

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

**Épreuve pratique de l'enseignement de spécialité physique-chimie
Évaluation des Compétences Expérimentales**

Cette situation d'évaluation fait partie de la banque nationale.

ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT

NOM :	Prénom :
Centre d'examen :	n° d'inscription :

Cette situation d'évaluation comporte **cinq** pages sur lesquelles le candidat doit consigner ses réponses.
Le candidat doit restituer ce document avant de sortir de la salle d'examen.

Le candidat doit agir en autonomie et faire preuve d'initiative tout au long de l'épreuve.

En cas de difficulté, le candidat peut solliciter l'examineur afin de lui permettre de continuer la tâche.

L'examineur peut intervenir à tout moment, s'il le juge utile.

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé.

CONTEXTE DE LA SITUATION D'ÉVALUATION

Recréer une sensation auditive réaliste dans un jeu vidéo peut s'avérer une entreprise difficile. C'est notamment le cas dans les jeux de Formule 1 où l'effet Doppler a un impact significatif sur le son entendu.

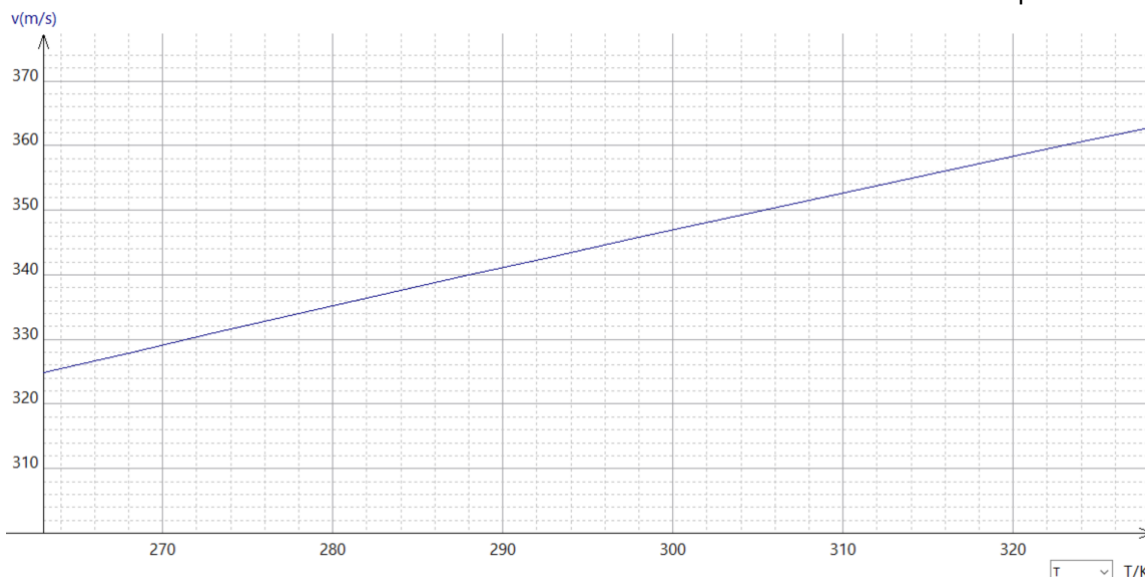
Dans le cadre de la réalisation d'un jeu vidéo, on souhaite simuler, à l'aide d'un buzzer et d'un programme informatique, le son produit par la Formule 1 conduite par Lewis Hamilton lors du Grand prix de Djeddah, en Arabie Saoudite. Sa vitesse fut alors mesurée à près de $335 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ dans la ligne droite du circuit.

Le but de cette épreuve est d'apporter les modifications nécessaires à un montage pour que le son créé par un buzzer soit en accord avec celui qu'émet la Formule 1 lorsqu'elle se déplace à la vitesse considérée.

INFORMATIONS MISES À DISPOSITION DU CANDIDAT

Vitesse des ondes sonores dans l'air en fonction de la température

Évolution de la vitesse des ondes sonores dans l'air en fonction de la température



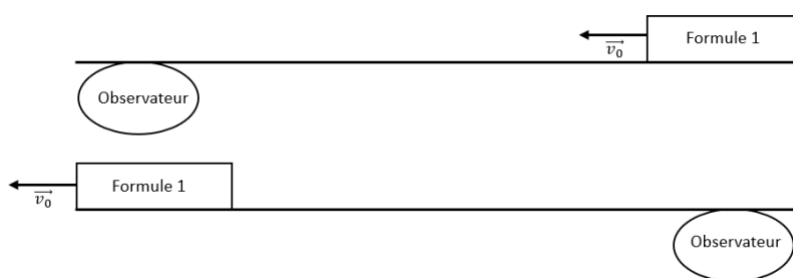
Effet Doppler

L'effet Doppler est le décalage de fréquence d'une onde entre sa valeur mesurée à l'émission et sa valeur mesurée à la réception, lorsque la distance entre l'émetteur et le récepteur varie au cours du temps. Dans cette situation d'évaluation, l'émetteur correspond à la voiture de Formule 1.

