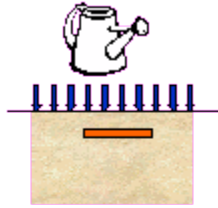


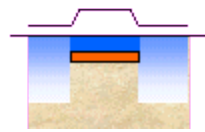
## La détection active des mines enterrées



Plusieurs techniques dépendent étroitement du milieu (sol) et de l'environnement (ensoleillement, humidité). Dans le cas de la détection par infrarouge, on a cherché à s'affranchir du caractère aléatoire du chauffage solaire en le remplaçant par une source de chaleur : générateurs d'air chaud, combustion de napalm, hyperfréquences, laser. Ces modes de chauffage présentent tous des inconvénients : coût élevé, chauffage en surface, rendement faible, contrôle difficile.



Une idée plus prometteuse a été émise récemment et mérite d'être étudiée en détail : utiliser l'eau comme fluide caloporteur. Il s'agit d'arroser le sol avec de l'eau chargée d'un marqueur, ou traceur (la chaleur, mais aussi d'autres marqueurs) et d'observer l'évolution de la concentration de ce marqueur à la surface (ou près de la surface). Les zones où la pénétration de l'eau est retardée par la présence d'un obstacle étanche vont présenter une concentration plus élevée du marqueur.



Le marqueur peut être la chaleur (eau chaude) ; l'eau cède une partie de la chaleur au sol et les flux aqueux et de chaleur pénètrent à l'intérieur du sol. La mine présente une "résistance thermique" élevée, du fait de la conductivité thermique faible des constituants organiques (plastique, explosif) ; d'autre part, l'obstacle constitué par la mine gêne la diffusion de l'eau et de la chaleur à l'endroit de la mine ; de ce fait, la température de surface à cet emplacement est plus élevée que dans le sol environnant.

Quatre possibilités de traceurs sont évoquées ci-après

traceur	Paramètre détecté
chaleur	température de surface
ions	conductivité électrique de surface
particules magnétiques	magnétisme de surface
Traceurs chimiques	traceur en surface

Tableau 1 : combinaisons traceur - paramètre détecté

Le principe de ce type de détection active a été montré par quelques travaux, en particulier à l'ISL. L'intérêt de la détection active réside dans la possibilité d'ajuster les paramètres de détection (quantité d'eau, type et concentration du marqueur, durée de l'arrosage) à l'environnement : nature du sol, température, hygrométrie ... et d'utiliser des méthodes de détection simples. Par exemple, les différences de température de surface au-dessus d'un obstacle

obtenues avec un arrosage d'eau chaude sont de quelques degrés et peuvent être mises en évidence par des capteurs très simples tels que les détecteurs infrarouges à sensibilité réduite (pyroélectriques, bolomètres), ainsi que les capteurs de température de contact (thermocouples, thermistances ou même cristaux liquides).

On peut remarquer que cette technique permet une certaine discrimination entre mines et cailloux : ces derniers conduisent la chaleur alors que les mines plastiques sont isolantes ; la différence de température à la surface décroîtra plus rapidement lorsque l'anomalie est un caillou que s'il s'agit d'une mine.

Le développement de cette méthode nécessite un volume important d'études, surtout si une bonne compréhension des phénomènes (modélisation de la pénétration d'un fluide dans un sol en présence d'un obstacle) et une bonne maîtrise des paramètres sont recherchées. Cependant les techniques de mesure ne sont pas très sophistiquées ni très spécialisées et les études peuvent être fractionnées en thèmes à traiter par des étudiants.

### ***Propositions d'études***

1. Simulation de l'écoulement d'un liquide (eau + marqueur versée à la surface) autour d'un obstacle solide (mine) englobé (enterré) dans un milieu diphasique (sol)

- programme de simulation
- variation des paramètres : débit de l'eau, porosité du milieu, forme et position de l'obstacle

2. Dispositif permettant de déposer uniformément un débit et une quantité donnés de liquide sur une surface

la qualité de la détection active repose sur l'uniformité de la répartition de l'eau chargé de marqueur. Le dispositif d'arrosage

1. Visualisation de la concentration d'un marqueur en surface (carte de température, carte de concentration en espèce chimique, carte de résistivité électrique)
2. Mesure de la concentration de marqueur en surface (résistivité, concentration d'une espèce chimique)

[Source : <http://www.artid.org/Fr/index.html>]