

LA LUTTE ANTITERRORISTE

Les mesures utilisées par les terroristes sont classées suivant les initiales NRBCE (Nucléaire, Radiologique, Biologique, Chimique et Explosive). Les risques explosifs sont les plus probables ; ceux par dispersion d'isotopes radioactifs, de toxines ou de virus ou encore l'utilisation d'engins nucléaires bien que – pas totalement nuls – sont tout de même moins probables.

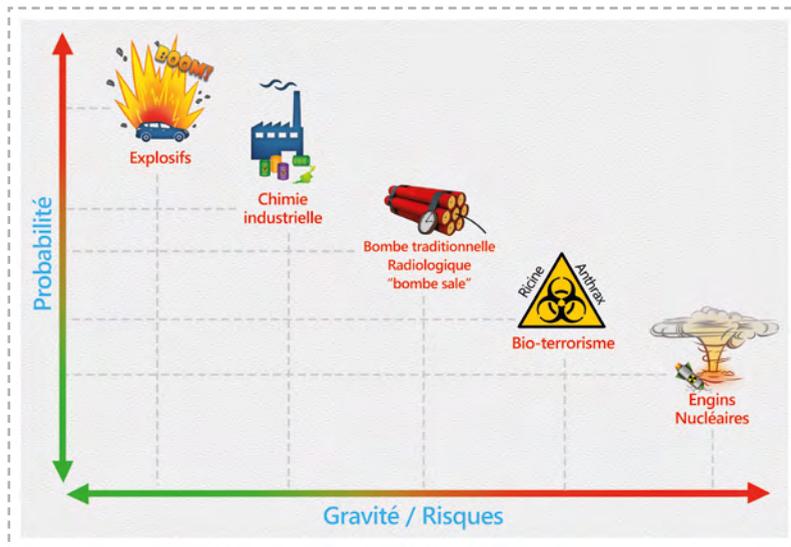


Figure 1

Diagramme de la probabilité d'explosions et de leurs effets.

Les explosifs

Beaucoup d'explosifs ont été découverts et utilisés dans l'Histoire depuis la poudre noire élaborée en 220 avant Jésus-Christ par les Chinois qui ont mélangé du salpêtre (des nitrates) avec du charbon de bois, suivis par les Arabes au VII^e siècle, et au XIII^e siècle par les Français.



Qu'est-ce qu'un explosif ?

C'est toujours le mélange d'un oxydant qui libère de l'oxygène (O) + un réducteur qui est avide d'oxygène, séparés par un atome neutre comme l'azote (N).

Par exemple pour la poudre noire : $2\text{NO}_3\text{K} + 2\text{C} = 2\text{CO}_2 + \text{NO}_x + \text{K}_2\text{O}$.

On passe d'un solide à un gros nuage gazeux qui provoque un souffle et une onde de choc : c'est l'explosion.

 Les **composés explosifs** sont des corps purs qui comportent des groupements oxydants et des groupements réducteurs.

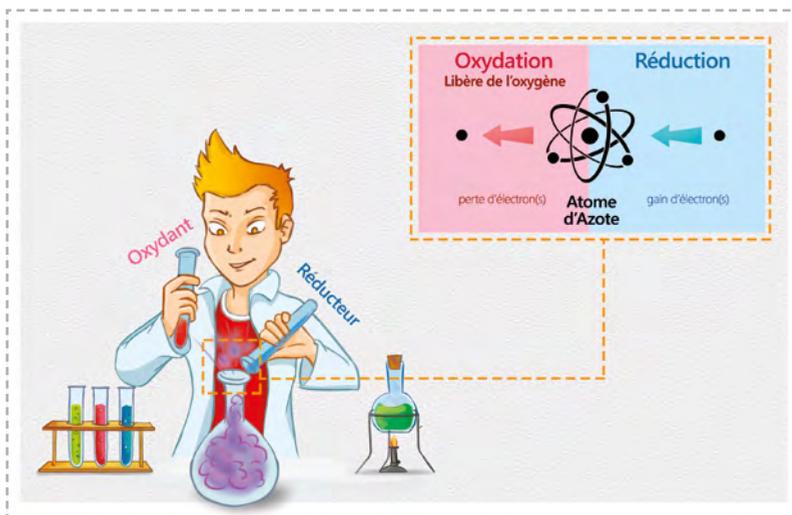
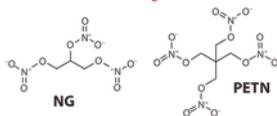