Pour une onde sonore et dans le cas où l'émetteur est en mouvement, la fréquence f_a du son reçue par l'observateur lorsque la voiture est en phase d'approche et la fréquence reçue en phase d'éloignement f_e sont liées à la fréquence d'émission f_0 par les relations :

$$f_a = f_0 \frac{1}{1 - \frac{v_0}{v_{son}}}$$

$$f_e = f_0 \frac{1}{1 + \frac{v_0}{v_{son}}}$$



Avec :

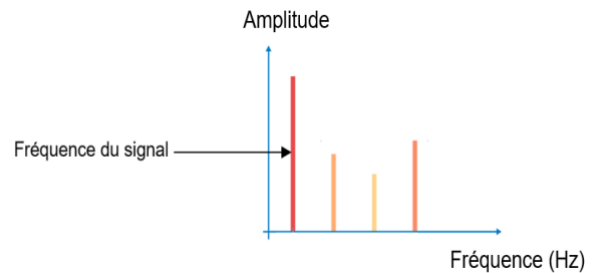
- v_0 la valeur de la vitesse de déplacement de la source par rapport à l'observateur
- v_{son} la valeur de la vitesse du son dans les conditions de la mesure

Les relations précédentes permettent d'établir la relation suivante :

$$v_0 = v_{son} \frac{f_a - f_e}{f_a + f_e}$$

Analyse spectrale

La fréquence d'un signal périodique peut être obtenue en considérant la valeur en fréquence du premier pic de son « spectre fréquentiel ». Celui-ci peut être obtenu grâce à un logiciel d'analyse sonore. Un exemple d'allure de spectre fréquentiel est donné ci-contre :

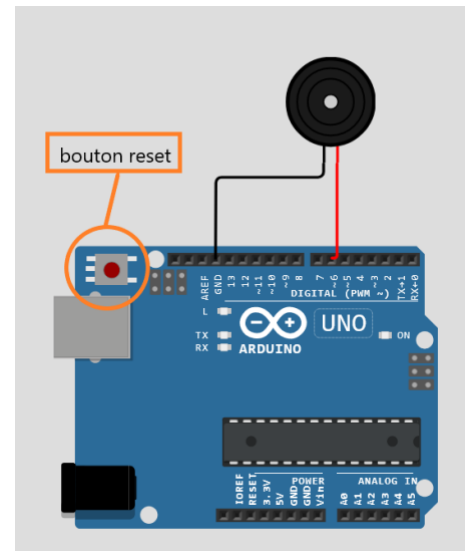


Dispositif Arduino

Branchement du buzzer :

- le buzzer utilisé peut se brancher dans les deux sens ;
- une des bornes du buzzer doit être branchée à la sortie 6 du microcontrôleur ;
- la seconde borne du buzzer doit être branchée à une sortie GND du microcontrôleur

Le bouton « reset » permet de relancer le programme téléversé dans le microcontrôleur.



Programme Arduino

La fonction « tone » du microprocesseur Arduino permet d'alimenter le buzzer. Elle prend en compte deux informations :

- la première provient du port de sortie, le port 6 dans le cas du montage étudié ;
- la seconde correspond à la fréquence du son généré par le buzzer en Hertz (zone en pointillés sur le programme « programme_candidat.ino » ci-dessous).

Code du « programme_candidat.ino »

```
1 void setup() {
2   pinMode(6, OUTPUT); // initialisation
3   tone(6, ...); // alimentation du buzzer sur la sortie 6 à une fréquence à compléter
4   delay(1000); // attente de 1000 ms
5   tone(6, ...); // alimentation du buzzer sur la sortie 6 à une fréquence à compléter
6   delay(1000); // attente de 1000 ms
7   noTone(6); // fin de l'alimentation du buzzer
8 }
9
10 void loop() {
11 }
```

Données utiles

- Température de l'air pendant la course : 29°C
- Conversion des degrés Celsius en degrés Kelvin : $T(K) = T(^{\circ}C) + 273$
- Fréquence du son émis par le moteur : $f_0 = 800$ Hz

TRAVAIL À EFFECTUER

1. Mise en évidence du phénomène (10 minutes conseillées)

1.1. Mettre en œuvre le montage Arduino.

A faire expérimentalement.

1.2. Écouter les sons produits par le buzzer en lançant le programme « programme_initial.ino » simulant l'approche et l'éloignement de la Formule 1. Le programme a déjà été téléversé dans le microcontrôleur ; le lancer à l'aide du bouton reset.

