

## **L'effet Doppler en option Sciences Expérimentales**

### ***Retrouver la vitesse d'une voiture à partir d'un enregistrement sonore***

par J.-C. PIVOT  
21000 Dijon

---

La séance commence par la présentation d'un enregistrement sonore, celui d'une voiture klaxonnant en permanence à l'arrêt - moteur coupé - puis à différentes allures (environ 80 km/h et 120 km/h).

A l'arrêt, le micro est à une dizaine de mètres de la voiture. Pour les autres enregistrements, il est à un mètre du bord de la route. L'enregistreur à minicassette est à gain automatique à l'enregistrement, ce qui évite la saturation et autorise une prise de son d'un niveau satisfaisant, sur environ cinquante mètres de part et d'autre du micro.

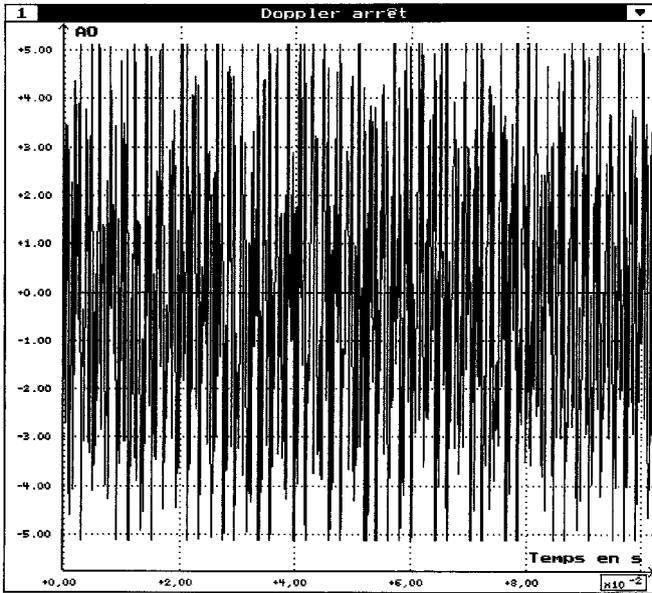
Il suffit de promettre qu'à l'issue de la séance, on aura retrouvé la vitesse de la voiture à partir du document sonore pour que l'étude théorique soit moins douloureuse.

La nature du son, la fréquence d'un son pur et l'analyse de Fourier d'une note d'instrument de musique - déjà évoqués en seconde - sont rappelés.

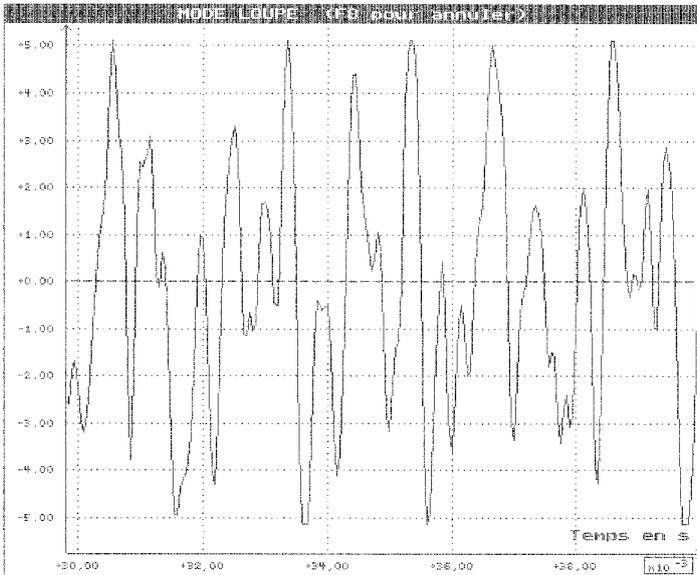
#### ***Analyse du document sonore à l'ordinateur équipé de sa carte d'acquisition PC-MES2 et du logiciel Physcope version 1.60 ou 1.72 de Sesam***

Le nombre de mesures est choisi le plus grand possible : 2 048 points ; la durée est de 50  $\mu$ s, d'où une acquisition de 0,1 seconde.

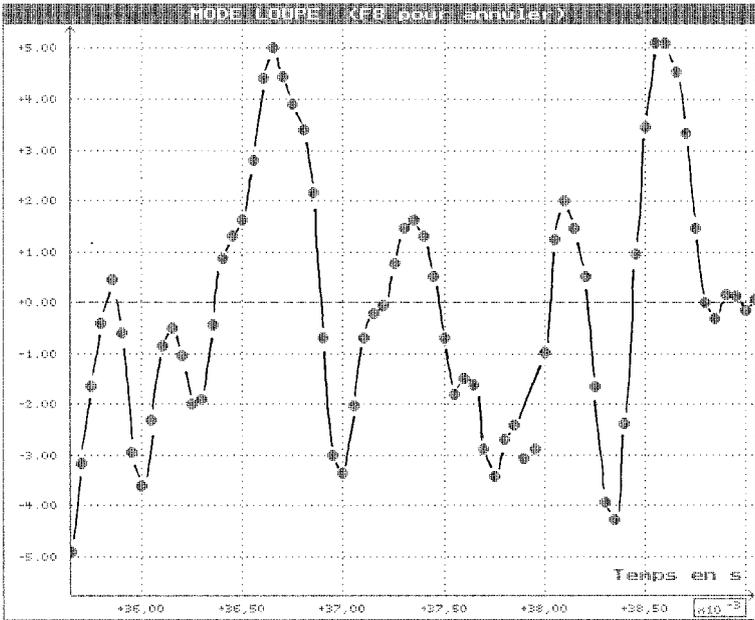
Les vibrations de la membrane du klaxon génèrent un son particulièrement complexe (documents 1, 2 et 3).



