



**International Test and Evaluation
Program
for Humanitarian Demining**

Programme International d'Essais et d'Évaluations pour le Déminage Humanitaire

AACEN 15044 :2009 ; Complément 1

Retour d'expérience

**Test et évaluation de l'équipement de déminage mécanique
dans le cadre de l'Accord d'Atelier du Comité Européen de
Normalisation
(AACEN 15044:2004, remplacé par AACEN 15044 :2009)**

**1ère partie : L'impact de la nature du sol sur les mesures de la
profondeur de pénétration du terrain et les performances des engins
(dernière actualisation en date du 2 avril 2009)**

Sommaire

Contexte.....	2
Mesures de la profondeur de pénétration du terrain	2
Mesures directes	2
Mesures indirectes	3
Test de performance : zones meubles en terrain dur	7

Contexte

Depuis la création du AACEN 15044:2004, de nombreux essais mécaniques ont été effectués et des leçons ont été tirées s'agissant de l'approche idéale pour la réalisation de ces tests. Ce que l'on retient de plus significatif concerne probablement tout ce qui touche à la nature du terrain et à l'impact que celui-ci peut avoir sur l'évaluation de l'efficacité des engins et de la profondeur de pénétration dans le sol. Ce document a pour but de transmettre les principaux aspects de cette expérience, rendue possible grâce aux erreurs commises et à l'évolution normale des méthodes d'évaluation.

Bien évidemment, la question de la pénétration du terrain s'applique presque exclusivement aux engins pénétrant le sol, comme les fléaux et les fraiseuses.

La dureté du terrain joue un rôle majeur dans la capacité d'un engin à pénétrer le terrain à une profondeur donnée. Sur un sol particulièrement dur, l'engin sera moins efficace, et inversement sur un sol plus meuble. Par conséquent, s'il existe des zones meubles réparties dans une zone de sol dur, l'engin sera plus à même de pénétrer ces parties souples du terrain. Si l'on veut mesurer l'efficacité de l'engin sur le sol dur, il est important de ne pas compromettre les données en créant des zones meubles dans la zone où les mesures doivent être effectuées.

Mesurer la profondeur de pénétration du terrain

Différentes méthodes peuvent être utilisées afin de mesurer la profondeur de pénétration du terrain par l'outil d'un engin mécanique. Au final, la méthode à utiliser dépend du type de test (test de performance, test d'acceptation), de l'état du terrain (dur, meuble) et de la logistique.

Mesures directes

Pour mesurer de la meilleure manière possible la profondeur de pénétration du sol, si ce dernier est dur et sec, il faut utiliser l'engin sur une parcelle du terrain, balayer ensuite la surface qui couvre la zone traitée et mesurer à partir d'un niveau la profondeur de pénétration jusqu'à la partie du sol que l'engin n'a pas atteinte, comme le montre l'image 1. Plusieurs mesures sur la largeur du sillage de l'engin permettent d'obtenir un échantillon de la profondeur de pénétration à cet endroit. Plusieurs échantillons pris sur le parcours de l'engin donnent une idée plus complète de sa capacité sur le terrain concerné.

C'est la façon la plus simple, la plus sûre et la plus rapide de recueillir les informations sur la capacité de pénétration d'un engin, que ce soit durant les tests de performance, d'acceptation ou même (de façon informelle) lorsqu'un engin est déplacé vers une autre zone où la nature du terrain est différente. Cependant, il est primordial qu'un nombre suffisant de mesures soit effectué sur chaque emplacement. Ce sont les petites mines antipersonnel qui nous concernent le plus. Cela signifie que les mesures doivent être effectuées à des intervalles équivalant approximativement à la moitié de la largeur de la mine, soit environ tous les 25 à 35 mm.



Image 1 : Mesure directe de la profondeur de pénétration

Mesures indirectes

Il n'est pas toujours possible de balayer la surface ainsi traitée sans compromettre la nature originelle du terrain situé sous celle-ci. Dans ce cas, il est nécessaire d'employer une méthode indirecte afin de mesurer la profondeur de pénétration. C'est à ces fins que la technique de mesure par panneau de fibres de bois (ou bois aggloméré), décrite dans l'AACEN 15044 (Annexe 1, Paragraphe 2.6), a été développée. Cette technique consiste à enfoncer dans le sol de fines planches d'un matériau fragile (par exemple un bois non dur, comme un panneau de bois aggloméré), sur la tranche et perpendiculairement à l'axe de travail de l'engin. Quand l'engin traite la zone, les marteaux et les dents découpent des morceaux du panneau. Ce qu'il reste du panneau peut être récupéré après le test. Chaque panneau de bois aggloméré offre une estimation de la pénétration de l'engin (voir image 2), comme pour une prise de mesure directe.