Figure 2

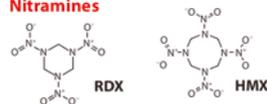
Recette de l'explosif :
Oxydant + Atome neutre +
Réducteur = Boum !

La nitroglycérine, les nitroaromatiques TNT, les nitramines ou les peroxydes comme le triperoxyde d'acétol (TATP) facile à synthétiser et fréquemment utilisé par les groupes terroristes, sont des explosifs.

Ester nitrés (-O NO₂)



Nitramines



Nitroaromatiques



Peroxydes

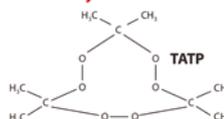


Figure 3

Exemples de molécules explosives.



On distingue les explosifs primaires qui constituent les détonateurs (amorces) car ils explosent facilement (fulminate de mercure) et les explosifs secondaires de moindre sensibilité qui constituent les charges des munitions, des mines ou des bombes.

Comment se décomposent-ils ?

Il existe plusieurs possibilités :

- la combustion à l'air libre et en poudre : l'explosif brûle et se consume à la vitesse de quelques millimètres par seconde ;
- la déflagration : la réaction se déplace dans l'explosif par conduction thermique dans un milieu confiné, le volume et la pression varient et la vitesse de propagation est de l'ordre de quelques centaines de mètres par seconde ;
- la détonation : la vitesse de réaction se déplace par une onde de choc. Il y a une discontinuité, car le volume de gaz chaud est tellement élevé que la vitesse dépasse plusieurs kilomètres par seconde.



Remarque

La vitesse de réaction dans la dynamite est de 6 500 m/s et de 8 000 m/s pour la Pentrite.

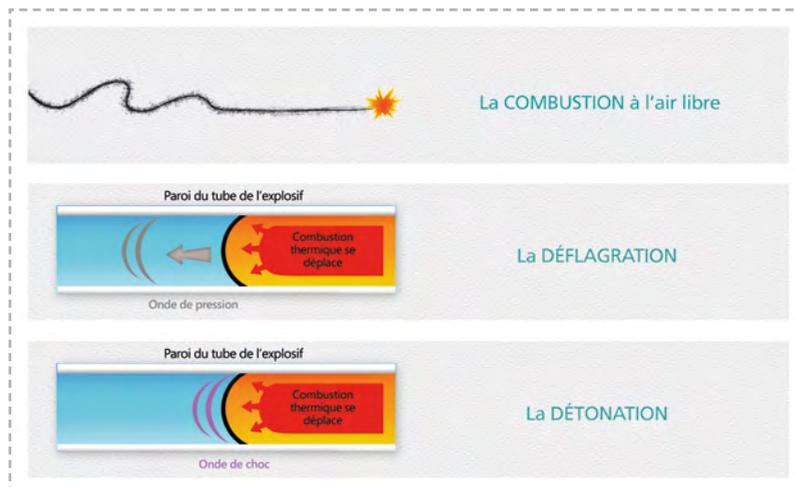


Figure 4

Principes de la décomposition de l'explosif.

Comment se présente un engin explosif ?

Pour commencer, il faut une charge explosive qui peut représenter quelques centaines de grammes jusqu'à plusieurs kilos (cas d'un véhicule piégé).



Un détonateur qui, amorcé par un courant électrique, fera déflagrer la charge explosive.

Une source d'énergie : une pile électrique.

Un système de déclenchement qui activera le courant électrique : une minuterie ou un téléphone portable feront l'affaire.