A faire expérimentalement.

1.3. Décrire les variations de fréquence entendues en comparant qualitativement la fréquence simulée d'approche avec la fréquence simulée d'éloignement. Est-ce cohérent avec le phénomène d'effet Doppler ? Justifier.

On entend deux sons de fréquences différentes. Le premier son est un son plus aigu que le deuxième. Ça correspond au phénomène de l'effet Doppler : un son produit par une source qui s'approche (son aigu) puis qui s'éloigne (son grave).

APPEL FACULTATIF		
	Appeler le professeur en cas de difficulté	

2. Détermination de la vitesse de la Formule 1 (30 minutes conseillées)

On souhaite vérifier si le son produit par le buzzer est bien en adéquation avec la vitesse de la Formule 1 donnée dans le contexte de la situation d'évaluation.

2.1. À l'aide des informations mises à disposition et de l'outil « Analyse spectrale » du logiciel d'analyse sonore, proposer un protocole permettant de déterminer la vitesse de la Formule 1 associée au son entendu.

- A l'aide d'un ordinateur muni d'un microphone, on enregistre le son produit par le buzzer.**
- On analyse ce son avec un logiciel (par exemple audacity) et on détermine la fréquence du son (fréquence du premier pic de l'analyse spectrale).**
- Sachant qu'il fait 29°C pendant la course, on détermine graphiquement la vitesse du son.**
- On calcul la vitesse de la Formule 1 à l'aide de la formule fournie.**

APPEL n°1		
	Appeler le professeur pour lui présenter les résultats expérimentaux ou en cas de difficulté	

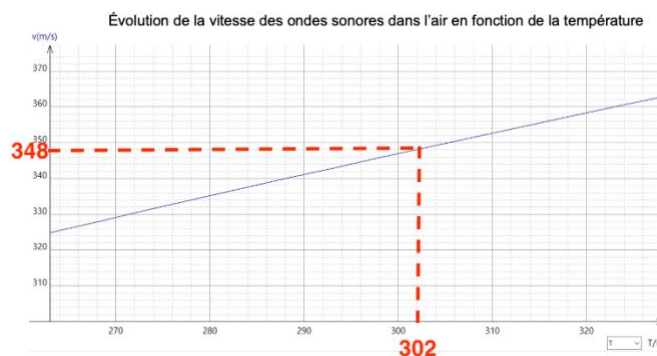
2.2. Mettre en œuvre le protocole et calculer la vitesse associée à la reproduction du son de la Formule 1. Justifier la démarche.

Fréquence du son mesuré pour l'approche : $f_a = 905$ Hz

Fréquence du son mesuré pour l'éloignement : $f_a = 704 \text{ Hz}$
La température de l'air pendant la course est de 29°C soit $29 + 273 = 302 \text{ K}$

Graphiquement, pour 302 K : $v_{\text{son}} = 348 \text{ m.s}^{-1}$

$$v_0 = v_{\text{son}} \frac{f_a - f_e}{f_a + f_e} = 348 \times \frac{905 - 704}{905 + 704} = 43,5 \text{ m.s}^{-1} \\ = 157 \text{ km.h}^{-1}$$



APPEL n°2		
	Appeler le professeur pour lui présenter les résultats expérimentaux ou en cas de difficulté	

3. Modification du programme (20 minutes conseillées)

3.1. Confronter la vitesse précédemment calculée et la situation du contexte.

La vitesse mesurée en F1 est de 335 km.h^{-1} . On a calculé une vitesse de 157 km.h^{-1} . Ces deux vitesses sont très éloignées.

3.2. Calculer la fréquence théorique d'approche f_a et la fréquence théorique d'éloignement f_e devant être perçues.

Fréquence théorique d'approche f_a :

$$f_a = f_0 \frac{1}{1 - \frac{v_0}{v_{\text{son}}}} = 800 \times \frac{1}{1 - \frac{335/3,6}{348}} = 1,09 \times 10^3 \text{ Hz}$$

Fréquence théorique d'éloignement f_e :

$$f_e = f_0 \frac{1}{1 + \frac{v_0}{v_{\text{son}}}} = 800 \times \frac{1}{1 + \frac{335/3,6}{348}} = 631 \text{ Hz}$$

3.3. Compléter le programme « programme_candidat.ino » permettant de produire un son en cohérence avec les fréquences calculées à la question précédente. Téléverser le programme puis écouter le son produit.

A faire expérimentalement.

APPEL n°3		
	Appeler le professeur pour lui présenter les résultats expérimentaux ou en cas de difficulté	

Défaire le montage et ranger la paillassse avant de quitter la salle.