Maquette Effet Doppler 08088

NOTICE

Retrouvez l'ensemble de nos gammes sur : www.pierron.fr

PIERRON
ÉQUIPEMENT PÉDAGOGIQUE SCIENTIFIQUE

PIERRON - ASCO & CELDA • CS 80609 • 57206 SARREGUEMINES Cedex • France
Tél. : 03 87 95 14 77 • **Fax :** 03 87 98 45 91
E-mail : education-france@pierron.fr

1 - Introduction

Cette maquette permet de mettre en évidence l'effet Doppler de façon réaliste et audible lors du mouvement d'une automobile qui actionne sa sirène.
L'expérience consiste à analyser du point de vue d'un observateur fixe (microphone), le son ainsi produit.
Pour cela, on enregistre l'onde sonore correspondante par l'intermédiaire d'un microphone **monophonique**, de la carte son d'un PC et du logiciel gratuit « Audacity ».
En exploitant l'enregistrement sonore, le dispositif permet :

- d'entendre le changement de fréquence du son lors du passage de la sirène devant un point d'observation : effet Doppler ;
- de mesurer la fréquence du son avant et après le passage devant le microphone (écart d'environ 50 à 150 Hz selon les conditions expérimentales) ;
- de comparer ces fréquences à celle de la source sonore au repos et déterminer la vitesse **v** de l'automobile (application de l'effet Doppler) ;
- de montrer que l'importance de l'effet Doppler dépend de la vitesse de la source sonore.

L'utilisation des deux micros en **stéréophonie** permet aussi de :

- déterminer la célérité du son dans l'air dans les conditions de l'expérience, mesure utile pour un calcul correct de la vitesse de l'automobile ;
- déterminer expérimentalement la vitesse de l'automobile, méthode qui exploite la définition de la vitesse instantanée (passage à la limite), semblable à celle d'un mesureur de vitesse ; ce qui permet de la comparer avec celle résultant de l'effet Doppler.

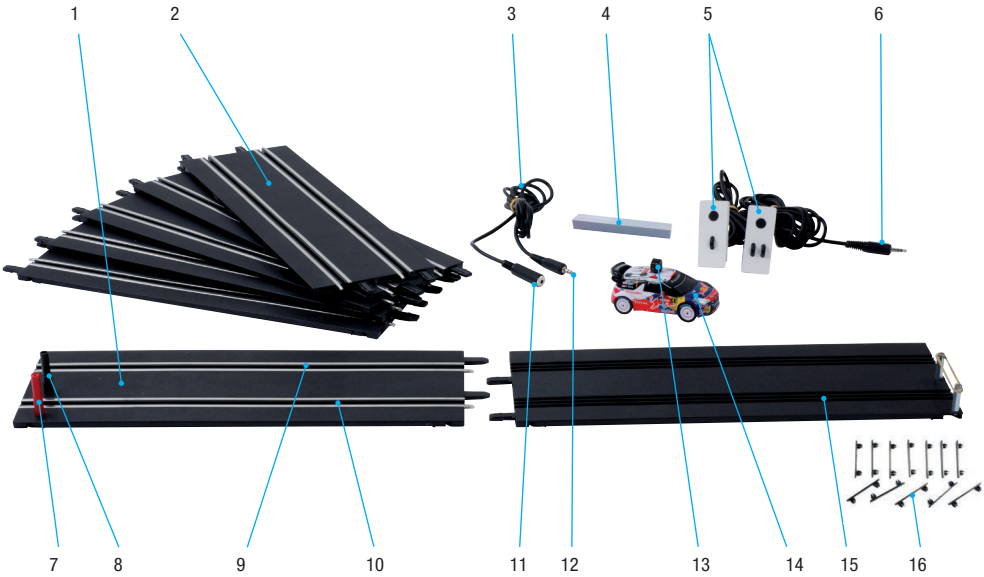
Prolongement possible, non abordé dans la notice :

L'utilisation d'un mesureur de vitesse (non fourni) peut aussi être un autre moyen de mesurer la vitesse instantanée de l'automobile. La confrontation des résultats est alors l'occasion de faire une analyse critique des méthodes mises en jeu.

2 - Contenu de l'emballage

- Une automobile miniature munie d'une sirène
- 7 rails droits pour réaliser une piste de plus de 2 m de long
- 2 microphones sur pied, reliés à une fiche jack stéréo, à connecter à la carte son du PC
- Un adaptateur stéréo/mono
- Une petite cale
- 12 clips de fixation
- Une notice

Descriptif



(1) : Rail d'alimentation)
(2) : Rail droit de la piste (x5)
(3) : Adaptateur stéréo/mono
(4) : Cale
(5) : Microphone (x2)
(6) : Prise jack pour carte son
(7) : Borne positive de connexion
(8) : Borne négative de connexion
(9) : Piste 2, pour les microphones
(10) : Piste 1, pour l'automobile
(11) : Entrée jack stéréo femelle pour les microphones
(12) : Sortie jack stéréo pour carte son
(13) : Sirène un « ton »
(14) : Automobile
(15) : Rail de fin de piste avec butoir élastique
(16) : Clips de fixation

Caractéristiques

- Alimentation : de 8 à 14,5 V continu
- Raccordement sur douilles double puits Ø 4 mm
- Micros :
  - Type : électret
  - Impédance : env. 1 200 Ω
  - Fiche jack mâle Ø 3,5 mm
- Dimensions d'un rail : 342 x 113 mm

1. Préparation du dispositif expérimental

Pour une bonne utilisation de la maquette, il est judicieux de prendre connaissance des indications pratiques qui suivent.

