

SUJET NON SPÉCIALITÉ

PSEUDO :

CLASSE :

Ce sujet comporte 3 exercices sur des pages numérotées de 1 à 7. L'usage de la calculatrice est autorisé. On prendra soin tout au long du devoir de justifier chacune des réponses, de donner des réponses littérales avant les réponses numériques, d'utiliser les notations de l'énoncé et de tenir compte des chiffres significatifs.

Le sujet sera rendu avec la copie.

EXERCICE N°1 : UTILISATION D'UN SMARTPHONE (8 POINTS)

Lorsqu'il est allumé un écran de téléphone portable est constitué de pixels (petits rectangles) de luminosité et de couleurs différentes et qui constituent au final l'image affichée.

Chaque pixel est composé lui-même d'un ensemble de 3 sous-pixels de couleurs respectives rouge, vert et bleu (RVB).

1. Diffraction par un petit miroir

Lorsqu'un faisceau laser rencontre un objet réfléchissant, comme un miroir (que l'on fixe sur un support adapté), suffisamment petit, il se produit un phénomène analogue à celui observé lorsque ce faisceau laser rencontre une fente très fine ou un fil très fin : on observe sur un écran une figure de diffraction obtenue dans ce cas par réflexion.

Données :

- a : largeur du miroir ;
- D : distance entre le miroir et l'écran ;
- λ : longueur d'onde de la lumière laser utilisée ;
- θ : demi-angle (exprimé en radian) délimitant les premiers minima d'amplitude.

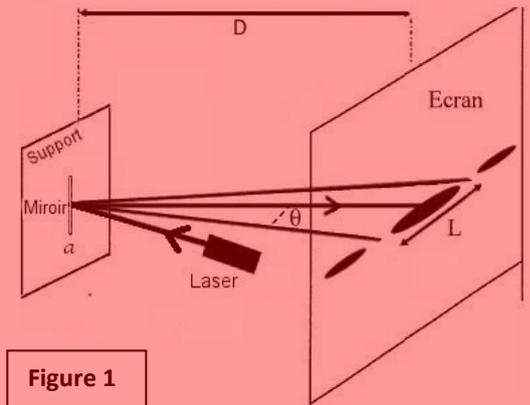


Figure 1

- 1.1. Donner, en le justifiant, un ordre de grandeur possible de la largeur a du miroir si on utilise une lumière visible pour observer une figure de diffraction.

Les deux figures de diffraction par réflexion ci-contre (Figure 2) ont été obtenues sur un écran avec, pour l'une, un laser vert et, pour l'autre, un laser rouge et dans les mêmes conditions expérimentales (Figure 1).

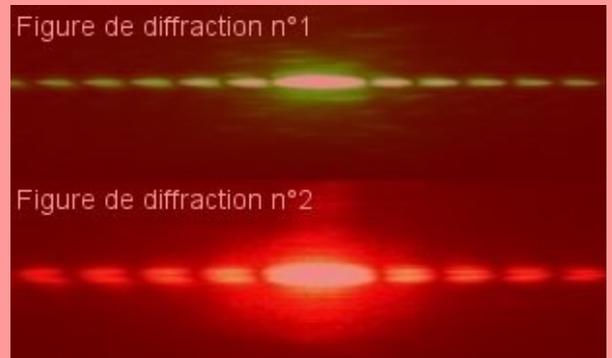


Figure 2 : Figures de diffraction par réflexion (à la même échelle)

- 1.2. Rappeler la relation entre le demi-angle θ , la largeur du miroir a et la longueur d'onde λ des radiations utilisées. En déduire alors le laser utilisé pour chaque figure de diffraction.

- 1.3. Sachant que le laser rouge utilisé a une longueur d'onde égale à 632,8 nm, en déduire la longueur d'onde du laser vert.

2. Détermination de la taille d'un pixel d'un écran de smartphone

On considère maintenant l'écran d'un smartphone. Il est constitué d'un quadrillage de pixels très petits, que l'on peut considérer comme autant de carrés réfléchissants accolés.

