vérité, moins grande que celle de l'ancienne Roburite ; mais cet affaiblissement doit être attribué exclusivement à la proportion plus faible de dinitrobenzol ; en effet, si l'on compare la puissance de la Roburite n° 1 à celle de l'explosif binaire à 8 pour cent de dinitrobenzol du dernier tableau, on voit que le permanga-

nate n'a exercé aucune influence défavorable sous le rapport de la puissance, l'élargissement du bloc de plomb a été de 365 cm³ pour l'un des explosifs, et de 358 cm³ pour l'autre.

» Ces exemples prouvent que des progrès notables ont été réalisés dans ces derniers temps dans la technique des explosifs de sûreté, et il y a lieu d'espérer qu'il sera possible de combattre l'inconvénient capital des explosifs à base d'azotate d'ammoniaque, celui d'exiger, pour explosionner, des capsules de plus en plus puissantes, telles qu'elles constituent par elles-mêmes une source de danger. »

Il est manifeste que les explosifs de sûreté les plus perfectionnés sont déjà, dès aujourd'hui, tels, que leur emploi, à charges modérées, présente un danger bien réduit par rapport à ceux qu'offraient les anciens explosifs.

Cependant, il est prudent d'en user encore avec beaucoup de réserve, tant que cette sécurité ne s'est pas plus affirmée, et la plus grande sûreté consiste encore à ne pas employer d'explosif du tout.

C'est dans cet esprit qu'a été conçu et rédigé le règlement qui vient de paraître en Belgique sur l'emploi des explosifs dans les mines. (Arrêté royal du 13 décembre 1895.)

Ce règlement, en effet, tout en prescrivant, dans les mines franchement grisouteuses, l'emploi des explosifs les plus dangereux, notamment de la poudre noire, interdit dans un grand nombre de cas l'usage des explosifs quels qu'ils soient. Et en fait, ce progrès qui consisterait à ne plus employer qu'exceptionnellement les explosifs, pour le coupage des voies notamment, serait, encore à l'heure présente, le progrès le plus réel qui pourrait être accompli dans le sens de la sécurité des mines grisouteuses et poussiéreuses.

La réalisation de ce progrès est singulièrement favorisée par les perfectionnements qu'ont subis tout récemment les

moyens de faire éclater la roche sans le secours des explosifs. D'une part, le perfectionnement des aiguilles-coins et des foreuses à main, d'autre part, les *chasse-coins* ou *brise-roches*, d'invention toute récente, qui, dérivant du principe de la bosseyeuse, mais mus à bras d'hommes et presque sans affuts ou installations spéciales, permettent de lancer sur les coins-aiguilles des masses importantes susceptibles d'exercer des effets puissants.

Les essais pratiqués jusqu'ici au moyen de ces appareils, semblent donner de bons résultats; ceux-ci sont même tels que des charbonnages importants peu ou pas grisouteux, étudient la question de savoir s'il n'y aurait pas avantage, au point de vue même du prix de revient, à substituer les procédés mécaniques à l'emploi des explosifs pour le coupage et l'élargissement des galeries en veine.

Bruxelles, Février 1896.

