

Figure 1 : Dispositif expérimental, données brutes et expérience test (détermination de la célérité du son dans l'air)

- A. Dispositif expérimental : 400kg de sable dans une cuve en verre 130*85*70cm. Onde générée par l'impact d'un poids en laiton (2cm de diamètre) et analysée par 3 microphones Audiotecnica ATR3350 enfoncés 1cm en profondeur et distants de 20 cm reliés à une carte d'acquisition Presonus Audiobox 1818VSL
- B. (a) signaux de l'impulsion reçus par transmission dans le sable, acquisition échantillonnée à 44100Hz, gain x3 (appliqué sur la carte d'acquisition) ; (b) Observation du décalage temporel entre les 3 canaux. Décalage temporel de l'ordre du dixième de millisecondes.
- C. Expérience test, détermination de V_{air} (micros placés hors du sable) : (a) signaux reçus sur les 3 voies échantillonnés à 44100Hz (b) corrélation temporelle entre les signaux 1 & 2 (c) Calcul de la célérité du son dans l'air à partir de la corrélation des 3 signaux. Le résultat trouvé ($V_{\text{air}} = 352,6 \pm 7,1 \text{ m/s}$) valide la méthode et le dispositif.

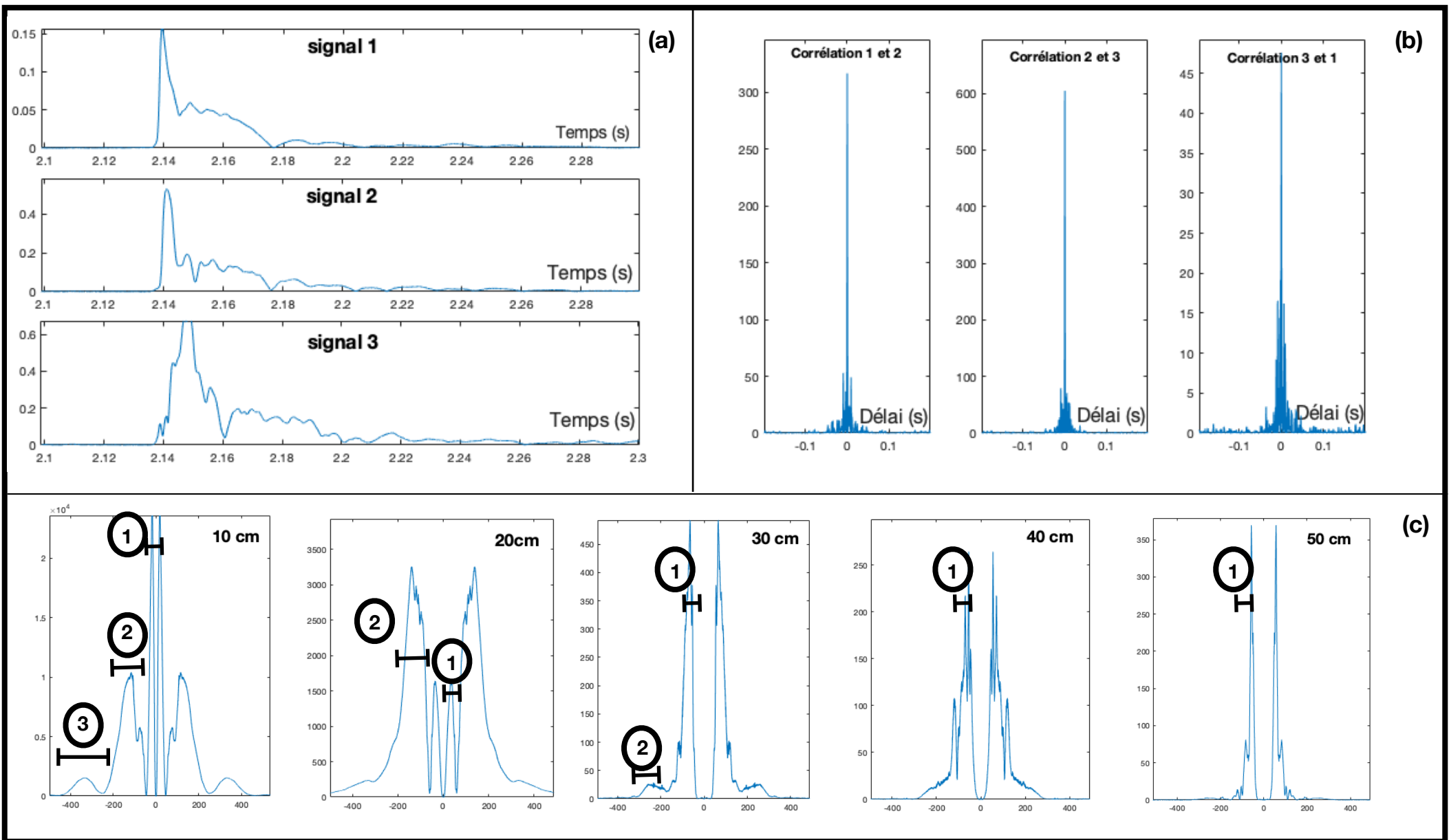


Figure 2 : Traitement du signal

(a) Envelopes des ondes reçues sur les trois microphones (échantillonné à 44,1kHz). Afin de permettre une détection automatisée et standardisée du retard induit entre les signaux, l'enveloppe est extraite du signal : le maximum de l'impact sera pris comme point de repère, l'incertitude sur le démarrage du signal d'impact étant trop grande et non automatisable. (b) les signaux sont corrélés afin d'en tirer le délai temporel induit par la propagation dans le sable, ce qui nous permettra de remonter à la distance d'impact (c) L'analyse spectrale de l'onde à 10, 20, 30, 40 et 50 cm montre la forte atténuation des hautes du signal dans le sable : à 10 cm, trois bandes de fréquences sont clairement identifiables. La bande 3 est déjà perdue à 20 cm alors que la deuxième bande n'est plus visible au delà de 30 cm. L'analyse du signal devient ainsi très compliquée au delà comme le montre la figure suivante.