Programme International d'Essais et d'Évaluations pour le Déminage Humanitaire



Image 2 : Mesure indirecte de la profondeur de pénétration grâce aux panneaux de bois aggloméré

Une installation correcte des panneaux de bois aggloméré est primordiale si l'on veut obtenir une représentation réaliste de la profondeur de pénétration de l'outil. Bien que simple en théorie, l'utilisation des panneaux de bois aggloméré peut être difficile à mettre en pratique, particulièrement hors des zones de tests où certains équipements ne sont alors pas disponibles. Plus haut, dans la partie « contexte », il a été mentionné l'importance d'éviter de créer des zones meubles sur le périmètre prévu pour les mesures. Intuitivement, cela paraît logique, mais on oublie souvent cette précaution lorsqu'on place des panneaux de bois aggloméré pour un test.

Si des panneaux de bois aggloméré doivent être utilisés pour mesurer correctement la profondeur de pénétration, il est primordial d'éviter de créer des zones meubles à proximité des panneaux. L'image 3 montre une méthode acceptable d'installation des panneaux : il faut d'abord créer une étroite fente dans le sol afin d'y insérer le panneau.

L'image 4, au contraire, montre une mise en place problématique d'un panneau, qui rend les mesures incorrectes. Le sol étant particulièrement dur et sec, d'étroites tranchées y ont été creusées à l'aide de petites pelles afin d'y insérer les panneaux de bois aggloméré. En rebouchant ces tranchées autour des panneaux, des zones meubles ont été créées et il fut facile pour les marteaux des fléaux d'y pénétrer. Ainsi, alors que les marteaux des fléaux avaient des difficultés à pénétrer le sol dur situé autour des tranchées, ils pénétraient aisément le panneau sur toute sa profondeur. Si l'on se fie alors aux résultats sur le panneau, on a l'impression que l'engin a pénétré le sol uniformément et en profondeur. Quand des mesures directes ont été effectuées sur une zone éloignée des tranchées, les résultats furent très différents, montrant des irrégularités dans la profondeur de pénétration, qui restait parfois même superficielle.

En résumé, les panneaux de bois aggloméré ou les techniques de mesures indirectes similaires peuvent être très utiles pour tester la pénétration du sol par certains engins de déminage. Mais il est indispensable qu'ils soient installés de manière à ce qu'ils ne déforment pas les informations en créant des zones meubles autour des panneaux.



Image 3 : Installation correcte des panneaux de bois aggloméré



Figure 4 : installation incorrecte des panneaux, conduisant à des résultats erronés

Test de performance : zones meubles en sol dur

L'une des critiques que l'on peut faire au AACEN 15044 est qu'il restreint de manière drastique les différents types de sols possibles pour les tests de performance. Ces conditions font qu'il est difficile, voire même impossible, de pratiquer les tests de performance en dehors des zones de test établies.

Sous l'égide du **Programme International d'Essais et d'Évaluations pour le Déminage Humanitaire** (ITEEP), les essais de deux fléaux organisés à Nairobi, effectués dans des couloirs d'essai sur un sol local non préparé, ont montré qu'un contrôle strict de la nature du sol est indispensable afin d'obtenir des résultats pertinents (se référer au rapport final sur <http://www.itep.ws/pdf/NairobiFinal.pdf>).

Ces essais ont démontré que, lorsque des mines cibles sont placées dans un sol très dur, elles y créent des zones meubles localisées. Ce sujet a déjà été évoqué dans la section consacrée à la mise en place appropriée des panneaux de bois aggloméré. Lors des tests effectués à Nairobi, un curieux décalage a été observé entre le nombre de mines tests déclenchées et la capacité (ou l'incapacité) apparente des engins à pénétrer le sol (capacité établie à partir de la mesure de profondeur de pénétration) : les deux engins ont neutralisé un pourcentage très élevé des cibles, tout en pénétrant le sol de manière inconstante et inégale, souvent sans atteindre la profondeur de pénétration théoriquement nécessaire à l'enclenchement de ces mines cibles.