On réalise le dispositif expérimental schématisé sur la figure 3 et on observe la figure obtenue sur l'écran quadrillé lorsqu'on envoie un faisceau laser sur l'écran du smartphone (voir figure 4)

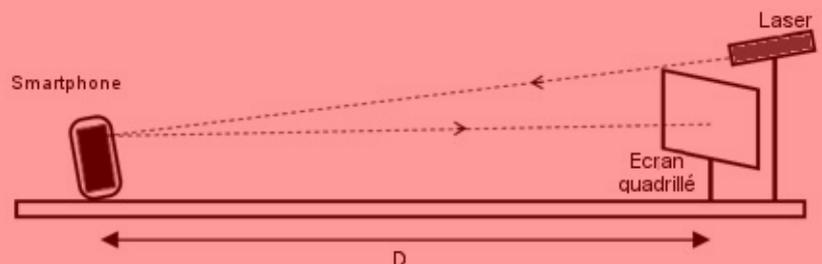


Figure 3 : Schéma du dispositif expérimental

Cette figure permet de déterminer la largeur d'un pixel. En effet, on peut relier la distance i entre deux points lumineux présents sur l'écran quadrillé à la distance a séparant les centres de deux pixels accolés de l'écran du

smartphone par la relation :
$$i = \frac{\lambda \cdot D}{a}$$

Données :

- $D = (1,74 \pm 0,03) \text{ m}$: distance entre l'écran du smartphone et l'écran quadrillé
- $\lambda = 632,8 \text{ nm}$: longueur d'onde de la lumière laser utilisée

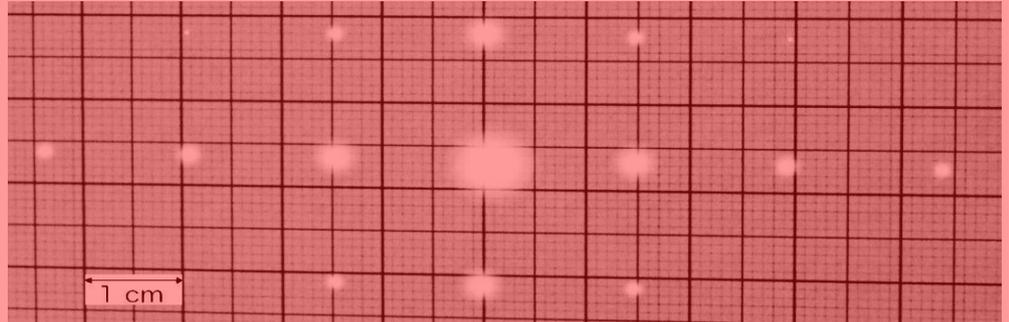


Figure 4 : Figure obtenue sur l'écran quadrillé lors de l'expérience

- 2.1. Déterminer le plus précisément possible la distance i entre 2 points lumineux
- 2.2. En déduire que la valeur de la largeur d'un pixel est proche de $75 \mu\text{m}$

3. Vision de l'écran du smartphone

Le pouvoir séparateur de l'œil correspond au plus petit angle (noté α_{\min}), permettant de distinguer deux points lumineux A et B très proches. On admettra que :

$$\alpha_{\min} = 3,0 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

Si le diamètre angulaire apparent de l'objet AB est inférieur au pouvoir séparateur de l'œil ($\alpha \leq \alpha_{\min}$) alors l'objet AB est vu comme un seul point sur la rétine (A' et B' sont confondus sur la rétine).