1.1. Matériel nécessaire

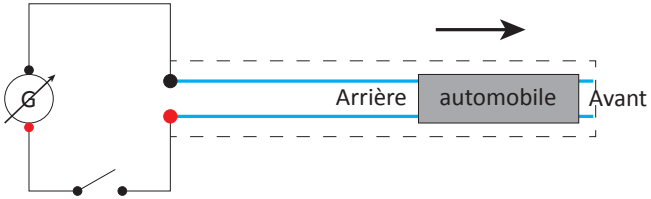
- L'ensemble du matériel de la maquette
- Le matériel non fourni suivant :
  - Un générateur de tension continue, réglable : 0 - 15 V, réf. 01985.10
  - Un interrupteur, réf. 04162.10
  - Des cordons de connexion (x3)
  - Un ordinateur muni d'une carte son avec prise stéréo (fiche jack femelle Ø 3,5 mm) et du logiciel gratuit « Audacity » (à télécharger).

1.2. Montage expérimental pour l'étude de l'effet Doppler

- Construire la maquette en assemblant : le rail d'alimentation *(1)* puis les cinq rails droits *(2)* et le rail de fin de piste *(15)*.
  Les deux bornes du rail *(1)* constituent le « point » de départ de l'automobile.
  L'élastique du rail *(15)* doit être placé en haut des supports de façon à ce que l'automobile s'immobilise dessous, évitant tout rebond.

  Une vis permet de modifier la hauteur du support pour adapter au mieux la position de l'élastique par rapport à la hauteur du capot de la voiture.
  Veiller à retirer l'automobile sans abîmer les frotteurs : retirer l'élastique au besoin.
- **Pour le démontage de la maquette en fin de T.P., consulter l'annexe §7.**

- Réaliser un circuit série comprenant le générateur réglable, l'interrupteur et la piste **1** par l'intermédiaire de trois cordons électriques. Laisser l'interrupteur ouvert.



- Mettre l'automobile *(14)* sur la piste **1**, au départ, l'arrière en butée contre les deux bornes.
- Pour l'étude de l'effet Doppler, **seul le micro A est utilisé**. **Ainsi, à défaut d'avoir un PC possédant une carte son stéréo, une carte « mono » est utilisable.** Relier la prise jack *(6)* à la carte son de l'ordinateur. Glisser le pied du micro **A** dans la piste **2**, en l'orientant de façon à ce que sa membrane soit dirigée vers la piste **1**. L'éloignement du microphone est choisi selon le besoin. On veillera cependant à ne pas placer le micro trop près de la fin de piste car la sirène ne fonctionnera plus assez longtemps pour bien observer l'effet. Un positionnement à une distance de 1,70 m du point de départ peut être considérée comme maximal.
- La maquette est alors prête à l'expérimentation. À noter que la mise sous tension fera fonctionner simultanément la sirène et l'automobile.
- Mettre l'ordinateur sous tension et ouvrir le logiciel Audacity.

Information intéressante :
Afin de tenir compte de la variété du parc des ordinateurs PC (avec carte son stéréo ou mono), il est prévu un adaptateur stéréo/mono *(3)*.
Dans le seul cas d'un PC «mono», connecter le jack *(6)* des micros à la carte son du PC et vérifier que ce dernier reçoit le son du micro. Sinon, utiliser l'adaptateur stéréo/mono *(3)* : brancher le jack *(6)* dans l'entrée jack *(11)* de l'adaptateur *(3)* et connecter la sortie jack *(12)* de l'adaptateur à la carte son du PC.

1.3. Consignes importantes

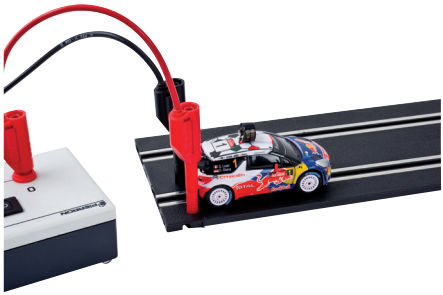
1.3.1. Montage pratique

- Ne pas dépasser une tension de 14,5 V aux bornes *(7 et 8)* de la piste **1** afin de ne pas détériorer l'automobile.
- Régler la tension du générateur strictement entre **8 V et 14,5 V**.

Des tensions inférieures à 8 V ne permettent pas de faire fonctionner correctement la sirène. Plus la tension est proche de la valeur maximale, plus l'effet Doppler est grand (la vitesse de l'automobile augmente avec la tension d'alimentation).

