



Caractérisation des impacts thermiques et chimiques de matériaux énergétiques non susceptibles de détoner en masse

Hubert BITEAU - h.biteau@ed.ac.uk

Thèse suivie à l'INERIS par : G. MARLAIR (Direction de la Certification)

Directeur de thèse : J. TORERO (Université d'Edimbourg)

Les matériaux énergétiques regroupent un ensemble de produits susceptibles de libérer de l'énergie chimique très rapidement. Par matériaux énergétiques, on entend les explosifs (vrais ou occasionnels), les propergols et autres poudres propulsives, les produits chimiques instables, les produits pyrotechniques (artifices de divertissement, moyens de signalisation lumineux et sonores...). Ils constituent des composés à risques marqués d'explosions ou d'incendies. La problématique liée au phénomène de détonation de ce type de matériaux a été largement étudiée durant ces dernières années. Néanmoins, alors que les risques accidentels et les nuisances potentielles (émission de produits toxiques) sont reconnus, des questions subsistent lorsque l'on s'intéresse à leur combustion sans aboutir à une détonation. On peut, par exemple, s'interroger sur l'impact de tels matériaux en cas d'incendie, notamment lorsqu'ils sont en contact avec d'autres combustibles. En effet, les feux où ils sont impliqués diffèrent fortement d'incendies de type conventionnel. La base commune entre les différents groupes de matériaux énergétiques vient de l'oxydant qu'ils intègrent dans leur composition. Lors de la réaction de décomposition thermique de cet élément, de l'oxygène est libéré (ou un autre composé oxydant) et va se diffuser dans le milieu gazeux. Ainsi, l'oxydant va servir de principal partenaire de réaction lors de la combustion en lieu et place de l'oxygène de l'air. D'autre part, la nature de la composition chimique de l'oxydant peut également entraîner la formation de composés toxiques. Cet aspect est une seconde caractéristique des feux impliquant des matériaux énergétiques. Ainsi, il semble essentiel dans l'optique d'une meilleure maîtrise d'un développement durable de ces produits, de définir une méthodologie permettant de caractériser leurs impacts thermiques et chimiques dans le cadre d'une problématique incendie.

Un des paramètres fondamentaux repose sur la connaissance du débit calorifique libéré par la combustion d'un produit. L'information renseigne sur la taille du feu, la quantité de chaleur libérée et permet, par là même, de prédire le niveau de toxicité qui pourra être émis dans un espace donné. Plusieurs techniques ont été développées dans le but d'évaluer le débit calorifique. Si le produit est connu, le débit calorifique peut être estimé à partir de sa chaleur de combustion et de la perte de masse au cours de la réaction. Néanmoins, si la chaleur de combustion du matériau est inconnue, le principe le plus répandu se base sur la quantité d'oxygène qui est consommée durant la combustion. Il s'agit de la calorimétrie par consommation d'oxygène. Une évaluation de variation d'énergie est traduite en une mesure de variation massique. Thornton a démontré que la quantité de chaleur dégagée est proportionnelle à la quantité d'oxygène consommée. De plus, la chaleur dégagée par unité de masse d'oxygène consommée est à peu près constante pour un grand nombre de composés organiques. Cette relation s'écrit : $\dot{q} = E_{O_2} (\dot{m}_{O_2}^0 - \dot{m}_{O_2})$

Un autre procédé est, quant à lui, basé sur la production de dioxyde de carbone. Il s'appelle calorimétrie par génération de dioxyde de Carbone. Tewarson a montré que la quantité d'énergie dégagée par unité de masse de CO₂ générée est, tout comme dans le cas de l'oxygène, relativement constant pour de nombreux composés gazeux, solides, liquides organiques. Le débit calorifique peut être évalué à partir de la quantité de dioxyde de carbone produite. Cette relation s'écrit : $\dot{q} = E_{CO_2} (\dot{m}_{CO_2} - \dot{m}_{CO_2}^0) + E_{CO} \dot{m}_{CO}$

L'objectif de cette thèse est de vérifier, tout d'abord, si les méthodes calorimétriques sont toujours valides avec les matériaux énergétiques. Des tests de combustion de poudres fumigènes (mélanges ternaires de lactose, amidon et nitrate de potassium en tant qu'oxydant) ont été réalisés au moyen du calorimètre de Tewarson (également appelé Fire Propagation Apparatus). En plus de la méthodologie, il est également important de vérifier si ce dispositif expérimental est capable de caractériser le comportement thermique et chimique des matériaux énergétiques.

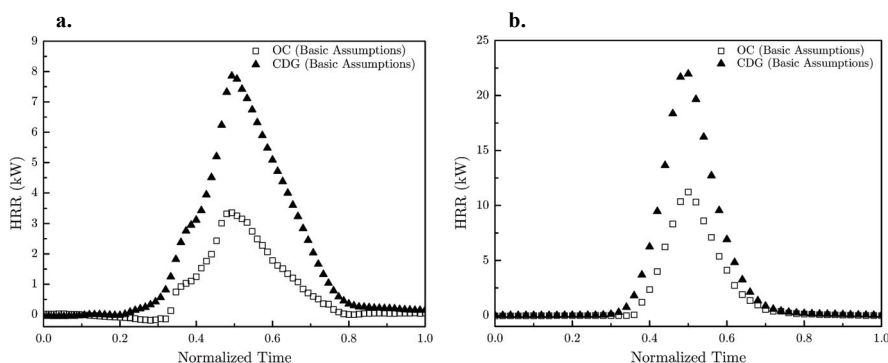


Figure 1 : Comparaison d'estimations de débit calorifique par calorimétrie de Consommation d'Oxygène et de Génération de Dioxyde de Carbone pour deux types de poudres fumigènes.

a. Poudre 30 % amidon, 30 % lactose, 40 % KNO₃. b. Poudre 25% amidon, 25% lactose, 50% KNO₃.

Les premiers résultats (Figure 1) laissent apparaître une divergence entre les deux méthodes calorimétriques. L'explication repose sur l'hypothèse qu'une partie de l'oxygène consommée lors de la combustion n'a pas été fournie par l'air, mais par l'oxydant contenu dans le produit lui-même. La suite du travail s'intéresse au développement d'une méthodologie capable d'estimer cette quantité d'oxygène apportée par le matériau afin de vérifier si ce paramètre est la seule cause de la divergence entre les deux principes calorimétriques d'évaluation du débit calorifique.