

## Efficacité du concept DEMICHAIN

**René JOECKLE et Bernard GAUTIER**

ARTID

8 rue des Roses

68300 SAINT-LOUIS (France)

Courriel : association@artid.org

### Résumé

*DEMICHAIN est un nouveau concept de déminage mécanique, par lequel une nappe horizontale de chaînes lourdes est suspendue quelques mètres au-dessus de la surface à traiter. Lors de sa chute libre, cette nappe de chaînes délivre une impulsion mécanique sur toute la surface heurtée par les chaînes et une onde de pression est générée, qui déclenche les mines actives. Si on le compare aux fléaux ou aux rouleaux, ce concept offre quelques avantages, comme par exemple l'efficacité sur des sols inégaux, la capacité de déclencher des mines enterrées profondément ; en outre, cet outil est à bas coût, peut être construit localement et peut être adapté à des engins déjà utilisés sur les sites de déminage.*

*L'Association de Recherche de Techniques Innovantes en Déminage humanitaire étudie cette technique par des mesures de la pression formée dans le sol à l'aide de détecteurs de pression enterrés, qui réagissent lorsque la pression est suffisamment élevée pour déclencher les mines. Les résultats obtenus jusqu'à présent montrent que cet outil est capable de traiter de nombreux types de sols. Il peut être efficace pour la réduction de zone, comme outil complémentaire à d'autres techniques telles que les fléaux pour déminer des sols, de même qu'il constitue un outil peu cher pour des petites organisations ou pour traiter de petites surfaces.*

### Introduction

Deux types d'action peuvent être exercés par les machines de déminage :

- Les rouleaux et les fléaux exercent des forces à la surface du sol et génèrent des contraintes en profondeur. Ces contraintes déclenchent les mines actives, qui explosent et sont détruites.
- Les outils d'autres engins de déminage pénètrent en profondeur, labourent la terre, déclenchent, brisent ou extraient les mines ou les autres engins explosifs du sol. Les fléaux peuvent aussi travailler de cette façon.

Le premier type d'action présente de nombreux avantages : il est généralement plus économique en termes d'énergie, il respecte la structure de la surface du sol et peut être utilisé pour la réduction de zone. Cependant, ces techniques sont inefficaces sur les matériels explosifs insensibles à la pression. Un autre inconvénient résulte de la décroissance rapide en profondeur de la contrainte générée en surface<sup>1</sup>. Une mine à plateau de faible surface peut de ce fait rester dangereuse si elle est enfouie profondément. Nous proposons un autre concept, appelé DEMICHAIN<sup>2</sup>.

Ce concept n'est actuellement pas utilisé sur les chantiers de déminage et des essais soigneux sont nécessaires avant d'utiliser ces outils sur terrain miné. Cependant, ses nombreux avantages motivent l'étude de son efficacité potentielle.

Après une description du concept et de son efficacité théorique, l'étude menée par notre association seront décrite. Des essais sur mines réelles sont maintenant nécessaires avant d'utiliser l'outil DEMICHAIN pour déminer.

### Description de DEMICHAIN

DEMICHAIN signifie "DEMIInage avec des CHAINes". Cette idée a été découverte par Jacques DEMICHELIS et développée dans le cadre de l'association ARTID<sup>3</sup>.

Le concept DEMICHAIN consiste en la chute libre d'un assemblage horizontal de chaînes lourdes dont la surface est de quelques mètres carrés. Une grande surface subit simultanément une contrainte verticale et les forces qui en résultent diminuent lentement dans l'épaisseur.

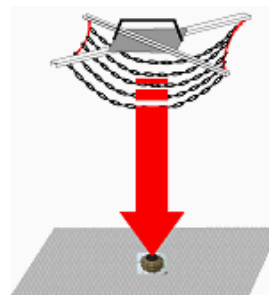


Fig.1: Principe de DEMICHAIN

En comparaison des fléaux et rouleaux, ce concept délivre des forces verticales et régulièrement (uniformément) réparties sur une grande surface. Les dimensions de celle-ci sont supérieures d'un ordre de grandeur à l'épaisseur à prendre en considération (20 cm). De ce fait, on peut considérer que le phénomène est mono-dimensionnel.