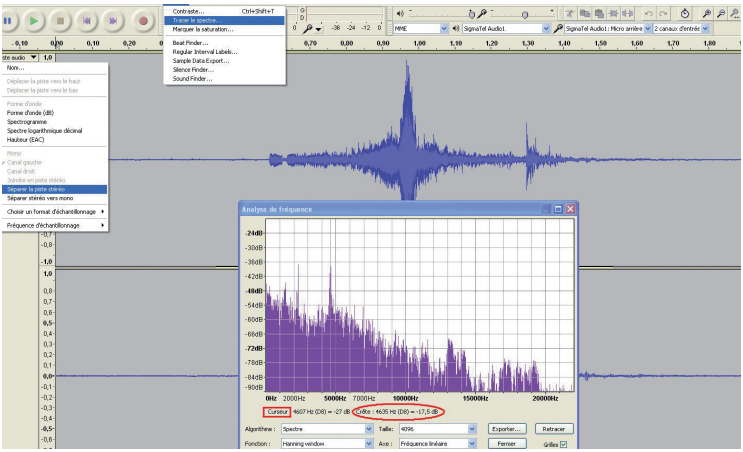
- Avant la mise sous tension de la piste **1**, bien vérifier le branchement du générateur afin de respecter les polarités de la sirène *(13)*, au risque de l'endommager ; ainsi :
  - la borne positive du générateur est à mettre en relation avec la borne rouge, positive *(7)* de la piste ;
  - la borne négative du générateur est à mettre en relation avec la borne noire, négative *(8)* de la piste.

De plus, l'automobile étant posée sur la piste **1**, se déplaçant de gauche à droite (voir la photo ci-dessous) : son côté droit doit se trouver du côté de la borne rouge et donc son côté gauche doit se trouver du côté de la borne noire.



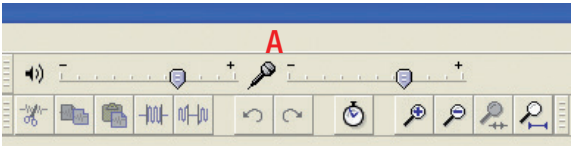
1.3.2. Acquisition à l'ordinateur : Utilisation du logiciel Audacity

Capture d'écrans Audacity



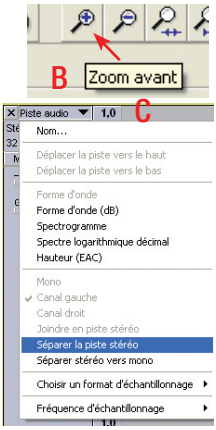
- Avant de passer à l'étude de l'effet Doppler, faire un enregistrement sonore (de la voix, par exemple) afin d'observer si la carte son du PC permet d'enregistrer un signal sonore d'amplitude convenable.
  Dans la négative, régler correctement le niveau d'enregistrement. Pour cela, penser à utiliser :
  - l'ampli micro accessible dans le « Panneau de Configuration » de Windows, puis gestionnaire « Sons et Périphériques » ;
    À partir de Vista, il est possible de régler l'amplification du micro par : *Panneau de configuration / Sons / Microphone / Niveaux*.
    Choisir convenablement le niveau d'amplification du PC de façon à obtenir la forme du signal telle que représentée dans les exemples ci-après, **en évitant tout phénomène de saturation**.

  Et/ou
  - le réglage du volume d'entrée, symbole micro (**A**) du logiciel Audacity (au maximum si nécessaire) ;

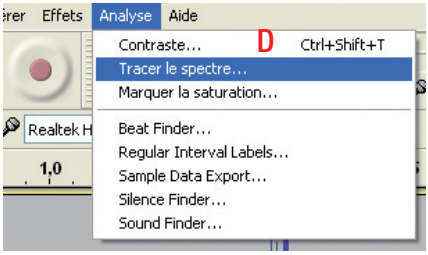


Le réglage est convenable lorsqu'on enregistre le signal sonore émis par la sirène, avec un maximum d'amplitude, sans saturation et bruits parasites qui peuvent être liés à la nature du milieu ambiant. Il conditionne la qualité de l'expérimentation.

- Une fois l'acquisition de l'onde sonore effectuée, penser en particulier à :
  - Utiliser la loupe « Zoom avant + » (**B**) pour faire la sélection de la portion de l'onde à étudier.
  - Séparer l'enregistrement stéréo en deux pistes afin de pouvoir les analyser séparément ; pour cela dans l'index « *Piste audio* » (**C**), sélectionner « *Séparer la piste stéréo* » dans le menu déroulant.

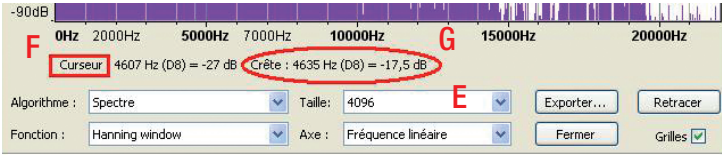


- Pour obtenir le spectre de fréquences :
  - Après avoir sélectionné une plage de la courbe, aller dans : *Analyse / Tracer le spectre* (**D**).



  - Un des paramètres convenables de l'analyse de fréquences (**E**) est : « *Taille = 4 096* » sur une durée minimale d'environ 0,10 s.
  - La sélection d'un pic de fréquence à l'aide du curseur y gagne en précision en passant en **mode plein écran**.

Le curseur ne se place pas toujours exactement à l'endroit désiré mais les coordonnées de la crête (Hz ; dB) la plus proche (celle qui nous intéresse) sont indiquées (**F**). C'est cette valeur de la fréquence (**G**) qu'il faut alors retenir. Pour éviter toute erreur grossière, vérifier la cohérence entre la lecture sur le graphe (valeurs approchées des coordonnées) et celles indiquées après « *Crête* ».