Le tout doit être dissimulé dans un objet qui n'attire pas l'attention, un sac, une bouteille de gaz...

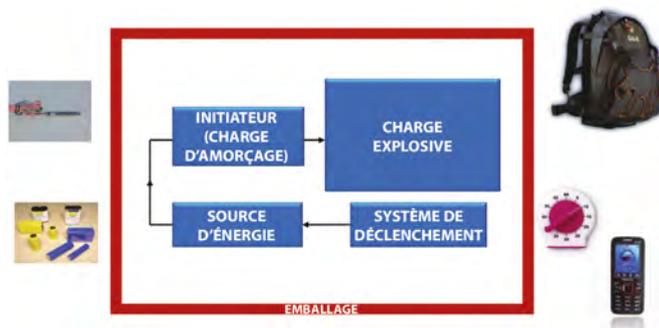


Figure 5

Composants d'un engin explosif dissimulé dans un sac.

Une menace permanente

L'histoire récente montre qu'il y a toujours eu des attentats. Ils ont d'abord visé des chefs d'États : le Premier consul Bonaparte en 1800, Louis-Philippe en 1835, Napoléon III en 1858. Dans l'histoire contemporaine et malgré les moyens de prévention, Paris en 1995 et 2015, Madrid en 2000, Londres en 2005, Oslo en 2011 ont été l'objet d'attentats aveugles qui ont fait des morts et des blessés notamment dans les transports collectifs. Les terroristes font preuve d'invention

qu'il faut essayer de déjouer en surveillant mieux les locaux où sont entreposés des explosifs comme les mines ou les dépôts militaires et en étant plus rigoureux sur le contrôle des informations sur Internet.

Par ailleurs, les cibles potentielles comme les bâtiments publics, les stades, les transports collectifs nécessitent une surveillance accrue et vigilante par la police et les usagers.

Figure 6

Peinture de 1862 illustrant l'attentat contre Napoléon III en 1858.





La détection des explosifs

C'est d'abord la pré-détection, les services de renseignement, la police, la gendarmerie, les juges antiterroristes tentent d'arrêter les terroristes avant qu'ils ne passent à l'acte. C'est heureusement ce travail de l'ombre qui permet d'éviter de nombreuses catastrophes et de découvrir les caches d'explosifs avant leur utilisation mortelle. Parallèlement à la pré-détection, il faut mettre également en œuvre tout l'arsenal physique et chimique pour prévenir les attentats en répondant à plusieurs défis :

- où est l'explosif ?
- comment protéger les lieux, un bâtiment, un aéroport, un stade ?
- comment se présente le paquet piégé : une valise, une poubelle, un véhicule ?
- est-ce un solide, un liquide, un gel ?
- l'explosif est-il sur une personne, ceinture, chaussure ?

Il faut pouvoir répondre rapidement à toutes ces questions par la méthode la plus appropriée possible.

Les détecteurs

Ils sont classés en deux catégories :

- les détecteurs actifs (*Figure 7A*) : ils émettent une onde électromagnétique (comme un radar) vers la personne ou l'objet à contrôler. Soit l'onde traverse et le signal est récupéré sur un écran (comme une radio chez le médecin), soit elle est réfléchiée et un capteur analyse la réponse ;
- les détecteurs passifs (*Figure 7B*) : ils sont applicables sur l'homme, c'est par exemple l'aspiration de vapeurs, frottis sur les mains ou prélèvements sur les vêtements qui sont analysés ; le temps de mesure est plus long.