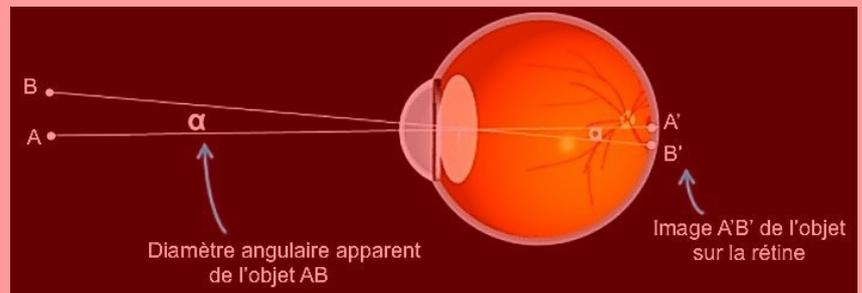


Figure 5 : Principe de la vision et diamètre angulaire apparent (d'après un site internet)

- 3.1. Sachant que le point le plus proche qui peut être vu avec netteté (appelé « punctum proximum ») se trouve à 25 cm d'un œil normal, déterminer la taille du plus petit objet AB visible.
- 3.2. Déterminer la distance entre les centres de deux pixels successifs du smartphone considéré sachant que l'on peut lire sur la notice technique l'information suivante :

Résolution 367 ppp

Données : ppp : pixels par pouce ; 1 pouce = 2,54 cm.

- 3.3. Montrer qu'il est impossible à l'œil nu de distinguer deux pixels de l'écran. Cette propriété est-elle intéressante pour l'utilisation du smartphone ?

4. Chute libre du smartphone

Cet été, le grand frisson à la mode dans les stations balnéaires en Espagne s'appelait le « balconing ». Ce jeu, très dangereux, consiste à sauter depuis le balcon de sa chambre d'hôtel, dans la piscine en contrebas. En général, il se trouve toujours quelqu'un pour filmer avec son smartphone « l'exploit » et le publier sur les réseaux sociaux. En plus, des nombreux accidents graves qui ont lieu lorsqu'ils ratent leur cible, des personnes filmant le saut lâche leur smartphone.

La chronophotographie de la chute d'un smartphone de 7 étages (soit 20 m) est donnée en annexe (document 1).



- 4.1. D'après le document de l'annexe, calculer la vitesse V de ce smartphone à l'instant $t = 7 \text{ s}$.
- 4.2. Représenter sur ce document 1, le vecteur vitesse de son centre d'inertie à la date $t = 7 \text{ s}$ (échelle : 1 cm pour 3m/s). Justifier vos tracés.

5. Décollage d'une fusée

Le 6 février 2018, à 21 heures 45 (heure française), la fusée Falcon Heavy de SpaceX a été mise à feu avec succès. Pour son premier décollage, l'appareil de 70 mètres de hauteur et équipé de trois lanceurs a quitté le sol terrestre dans un ballet de fumée et de flammes. Vous avez peut-être assisté à ce décollage devant l'écran de votre smartphone. On se propose d'étudier le décollage de cette fusée. L'étude se fait dans le référentiel terrestre supposé galiléen.



Données générales	
Pays d'origine	États-Unis
Constructeur	SpaceX
Premier vol	6 février 2018
Statut	Vol d'essai réalisé avec succès
Lancements (échecs)	1 (0)
Hauteur	70 m
Diamètre	11,6 m (avec boosters)
Masse au décollage	1 421 t
Étage(s)	2 + 2 propulseurs d'appoint
Poussée au décollage	22 800 kN
Base(s) de lancement	Centre spatial Kennedy

Données :

- Système : fusée Falcon Heavy.
- Repère (O, \vec{x}) dans lequel \vec{x} est un vecteur unitaire dirigé vers le haut sur l'axe Oz.
- Intensité de la pesanteur : $g = 9,78 \text{ N.kg}^{-1}$
- Vitesse d'éjection des gaz au décollage : $v_g = 4,0 \text{ km.s}^{-1}$
- Masse de gaz : $m_g = 2,9 \text{ tonnes}$

À la date $t = 0 \text{ s}$, le système est immobile et son centre d'inertie est confondu avec l'origine O.

À $t = 1 \text{ s}$, la fusée a éjecté une masse de gaz notée m_g , à la vitesse \vec{v}_g . Sa masse est alors notée m_f et sa vitesse \vec{v}_f .