- Pour obtenir une durée :
  - Après avoir sélectionné l'intervalle de temps choisi, utiliser l'outil (**H**) : « *Afficher la sélection* ».
  - Repérer alors précisément les deux dates qui encadrent l'événement correspondant aux deux extrémités de l'axe des temps.

2. Caractéristiques du son produit par la sirène et l'automobile, au repos

2.1. Matériel nécessaire

- Le dispositif prêt à l'emploi *(§1.2.)* ;
- Niveau d'enregistrement « Audacity » correctement réglé *(§1.3.2)*.

2.2. But de l'expérience

Il s'agit de :

- Mettre en évidence les pics de fréquence qui caractérisent le son produit par la sirène et l'automobile (moteur, roues…).
- Repérer la fréquence, considérée comme caractéristique du son produit par la sirène : fréquence $\mathbf{f_1}$.

2.3. Mode opératoire

- Choisir une tension du générateur comprise entre 8 V et 14,5 V max *(voir § 1.3.1.)*.
- Placer l'automobile sur la piste **1**, montée sur la cale (**4**) afin que les deux roues motrices ne touchent pas la piste, gardant ainsi l'automobile au repos.

- Placer le micro **A** (piste **2**) au voisinage de la sirène. Veiller à ce que l'environnement électrique (générateur en particulier) ne parasite pas l'enregistrement du micro.
- **Un seul micro est utile**. Un ordinateur avec un carte son monophonique est donc utilisable.
- Le micro **B** est suffisamment éloigné de façon à ne rien capter, notamment dans le cas d'une carte son « mono ».
- Lancer l'enregistrement sonore à l'aide du logiciel « Audacity ».
- Faire fonctionner la sirène et le moteur de l'automobile environ une seconde, en fermant et en ouvrant rapidement l'interrupteur.
- Arrêter l'acquisition.

2.4. Exploitation

- Exploiter le logiciel pour faire l'analyse de l'enregistrement (*Analyse / Tracer le spectre / Taille : 4 096*).

  Constater alors que le son produit par la sirène, le moteur et les roues en mouvement est complexe : il est composé d'un nombre « infini » de fréquences. Le son perçu correspond donc au mélange de toutes ces fréquences, compte tenu de leur intensité relative.

Il est alors intéressant d'observer l'existence de pics qui se détachent des autres par leur niveau sonore plus important, et qui sont régulièrement espacés.
Ceux-ci ont une fréquence multiple d'une même autre fréquence $\mathbf{f_0}$, le fondamental de la sirène. Ce sont alors les harmoniques du son fondamental.

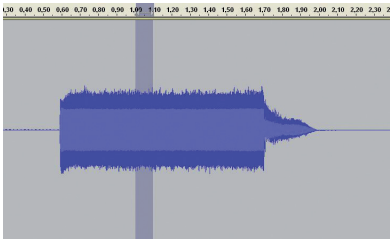
- Relever la fréquence $\mathbf{f_1}$ du premier harmonique. Elle se situe entre 4 000 et 5 000 Hz (selon la tension d'alimentation), fréquence « significative » indiquée par le fabricant.

En théorie, il est possible de travailler avec ces diverses fréquences f_0, f_1 … mais dans le cadre expérimental proposé, c'est la fréquence f_1 qui s'avère la plus exploitable.

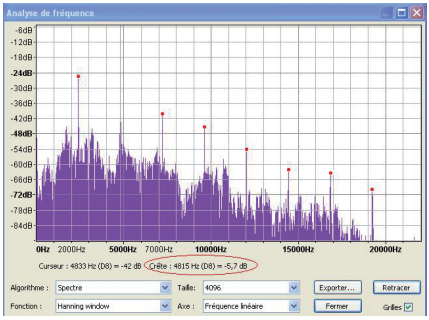
Important : La fréquence f_1, produite par la sirène, n'est pas identique selon la tension d'alimentation. Il convient donc d'effectuer la mesure de f_1 dans les mêmes conditions expérimentales. C'est cette valeur qui servira de comparaison lors de l'étude de l'effet Doppler.

2.5. Exemple

Enregistrement de l'onde sonore produite



Spectre de fréquences



On trouve comme fréquences remarquables :

f_0 = 2 406 Hz f_1 = 4 815 Hz.
f_2 = 7 220 Hz f_3 = 9 628 Hz.
f_4 = 12 034 Hz f_5 = 14 441 Hz

À noter que :

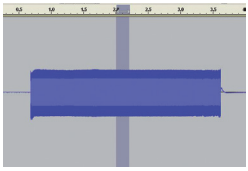
- Selon la plage choisie du spectre, les valeurs ne sont pas exactement les mêmes.
- Plus la tension d'alimentation de la sirène est grande, plus $\mathbf{f_0}$ est petit.

