

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
<b>Herausgeber:</b>	Société Vaudoise des Sciences Naturelles
<b>Band:</b>	55 (1923-1925)
<b>Heft:</b>	212
<b>Artikel:</b>	Combustibilité des films cinématographiques et explosion du Cinéma-Palace de Montreux
<b>Autor:</b>	Mellet, R.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-271271">https://doi.org/10.5169/seals-271271</a>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 15.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Combustibilité des films cinématographiques et explosion du Cinéma-Palace de Montreux.

PAR  
R. MELLET

(Travail présenté à la séance du 23 mai 1923.)

Le 11 novembre 1922, vers 11 h. du matin, un commencement d'incendie se déclarait dans le sous-sol du Cinéma-Palace de Montreux, où se trouvait un dépôt de films cinématographiques. Les pompiers, avertis aussitôt, arrivèrent peu après sur les lieux et commencèrent à donner de l'eau dans les caves. Quelques minutes après une formidable explosion se produisit au sous-sol.

Ayant été désigné comme expert par le Département militaire et des assurances, pour rechercher la cause de cette explosion, j'ai eu l'occasion de faire une étude assez approfondie sur les films cinématographiques au point de vue de leur combustibilité et des gaz qu'ils peuvent dégager dans certaines conditions. Le présent travail a pour but de communiquer les quelques résultats intéressants auxquels cette étude m'a conduit. Le Département militaire et des assurances a bien voulu me donner l'autorisation d'illustrer cette étude scientifique en exposant également le résultat de mes recherches concernant le cas particulier du sinistre de Montreux.

Le film cinématographique est, comme on le sait, une longue bande transparente et flexible, de 35 mm. de largeur, d'environ  $\frac{1}{10}$  de mm. d'épaisseur et le plus généralement d'une longueur d'environ 300 m., roulée en bobine. Cette bande supporte sur l'une de ses faces une couche de gélatine sensibilisée ou émulsion, tout comme la plaque de verre d'un cliché photographique supporte la couche sensible où se développe l'image.

La substance employée pour la fabrication du support d'un film doit réaliser essentiellement les quatre conditions suivantes:

transparence parfaite, pour permettre la reproduction ou la projection de l'image cinématographique, flexibilité et résistance mécanique suffisantes pour éviter les déformations ou les avaries du film dans les appareils de prise de vues et de projection, inaltérabilité à l'eau et aux solutions salines pour pouvoir supporter sans modifications les traitements chimiques destinés à développer et à fixer l'image de la couche sensibilisée. La substance employée dans ce but dès le début de l'industrie cinématographique, le celluloïde, a été pendant longtemps le seul corps satisfaisant rigoureusement aux conditions ci-dessus. Il a malheureusement le grand défaut d'être si inflammable et si combustible que son emploi peut présenter de grands dangers, dans toutes les opérations où il est traité à l'état sec, et qu'il a été déjà la cause de nombreuses catastrophes, qui ont parfois coûté la vie à des centaines de personnes. Pour remédier à cet inconvénient, on a d'abord essayé de rendre le celluloïde moins facilement inflammable par addition de certaines substances étrangères, puis on a cherché à le remplacer complètement par des matières ininflammables et incombustibles.

On peut donc, au point de vue des dangers d'incendie, établir les trois catégories suivantes :

1. Films dits « inflammables » ou « facilement inflammables », dont le support est constitué par du celluloïde.
2. Films dits « ignifugés », dont le support est constitué par du celluloïde modifié.
3. Films dits « ininflammables », dont le support ne renferme pas de celluloïde.

Je reviendrai plus longuement sur les films de la première catégorie, qui ont fait l'objet principal de la présente étude, mais il me paraît utile de donner d'abord quelques détails sur les films des deux autres catégories.

### **Films ignifugés.**

Le problème de l'ignifugation des films à support de celluloïde, a tenté de nombreux chercheurs. Les uns ont essayé simplement d'ajouter au celluloïde des substances destinées à diminuer son inflammabilité ; d'autres ont cherché à lui appliquer le même principe que pour l'incombustibilisation du bois et des tissus, c'est-à-dire l'addition de produits qui, par échauffement, forment un enduit vitrifié empêchant le contact de l'air ; d'autres encore ont essayé

d'ajouter des substances qui, sous l'influence d'une température élevée, dégagent des gaz incombustibles et incomburants. La plupart de ces essais ont été infructueux par le fait que le celluloïde ainsi obtenu, qui restait encore utilisable pour la confection d'articles massifs ou d'objets opaques, ne possédait souvent plus à un degré suffisant les quatre qualités essentielles nécessaires pour le film cinématographique.

L'ignifugation des films n'atteint d'ailleurs que très imparfaitement le but cherché, car elle ne parvient qu'à diminuer l'inflammabilité du celluloïde, mais non sa combustibilité. Les mélanges obtenus, une fois allumés, brûlent à peu près avec la même intensité que le celluloïde ordinaire, parce qu'ils contiennent encore le constituant essentiel de ce dernier, la nitrocellulose, dont l'extraordinaire combustibilité est bien connue et dont la combustion n'a pas besoin du contact avec un gaz comburant.

Les gaz dégagés par les films ignifugés sont, à peu de chose près, les mêmes que ceux qui sont produits par les films inflammables.

### Films ininflammables.

De nombreux essais ont été faits également dans le but de remplacer le celluloïde des films par des substances pratiquement ininflammables et incombustibles (caséine gélatinisée, gélatine dure et rendue plastique, viscose et autres dérivés de la cellulose), mais ces essais ont été infructueux jusqu'à la découverte de certains éthers acétiques de la cellulose facilement gélatinisables.

Le premier acétate de cellulose techniquement utilisable a été découvert par Cross et Bevan en 1894, mais ce n'est qu'en 1911 que la question des films ininflammables a été définitivement résolue par l'apparition d'un nouveau produit à base d'acétate de cellulose, le cellon, dont la fabrication en grand a été de suite adoptée par l'industrie. Dès lors de nombreux brevets ont été pris en Allemagne et en France.

