

DETERMINATION DES DANGERS
LIES A L'UTILISATION
DE POUSSIÈRES INFLAMMABLES

*par F. CONDE - ISSeP - Division de Colfontaine
Rue Grande, 60 - 7340 COLFONTAINE*

RESUME

Dans les entreprises qui manipulent ou fabriquent des produits pulvérulents, des risques d'incendie ou d'explosion sont à craindre.

Les deux phénomènes d'auto-inflammation ou d'explosion sont brièvement décrits ainsi que les conditions dans lesquelles ils peuvent avoir lieu. Celles-ci sont liées à la poussière elle-même, à sa granulométrie et aux sources d'inflammation. Un certain nombre d'essais permettent de caractériser les conditions dans lesquelles une poussière peut s'enflammer ou dans lesquelles un mélange air-poussières peut exploser. Les différents tests ainsi que les principales mesures de sécurité sont expliqués.

SUMMARY

In factories which handle or produce dusty products, fire or explosion risks are possible.

The two phenomena of self-inflammation and explosion are briefly described and the conditions in which they may occur. The conditions are related to the dust itself, its size as well as to the sources of inflammation. A lot of tests allow to characterize the conditions in which a dust may ignite or a blending air-dust may explode. The different tests and the principal safety precautions are described.

SAMENVATTING

In ondernemingen die poedervormige produkten verhandelen of produceren, bestaan er brand- of ontploffingsrisico's. De beide verschijnselen van zelfontvlaming en ontploffing worden beknopt beschreven, evenals de omstandigheden waarin ze zich kunnen voordoen. Deze hangen samen met het stof zelf, met zijn korrelgrootte en met de ontvlammingsbronnen. Een aantal proeven maakt de kenmerking mogelijk van de omstandigheden waarbij een gegeven stof kan ontvlammen, of waarin een mengsel van lucht en stof kan ontploffen. De verschillende tests evenals de voornaamste veiligheidsmaatregelen worden uitgelegd.

INTRODUCTION

L'ISSeP, Institut Scientifique de Service Public, a été mis en place par la Région Wallonne pour exercer des missions scientifiques au profit des secteurs public et privé de la Région Wallonne. Il reprend aussi les missions de l'INIEX.

L'Institut est un centre de recherche-développement, de démonstration et d'expertise dans les domaines des ressources naturelles, de l'environnement, de la sécurité industrielle et technique et des radiocommunications en milieux confinés. L'Institut dispose d'un hall d'essais abritant différents prototypes industriels utilisant la technique de la combustion en lits fluidisés. Des laboratoires d'analyses (chimie, microbiologie, ...) possédant un matériel récent et performant, tel la spectrométrie de masse à haute résolution, complètent les installations.

Le présent article porte sur les activités de l'ISSeP en matière de sécurité industrielle et technique et plus spécifiquement sur les dangers liés à l'utilisation des poussières inflammables. Ces travaux ont été réalisés au siège de l'ISSeP à Colfontaine.

On connaît les accidents dus aux explosions de gaz que ce soit en industrie ou chez les particuliers (foyers, chauffe-eau au gaz, ...). Par contre, les accidents dus aux poussières sont moins fréquents et moins connus.

Cependant, toutes les poussières qui donnent avec l'oxygène une réaction exothermique doivent être considérées comme capables de s'auto-enflammer ou d'exploser : ce sont les poussières inflammables.

La poussière la plus connue susceptible d'exploser est la poussière de charbon (coup de poussière dans les mines), mais de nombreux autres produits peuvent être cités :

- poussières alimentaires (amidon, sucre, farine, lait, ...)
- poussières chimiques (polyéthylène, polyesters, pigments, insecticides, ...)
- poussières métalliques (aluminium, fer, zinc, magnésium, ...)
- poussières végétales (bois, graines, ...)
- poussières pharmaceutiques
-

Au vu de cette liste non-exhaustive, on peut dire qu'il existe de nombreuses industries où le risque est présent : les industries chimiques, métallurgiques, alimentaires, les centrales électriques, les cimenteries, ... sont concernées par ce problème.

