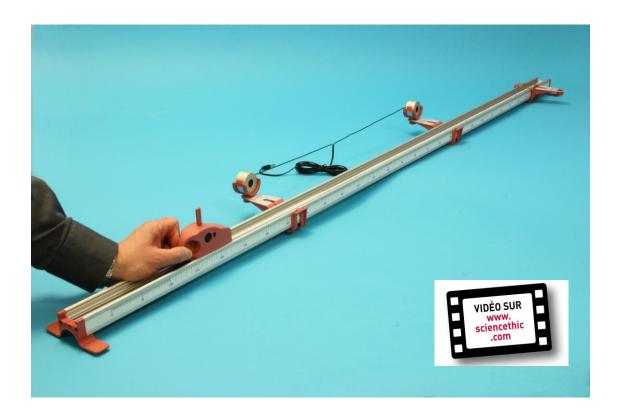


## BANC D'ETUDE DE L'EFFET DOPPLER

Réf. 002 039



### 1. Description:

Un mobile équipé d'une source sonore de fréquence connue (4100 Hz env.), est lancé par un élastique.

La tension de l'élastique est réglable afin de faire varier la vitesse du mobile sur le banc.

2 microphones sur support sont branchés en stéréo. Le 1er micro est positionné au début du parcours et le 2ème à la fin. La distance entre les 2 microphones est réglable et mesurable précisément grâce aux graduations au mm sur le banc.

La phase d'accélération étant très courte, quelque cm, la vitesse est constante entre les 2 microphones. En effet, le mobile est lancé et non tracté par l'élastique.

Les signaux des 2 microphones sont enregistrés et traités grâce à la carte son de l'ordinateur et le logiciel libre Audacity, sans ajouter d'interface de type ExAO.

Sciencéthio

Τ



## 2. Composition:

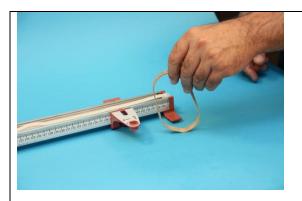
L'appareil est composé des éléments suivants :

- -1 banc de 1,5 m gradué au mm,
- -2 microphones protégés par une coque métallique, reliés en stéréo sur une prise Jack Ø 3,5 mm,
- -2 supports de microphone, coulissants sur le banc,
- -1 mobile avec source sonore ≈4100 Hz équipé d'un interrupteur,
- -1 système de réception du mobile (support de microphone + élastique),
- -1 élastique de grande taille pour le lancement du mobile.

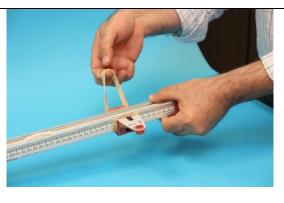
## 3. Montage du dispositif:

- 1) Enfichez les 2 pieds à chaque bout du banc
- 2) Emboîter les supports de microphones par le dessous le banc
- 3) Positionner les microphones sur les berceaux des supports
- 4) Monter le système de réception du mobile à un bout du banc

Le système de réception du mobile est constitué d'un support de microphone placé au bout du banc sur lequel un élastique est tendu, selon la procédure suivante :



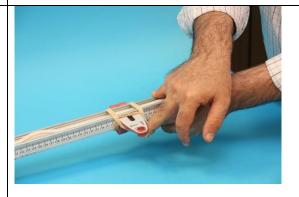
1 – Utiliser le bracelet caoutchouc ou un des élastiques en tissu blanc



3 – Passer le bracelet caoutchouc sous le banc



2- Positionner le bracelet autour du support de microphone



4 – Repasser la boucle autour du support de microphone



Attention : Contrôler fréquemment l'état du bracelet en caoutchouc du système de réception ou utiliser un des élastiques en tissu blanc quasiment indestructible.

- 5) Glisser le mobile dans la rainure par le bout opposé au système de réception Si le mobile ne coulisse pas bien, s'assurer que les vis qui solidarisent les 2 coques sont bien serrées.
- 6) Insérer une boucle du grand élastique blanc sur le système d'attache (chicane) du mobile
- 7) Insérer l'autre boucle du grand élastique sur le système d'attache (chicane) du pied situé derrière le système de réception.
- 8) Brancher la prise Jack stéréo des microphones sur l'entrée micro de l'ordinateur

Audacity : Logiciel de traitement et d'édition audio, version gratuite disponible en téléchargement sur internet.

