



**EXAMEN PROBATOIRE
D'ADMISSION DANS
LES ECOLES D'OFFICIERS**

CSEA 2013

**ÉPREUVE DE
PHYSIQUE**

Durée : 4 heures

Coefficient : 1

- L'usage de la calculatrice est autorisé ;
- Les exercices sont indépendants et peuvent être traités dans un ordre quelconque ;
- L'attention des candidats est portée sur le fait que l'on tiendra compte du soin et de la rigueur apportée dans le travail ;
- Si, en cours d'épreuve, le candidat rencontre ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il la signale sur sa copie et continue sa composition.
- Ce sujet comporte 4 exercices sur 5 pages et ne nécessite pas de papier millimétré.

Tournez la page S.V.P.

Exercice 1 Corde pincée

On dispose d'une corde tendue horizontalement selon Ox axe des abscisses, à l'altitude $z = 0$. On déplace à partir de $t = 0$ verticalement l'extrémité A de la corde. L'altitude z_A du point A varie donc en fonction du temps selon les valeurs données dans le tableau suivant:

t (ms)	0	10	20	30	40
z_A (cm)	0	3	2	1	0

La perturbation se déplace le long de la corde, et atteint le point P situé à une distance $d = 4,00$ m du point source A à la date $t_1 = 0,640$ s.

1. a. Représenter graphiquement les variations de l'altitude du point A en fonction du temps.
b. La perturbation est elle une onde transversale ou longitudinale ? Justifier la réponse.
2. Calculer la valeur de la célérité c_{onde} de l'onde progressive.
3. Sur quelle longueur L horizontale s'étale la perturbation sur la corde? On se placera à un instant $t > 40$ ms.
4. À quelle date le point P précédemment affecté par la perturbation se retrouve-t-il au repos après le passage de la perturbation?
5. a. Quel point de la corde possède une altitude maximale à l'instant t_1 ? Préciser son abscisse.
b. Représenter avec soin, et en renseignant l'axe horizontal des abscisses, l'aspect de la portion de corde affectée par la perturbation à la date t_1 .

Exercice 2 Effet Doppler

A) Retards de propagation et effet Doppler

Un véhicule klaxonne deux fois par seconde (soit à une fréquence $f = 2,0$ Hz), en émettant des sons brefs. Ce véhicule est animé d'un mouvement rectiligne uniforme, avec une vitesse $v = 30$ m.s⁻¹ selon une direction (Ox) horizontale.

À l'instant $t = 0$ s, cette voiture passe à l'abscisse $x = 0$ et émet un coup de klaxon. Un passant immobile est situé à l'abscisse $x = d = 100$ m. La célérité du son est égale à $c_{\text{son}} = 340$ m.s⁻¹.

1. Avec quel retard Δt le passant entendra le coup de klaxon émis à l'instant $t = 0$ s ? À quelle date t'_1 , cela correspond-il?
2. Le véhicule continue sa course et émet un deuxième coup de klaxon à l'instant t_2 .
 - a. Quelle est la période T des coups de klaxon? Que vaut l'instant t_2 ?
 - b. De quelle distance Δx le véhicule a-t-il avancé durant ces deux coups de klaxon?
 - c. Quelle distance L sépare alors le véhicule du passant lors de l'émission de ce deuxième coup de klaxon?
 - d. À quelle date t'_2 le passant entendra ce deuxième coup de klaxon?
3. a. Exprimer $t'_2 - t'_1$ en fonction de T , c_{son} et v .

b. En déduire que la fréquence f' avec laquelle le passant reçoit les coups de klaxon en fonction de f , v et c_{son} .

c. Effectuer l'application numérique.

d. On rappelle la formule de l'effet Doppler donnant dans ce cas f' en fonction de f , v et c_{son} : $f' = f \left(1 + \frac{v}{c_{\text{son}}}\right)$

Effectuer l'application numérique. Comparer cette valeur à celle trouvée précédemment et conclure.

B) Principe du cinémomètre (le « radar » des automobilistes)

On cherche maintenant à modéliser le principe de la mesure de la vitesse par effet Doppler. On dispose un émetteur et un récepteur d'ondes ultrasonores côte à côte ; un véhicule jouet se déplace rectilignement à vitesse constante en direction du cinémomètre. Les ondes ultrasonores émises par l'émetteur sont reçues par le récepteur après avoir rebondi sur le véhicule.

