

# Développement d'un détecteur de vapeurs d'explosifs

La détection de substances chimiques gazeuses devient un élément incontournable de la sécurité des personnes, aussi bien du point de vue du contrôle de la pollution que de la prévention des actes terroristes. C'est une des raisons pour lesquelles divers groupes de recherche s'intéressent à la mise au point de capteurs chimiques de gaz. Ces dispositifs sont aisément miniaturisables et bénéficient de coûts de fabrication réduits. Leur fonctionnement est basé sur une interaction entre un matériau sensible et une phase gazeuse qui conduit à une modification de la physico-chimie du matériau. Une équipe du CEA a développé un matériau fluorescent capable de détecter de très faibles quantités d'explosifs sous forme de vapeurs. Cet article s'intéresse au matériau qui compose le système de détection et décrit ses performances.

T. Caron • S. Clavaguera • M. Guillemot • M. Bouhadid • F. Parret • F. Veignal •  
E. Pasquinet • P. Montméat • P. Prené • L. Hairault CEA - Le Ripault  
F. Perraut CEA - DRT-LETI, Grenoble

L'utilité de disposer de systèmes permettant de surveiller la concentration dans l'air de composés toxiques n'est plus à démontrer. De tels dispositifs basés sur des capteurs chimiques de gaz sont couramment utilisés dans l'industrie chimique et dans certains laboratoires. L'utilisation d'explosifs par des terroristes nécessite la mise au point de systèmes de détection de vapeurs sensibles et spécifiques. Il s'agit ici de détecter rapidement et

de façon fiable, la présence de substances pyrotechniques aussi bien dans les bagages ou les véhicules que sur des personnes. À l'heure actuelle, c'est le nez du chien qui constitue l'outil le plus performant. Toutefois, l'efficacité du chien est limitée dans le temps et nécessite un entraînement coûteux.

C'est pour l'ensemble de ces raisons que divers groupes de recherche axent leurs efforts sur l'élaboration de capteurs chimiques de vapeurs d'explosifs.

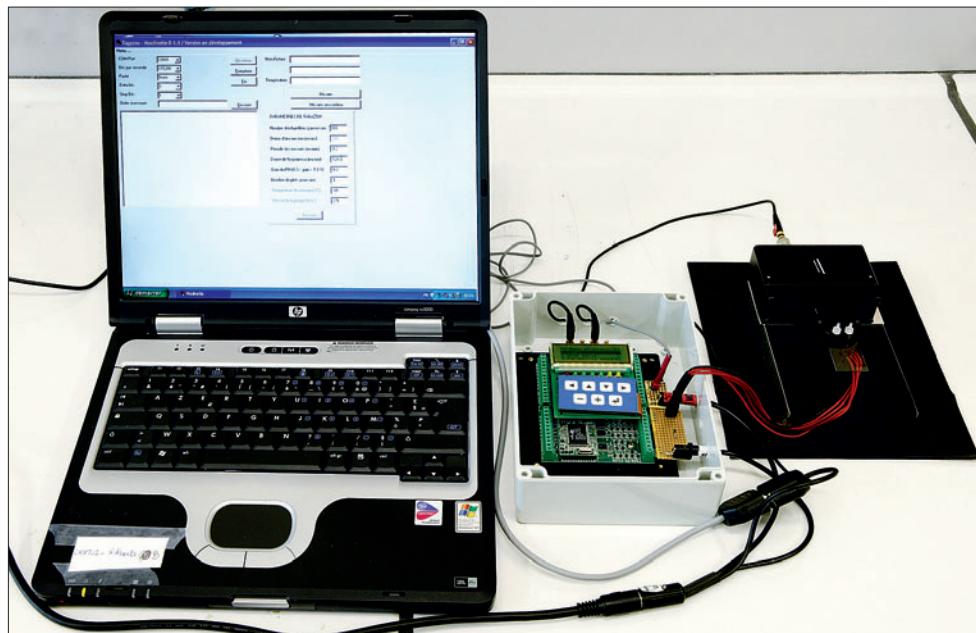


Figure 1.  
Démonstrateur portable.