## 4. Rappels théoriques :

L'effet Doppler est la variation de fréquences d'une onde acoustique entre les fréquences d'émission et de réception lorsque la distance entre l'émetteur et le récepteur varie au cours du temps.

Soit NE la fréquence d'émission ; NR la fréquence de réception ; c la célérité du son et v la vitesse de l'émetteur par rapport au récepteur (ou la vitesse du récepteur par rapport à la source). On démontre que :

$$N_R = \frac{c}{c \pm v} N_E$$

Avec -v si la distance entre l'émetteur et le récepteur décroît et + v si cette distance croît.

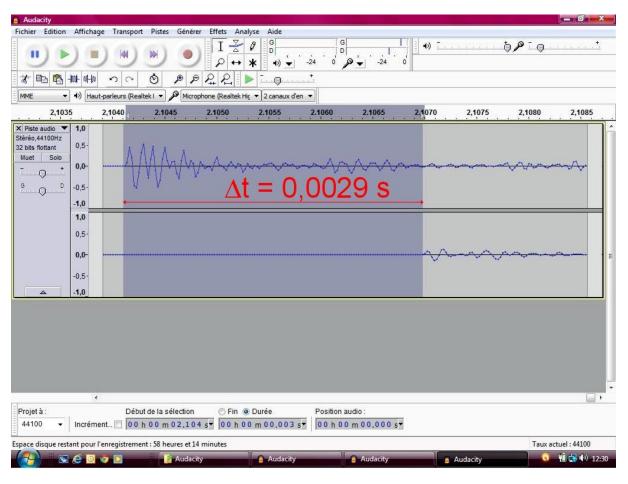


## 5. Expériences:

#### 1) Mesure de la vitesse du son par détection acoustique : 2 micros espacés

Les 2 micros sont placés sur le banc à une distance d=1 m, et reliés à la carte son de l'ordinateur. Un son sec est généré et l'on enregistre avec Audacity le temps de propagation du son  $\Delta t$  entre les 2 micros (0.0029 s), soit une vitesse du son mesurée c=345 m/s.

t1 et t2 sont lus, pour plus de précision, sur l'axe gradué horizontal au-dessus des graphes (Ctrl+E pour zoomer sur la sélection)



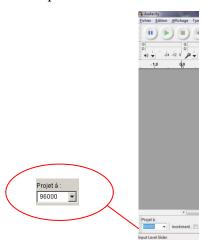




# 2) Mesure de la fréquence d'émission $N_E$ du mobile sonore :

Le mobile est placé sur le banc à l'arrêt entre les 2 microphones.

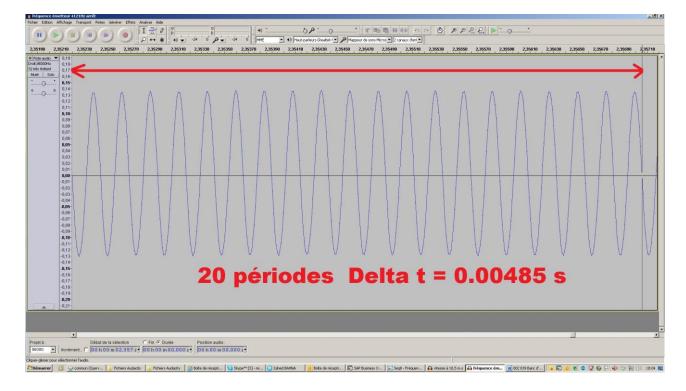
Mettre en marche le buzzer à l'aide de l'interrupteur sur le mobile et lancer l'enregistrement du signal sur Audacity. Pour une meilleure résolution sélectionner, en bas à gauche un projet à une fréquence d'acquisition maximale à 96 000 Hz.



Audacity permet de représenter le signal sonore en fonction du temps. La mesure de la fréquence du signal peut ainsi être réalisée en zoomant sur le signal (outil Loupe 🗾 ) et en comptant vingt périodes sur un intervalle de temps mesuré sur l'échelle de temps :

Delta t = 2.35705 s - 2.35220 s = 0.00485 s.