Les acétates de cellulose gélatinisés sont plastiques et se travaillent exactement de la même façon que le celluloïde. Les films obtenus ont rigoureusement les mêmes propriétés que les films à support de celluloïde, sauf qu'ils sont tout à fait ininflammables et pratiquement incombustibles.

Il est donc vraiment surprenant que les films inflammables à support de celluloïde soient encore aujourd'hui les plus courants,

alors que l'emploi exclusif des films ininflammables permettrait d'abandonner les restrictions de toutes sortes que l'on est obligé d'imposer à l'industrie cinématographique, dans le but de garantir dans une certaine mesure la sécurité publique. La seule raison est le coût élevé de ces produits nouvellement brevetés par rapport au prix du celluloïde, dont la fabrication est tombée dans le domaine public.

### Films inflammables.

Le celluloïde, découvert en 1863 par les frères Hyatt de Newark (New Jersey), est une solution de nitrocellulose dans le camphre, obtenue par gélatinisation au moyen d'un dissolvant organique de ce dernier, généralement l'alcool, dont la présence n'est que momentanée et que l'on élimine ensuite du mélange par volatilisation.

La stabilité d'un celluloïde dépend de la qualité de la nitrocellulose et de la proportion de camphre. Les celluloïdes d'autrefois contenaient souvent de la nitrocellulose imparfaitement lavée, renfermant encore des traces d'acide nitrique, et par conséquent peu stable. Ces celluloïdes défectueux ne se rencontrent guère actuellement.

La présence du camphre dans le celluloïde diminue sensiblement l'inflammabilité et la vitesse de combustion de la nitrocellulose et lui enlève son explosibilité. Les celluloïdes de bonne qualité en contiennent pratiquement de 15 à 30 %, mais ceux que l'on emploie pour la fabrication des films en contiennent généralement moins et renferment en outre fréquemment de petites quantités d'autres substances, par exemple un peu d'huile de ricin, qui donne au film plus de souplesse.

La teneur en camphre d'un celluloïde diminue parfois sensiblement avec le temps, par suite de la volatilité de ce composé, surtout sous l'influence de la chaleur et lorsque le produit n'est pas en morceaux compacts. Dans le cas des films cinématographiques, cette perte de camphre est facilitée par la forme pelliculaire du film, dont la surface d'évaporation est très grande, et par son passage répété dans les appareils de projection, dont la source de lumière est en même temps une source de chaleur intense.

Les échantillons de films usagés que j'ai analysés et expérimentés contenaient en moyenne 86 % de nitrocellulose, 5 % de camphre et 9 % de gélatine sensibilisée (y compris l'image photographique et les colorants), plus une trace d'huile.

Le celluloïde n'est donc pas, au point de vue de sa stabilité, une marchandise uniforme et bien définie, mais comprend des produits qui se comportent différemment sous l'influence d'une élévation de température.

Au point de vue de leur combustibilité, le principal caractère des films inflammables est leur propriété de pouvoir subir, comme le celluloïde, deux genres de combustions différentes : la combustion sans flamme ou déflagration, et la combustion avec flammes.

### 1<sup>o</sup> *Déflagration.*

Lorsque la décomposition est provoquée par chauffage à basse température ou par contact avec un corps incandescent, le film fuse ou déflagre sans phénomène lumineux, c'est-à-dire subit une combustion interne très rapide, sans flamme, en dégageant d'abondantes fumées irritantes, toxiques et très combustibles. Cette déflagration, qui se développe aux dépens de l'oxygène de la nitrocellulose, n'a pas besoin du concours de l'air extérieur et peut progresser même dans un espace hermétiquement fermé ou dans une atmosphère inerte, de gaz carbonique par exemple. C'est donc une combustion analogue à celle des explosifs nitrés, ralentie seulement et devenue non explosive par la présence du camphre.

Les essais que j'ai effectués en chauffant progressivement des échantillons de films inflammables usagés m'ont permis de constater que cette déflagration se produit à la température de 190° environ. Mais la décomposition commence déjà au-dessous de 100° : le film émet d'abord des vapeurs de camphre, puis vers 165 à 170° la nitrocellulose du film commence à se décomposer partiellement avec dégagement de vapeurs nitreuses et la déflagration se produit subitement à 190°.

Les fumées dégagées par la déflagration contiennent surtout des vapeurs nitreuses, de l'oxyde de carbone, de l'acide carbonique et des vapeurs camphrées et goudronneuses qui se condensent par refroidissement en un goudron brun.

J'ai constaté que la couche sensible du film ne prend aucune part active à la déflagration. Elle en subit seulement l'action en se carbonisant, avec décomposition incomplète de la gélatine.

Le résidu de la déflagration des films que j'ai expérimentés est un charbon léger et friable, conservant la forme et le volume de la bobine primitive. Ce charbon est égal en moyenne au 8 % du poids du film. Il contient comme matières minérales une notable proportion de sulfate de sodium et donne par distillation sèche des vapeurs empymématiques et ammoniacales.

L'examen des charbons de films, qui n'est pas en rapport direct avec la question des gaz dégagés est le seul moyen dont j'ai pu faire usage pour déterminer indirectement à quelle catégorie appartenait les films détruits lors de l'incendie de Montreux. La nature du support ne se reconnaît pas à première vue (à moins d'allumer le film) et les gens du métier, loueurs de films, propriétaires ou opérateurs de cinématographes, ne savent généralement pas, sauf cas exceptionnels, si les films qu'ils ont entre les mains sont inflammables ou ininflammables. La préparation et l'analyse de charbons de films inflammables et ininflammables, ainsi que l'analyse des charbons que j'ai prélevés au Cinéma-Palace, après l'incendie, m'ont permis par comparaison de conclure avec certitude que tous les films détruits à Montreux étaient des films inflammables à support de celluloïde, à l'exception de six bobines incomplètement consumées.

Les essais de déflagration que j'ai effectués avec des bobines de films inflammables m'ont démontré en outre les faits suivants :

La chaleur dégagée par la déflagration d'une bobine de film inflammable placée sur une planchette de sapin n'arrive qu'à noircir la surface du bois et n'est pas suffisante pour en déterminer l'inflammation.