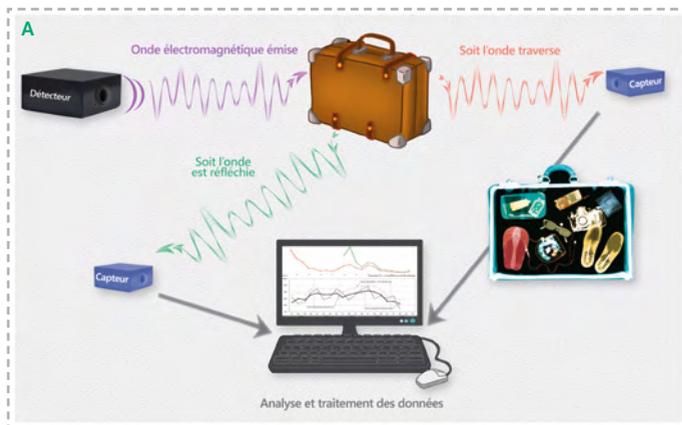
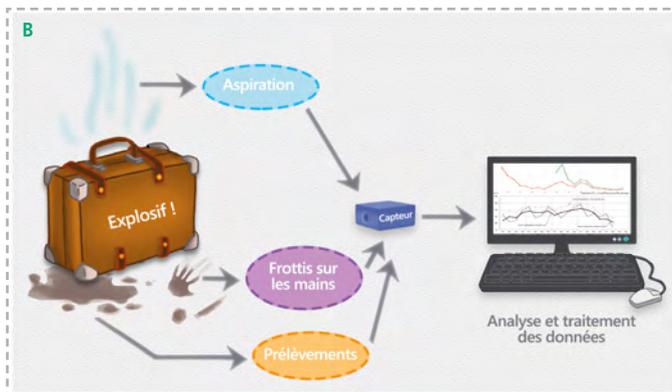


Figure 7

- A) Détecteur actif ;
B) détecteur passif.



Les détecteurs actifs

Les rayonnements utilisés correspondent à toute la gamme de fréquences des ondes électromagnétiques.

- **Le détecteur à rayons X**

Le principe est le même que celui employé en radiologie médicale.

En effet, les rayons X sont utilisés par les radiologues pour voir si un os est cassé ou pour contrôler les poumons par une radiographie. Ils traversent les corps et les objets et renvoient sur un écran des images d'objets ou d'os plus ou moins sombres suivant leur composition.

Dans les aéroports, des agents spécialisés utilisent ces détecteurs pour contrôler les bagages. Ils interprètent en temps réel, sur écran,



la composition de la valise soumise au rayonnement. Des essais sur les passagers ont été faits dans certains aéroports américains mais vite retirés suite à des plaintes pour atteinte à la vie privée.

- **Le détecteur à rayonnement neutronique**

Les neutrons sont émis par des isotopes. Canalisés, ils sont émis et par diffusion élastique, ils sont réémis en fonction de la densité de l'obstacle qu'ils rencontrent. Ils sont surtout employés pour contrôler de grands objets comme les conteneurs maritimes.

- **Le détecteur à infrarouge**

Les ondes à infrarouge sont très utilisées dans la vie courante pour verrouiller ou déverrouiller une portière, pour allumer un appareil de télévision et changer les chaînes. C'est une technologie à longue distance (plusieurs mètres) et grande surface pour explorer, par exemple, un véhicule (voiture, camion...).

L'ingénierie infrarouge peut aussi, avec certaines fréquences caractéristiques, détecter une molécule explosive donc l'engin explosif mais aussi localiser des traces sur un individu.

- **Le détecteur à ondes Terahertz**

La fréquence des ondes est comprise entre 500 et 5 000 GHz. Cette technique permet de détecter, par imagerie, des objets cachés sous les vêtements.

- **Le détecteur à ondes millimétriques**

Il s'agit de la même technologie utilisée dans les radars installés sur les routes pour mesurer la vitesse des véhicules. On l'emploie dans les portiques dits « body scanners », le détecteur donne une image du corps sous les vêtements et permet donc d'identifier les objets cachés. Il pose évidemment des problèmes d'éthique.

- **Le détecteur à micro-ondes**

La fréquence des ondes utilisées est inférieure à 100 GHz ; on s'en sert au quotidien dans la cuisine avec les fours à micro-ondes. Ici, les fréquences sont plus élevées et utilisées non en absorption mais en réflexion, il s'agit de la reconnaissance de forme.



