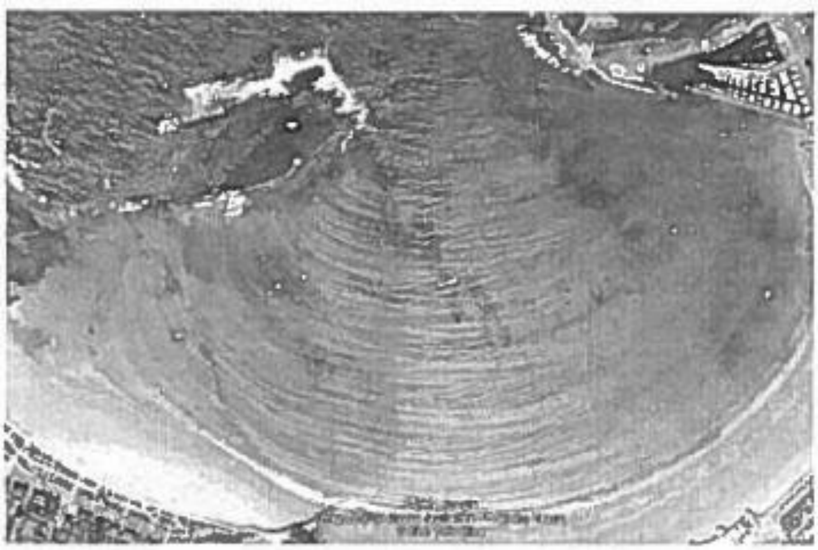
Devoir surveillé n°2 – Octobre 2014

EXERCICE I : Les ondes dans l'eau. / 17 pts

La houle est un train de vagues régulier généré par un vent soufflant sur une grande étendue de mer sans obstacle, le fetch. En arrivant près du rivage, sous certaines conditions, la houle déferle au grand bonheur des surfeurs !

En eau profonde, la vitesse de la houle est donnée par : $v = \sqrt{\dfrac{g.\lambda}{2\pi}}$

Donnée : intensité de la pesanteur : $g = 9{,}8\ m.s^{-2}$.
Lorsqu'elle arrive dans une baie :



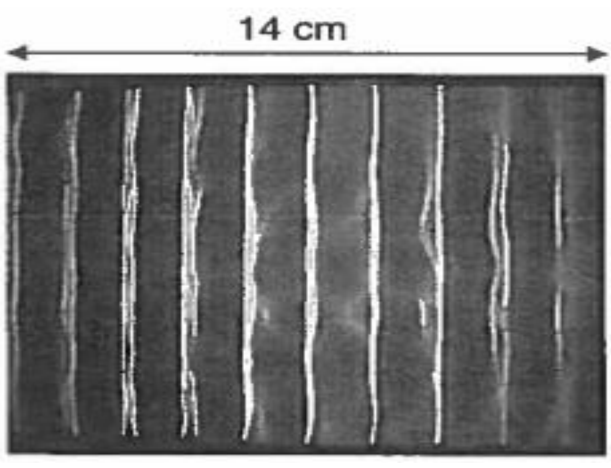
1. La houle …

1.1. Il est possible de simuler la houle au laboratoire de physique avec une cuve à ondes en utilisant une lame vibrante qui crée à la surface de l'eau une onde progressive sinusoïdale de fréquence f = 23 Hz. On réalise une photographie du phénomène observé (document 1).
Déterminer la vitesse de propagation v de l'onde sinusoïdale générée par le vibreur.

1.2. Au large de la pointe bretonne, à une profondeur de 3000 m, la houle s'est formée avec une longueur d'onde de 60 m. Calculer la vitesse de propagation v_1 de cette houle. En déduire sa période T.

1.3. Sur la photographie aérienne de la baie, quel phénomène peut-on observer ? Quelle est la condition nécessaire à son apparition ?

Document 1 : Simulation de la houle au laboratoire avec une cuve à ondes.



2. Détermination de la célérité des ondes ultrasonores dans l'eau.

La célérité des ultrasons dans l'air v_{air} = 340 m.s^{-1} est plus faible que la célérité des ultrasons dans l'eau de mer v_{eau}.