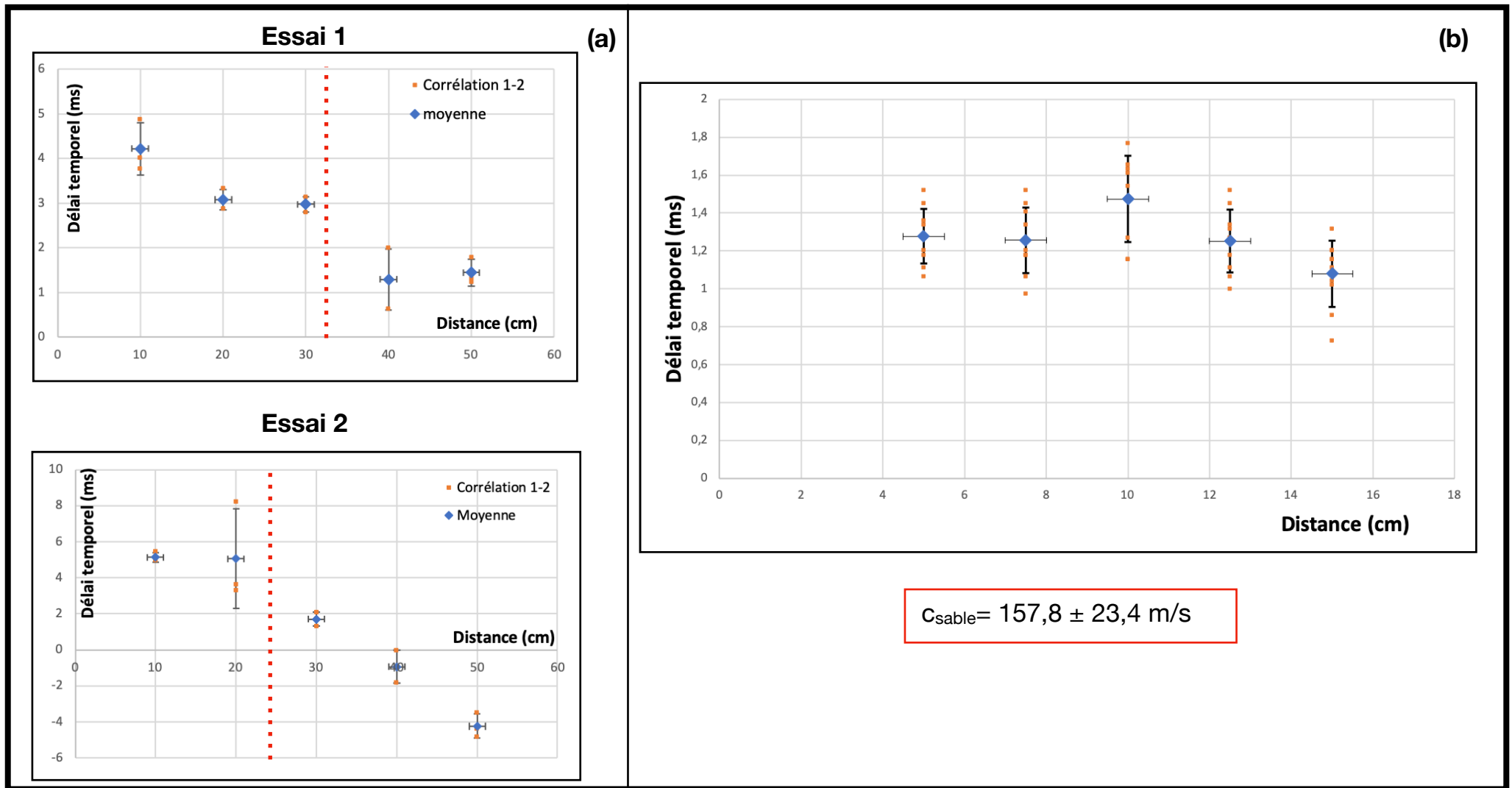


Figure 3 : Détection d'impact et retard temporel

- (a) Lâchés de billes réalisés à 10, 20, 30, 40 et 50cm du premier microphone. Sont représentés sur ces graphiques la corrélation temporelle entre les signaux reçus sur les microphones 1 & 2 (distants de 20 cm) pour deux essais distincts, le but étant de localiser spatialement l'impact à 1D à l'aide de ces deux récepteurs. Sur ces deux essais, on peut constater la répétabilité des mesures (la dispersion est plutôt faible). Une tendance est observée : le délai est constant sur de courtes distances (de l'ordre de 20/30cm) ce qui pourrait être associée à une propagation non dispersive et linéaire. Au delà de cette limite le retard engendré diminue et finit même par s'inverser dans l'essai 2 (le deuxième microphone reçoit l'information en premier). Le sable étant un milieu complexe (large gamme de grains, forte absorption, propagation par contact et non linéaire), il est difficile d'établir précisément la cause de cette tendance. Malgré tout, la faible incertitude temporelle pourrait permettre de localiser un impact à l'aide d'un abaque dans une situation donnée.
- (b) **Courte distance** : Corrélation temporelle entre les deux microphones à une distance d'impact faible (de 5 à 15cm). L'hypothèse précédente semble être validée, le retard reste constant sur cette gamme de distance. La propagation est linéaire et non dispersive et permet de remonter à la position de l'impact connaissant la célérité de l'onde dans le sable.

