

NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

Combustion spontanée

Tsuchiya, Yoshio; Surini, Kikuo

For the publisher's version, please access the DOI link below./ Pour consulter la version de l'éditeur, utilisez le lien DOI ci-dessous.

Publisher's version / Version de l'éditeur:

<https://doi.org/10.4224/40001040>

Digeste de la construction au Canada, 1977-11

NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=18950540-99c0-476e-b815-a8b0243871fe>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=18950540-99c0-476e-b815-a8b0243871fe>

Access and use of this website and the material on it are subject to the Terms and Conditions set forth at

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/copyright>

READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

L'accès à ce site Web et l'utilisation de son contenu sont assujettis aux conditions présentées dans le site

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/droits>

LISEZ CES CONDITIONS ATTENTIVEMENT AVANT D'UTILISER CE SITE WEB.

Questions? Contact the NRC Publications Archive team at

PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca. If you wish to email the authors directly, please see the first page of the publication for their contact information.

Vous avez des questions? Nous pouvons vous aider. Pour communiquer directement avec un auteur, consultez la première page de la revue dans laquelle son article a été publié afin de trouver ses coordonnées. Si vous n'arrivez pas à les repérer, communiquez avec nous à PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca.

Digeste de la Construction au Canada

Division des recherches en construction, Conseil national de recherches Canada

CBD 189F

Combustion spontanée

Publié à l'origine en novembre 1977

Yoshio Tsuchiya et Kikuo Surini

Veillez noter

Cette publication fait partie d'une série qui a cessé de paraître et qui est archivée en tant que référence historique. Pour savoir si l'information contenue est toujours applicable aux pratiques de construction actuelles, les lecteurs doivent prendre conseil auprès d'experts techniques et juridiques.

La combustion spontanée est l'une des causes possibles d'incendie. C'est un phénomène complexe par lequel un matériau combustible prend feu sous l'effet de sa propre chaleur de réaction sans que la chaleur externe ou une autre source d'inflammation soit en cause. Le présent bulletin étudie les facteurs responsables de l'échauffement et de la combustion spontanés et explique brièvement les méthodes de laboratoire employées pour tenter de résoudre le problème. Une liste des matières présentant des risques de combustion spontanée figure à la fin de l'exposé.

Un exemple de combustion spontanée des plus connus est celui d'une huile siccatrice, comme l'huile de lin, imprégnant des déchets de coton. L'huile de lin absorbe lentement l'oxygène de l'air et forme une pellicule solide, phénomène causé par une réaction d'oxydation produisant un dégagement de chaleur. Lorsque l'huile de lin est étalée sur une surface solide comme le bois, la chaleur d'oxydation se dissipe rapidement. Par contre, lorsqu'une même quantité d'huile de lin imprègne des déchets de coton, la chaleur ne peut se dissiper aussi rapidement et la température du coton augmente. Il s'ensuit une accélération du rythme d'absorption de l'oxygène, ce qui a pour effet d'augmenter encore plus la température. Si rien n'arrête cette réaction en chaîne, la température du coton imbibé peut s'élever graduellement jusqu'à ce qu'il y ait combustion spontanée. Cela peut prendre quelques heures ou même quelques jours. L'oxydation étant plus rapide à température élevée, la combustion spontanée est plus susceptible de se produire durant la saison chaude ou dans un endroit chaud d'un bâtiment. Lorsque la substance imprégnée se trouve à proximité d'une source de chaleur, d'un appareil de chauffage par exemple, le danger de combustion est beaucoup plus grand.

Réactions productrices de chaleur

Deux grands facteurs contribuent à l'échauffement et à la combustion spontanés: la production de chaleur et la dissipation de chaleur. Si la chaleur est produite plus rapidement qu'elle n'est dissipée, elle s'accumule, la température augmente. De tous les types de réactions génératrices de chaleur, l'oxydation est la plus courante. Pratiquement toutes les substances organiques et quelques substances inorganiques s'oxydent à l'air et produisent de la chaleur. L'oxydation est

habituellement très lente. Seuls les matériaux à échauffement interne ont une vitesse d'oxydation importante.

