

DS N°2 : JASON BOURNE AGITE LES ONDES
/35 PTS.



On croyait tout connaître de l'histoire de Jason Bourne et de son passé d'agent tueur malgré lui. Mais l'essentiel restait à découvrir. Le programme Treadstone dont Jason était le cobaye n'était que la partie émergée d'une conspiration plus ténébreuse, ourdie par d'autres branches du gouvernement et mettant en jeu d'autres agences de renseignement, d'autres programmes militaires, d'autres laboratoires secrets...

Dans le film Jason Bourne est poursuivi par un drone en Alaska.

Exercice 1 : Etude d'un drone / 20 pts.

Les drones de loisirs à quatre hélices sont des véhicules aériens de faible dimension. Ils sont vendus au grand public comme un jeu pour l'intérieur ou l'extérieur.

Document 1 : pilotage d'un drone.

De nombreux drones sont pilotés depuis un téléphone portable à l'aide d'une connexion WiFi. Un réseau WiFi permet une communication par ondes électromagnétiques entre différents appareils. Les connexions WiFi peuvent se faire suivant plusieurs protocoles de communication dont le protocole standard IEEE 802.11g dont les principales caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Standard	IEEE 802.11g
Fréquence des ondes électromagnétiques	2,4 GHz
Puissance d'émission maximale autorisée en France	100 mW
Distance de fonctionnement	Intérieur 20 m ; Extérieur 50 m

Document 2 : Effet Doppler

Lorsque l'émetteur d'une onde se déplace par rapport au récepteur, le décalage Doppler est donné par la relation « $f_R - f_E = \pm \frac{v}{c} \times f_E$ » dans le cas où la vitesse de déplacement est faible par rapport à la vitesse de propagation des ondes. Le signe est fonction du sens de déplacement de l'émetteur par rapport au récepteur.

f_R est la fréquence reçue par le récepteur

f_E est la fréquence émise par l'émetteur

c est la vitesse de propagation des ondes

v est la vitesse de déplacement de l'émetteur

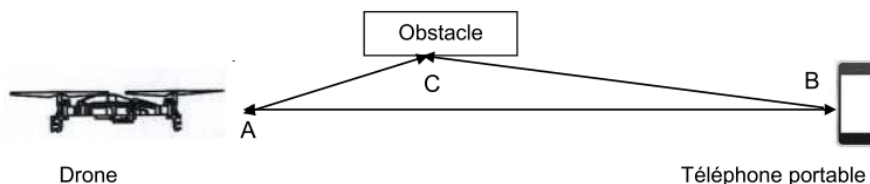


Document 3 : Les chemins multiples

« Les phénomènes de réflexion et de diffraction sont utiles pour capter le signal à un endroit où l'émetteur n'est pas visible : on dit qu'on est en condition de Non Line Of Sight (NLOS), c'est-à-dire que l'on n'a pas une ligne de vision directe. Mais les réflexions et diffractions peuvent également être nuisibles lorsqu'elles font apparaître de multiples chemins possibles entre l'émetteur et le récepteur. »

D'après WiFi professionnel : La norme 802.11, le déploiement, la sécurité Aurélien Géron

Exemple de chemins multiples





1. Les problèmes de transmission en WiFi

On aborde les problèmes de transmission entre le drone et le téléphone portable lorsque le drone se déplace à une vitesse de croisière de l'ordre de 3 m.s^{-1} .

1.a. Comparer la fréquence de l'onde radio émise par le drone à la fréquence de l'onde reçue par le téléphone portable lorsque le drone s'éloigne.

1.b. Donner l'expression de la fréquence de l'onde reçue en fonction de f_E , V et c .

1.c. Estimer la variation relative de cette fréquence.

$$\frac{|f_R - f_E|}{f_E} :$$

1.d Calculer la longueur d'onde des signaux émis en WiFi.

1.e. Un tronc d'arbre placé sur le trajet des ondes WiFi est-il susceptible de diffracter ces ondes ?

Justifier.

1.f. La superposition d'ondes ayant parcouru des chemins différents peut provoquer des interférences. À quelle condition obtient-on des interférences destructives ? Dans ce cas, quelle sera la conséquence sur la valeur de la puissance reçue ?

