

## UNE EXPERIENCE CLASSIQUE : LA MESURE DE LA VITESSE D'UNE ONDE SONORE

### 1. PRINCIPE

– Un ébranlement sonore (“clap” obtenu en frappant les paumes des mains) se propage dans l’air et provoque la mise en vibrations à tour de rôle de deux microphones. Connaissant la distance  $\Delta x$  entre les deux capteurs, la mesure du retard temporel  $\Delta t$  permet de déterminer la célérité du son.

– Afin de permettre une réalisation aisée de cette expérience, nous proposons de remplacer *les microphones classiques par des modules à électret*, d’un coût modique et qui peuvent facilement être montés dans des boîtiers qui coulisseront sur des bancs d’optique. Les microphones à électret sont sensibles aux variations de pression provoquées par les ébranlements longitudinaux de l’air, résultant du passage d’un ébranlement sonore. De plus, leur encombrement est très réduit.

Il est ici cependant nécessaire de pré-amplifier et d’amplifier les signaux électriques obtenus (ELECTROME propose de tels étages qu’il est assez facile de reproduire).

– Nous réalisons cette expérience par acquisition des signaux avec CANDIPLUS ; ces cartes, bien qu’anciennes, sont excellemment pilotées par le logiciel CANDIBUS développé par J-M. Millet<sup>1</sup> (l’auteur de REGRESSI) car une fonction PRETRIG est disponible, comme sur les oscilloscopes numériques, afin d’observer l’arrivée du front du signal sonore sur le microphone le plus proche dans de bonnes conditions.

Les données peuvent être transférées directement dans REGRESSI ou envoyées dans un fichier TXT via le presse-papier pour une exploitation ultérieure sur n’importe quel type de tableur.

### 2. REALISATION PRATIQUE

#### 2. 1. Microphone à électret

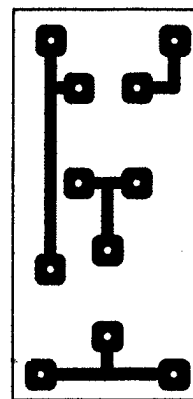
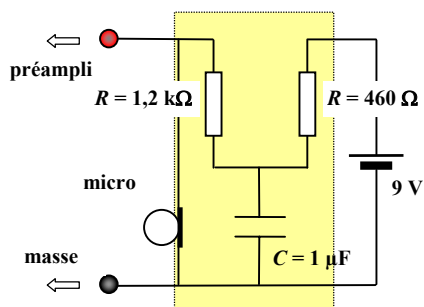
Le microphone à électret doit être inséré dans un montage, qu’il est facile de réaliser sur une plaquette de circuit imprimé, alimenté par une pile 6F22 de 9 V.

Un microphone à électret est un diélectrique qui est polarisé de façon permanente et qui permet un couplage électromécanique (toute variation de pression externe entraîne une variation d’épaisseur du condensateur formé autour du diélectrique polarisé, et donc une variation du champ électrique créé ainsi que de la tension aux bornes de ce condensateur).<sup>2</sup>

Le microphone utilisé, de référence SOMCE100, peut être commandé chez ÉLECTRONIQUE DIFFUSION au prix unitaire modique de 0,40 € HT. Son boîtier comporte un étage d’adaptation d’impédance, réalisé autour d’un transistor à effet de champ, qui nécessite une alimentation extérieure (pile de 9 V), via deux conducteurs ohmiques (460  $\Omega$  et 1,2 k $\Omega$ ) et un condensateur électrochimique (1  $\mu$ F) qui sert de filtre.

Schéma :

Typon (taille réelle) :



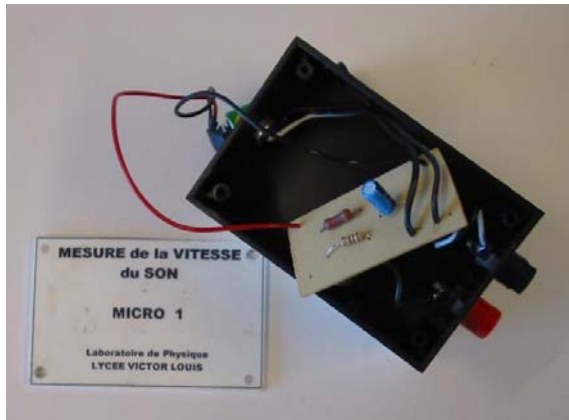
#### 2. 2. Boîtier

L’ensemble est placé dans un boîtier (type 10 P chez ELECTROME à 0,95 € HT) de sorte que le microphone est logé dans un trou circulaire ménagé sur un des petites faces de la boîte alors qu’à l’opposé sont vissées les deux bornes permettant les connexions avec les modules préamplificateur et amplificateur que l’on trouve chez ELECTROME (et qui peuvent servir à différents montages de chaînes sons ou fibres optiques).