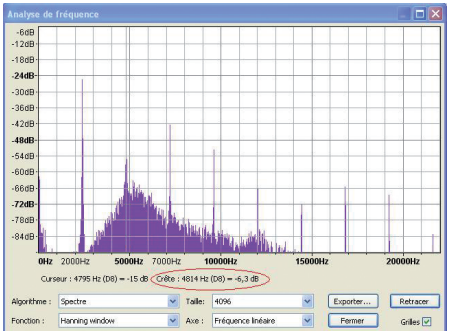
2.6. Complément : Caractéristiques du son de la sirène seule

Dans des conditions semblables au *§ 2.5*, si on enregistre le son produit par la sirène seule, et que l'on réalise le spectre de fréquences, on obtient par exemple les courbes ci-dessous. On constate que le spectre est plus « épuré ».

On trouve :

f_0 = 2 406 Hz.
f_1 = 4 814 Hz.
f_2 = 7 218 Hz.
f_3 = 9 625 Hz.
f_4 = 12 031 Hz.
f_5 = 14 436 Hz.....





3. Mise en évidence de l'effet Doppler

3.1. Matériel nécessaire

- Le dispositif prêt à l'emploi *(§ 1.2)*.
- Niveau d'enregistrement « Audacity » correctement réglé *(§1.3.2)*.

3.2. But de l'expérimentation

Il s'agit de :

- Mettre en évidence de façon audible l'effet Doppler.
- Montrer qualitativement l'effet Doppler : changement apparent de la fréquence du son lors du passage devant un point d'observation (microphone).
- Comparer la fréquence du son, avant et après le passage devant le microphone, à celle $\mathbf{f_1}$ du mobile au repos.
- Mesurer la vitesse de l'automobile en exploitant l'effet Doppler.

3.3. Mode opératoire

- Régler strictement la tension du générateur entre 8 V et 14,5 V max *(voir § 1.1)*.

  S'assurer que la tension choisie du générateur est bien la même que celle qui a permis de déterminer la fréquence $\mathbf{f_1}$ de l'automobile au repos *(§ 2)*, afin d'éviter des incohérences avec l'étude de l'effet Doppler.
- Placer l'automobile sur la piste **1**, l'arrière étant en butée sur les deux bornes de la piste.

- Placer le micro **A** (sur la piste **2**) par exemple à 1,70 m du point de départ. Veiller à ce que l'environnement électrique ne parasite pas l'enregistrement du micro. **Un seul micro est utile**.
  Le micro **B** est suffisamment éloigné de façon à ne rien capter, notamment dans le cas d'une utilisation d'une carte « mono ».
- Lancer l'enregistrement sonore à l'aide du logiciel « Audacity ».
- Fermer l'interrupteur : mise en mouvement de l'automobile, sirène en fonctionnement.
- Arrêter l'acquisition dès que l'automobile est en fin de piste.
- Ouvrir l'interrupteur.

3.4. Exploitation

3.4.1. Audibilité de l'effet Doppler

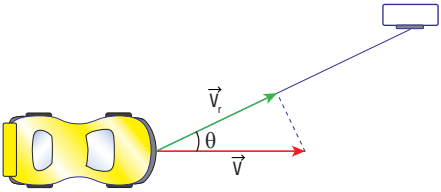
L'expérience étant rapide, il suffit d'écouter l'enregistrement sonore de l'expérience effectué avec « Audacity » (plusieurs fois, si nécessaire) pour bien se rendre compte du changement apparent de la fréquence du son de la sirène au passage du point d'observation (micro **A**). Choisir le mode solo pour écouter l'enregistrement du micro **A** seul.

3.4.2. Changement apparent de la fréquence au passage d'un point d'observation

Exploiter l'enregistrement qui correspond au passage de la voiture devant le micro **A** à l'aide du logiciel « Audacity ». Revoir au besoin les conseils du *§ 1.3.2*.

À noter que le choix de la plage de mesures peut donner des valeurs légèrement différentes. En effet, lors du mouvement de l'automobile, le micro enregistre les modifications de l'intensité sonore et de la fréquence dues à l'évolution de la vitesse radiale $\mathbf{v_r}$. La mesure de la vitesse radiale est d'autant plus proche de la vitesse **v** de l'automobile que θ est petit (environ < à 10°) :

$$v_r = v.\cos\theta$$



Ce qui impose de se placer avant le maximum (pour lequel $\theta = 90°$) ou après (selon le cas).

D'où :

- Sélectionner une durée convenable* sur la courbe avant son maximum qui correspond au passage de l'automobile devant le micro **A**.
  Cliquer sur « *Tracer le spectre de fréquences* ».
  En déplaçant le curseur, retrouver l'harmonique de plus grande intensité dont la fréquence est voisine de $\mathbf{f_1}$. Soit $\mathbf{f_{av}}$ cette fréquence.
- Sélectionner de même, une durée convenable* sur la courbe après son maximum
  Cliquer sur « *Tracer le spectre de fréquences* ».
  En déplaçant le curseur, retrouver l'harmonique de plus grande intensité dont la fréquence est voisine de $\mathbf{f_1}$. Soit $\mathbf{f_{ap}}$ cette fréquence.
- Vérifier que la fréquence est
  - plus aiguë avant : $\mathbf{f_{av}} > \mathbf{f_1}$
  - plus grave après : $\mathbf{f_{ap}} < \mathbf{f_1}$

** Dans les conditions expérimentales proposées, les choix suivants sont bien adaptés :*

- *Tracer le spectre de fréquences avec une « Taille : 4 096 »*
- *Prendre une plage minimum de 0,10 s sur la courbe enregistrée avant le maximum pour déterminer f_{av} (ou après le maximum pour déterminer f_{ap})*

La résolution est alors de 10,8 Hz. Ce qui revient à explorer une plage d'environ 20 à 40 cm de chaque côté du microphone, pour des vitesses comprises entre 2,0 et 4,0 m.s^{-1}.