En plaçant une bobine de film inflammable dans une boîte métallique fermée, comme l'étaient la plupart des bobines du Cinéma-Palace, et en provoquant la décomposition par un petit trou pratiqué sur le couvercle ou par chauffage extérieur de la boîte, la bobine subit dans l'intérieur de celle-ci la déflagration sans flamme. Suivant que le couvercle est plus ou moins fortement fixé, tantôt il est projeté à quelque distance, tantôt il se soulève simplement d'un côté pour livrer passage aux gaz dégagés, exactement comme certaines boîtes que j'ai retrouvées à Montreux avec leur film carbonisé dans l'intérieur.

Si la boîte métallique est placée sur une planchette de sapin, la surface du bois est à peine roussie sous la boîte, au contact du métal, exactement comme je l'ai observé après l'incendie du Cinéma-Palace, sous certaines boîtes dont l'intérieur était carbonisé et qui se trouvaient encore à l'endroit même où leur contenu avait déflagré, posées sur des planches en sapin.

En répétant la même expérience avec une bobine mixte, formée de zones concentriques de film inflammable et de film ininflammable, les zones de film inflammable déflagrent, tandis que les zones de film ininflammable restent intactes, exactement comme cela a été

le cas pour deux bobines du Cinéma-Palace incomplètement consommées, représentées par les photographies 10 et 11.

Enfin la chaleur dégagée par la déflagration d'une bobine de film inflammable enfermée dans une boîte métallique est suffisante pour faire déflagrer une autre bobine enfermée également dans une boîte métallique, en contact avec la première.

### 2<sup>o</sup> *Combustion avec flammes.*

Lorsque la décomposition d'un film inflammable est provoquée à température plus élevée, par contact avec une flamme par exemple, le film brûle avec flammes très vives et environ cinq fois plus rapidement que du papier non collé de même épaisseur. Cette combustion a besoin du concours de l'oxygène de l'air extérieur. Elle ne dégage ni fumées irritantes, ni gaz combustibles, mais seulement les produits habituels de la combustion complète de toute matière organique azotée, à savoir de l'acide carbonique, de la vapeur d'eau et de l'azote.

La température nécessaire pour provoquer cette combustion avec flammes est d'environ 500°.

Les essais que j'ai effectués dans ces conditions m'ont permis de constater que le résidu de cette combustion est un charbon identique à celui qui résulte de la déflagration, mais d'un poids un peu plus faible ; il est égal en moyenne aux 6 % du poids primitif du film.

La chaleur dégagée par la déflagration d'une bobine de film inflammable exposée à l'air libre est parfois suffisante pour déterminer au bout de peu de temps l'inflammation des gaz dégagés et la bobine continue alors à brûler avec flammes vives et sans fumées, jusqu'à extinction.

La combustion avec flammes du film inflammable est donc la superposition de deux phénomènes consécutifs ou simultanés : déflagration du film, suivie immédiatement de la combustion avec flammes des gaz dégagés par cette dernière. Le résidu charbonneux, léché par les flammes, brûle seulement un peu plus complètement à sa surface.

Ces expériences montrent également que la combustion avec flammes n'est pas celle du film, mais celle des gaz résultant de la déflagration.

Dans les deux cas (déflagration et combustion avec flammes), le résidu charbonneux n'est pas même incandescent et la masse s'éteint dès que la déflagration ou la combustion des gaz est terminée.

Il me paraît utile d'ajouter quelques mots sur la prétendue auto-inflammabilité et sur la soi-disant explosibilité des films inflam-

mables. Ces questions ayant été étudiées et résolues négativement en ce qui concerne le celluloïde, j'ai jugé inutile de faire de nouveau des expériences à ce sujet. Le film inflammable, pas plus que le celluloïde, n'est spontanément inflammable ; il ne peut subir la déflagration ou la combustion que par un apport de chaleur extérieur. Il est également inexplosible. Dans tous les cas où des explosions se sont produites, elles étaient dues non au celluloïde ou aux films inflammables, mais aux gaz préalablement dégagés par leur déflagration.

*Hypothèse de l'action de l'eau.*

Dans le cas du Cinéma-Palace de Montreux, l'explosion s'étant produite quelques minutes après l'introduction de l'eau dans les caves, on a émis l'hypothèse que l'action de l'eau sur les films en combustion peut être la cause d'un dégagement de gaz combustible et explosif. Cette hypothèse peut paraître soutenable si l'on considère la chaleur de combustion complète du celluloïde, qui varie, suivant la qualité du produit, entre 3900 et 4600 calories et qui est par conséquent comprise entre la chaleur de combustion des lignites et celle du bois de sapin. Cette hypothèse paraît par contre très problématique si l'on considère la manière dont la combustion des films inflammables se développe. Dans le cas de la déflagration, la température est en tout cas trop basse pour provoquer soit une dissociation de la vapeur d'eau, soit la formation de gaz à l'eau. Dans le cas de la combustion avec flammes, comme je l'ai mentionné ci-dessus, ce n'est pas le film qui brûle, mais ce sont les gaz résultant de la déflagration, et les conditions dans lesquelles cette combustion s'accomplit sont telles que la masse solide n'est pas même incandescente pendant la combustion.

L'action de l'eau sur un corps en combustion ou sur un corps incandescent ne peut produire des gaz combustibles que si la température est très élevée, en tout cas supérieure à 1000°. Or les constatations que j'ai pu faire à Montreux, en particulier la carbonisation superficielle et peu intense de tous les objets en bois et des planches sur lesquelles reposaient les films, puis l'état des débris de pièces métalliques de l'installation de lumière électrique, qui n'accusent aucune trace de fusion, même des fils de cuivre les plus fins, m'ont prouvé que la température atteinte dans le local durant l'incendie a été au contraire relativement basse. Ces constatations m'ont permis de conclure avec certitude :

1° que les films détruits ont presque exclusivement subi une déflagration et non une combustion avec flammes, cette conclusion

étant d'ailleurs confirmée par le fait que la plus grande partie des bobines étaient enfermées dans des boîtes ;

2° que l'hypothèse d'une dissociation de la vapeur d'eau ou de la formation de gaz à l'eau au moment de l'intervention des pompiers est non seulement inadmissible, mais totalement exclue ; le fait que l'explosion s'est produite quelques minutes après l'introduction de l'eau dans les caves est donc purement fortuit.