Là où existent des installations de broyage, de stockage, de transport, générateurs de poussières fines, le risque d'incendie ou d'explosion, dû aux poussières, doit être étudié.

Ces poussières sont des produits finis comme par exemple le lait en poudre, la farine ... mais peuvent également être des produits non souhaités comme ceux résultant de la manutention des céréales, du charbon, ...

Dans cet article, nous parlerons en premier lieu des dangers liés aux manipulations de poussières inflammables. Dans un deuxième chapitre, nous parlerons des conditions d'inflammation et d'explosion des poussières. Enfin, nous terminerons en expliquant les différents tests relatifs à l'auto-inflammation et à l'explosion. Les tests relatifs à l'explosion sont divisés en deux catégories : la première permet de prendre des mesures préventives, la seconde, des mesures constructives.

1. Les dangers liés aux poussières inflammables

Dans les entreprises, deux dangers sont liés à la manipulation ou à la fabrication de poussières inflammables.

1.1. Auto-inflammation

Le premier danger est celui de l'incendie. Une couche de fines poussières, de quelques centimètres, déposée sur un appareil chaud peut être le siège d'une réaction d'oxydation exothermique. Comme la chaleur peut difficilement se dissiper (d'autant plus que la poussière est fine et la couche épaisse), l'auto-échauffement s'accélère en conséquence et peut conduire à une auto-inflammation.

La poussière en dépôt, siège d'une réaction d'auto-échauffement, peut également produire un dégagement de gaz toxiques ou inflammables. Des phénomènes d'auto-inflammation peuvent se produire à très basse température quand des couches très épaisses (supérieures à 10 cm par exemple) apparaissent.

1.2. Explosion

Le second danger est celui d'une explosion. Les explosions de poussières sont moins nombreuses que les explosions de gaz ou que celles de vapeurs de liquides inflammables. Toutefois, le danger qu'elles constituent ne peut pas être sous-estimé. L'explosion s'accompagne, comme pour les gaz, d'une augmentation de pression souvent rapide et d'un dégagement important de chaleur. De plus, s'il existe dans le local où a lieu l'explosion, des dépôts de poussières, celles-ci sont soulevées et participent à leur tour à l'explosion.

2. Les conditions d'inflammation et d'explosion

Pour que des poussières s'enflamment ou explosent, un certain nombre de conditions sont nécessaires.

2.1. Type de poussière

La poussière doit être combustible, c'est-à-dire capable d'une réaction d'oxydation exothermique.

2.2. La granulométrie

Les particules les plus fines sont plus facilement dispersées et le nuage formé est beaucoup plus stable. Elles ont, proportionnellement au poids, une surface spécifique plus importante, ce qui augmente la réactivité vis-à-vis de l'oxygène de l'air. Ce sont donc les particules les plus fines qui sont les plus dangereuses. Toutefois, quand la granulométrie est très petite (poussière ultra-fine), des phénomènes d'agglomération sont possibles.

En règle générale, les particules dont la granulométrie est supérieure à 500 microns ne donnent pas lieu à des explosions. Cependant, quand elles existent en mélange avec une quantité suffisante de fines particules, le risque d'explosion existe. Les plus grosses particules ralentissent le phénomène mais ne l'empêchent pas. Des explosions ont été réalisées avec des poussières de charbon dont certaines avaient un diamètre de 1 mm.

2.3. La concentration

Comme pour les gaz et les vapeurs de liquides inflammables, il existe pour les poussières une limite inférieure et une limite supérieure d'explosivité.

La limite inférieure d'explosivité de la plupart des poussières se situe entre 10 et 500 g/m³. Cela représente des quantités relativement importantes.

