

Effet Doppler appliqué à la mesure de la vitesse d'approche d'un jet commercial et de l'altitude de survol.

W. Fortin - 28 septembre 2013

Ressources

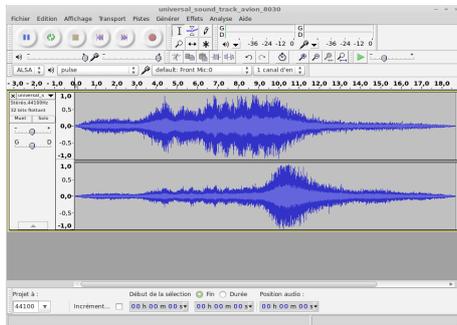
Une référence vers une banque de sons a été fournie sur ce forum : <http://physiquechimie.forum.free.fr/viewtopic.php?f=87&t=5824#p23591> .

On choisira un son d'avion sur ce site <http://www.universal-soundbank.com/avions.htm> .

On téléchargera plus particulièrement l'enregistrement suivant : <http://s1download-universal-soundbank.com/mp3/sounds/8030.mp3> .

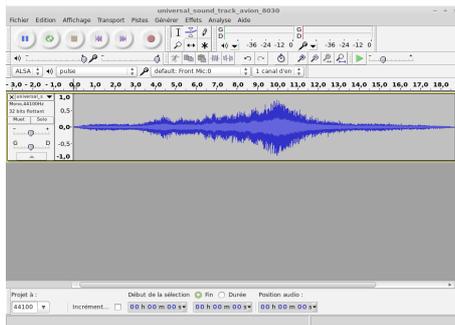
Réalisation du spectrogramme

1. Ouvrir avec Audacity le fichier **8030 .mp3** téléchargé au préalable.



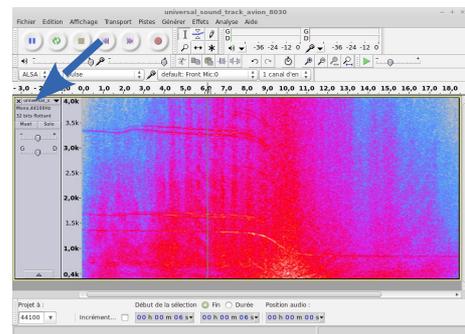
2. La piste est une piste stéréo. On fusionne les deux voix en une piste mono en choisissant dans la barre de menu

Pistes / Piste stéréo vers mono

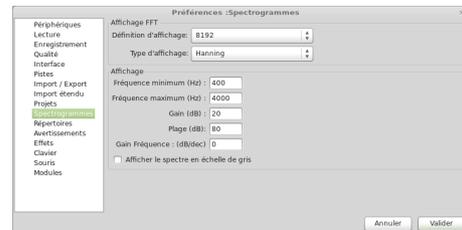


3. On affiche ensuite cette piste en mode spectrogramme grâce au petit menu déroulant dans le coin supérieur gauche de la piste affichée.

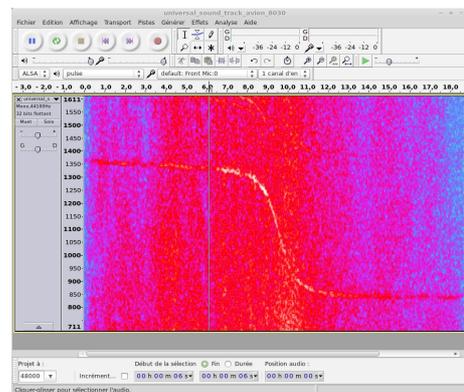
Une loupe permet d'ajuster l'échelle des fréquences.



4. Pour régler les paramètres de calcul du spectre **Édition / préférences** ou **Ctrl-P** . On réglera **Définition d'affichage** à **8192** .