Une description théorique<sup>4</sup> a été réalisée en supposant que le sol est élastique et qu'il est heurté à une vitesse  $V_0$  donnée de 8 m/s par une masse répartie uniformément. Après quelques microsecondes, on peut

considérer que la surface du sol atteint la vitesse  $V_0$  et subit une compression. Cette contrainte verticale se propage en profondeur à la vitesse du son sous forme d'une onde de pression. La valeur théorique de la contrainte de compression à la surface (au début de l'impact) est donnée par l'expression de Timoshenko :

$$\sigma_0 = \rho \cdot c \cdot V_0$$

Dans laquelle  $\rho$  est la masse volumique et  $c$  la vitesse sonique dans le sol.

Celle-ci varie grandement avec le pourcentage d'humidité dans le sol, de 160 m/s à 1000 m/s. Même en considérant la valeur la plus faible, la contrainte

pour la vitesse initiale de 8m/s produit une pression élevée ( $4.10^6$  Pa) plus élevée que celle qui déclenche une mine.

D'autres considérations théoriques produisent les conclusions suivantes :

- La compression initiale dépend uniquement de la vitesse de collision des chaînes avec le sol
- La durée de l'impulsion de pression (de l'ordre de la milliseconde) est proportionnelle à la masse par unité de surface de la nappe de chaînes.

APL	Surface du plateau de pression	Force de déclenchement	Pression de déclenchement
Type 72	44 cm <sup>2</sup>	5-10 kg	$2,3 \cdot 10^4$ Pa
MI AP DV 59	3 cm <sup>2</sup>	5 kg	$17 \cdot 10^4$ Pa
VS-50	19 cm <sup>2</sup>	10 kg	$5 \cdot 10^4$ Pa
PMN	80 cm <sup>2</sup>	8 – 25 kg	$3 \cdot 10^4$ Pa
M14	18 cm <sup>2</sup>	9 – 16 kg	$9 \cdot 10^4$ Pa
PMA-1	42 cm <sup>2</sup>	> 3 kg	$3 \cdot 10^4$ Pa

Table 1: pression de déclenchement de quelques mines antipersonnel

## Mode d'action de DEMICHAIN

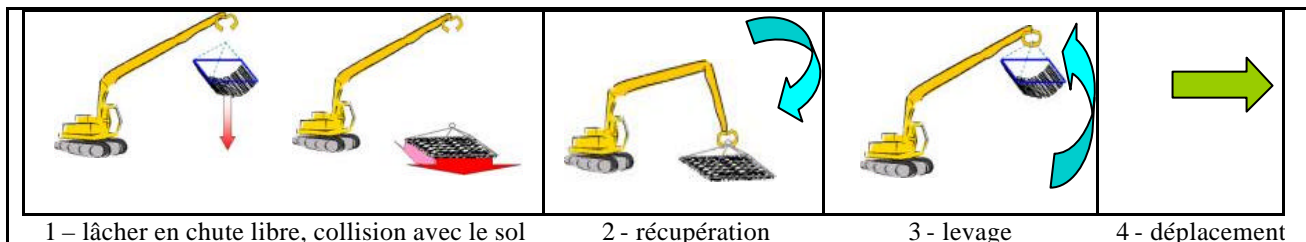


Fig. 2 :les quatre phases d'un cycle

Le processus de déminage se produit en une fraction de seconde sur une surface de quelques mètres carrés. Il est suivi du changement de position de la nappe de chaînes. Ceci se produit en 3 à 4 phases :

1. La nappe de chaînes est lâchée en chute libre, elle impacte le sol et fait détonner les mines actives
2. (Optionnel) La grue récupère la nappe de chaînes
3. La nappe de chaînes est soulevée à la hauteur requise
4. déplacement vers la prochaine zone à déminer

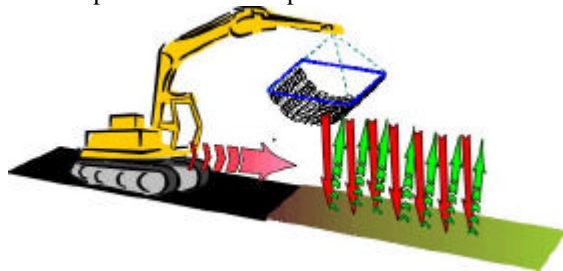


Fig. 3 : une succession de cycles

Le déminage consiste en une succession de cycles, soit simplement juste devant la machine (comme c'est le cas pour les fléaux ou les rouleaux) ou bien

en couvrant une large zone en combinant les mouvements linéaires et de rotation de la grue.