En créant un couloir artificiel d'essai en enfouissant des mines, des trous sont creusés afin d'y placer les mines cibles qui sont ensuite recouvertes de terre. Idéalement, après plusieurs années, la terre meuble se tasse et se mélange au sol alentour et reproduit les conditions d'un véritable champ de mines. Ce n'est pas réaliste pour la plupart des essais mécaniques, mais aucune solution n'a encore été découverte pour faire vieillir rapidement la terre meuble. Ainsi, lors de tels essais, la terre qui recouvre les mines est particulièrement meuble, en contraste notamment avec les sols avoisinants extrêmement durs rencontrés lors des essais à Nairobi. Pour illustrer ce problème, étudier l'exemple imaginaire de l'image 5 où l'on peut voir des mines coulées dans de grands blocs de béton. A un endroit, une mine a été placée dans un trou dans le béton, puis recouverte de feuilles. Sur le premier schéma de l'image 5, un marteau du fléau approche la surface dure en béton. Lorsqu'il frappe la surface, il rebondit, comme le montre le deuxième schéma, peut écorner la surface, puis est repris par le mécanisme de l'engin pour frapper une nouvelle fois. Sur une surface très dure, les marteaux ont une pénétration limitée et leur efficacité contre les mines est minimale. Sur le troisième schéma, le marteau a atteint le trou meuble rempli de feuilles. Évidemment, il plonge profondément dans le trou et déclenche, voire brise, la mine. Si le trou est particulièrement profond ou étroit, il est plus difficile pour le marteau d'atteindre la mine. En revanche elle devient une cible facile si le trou est relativement large et peu profond. Enfin, sur le schéma numéro 4, le marteau continue son travail et s'apprête à écorner la surface dure puis à rebondir de nouveau. Très clairement, les résultats sur la mine en sol meuble ne sont pas représentatifs de l'impact que l'engin peut avoir sur les mines en terrain dur.

Bien que les mines n'aient pas été coulées dans le béton dans les couloirs d'essais à Nairobi, l'exemple imaginé ci-dessus s'approche assez bien de la situation rencontrée. Sur l'image 6, on peut clairement voir que les marteaux n'ont fait que pénétrer la surface dure de manière relativement superficielle et inconsistante. L'image 7 montre que la pénétration semble la plus importante aux endroits où ont été enterrées les mines. La partie la plus profonde de ce profil spécifique contient toujours des restes du sable utilisé pour combler le trou. Il fut impossible de déterminer si les profondeurs de pénétration les plus importantes étaient toujours dues aux trous dans lesquels étaient enterrées les mines.

Même s'il est vrai que l'exemple de l'image 5 est extrême et peu réaliste, les photographies des images 6 et 7 montrent que cet exemple s'approche fortement de la réalité des situations rencontrées sur le terrain lorsque les mines-test sont enterrées dans un sol dur, comme c'était le cas lors des essais à Nairobi.

Ces considérations s'appliquent à toutes les cibles test, qu'il s'agisse de cibles WORM inertes, de vraies mines, des cibles à base de fusées utilisées par SWEDEC ou de tout autre substitut de mine. Le problème ne vient pas de la mine-test elle-même, mais du trou nécessaire à son enfouissement.



**International Test and Evaluation
Program
for Humanitarian Demining**

Programme International d'Essais et d'Évaluations pour le Déminage Humanitaire

On peut alors se demander si l'on ne peut pas douter de tous les essais où les mines sont placées dans des zones plus meubles que les zones alentour. Cela dépend en fait de la capacité de l'engin et de la dureté du sol alentour. Si le sol est trop dur pour que la machine puisse pénétrer assez pour amorcer la mine, alors oui, les données à cette profondeur peuvent être suspectées si elles montrent un fort taux de destruction. En revanche, si l'engin peut pénétrer le sol alentour, on peut conclure qu'il déclenche les mines et que les données des mines cibles sont valides.

Cela signifie que lorsque le sol alentour est extrêmement dur et que les mines sont couvertes de terre meuble dans de larges trous (comme lors des tests de Nairobi), les données ont tendance à montrer des performances faussement élevées. Il est donc crucial d'évaluer les mesures de la profondeur de pénétration afin de s'assurer que l'engin pénètre bien le sol de manière uniforme et à la profondeur nécessaire. Si ces mesures dévoilent un profil régulier et une constance dans la pénétration à une profondeur spécifiée, les données des mines-test sont certainement réalistes. Si le profil de pénétration est inégal, cela suggère que les zones meubles mettent en péril les résultats obtenus grâce aux données des mines-test et que le taux de dépollution obtenu peut être biaisé. Dans ce cas, le profil de la profondeur de pénétration fournit la mesure de performance la plus valable.

En plus des problèmes soulevés plus haut, on peut aussi se poser des questions concernant les zones meubles créées dans le sol dur des couloirs de test correctement préparés : les données des mines cibles ne sont-elles pas biaisées ? Comme il a déjà été mentionné, les mesures de profondeur de pénétration doivent être prises en compte si l'on envisage cette possibilité. Mais il y a un autre point, peut-être plus important encore : lors de ces tests, la nature du sol est constante d'un engin testé à l'autre, dans le cadre des limites prescrites. Par voie de conséquence, même si le taux de dépollution est artificiellement fort ou faible, *les conditions sont les mêmes pour toutes les machines* et les résultats de chaque engin peuvent donc être comparés. Quand les tests sont effectués hors des couloirs de tests standards et réalisés « sur le terrain », les conditions ne sont plus les mêmes et les résultats ne sont plus comparables.