On suppose que le système (fusée + gaz) est isolé.

5.1. Donner l'expression de la quantité de mouvement du système \vec{p}_i à $t = 0 \text{ s}$? Justifier.

5.2. Donner l'expression de la quantité de mouvement du système \vec{p}_f à $t = 1 \text{ s}$ en fonction de m_g , m_f , \vec{v}_g et \vec{v}_f .

5.3. En comparant la quantité de mouvement du système aux dates $t = 0 \text{ s}$ et $t = 1 \text{ s}$, donner l'expression littérale de la vitesse v_f de la fusée.

5.4. Calculer alors sa valeur

Pendant les premières secondes du décollage, on supposera que seuls le poids \vec{P} et la force de poussée \vec{F} agissent sur la fusée et on admettra que la masse de la fusée reste constante.

5.5. Sans faire de calcul, représenter ces forces sur un schéma pendant le décollage.

5.6. En appliquant la seconde loi de Newton au système, trouver l'expression littérale de la valeur a de l'accélération dès que la fusée a quitté le sol.

5.7. Déterminer la valeur de cette accélération.

EXERCICE N°2 : LA CHIMIE DANS LA CUISINE (7 POINTS)

1^{ÈRE} PARTIE : ETUDE DE LA TRUFFE

Il existe en France des sols favorables à la trufficulture. L'analyse des différentes caractéristiques du sol est déterminante pour juger de son aptitude à héberger des truffes.

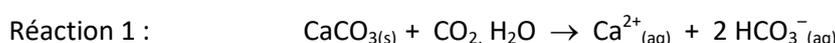
Un sol truffier est calcaire c'est-à-dire riche en carbonate de calcium $\text{CaCO}_{3(s)}$. Le pourcentage massique en carbonate de calcium $\text{CaCO}_{3(s)}$ d'un sol truffier doit être compris entre 20% et 60%

Le pH d'un sol truffier doit être compris entre 7,5 et 8,5.

Données à 25°C :

- $pK_A(\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}/\text{HCO}_3^-_{(aq)}) = 6,4$
- $pK_A(\text{HCO}_3^-_{(aq)}/\text{CO}_3^{2-}_{(aq)}) = 10,3$

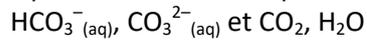
Le pH des sols calcaires dépend de la réaction entre l'eau, le dioxyde de carbone et le carbonate de calcium. Lorsque le dioxyde de carbone contenue dans l'atmosphère se dissout dans l'eau de pluie, on observe au niveau du sol la réaction acido-basique suivante :



On introduit un échantillon de sol à analyser dans de l'eau distillée. Après agitation on laisse reposer puis on filtre. La concentration molaire en ions oxonium de la solution obtenue est : $[\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}] = 1,25 \cdot 10^{-8} \text{ mol.L}^{-1}$

1.1. Vérifier que les conditions de pH sont favorables à la culture de la truffe.

1.2. Identifier, sur un axe gradué en fonction du pH , les domaines de prédominance des espèces acido-basiques :



1.3. En déduire l'espèce prédominante dans la solution aqueuse de sol préparée. Ce résultat est-il cohérent avec la réaction 1 ? Justifier.

1.4. Écrire l'équation de la réaction acido-basique mise en jeu entre le dioxyde de carbone dissous CO_2 , H_2O et l'eau.

1.5. Expliquer comment évoluerait le pH du sol si la quantité de dioxyde de carbone dissous venait à augmenter ?

2^{ÈME} PARTIE : ETUDE DE LA CAFÉINE DANS LE THÉ

Les infusions de thé sont préparées à partir de feuilles de théier (*Camelia Sinensis*). Elles représentent, aujourd'hui, la deuxième boisson la plus consommée au monde, juste après l'eau plate.

Parmi les constituants du thé, on retrouve la caféine (parfois appelée aussi théine, mais en réalité, ces deux noms désignent la même molécule).

