

TERMINALE SPÉCIALITÉ · PHYSIQUE-CHIMIE · ONDES ET SIGNAUX · CHAPITRE 19



R. RINGUET · 2026 – 2027

Contrôle B Sons et effet Doppler

Établir la relation de Doppler, bruit de chantier, radar routier, rotation du Soleil

Durée : 1 h · calculatrice autorisée · 4 exercices indépendants · barème sur 20

Nom : Prénom : Classe : Note : /20

★ CONSIGNES

Toute réponse doit être justifiée ; une expression littérale est attendue avant chaque application numérique, et les résultats sont donnés avec leur unité et un nombre adapté de chiffres significatifs. Formulaire : $L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$, $I = I_0 \times 10^{L/10}$ • source ponctuelle en champ libre : $I = \frac{P}{4\pi d^2}$ • pour une onde lumineuse et $v \ll c$: $\frac{|\Delta \lambda|}{\lambda_0} = \frac{v}{c}$.

Exercice 1 Établir la relation de l'effet Doppler

4 pts ●●○

Un émetteur E se déplace en ligne droite, à la vitesse constante $v < c$, vers un récepteur fixe R. Il émet un son de fréquence f_E , donc de période $T_E = 1/f_E$. À la date $t = 0$, E se trouve à la distance d de R et émet une compression ; à la date $t = T_E$, il s'est rapproché et émet la compression suivante.

- 1.1 Exprimer, en fonction de d , v , c et T_E , la date t_1 d'arrivée en R de la première compression, puis la date t_2 d'arrivée de la seconde.
- 1.2 En déduire la période $T_R = t_2 - t_1$ perçue par le récepteur, puis établir que $f_R = f_E \frac{c}{c - v}$.
- 1.3 Exprimer la longueur d'onde du son entre E et R en fonction de c , v et f_E . Est-elle plus grande ou plus petite que $\lambda_E = c/f_E$?
- 1.4 Indiquer si chaque affirmation est vraie ou fausse, et justifier en une phrase.
 - a) Dans ce modèle, un émetteur se déplaçant à la célérité du son produirait devant lui une longueur d'onde nulle.
 - b) L'effet Doppler ne permet de mesurer que la composante de la vitesse dirigée le long de la droite qui joint l'émetteur au récepteur.

Exercice 2 Le chantier et le voisinage

6 pts ●●○

Un marteau-piqueur, assimilé à une source ponctuelle rayonnant dans toutes les directions, produit un niveau sonore de 105 dB à 1,0 m. Le règlement municipal impose de ne pas dépasser 70 dB en limite de propriété, située à 15 m de l'engin.

■ DONNÉES $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

- 2.1 Calculer l'intensité sonore à 1,0 m de l'engin, puis la puissance sonore P qu'il émet.
- 2.2 Montrer que le niveau à la distance d (en mètres) vaut $L(d) = 105 \text{ dB} - 20 \log d$, puis calculer le niveau en limite de propriété. Le règlement est-il respecté ?
- 2.3 L'entreprise installe un écran acoustique qui apporte 12 dB d'atténuation supplémentaire. Calculer le nouveau niveau en limite de propriété et conclure.
- 2.4 Un second marteau-piqueur identique est mis en service au même endroit, l'écran restant en place. Calculer le nouveau niveau en limite de propriété. À quelle distance minimale de la limite de propriété faudrait-il alors travailler pour revenir à 70 dB ?

- 2.5 La réglementation du travail autorise 8 h d'exposition quotidienne à 85 dB, la durée admissible étant divisée par deux chaque fois que le niveau augmente de 3 dB. Calculer la durée admissible pour l'ouvrier situé à 1,0 m d'un marteau-piqueur, puis avec un casque d'atténuation 30 dB. Commenter.

Exercice 3 Le radar de la gendarmerie

5 pts ●●○

Un radar émet une onde électromagnétique de fréquence $f_E = 24,1$ GHz vers un véhicule qui s'approche à la vitesse v . L'onde subit deux décalages Doppler successifs : le véhicule la reçoit décalée, puis la renvoie en se comportant lui-même comme une source en mouvement. Pour $v \ll c$, on montre que le décalage total vaut $\Delta f = \frac{2 f_E v}{c}$.

■ **DONNÉES** célérité de la lumière $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

- 3.1 Expliquer, en deux phrases, l'origine des deux décalages successifs subis par l'onde.
- 3.2 Le radar mesure $\Delta f = 4,82$ kHz. Établir l'expression de v en fonction de Δf , c et f_E , puis calculer v en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ et en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.
- 3.3 Recopier et compléter la ligne 5 du programme ci-dessous, qui convertit une liste de décalages mesurés en vitesses exprimées en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. Indiquer les trois valeurs affichées.
- ```

1 c = 3.00e8
2 fE = 24.1e9
3 releve = [2.41e3, 4.82e3, 6.43e3] # decalages mesures, en Hz
4 for df in releve:
5 v = ... # ligne a completer : vitesse en m/s
6 print(round(v * 3.6, 1), "km/h")

```
- 3.4 L'incertitude-type sur la mesure du décalage vaut  $u(\Delta f) = 60$  Hz. En déduire  $u(v)$  en  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  et écrire le résultat de la mesure sous la forme  $v = (\dots \pm \dots) \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .
- 3.5 La vitesse retenue par la gendarmerie est la vitesse mesurée diminuée de 5 % (marge technique). La vitesse est limitée à  $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  sur cette route : calculer la vitesse retenue et le dépassement constaté.

### Exercice 4 Le Soleil tourne-t-il sur lui-même ?

5 pts ●●●

On observe depuis la Terre le spectre de la lumière émise par deux points diamétralement opposés de l'équateur solaire, notés A et B (figure 1). La raie du fer, de longueur d'onde  $\lambda_0 = 525,020 0$  nm au laboratoire, est mesurée à  $\lambda_A = 525,016 5$  nm et  $\lambda_B = 525,023 5$  nm. Le Soleil tourne sur lui-même dans le sens indiqué sur la figure.

- 4.1 Pour chacun des deux points, indiquer si le décalage se fait vers le rouge ou vers le bleu, et en déduire le sens du mouvement de ce point par rapport à la Terre.
- 4.2 Calculer la valeur de la vitesse radiale de A, puis celle de B. En déduire la vitesse  $v_{\text{eq}}$  d'un point de l'équateur solaire, en  $\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ .
- 4.3 En déduire la période de rotation du Soleil sur lui-même, en secondes puis en jours.
- 4.4 La valeur admise pour la rotation équatoriale du Soleil est 25,4 j. Calculer l'écart relatif entre la valeur obtenue et cette valeur de référence, puis commenter.
- 4.5 Pourquoi cette mesure serait-elle impossible en visant le centre du disque solaire ?

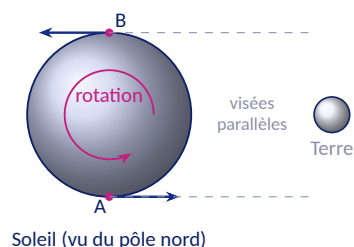


Figure 1 — Les deux bords de l'équateur solaire vus depuis la Terre (schéma sans échelle)

■ **DONNÉES** célérité de la lumière  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  • rayon du Soleil  $R_S = 6,96 \times 10^8 \text{ m}$