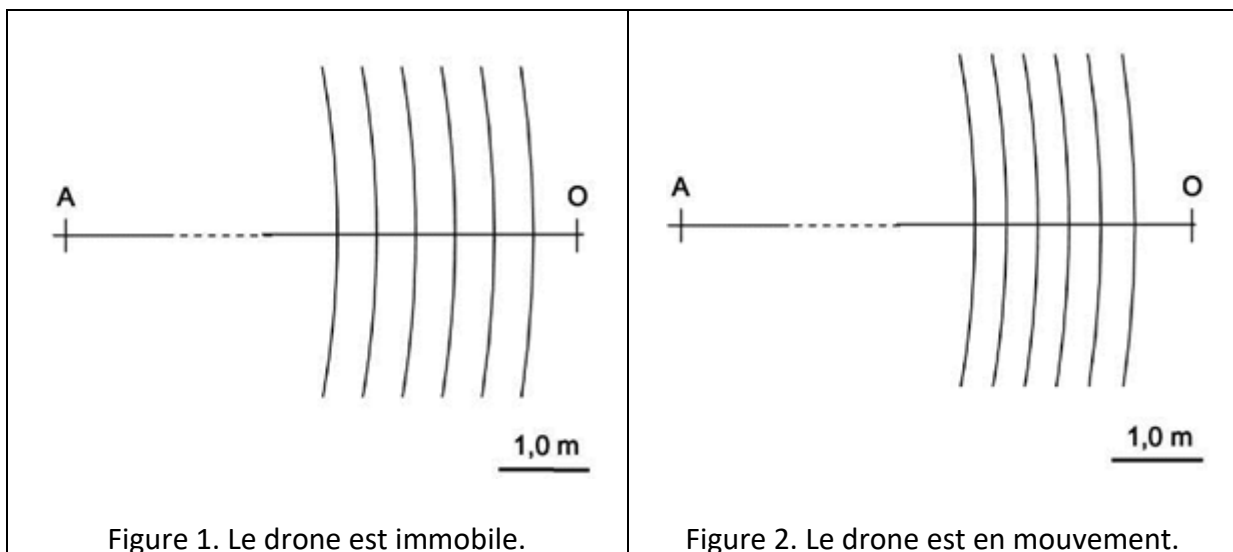
1.g. τ_1 et τ_2 représentent respectivement les durées du trajet de l'onde A-C-B et A-B entre le drone et le téléphone. On définit la durée $\Delta t = \tau_1 - \tau_2$. Parmi les 5 valeurs de Δt suivantes, indiquer celle(s) qui conduit (conduisent) à des interférences destructives. Justifier votre réponse.

$T/2, \quad T, \quad k.T, \quad k.T + T/2, \quad k.T/2$ k est un entier naturel

2. Détermination de la vitesse du drone par effet Doppler

On s'intéresse à un son émis par le drone et perçu par un observateur immobile. La valeur de la fréquence de l'onde sonore émise par l'hélicoptère est $f_0 = 8,0 \times 10^2 \text{ Hz}$. On se place dans le référentiel terrestre pour toute la suite de cette partie.

Les portions de cercles des figures 1 et 2 ci-dessous donnent les maxima d'amplitude de l'onde sonore à un instant donné. Le point A schématise le drone. Dans le cas de la figure 1, le drone est immobile. Dans le cas de la figure 2, il se déplace à vitesse constante le long de l'axe et vers l'observateur placé au point O. La célérité du son dans l'air est indépendante de sa fréquence.



2.1. Déterminer, avec un maximum de précision, la longueur d'onde λ_1 de l'onde sonore perçue par l'observateur lorsque le drone est immobile, puis la longueur d'onde λ_2 lorsque le drone est en mouvement rectiligne uniforme.

2.2. En déduire une estimation de la valeur de la célérité de l'onde sonore. Commenter la valeur obtenue.



2.3. Déterminer la fréquence du son perçu par l'observateur lorsque le drone est en mouvement. Comment la perception du son est-elle modifiée ?