**Document 1 :** Acquisition de la tension aux bornes du haut-parleur d'un lecteur de minicassette mono pendant l'écoute du klaxon de la voiture à l'arrêt.

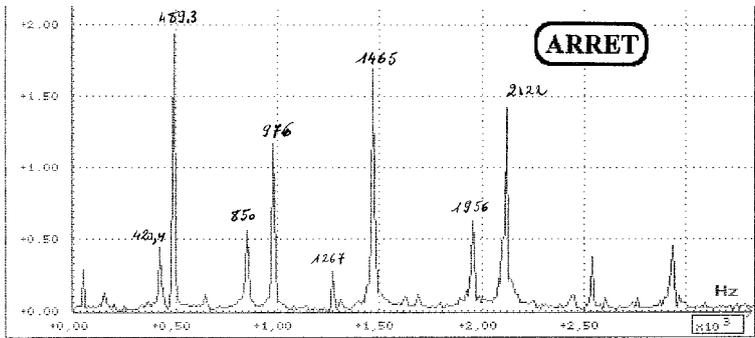


**Document 2 :** Aucune périodicité n'apparaît sur 10 ms prélevées à l'arrêt.



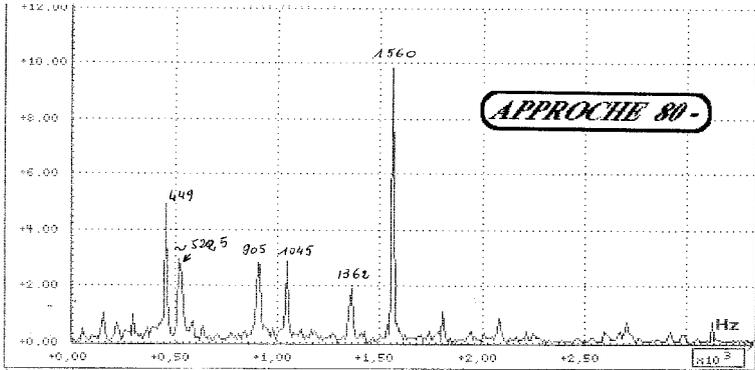
Document 3 : L'échantillonnage à 50  $\mu$ s semble pourtant suffisant.

L'analyse de Fourier contredit cette impression (document 4).

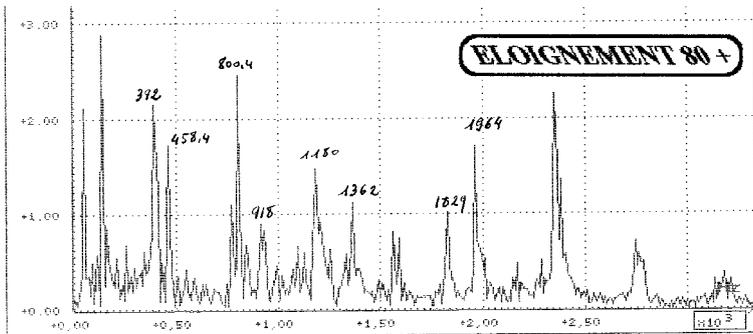


Document 4 : L'analyse de Fourier contredit cette impression.

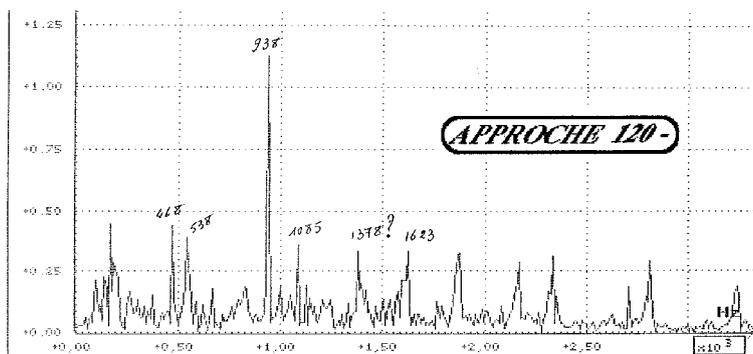
Pour la phase de mouvement, le prélèvement de  $1/10^e$  de seconde est effectué lorsque la voiture est assez loin du micro de façon à avoir un cosinus voisin de un (documents 5, 6, 7 et 8).



