

# Analyse de signatures d'accélérométrie

*Jacques Martinet, étudiant ingénieur*

*Dr Paul Fortier, directeur de recherche*

*Résumé: This report describes a MATLAB m-file algorithm that makes it possible for a missile to identify the material being perforated during a hard target attack. The perforated material is identified at every instant of the final penetration phase by using just the weapon's acceleration data. The program uses a low pass-frequency filter; then calculates entry point, material and exit point by means of a threshold based method and case identification.*

*Résumé: Cet article décrit un algorithme écrit sous MATLAB, permettant à un projectile, lors de sa phase finale de pénétration dans une fortification, de savoir à chaque instant dans quel milieu il se trouve : sable, béton, gravier, sol, béton renforcé; et ceci uniquement à partir de ses données d'accélérométrie. L'algorithme fait un filtrage basse fréquence des données puis détermine l'entrée, le type et la sortie d'un milieu grâce à une méthode de type seuillage et séparation des cas. Les résultats obtenus ont été validés par deux autres méthodes d'analyse qui ne sont pas temps réel.*

Les fortifications militaires sont munies de barrières protectrices dont les dimensions physiques et les matériaux de fabrication peuvent varier d'une installation à l'autre. Les missiles destinés à pénétrer ces barrières transportent une charge explosive qui, idéalement, devrait s'activer une fois la cible traversée. Ce fait produit le besoin de doter le missile d'un moyen de s'apercevoir du moment où il a franchi la barrière pour bien déclencher la détonation.

Un groupe d'instituts d'investigation militaires ont produit 80 essais de pénétration de barrières typiques tout en mesurant les changements en accélération suivis par le missile pendant la traversée de la cible. Le problème consiste à trouver dans ces enregistrements d'accélération des signatures particulières nous permettant d'identifier des caractéristiques physiques de la cible étudiée.

L'algorithme que j'ai développé est basé sur l'étude d'un modèle physique décrivant la pénétration d'un projectile dans du béton. Il donne d'excellents résultats bien au dessus de ce que l'on espérait atteindre.

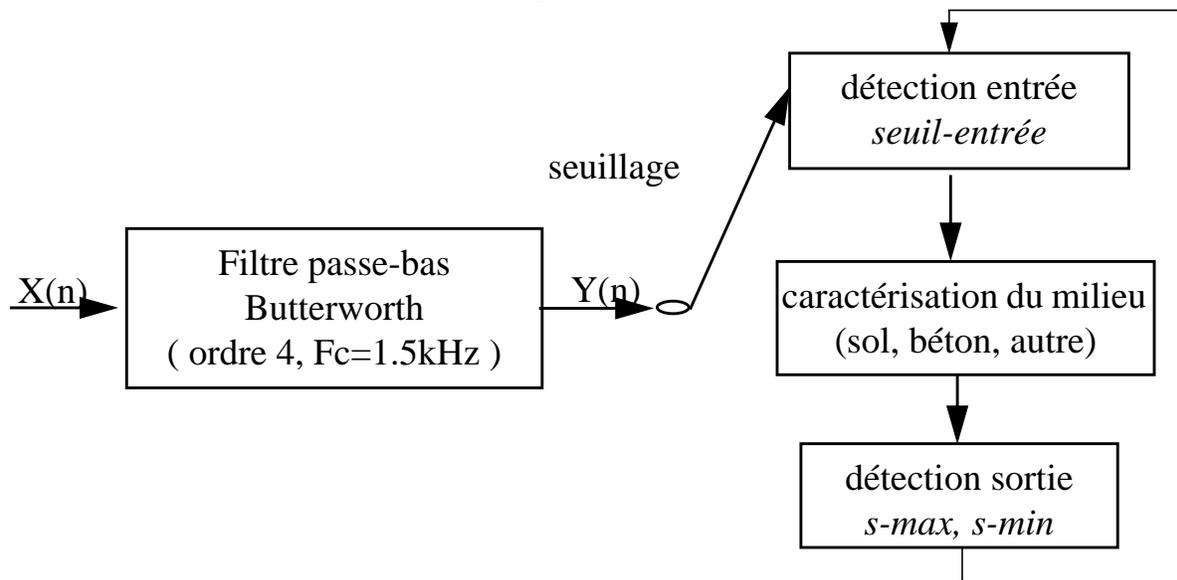
Dans cette méthode, le signal de décélération est filtré passe-bas à 1.5 KHz. Une méthode de seuillage est ensuite appliquée sur le signal filtré. Cette méthode est basée sur le modèle physique de la pénétration à haute vitesse d'un corps rigide dans du béton.

En fait, l'algorithme se décompose en trois modules. Un point donné ne sera donc traité que par un seul de ces trois modules. Les trois modules fonctionnent l'un après l'autre dans l'ordre, puis on reboucle sur le premier. Les trois modules sont les suivants:

Module 1: détection de l'entrée dans un milieu dense. Celui-ci est fait par un seuil

Module 2: caractérisation du milieu dans lequel on se trouve. Le milieu est caractérisé par le maximum de la courbe.

Module 3: Détection de la sortie du milieu. Soit par un seuil (cas du sable), soit par l'approximatif linéaire de la phase de sortie.



**Figure 1** Algorithme d'analyse du milieu traversé par le projectile

Cette méthode a donné de très bons résultats. Elle est en plus: adaptable par ses différents seuils, la fréquence de coupure du filtre, l'ordre et le retard du filtre, ainsi que par le type de filtres; extrêmement rapide, puisque moins de 20 opérations élémentaires sont nécessaires par point; très précise car nous obtenons moins de 10 cm d'erreur à la sortie pour une vitesse de 200 m/s; robuste au différents bruits analysés grâce au filtrage passe-bas.

En utilisant un filtrage passe-bas et une habile technique de seuillage basée sur le modèle physique, j'ai développé un méthode très rapide et très performante. Cette méthode est de loin la plus prometteuse, de toutes celles développées pendant les 8 mois qu'a duré cette recherche, pour une application en temps réel. Les programmes MATLAB ainsi que les données ont été transmis à la compagnie qui a commandité le projet. Ses ingénieurs ont entamé le processus d'évaluation de ces algorithmes et leur adaptation en temps réel.