Pour contrôler expérimentalement cette conclusion, j'ai effectué au laboratoire des essais d'extinction par l'eau de bobines de films inflammables en déflagration et en combustion, à l'air libre et contenues dans des boîtes métalliques fermées, et j'ai pu constater que la projection d'eau sur un film brûlant avec ou sans flammes n'active en aucun cas la combustion.

Lorsque la bobine est à l'air libre, l'eau produit au contraire très rapidement l'extinction. Dans le cas d'une bobine brûlant avec flammes, l'eau amène d'abord l'extinction des flammes et la bobine continue à subir pendant quelques instants la déflagration jusqu'à ce que le refroidissement par l'eau soit suffisant pour amener l'extinction complète.

Lorsque la bobine déflagre dans une boîte métallique fermée, l'action de l'eau est nulle au début et la déflagration continue dans l'intérieur de la boîte jusqu'au moment où le couvercle se soulève par la pression des gaz dégagés, permettant à l'eau d'arriver au contact de la masse en combustion, qui s'éteint alors immédiatement.

Ces résultats s'expliquent aisément. La combustion sans flamme ou avec flammes d'un film à support de celluloïde ayant pour principal caractère sa grande rapidité, on ne peut l'arrêter qu'en absorbant aussi rapidement que possible la chaleur dégagée et c'est l'eau qui permet de réaliser le plus facilement cette absorption. Il est donc erroné de prétendre, comme l'ont fait certains journaux, qu'il y a danger à utiliser l'eau dans le cas d'un incendie de films.

On a d'ailleurs déjà constaté en Allemagne, lors d'un incendie de celluloïde, que les extincteurs à base de solutions salines sont sans aucune action, ce qui s'explique également par le fait que la déflagration peut progresser tout aussi bien à l'abri de l'air qu'au contact de l'oxygène.

L'emploi d'une grande quantité d'eau est donc le seul moyen d'éteindre rapidement un incendie de films inflammables subissant la déflagration ou la combustion avec flammes.

*Détermination des gaz dégagés par la déflagration.*

On sait que la décomposition ou la combustion d'un explosif nitré fournit un mélange gazeux dont le volume et la composition peuvent être très différents suivant les conditions extérieures dans lesquelles cette décomposition a lieu. Les facteurs principaux qui exercent une influence sur cette émission de gaz sont : la quantité d'air en présence de laquelle la substance se décompose, la pression et la température auxquelles les gaz sont soumis au moment de leur dégagement. La poudre blanche, par exemple, explosif dont la composition est très semblable à celle de la nitrocellulose des films inflammables, peut : brûler librement à l'air, en dégageant un mélange gazeux incolore qui ne contient que de l'acide carbonique, de la vapeur d'eau et de l'azote ; exploser en vase clos (comme dans le canon d'une arme à feu), en dégageant un mélange également incolore qui contient encore de l'hydrogène et une forte proportion d'oxyde de carbone ; ou bien fuser (comme dans un raté de détonation), en dégageant une fumée épaisse et jaunâtre qui contient, outre les produits précédents, une notable quantité de vapeurs nitreuses.

La déflagration des films inflammables, qui ne sont cependant pas des explosifs, est très semblable au raté de détonation d'un explosif nitré. Mais, dans un incendie, les produits de cette déflagration peuvent encore être modifiés par la combustion partielle des gaz dégagés et par l'échauffement qui en résulte pour la masse des gaz non en combustion.

L'étude des gaz que le celluloïde est capable de dégager par déflagration a fait l'objet de deux travaux importants, publiés l'un en 1906 par le professeur Will, l'autre en 1909 par Alfred Panzer à Vienne. Bien que ces travaux aient été entrepris à la suite de cas importants d'incendies et d'explosions attribués à du celluloïde, ils ont été faits dans des conditions expérimentales qui ne peuvent guère s'appliquer au cas pratique d'un incendie.

Will a étudié surtout le volume gazeux et la composition des gaz dégagés par le celluloïde enfermé dans une bombe vide d'air et sous une densité de chargement de 0,067. Les gaz formés se trouvaient ainsi soumis à une pression de plus de 100 kg. par  $\text{cm}^2$ . Will a donc obtenu des résultats qui, au point de vue de la production des gaz et de leur composition, ne sont pas ceux d'une déflagration, mais presque ceux d'une détonation. Il a constaté que, dans ces conditions, 1 gr. de celluloïde produit en moyenne  $585 \text{ cm}^3$  de gaz combustible incolore, contenant de l'acide carbonique, de l'oxyde de car-

bone, du méthane, de l'hydrogène et de l'azote, mais pas d'oxydes d'azote, comme dans le cas de la détonation d'un explosif nitré.

Panzer a déterminé le volume gazeux et la composition des gaz dégagés à la pression atmosphérique, mais sans air initial et sans surchauffe. Il a donc obtenu des résultats qui sont ceux d'un raté de détonation ou d'une déflagration sans incendie. Il a constaté que, dans ces conditions, 1 gr. de celluloïde produit en moyenne 180 cm<sup>3</sup>, de gaz combustible incolore, mais devenant jaune à l'air, contenant surtout du bicoxyde d'azote, de l'acide carbonique, de l'oxyde de carbone, une faible quantité d'azote et une trace d'hydrogène.

Ces deux auteurs ont constaté que les gaz inflammables obtenus étaient capables de former avec l'air un mélange détonant, mais ni les essais de Will ni ceux de Panzer ne peuvent donner des renseignements même approximatifs sur le volume des gaz dégagés pratiquement dans un cas d'incendie. Ces auteurs n'indiquent d'ailleurs ni l'un ni l'autre la composition des celluloïdes sur lesquels ont porté leurs recherches. Enfin ces essais n'ont concerné que le celluloïde ordinaire, et non les films inflammables, dont le support en celluloïde, comme je l'ai déjà mentionné, a une composition spéciale, qui le rend encore plus dangereux que le celluloïde ordinaire, par suite d'une moins forte proportion de camphre.

