

Le risque d'inflammation des mélanges gazeux par les étincelles de métaux légers

Traduction résumée par

J. FRIPIAT,

Administrateur-Directeur de l'Institut National des Mines.

On sait depuis longtemps que les fines poussières d'aluminium s'allument au contact de corps incandescents tels que, par exemple, les particules arrachées par meulage d'une pièce de fer ou d'acier ; la chaleur dégagée alors par la combustion du métal est suffisante pour enflammer un mélange d'air et de grisou.

Le fait a été observé à l'Institut National des Mines vers 1927 lorsqu'on envisagea d'introduire dans nos mines des turbo-ventilateurs comportant des organes mobiles faits d'alliages à base d'aluminium : alpax, silumin ou autres.

Ce risque d'inflammation vient d'être évoqué à nouveau dans trois publications récentes du Safety in Mines Research Establishment (S.M.R.E. Sheffield) :

- a) Sparks from aluminium paint :
The firedamp ignition hazard
(M. Grice, Rapport 59 - décembre 1952).
- b) The ignition hazard from sparks from magnesium base alloys
(MM. Magerson, Robinson, Wilkins — Rapport 75 - juillet 1953).
- c) The ignition hazard from sparks from cast alloys of magnesium and aluminium.
(M. Titman, Rapport 90 - février 1954).

La première vise les peintures à base d'aluminium; elle intéresse autant les industries chimiques que les mines. Les auteurs ont expérimenté en effet l'action des étincelles sur toute une série de gaz et de vapeurs inflammables.

Leurs recherches mettent en évidence l'intervention d'une réaction de combustion entre l'aluminium et l'oxygène combiné, ce dernier provenant de la rouille emprisonnée sous la peinture.

Dans les deux autres publications, il est question uniquement d'inflammation du méthane par les étincelles provenant du choc de pièces d'acier rouillées sur des alliages utilisés pour la construction d'appareils portatifs (perforatrices ou autres).

L'aptitude de ces étincelles à allumer le grisou est fonction de la teneur en magnésium.

Après avoir fait le compte rendu sommaire des recherches, nous donnerons l'essentiel d'une ordonnance récente du National Coal Board, relative à l'utilisation des alliages légers dans les mines grisouteuses.

a) Les étincelles des peintures à l'aluminium.

(M. Grice, Rapport 59).

L'auteur fait d'abord une brève allusion aux recherches effectuées par les Services d'armement et au sujet desquelles il est fort peu documenté ; il s'étend ensuite et plus longuement sur ce qui a été fait au Safety in Mines Research Board (S.M.R.B. - organisme dénommé ultérieurement S.M.R.E.) et au Centre d'étude des incendies (Fire Research Station).

Recherches du S.M.R.B. (1951).

L'expérimentateur, M. Thomas, se servait de plaques en fer rouillées qui, après avoir reçu une peinture à base d'aluminium et d'huile de lin, étaient séchées au four électrique.

La plaque disposée dans une caisse renfermant un mélange inflammable recevait le choc d'une barre de fer plat que manœuvrait un opérateur. Après 100 chocs consécutifs d'incidence variable, la plaque était remplacée par une autre.

Furent soumis aux essais : le sulfure de carbone, le gaz de ville, l'éther, le benzène, le pentane, l'acétone, l'alcool méthylique et le méthane.

A titre de comparaison, on utilisa aussi des plaques rouillées sans peinture ; celles-ci ne donnèrent que des résultats négatifs.

Avec les plaques rouillées et peintes, l'inflammation dépendait de la nature du gaz et aussi de la température et du temps de séchage.

Les premières expériences furent effectuées avec des plaques séchées au four pendant 24 heures à des températures variant de 125 à 300°.

Voici en résumé les résultats de ces expériences:

Température de séchage, 250° et plus :
 Température de séchage : 225° :
 Température de séchage, 200° :
 Température de séchage, 150° :

Tous les gaz et vapeurs sont enflammés.
 Pas inflammation de l'acétone ni du méthane.
 Inflammation du gaz de ville et de l'éther.
 Inflammation du sulfure de carbone.