À la base du boîtier, on fixe un profil (inversé) de goulotte électrique, ce qui permet de faire glisser l’ensemble sur les différents modèles de bancs d’optique ou le long de rails issus eux-mêmes de goulottes électriques.

<sup>1</sup> Version en vente chez MICRELEC et qui peut être évaluée ou mise à jour sur le site de l’auteur à <http://perso.wanadoo.fr/jean-michel.millet>.

<sup>2</sup> Voir pour une description détaillée le livre de référence “Les capteurs en instrumentation industrielle” de G. Asch chez DUNOD.



*Intérieur du boîtier avec circuit imprimé*



*Profilés de goulotte électrique*

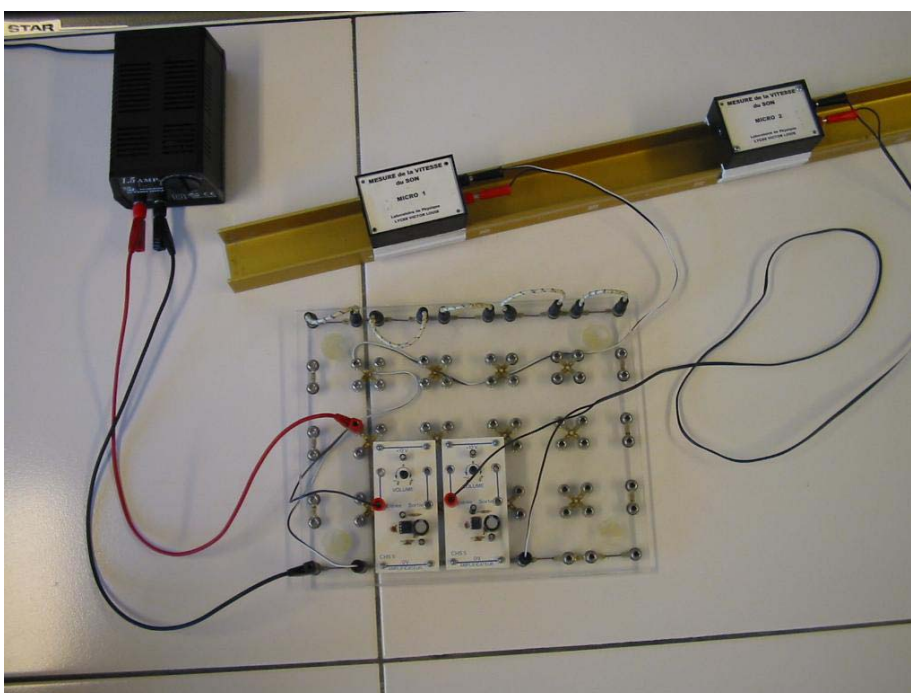


*Façade arrière du boîtier*



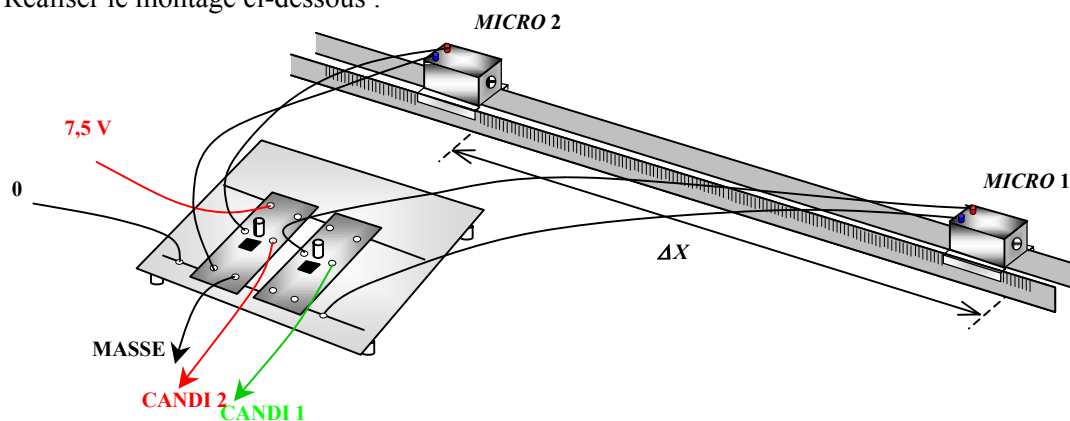
*Micros en façade avant des boîtiers sur banc*