Dans cet exercice, on s'intéressera à la caféine présente dans le thé et au nombre de tasses de thé qu'un adulte peut boire par jour sans risque pour la santé.

Données :

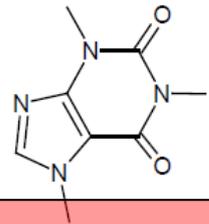
- ✓ masse molaire moléculaire de la caféine : $M_{CAF} = 194 \text{ g/mol}$;
- ✓ pour une personne en bonne santé, le risque d'intoxication à la caféine existe pour une consommation de plus de 400 mg de caféine par jour pendant une durée prolongée.

1. Caractéristiques de la caféine

La formule topologique de la caféine est donnée ci-contre :

1.1. Représenter la formule semi-développée de la caféine.

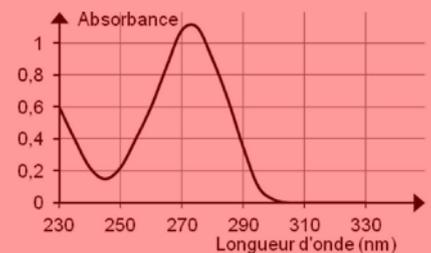
1.2. Justifier que le spectre RMN de la caféine présente quatre singulets.



2. Nombre de tasses de thé qu'un adulte peut boire par jour

L'objectif de cette partie est d'évaluer le nombre de tasses de thé du commerce qu'un adulte peut boire par jour sans risque pour la santé.

Pour cela, on souhaite réaliser un dosage spectrophotométrique de la caféine présente dans une infusion de thé. Le spectre UV de la caféine obtenu après son extraction d'une infusion de thé par du dichlorométhane est donné ci-contre.



2.1. Estimer la valeur de la longueur d'onde optimale à laquelle le spectrophotomètre pourrait être réglé pour réaliser les mesures d'absorbance lors du dosage. Justifier.

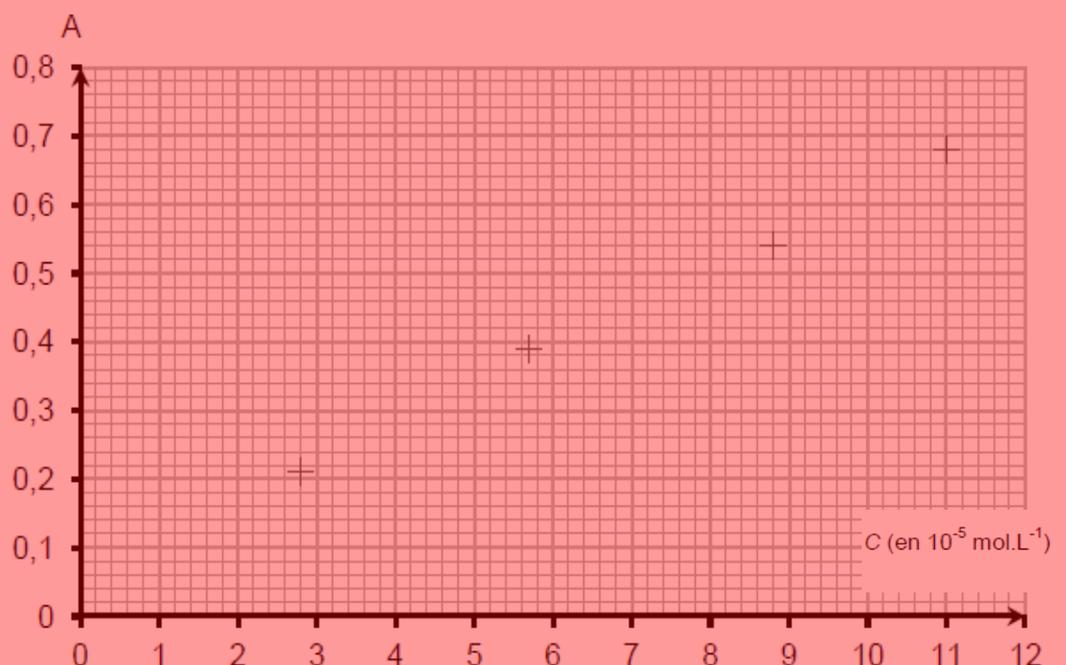
2.2. Sachant que le dichlorométhane est incolore et que l'absorbance de la caféine est quasiment nulle pour des longueurs d'onde supérieures à 330 nm, indiquer si la caféine est une espèce colorée dans le dichlorométhane.