La limite supérieure d'explosivité est une donnée moins étudiée étant donné que prendre des mesures de sécurité en fonction de ce critère est difficile. Elle est de l'ordre de grandeur de quelques kg/m³.

2.4. La teneur en oxygène

S'il n'y a pas suffisamment d'oxygène, la combustion de la poussière n'est pas possible. On peut, en conséquence, déterminer une teneur minimale en oxygène empêchant l'explosion. Par contre, en ce qui concerne l'auto-inflammation, une diminution de la teneur en oxygène ralentit le phénomène mais ne l'empêche pas.

2.5. Les sources d'inflammation

2.5.1. *Surfaces chaudes*

Les surfaces chaudes d'appareils de chauffage, de machines, d'appareils, de conduites de gaz chauds ou de vapeurs, ... sont des sources d'inflammation. Il existe dans les entreprises des surfaces qui sont chaudes lors du fonctionnement normal mais il est tout aussi important de prévoir celles qui s'échauffent lors de pannes ou de mauvais fonctionnements.

2.5.2. *Flammes et points chauds*

Toutes les flammes doivent être considérées comme des sources d'inflammation efficaces. Une cigarette allumée peut provoquer une explosion de poussières.

2.5.3. *Étincelles mécaniques*

Ces étincelles résultent de chocs, de frottements mécaniques, de meulage, ... et peuvent, par la température qu'elles atteignent, provoquer l'explosion d'un nuage de poussières ou l'inflammation d'un tas.

2.5.4. *Étincelles électriques*

Les étincelles produites par certains équipements électriques peuvent constituer des sources d'inflammation.

2.5.5. *Électricité statique*

L'accumulation d'électricité statique est un danger, car les nuages ou les dépôts de certaines poussières peuvent être enflammés par les décharges d'électricité statique.

3. Détermination des caractéristiques d'inflammation et d'explosion des poussières

La manipulation de produits pulvérulents peut présenter un danger dans les entreprises. Un certain nombre de conditions liées aux poussières et aux conditions d'inflammation ou d'explosion existent. Nous avons cité les principales. Il est important de chiffrer les paramètres caractéristiques d'une poussière. Ce sont des paramètres thermiques (températures d'inflammation), électriques (énergie d'inflammation) ou mécaniques (pression d'explosion). De nombreux tests existent pour cela; ils permettent de déterminer les risques d'inflammation et d'explosion et de quantifier l'explosion.

3.1. Auto-inflammation

Les risques d'incendie apparaissent principalement dans les silos de stockage, dans les étuves, dans les filtres à manches, ... partout où des dépôts de poussières importants existent. Trois tests permettent de caractériser l'auto-inflammation.

3.1.1. *Inflammabilité des poussières en couche (Fig. 1)*

La température minimale d'inflammation d'une couche de poussières est la température la plus faible d'une surface chaude capable d'enflammer une couche de poussières d'épaisseur donnée (5 mm). Ce test est effectué selon une norme recommandée par le Comité Electrotechnique International.

L'échantillon est déposé sur une plaque chauffée à une température T. On considère qu'il y a inflammation non seulement si il y a apparition de flammes mais également lorsqu'il y a apparition d'une incandescence. Il y a également inflammation si la température du produit déposé (mesurée par un thermocouple) augmente au-delà de la température T de la plaque.

L'influence de l'épaisseur de la couche peut être étudiée. Plus la couche est épaisse et plus la température d'inflammation sera faible.

Il est recommandé que la température des surfaces, sur lesquelles il n'est pas possible d'empêcher la formation des dépôts, soit inférieure d'au moins 75°C à la température déterminée par un essai avec une couche de 5 mm.

3.1.2. *Exothermie*

Cet essai sert à déterminer la température la plus basse à laquelle une substance manifeste une exothermie.