On augmenta ensuite le temps de séchage.

Tout en reconnaissant que ces expériences ne furent pas assez nombreuses pour qu'on puisse en tirer des conclusions certaines, l'auteur cite cependant quelques résultats.

Le séchage en dessous de 200° conduisit à des résultats négatifs, sauf avec le sulfure de carbone.

Pour 200°, il y eut inflammation avec tous les gaz, sauf avec l'acétone. Avec cette température maintenue pendant 144 heures, on obtint des résultats positifs avec le benzène, le pentane et le méthane.

On expérimenta également des peintures à durcissement rapide et composées de nitrocellulose, d'acétate d'amyle et d'un plastifiant. Les éprouvettes fraîchement préparées ne donnèrent pas d'étincelle dangereuse, par contre celles soumises au séchage pendant 24 heures à 200, 250 et 300° allumèrent le sulfure de carbone et le gaz de ville.

Expériences du Centre d'étude des incendies (1952).

Elles furent entreprises à la demande du Ministère du travail et suivant un mode opératoire analogue à celui du S.M.R.B. Elles montrèrent également que la production d'étincelles dangereuses est favorisée par le contact intime de la rouille et de l'aluminium.

L'éclat des étincelles augmente si l'on ajoute à l'enduit, de l'oxyde de fer ou du minium ; les étincelles sont, par contre, moins brillantes lorsque l'application préalable d'une peinture au minium, soustrait la rouille au contact direct de l'aluminium.

Le même organisme procéda également à des expériences comparatives sur des peintures de types divers.

Des étincelles dangereuses furent observées avec des peintures au nitrate de cellulose séchées au four, mais non avec d'autres renfermant comme plastifiant de la résine additionnée ou non de silicose, et cela, malgré une dessiccation au four à 450°.

Toutes les peintures à l'huile ou à la résine synthétique, sauf une, donnèrent des étincelles après préchauffage.

La plupart des essais furent effectués dans le gaz de houille, quelques-uns dans des vapeurs inflammables. On observa que les mélanges au gaz de houille s'enflammaient plus facilement que ceux à l'hexane, mais de toutes les vapeurs, le sulfure de carbone fut reconnu la plus inflammable.

Il est à noter qu'aucune des peintures du type courant ne donna des étincelles dangereuses si elle n'avait subi d'abord une dessiccation au four.

Les expérimentateurs estiment cependant qu'on ne peut utiliser en atmosphère dangereuse des

peintures à la nitrocellulose, celles-ci présentant déjà un risque appréciable après un préchauffage modéré.

Conclusions :

L'auteur du rapport conclut comme suit :

L'aluminium en contact intime avec l'oxyde de fer donne, sous le choc, des étincelles ou flammes qui allument certains gaz ou vapeurs en mélange avec l'air.

Le séchage au four produit, ou tout au moins favorise, l'écaillage de la peinture et facilite l'arrachement de particules faites d'un mélange intime d'aluminium et d'oxyde.

Certaines peintures renferment, il est vrai, un liant qui empêche l'aluminium d'être en contact avec la rouille, mais il faut supposer que les chocs violents qui sont courants dans la mine peuvent rendre cette protection illusoire.

b) Le risque d'inflammation par les étincelles d'alliage à base de magnésium.

(Magerson, Robinson, Wilkins, Rapport 75)

Introduction.

Les recherches rapportées dans cette note eurent pour origine une inflammation de grisou survenue dans une mine anglaise (Hawkins) et attribuée à la chute d'une foreuse électrique portative sur un convoyeur.

Après l'accident, on releva des traces de chocs violents sur le carter ; celui-ci était fait d'alliage du type « Elektron » renfermant au moins 90 % de magnésium, les autres constituants étant l'aluminium, le zinc, le manganèse.

Ce pourcentage élevé en magnésium devait retenir l'attention des expérimentateurs pour les raisons suivantes :

a) les étincelles de meulage allument la poudre de magnésium,

b) un carter fait du même alliage donne après chromage, sous le choc d'un objet métallique, des étincelles brillantes; celles-ci ne se produisent plus lorsque la couche protectrice a disparu.

