

## Introduction

Le bulletin Nro 21 a présenté les fondements des techniques de l'acoustique non linéaire (ANL) ainsi que le principe de deux de ces techniques ; soit la technique de résonance non linéaire et la technique de génération d'harmoniques. Ce bulletin explique le principe de deux autres techniques de l'ANL : les techniques du saut temporel et de la dynamique lente.

## La méthode de la dynamique lente [Réf. 1]

Dans le cas de cette technique, le suivi des variations de la fréquence de résonance de l'échantillon de béton étudié est effectué suite à une succession d'ondes ultrasonores de haute fréquence (ex. 250 kHz) et de faibles amplitudes transmise dans le béton à l'aide d'un émetteur piézoélectrique. Durant cette période, une perturbation de basse fréquence (ex. 5 kHz) et de forte amplitude est induite brusquement dans le matériau par l'impact d'un marteau (Figure 1a). Dans le cas d'un matériau sain, la fréquence de résonance n'est pas modifiée ou peu modifiée par l'impact (Figure 1b). Par contre, dans le cas d'un matériau endommagé, l'impact provoque la réaction des défauts (ex. ouverture et fermeture des fissures). Ceci induit une baisse brusque de la fréquence de résonance (baisse de la rigidité du matériau) puis le retour très progressif de cette fréquence de résonance à sa valeur initiale (Figure 1c). Deux indicateurs d'endommagement sont extraits de cet essai : soit la chute de fréquence ( $\Delta f$ , faible ou forte selon le degré d'endommagement), soit et le temps requis pour le retour du matériau à l'état initial (temps de relaxation,  $\tau$ ).

La figure 2 illustre la sensibilité de cette technique à l'évaluation des dommages dans un matériau soumis à un chargement mécanique croissant. La fréquence de résonance évolue en fonction du logarithme du temps pour les états sain et endommagé. Par ailleurs, plus le matériau est

endommagé, plus le décalage fréquentiel est grand. On note également que plus le décalage fréquentiel est grand plus le temps de relaxation est grand.

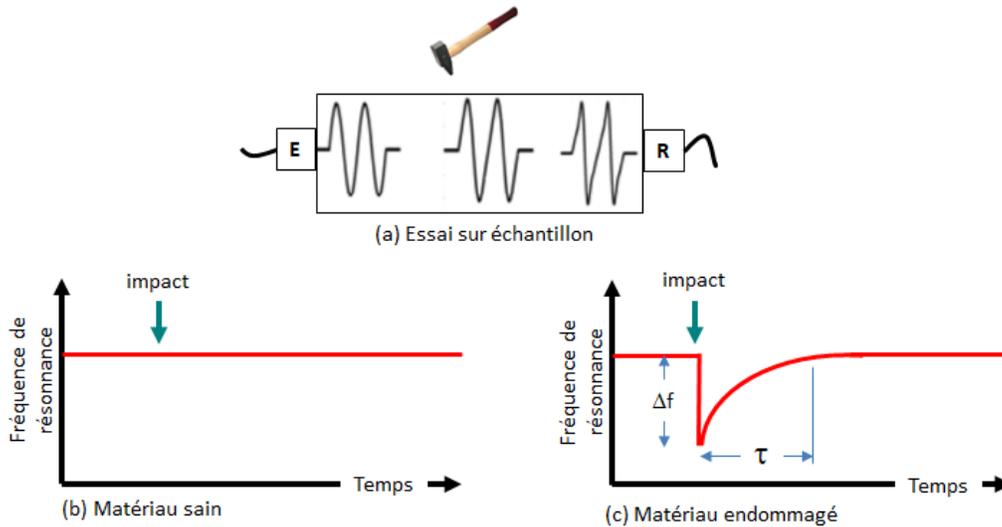


Figure 1 : Principe de la technique de la dynamique lente

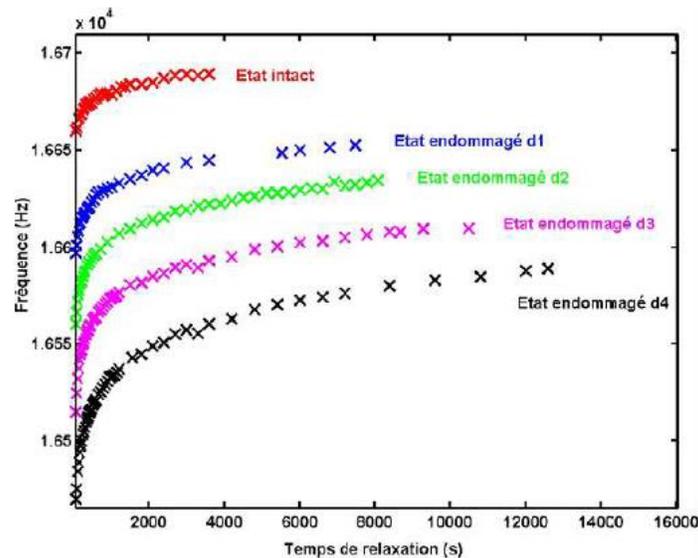


Figure 2 : Suivi par la dynamique lente de l'endommagement mécanique du béton [Réf. 2]