Ce test se fait selon une prescription du laboratoire de tests de sécurité de Ciba-Geigy. L'appareil que nous utilisons est le four de Grewer (Fig. 2). La poussière déposée dans une nacelle en treillis inoxydable est traversée par un courant d'air devenant de plus en plus chaud. Deux thermocouples raccordés à un enregistreur mesurent l'évolution de la température de l'échantillon et de la température d'un produit de référence (le graphite).

La température d'exothermie est celle acquise par le produit lorsque sa courbe de température s'écarte de celle de la référence. La détermination de cette température permettra de limiter la température de l'air dans les appareils où il est mis en contact pendant un certain temps avec le produit pulvérisé. Cela évitera la combustion de ce dernier, par exemple dans les armoires à circulation d'air, dans les sècheurs à lit fluidisé, ... Cette température peut également servir de limite pour les filtres à manches.

3.1.3. *Test de stockage à chaud (Fig. 3)*

Ce test permet de déterminer la température minimale nécessaire à un milieu isotherme pour provoquer l'auto-inflammation d'un volume précis de matière. L'essai se fait dans une étuve. Le produit est placé dans un panier en acier inox et sa température est contrôlée par un thermocouple. L'échantillon est déposé dans l'étuve portée à une température T.

Il y a auto-inflammation quand la température de l'échantillon augmente jusqu'à atteindre la température T puis continue à augmenter. Si on répète l'essai pour différents volumes de 10, 100, 1000 et 2000 cc, on peut arriver à dégager une relation entre la température d'auto-inflammation et le volume de matière et éventuellement extrapoler pour un plus grand volume.

3.2. Explosion - Mesures préventives

Les risques d'explosion apparaissent partout où la poussière est mise en suspension dans l'air en quantité suffisante : c'est le cas notamment dans les broyeurs, les transporteurs, les sécheurs, ... A noter que les vidanges de silos, les nettoyages des filtres à manches sont des opérations où arrivent souvent des explosions. Trois caractéristiques des poussières permettent de prendre des mesures visant à empêcher les explosions.

3.2.1. *Inflammation d'un nuage par une surface chaude (Fig.4)*

On définit la température minimale d'inflammation d'un nuage de poussières comme étant la plus petite température de la paroi interne d'un four cylindrique capable d'enflammer ce nuage de poussières en suspension dans le four.

Le test s'effectue selon une norme recommandée par le Comité Electrotechnique International.

Le four vertical est chauffé à une température uniforme connue (max. 900°C). Une quantité pesée de poussières y est entraînée par un courant d'air. Un nuage se forme et on observe si une flamme apparaît à la base du four. En variant la température du four et la quantité de poussières, on détermine la température minimale d'inflammation.

Il est recommandé que la température des surfaces en contact avec des nuages de poussières ne dépasse pas les 2/3 de la température minimale d'inflammation en nuage.

Ce test permet donc de faire le choix du matériel utilisé.

3.2.2. *Inflammation d'un nuage par une étincelle électrique*

L'énergie minimale d'inflammation d'un nuage de poussières est la valeur minimale de l'énergie électrique, accumulée dans un condensateur, dont la décharge suffit à enflammer le mélange air-poussières le plus inflammable à la pression atmosphérique et à la température ambiante.

Le test est réalisé dans l'appareil de Hartmann (Fig. 5).

Un nuage de poussières est formé dans le tube, une étincelle électrique d'énergie connue est produite dans ce nuage par la décharge d'un condensateur.

L'énergie minimale d'inflammation est la plus petite énergie capable de produire une inflammation du nuage de poussières. L'essai est réalisé sur une grande gamme de concentrations afin de trouver la plus petite énergie. L'énergie minimale d'inflammation peut varier de quelques millijoules à plusieurs joules.

Les résultats obtenus permettent le choix du matériel électrique à utiliser et éventuellement imposent de prendre des mesures contre les décharges d'électricité statique.