Il est à noter que le chromage a pour effet de mettre le métal en contact intime avec une substance riche en oxygène, ce qui est réalisé également lorsqu'un alliage au magnésium frappe violemment une pièce métallique rouillée, c'est-à-dire couverte d'un film d'oxyde de fer.

c) Des incidents antérieurs avaient déjà mis en cause les alliages légers.

En 1943, une inflammation de grisou dans le Yorkshire fut imputée à un ventilateur dans lequel une aube en alliage au magnésium frottait contre un cercle d'acier.

En appliquant une des aubes contre un disque d'acier en rotation (vitesse linéaire 9 m. par seconde), les expérimentateurs du S.M.R.B. produisirent des étincelles qui allumèrent le grisou.

Enfin en 1946, lors d'une étude sur les propriétés mécaniques des étançons en alliage au magnésium (90 %), on observa au moment de l'affaissement sous charge la production de flash ou étincelles brillantes qu'on ne put cependant reproduire par meulage de l'alliage sur un disque d'acier.

Recherches du S.M.R.E.

La foreuse de la mine Hawkins se prêtant mal, à cause de sa forme, à des essais de choc, les expérimentateurs utilisèrent un mouton cylindrique en laiton garni à sa base d'une éprouvette en alliage léger de composition identique à celle du carter de la machine. Le mouton guidé par un tuyau vertical galvanisé tombait sur une plaque d'acier rouillée. Celle-ci était disposée avec une certaine inclinaison dans une caisse de forme cubique en bois renfermant un mélange grisouteux inflammable.

Le poids total du mouton et de l'éprouvette était égal à celui de la perforatrice (16,3 kg). A chaque essai, la plaque d'acier était déplacée de telle sorte que le choc était donné chaque fois sur une région qui n'avait pas encore été frappée par le mouton.

Pour rendre les conditions d'essais plus régulières, les expérimentateurs usèrent d'un procédé d'oxydation accélérée.

La plaque d'acier décapée au préalable à la brosse était recouverte de limaille de fer et arrosée d'une solution de chlorure ammonique ; elle était ensuite lavée et séchée, puis finalement battue au marteau. On obtenait ainsi une couche uniforme de rouille.

L'alliage fixé sur la face inférieure du mouton était, soit nu, soit couvert d'un enduit protecteur.

La plupart des expériences furent effectuées dans des mélanges renfermant de 8 % à 8,5 % de méthane, teneur choisie arbitrairement parce qu'au début on ne connaissait pas celle conduisant à la fréquence maximum d'inflammation.

Essai sur l'alliage nu.

L'inflammation par étincelle de choc est un phénomène complexe qui dépend d'une foule de facteurs et, notamment dans le cas présent, de l'angle d'impact, de l'état des surfaces, de l'énergie du choc, de la composition du mélange gazeux, des propriétés physiques et chimiques de l'alliage.

Les expérimentateurs en firent la démonstration par des essais systématiques.

a) *Influence de l'angle d'impact* : la hauteur de chute étant de 1,35 m, on observa :

3 inflammations sur 20 essais pour l'angle de 40°

4 inflammations sur 20 essais pour l'angle de 50°

On n'eut que des essais négatifs avec les angles de 30 et 60°.

b) *Influence de la hauteur de chute* : vingt-cinq essais furent effectués avec chacune des hauteurs :

0,45 m — 0,90 m — 1,35 m — 1,80 m.

L'angle d'impact étant de 50°, on enregistra respectivement :

— Avec une plaque d'acier (éprouvette n° 1) : 1, 8, 21 et 19 inflammations.

— Avec une autre plaque (éprouvette n° 18) : 0, 1, 4 et 12 inflammations.

Ces plaques n'avaient pas subi le traitement au chlorure ammonique.