1. Le cinémomètre permet-il une mesure de la vitesse instantanée ou moyenne d'un véhicule ?

2. On réalise l'acquisition informatisée des signaux émis et reçus, le véhicule se rapprochant du cinémomètre. Le logiciel permet de repérer les fréquences de chacun des signaux. On note f_E la fréquence de l'onde émise et f_R celle de l'onde reçue par le récepteur. Le logiciel met en évidence deux signaux de fréquences respectives 40,000 kHz et 40,254 kHz.

Lors d'un tel mouvement, f_E est-elle supérieure ou inférieure à f_R ?

Déterminer f_E et f_R .

3. a. Choisir la bonne formule permettant de déterminer f_R en fonction de f_E dans le cas envisagé parmi les propositions suivantes. Préciser dans chaque cas les raisons de votre rejet de la formule proposée.

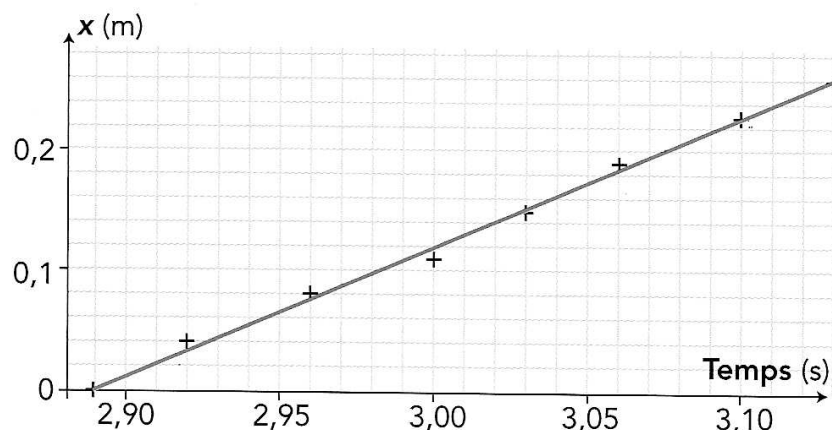
$$f_R = f_E \left(1 + \frac{V}{c_{\text{son}}}\right) ; f_R = f_E \left(1 - \frac{V}{c_{\text{son}}}\right) ; f_R = f_E \left(1 + \frac{2V}{c_{\text{son}}}\right) ; f_R = f_E \left(1 - \frac{2V}{c_{\text{son}}}\right)$$

b. En déduire l'expression de V en fonction des grandeurs mesurées et de c_{son} .

c. D'où vient le nombre 2 dans l'expression précédente ? On pourra s'aider d'un schéma.

d. Calculer la valeur de la vitesse V du véhicule.

4. Le déplacement du véhicule a été filmé, pour obtenir puis représenter sa position x en fonction du temps.

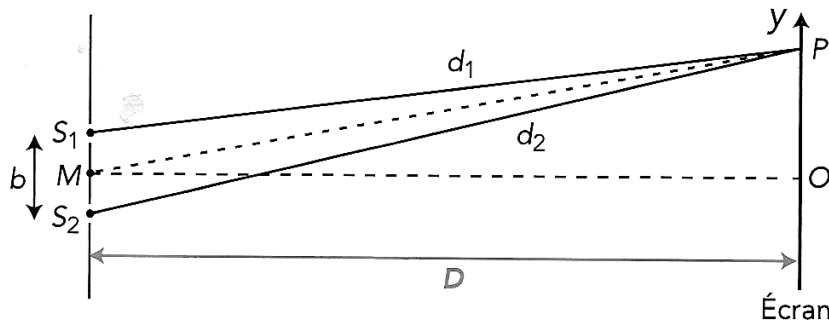


a. Déterminer graphiquement la vitesse $V_{\text{vidéo}}$ du véhicule obtenue à partir de la vidéo du mouvement.

b. Conclure en comparant les valeurs V et $V_{\text{vidéo}}$.

Exercice 3 Fentes d'Young

On considère deux sources ponctuelles S_1 et S_2 , monochromatiques et cohérentes, symétriques par rapport à M et distantes de $b = 0,2 \text{ mm}$. On s'intéresse aux interférences obtenues au point P d'ordonnée y_P situé sur un écran distant de $D = 1,00 \text{ m}$ des sources. On donne la longueur d'onde de la lumière utilisée $\lambda = 488 \text{ nm}$.