3.2.3. *Concentration minimale explosive*

La concentration minimale explosive est définie comme la concentration minimum d'un nuage, nécessaire pour propager la flamme. Ce test est effectué dans l'appareil de Hartmann (cf. 3.2.2.). Nous y utilisons des quantités décroissantes de produit et une série permanente d'étincelles comme source d'inflammation. Le but de cet essai est de déterminer quelle est la concentration à ne pas dépasser. On recommande de maintenir la teneur en poussières en dessous de 30 % de la concentration minimale explosive dans les endroits à risques. Toutefois, nous devons signaler que cette recommandation est difficile à respecter du fait de la non-homogénéité et de la variation de concentration des mélanges air-poussières, lors par exemple de démarrages ou d'arrêts d'installations.

3.3. Explosion - Mesures constructives

Quand on ne peut exclure avec certitude les risques d'une explosion, il faut prendre certaines mesures comme par exemple, la construction d'appareils résistant à la pression d'explosion, la pose de clapets d'explosion et de disques de rupture qui libéreront la pression dans une direction non dangereuse,

Pour réaliser ces constructions, il est nécessaire de connaître entre autres deux caractéristiques de la poussière utilisée : la pression maximale d'explosion et la vitesse maximale de montée en pression à l'explosion (ou le K_{st} de la poussière). Ces deux valeurs sont déterminées par un essai dans une cuve de 1 m^3 .

3.3.1. Test en cuve de 1 m³ (Fig. 6)

La pression maximale d'explosion (P_{max}) et la vitesse maximale de montée en pression à l'explosion (R_{max}) sont déterminées selon la norme ISO 6184.

La poussière est mise en suspension dans la cuve. La mise à feu se fait au moyen d'un allumeur chimique (10 kilojoules).

Un capteur de pression relié à un amplificateur et à un oscilloscope permet l'enregistrement de la pression au cours du temps. Les essais sont réalisés sur différentes concentrations de 100 à 1500 g/m³ et permettent de déterminer la pression maximale et la vitesse maximale de montée en pression.

CONCLUSIONS

Dans cet article, nous avons décrit brièvement les phénomènes d'auto-inflammation et d'explosion des poussières. Peu connus, ils sont à la base de nombreux accidents dans les entreprises qui manipulent ou fabriquent des produits pulvérulents. Des précautions sont à prendre pour réduire les dangers d'incendie ou d'explosion ou pour en diminuer les effets. La connaissance des produits utilisés, des conditions d'inflammation et d'explosion, de l'effet produit par une explosion est primordiale dans la recherche de moyens à mettre en oeuvre pour parvenir à une meilleure sécurité.

Un certain nombre de tests normalisés ou reconnus permettent de déterminer des paramètres tels que :

- les températures minimales d'inflammation en couche ou en nuage
- l'énergie minimale d'inflammation
- la concentration minimale explosive
- la pression d'explosion
- ...

En fonction de ces paramètres, déterminés expérimentalement, des mesures préventives ou constructives seront à prendre.

BIBLIOGRAPHIE

- Directive VDI 2263 Incendies et explosions de poussières : risques, évaluation, mesures de prévention (1986).
- Prescriptions du laboratoire de tests de sécurité. Ciba Geigy. Service Central de Sécurité (1977).
- Palmer K.N. Dust explosions and fires. London : Chapman and Hall (1973), 393 p.
- Giltaire M. et Dangréaux J. Les poussières explosibles. Annales des Mines France (Jan.-Fév. 1978).
- Explosions de poussières. Comité International pour la Prévention des Risques Professionnels. Comité pour l'Industrie Chimique - Edition 2/87.
- Commission Electrotechnique Internationale. Sous-comité 31 H, normes 21 et 22.
- Norme ISO 6184/1. Détermination des indices d'explosion des poussières combustibles dans l'air.