On refit 600 essais sur 13 plaques d'acier traitées, avec une hauteur de chute de 2,25 m et un angle d'impact de 50° ; on obtint alors une fréquence globale d'inflammation de 78 % ; ce qui ne laissait aucun doute sur le danger des étincelles des alliages au magnésium.

c) *Influence de l'état superficiel de la tôle d'acier.*

Dans les mêmes conditions de choc (hauteur 1,35 m), angle d'impact 50°, la fréquence d'inflammation était de :

— 3/20 avec une plaque décapée énergiquement à la brosse rotative,

— 10/20 avec la même plaque, mais ayant subi le traitement au chlorure ammonique,

ce qui signifie que, si l'oxydation de l'éprouvette est favorable à l'inflammation, des traces de rouille suffisent pour produire des étincelles dangereuses.

Il semble aussi que la rugosité de la surface d'impact joue un rôle important.

En remplaçant la plaque d'acier par une dalle de grès, on a encore obtenu l'inflammation d'un mélange à 6,4 % de méthane.

d) *Influence de la teneur en méthane.*

Toutes autres conditions expérimentales restant inchangées, la fréquence d'inflammation varie avec la teneur en méthane ; elle est maximum (82 %), pour la teneur de 6,4 %.

e) *Remplacement de l'alliage au magnésium par de l'acier.*

Le disque en alliage léger, qui était fixé à la base du mouton en laiton, fut remplacé par un disque d'acier. Pour une hauteur de chute de 2,25 m sur une plaque d'acier traitée (oxydation accélérée) et inclinée à 50°, on ne put, sur 30 essais, obtenir l'inflammation du mélange à 8 % de méthane malgré la production d'étincelles brillantes.

Dans les mêmes conditions, on avait observé avec l'alliage léger une fréquence d'inflammation de 73 %.

Essai sur l'alliage protégé.

Les constatations rapportées ci-avant amenèrent le National Coal Board à envisager, soit de réduire la teneur en magnésium de l'alliage utilisé pour la construction des perforatrices à main, soit de protéger les carters par un enduit approprié.

Mais si la première solution réduit, en partie du moins, le bénéfice de légèreté, la seconde n'est pas non plus sans inconvénient.

Le fait que la plupart des enduits exigent le passage de l'appareil au four, s'oppose à ce que cette protection soit appliquée sur des machines en service. De plus, la réfrigération des organes électriques est moins bonne alors que ces petites ma-

chines ont déjà tendance à chauffer exagérément en service normal.

On expérimenta néanmoins trois types de protection :

1) de l'aluminium pur appliqué par pulvérisation à chaud.

2) de l'araldite, résine synthétique appliquée à chaud.

3) du polythène (isolant synthétique) mis sur une couche d'araldite.

Le mouton tombait de 2,25 m sur une plaque d'acier rouillée (traitement au chlorure ammonique) et inclinée à 50° ; la teneur en méthane était de 8 %.

Avec les deux premiers types on enregistra des fréquences d'inflammation de 46 et 34 %, donc inférieures à celles observées avec l'alliage non protégé (73 % environ). Le mouton était guidé de telle sorte qu'à chaque essai, le choc se produisait sur l'alliage en un point encore pourvu de l'enduit protecteur.

Sans cette précaution, les fréquences d'inflammation auraient été encore plus élevées.

Ce fut le cas pour les essais effectués avec la protection double de polythène et araldite : il y eut inflammation lors du troisième choc sur le même point de l'alliage.

Les expérimentateurs estimèrent que les enduits protecteurs, tout en réduisant le risque d'inflammation, ne donnaient pas une garantie certaine de sécurité.

c) Risque d'inflammation par les étincelles d'alliages de magnésium et aluminium.

(M. Titman, Rapport 90)

Les recherches faisant l'objet de ce rapport présentent beaucoup d'analogie avec les précédentes.

Le matériel expérimental et le mode opératoire notamment sont restés les mêmes ; le disque d'alliage est fixé à la base d'un mouton en laiton (poids total 16,5 kg) qu'on laisse tomber d'une hauteur déterminée sur une plaque d'acier rouillée dans une atmosphère inflammable de méthane.

La différence réside dans le fait que l'auteur a expérimenté non plus un seul, mais sept alliages de compositions diverses.