2.4. En déduire la valeur de la vitesse du drone.

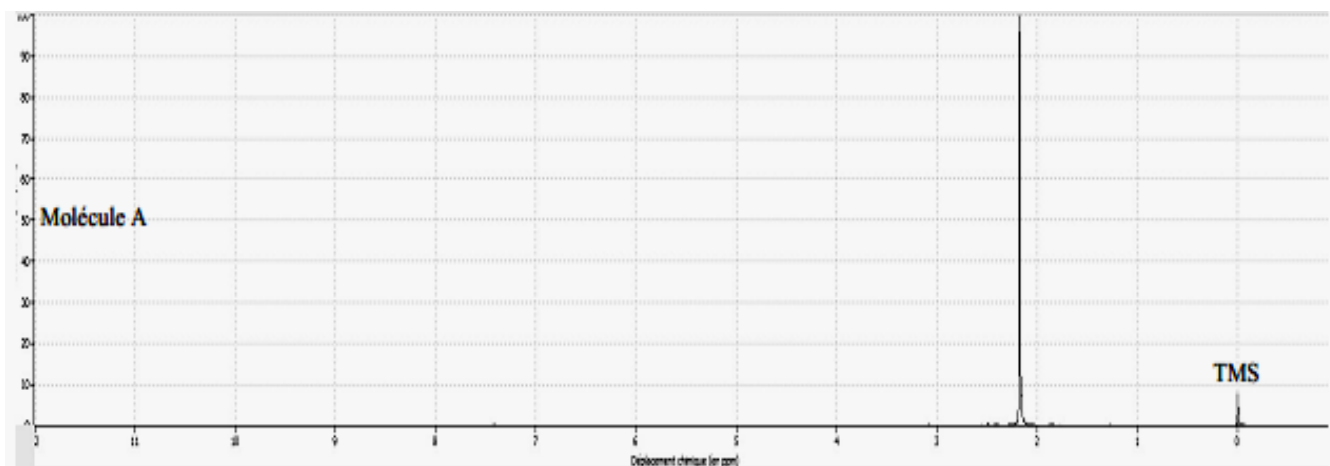
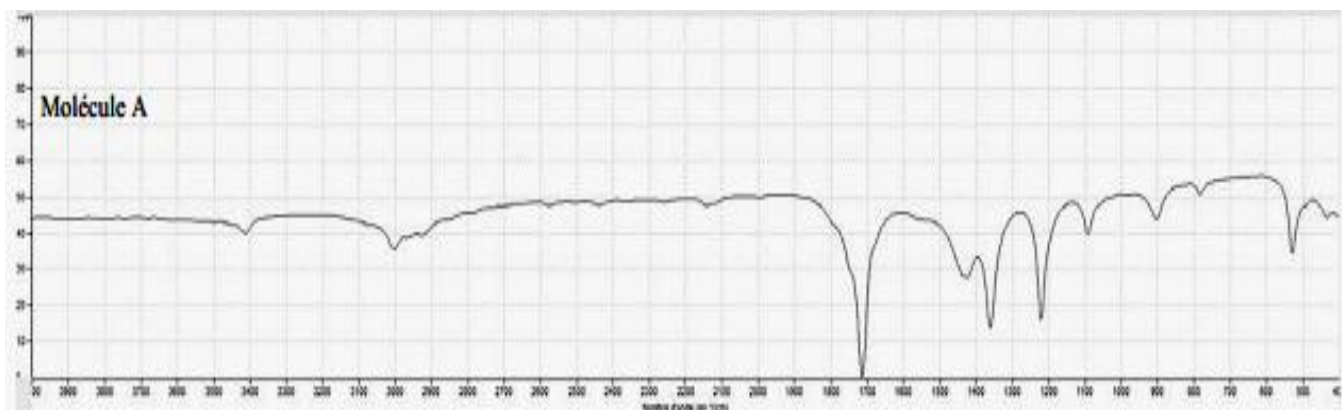
Cette valeur vous paraît-elle réaliste.

Une gigantesque chasse à l'homme commence. Cross n'a d'autre recours que de retrouver et gagner la confiance de la biochimiste d'"Outcome", Marta Shearing, elle-même menacée de mort.

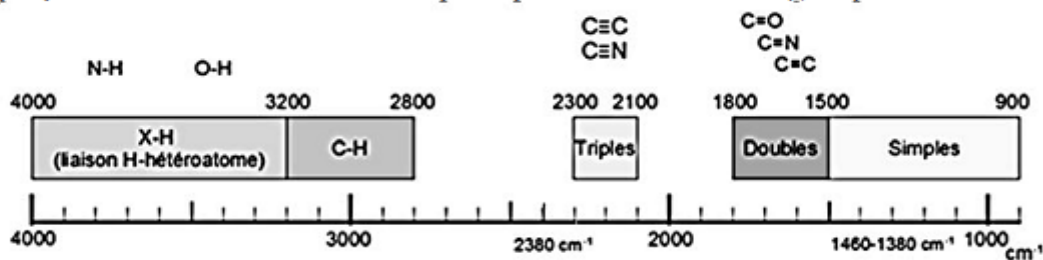


Exercice 2 : Analyse des pilules par la biochimiste / 5pts.