- - - - -

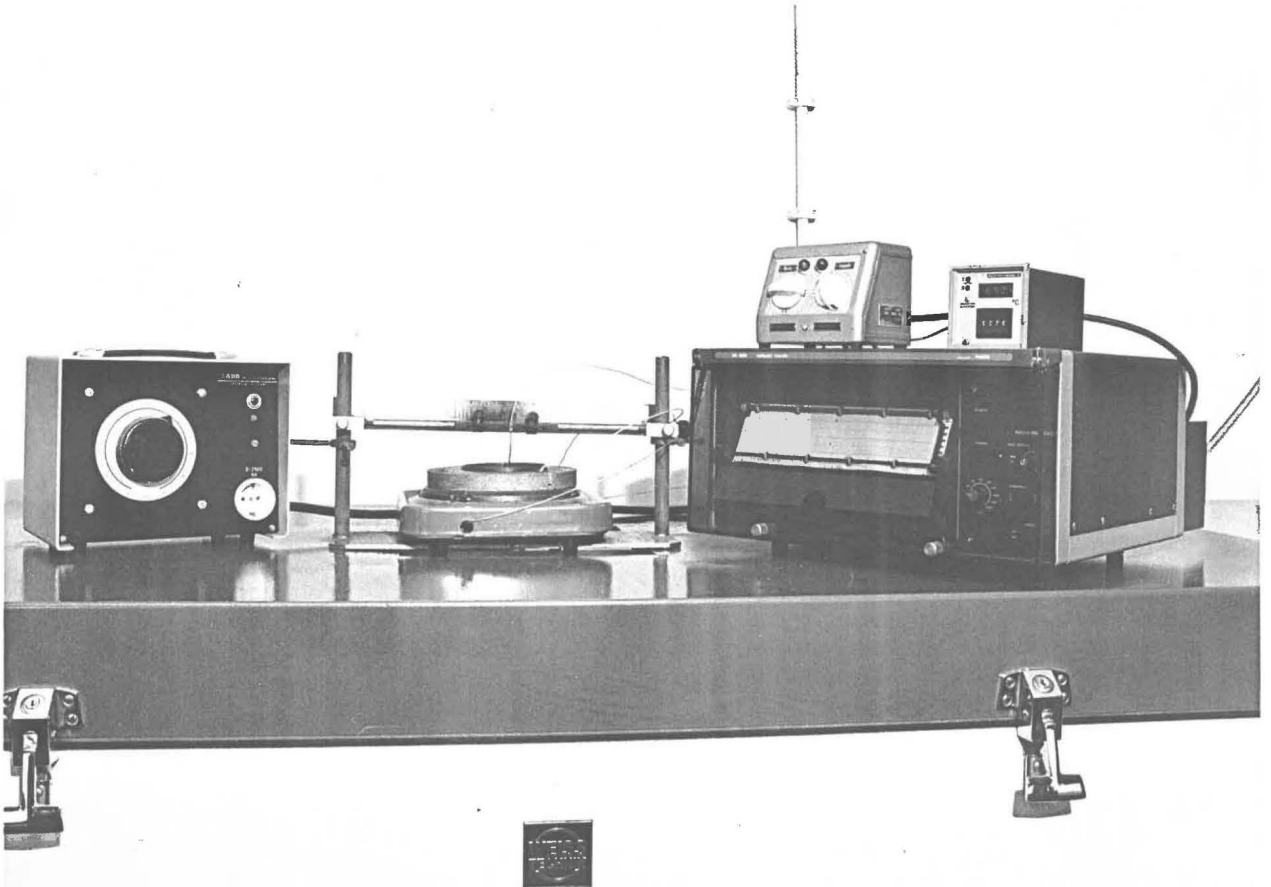


Fig. 1. Inflammation en couche



Fig. 2. Four de Greuer