Fréquence de l'émetteur à l'arrêt  $N_E$ : 1/(0,00485/20) = 4123,7 Hz



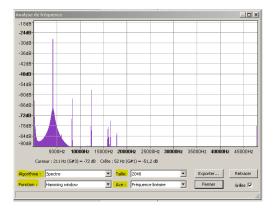


Audacity permet également d'obtenir les spectres d'amplitude en fréquence (spectre de Fourier) directement, dans le menu « Analyse » puis « Tracer le spectre ».

Il est important pour une meilleure précision d'analyse, de sélectionner une zone du signal la plus étendue possible dans le temps.

Cela permettra de traiter le spectre sur un maximum de données.

Audacity propose ensuite différents algorithmes et des réglages de différents paramètres pour l'analyse de fréquence.



La représentation spectrale et les valeurs obtenues peuvent fluctuer en fonction de ces algorithmes et réglages. Pour l'effet Doppler, nous mesurons des variations de fréquences, il est donc important de **conserver le même paramétrage** de l'analyse de fréquence pour toutes les mesures.

#### Par exemple:

### **Algorithme**

Choisir « Spectre »

#### Fonction

Hamming window

#### Taille

Ce paramètre dépend de l'étendue du signal sélectionnée. Pour l'analyse, sélectionner au moins la valeur 2048 (à chaque fois que c'est possible) dans « Taille »qui se trouve dans la fenêtre Analyse de fréquence



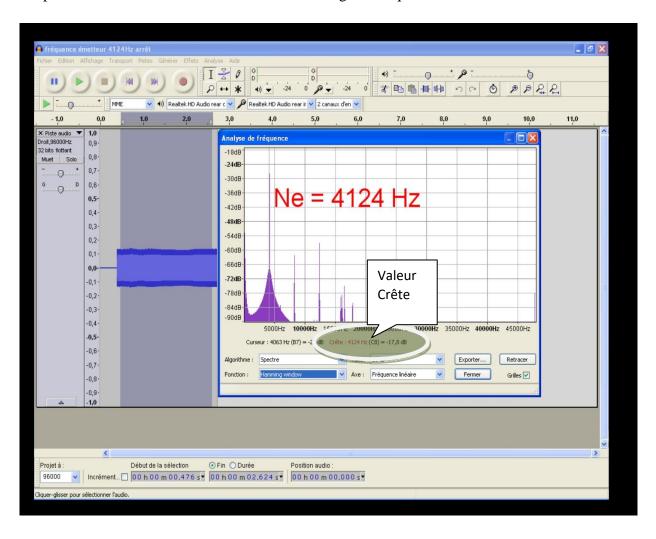




Si la zone d'analyse du signal n'est pas assez étendue, le message « Pas assez de données sélectionnées » apparaît. S'il n'est pas possible d'étendre la zone d'analyse, il faudra alors demander une analyse sur une taille inférieure, 1024 ou 512.

#### <u>Axe</u>

Représentation suivant une Echelle linéaire ou logarithmique



Placer le curseur sur le pic (viser le haut du pic)

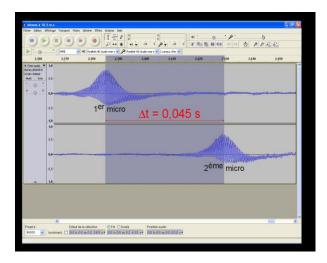
Il est difficile de positionner exactement le curseur sur le pic de la fréquence, c'est pourquoi, il faut lire la valeur **Crête** affichée, qui est beaucoup plus précise.





#### 3) Mesure de la vitesse du mobile par détection acoustique : 2 micros espacés

Les 2 micros espacés de la distance d = 0, 47 m, enregistrent simultanément le signal sonore du mobile. La mesure avec Audacity de l'intervalle de temps  $\Delta t$  entre les 2 maxima permet de déterminer la vitesse du mobile :  $v = d/\Delta t = 0.47/0.045 = 10.5$  m/s



# 4) Effet Doppler : Mesure de la fréquence de réception $N_R$ du mobile sonore

Les 2 micros sont placés à une distance d (par exemple 0,47 m) sur le banc et enregistrent le même signal sonore au passage du mobile. Mettre en marche la source sonore, tendre l'élastique en repérant la position du mobile (pour régler la vitesse), lancer l'enregistrement sur Audacity et lâcher le mobile.