On a réalisé les spectres RMN et IR d'un composé A de formule brute C_3H_6O .



Donnée : Aperçu des nombres d'onde d'absorption pour les molécules organiques.



- Peut-on affirmer que la molécule A est un alcool.
- Combien y-a-t-il de groupe de protons équivalents dans la molécule A ?
- Proposer une formule semi-développée pour la molécule A.
- Quel est le nom de la molécule A ?



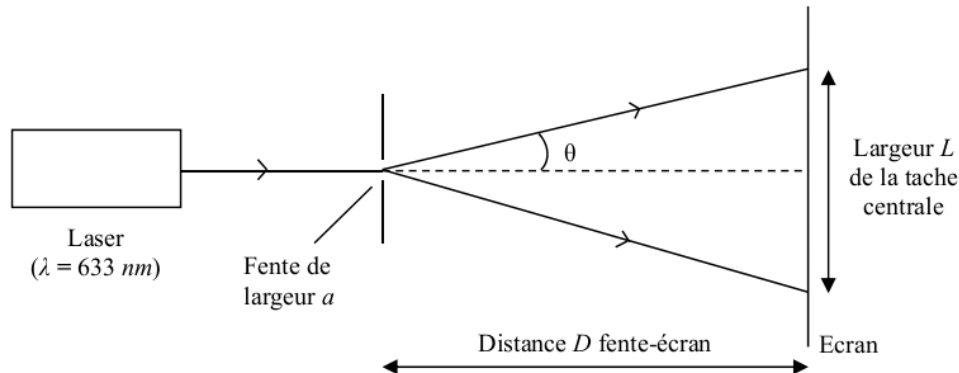
Exercice 3 : Les affirmations de la biologiste sont-elles justes ? / 10pts

Pour chaque réponse de la biologiste, indiquer par une justification si elle a raison ou non.

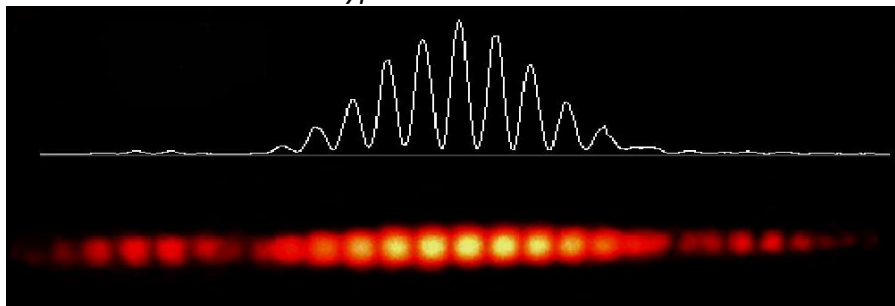
Diffraction par une fente

On éclaire une fente de largeur $a = 0,063 \text{ mm}$ à l'aide d'un laser émettant un faisceau rouge de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 633 \text{ nm}$.

Un écran est situé à une distance $D = 2,0 \text{ m}$ de la fente.



- a) L'écart angulaire θ de l'onde diffractée est d'environ $0,010^\circ$.
- b) La largeur de la tache centrale de diffraction sur l'écran a une taille de $4,0 \text{ cm}$.
- c) L'écart angulaire aurait été plus grand si le faisceau laser utilisé pour l'expérience avait été vert.
- d) Si on multiplie par deux la distance entre le laser et la fente, la largeur de la tache centrale de diffraction augmente.
- e) La figure obtenue sur l'écran est de ce type.



Concert

Un groupe de rock amateur comprend une guitare basse, une guitare, un clavier, une batterie et un chanteur. À dix mètres de la scène, le niveau sonore L , exprimé en décibel (dB), est de :

- 60 dB pour le chanteur seul
- 57 dB pour la guitare basse seule
- 60 dB pour la guitare seule
- 60 dB pour la batterie seule
- 63 dB pour le clavier seul

Données : Intensité sonore de référence $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$;
 $\log (A \times B) = \log A + \log B$; $10 \times \log 2 = 3$.