Fig. 3. Test de stockage à chaud

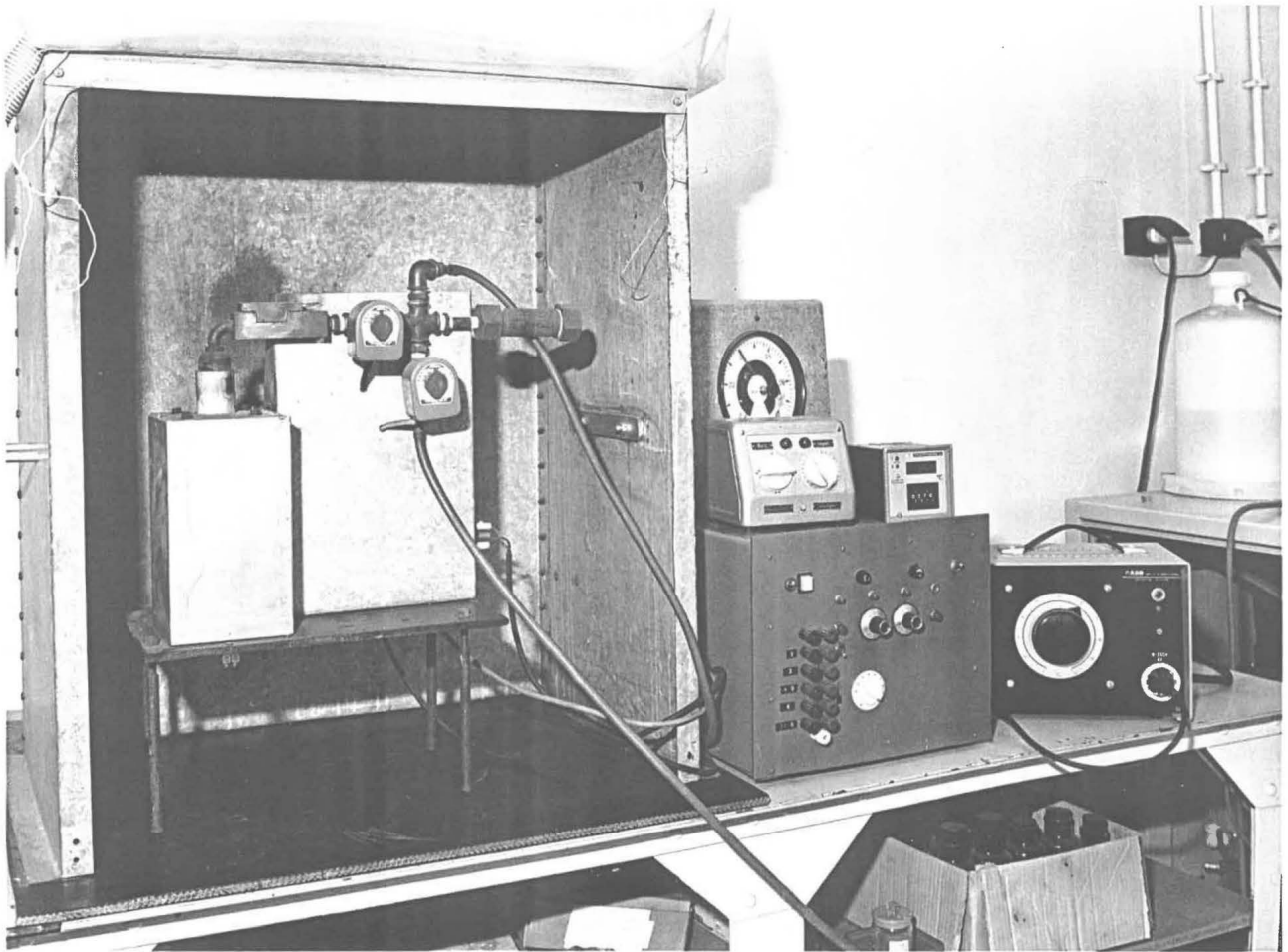


Fig. 4. Inflammation d'un nuage par une