Dans un premier temps, séparer la piste audio pour pouvoir analyser chaque piste indépendamment l'une de l'autre. Cliquer sur la flèche en haut à gauche, dans

« Piste audio » Piste audio , et choisir « Séparer la piste stéréo »)

Répérer la zone d'analyse du signal, pour tracer le spectre de fréquence exactement dans les mêmes conditions d'analyse, lors de l'approche et lors de l'éloignement.



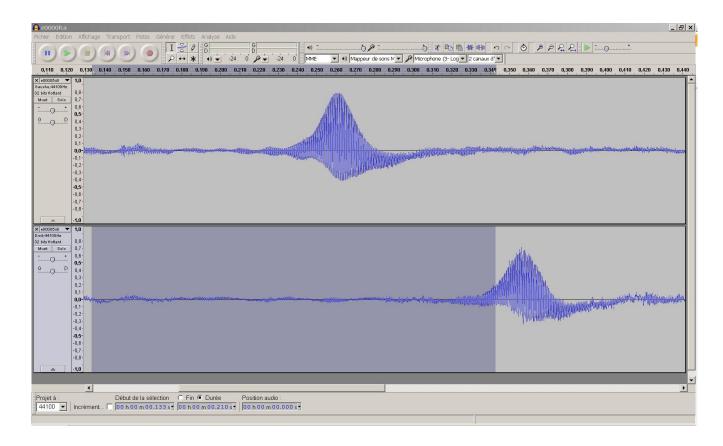


## Sélection de la zone d'analyse du signal lors de l'approche (zone grisée) :

Il est important de sélectionner la zone d'analyse du signal la plus étendue possible, afin de demander une analyse sur une taille maximale de 1024 ou 2048 :



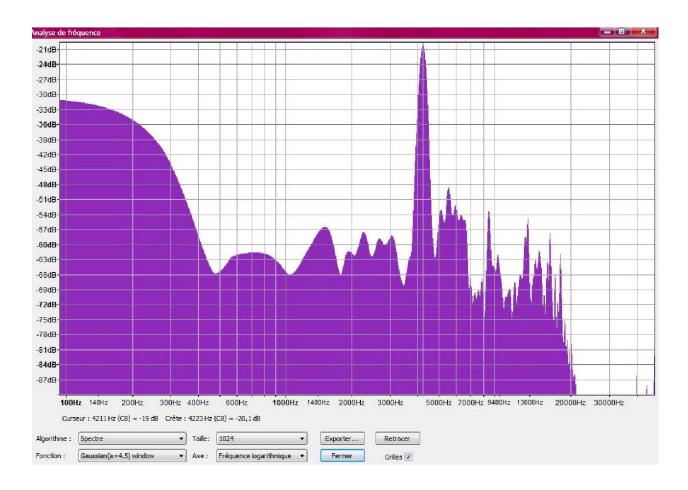
Il faut également soigneusement éviter de sélectionner la zone ou le signal atteint un maximum, car c'est la fréquence perçue par le microphone au passage devant le microphone, qui correspond à la fréquence nominale.







Analyse du spectre lorsque le mobile se rappoche du deuxième microphone : 4 223 Hz



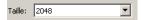
1) La fréquence de réception passe de 4 124 Hz (mobile à l'arrêt) à 4223 Hz quand le mobile est en mouvement et se rapproche du récepteur, soit une vitesse mesurée de:

$$v = \frac{(N_E - N_R)}{N_R} c = 8 \text{ m/s}.$$

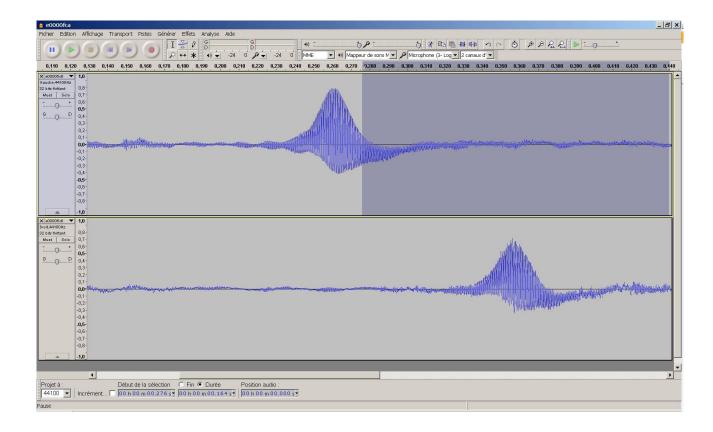


### Sélection de la zone d'analyse du signal lors de l'éloignement :

Il est important de sélectionner la zone d'analyse du signal la plus étendue possible, afin de demander une analyse sur une taille maximale de 1024 ou 2048 :