On dissout de la caféine en poudre dans du dichlorométhane afin de préparer 100 mL d'une solution S_0 de caféine de concentration molaire $C_0 = 5,7 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$

2.3. Déterminer la valeur de la masse de caféine qui a été dissoute dans le dichlorométhane afin d'obtenir 100 mL de solution S_0 .

On prépare par dilution de la solution S_0 quatre autres solutions S_1 , S_2 , S_3 , S_4 dont on mesure l'absorbance à la longueur d'onde retenue (voir question 2.1.).

Les mesures sont reportées sur le graphe ci-contre



2.4. Choisir en justifiant la réponse, parmi les 4 lots de verrerie suivants, celui qui permet de préparer avec précision la solution S_3 de concentration molaire en caféine égale à $C_3=5,7 \cdot 10^{-5}$ mol/L

Lot	1	2	3	4
Verrerie	Pipette jaugée de 2,0 mL Fiole jaugée de 20,0 mL	Pipette jaugée de 5,0 mL Fiole jaugée de 20,0 mL	Pipette graduée de 10 mL Fiole jaugée de 20,0 mL	Éprouvette graduée de 5 mL Fiole jaugée de 50,0 mL

2.5. Une infusion de thé est préparée en introduisant un sachet de thé du commerce dans une tasse contenant de l'eau chaude. L'emballage conseille une durée d'infusion de deux minutes. Au bout de ces deux minutes, on retire le sachet et on laisse l'infusion de thé refroidir. La caféine de l'infusion est extraite à l'aide de 100 mL de dichlorométhane.

On considère que la totalité de la caféine a été extraite par le dichlorométhane et qu'elle est contenue dans ce volume $V = 100$ mL.

Trop concentrée pour une mesure d'absorbance, la solution de caféine dans le dichlorométhane obtenue est tout d'abord diluée 10 fois. L'absorbance de cette solution diluée est mesurée à la longueur d'onde retenue (voir question 2.1.) et on obtient $A = 0,43$.

En se limitant au critère lié à la quantité de caféine, évaluer le nombre maximal de tasses de ce thé qu'un adulte pourrait boire par jour. Commenter.

EXERCICE N°3 : UN SON PEUT EN MASQUER UN AUTRE (5 POINTS)

Les oreilles captent les sons et le cerveau les interprète. La psychoacoustique est la science qui étudie l'interprétation des sons par le cerveau. Un des effets psychoacoustiques, l'effet de masquage, est étudié dans cet exercice.

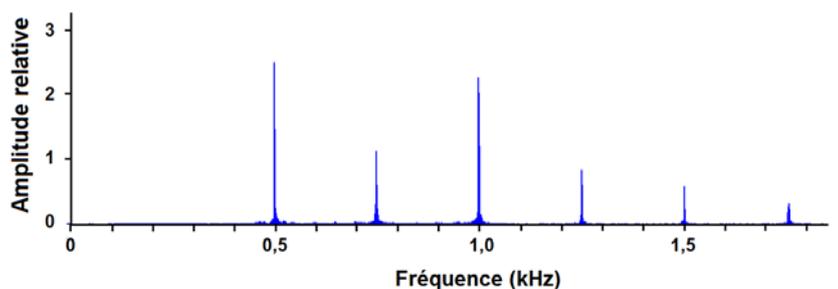
Données : Relation entre le niveau sonore L (dB) et intensité sonore I ($W \cdot m^{-2}$) : $L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$ et $I = I_0 \times 10^{L/10}$

avec $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} W \cdot m^{-2}$, intensité sonore de référence.

