

Techniques actuelles de déminage

par René Joecklé

Une description détaillée (en anglais) se trouve sur le site de [EUDEM](#), étude financée par l'[Union Européenne](#) qui recense les études de recherche-développement en Europe dans le domaine du déminage.

Étapes du déminage

[MGM](#) montre un exemple illustré du "système" utilisé pour le déminage.

Lorsque la surface du terrain à déminer est délimitée, on peut distinguer plusieurs phases dans les opérations techniques de déminage.

Dans un premier temps, il faut *dégager le sol de la végétation*, car une grande proportion des techniques de déminage sont gênées par la présence d'une végétation trop grande. Au cours de cette phase, les mines "de surface" (mines à éclats déclenchées par fils pièges telles que les mines-piquets, les mines bondissantes ou celles à éclats dirigés) et les mines non enterrées posées sur le sol ou dispersées (telles que les mines "papillon") sont repérées et éliminées.

Le deuxième temps consiste à *détecter, identifier et neutraliser* les mines enterrées. Nous nous intéressons plus spécialement aux mines antipersonnel, enterrées sous une épaisseur de terre comprise entre 1 et 10 cm.

Deux types de détection de mines sont utilisés :

recherche d'une anomalie dans le sol (phase de détection), suivie de l'identification de la mine

recherche d'un constituant spécifique de la mine : le métal, l'explosif ; une phase de confirmation, très proche de l'identification notée ci-dessus, suit généralement le repérage du constituant.

Lorsque la mine est localisée et de préférence identifiée, il faut la neutraliser : soit en la désamorçant, soit en la détruisant sur place.

Détection d'une anomalie dans le sol

Les méthodes les plus utilisées sont à ranger dans ce type de détection. Il s'agit par exemple du sondage manuel, du radar à pénétration dans le sol, de l'infrarouge. Il ne convient pas de ranger dans cette catégorie la détection de métaux : il s'agit dans ce cas de la recherche d'un constituant spécifique de la mine.

La méthode de détection indique l'existence d'un objet d'une structure différente de celle du sol ; cet objet est, soit dur (sondage manuel), soit isolant thermique (infrarouge), soit réfléchissant les ondes hyperfréquences (radar). La profondeur d'enfouissement de l'objet est clairement indiquée par le sondage manuel, ainsi que par le radar

Les sondes manuelles actuelles sont très primitives. Il s'agit principalement d'une tige pointue d'une trentaine de cm que le démineur enfonce dans le sol tous les 2 à 3 cm. La sonde est enfoncée suivant un angle de 30 à 45 degrés de façon à ce que la force exercée pour enfoncer la sonde ne provoque pas le déclenchement de la mine. Lorsque la sonde bute sur un objet dur, il s'agit de cerner ses dimensions. Pour avoir une idée de la taille de l'objet, il faut effectuer plusieurs sondages, ce qui augmente les risques de déclenchement de la mine. Un sol caillouteux présente des difficultés certaines de détection par cette méthode, car de nombreuses fausses alarmes sont produites. Lorsque le démineur détecte un objet suspect, il procède à son identification en le

déterrant. Ce procédé, universellement utilisé, présente des avantages certains : l'équipement est très peu onéreux, la formation du démineur est assez rapide, les précautions de manipulation sont bien connues ; on détecte ainsi tout type de mine antipersonnel enterrée. Les inconvénients sont évidents : ce procédé est lent (de 5 à 50 m² par jour pour un démineur) et dangereux (un démineur tué pour 5000 mines relevées). La sonde manuelle est fréquemment associée au détecteur de métaux, ce dernier détectant une possibilité de mine dans une zone de terrain, alors que la sonde localise l'obstacle, en cerne les contours et réalise un début d'identification.

Avec le *radar à pénétration dans le sol*, le choix d'une fréquence adéquate permet la pénétration des ondes radar dans le sol ; l'analyse des échos permet de détecter les variations de perméabilité diélectrique, qui induisent une modification dans la propagation des ondes électromagnétiques. La détection est délicate pour les profondeurs faibles, du fait de l'écho parasite de la surface ; les objets de faible dimension (mines antipersonnel) donnent un écho faible. Enfin, suivant le degré d'humidité, la perméabilité électrique du sol varie entre des valeurs 2 et 4, alors que la perméabilité électrique d'une mine plastique est d'environ 3. Suivant le degré d'humidité, le contraste (différence de perméabilité) risque d'être très faible et d'atténuer l'écho radar.