Un émetteur produit simultanément des salves d'ondes ultrasonores dans un tube rempli d'eau de mer et dans l'air (voir figure 1). À une distance d de l'émetteur d'ondes ultrasonores, sont placés deux récepteurs, l'un dans l'air et l'autre dans l'eau de mer. Le récepteur A est relié à l'entrée A du système d'acquisition d'un ordinateur et le récepteur B à l'entrée B. L'acquisition commence lorsqu'un signal est reçu sur l'entréeB du système.

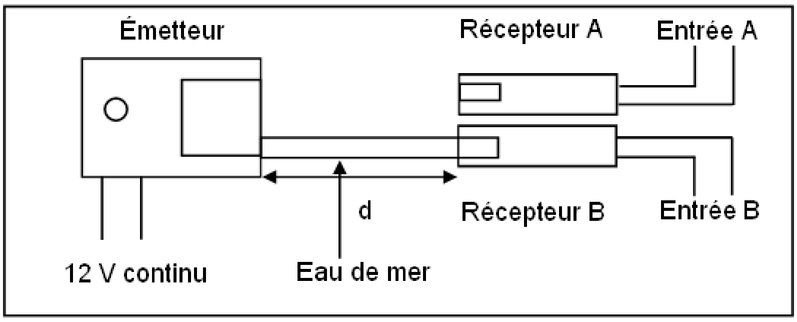
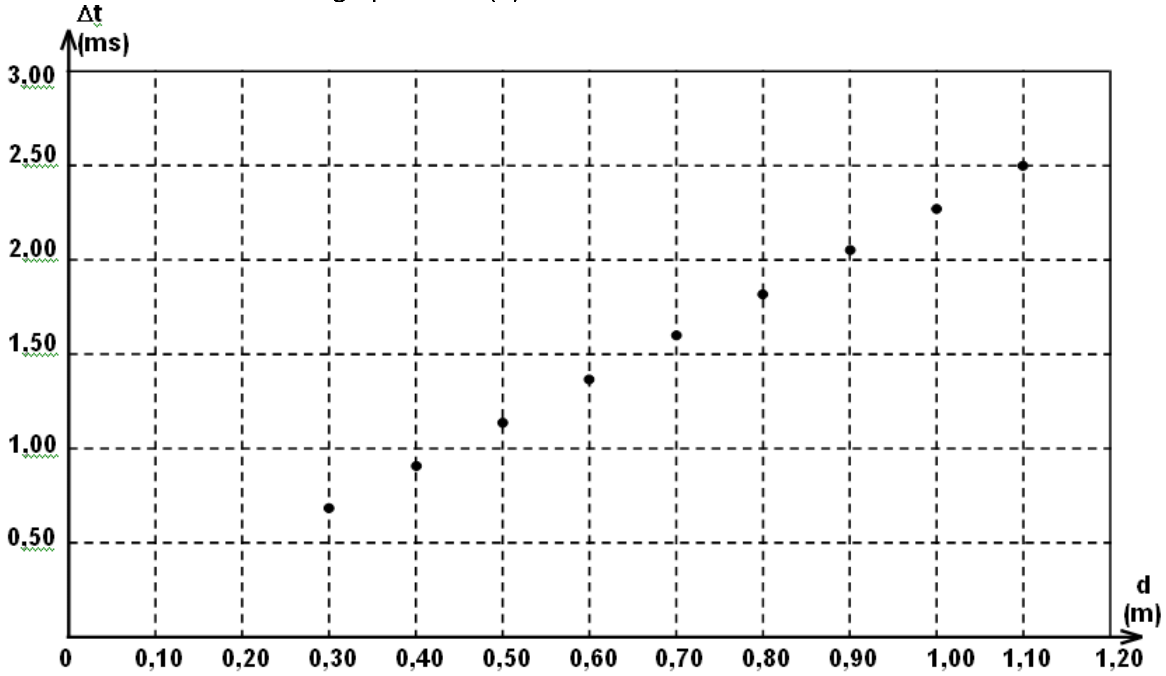


Figure 1

2.1 Pourquoi est-il nécessaire de déclencher l'acquisition lorsqu'un signal est reçu sur l'entrée B plutôt que l'entrée B ?