3.4.3. Application à la mesure de la vitesse v de l'automobile

En considérant que la vitesse reste pratiquement constante dans l'intervalle de temps où l'on fait la mesure des fréquences $\mathbf{f_{av}}$ et $\mathbf{f_{ap}}$, on en déduit alors une valeur approchée de la vitesse de l'automobile par la relation :

$$\mathbf{v = c.(f_{av} - f_{ap}) / (f_{av} + f_{ap})}$$

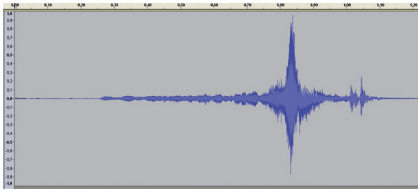
En première approximation, on peut prendre la célérité du son dans l'air, **c**, égale à 340 m.s^{-1} (air sec à 15 °C). Sinon, on peut exploiter le dispositif pour déterminer plus exactement dans les conditions de l'expérience, la célérité **c** du son dans l'air (voir *§ 5*), à partir de la relation :

$$\mathbf{c = d / \Delta t}$$

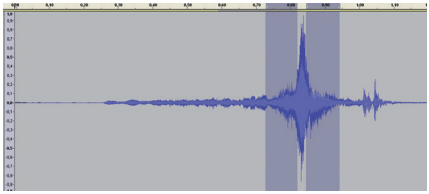
3.5. Exemple

Cas d'une tension de 13,96 V avec f_1 = 4 810 Hz et c = 340 m.s^{-1}.

Signal obtenu



Images superposées des 2 sélections



f_{av} = 4 898 Hz f_{ap} = 4 781 Hz v = 4,11 m.s^{-1} Δf = 117 Hz

On vérifie ainsi que :

$f_{av} > f_1$, donc le son est plus aigu avant le microphone ;

$f_{ap} < f_1$, donc le son est plus grave après le microphone.

4. Influence de la vitesse sur l'importance de l'effet Doppler

4.1. Matériel nécessaire

- Le dispositif prêt à l'emploi *(§ 1.2)* ;
- Niveau d'enregistrement « Audacity » correctement réglé *(§ 1.3)*.

4.2. But de l'expérimentation

Il s'agit de montrer que l'effet Doppler (écart en fréquences) est d'autant plus important que la vitesse de l'automobile est grande.

4.3. Mode opératoire et exploitation

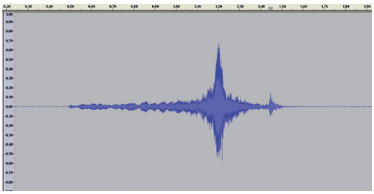
Il suffit de reprendre l'expérience du *§ 3*, en se limitant ici au calcul de la vitesse de l'automobile et de l'écart en fréquence dû à l'effet Doppler

- Choisir des valeurs différentes de la tension du générateur entre 8,0 V et 14,0 V et effectuer divers enregistrements à l'aide du micro **A**, plus ou moins éloigné du point de départ.
- On vérifie que plus la vitesse est grande, plus l'effet Doppler est grand : l'écart entre les deux fréquences est plus grand.

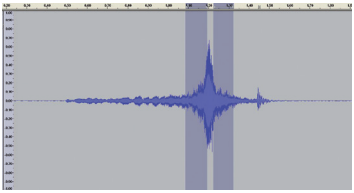
4.4. Exemple

Cas d'une tension de 10,00 V (avec f_1 = 4 959 Hz)

Signal obtenu



Images superposées des 2 sélections



f_{av} = 5 016 Hz f_{ap} = 4 937 Hz v = 2,70 m.s^{-1} Δf = 79 Hz

En comparant avec l'exemple du *§ 3.5*, on constate que l'effet Doppler est plus grand si la vitesse du mobile est plus grande.

5. Mesure de la vitesse du son

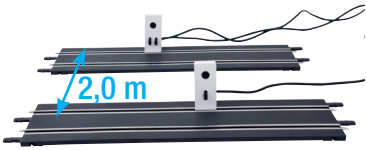
5.1. Matériel nécessaire

- Les deux microphones reliés à la carte son **stéréophonique** d'un ordinateur, placés sur deux rails séparés.
- Un clap sonore, réf. 02626.10 (non fourni).

5.2. But de l'expérience

Il s'agit de déterminer la célérité **c** du son dans l'air dans les conditions de l'expérience.

5.3. Mode opératoire et exploitation



- Placer les deux micros en les éloignant le plus possible l'un de l'autre : plus la distance est grande, meilleure est la précision de la mesure. Une distance de 2,0 m donne des résultats satisfaisants. La membrane est dirigée « face » au son.
- Lancer l'enregistrement sonore à l'aide du logiciel « Audacity ».
- Produire un bruit sec au voisinage du premier microphone à l'aide du clap, suffisamment fort pour qu'il soit reçu correctement par le deuxième microphone.
  Cette opération nécessite que le réglage du niveau d'enregistrement soit convenable compte tenu de l'amplitude du bruit réalisé *(revoir éventuellement § 1.3.2)*.