Afin d'augmenter la sécurité de l'opération, chaque surface devra être impactée plusieurs fois. Le déplacement devra de ce fait être ajusté en fonction de cet impératif et des dimensions de la nappe de chaînes.

Deux types d'engins de lavage peuvent être utilisés :

- Un bras hydraulique conventionnel, avec lequel la deuxième phase nécessite un opérateur bien formé et dure un certain temps. Ce type d'engins est communément utilisé dans les pays affectés par les mines, voire sur les sites de déminage. DEMICHAIN consiste alors simplement en la nappe de chaînes.
- Une grue équipée d'un treuil à échappement libre (comme par exemple dans les "dragline"<sup>5</sup>) ; dans ce cas, la deuxième phase disparaît et l'engin peut aisément être contrôlé à distance.

On peut aussi adapter un treuil à échappement libre à un engin de levage quelconque, ce qui permet de contrôler l'ensemble à distance et simplifie la sécurité.

## Comparaison avec d'autres concepts de déminage

En comparaison des fléaux et des rouleaux, DEMICHAIN présente plusieurs avantages :

Les forces développées sont verticales et peuvent agir sur des sols très inégaux. C'est le cas de sols encombrés de pierres, petits rochers, fossés, barrières ou fils barbelés, dans lesquels les fléaux ou les rouleaux ne peuvent pas travailler.

La nappe de chaînes est peu chère et rustique ; elle peut être construite sur place et adaptée à la configuration du terrain (par exemple une route ou un sentier, comportant des fossés ou des bas-côtés). Ce concept est particulièrement adapté à des petites organisations de déminage, qui ne peuvent pas s'offrir des engins spécialisés. D'autre part, il convient au traitement de petites surfaces.

## Notre étude

### Méthodologie

DEMICHAIN étant un nouveau concept, il doit être bien compris avant d'être utilisé sur des zones minées. ARTID mène une étude sur les forces développées par la chute libre d'une nappe de chaînes sur des détecteurs de forces enfouis dans le sol. Si les résultats de cette étude montrent que ces forces déclencheront une majorité de mines enfouies et si les paramètres requis pour obtenir ces forces peuvent être spécifiés par les mines présentes dans le terrain à déminer, alors on peut commencer les tests sur mines réelles.



Fig. 4 : le prototype "léger"



Fig. 5 : le prototype "lourd"

### Prototypes

Jusqu'à présent, nous avons construit deux prototypes :

- L'engin "léger" ou "agricole", avec 400 kg de chaînes en nappe de 2 X 1.75 m<sup>2</sup>. Il est mis en œuvre par le bras hydraulique d'un tracteur conventionnel et adapté pour effectuer des mesures (fig. 3).
- L'engin "lourd", avec 1300 kg de chaînes et une surface de 2.5 X 2.8 m<sup>2</sup>, mis en œuvre par un excavateur industriel équipé d'une pince multibras, dispose de hauteurs de chute supérieures. A condition d'être blindé, cet engin pourra être utilisé sur champ de mines (fig. 4).

### Mesure de Forces

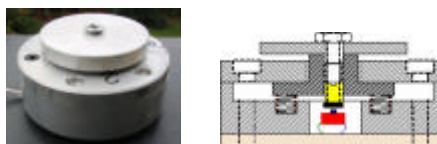


Fig. 6: le détecteur de pression

Nous avons construit des détecteurs de force. Lorsque la force exercée sur un plateau de pression excède 15 kgf (150 N), un piston ferme un microcontact. Le diamètre du plateau de pression peut varier de 4 à 9 cm. La profondeur d'enfouissement des détecteurs de pression est couramment de 20 cm. Les fermetures transitoires de 10 détecteurs peuvent être enregistrées par un boîtier électronique.