2.2 Donner l'expression du retard Δt entre la réception des ultrasons par les deux récepteurs en fonction de t_A et t_B, durées que mettent les ultrasons pour parcourir respectivement la distance d dans l'air et dans l'eau de mer.

2.3 On détermine Δt pour différentes distances d entre l'émetteur et les récepteurs. On traite les données avec un tableur et on obtient le graphe Δt = f(d) ci-dessous.



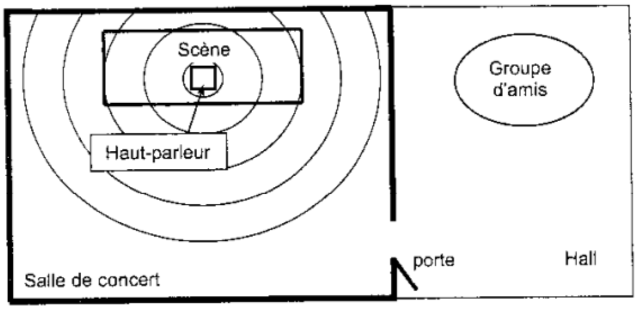
2.3.1 Donner l'expression de Δt en fonction de d , v_{air}, v_{eau}.

2.3.2 Justifier l'allure de la courbe obtenue.

2.3.3 Déterminer graphiquement le coefficient directeur de la droite Δt = f(d). En déduire la valeur de la célérité v_{eau} des ultrasons dans l'eau de mer en prenant v_{air} = 340 m.s^{-1}.

EXERCICE II : Des ondes sonores. / 12 pts

1. Concert en salle.

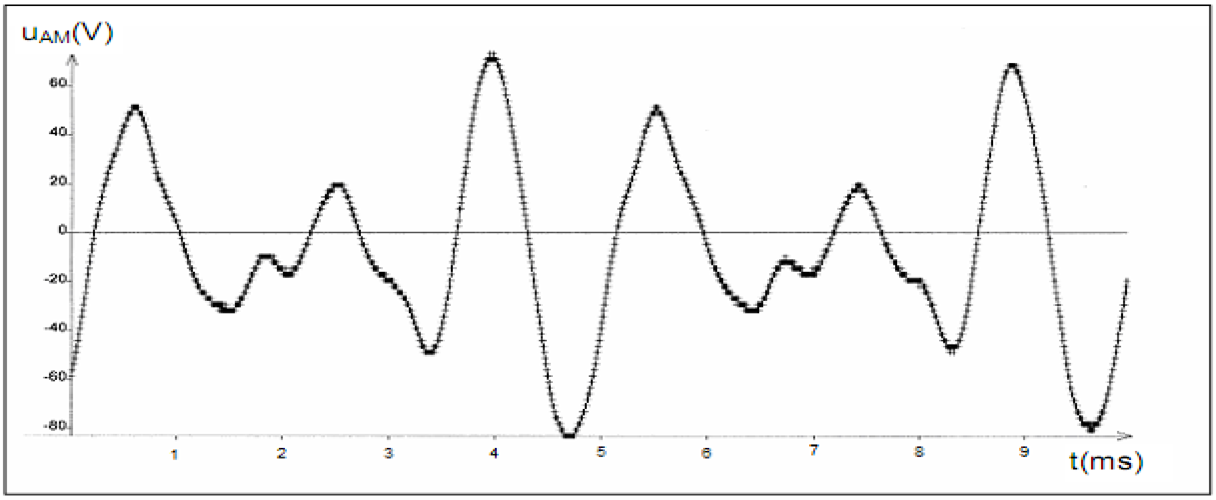


Lors d'un concert en salle, des personnes arrivés un peu retard s'étonnent d'entendre de la musique alors qu'ils sont encore dans le hall et donc séparés de la scène par un mur très bien isolé phonétiquement. Ils remarquent cependant que la porte, d'une largeur de 1,00 m, est ouverte. La situation est représentée sur le schéma ci-contre.