5. On met en évidence le changement de fréquence dû à l'effet Doppler lors du passage de l'avion

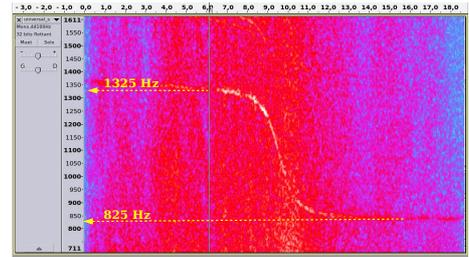


Analyse du spectrogramme

On peut estimer la vitesse de l'avion en approche grâce à la variation de fréquence et à la fréquence moyenne.

$$\Delta f = 1325 - 825 = 500 \text{ Hz} \quad f_0 = \frac{1325 + 825}{2} = 1075 \text{ Hz}$$

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{2 \times v}{c} \quad \text{donc} \quad v = 79 \text{ m.s}^{-1}$$



La vitesse d'approche serait donc de l'ordre de 285 km.h^{-1} .

C'est bien l'ordre de grandeur de la vitesse d'atterrissage ou de décollage d'un jet commercial

http://www.airberlin.com/fr-FR/site/flotte.php?et_cid=14015&et_lid=6760031

Modélisation de l'allure de la courbe de la fréquence

Le modèle

L'avion avance à une vitesse constante v lors de son survol de l'observateur. La distance d est l'altitude minimale de survol de l'observateur.

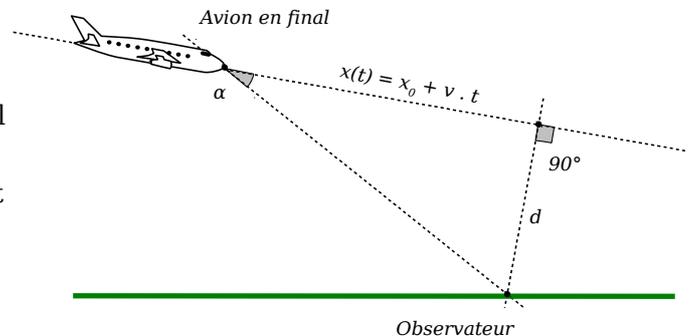
La vitesse d'approche de l'avion par rapport à l'observateur est $v_{obs} = v \cdot \cos(\alpha)$ avec

$$\tan(\alpha) = \frac{d}{x_0 + v \cdot t} \quad \text{La variation de la}$$

fréquence perçue par l'observateur fixe se calcule grâce à la formule

$$f(t) = f_0 \cdot \frac{1}{1 - \frac{v}{c} \times \cos\left(\text{atan}\left(\frac{d}{x_0 + v \cdot t}\right)\right)}$$

La vitesse est négative en cas d'éloignement. Nous prendrons l'origine des positions et des temps le moment du survol et $x_0 = 0 \text{ m}$.

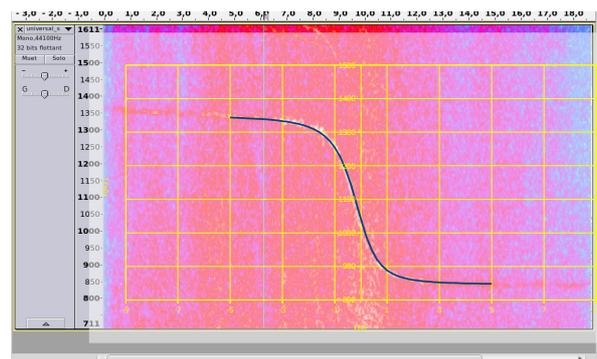


La simulation

On utilise un tableur pour calculer la courbe théorique et modifier manuellement les paramètres de la formule.

On trace en surimpression cette courbe sur le spectrogramme de manière à pouvoir approcher au mieux la courbe expérimentale avec la courbe théorique.

Les temps varient de -5s à +5s.



La formule utilisée est : $f = f_0 / (1 + \text{SIGNE}(A9) * v / 340 * \text{COS}(\text{ATAN2}(\text{SIGNE}(A9) * v * A9; d)))$

On obtient avec un ajustement empirique les paramètres suivants :

vitesse 78 m.s^{-1}

distance de survol 70 m

fréquence au repos 1040 Hz