surface chaude



Fig. 5. Appareil de Hartmann

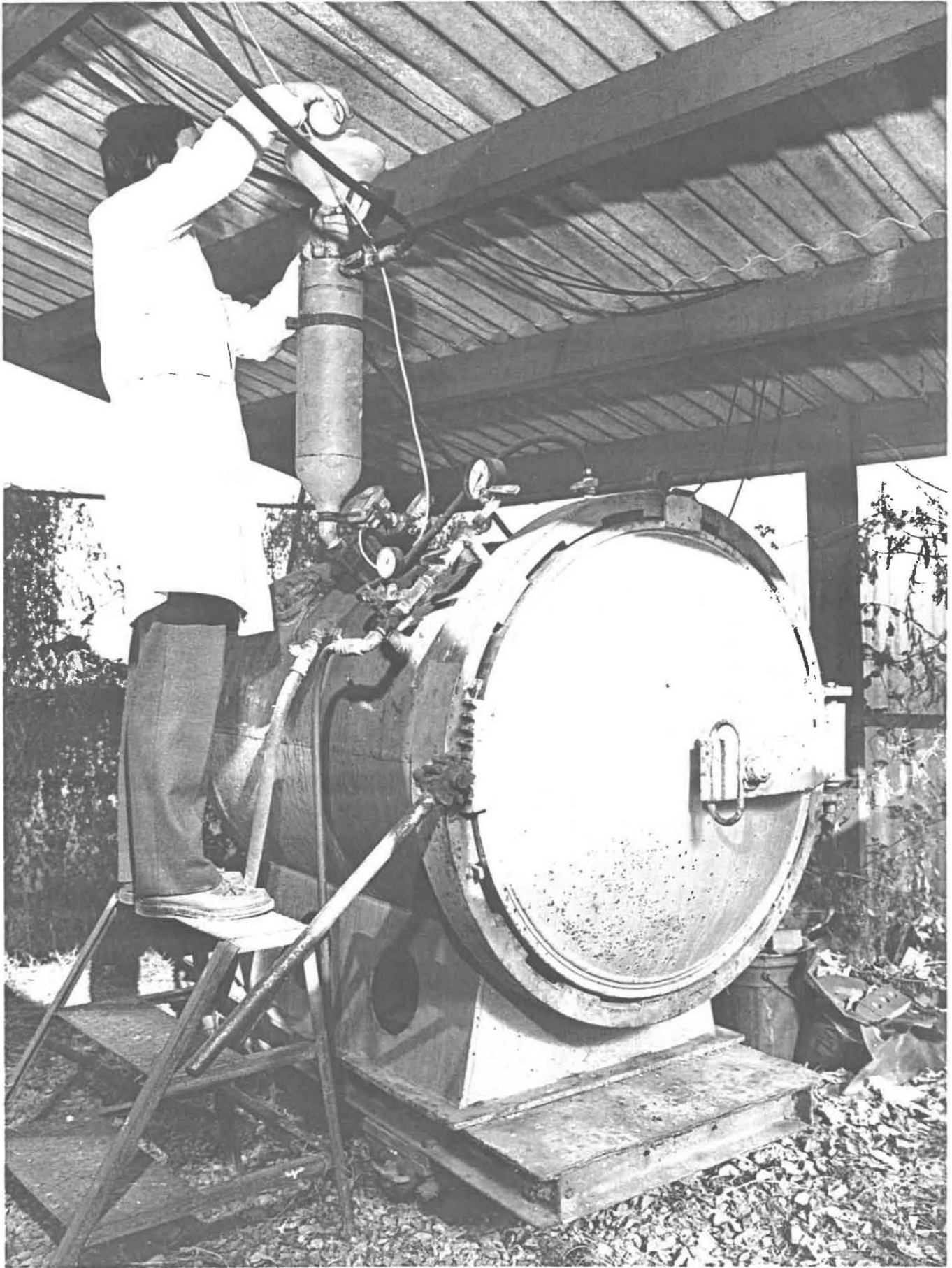


Fig. 6. Cuve de 1 m³