Dans l'impossibilité d'utiliser les résultats des essais de Will et de Panzer pour reconstituer les phénomènes qui ont été la cause de l'explosion de Montreux, j'ai fait de nouvelles déterminations dans des conditions aussi rapprochées que possible de celles dans lesquelles a eu lieu la déflagration des films du Cinéma-Palace. J'ai utilisé pour ces déterminations des échantillons de films inflammables usagés analogues à ceux qui ont été détruits à Montreux, dont j'ai fait d'abord l'analyse et dont la composition a été donnée ci-dessus. J'ai fait déflagrer ces échantillons en présence d'une quantité d'air égale à celle qui se trouvait dans le local du sous-sol du Cinéma-Palace, soit 116 cm<sup>3</sup> d'air par gramme de film. Enfin il fallait tenir compte du fait que les gaz du Cinéma-Palace ont été quelque peu surchauffés au moment de leur production, par suite d'une combustion partielle des bobines non emballées et d'une minime partie des gaz dégagés, au contact du faible volume d'air disponible. Pour cela j'ai surchauffé légèrement les gaz dégagés par la déflagration de mes échantillons, en les faisant passer rapidement dans un tube de verre chauffé extérieurement à environ 900°. Ces conditions opératoires ne sont certainement pas rigoureusement celles de l'incendie, car il n'est pas possible de déterminer exactement la température à

laquelle les gaz ont été surchauffés dans le sous-sol, mais les résultats que j'ai obtenus, sans être absolument rigoureux, donnent cependant approximativement l'ordre de grandeur du volume et la qualité des gaz dégagés. Ces résultats ont été les suivants :

J'ai constaté tout d'abord que le volume d'air initial n'exerce qu'une influence minime sur les gaz dégagés, d'abord parce qu'il est instantanément chassé de l'appareil au début de la déflagration, en second lieu parce que, par suite de la température peu élevée au moment de la déflagration, l'oxygène de cet air n'agit que sur le bioxyde d'azote, dont il transforme ainsi une partie en peroxyde jaune. Une partie de ce dernier se transforme à son tour en acide nitrique par la vapeur d'eau.

J'ai constaté ensuite qu'un gramme des films inflammables expérimentés produit en moyenne, après condensation des vapeurs goudronneuses et déduction de l'azote de l'air initial, 466 cm<sup>3</sup> d'un mélange gazeux, contenant principalement du bioxyde et du peroxyde d'azote, de l'oxyde de carbone et de l'anhydride carbonique. Je ne retranche du volume total que le volume d'azote de l'air initial ; l'oxygène de ce dernier n'entre pas en ligne de compte, puisqu'il se combine à une partie du bioxyde d'azote sans augmentation du volume de ce dernier.

J'ai recueilli le mélange gazeux sur une solution saturée de chlorure de sodium et non sur le mercure, pour éviter l'attaque de ce dernier par l'acide nitrique. Le résultat est par conséquent un peu inférieur à la réalité, par suite de la dissolution d'une partie du peroxyde d'azote avant que j'aie le temps de faire la mesure du volume. En opérant sur le mercure il est possible que l'erreur eût été positive et il m'importait d'avoir plutôt une erreur négative, pour éviter une interprétation exagérée.

L'analyse quantitative du gaz obtenu m'a fourni les résultats suivants :

Vapeurs nitreuses (NO + NO <sup>2</sup> )	25 à 35 %
Anhydride carbonique	10 à 15 %
Oxyde de carbone	35 à 45 %

Les analyses ont été effectuées par voie gazométrique en absorbant le bioxyde d'azote par une solution de sulfate ferreux, l'anhydride carbonique par une solution de potasse caustique et l'oxyde de carbone par le chlorure cuivreux. Le reste du mélange gazeux est formé d'azote et peut-être d'une petite quantité d'hydrogène et d'hydrocarbures, qu'il ne m'a pas paru utile de déterminer.

Par addition d'une quantité d'air suffisante, ce mélange gazeux devient jaune intense, par suite de la transformation complète de NO en NO<sup>2</sup>. Ce dernier est alors presque entièrement absorbable par l'eau, en partie sous forme de dissolution physique, en partie sous forme d'acides nitreux et nitrique par suite de l'équilibre  $2 \text{NO}^2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$  et de la combinaison de ce dernier avec l'eau. Le gaz ainsi mélangé avec un excès d'air constitue un mélange détonant qui, par inflammation, brûle avec explosion. Ce résultat s'explique par la forte proportion d'oxyde de carbone, dont les limites d'explosibilité par mélange avec de l'air sont très étendues. Après absorption des vapeurs nitreuses, le mélange gazeux ne contient en effet pas moins de 70 à 80 % de ce gaz. Suivant que l'absorption des oxydes d'azote a été plus ou moins complète, le gaz dégagé dans le sous-sol du Cinéma-Palace pouvait contenir une proportion d'oxyde de carbone comprise entre le minimum de 35 % et le maximum de 80 %.

La déflagration des films inflammables, dans des conditions approximativement semblables à celles de l'incendie du Cinéma-Palace de Montreux, produit donc un mélange gazeux qui, après épuration par condensation des vapeurs et après mélange avec un excès d'air, forme un gaz détonant.