- a) Lors du solo de guitare, l'intensité sonore est de $I = 1,0 \times 10^{-6} \text{ W.m}^{-2}$.
- b) Le niveau sonore du groupe lorsqu'ils jouent tous ensemble est de 300 dB.

**Correction de l'exercice 1. / 21 pts****1.2. Les problèmes de transmission en WiFi / 11**

1.a. Lorsque le drone s'éloigne la fréquence reçue est inférieure à la fréquence émise par le drone. (la longueur d'onde de l'onde reçue est plus grande que la longueur d'onde de l'onde émise car la source s'éloigne)*

1.b On utilise la formule fournie : $f_R - f_E < 0$ donc $f_R - f_E = -\frac{v}{c} \cdot f_E$, ainsi $f_R = f_E - \frac{v}{c} \cdot f_E$ *

1.c. La variation relative de fréquence est $\frac{|f_R - f_E|}{f_E} = \frac{\left|f_E - \frac{v}{c} \cdot f_E - f_E\right|}{f_E} = \frac{v}{c} = \frac{3}{3,0 \cdot 10^8} = 1 \cdot 10^{-8}$,

soit une variation extrêmement faible.**

1.d. $\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3,0 \times 10^8}{2,4 \times 10^9} = 0,13 \text{ m}^*$

1.e. Le phénomène de diffraction est d'autant plus marqué que le rapport entre la longueur d'onde λ et les dimensions d'un obstacle (ou d'une ouverture) « a » est important.*

Si on considère que le tronc d'arbre a un diamètre de l'ordre de 10 cm, **alors la diffraction se produit** de façon sensible.*

1.f. Les interférences sont destructives lorsque la différence de marche (« de chemins ») vaut

$$\delta = (2k+1) \cdot \frac{\lambda}{2} \text{ où } k \text{ est un entier relatif.}^*$$

Dans ce cas la puissance reçue est fortement réduite là où les interférences sont destructives (et augmentée là où les interférences sont constructives).*

1.g. Par définition, les interférences sont destructives si le retard entre les ondes ayant parcouru des chemins

différents vaut : $\Delta t = (2k+1) \cdot \frac{T}{2}$. On veut un nombre impair de $T/2$.

- $\Delta t = \frac{T}{2}$ on retient donc cette proposition.
- $\Delta t = T$ on a pas un nombre impair de demi-période, on élimine cette proposition.
- $\Delta t = k \cdot T$ k étant un entier, on ne retient pas cette proposition.
- $\Delta t = k \cdot T + \frac{T}{2}$ $(2k+1) \cdot \frac{T}{2}$ on a un nombre impair de demi-période, on retient cette formule.
- $\Delta t = k \cdot \frac{T}{2}$ si $k = 2$ on a pas une demi-période, on ne retient pas cette formule.

Bilan : ** $T/2$, ~~T~~ , ~~$k \cdot T$~~ , $k \cdot T + T/2$, ~~$k \cdot T/2$~~

2. Détermination de la vitesse d'un hélicoptère par effet Doppler / 10

2.1. On mesure la distance correspondant à plusieurs longueurs d'onde pour avoir un maximum de précision.

Sur la Figure 1, on a $5\lambda_1 = 2,6 \text{ cm}$ donc $\lambda_1 = \frac{2,6}{5} = 0,52 \text{ cm}$. Il faut tenir compte de l'échelle.

1,2 cm schéma \rightarrow 1,0 m en réalité

0,52 cm schéma $\rightarrow \lambda_1 \text{ m}$ en réalité donc $\lambda_1 = \frac{1,0 \times 0,52}{1,2} = 0,43 \text{ m}^*$

Même raisonnement pour la figure 2 : on a $5\lambda_2 = 2,1 \text{ cm}$ donc $\lambda_2 = \frac{2,1}{5} = 0,42 \text{ cm}$.

1,2 cm schéma \rightarrow 1,0 m en réalité

0,42 cm schéma $\rightarrow \lambda_2 \text{ m}$ en réalité donc $\lambda_2 = \frac{1,0 \times 0,42}{1,2} = 0,35 \text{ m}^*$

2.2. On a $\lambda_1 = \frac{v_{son}}{f_0}$ donc $v_{son} = \lambda_1 \cdot f_0$

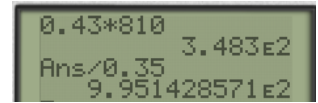


$v_{son} = 0,43 \times 8,1 \times 10^2 = 3,483 \times 10^2 \text{ m.s}^{-1} = 3,5 \times 10^2 \text{ m.s}^{-1}$ avec 2 CS.*

On sait que la célérité du son dans l'air est plus proche de 340 m.s⁻¹ en général.