Dans bien des cas, c'est une réaction biologique qui est responsable de l'échauffement des produits agricoles. Il s'agit le plus souvent d'une oxydation facilitée par la présence de microorganismes, en milieu humide. Pour que le foin s'échauffe jusqu'à s'enflammer, il faudrait, d'après des rapports, que la teneur en humidité atteigne la proportion élevée de 33%. L'échauffement de la farine de poisson est amorcé par la décomposition des protéines sous l'action d'une bactérie; et l'échauffement des copeaux de bois dans les fabriques de papier est dû à la respiration des cellules de bois vivantes et à une croissance bactérienne à la surface ou à l'intérieur du bois. Il faut toutefois un certain degré d'humidité. Comme les bactéries ou les champignons ne survivent pas à des températures de plus de 70 à 80°C, l'échauffement graduel jusqu'au point de combustion est dû à l'oxydation, de nature chimique.

Certains composés chimiques instables se décomposent sous l'effet de la lumière, d'une action mécanique, d'une action biologique ou d'impuretés, et cette transformation produit de la chaleur. On peut citer comme exemples de composés instables le nitrate de cellulose et les peroxydes organiques. Les réactions de décomposition sont habituellement lentes à des températures normales, mais elles s'accroissent à des températures plus élevées pour provoquer une combustion spontanée ou une explosion.

D'autres composés chimiques, pour la plupart minéraux, réagissent avec l'eau pour produire de la chaleur. Bien que ce ne soit pas là une réaction d'auto-échauffement, il peut se produire une combustion spontanée. Les matières qui réagissent au contact de l'eau ne sont pas combustibles en elles-mêmes, mais elles produisent suffisamment de chaleur pour allumer des combustibles voisins ou les gaz inflammables produits par la réaction. Dans ce cas, la température de la matière est négligeable parce que la réaction est rapide, même à la température ambiante.

Les réactions responsables de la combustion spontanée peuvent être, entre autres, des réactions de polymérisation ou des réactions entre deux matières très réactives. Certains exemples seront donnés plus loin. En général, le mécanisme d'auto-échauffement n'est pas simple à définir parce qu'il y a souvent plusieurs réactions à considérer et que celles-ci peuvent se produire simultanément ou à la suite l'une de l'autre.

L'eau joue un nombre de rôles importants dans les réactions d'auto-échauffement. Il a déjà été question de son action comme réactif dans certaines réactions chimiques exothermiques et de son influence sur la croissance des microorganismes dans les réactions biologiques. L'eau peut cependant supprimer des réactions d'auto-échauffement de nature chimique en absorbant la chaleur par vaporisation ou en aidant la chaleur à se dissiper.

Facteurs physiques de combustion spontanée

La sciure et les copeaux de bois s'échauffent beaucoup plus facilement que le bois plein; en général, les matières fibreuses ou finement sectionnées sont plus susceptibles de combustion spontanée. Une des raisons en est qu'une matière divisée en petits éléments voit baisser sa conductivité thermique, ce qui permet à la chaleur de s'accumuler plus facilement. Une deuxième raison est que plus les particules sont de petite dimension, plus la surface de matière exposée est grande et la réaction d'oxydation qui se produit sur les surfaces exposées à l'air est accélérée. Les poudres métalliques comme celles d'aluminium ou de magnésium prennent feu beaucoup plus facilement que ces mêmes métaux à l'état solide.

Quelques morceaux de charbon ou une petite quantité de copeaux de bois ne s'échauffent pas d'eux-mêmes, mais lorsqu'ils sont amoncelés en tas énormes, comme c'est le cas dans les mines de charbon ou les fabriques de papier, l'auto-échauffement constitue un problème courant. Plus l'amoncellement est important, plus l'auto-échauffement et la combustion spontanée sont à craindre. Tout ceci parce que la production de chaleur est proportionnelle au volume de l'amoncellement et que ce dernier est proportionnel à la puissance trois du rayon; la perte de chaleur, cependant, est proportionnelle à la surface du tas et cette dernière est

proportionnelle au carré du rayon. La dimension critique, soit la valeur au-dessus de laquelle une combustion spontanée peut se produire et en dessous de laquelle elle ne se produit pas, est appelée «rayon critique» ou «diamètre critique».