1. Que signifient les deux termes « monochromatiques » et « cohérentes » ? Comment peut-on obtenir pratiquement des ondes monochromatiques et cohérentes ?

2. Montrer géométriquement que la différence de marche $\delta = d_2 - d_1$ peut s'exprimer par

$$\delta = D \left(\sqrt{1 + \varepsilon^2} - \sqrt{1 + \varepsilon'^2} \right)$$

Exprimer littéralement ε et ε' en fonction de y_P , b et D .

Expérimentalement, on visualise une figure d'interférence dont la largeur est de l'ordre de quelques centimètres. En s'appuyant sur cette remarque, montrer que les valeurs de ε et ε' sont très petites.

3. En première approximation, pour une quantité u petite, on a $\sqrt{1+u} = 1 + \frac{u}{2}$. En déduire une expression simple de δ en fonction de b , y_P et D .

4. Comment doivent être déphasées les ondes pour que les interférences soient constructives? destructives? A quelles valeurs cela correspond-il pour la différence de marche ?

5. a. Quelle est la différence de marche en O ?
b. Qu'observe-t-on sur l'écran en ce point?

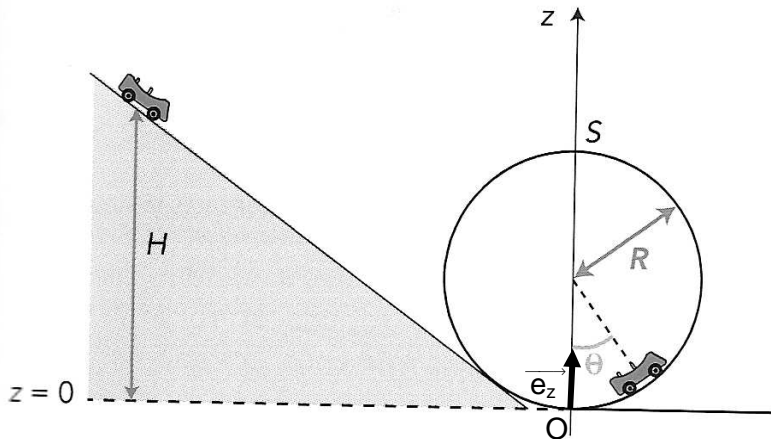
6. a. Calculer la différence de marche au point P d'ordonnée $y_P = 6,1 \text{ mm}$.
b. Qu'observe-t-on sur l'écran en ce point?

7. Tracer l'allure de la figure observée sur l'écran, on définira et calculera l'interfrange i , que l'on représentera également sur la figure.

Exercice 4 Le grand huit

Un wagon d'un manège de parc d'attraction est amené à une hauteur H . Il est ensuite abandonné sans vitesse initiale, dans une grande descente, puis effectue un looping dans le plan vertical de forme circulaire de rayon R .

Dans la partie circulaire, la position du wagon est repérée par l'angle θ (voir schéma ci-dessous). L'axe Oz correspond à la verticale ascendante.



On supposera que les frottements sont négligeables lors du mouvement du wagon qui sera assimilé à un point matériel de masse m .

1. Faire un schéma du wagon lors de la descente sur la pente rectiligne ; y représenter soigneusement les forces subies par celui-ci.
2. Préciser pour chacune des forces précédentes si elles travaillent en justifiant la réponse.
3. Parmi les grandeurs suivantes, lesquelles se conservent au cours du mouvement ? Justifier.
 - énergie cinétique E_c
 - énergie potentielle E_p
 - énergie mécanique E_m
4. Exprimer l'énergie mécanique initiale du wagon, et celle qu'il a au point le plus bas de sa trajectoire. Que vaut alors sa vitesse au point le plus bas de sa trajectoire?
5. Exprimer l'altitude z du wagon dans la partie circulaire en fonction du rayon R et de θ .
6. Exprimer la valeur de la vitesse v_M du wagon en un point M repéré par cet angle θ , en fonction de g, H, R et θ .
7. Que devient cette expression au sommet S de la boucle?
8. On donne l'expression de l'accélération du wagon au point S : $\vec{a} = -\frac{v^2}{R} \vec{e}_z$, où \vec{e}_z désigne le vecteur unitaire vertical orienté vers le haut. En effectuant un bilan des forces sur le wagon en ce point, donner une condition sur v pour que le wagon reste en contact avec la piste au point S .
9. Quelle doit être la hauteur H minimale pour que le wagon passe en S sans perdre le contact avec la piste?

Donnée: $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.