### Explosion du Cinéma-Palace de Montreux.

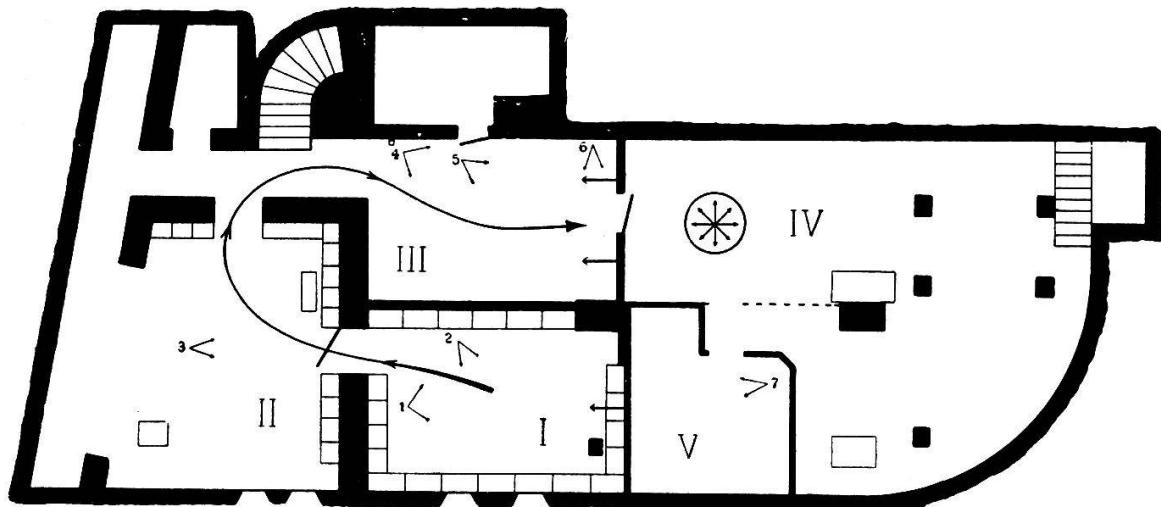
Pour compléter l'exposé de ces recherches et pour montrer comment l'interprétation des résultats m'a permis de reconstituer les phénomènes qui ont provoqué l'explosion, j'ai fait reproduire le plan du sous-sol et les photographies qui m'ont servi à illustrer cette reconstitution lors de mon expertise. Les photographies ont été prises par M. le professeur Bischoff, Directeur du laboratoire de photographie et de l'Institut de police scientifique de l'Université, auquel je tiens à adresser ici mes remerciements.

Les locaux sont numérotés sur le plan en chiffres romains, dans l'ordre chronologique des phénomènes qui se sont succédé. La courbe sinuose montre le trajet des gaz avant l'explosion, l'étoile encerclée désigne l'emplacement où cette dernière eut lieu. Les flèches horizontales indiquent le sens de l'effondrement des galandages abattus par l'explosion. Enfin les angles numérotés en chiffres arabes et munis de petites flèches à l'extrémité de leurs côtés fixent l'emplacement des photographies.

Le local I, appelé « cave aux films », communique avec le local voisin par une porte à claire-voie. Les deux soupiraux, donnant

sur le trottoir de l'Avenue du Kursaal, étaient toujours fermés. Ce local était pourvu de quatre étagères à casiers en bois, sur lesquelles se trouvaient disposées près de 300 bobines de films usagés, dont quelques-unes seulement ininflammables, représentant un total de plus de 80 km., soit plus de 500 kg. de films inflammables à support de celluloïde. Les dites bobines étaient pour la plupart emballées dans des boîtes en tôle ou dans des boîtes en carton, quelques-unes seulement étaient sans emballage.

**CINÉMA PALACE DE MONTREUX**  
PLAN DU SOUS-SOL



Le jour du sinistre, vers 11 h. du matin, ces films commencèrent à déflagrer par suite d'un échauffement dont la cause n'a pas pu être établie avec certitude, fort probablement à la suite d'une imprudence. La déflagration se propagea très rapidement, de proche en proche, et produisit en peu de temps plus de 200 m<sup>3</sup> de gaz inflammables, mélangés à des vapeurs goudronneuses, qui chassèrent de la cave aux films la majeure partie de l'air. La chaleur dégagée par cette déflagration détermina l'inflammation des gaz, mais, la quantité d'air étant insuffisante, une minime partie seulement de ces gaz put brûler, absorbant rapidement l'oxygène du peu d'air resté dans la cave ou y pénétrant du local voisin. Cette inflammation partielle des gaz provoqua la carbonisation superficielle des objets en bois, par combustion incomplète et distillation sèche de leurs surfaces nues.

La photographie 1 donne une vue d'ensemble de la cave aux films après le sinistre. On y voit, sur la gauche, l'étagère fixée à la paroi nord. Dans les casiers et au pied de cette étagère : boîtes à films, métalliques, et films carbonisés. Au fond, inclinées en avant : lattes

de bois qui étaient fixées contre le galandage effondré, dont on voit quelques-unes des briques à terre et sur les débris de l'étagère détruite qui se trouvait contre les lattes. Derrière celles-ci on aperçoit la paroi orientale du local V. Devant la colonne en béton : deux chevalets et une planche ayant servi de table. Sur la planche :



FIG. 1.

Photo Bischoff.

couvercle de boîte métallique ronde. Au pied du chevalet debout : couvercles et boîte métallique rectangulaires. L'angle sud-est et la paroi sud du local sont plus visibles sur la photographie 2, où l'on distingue, dans les casiers de l'étagère, des monceaux de charbons de films, des boîtes et des couvercles métalliques.

De la cave aux films le mélange gazeux passa au travers de la porte à claire-voie et se répandit d'abord dans le local II (cave de ventilation), muni de deux soupiraux qui étaient toujours ouverts. Les gaz rencontrèrent donc sur la gauche de leur trajet une faible venue d'air, descendant des soupiraux, qui entretint une combustion partielle dans cette région limitée et favorisa la carbonisation de l'étagère voisine.

La photographie 3 montre au centre la porte à claire-voie, un peu carbonisée dans sa partie supérieure, et à droite les casiers de l'étagère voisine des soupiraux, fortement carbonisée, tandis que l'étagère située sur la gauche de la photographie n'est que noircie par la fumée, avec très faible carbonisation dans le haut, du côté de la porte.



FIG. 2.

Photo Bischoff.