### 3. MONTAGE



*Dispositif dans son ensemble*

– Réaliser le montage ci-dessous :



Les microphones sont reliés à des amplificateurs, alimentés en 7,5 V (ou 6 V) de gain ajustable par un potentiomètre (les régler à mi-course). Plus la tension d'alimentation est élevée, plus le niveau moyen du signal recueilli est lui-même important : il faut en tenir compte lorsqu'on sélectionne le seuil de synchronisation.

- Placer les microphones à une distance  $\Delta x = 1$  m l'un de l'autre pour commencer.
- Lancer CANDIPLUS. D'un clic de souris, activer chaque voie et nommer la voie 1 (A) : Micro 1 et la voie 2 (B) : Micro 2.
- Cliquer sur l'onglet ACQUISITION du classeur PARAMETRES D'ACQUISITION ;  
DUREE (en seconde s) : de 15 à 20 ms ; NBRE DE POINTS : de 200 à 400) ;  
activer l'onglet SYNCHRONISATION de ce même classeur et synchroniser sur VOIE A pour une tension de 2 V par front montant. Cocher ☒ PREACQUISITION.
- Cocher l'option ☒ MONOCOUP.
- Lancer l'acquisition en cliquant sur **NOUVEAU** (l'icône  doit apparaître) ; frapper des mains devant le Micro 1.

Si l'enregistrement est bon, cliquer sur l'icône  pour basculer dans le tableur REGRESSI ☒ FICHIER NOUVEAU.

- Avec le curseur, mesurer le retard  $\Delta t$  (ou décalage temporel) dans la réception de l'onde sonore du microphone 1 au microphone 2.

En déduire la célérité  $c$  du son.

- Cliquer sur l'icône  pour revenir en mode acquisition et refaire la manipulation pour des distances  $\Delta x$  différentes.

#### 4. RESULTATS

Le “clap” obtenu en frappant les mains doit générer un son aussi “sec” et bref que possible de façon à obtenir un front d'onde bien marqué.

Il est donc parfois nécessaire de recommencer l'acquisition.

Les relevés s'opèrent avec les outils de pointage habituels, de REGRESSI ici.

Quelques exemples de mesures (voir ci-après une recopie d'écran) :

| $\Delta x$ (m)           | 1,0   | 1,20  | 1,60  |
|--------------------------|-------|-------|-------|
| $t_1$ (ms)               | -0,32 | -0,58 | -1,31 |
| $t_2$ (ms)               | 2,63  | 3,07  | 3,55  |
| $\Delta t$ (ms)          | 2,95  | 3,65  | 4,86  |
| $c$ (m.s <sup>-1</sup> ) | 339   | 329   | 329   |

La manipulation ne pose pas de difficulté particulière et peut être conduite pendant une durée totale qui n'excède pas une heure en séance de T.P.