• Le détecteur à radio fréquence

Ce type de détecteur permet notamment d'identifier les atomes d'azote par résonance. Comme la plupart des explosifs se composent de molécules comprenant de l'azote, ces dernières sont décelées par leur spectre et on le couple aussi à l'Imagerie par Résonance Moléculaire. Ce dispositif est encore à l'état de prototype.

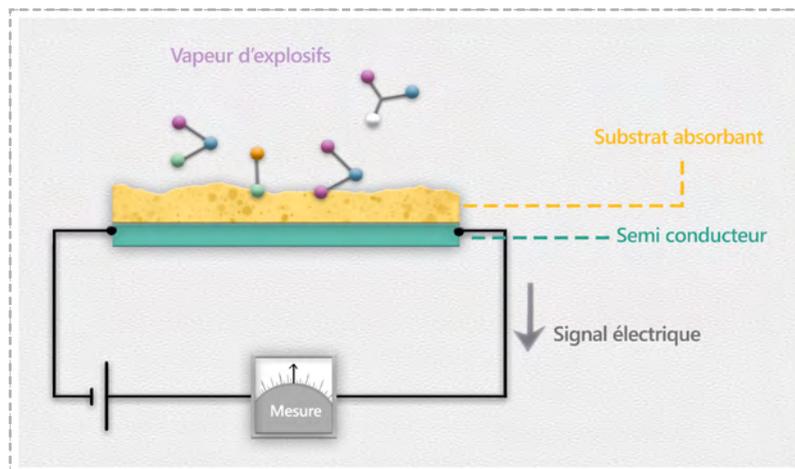
Les détecteurs exigent presque tous un poste particulier et des opérateurs spécialisés, un portique et parfois la palpation individuelle complémentaire. C'est donc un investissement non négligeable adapté à des contrôles d'individus ou de véhicules ou de bagages, les plus connus étant les détecteurs à rayons X dans les aéroports. Leur généralisation aux gares SNCF n'est pas sans poser de problèmes.

Les détecteurs passifs

Ces détecteurs permettent d'analyser des vapeurs. Qu'est-ce qu'une pression de vapeur ? On connaît bien la vapeur blanche qui s'élève d'une casserole d'eau qui bout sur le feu. En effet, à 100 °C, la pression de vapeur de l'eau est égale à l'atmosphère et toute l'eau s'évapore. À température ambiante, la pression de vapeur de l'eau est bien plus faible mais elle existe. Pour un autre liquide et même un solide, il y a toujours une pression de vapeur que l'on peut déceler avec un système sensible. Les explosifs ont des pressions de vapeur comprises entre 10^{-3} (1 pour 1 000) et 10^{-15} . Pour savoir les détecter, on dispose

Figure 8

Analyse des vapeurs.





de détecteurs jusqu'au ppb (une partie par milliard), en dessous de cette concentration, c'est très difficile en raison des interférents potentiels présents dans l'air.

- **Le détecteur biologique**

Le chien est un excellent détecteur biologique de par son odorat très développé. On l'entraîne par apprentissage à mémoriser des odeurs particulières. Son emploi a largement fait ses preuves, il nécessite un personnel spécialisé présent sur place.



Figure 9

Le chien renifleur.