- Arrêter l'enregistrement.
- Exploiter l'enregistrement à l'aide du logiciel « Audacity ».
  Il s'agit de déterminer, avec le plus de précision possible, la durée **Δt** que met le bruit pour parcourir la distance d séparant les deux micros.
  On en déduit alors la célérité **c** du son, dans les conditions de l'expérience, en appliquant la relation :

$$c = d / \Delta t$$

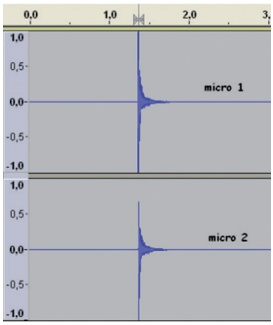
Remarque pratique :

Afin de déterminer avec le plus de précision la durée **Δt**, il est conseillé de :

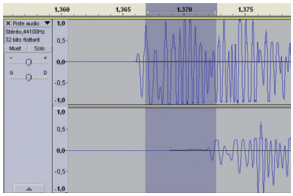
- Produire un bruit « sec » : les courbes enregistrées présentent alors un pic très marqué au début ;
- Se placer au début de chaque courbe, en repérant deux positions semblables sur chacune d'elles : se repérer plutôt par rapport à un extremum.

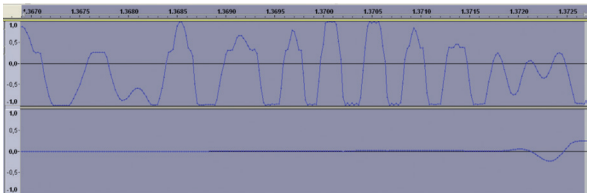
5.4. Exemple

- Distance entre le premier et le deuxième micro : d = 2,000 m
- Durée Δt = 1,3727 – 1,3669 s
- D'où : c = 2 / (1,3727 – 1,3669) = 344,8 m.s^{-1}
  (conditions de l'expérience : 25 °C ; air « sec »)



Loupes de l'enregistrement sonore :





6. Mesure de la vitesse de l'automobile : méthode des deux micros

6.1. Matériel nécessaire

- Le dispositif prêt à l'emploi *(§ 1.2)* ;
- Niveau d'enregistrement « Audacity » correctement réglé *(§ 1.3)* ;
- Les deux microphones reliés à la carte son **stéréophonique** d'un ordinateur.

6.2. But de l'expérience

Il s'agit de :

- Déterminer la vitesse **v'** de l'automobile par une méthode semblable à celle d'un mesureur de vitesse.
- Comparer cette valeur à celle **v** donnée par l'effet Doppler.

6.3. Mode opératoire

- Régler strictement la tension du générateur entre 8 V et 14,5 V max.
- Placer l'automobile sur la piste **1**, l'arrière étant en butée sur les deux bornes de la piste.
- Par exemple, placer le micro **A** à 1,64 m du début de la piste (mesuré au centre du micro).
- Placer le deuxième micro **B** à 1,72 m du début de piste : la distance **d** qui sépare les micros, centre à centre, est alors de 8,0 cm.
- Lancer l'enregistrement sonore à l'aide du logiciel « Audacity ».
- Fermer l'interrupteur : mise en mouvement de l'automobile, sirène en fonctionnement.
- Arrêter l'acquisition dès que l'automobile est en fin de piste.
- Ouvrir l'interrupteur.

6.4. Exploitation

Elle comporte deux parties :

- la première qui reprend la détermination de la vitesse par exploitation de l'effet Doppler ;
- la deuxième qui exploite les notions de vitesse moyenne et vitesse instantanée, par passage à la limite.

6.4.1. Effet Doppler

L'étude de l'effet Doppler reprend la même démarche qu'au *§ 3.4* :

- pour le premier microphone ;
- pour le deuxième microphone.

Remarquer que le calcul de la vitesse **v**, en utilisant l'effet Doppler, conduit dans les deux cas à des valeurs proches pour la vitesse de l'automobile, aux incertitudes de mesure près.

En effet, dans les conditions de l'expérience, sur un parcours de 8,0 cm et une durée de l'ordre de 2/100 s, la vitesse est pratiquement la même.

6.4.2. Approche de la vitesse instantanée

On exploite l'expérience pour approcher pratiquement la vitesse instantanée de l'automobile.

Pour cela, on se place dans le modèle qui résulte de la définition de la vitesse instantanée : ***la vitesse moyenne sur une durée faible correspond à la vitesse instantanée lorsque Δt tend vers 0 (passage à la limite)***.