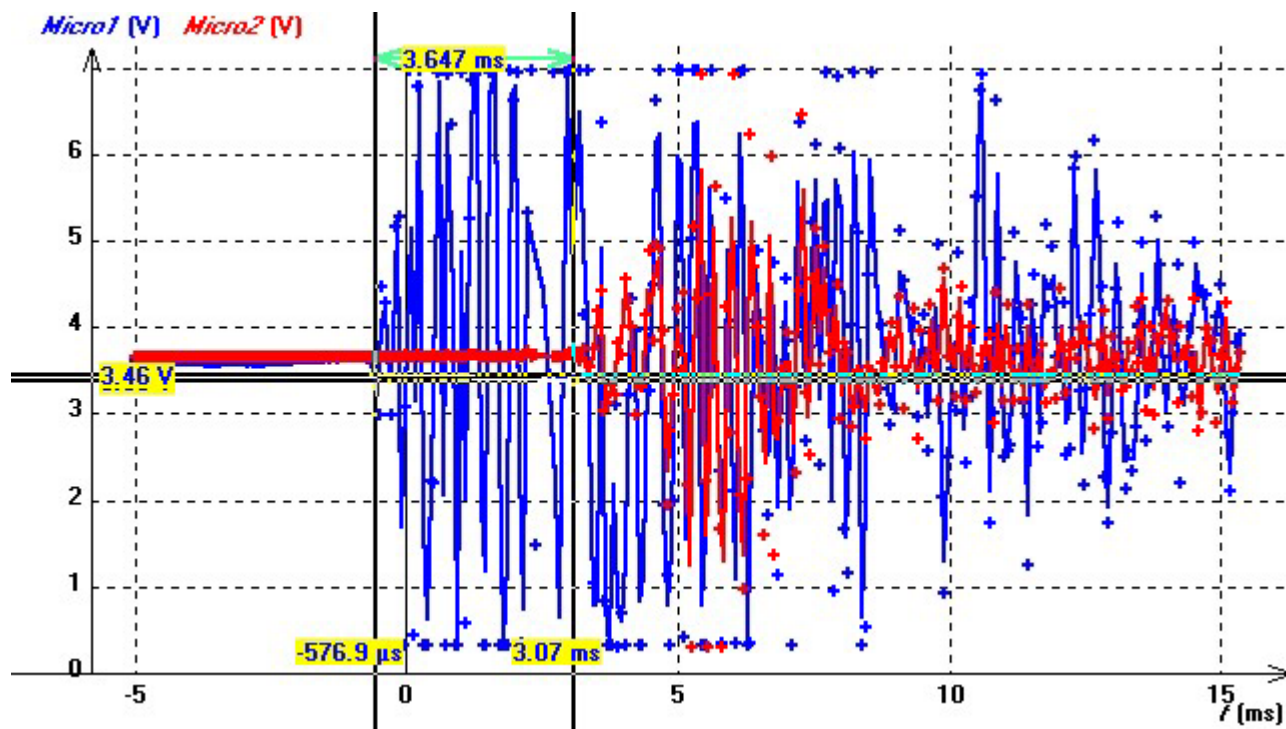
Si la précision sur la position des microphones est excellente sur banc d'optique de sorte que l'incertitude sur  $\Delta x$  est très faible, il n'en est pas de même sur  $\Delta t$ . L'étalonnage en temps est très bon mais il est parfois difficile de bien positionner le front du signal si le niveau à la réception n'augmente pas de manière franche et brusque : il en résulte une erreur aléatoire de pointé qui peut aller jusqu'à 20 % de la valeur déterminée !

La qualité de l'acquisition est donc fondamentale.

Si suffisamment de mesures sont disponibles, on peut se livrer à une analyse de régression, en portant en abscisses  $\Delta x$  (grandeur connue avec une incertitude négligeable si  $\Delta X$  dépasse 1 m) et en ordonnées  $\Delta t$  (pour laquelle on suppose que l'erreur de pointé commise est identique pour chaque mesure).

En effet, l'analyse de régression n'est vraiment pertinente que si la grandeur portée en abscisses est la plus sûre.

L'inverse du coefficient directeur permet alors de déterminer la célérité du son (REGRESSI permet non seulement de tracer les barres d'erreur mais aussi donne un encadrement de la valeur de ce coefficient directeur et donc de  $c_{\text{son}}$ ).



Un exemple d'acquisition avec  $\Delta X = 1,20$  m.

#### 4. EN CONCLUSION

Ce type de montage en boîtiers peut être généralisé aux modules ultrasonores.

Qui plus est, le guidage par des goulottes électriques (ou rails de banc d'optique) de ces boîtiers qui sont capables de supporter ce que l'on veut, permet de gagner en confort d'utilisation ou d'encombrement.

On peut remercier notre aide-technique du lycée V. Louis de Talence, Mr Baronnet, qui a su développer différentes maquettes en "kits" adaptables à tout ce que l'on peut faire avec microphones, transducteurs ultrasonores, diodes lasers, fentes réglables, etc.