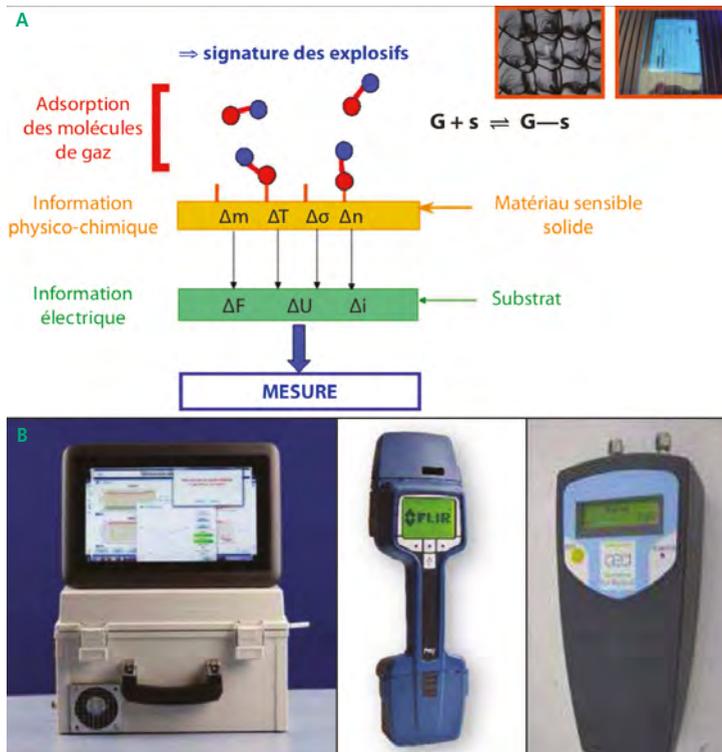
- **Les détecteurs chimiques**

Il s'agit de faire aussi bien que l'odorat d'un chien. On imagine des couches minces sur substrat de matériaux qui absorbent les molécules de vapeur et provoquent soit une variation de poids détectée par une micro-balance à quartz, soit une différence de résistance électrique détectée par un micro-voltmètre, soit une variation de fluorescence détectée par une cellule photovoltaïque. Ces dispositifs bénéficient de la miniaturisation électronique et de la microélectronique, ce qui permet la fabrication d'appareils portables. Leur temps de réponse de plusieurs secondes limite parfois leur utilisation.



Figure 10

Détecteurs chimiques :
A) principe de mesure ;
B) quelques exemples de transducteurs.



La recherche

Actuellement, plusieurs pistes sont développées. En pré-détection, des caméras équipées de logiciels d'analyse d'image pouvant déceler les comportements anormaux des individus sont en cours d'installation. Par ailleurs, on essaye d'élargir le spectre des molécules pouvant être détectées, on améliore la sensibilité des capteurs.

Le couplage de plusieurs techniques de détection croisées, comme les micro-ondes, l'infrarouge et les détecteurs chimiques est mis en œuvre. Il permet de confirmer la présence effective d'un objet ou d'individu dangereux en éliminant le risque d'une fausse alerte.



Les analyses post-attentats

Petite histoire d'une explosion...



BOUM !

Un bruit assourdissant résonne dans la maison, les vitres tremblent et au coin de la rue une fumée s'élève et bientôt les lueurs d'un incendie sont visibles.

Une voiture en flamme, les « pimpon » des pompiers qui dès leur arrivée brisent les vitres de la voiture et éteignent l'incendie.

Partout des débris et des morceaux de vitres brisées et des véhicules endommagés.

Les pompiers et la police s'aperçoivent qu'il y a un cratère dans la chaussée et que c'est un engin explosif qui a sauté et non la voiture maintenant calcinée.



Vite, la police établit un périmètre et des équipes en noir de démineurs effectuent une visite de sécurité tout autour pour vérifier qu'il n'y a pas un second engin dangereux dans le voisinage.

Des hommes en blanc avec une capuche, un masque sur la bouche comme un chirurgien et des gants regardent partout même sous les voitures, et ramassent précautionneusement les objets qui ont été projetés alentour, et les mettent dans des sacs en plastique.

Un policier du quartier garde le périmètre et a pu déjà récupérer un sac déchiré, un bouton d'une minuterie et une pile électrique.

Ces objets vont « pouvoir parler » !



Figure 11

Scénario d'une explosion.

Conclusion

L'explosif n'est pas un produit nouveau pour l'homme. Depuis déjà des siècles, il a su faire des mélanges détonants et avec le temps bien sûr, de plus en plus performants. Il a donc fallu, en parallèle, développer et affiner des moyens de détection pour déjouer les plans des terroristes. De nos jours, l'histoire nous montre qu'il faut redoubler de vigilance et la recherche va dans ce sens.