Les conclusions des études sur les zones meubles en sol dur peuvent être résumées comme ceci : (i) aucune solution raisonnable n'a encore été trouvée pour effectuer les tests de performance du AACEN 15044 hors des zones de test spécialisées; (ii) les mines cibles placées sur un sol très dur (pour tout type de test) peuvent fournir des résultats fortement trompeurs et bien trop optimistes; et (iii) les données obtenues avec les mines cibles doivent être mises en parallèle avec les informations sur la profondeur de pénétration.

Programme International d'Essais et d'Évaluations pour le Déminage Humanitaire

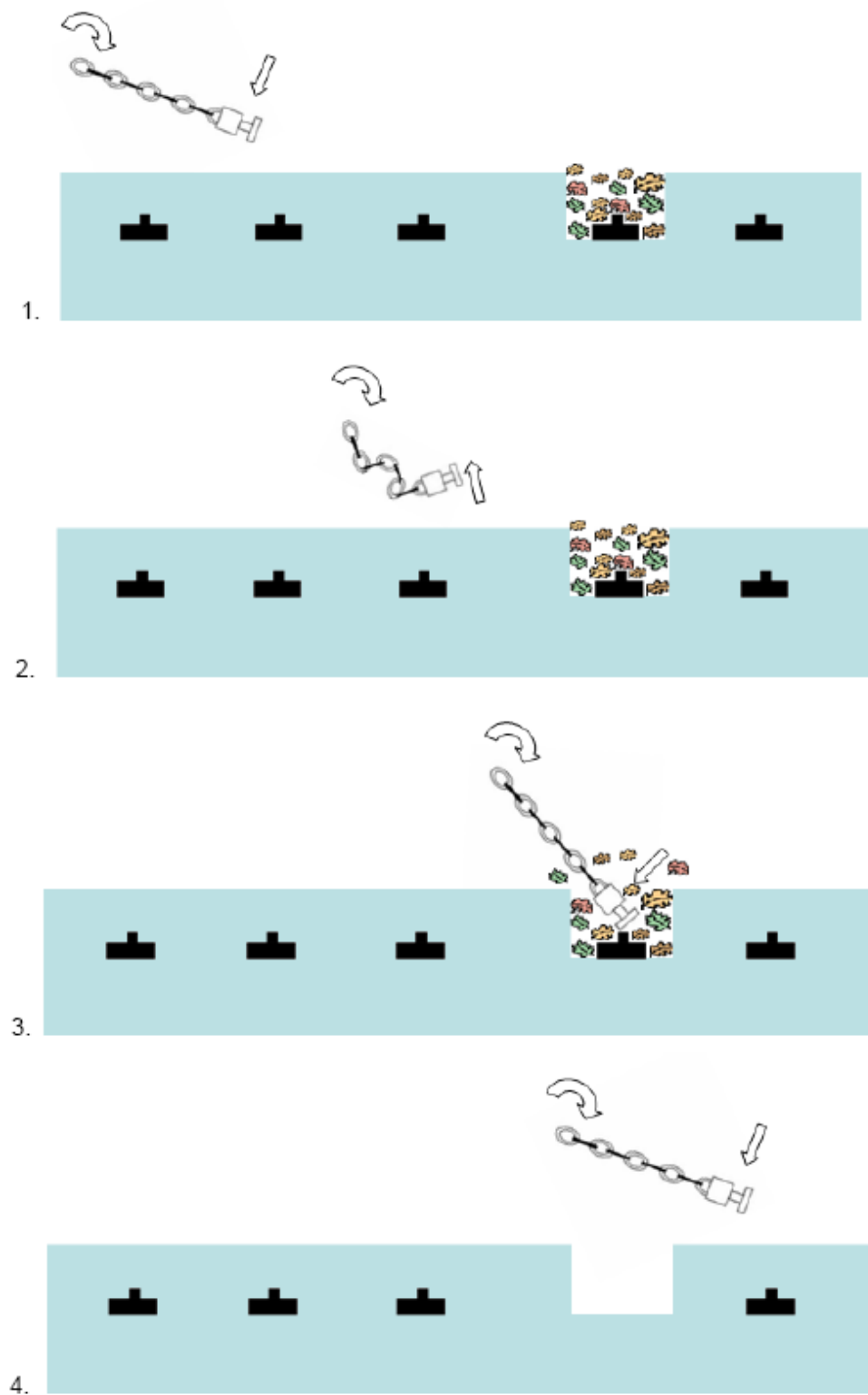


Image 5 : le marteau frappe une surface dure (exemple hypothétique)



Figure 6 : Faible pénétration du marteau sur une surface dure



Figure 7 : Pénétration profonde du marteau sur une surface meuble