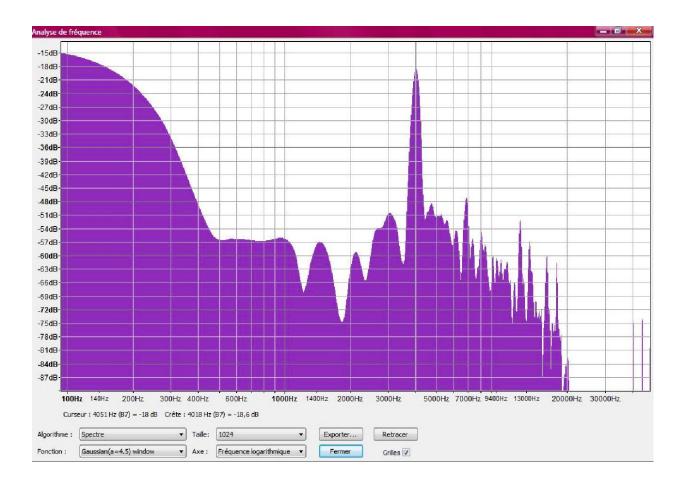


Il faut également soigneusement éviter de sélectionner la zone ou le signal atteint un maximum, car c'est la fréquence perçue par le microphone au passage devant le microphone, qui correspond à la fréquence nominale.





## Analyse du spectre lorsque le mobile s'éloigne du premier microphone : 4018 Hz



La fréquence de réception passe de 4124 Hz (mobile à l'arrêt) à 4018 Hz quand le mobile est en mouvement et s'éloigne du récepteur, soit une vitesse mesurée de :

$$v = \frac{(N_E - N_R)}{N_R} c = 9 \text{ m/s}.$$



#### 6. F.A.Q.:

### A. Le signal enregistré est plat / pas de signal :

1) Vérifier à chaque étape la présence d'un signal :

Ouvrir Menu démarrer\Tous les programmes\Accessoires\Magnétophone S'assurer de la présence d'un signal en présence de bruit ou de son. S'il y a un signal, passé à l'étape 6.

- 2) S'assurer que la fiche jack est branchée dans la prise microphone de la carte son. Certains boitiers d'ordinateur ont une prise en façade qui n'est pas toujours reliée à la carte mère: contrôler s'il existe une prise à l'arrière du boitier et préférer celle-ci.
- 3) Dans Panneau de configuration\Système\Gestionnaire de périphériques\Contrôleurs audio s'assurer que le matériel n'est pas désactivé.
- 4) Dans Panneau de configuration\Son\Enregistrement s'assurer que le périphérique qui servira à l'enregistrement (par ex. FrontMic) soit activé et sélectionné par défaut. S'il ne peut être sélectionné par défaut, il peut être nécessaire de désactiver le microphone actif (par ex. Webcam).
- 5) Dans le panneau propriétés du microphone, s'assurer que le niveau d'enregistrement n'est pas trop bas ou muet.
  - Dans WinXP: Démarrer \Panneau de configuration\Sons et périphériques audio cochez Placer l'icône de volume dans la barre des tâches. Puis, dans la barre des taches : double clic sur l'icône du contrôle du volume. (Voir le menu Options si le curseur n'est pas affiché)
  - Dans Win7 : Démarrer\Panneau de configuration\Son\Enregistrement\Propriétés\Niveaux
  - A la fin de cette étape il devrait y avoir un signal au moins dans le magnétophone.
- 6) Dans audacity, via le menu Edition\Préférences...\Périphériques s'assurer que le périphérique d'enregistrement sélectionné correspond à celui choisi en 4). Nota : ce réglage est aussi disponible dans les barres d'outils de l'écran principal d'audacity.
  - Puis, régler le curseur de volume d'entrée (icône du micro en haut à droite par défaut)