1. La fondamentale manquante

Le cerveau a la capacité de reconstituer certaines informations manquantes pour construire une perception auditive interprétable. C'est le cas pour un son musical dont on perçoit la hauteur bien que sa fréquence fondamentale ait été supprimée. Un son joué par un piano est numérisé puis transmis. Son spectre après réception est donné ci-dessous. La composante spectrale correspondant à la fréquence fondamentale a été supprimée au cours d'un traitement spécifique du signal.

Déterminer la hauteur du son joué par le piano.
Expliquer votre raisonnement.



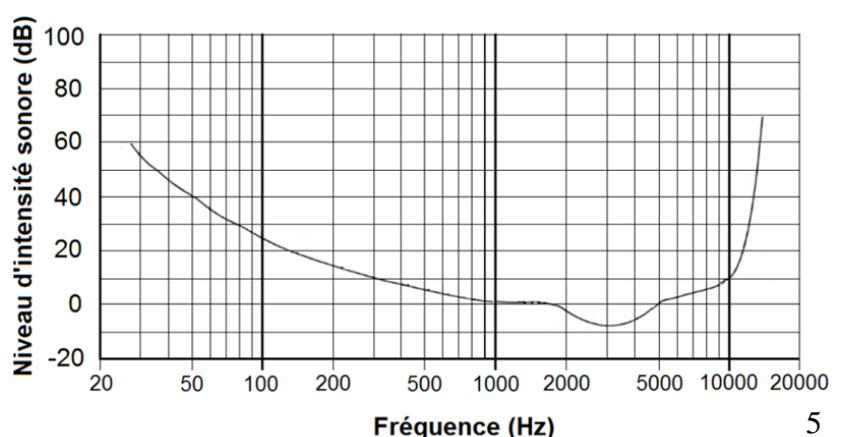
2. L'effet de masquage

Si deux sons purs sont écoutés simultanément, le plus intense, appelé son masquant, peut créer une gêne sur la perception du second, le son masqué. Il peut même le rendre inaudible. La comparaison des courbes des figures 1 et 2 données à la suite, permet de mettre en évidence ce phénomène psychoacoustique appelé « effet de masquage ».

➤ Figure 1 : seuil d'audibilité humaine en fonction de la fréquence.

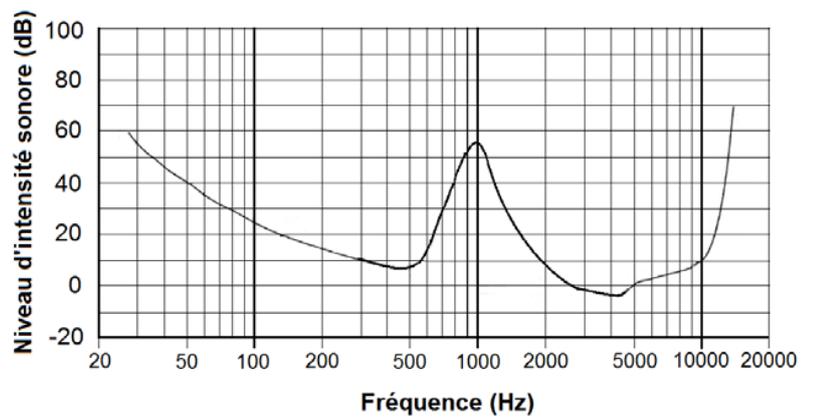
Le graphique suivant indique les valeurs minimales de niveau d'intensité sonore audible en fonction de la fréquence lorsque le son est écouté en environnement silencieux.

Exemple de lecture : un son de fréquence 80 Hz doit avoir un niveau sonore supérieur à 30 dB pour être audible.



- Figure 2 : seuil d'audibilité humaine d'un son en présence d'un son masquant de niveau d'intensité sonore 55 dB et de fréquence 1 kHz.