Ceux-ci à base d'aluminium (90 % au moins), renfermaient à côté d'impuretés (fer, manganèse, nickel, zinc, plomb, étain), du magnésium, du silicium, du cuivre aux teneurs indiquées dans le tableau ci-après.

Pour une hauteur de chute de 2,25 m, l'angle d'impact étant de 50° et la teneur en méthane de 8,25 %, on enregistra les fréquences d'inflammation figurant à la dernière colonne du tableau ; elles sont toutes inférieures à celle donnée dans les mêmes conditions (73,5 %) par l'alliage à 92,6 % de magnésium visé dans le rapport précédent.

Pour les sept alliages essayés, on trouva comme précédemment que la teneur de 6,4 % et l'angle d'impact de 50° conduisaient à la fréquence d'inflammation maximum.

Discutant les résultats de ses expériences, l'auteur s'applique à déterminer l'origine des inflammations.

Le fait que leur fréquence est maximum pour les mélanges pauvres en méthane donne à penser que la flamme s'amorce au point d'impact.

Des recherches déjà anciennes faites au S.M.R.B. ont montré en effet que ce sont les mélanges à teneur en méthane voisine de la limite inférieure d'inflammabilité qui s'allument le plus facilement au contact des surfaces métalliques chaudes.

Mais il s'agissait alors de métaux à haut point de fusion tandis que les alliages légers fondent vers 650°, c'est-à-dire à une température bien inférieure à celle d'inflammation immédiate des mélanges grisouteux.

Par contre, les particules arrachées peuvent, si leur oxydation est assez rapide, atteindre une température bien supérieure.

Leur action peut cependant être contrecarrée par des phénomènes accessoires.

La combustion du métal peut modifier la teneur en oxygène de l'atmosphère qui entoure la particule ; une inflammation naissante est alors gênée dans son développement par le manque de comburant.

C'est vraisemblablement pour cette raison que les mélanges pauvres en méthane et, par conséquent, riches en oxygène sont particulièrement sensibles aux étincelles de friction.

Enfin, la turbulence créée par la chute du mouton peut avoir pour effet de gêner l'extension de la flamme et cet effet est d'autant plus marqué que le mélange est moins riche en gaz combustible.

Dans ses conclusions, l'auteur résume les constatations faites au cours des essais et fait, entre autres, la remarque suivante :

Le risque d'inflammation par étincelles arrachées des alliages légers augmente avec la teneur en magnésium ; il y a néanmoins un risque appréciable

n° de l'alliage	Mg	Si	Cu	fréquence d'inflam. %
1	0,05	0,5	0,2	2
2	0,05	10,19	0,11	2
3	0,15	5,0	3,0	4
4	0,50	5,0	1,25	5
5	1,50	0,50	4,02	2
6	5,02	0,08	—	9
7	10,73	0,05	—	19

avec ceux ne renfermant que très peu de magnésium, c'est le cas des alliages 1, 2 et 3 du tableau.

Décision du National Coal Board.

(Iron and Coal Trades Review 19 mars 1954)

Le National Coal Board a décidé de ne plus introduire, dans les mines grisouteuses, d'appareil ou accessoires faits en alliage d'aluminium avec ou sans magnésium qui ne soit protégé contre les chocs (enveloppe antidéflagrante ou autre moyen).

Cette interdiction ne s'applique ni aux carters de foreuse à main, si la teneur en magnésium ne dépasse pas 2 %, ni aux appareils respiratoires, ni non

plus aux récipients servant au transport de boisson et de vivres.

Les appareils actuellement en service dans la mine sont, au point de vue de la teneur en méthane, soumis aux mêmes mesures restrictives d'emploi que le matériel électrique ; ils ne peuvent être utilisés à proximité de vides incomplètement remblayés que si le pourcentage de grisou n'y dépasse pas 1,5.

A partir du 31 décembre, on ne pourra plus utiliser ni des perforatrices à carter en elektron ou autre alliage au magnésium, ni non plus des étançons dont les pièces soumises à friction seraient faites d'aluminium ou d'alliages d'aluminium ou de magnésium.