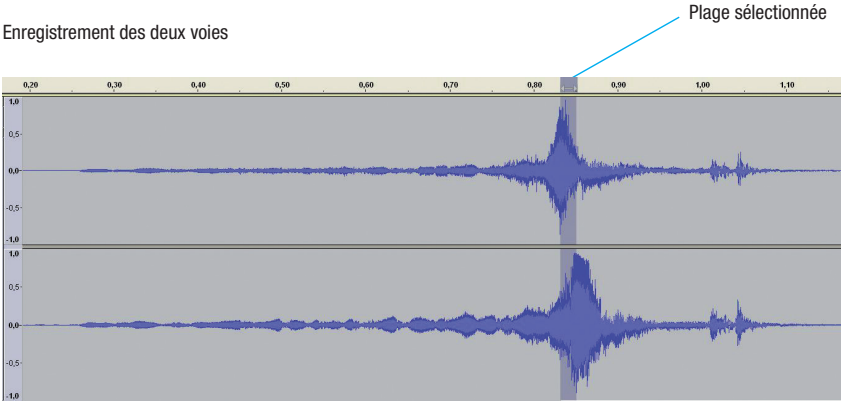
D'où :

- Mesurer la durée **Δt** qui sépare le passage de l'automobile devant chacun des deux microphones, distants de **d**, à l'aide des enregistrements sonores (même méthode que pour la célérité du son).
  Il faut alors repérer au mieux les dates qui correspondent au passage de l'automobile devant chacun des 2 micros : maximum de chaque courbe. C'est ce qui fixe les limites de l'expérience.
  À l'aide du logiciel « Audacity », déterminer, avec précision, la durée **Δt** correspondante.
- Calculer la valeur **v' = d / Δt** de la vitesse de l'automobile, dans ce modèle.
- Comparer **v'** à **v**, donnée par la méthode Doppler, et faire une analyse critique des résultats.

6.5. Exemple

Cas d'une tension de 14,0 V.

Premier micro à 1,68 m du début de piste ; deuxième micro à 1,76 m du début de piste



6.5.1. Exploitation de l'effet Doppler

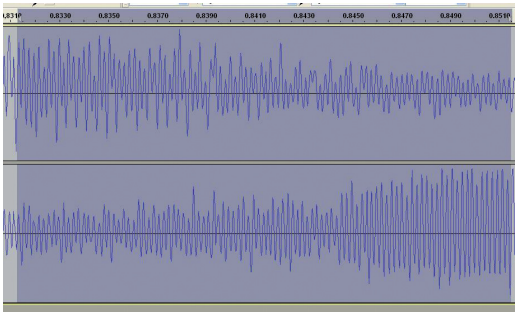
Avec c = 340 m.s^{-1}, on obtient :

Micro A : f_{av} = 4 898 Hz f_{ap} = 4 781 Hz v = 4,11 m.s^{-1} Δf = 117 Hz

Micro B : f_{av} = 4 891 Hz f_{ap} = 4 779 Hz v = 3,94 m.s^{-1} Δf = 112 Hz

6.5.2. Vitesse moyenne / vitesse instantanée

Loupe de la plage sélectionnée ci-dessus :



d = 8, 0 cm

Δt = 0,8515 – 0,8313 s = 0,0202 s

D'où : v' = d/ Δt = 8,0.10^{-2} / 0,0202

soit v' = 3,96 m.s^{-1}

7. Annexe : Montage et Démontage de la maquette

- Pour construire la maquette, il suffit d'emboîter chaque rail avec le suivant : l'un bien en face de l'autre jusqu'à ce que les pattes de fixation bloquent l'ensemble.
- Les clips de fixation *(16)* permettent de solidariser deux rails entre eux. Pour les mettre en place on procédera comme sur la photo de gauche ci-dessous. Au final les rails seront liés entre eux telle que le montre la photo de droite ci-dessous.

- Cet avantage rend le démontage de la maquette un peu plus délicat : il faut ôter les clips en les tirant vers le haut pour éviter de les détériorer. Il faut ensuite bien tirer les rails axialement, en contrôlant son effort, sous peine de casser les pattes de fixation.

■ Entretien

Aucun entretien particulier n'est nécessaire au fonctionnement de votre appareil.
Toutes les opérations de maintenance ou de réparation doivent être réalisées par PIERRON - ASCO & CELDA. En cas de problème, n'hésitez pas à contacter le Service Clients.

■ Garantie

Les matériels livrés par PIERRON - ASCO & CELDA sont garantis, à compter de leur livraison, contre tous défauts ou vices cachés du matériel vendu. Cette garantie est valable pour une durée de 2 ans après livraison et se limite à la réparation ou au remplacement du matériel défectueux. La garantie ne pourra être accordée en cas d'avarie résultant d'une utilisation incorrecte du matériel.
Sont exclus de cette garantie : la verrerie de laboratoire, les lampes, fusibles, tubes à vide, produits, pièces d'usure, matériel informatique et multimédia.
Certains matériels peuvent avoir une garantie inférieure à 2 ans, dans ce cas, la garantie spécifique est indiquée sur le catalogue ou document publicitaire.
Le retour de matériel sous garantie doit avoir notre accord écrit.
Vices apparents : nous ne pourrons admettre de réclamation qui ne nous serait pas parvenue dans un délai de quinze jours après livraison au maximum. À l'export, ce délai est porté à un mois.
La garantie ne s'appliquera pas lorsqu'une réparation ou intervention par une personne extérieure à notre Société aura été constatée.

ÉQUIPEMENT PÉDAGOGIQUE SCIENTIFIQUE

PIERRON - ASCO & CELDA
CS 80609 • 57206 SARREGUEMINES Cedex • France
Tél. : 03 87 95 14 77
Fax : 03 87 98 45 91
E-mail : education-france@pierron.fr