## La méthode de saut temporel (ST) [Réf. 3]

Le principe de cette technique est tout à fait similaire à celui de la technique de la dynamique lente (Figure 1). La différence entre ces deux techniques réside dans le traitement des données. En effet, dans le cas de la dynamique lente, on considère la variation de la fréquence de résonance de l'échantillon étudié suite à l'impact mécanique. Dans le cas de la méthode du ST, on considère le retard temporel (dit saut temporel) de l'arrivée des ondes au récepteur causé par les défauts dans le matériau excités par l'impact. L'indicateur d'endommagement  $\tau_v$  est exprimé en % par la relation suivante dans laquelle  $t_0$  est le temps d'arrivée de l'onde au récepteur avant impact, et  $\Delta t$  est la variation du temps d'arrivée de l'onde suite à l'impact :

$$\tau_v = 100 \times \frac{\Delta t}{t_0}$$

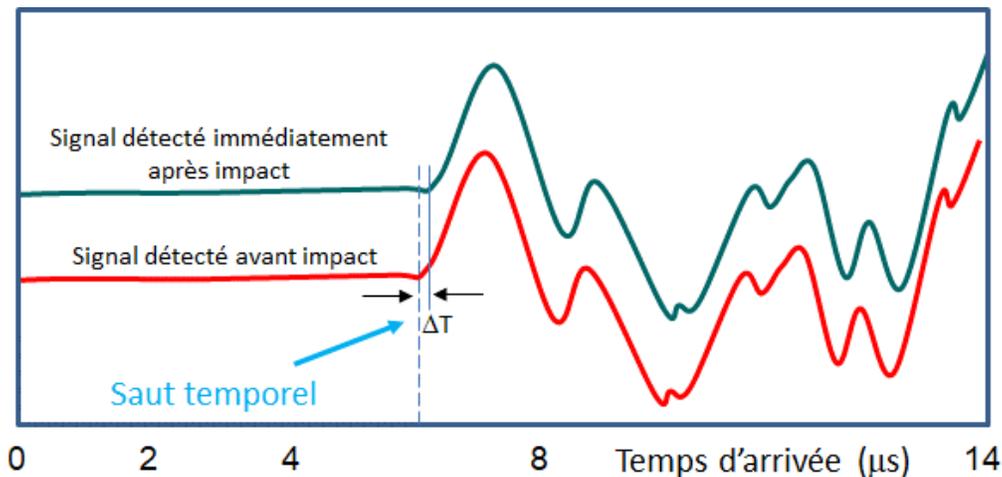


Figure 3 : Illustration du décalage temporel (saut temporel)

La figure 4 suivante est relative à la caractérisation de l'endommagement du béton par la réaction alcalis-granulats [Réf. 4]. Elle indique que l'endommagement de l'échantillon 1 est plus important que celui constaté dans l'échantillon 2

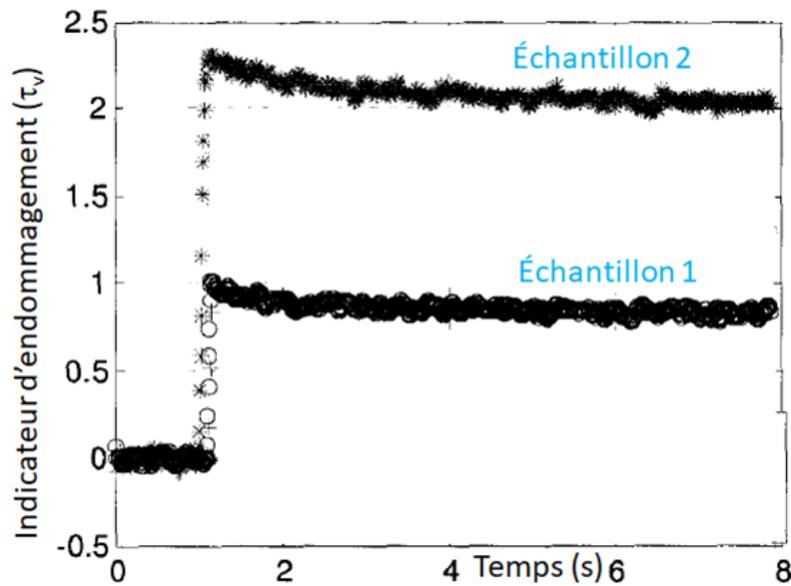


Figure 4 : Caractérisation de l'endommagement par la RAG au moyen de la technique du saut temporel [Réf. 4].

## Références

1. Jiang Jin, Maria Gabriela Moreno, Jacques Riviere, Parisa Shokouhi, *Impact-Based Nonlinear Acoustic Testing for Characterizing Distributed Damage in Concrete*. J Nondestruct Eval (2017) 36:51
2. Bentahar, M., *Acoustique non linéaire : Application à la caractérisation de l'endommagement des matériaux hétérogènes et à la prédiction de la durée de vie*. Thèse de doctorat, INSAL (France, 2005)
3. Kodjo S. Rivard, P., Cohen-Tenoudji F., Galias, J.L *Impact of the alkali-silica reaction products on slow dynamics behavior of concrete*. Cement and Concrete Research 41(4):422-428 · April 2011
4. Kodjo S. Contribution à l'étude des bétons endommagés par les techniques de l'acoustique non linéaire. Application à la RAG. Thèse de doctorat, UdeS (2008)