L'effet de la température ambiante a un double aspect. Une température élevée fournit les conditions permettant aux réactions d'auto-échauffement de se produire et elle freine la perte de chaleur. Ici aussi, il y a un niveau de température critique au-dessus duquel la combustion spontanée peut se produire et au-dessous duquel elle ne se produit pas. On l'appelle «température ambiante critique» ou «température de surface critique».

Il existe une relation théorique entre la température ambiante critique et le rayon critique d'une matière - elle est démontrée pour quelques matières à la figure 1. Plus la température ambiante est élevée, plus le rayon critique diminue, et réciproquement. Lorsque la température ambiante se situe juste au-dessous de la température critique, la matière s'échauffe mais ne s'enflamme pas. Lorsqu'elle est légèrement plus élevée, la combustion spontanée peut se produire après une longue période. La période qui précède l'inflammation est parfois appelée «période d'induction»; elle diminue en fonction de l'élévation de la température ambiante au-dessus de la température critique.

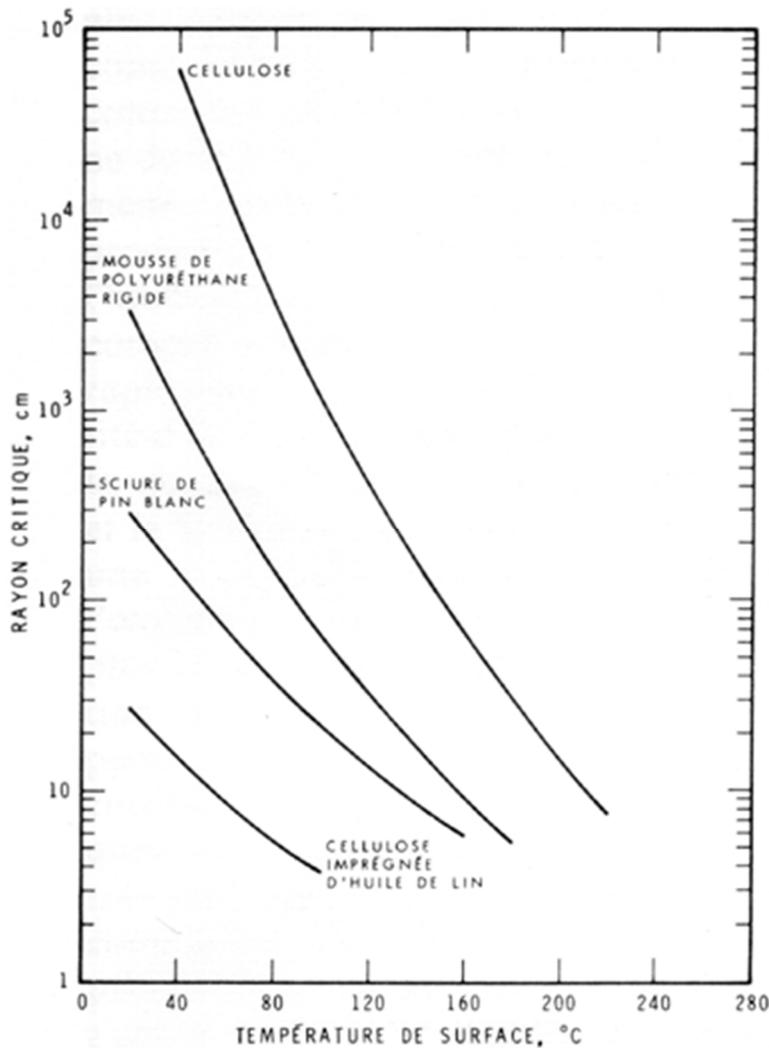


Figure 1. Rapport température de surface/rayon critique dans la combustion spontanée.

Essais et prévisions

Lorsqu'on étudie les lieux d'un incendie, il est difficile de déterminer si la combustion spontanée est la cause de l'incendie. L'étude en laboratoire des matières suspectes permet souvent de vérifier ou d'infirmer une telle hypothèse. La DRB/CNR est équipée pour effectuer ces études et évaluer la tendance des matières à la combustion spontanée.