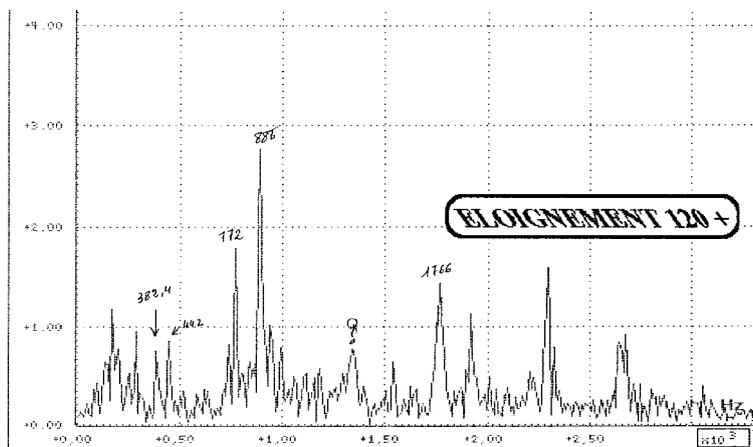
Document 5



Document 6



Document 7



Document 8

### Commentaires concernant les mesures

Il n'y a pas lieu d'attacher trop d'importance à l'amplitude des raies - variable selon la date de ponction - et ici représentées en mode continu, car l'abondance des bruits parasites (moteur, roulement, écoulement de l'air) détériore la pureté relative du spectre, en particulier lorsque la voiture est entendue de «dos» ou lorsque la vitesse est élevée.

L'appréciation de la fréquence des raies est parfois délicate (raies épaisses ou dédoublées), elle n'est jamais très précise à cause de la résolution de l'écran et du pas minimum du curseur trop important en la circonstance. La fréquence des raies varie un peu avec la date du prélèvement et la durée de l'échantillonnage.

Néanmoins, les mesures sur cinq ou six fréquences par document montrent leur glissement vers l'aigu ou le grave selon le cas et par ailleurs le calcul de la vitesse de la source ne laisse aucun doute sur le bien-fondé de cette vérification de la loi :

$$v_{\text{source}} = V_{\text{son}} \cdot (f_{\text{source}} - f_{\text{reçue}}) / f_{\text{reçue}}$$

$v > 0$  pour l'approche et

$v < 0$  pour la fuite.

	<b>f source</b>	<b>f reçue</b>	<b>d f / f r</b>	<b>v m/s</b>	<b>v km/h</b>
Approche 80 km/h –	420,4	449	0,0637	21,7	78,0
	489,3	522,5	0,0635	21,6	77,8
	850	905	0,0608	20,7	74,4
	976	1045	0,0660	22,4	80,8
	1267	1362	0,0698	23,7	85,4
	1465	1560	0,0609	20,7	74,5
	1956	?			
	<i>Moyenne</i>				78,5
Éloignement 80 km/h +	420,4	392	– 0,0724	– 24,6	– 88,7
	489,3	458,4	– 0,0674	– 22,9	– 82,5
	850	800,4	– 0,0620	– 21,1	– 75,9
	976	918	– 0,0632	– 21,5	– 77,3
	1267	1180	– 0,0737	– 25,1	– 90,2
	1465	1362	– 0,0756	– 25,7	– 92,6
	1956	1829	– 0,0694	– 23,6	– 85,0
	<i>Moyenne</i>				– 84,6

	<b>f source</b>	<b>f reçue</b>	<b>d f / f r</b>	<b>v m/s</b>	<b>v km/h</b>
Approche 120 km/h –	420,4	468	0,1017	34,6	124,5
	489,3	538	0,0905	30,8	110,8
	850	938	0,0938	31,9	114,8
	976	1085	0,1005	34,2	123,0
	1267	?			
	1465	1623	0,0974	33,1	119,2
	<i>Moyenne</i>				118,4
Éloignement 120 km/h	420,4	382,4	– 0,0994	– 33,8	– 121,6
	489,3	442	– 0,1070	– 36,4	– 131,0
	850	772	– 0,1010	– 34,4	– 123,7
	976	888	– 0,0991	– 33,7	– 121,3
	1267	?			
	1465	1336	– 0,0966	– 32,8	– 118,2
	1956	1766	– 0,1076	– 36,6	– 131,7
	<i>Moyenne</i>				– 124,6

### Note

Il a été difficile de maintenir la vitesse de la voiture pendant l'essai et la tendance vers une accélération semble être confirmée par les mesures.

Dans la mesure où le mouvement est uniforme, les mesures prises pendant les phases d'approche et de fuite suffisent pour déterminer la vitesse du mobile :

$$v_{\text{source}} = v_{\text{son}} (f_{\text{approch}} - f_{\text{éloign}}) / (f_{\text{approch}} + f_{\text{éloign}})$$

Cette étude peut être rendue plus attrayante par l'utilisation d'un caméscope : la partie son de certains d'entre eux est souvent excellente, avec réglage du gain automatique évidemment. A la lecture on utilisera la prise jack pour écouteur du téléviseur.

Les essais ont été réalisés en rase campagne, hors de portée des agents de la maréchaussée. Auraient-ils accepté de parler de leur cinémomètre à effet Doppler ?