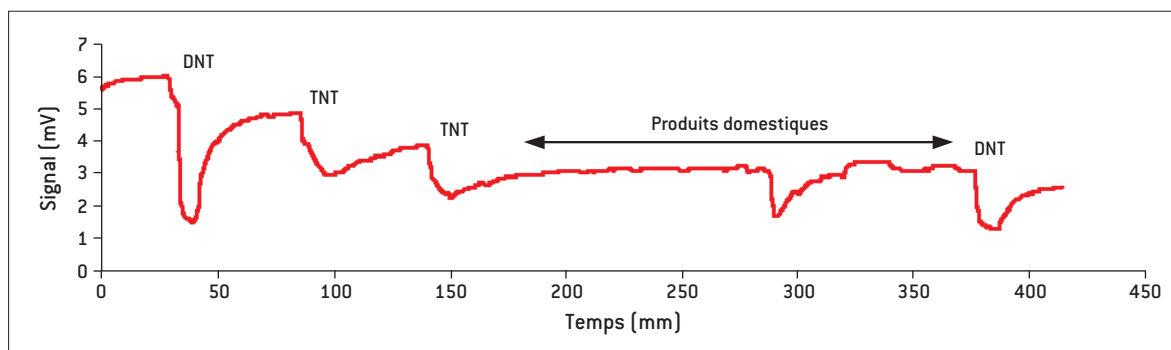


Figure 2. Réponses du capteur à différents composés.

### Matériau sensible et principe

Les matériaux organiques conjugués constituent une famille particulièrement intéressante pour la détection d'explosifs [1-3]. Nous nous intéressons ici à un matériau original de type phénylène-éthynylène fonctionnalisé par deux autres groupements de type imine [2]. Ce matériau permet de détecter des vapeurs de TNT (trinitrotoluène) ou de dérivés nitroaromatiques (dinitrotoluène DNT ou nitrotoluène NT). Le principe de fonctionnement repose sur l'extinction de fluorescence par transfert électronique : la mesure de l'intensité de fluorescence du composé renseigne sur la présence d'explosifs [2].

### Dispositif de mesure

La mesure de la fluorescence d'un film mince du matériau est réalisée au moyen d'un démonstrateur portable mis au point par le CEA-LETI (figure 1, [4]). Dans ce dispositif, la lame de verre sur laquelle est déposé le matériau agit comme un guide d'onde et transmet la fluorescence de la chambre de détection au photomultiplicateur.

L'évaluation des performances du capteur consiste à placer le détecteur en présence de différentes vapeurs. Les conditions d'essais que nous avons choisies sont représentatives de l'utilisation d'un détecteur d'explosif destiné à confirmer la présence d'explosifs sur des colis abandonnés ou sur des personnes suspectes. Deux types d'expériences ont été conduits :

- > dans des atmosphères réelles enrichies en vapeurs d'explosifs : de 5 à 100 ppbv diluées dans l'air humide (1 ppbv = 1 partie par milliard volumique = 1 µL dilué dans 1 m<sup>3</sup>);
- > sur des tissus imprégnés de traces d'explosifs : de 5 à 50 mg répartis sur 15 cm<sup>2</sup>.

### Performances

Comme le montre la figure 2, la présence de dinitrotoluène ou de trinitrotoluène conduit à une très nette diminution de la fluorescence du matériau [5]. Pour une exposition de 10 minutes sous

TNT, l'extinction de fluorescence atteint 35%. Le dispositif est bien sensible aux vapeurs de composés nitroaromatiques.

Afin d'évaluer le caractère sélectif de la réponse, le détecteur a été exposé à diverses vapeurs représentatives d'une atmosphère réelle (solvants, parfums, détergents...). Si certaines vapeurs comme les cétones peuvent perturber le signal du capteur, aucun composé ne se caractérise par un effet net et reproductible. Le système proposé est donc robuste aux variations de composition que l'on peut rencontrer dans une atmosphère réelle et devrait présenter un taux de fausses alarmes particulièrement faible.

Les expériences menées sur des tissus souillés d'explosifs ont également conduit à des détections non équivoques. On atteint une inhibition de fluorescence de 15% si le détecteur est exposé à un tissu sur lequel ont été dispersés 5 mg de TNT. Cela constitue un niveau de sensibilité remarquable et démontre que notre système de détection est bien adapté au contrôle ponctuel de colis ou de personnes.

### RÉFÉRENCES

- [1] R. DEANS, *Detection of peroxides and explosives*, Patent WO 2008/073173 A2 (2008).
- [2] S. CLAVAGUERA, *Conception, synthèse et caractérisation de matériaux fluorescents pour l'élaboration d'un capteur chimique d'explosifs*, Thèse de l'Université de Montpellier (2007).
- [3] S. CLAVAGUERA *et al.*, "Comparison of fluorescence and QCM technologies: Example of explosives detection with a pi-conjugated thin film", *Talanta*, **82**, p. 1397-1402 (2010).
- [4] E. SCHULTZ *et al.*, "A novel fluorescence-based array biosensor: Principle and application to DNA hybridization assays", *Biosensors and Bioelectronics*, **23**(7), p. 987-994 (2008).
- [5] T. CARON *et al.*, "Ultra trace detection of explosives in air: Development of a portable fluorescent detector", *Talanta*, **81**, p. 543-548 (2010).