L'essai Mackey mis au point à l'origine pour les huiles est une méthode qui permet de connaître la tendance des matières à l'échauffement spontané. On imbibe d'huile de la ouate que l'on place ensuite dans un récipient d'essai et on la chauffe indirectement à l'eau chaude. Les variations de température à l'intérieur de l'échantillon indiquent sa tendance à l'échauffement spontané. Lorsqu'on a affaire à une huile dangereuse, la température s'élève assez rapidement. Après une période de une heure ou deux, l'huile peut dépasser 200°C et commencer à fumer. La hausse de température dans les matières moins dangereuses est beaucoup plus lente, il arrive même qu'il n'y ait aucune hausse. L'essai Mackey est relativement peu sensible parce que l'échantillon est petit et la température de chauffage de 100°C est peu élevée pour produire des réactions d'auto-échauffement. Cette méthode permet quand même d'identifier les matières très dangereuses.

La méthode du four adiabatique est en avance techniquement et théoriquement sur celle de Mackey pour l'examen des matières susceptibles de produire une combustion spontanée. Cette méthode permet d'établir un rapport entre la température ambiante critique et le rayon critique. Dans le four de la DRB/CNR, un échantillon de 100 CM³ est déposé dans le récipient d'essai puis chauffé à une température déterminée. Le four est alors chauffé sur un mode adiabatique, ce qui permet à l'échantillon de s'échauffer sous l'effet de sa propre chaleur de réaction. Au cours de la période de chauffage adiabatique, la température du milieu où repose l'échantillon est contrôlée de manière à ce qu'il n'y ait pas de différence de température entre le centre et la surface de l'échantillon. La température de l'échantillon est enregistrée continuellement jusqu'à ce que l'inflammation se produise. Lorsque l'augmentation de température est trop lente ou trop rapide, on répète l'expérience après avoir réglé le four adiabatique à une nouvelle température. Cette méthode permet l'étude d'un grand nombre de matières. Il est ensuite possible de dégager de la réaction d'auto-échauffement des constantes cinétiques à partir du rapport temps-température qui serviront, avec les propriétés physiques de la matière, à prédire la tendance à la combustion spontanée de cette matière en fonction de la température ambiante et des dimensions de l'amoncellement.

Incidents réels

Les deux incidents qui suivent ont fait l'objet d'enquêtes de la part de la DBR/CNR. Ils illustrent la nature parfois inattendue de la combustion spontanée. Les deux cas ont trait à des coussinets en imitation de peau de mouton fabriqués à partir de polyester laineux doublé d'un tissu synthétique. Ces coussinets étaient utilisés sur les lits d'hôpital pour améliorer le confort des patients. Dans le premier cas, on a demandé au service d'incendie d'enquêter sur une source de fumée à l'hôpital. Il s'avéra que la fumée provenait d'un stérilisateur dans lequel l'un des coussinets se consumait lentement.

Le second incident s'est produit dans une buanderie du gouvernement où un certain nombre de coussinets avaient été lavés, mis à la sècheuse et déposés dans des paniers en treillis métallique à la fin de la journée. Le lendemain matin, ils étaient complètement brûlés. Les études en laboratoire démontrèrent que l'imitation de peau de mouton présentait beaucoup plus de risques de combustion spontanée que le coton ou la rayonne de viscose.

Matières à risques de combustion spontanée élevée

La liste ci-après énumère certaines matières susceptibles de s'enflammer spontanément. D'autres exemples sont contenus dans la documentation ^{1,2}.

Chiffons: imprégnés d'huile végétale ou animale.

Charbon: plus spécialement le charbon tendre en poudre, les principales conditions susceptibles d'augmenter le risque de combustion spontanée étant la finesse des particules, l'absorptivité de

l'oxygène, l'humidité, la présence de pyrites, la hauteur de l'amoncellement et la température ambiante.

Charbon de bois: fabriqué à partir de bois de feuillus. L'échauffement du charbon de bois frais est très rapide et le risque est autant plus grand que les morceaux sont petits.

Noir de carbone: produit de la combustion incomplète du gaz naturel ou d'hydrocarbure liquide. Le noir de fumée est obtenu par combustion d'huile lourde de basse qualité en milieu mal aéré. Les deux sont constitués de fines particules de carbone susceptibles de combustion spontanée, surtout s'ils sont frais.