2.3. Grâce à la figure 2, on a $\lambda_2 = 0,35 \text{ m}$ et on utilise la valeur précédente de la célérité (l'énoncé précise que la célérité est indépendante de la fréquence).

$\lambda' = \frac{v_{son}}{f'}$ donc $f' = \frac{v_{son}}{\lambda'} = \frac{\lambda_0 \cdot f_0}{\lambda'} = \frac{0,43 \times 8,1 \times 10^2}{0,35} = 1,0 \times 10^3 \text{ Hz} * > f_0$



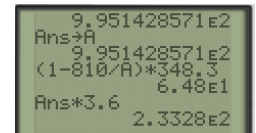
Tout comme à la question 1.2. on constate que la fréquence perçue est supérieure à la fréquence émise. Le son émis par le drone paraît plus aigu lorsque ce dernier s'approche de l'observateur.*

2.4. On prend la formule donnée en début de sujet $T' = T_0 \cdot \left(1 - \frac{v_s}{v_{son}}\right)$

$\frac{T'}{T_0} = 1 - \frac{v_s}{v_{son}}$ soit $\frac{v_s}{v_{son}} = 1 - \frac{T'}{T_0}$ soit $v_s = \left(1 - \frac{T'}{T_0}\right) \cdot v_{son}$

$v_s = \left(1 - \frac{1}{\frac{f'}{f_0}}\right) \cdot v_{son}$ soit $v_s = \left(1 - \frac{f_0}{f'}\right) \cdot v_{son}$ $v_s = \left(1 - \frac{8,1 \times 10^2}{9,9514 \times 10^2}\right) \times 3,483 \times 10^2 = 64,8 \text{ m.s}^{-1} = 65 \text{ m.s}^{-1} **$

En multipliant par 3,6, on obtient $v_s = 233 \text{ km.h}^{-1}$. Cette valeur semble élevée pour un drone.*



Exercice 2 : Analyse des pilules par la biochimiste. / 5pts

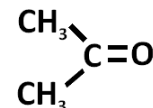
a) Peut-on affirmer que la molécule A est un alcool.

Le spectre IR ne présente pas la fonction -OH. Ce n'est donc pas un alcool.*

b) Combien y-a-t-il de groupe de protons équivalents dans la molécule A ?

La molécule A propose dans le spectre RMN une réponse. Il y a donc un groupe de protons équivalents.*

c) Formule semi-développée : on sait C₃H₆O / présence C=O absence -OH / 1 groupe protons équivalent composé de 6 hydrogènes.**



d) La molécule est la propanone.*

Exercice 3 : Les affirmations de la biologiste sont-elles justes ?/ 10pts

Diffraction.

a) L'écart angulaire est obtenue par : $\theta = \lambda / a = 633 \cdot 10^{-9} / 0,063 \cdot 10^{-3} = 0,010 \text{ rad}$. L'affirmation est fausse car l'unité n'est pas la bonne.**

b) L'écart angulaire est aussi : $\tan \theta = \theta = (L/2) / D$ soit $L = 2 \cdot D \cdot \theta = 4 \cdot 0,010 = 0,040 \text{ m} = 4,0 \text{ cm}$. L'affirmation est juste ;**

c) Si le faisceau laser est vert, la longueur d'onde λ est plus petite donc θ est plus petit et l'écart angulaire plus faible ;L'affirmation est fausse.*

d) La distance laser fente en rentre pas en ligne de compte donc l'affirmation est fausse*

e) L'affirmation est fausse, c'est une figure d'interférence obtenue avec 2 fentes.*

Concert.

a) Pour le solo de guitare on a $L = 60 \text{ dB}$.

On sait que $L = 10 \log (I/I_0)$ donc $I = I_0 \cdot 10^{L/10} = 1,0 \cdot 10^{-12} \cdot 10^6 = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ W.m}^2$. L'affirmation est juste.**

b) On sait que ce ne sont pas les niveaux sonores qui s'additionnent mais les intensités sonores :

$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 = I_0 \cdot (10^6 + 10^{5,7} + 10^{6,0} + 10^{6,6} + 10^{6,3})$. L'affirmation est fausse.*