### Résultats

Des résultats très positifs ont été obtenus, montrant que des détecteurs enterrés à 20 cm de profondeur réagissent positivement aux deux prototypes, avec une hauteur de chute de plus de 2,5 m. Différents types de sols ont été testés : sol arable (prairie), gravier, sable et sol sablonneux (gravats), ce dernier étant très sec et tassé tandis-que les autres étaient saturés en eau. Aucune différence de comportement n'a été observée. Un essai, pour lequel les détecteurs ont été enfouis sous 45 cm de sol

sablonneux, a été positif avec une hauteur de chute de 3 m.

La topologie des sols a été variée :

Des pierres de 10 cm de diamètre ont été placées à côté des détecteurs. La plupart des détecteurs réagissent positivement, à l'exception de ceux situés en bordure de la zone impactée. Une étude soigneuse de la surface réellement déminée sera réalisée, à cause des effets de bord sur la propagation de l'onde de pression.

## Où cet outil peut-il être utile ?

La boîte à outils du démineur peut être complétée par l'outil DEMICHAIN afin de traiter les problèmes suivants :

- La réduction de zone (l'outil DEMICHAIN est très souple d'emploi et ne détruit pas la surface du sol).
- Le déminage des routes et des bas -côtés et des sols difficiles (le maquis par exemple)
- Il peut être un accessoire pour d'autres techniques de déminage mécanique, afin de traiter les bords de la surface principale
- Il peut constituer l'outil de préparation des sols pour des tâches de faible ampleur ou pour des petites organisations

Une autre application intéressante (qui n'a pas encore été explorée) réside dans la possibilité de délivrer les forces nécessaires au déminage à de grandes profondeurs. Cette possibilité sera intéressante pour le déminage de sols sablonneux tels les déserts, dans lesquels la profondeur d'enfouissement varie avec le déplacement du sable.

## Conclusion - tests avec des mines réelles

Dès que l'étude actuellement en cours sera achevée, des tests sur mines réelles seront nécessaires avant que le dispositif soit utilisé sur sol réel. Le CTRO est spécialement adapté à de tels essais. Le problème actuel est d'obtenir le financement

En fait, le but de l'association ARTID est d'effectuer des recherches de nouvelles voies pour contribuer à l'éradication des mines antipersonnel. D'autres organisations peuvent prendre nos résultats et développer, tester et utiliser l'outil DEMICHAIN afin d'éradiquer plus rapidement les mines

antipersonnel. L'idée DEMICHAIN, les résultats de notre étude sont publiés et non brevetés.

## Remerciements

Les auteurs remercient tous les membres de l'ARTID qui ont participé aux essais et aux discussions fructueuses, en particulier Christian BARAS pour l'électronique, John CRAWFORD pour de nombreuses discussions, Robert GOEPFERT pour tous les travaux réalisés avec le prototype "léger" à RANSPACH-le-BAS, Claude HARTMANN son aide à la construction des prototypes, Jean-Pierre HANCY ainsi que Danièle et Michel SAMIRANT pour leur participation aux essais. Il remercie spécialement Jacques DEMICHELIS pour sa belle idée et pour ses intéressantes suggestions.

## Références

<sup>1</sup> V.S. Shankhla "Unravelling flail-buried mine interaction in mine neutralization" Technical Memorandum DRES TM 2000-054 (December 2000)

<sup>2</sup> René Joecklé "Research of new tools for demining by ARTID" p. 680, EUDEM2 – SCOTT Conference, Brussels, September 2003

<sup>3</sup> L'ARTID: "Association de Recherche de Techniques Innovantes en Déminage *humanitaire*" est une association française créée en 2000 pour trouver et développer de nouvelles techniques de déminage humanitaire. La plupart de ses membres sont des chercheurs scientifiques ou des ingénieurs retraités de l'ISL. L'ARTID est située à Saint-Louis, petite ville au point de rencontre des frontières de la Suisse, de l'Allemagne et de la France. En plus du développement de nouvelles techniques, l'ARTID rassemble et diffuse des informations concernant les techniques de déminage (site internet [www.artid.org](http://www.artid.org)).

<sup>4</sup> Scott, R.A., Pearce, R.W., "Soil compaction by impact", 1976, Institution of Civil Engineers: Symposium Report.

<sup>5</sup> grue munie d'un treuil à échappement libre et servant à draguer le fond des gravières.

On peut trouver l'original en anglais sur Internet :  
<http://www.ctro.hr/images/knjiga%202008%20final-small.pdf>