Tandis qu'une faible partie des gaz et fumées pénétrait dans le ventilateur (figuré sur le plan par un rectangle) et montait lentement dans la salle des spectacles par les canaux de ventilation, la grosse masse des gaz, noircissant tout sur son passage, accompagnée de quelques flammes intermittentes léchant le plafond, sortait par l'ouverture nord de la cave de ventilation. La cage de l'escalier tournant étant condamnée par une trappe qui était toujours fermée, les gaz et vapeurs se répandirent dans le local III, où ils furent arrêtés par le galandage de séparation des caves III et IV, dont la porte était fermée également. La température de ce local étant encore basse, les vapeurs chaudes s'élèverent contre le plafond et y déposèrent, par condensation, la plus grande partie de leur goudron.

Un employé qui travaillait à la caisse du Cinéma-Palace sentit

tout à coup une odeur de film brûlé. Il descendit au sous-sol par la seule entrée des caves (escalier sur la droite du plan) et arriva à la porte de communication des locaux III et IV, qu'il ouvrit. Il fut inondé par un torrent de fumée, qui le força à reculer, et remonta en toute hâte pour donner l'alarme, laissant la porte ouverte. Les gaz,



FIG. 3.

Photo Bischoff.

en partie épurés, commencèrent alors à passer lentement dans le local IV. Rencontrant de l'air froid, ils s'accumulèrent contre le plafond, du côté oriental du galandage, où ils se mêlèrent peu à peu avec une quantité d'air suffisante pour former un mélange détonant, qui s'accula contre la paroi d'environ  $1 \text{ m}^2$  située au-dessus de la porte. La circulation des gaz épurés continua à se faire de l'ouest à l'est par la porte ouverte, au-dessous du mélange détonant, car la fumée, qui auparavant ne montait dans la salle des spectacles que par les canaux de ventilation, commença à sortir aussi peu à peu par l'escalier d'entrée du sous-sol et par la soute à charbon (à droite de l'escalier sur le plan), dont l'ouverture supérieure, donnant sur le trottoir oriental, n'était couverte que par une grille métallique.

Peu après une parcelle incandescente ou un débris enflammé, entraîné par le courant gazeux, détermina l'inflammation du mélange détonant, qui fit explosion à l'endroit où il s'était constitué, projetant le galandage dans le local III, éventrant le plafond au-dessus de cet endroit et produisant dans toutes les directions une poussée d'air formidable, dont l'un des effets, dans le voisinage immédiat, fut de projeter la paroi occidentale du local V dans la cave aux films.



FIG. 4.

Photo Bischoff.

La photographie 4 donne une vue en long des locaux III et IV après le sinistre. On y voit, au premier plan, les blocs de béton, de 15 cm. d'épaisseur, du galandage qui séparait ces deux locaux. A l'angle gauche et au bas de la photographie : porte ouverte du caveau situé au nord du local III. Au-dessus : planche inclinée, à laquelle sont suspendus, par les anciens fils électriques du plafond, d'autres morceaux de béton, projetés avec le galandage. Vers la paroi sud, sur la droite de la photographie : dépôt de caisses, contre des lattes de bois appliquées elles-mêmes contre la paroi nord de la cave aux films. A peu près au centre de la photographie, l'insertion du ga-



FIG. 5.

Photo Bischoff.

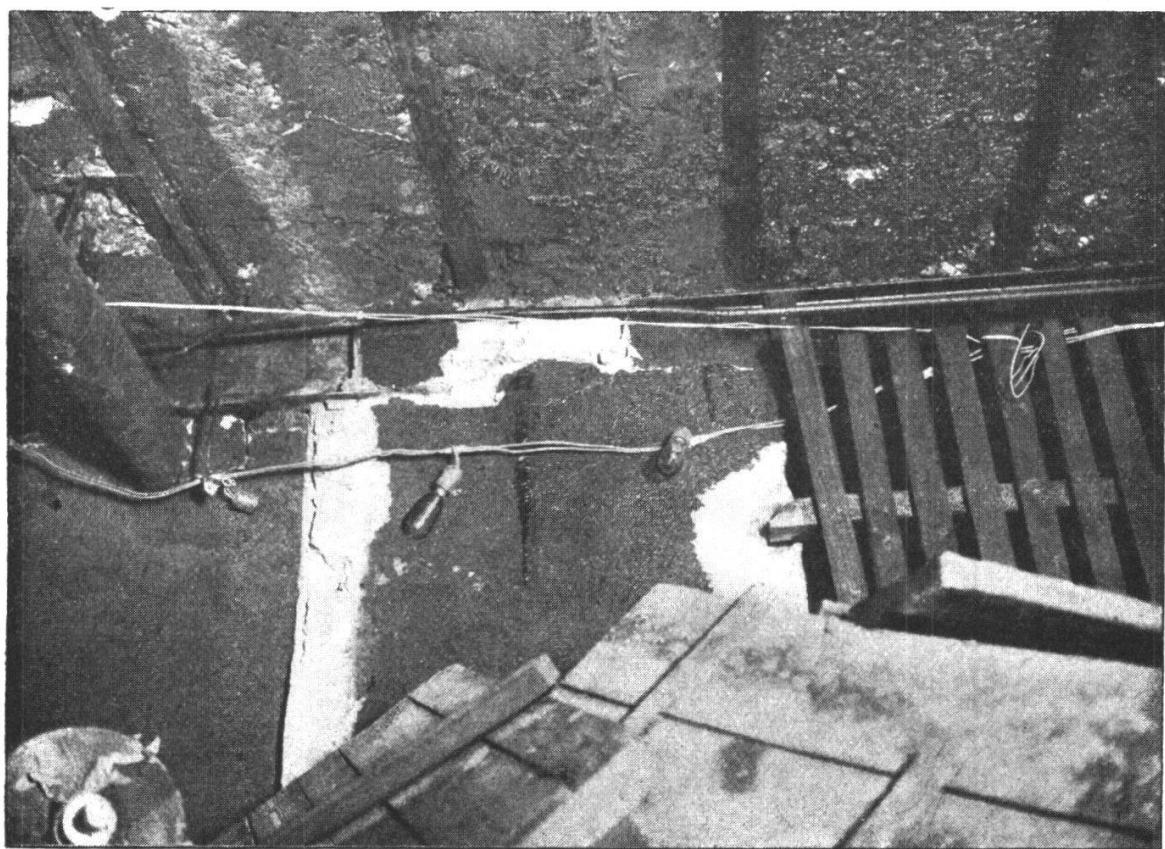


FIG. 6.

