Application des ultrasons à l'imagerie des arbres sur pied

A. ARCINIEGAS[1], L. BRANCHERIAU[2], P. GALLET[2] et P. LASAYGUES[1]

1 : LMA UPR 7051, 31, Chemin Joseph Aiguier - 13402 Marseille Cedex 20 2 : CIRAD-PERSYST/DIR, Avenue Agropolis, 34398 Montpellier Cedex 5

arciniegas@lma.cnrs-mrs.fr

Résumé : Le but du projet ARB'UST est de développer un appareil à ultrasons pour l'imagerie paramétrique des arbres sur pied. Le dispositif est conçu pour effectuer à la fois des mesures en transmission et en réflexion, utilisées pour l'imagerie tomographique quantitative. Il permet diverses acquisitions automatiques, car la position angulaire des capteurs peut être ajustée avec précision. L'électronique et la configuration associées permettent notamment la mesure de la vitesse et de l'atténuation des ondes ultrasonores pendant leur propagation à l'intérieur du milieu. Deux expériences de tomographie ont été réalisées sur un échantillon de platane (avant et après le perçage d'un trou) et des tomogrammes ont été calculés par l'algorithme "Layer Stripping".

Protocole expérimental

Pour un ensemble de mesures des paramètres ultrasonores (par exemple la lenteur/vitesse), l'émetteur reste dans sa position tandis que le récepteur se déplace autour de l'anneau. En faisant varier la position de l'emetteur, une série de mesures est acquise autour de l'objet.

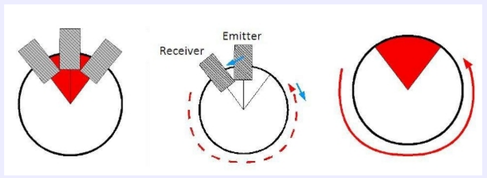


Figure 1: Principe d'acquisition

Détection du temps de vol (1)

Le traitement numérique du signal pour la détermination du temps de vol est effectué en deux étapes. Un premier traitement permet d'établir une fenêtre temporelle sur laquelle le temps de vol est déterminé à partir du critère d'Akaike.

1. Fenêtrage du signal.

Le signal d'origine s_0 est fenêtré par l'utilisation du critère de Hinkley (critère d'énergie).

$s_0(t) \longrightarrow s(t)$

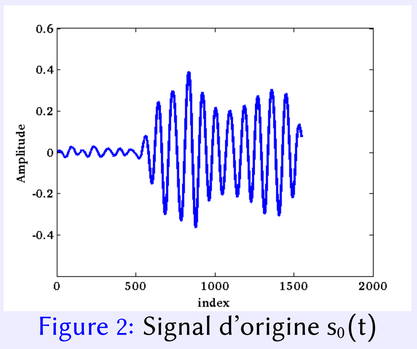


Figure 2: Signal d'origine $s_0(t)$

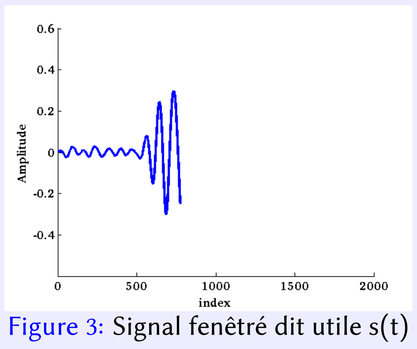


Figure 3: Signal fenêtré dit utile $s(t)$

$\Rightarrow$ Une partie du signal (signal utile) est récupérée, dont le temps d'arrivée est inclus.

Détection du temps de vol (2)

2. Application du critère d'Akaike.

$$AIC(k) = k*\log(var(s(1:k))) + (N - k - 1)*\log(var(s(k+1:N)))$$

avec N le nombre de points du signal utile.

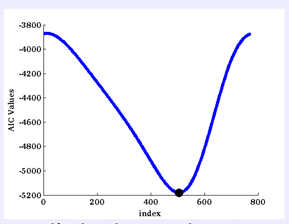


Figure 4: Critère d'Akaike appliqué sur le signal utile.

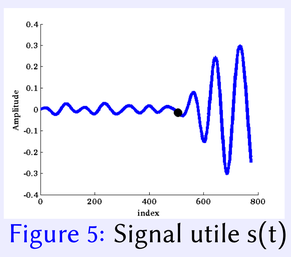


Figure 5: Signal utile s(t)

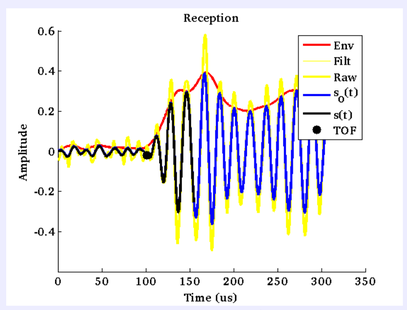


Figure 6: Signal reçu

3. L'extraction du minimum de la courbe d'Akaike donne le point d'arrivée du signal.

Problème inverse

Reconstruction d'image par Layer Stripping

Hypothèse : Le principe d'inversion suppose qu'une mesure est la somme de la grandeur physique (lenteur) le long d'un chemin de propagation rectiligne (hypothèse de Radon).

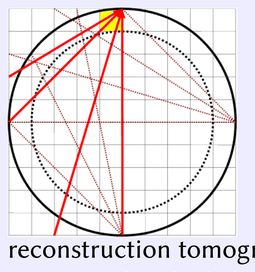


Figure 7: La reconstruction tomographique consiste à l'estimation locale de la lenteur (vitesse) d'un pixel pour une couche concentrique identifiée.

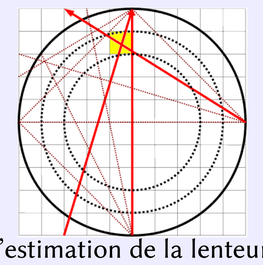
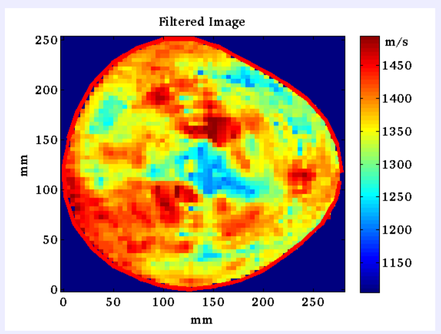
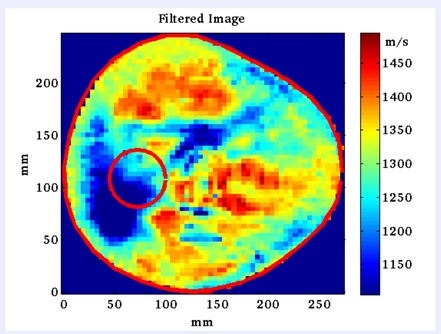


Figure 8: L'estimation de la lenteur des pixels de la couche suivante est corrigée par rapport aux valeurs de la lenteur qui étaient déjà calculées pour les couches précedentes.

Images reconstruites : quelques résultats



Bois avant perçage



Bois après perçage

Conclusion et perspectives

- Ces premiers résultats montrent que le défaut artificiel est détecté.
- La qualité de l'image reconstruite est fortement corrélée à l'algorithme de reconstruction (hypothèse d'isotropie), mais aussi dans un premier temps à la robustesse de la méthode de détection du temps de vol (fiabilité des données).
- Il est prévu de travailler sur des méthodes robustes pour la détection de temps de vol quand le rapport signal/bruit des signaux n'est pas significatif et ainsi avoir des données plus fiables avant d'appliquer la procédure d'inversion tomographique.