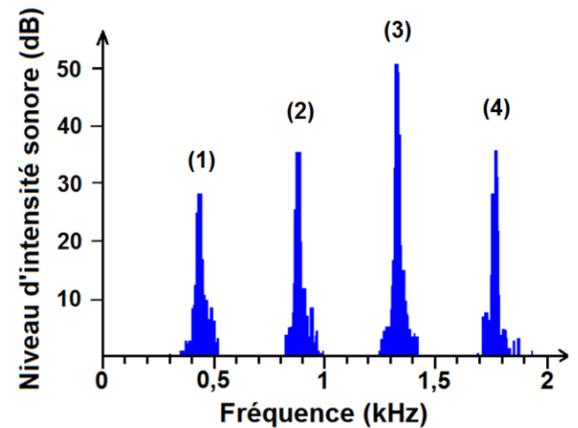
Le graphique suivant indique les valeurs minimales de niveau d'intensité sonore audible en fonction de la fréquence lorsque le son est écouté simultanément avec un son pur de fréquence 1kHz et de niveau d'intensité sonore 55 dB.



2.1. Déterminer le niveau d'intensité sonore minimal pour qu'un son de fréquence 800 Hz soit audible en présence d'un son masquant de fréquence 1 kHz et de niveau sonore 55 dB.

Le format MP3 exploite l'effet de masquage pour compresser l'enregistrement numérique d'un signal sonore. Cela consiste à réduire l'information à stocker sans trop dégrader la qualité sonore du signal. La compression de l'enregistrement permet donc de réduire le « poids » numérique (ou la taille du fichier) d'un enregistrement musical.

Le spectre fréquentiel de la note La3 jouée par une flûte traversière dans un environnement silencieux est donné ci-contre.



- Figure 3 : spectre fréquentiel de la note La3 jouée par une flûte traversière.

La flûte joue la note La3 en présence d'un son masquant de fréquence 1 kHz et de niveau d'intensité sonore de 55 dB qui correspond au cas de la figure 2. L'enregistrement numérique du signal sonore est compressé au format MP3.

2.2. En étudiant chaque pic du spectre de la figure 3, indiquer celui ou ceux qui seront éliminés par ce codage MP3. Justifier.

2.3. Effet de masquage lors du passage d'un train

Dans une ambiance sonore calme deux personnes conversent à un mètre l'une de l'autre. L'auditeur perçoit la parole de l'orateur avec un niveau d'intensité sonore égal à 50 dB.

Un train passe. La parole de l'orateur est masquée par le bruit du train. On suppose que dans ces conditions, le bruit du train masque toutes les fréquences audibles.

On admettra que le niveau d'intensité sonore minimal audible de la parole, en présence du train, est égal à 60 dB quelle que soit la fréquence. Pour être entendu, l'orateur parlera plus fort ou se rapprochera de son auditeur.

2.3.1. L'orateur ne se rapproche pas mais parle plus fort. Là où se trouve l'auditeur, le niveau d'intensité sonore est de 70 dB, déterminer s'il perçoit le son.

Pour une source isotrope (c'est-à-dire émettant de la même façon dans toutes les directions), l'intensité sonore en un point situé à une distance d de la source est inversement proportionnelle à d^2 , c'est-à-dire que $I = \frac{k}{d^2}$ où k est une constante.

2.3.2. Si l'orateur ne parle pas plus fort mais se rapproche de l'auditeur, à quelle distance de l'auditeur devra-t-il se placer pour être audible ? Justifier les étapes de votre raisonnement.

Toutes les initiatives du candidat seront valorisées. La démarche suivie nécessite d'être correctement présentée.

ANNEXE DE L'EXERCICE 1

Document : Chronophotographie de la chute libre d'un smartphone

Reproduction des positions du centre d'inertie au cours des premières secondes de chute. (1 cm sur le dessin représente 2 m de déplacement réel)