#### B. Le signal n'est pas stéréo:

- 1) S'assurer que la carte son possède une prise micro stéréo.
- 2) Dans audacity, via le menu Edition\Préférences...\Périphériques s'assurer que le menu déroulant canaux est sur 2 (stéréo). Nota : ce réglage est aussi disponible dans les barres d'outils de l'écran principal d'audacity.
- 3) Dans les réglages de la carte son désactiver tous les traitements acoustiques

## Par exemple:

Realtek : cocher « Désactiver tous les effets », décocher « Annulation de l'écho acoustique »



IDT Audio: Désactiver SRS et Andrea



Smart audio : Désactiver les options







C. L'enregistrement a déjà fonctionné en stéréo par le passé mais n'est plus en stéréo :

**Problème** : il se peut que les mises à jour automatiques de windows remplacent les pilotes constructeur d'origine de la carte son par des pilotes génériques de version supérieur mais aux fonctionnalités plus restreintes.

**Solution :** Remplacer les pilotes actuels par la version constructeur à jour.

#### **Exemple** avec l'environnement suivant :

- PC DELL VOSTRO 3550 avec prise microphone stéréo intégrée
- Windows 7 pro

#### Méthodologie:

a. Télécharger les pilotes audio à jour sur le site du constructeur :

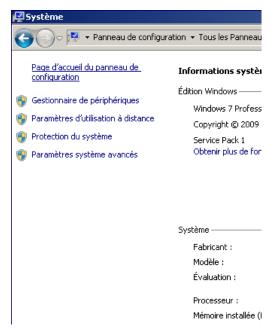
Ex : http://www.dell.com/support/drivers/fr/fr/frdhs1/drivershome/showproductselector Préférer une version avec installateur (fichier setup avec extension .exe)

b. Corriger les paramètres d'installation des périphériques :

Ouvrir Panneau de configuration\Tous les Panneaux de configuration\Système

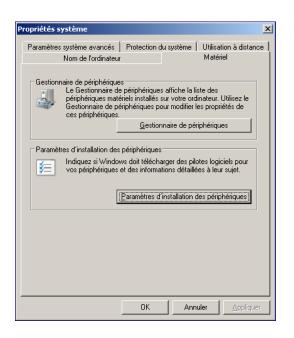






Sélectionner paramètres système avancés

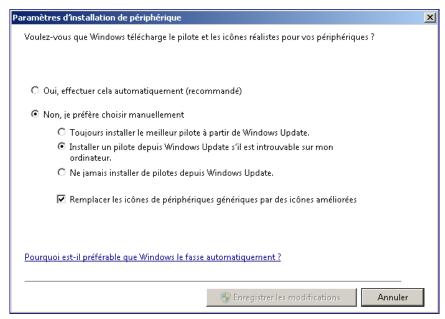
Sélectionner l'onglet Matériel



Cliquer sur Paramètres d'installation des périphériques







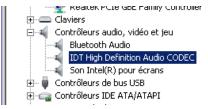
Régler les options sur « choisir manuellement » comme ci-dessus.

## c. Supprimer les pilotes actuels :

Ouvrir Panneau de configuration\Tous les Panneaux de configuration\Système Sélectionner Gestionnaire de périphériques



Sous Contrôleurs audio, vidéo et jeu, faire clic droit sur le pilote audio et sélectionner désinstaller.



Redémarrer windows si nécessaire.





### d. Installer les pilotes constructeurs :

Dans l'explorateur de fichiers windows : clic droit sur le fichier enregistré en « a » et sélectionner *Exécuter en tant qu'administrateur*.

Suivre les instructions d'installation du fabricant.

Puis redémarrer windows.

#### D. Le mobile n'émet plus de son :

Contrôler la pile du mobile. La pile est accessible en dévissant les 3 vis sur le côté du mobile.

### E. Le mobile coulisse mal dans le rail:

Contrôler que les vis du mobile sont bien serrées à fond, notamment si vous venez de changer la pile.

#### 7. Nous contacter:

Ce matériel est garanti 2 ans. Pour toutes questions, veuillez contacter :

sav@sciencethic.com

www.sciencethic.com