L'*infrarouge* fait partie des techniques en cours de développement. Au cours d'une journée, le sol est chauffé par le soleil et la température de l'air diurne, puis se refroidit en surface au cours de la nuit. Il en résulte un flux de chaleur et des répartitions de température qui dépendent de la conduction de la chaleur dans le sol. La présence d'un obstacle isolant thermique dans le sol modifie les flux de chaleur à cet endroit et se traduit par une différence de température en surface. La carte de température de surface obtenue par une caméra thermique permet alors de repérer des zones dont la température diffère de quelques dixièmes de degrés par rapport à l'environnement, indiquant ainsi une probabilité de présence de mine. L'intérêt de cette méthode est la rapidité d'analyse du sol ; la caméra thermique peut être à une certaine distance du sol, donc être placée à bord d'aéronefs et analyser des surfaces considérables. L'infrarouge détecte aussi les différences de conductivité thermique résultant d'un enfouissement récent.

Cette technique présente cependant de nombreux inconvénients :

La présence de végétation masque l'émission infrarouge du sol et est rédhibitoire.

L'infrarouge ne donne une indication que si la profondeur d'enfouissement n'est pas supérieure à 5 cm et si les conditions d'ensoleillement sont favorables : grande amplitude de température (diurne - nocturne).

La présence d'aspérités à la surface du sol (monticules, trous) provoque des variations de température, qui peuvent être interprétées comme une fausse alarme.

Enfin, le coût actuel des caméras thermiques capables de résoudre les faibles écarts de température fait que l'utilisation de cette technique est plutôt réservé au déminage militaire.

Un *inconvénient général* des méthodes de détection d'anomalies dans le sol est que n'importe quel objet de dimensions proches de celle d'une mine produit une alarme ; l'identification, ou la levée de l'indétermination, peut résulter, soit visuellement après enlèvement de la couche de sol entre la surface et l'anomalie, soit par recoupement avec des données issues d'autres techniques de détection (*Fusion de données*). En particulier, la détection de métaux constitue une indication d'une probabilité de mine (sauf si la mine ne comporte aucune trace de métal). Suivant la nature du sol, le taux de fausses alarmes peut être très élevé.

Des idées nouvelles sont en cours d'étude ; citons la détection sismique, consistant à créer des ondes sismiques (marteau sur enclume fichée dans le sol) et à analyser la vitesse de propagation des ondes dans différentes directions (barrière de microphones). Une variante de cette méthode consiste à visualiser la propagation de l'onde sismique par analyse des déformations en surface (visualisations optiques, dont

holographie). Une des grandes difficultés de cette technique est la nature hétérogène du sol, qui amortit rapidement et de manière non uniforme l'onde sismique.

Détection d'un constituant spécifique de la mine

Deux constituants sont recherchés : le métal et l'explosif.

Détecteurs de métaux

Les métaux possèdent une conduction électrique élevée et sont de ce fait assez aisément détectés dans un sol dont la conduction électrique est généralement faible. Les détecteurs de métaux sont connus depuis longtemps, fréquemment utilisés et sont généralement fiables quant à leur potentiel de détection de faibles masses métalliques à une profondeur élevée. Encore faut-il que la mine comporte du métal (quelques mines n'en comportent pas du tout) et que le sol environnant ne contienne pas trop de morceaux de métal (déchets divers, éclats d'obus ou projectiles). Certaines mines sont piégées et sont déclenchées par le champ magnétique intense produit par le détecteur de métaux.

Les [détecteurs de métaux](#) sont décrits de manière détaillée dans la page "détecteurs de métaux"

Détection de l'explosif

Une technique couramment utilisée consiste à recourir à l'odorat canin : un chien peut être dressé pour détecter les émanations d'explosif qui existent à proximité de la mine. Cette méthode fonctionne bien, mais est cependant onéreuse car le dressage du chien est long et l'équipe chien – maître ne peut intervenir que pendant des durées courtes. On a parlé aussi d'autres animaux : insectes divers, mais il s'agit de procédés futuristes.

autres méthodes

Par rapport au sol et aux matériaux organiques couramment présents dans la nature, l'explosif se distingue par une composition chimique relativement différente, en particulier par une concentration relativement élevée en azote (nitrates des explosifs). Des techniques sophistiquées (Résonance Quadripolaire Nucléaire) sont sensibles à ces différences ; elles ne sont actuellement pas encore au point d'être couramment utilisées (leur transport sur le terrain n'est pas évident) ; d'autre part, les matières organiques ou minérales utilisées comme engrais ont aussi une concentration élevée en azote et peuvent produire des fausses alarmes.

Identification et neutralisation

Toutes les méthodes exposées ci-dessus produisent une présomption de mine, avec une localisation plus ou moins approximative. La combinaison de plusieurs données issues de capteurs complémentaires augmente la probabilité d'identification en réduisant le taux de fausse alarme (élimination de certaines fausses alarmes) et en améliorant la localisation.

L'identification finale ainsi que la neutralisation sont en général effectuées après l'enlèvement de la couche de terre recouvrant la mine. Cette opération simple est cependant dangereuse et doit être effectuée en toute sécurité ; son exécution nécessite un temps assez long.