Bois: soumis pour des périodes prolongées à des cycles de chauffage et de refroidissement, il peut s'enflammer spontanément. Les cycles alternés peuvent provoquer une décomposition chimique du bois et produire du carbone pyrophorique qui s'oxyde rapidement. Plusieurs cas de combustion spontanée sont survenus alors que le bois était en contact avec des surfaces chaudes comme des tuyaux d'eau chaude ou de vapeur chaude.

Copeaux de bois: en amoncellements tels qu'on en trouve dans les fabriques de papier.

Foin, trèfle, céréales et autres produits agricoles: s'échauffent facilement. Au départ, l'échauffement est dû à une action biologique exigeant une certaine humidité pour se produire. Du foin mouillé ou mal séché entreposé en grange s'échauffera vraisemblablement.

Luzerne: la farine de luzerne exposée à la pluie puis entreposée en cellules ou en vrac peut facilement s'échauffer.

Phosphore blanc: s'oxyde rapidement et s'enflamme au contact de l'air. Pour cette raison, on le conserve habituellement dans l'eau.

Métaux: sous forme de poudre fine, s'oxydent à l'air et s'échauffent. Les copeaux de fer frais en sont un exemple.

Oxyde de calcium ou chaux vive: exemple bien connu d'une matière qui produit de la chaleur lorsqu'elle entre en réaction avec l'eau. Auparavant, la chaux vive était fabriquée à partir de coquillages. Le transport du produit se faisait par bateau et des incendies dus au mouillage accidentel se produisaient parfois. La chaux vive elle-même ne brûle pas mais elle dégage suffisamment de chaleur pour enflammer les combustibles voisins.

Métaux alcalins: réagissent violemment au contact de l'eau en dégageant de la chaleur et de l'hydrogène gazeux.

Acide sulfurique et autres acides inorganiques concentrés: produisent une chaleur considérable au contact de l'eau. Lorsque l'acide sulfurique entre en contact avec une substance organique, il décompose cette substance et une inflammation peut se produire.

Nitrocellulose: utilisé dans la fabrication de celluloïd et de la poudre à canon, il se décompose avec le temps. L'accumulation des produits de décomposition et la présence de la chaleur accélèrent encore plus sa décomposition et l'inflammation spontanée devient possible. La réaction de décomposition n'a pas besoin d'oxygène pour se produire. Le celluloïd est maintenant remplacé par divers plastiques, mais certains produits de ce matériau existent encore.

Peroxydes organiques: groupe de produits chimiques employés couramment comme amorceurs de polymérisation, dans l'industrie des plastiques ou comme agents blanchissants. Ils peuvent se décomposer sous l'effet de la chaleur, d'un choc ou de la lumière et s'enflammer ou exploser. On les combine souvent avec un autre liquide ou solide ou on leur ajoute de l'eau pour réduire les risques.

Monomères de plastiques comme le styrène, le méthacrylate de méthyle, l'acétate de vinyle et l'oxyde d'éthylène amorcent la polymérisation avec la chaleur, la lumière, les chocs ou par l'adjonction d'un catalyseur. La réaction est exothermique et peut échapper au contrôle,

entraînant un incendie ou une explosion. On ajoute habituellement des inhibiteurs pour éviter toute polymérisation spontanée.

Mousse de polyuréthane: produit de la polymérisation d'un isocyanate et d'un polyéther ou polyester. La réaction est exothermique. Les produits fraîchement obtenus, si on les empile, peuvent s'échauffer.

Conclusion

Une meilleure compréhension de la combustion spontanée pourrait prévenir bien des incendies. Nous vous avons présenté les facteurs les plus importants de ce phénomène et quelques matières reconnues pour les risques de combustion spontanée qu'elles présentent. Nous rappelons aux lecteurs que la DRB/CNR est prête à leur venir en aide pour l'étude des matières pouvant présenter des risques de combustion spontanée.

Références

1. Materials Subject to Spontaneous Heating, Fire Protection Handbook NFPA, Boston, Mass., Jan. 1976.
2. Kayser, E. G., and C. Boyars, Spontaneously Combustible Solids, U.S. Dept. of Commerce, National Technical Information Service, PB244046, May 1975.