Photo Bischoff.

landage effondré est marquée sur la paroi sud par une bande blanche verticale. Plus à gauche : paroi à claire-voie, située devant l'entrée du local V, puis un pilier en béton et, au pied de celui-ci, le moteur pour les projections, derrière lequel on voit l'une des colonnes en béton du local IV.



FIG. 7.

Photo Bischoff.

La photographie 5 donne une vue plus complète du local IV. Au delà du galandage détruit, le plafond, éventré par l'explosion, ne montre plus qu'une partie de bande de béton entre deux traverses en fer. Sur la dernière caisse, près du milieu de la photographie : bloc de béton du plafond, de 15 cm. d'épaisseur.

La photographie 6 donne une vue du plafond et de la paroi sud aux environs du galandage détruit par l'explosion. La surface d'insertion du galandage sur la paroi et sa surface de contact avec le plafond sont marquées par une bande blanche. Le dépôt de goudron, éclairé latéralement au magnésium, apparaît au plafond sous forme de gouttelettes brillantes. On voit que le goudron s'est déposé à droite de l'emplacement du galandage et jusque près de ce dernier, mais qu'il n'y en a pas trace à sa gauche.

La photographie 7 montre la paroi occidentale du local V. Au premier plan : briques du galandage de 10 cm., projeté par l'explosion dans la cave aux films. Derrière les briques : lattes de bois de la cave aux films, contre lesquelles était fixée l'étagère orientale de cette dernière. A gauche, derrière les lattes : la colonne en béton de la cave aux films.

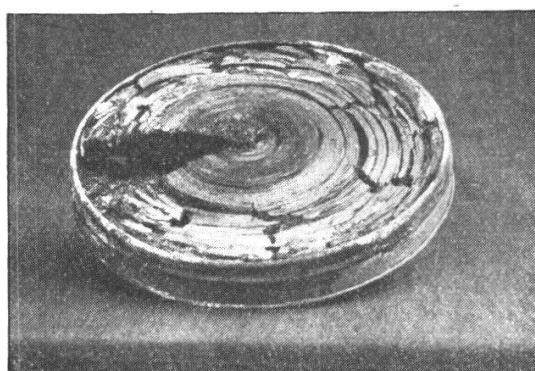


FIG. 8.

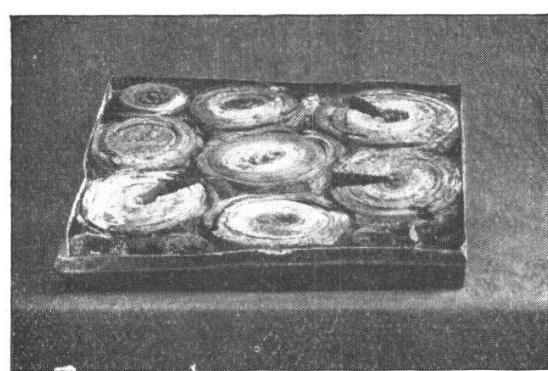


FIG. 9. Photo Bischoff.

Les photographies 8 et 9 montrent des charbons de films inflammables ayant subi la déflagration dans leurs boîtes en tôle. Les efflorescences blanches sont constituées par du sulfate de sodium. Les tranches découpées au couteau sont les parties que j'ai utilisées pour en faire l'analyse chimique.

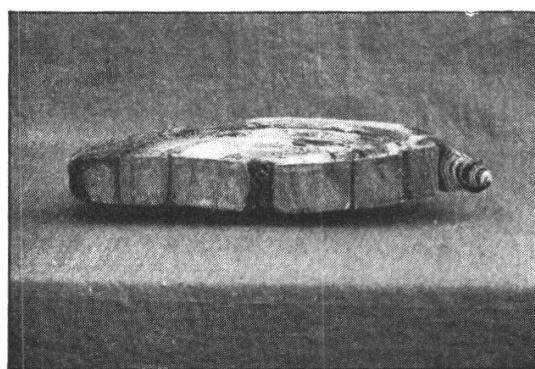


FIG. 10.

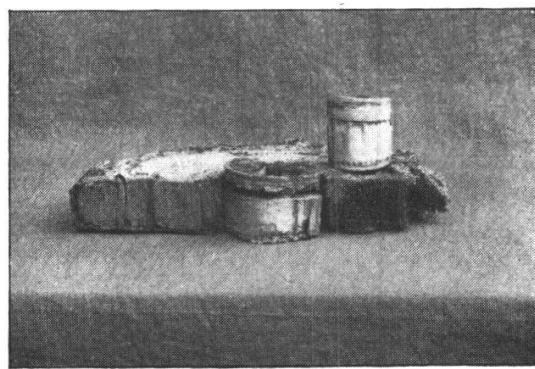


FIG. 11. Photo Bischoff.

Enfin les photographies 10 et 11 représentent, découpées à la scie, deux moitiés de bobines mixtes, formées de zones concentriques de scènes en film ininflammable, qui sont restées intactes, et de titres ou de texte en film inflammable, qui ont déflagré. Les bandes ininflammables des zones intactes se sont collées les unes contre les autres par suite de l'action de l'eau et de la chaleur et forment des blocs durs à la surface desquels on distingue les traits de scie.

Les zones inflammables, qui ont déflagré, sont constituées par du charbon de film léger et friable, comme ceux des photographies 8 et 9. Le charbon de la zone centrale de la bobine figurée sur la photographie 11 a été sorti avec précautions, avant de scier la bobine, et placé sur celle-ci, pour montrer les perforations du film, qui ont été à peine déformées par la déflagration. Ces deux bobines étaient emballées dans des boîtes en carton, qui n'ont été que partiellement carbonisées et dont j'ai laissé un fragment intact sous la partie gauche de la bobine figurée sur la photographie 11.

---