1.1. Quel phénomène physique permet d'expliquer l'observation faite par les spectateurs ?

1.2. Les spectateurs ont-ils entendu préférentiellement dans le hall des sons graves (f = 100 Hz) ou des sons très aigus (f = 10000 Hz) ? Justifier la réponse en calculant les longueurs d'onde correspondantes.

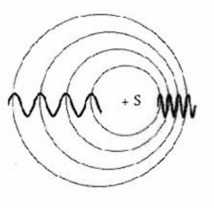
1.3. L'enregistrement informatisé d'une note jouée par l'une des guitares du groupe est représenté par le **document 1** ci-dessous.



1.3.1. Le son joué par la guitare comporte-t-il des harmoniques ? Justifier.

1.3.2. À partir du **document enregistré,** déterminer la période de la note jouée par la guitare. En déduire sa fréquence.

2. Tour de France.



En vacances à Montpellier lors du passage du tour de France, un spectateur entend le son d'une voiture de la caravane publicitaire. Le son émis est à une fréquence f = 680 Hz. Le spectateur enregistre avec son portable le passage de la caravane.

2.1. Le véhicule se rapproche du touriste immobile.

Pendant l'intervalle de temps T, le son parcourt la distance λ. Pendant ce temps, le véhicule parcourt la distance $d = v.T$.

La longueur d'onde λ' perçue par le touriste à droite de la source S a donc l'expression suivante :

$\lambda' = \lambda - v.T$ **(1)**

2.1.1. Rappeler la relation générale liant la vitesse de propagation, la longueur d'onde et la fréquence.

2. 1.2. Déduire de la relation **(1) la fréquence** $f' = f \cdot \dfrac{c}{c - v}$ (f' étant la fréquence sonore perçue par le touriste)

2.1.3. Le son perçu est-il plus grave ou plus aigu que le son d'origine ? Justifier.

2.2. Exprimer la vitesse du véhicule qui se rapproche du touriste.

2.3. Estimer en km.h^{-1}, en arrondissant les valeurs à des nombres entiers, la vitesse du véhicule sachant que ce dernier perçoit alors un son de fréquence $f' = 716$ Hz.

EXERCICE III. LUMIERE ! / 11 pts

Cet exercice décrit deux expériences utilisant une lumière émise par un laser.

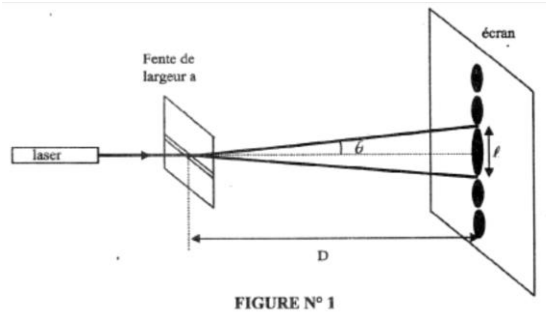


FIGURE N° 1

<u>Expérience 1</u> : On place perpendiculairement au faisceau lumineux et à quelques centimètres du laser, une fente fine et horizontale de largeur a. Un écran situé à une distance D de la fente, montre des taches lumineuses réparties sur une ligne verticale. La tache centrale plus lumineuse que les autres, est la plus large.

L'angle θ (de la figure 1) est donné par la relation : $\theta = \frac{\lambda}{a}$

1.1. Exprimer $\tan\theta$ en fonction de la largeur ℓ de la tache centrale et de la distance D. **En déduire** une expression de l'angle θ (θ étant faible, on pourra utiliser l'approximation $\tan\theta \approx \theta$).

1.2. En utilisant les relations, **montrer** que la largeur *a* de la fente s'exprime par la relation : $a = \frac{2.\lambda.D}{\ell}$.

1.3. Calculer *a*. On donne : ℓ = 38 mm et D = 3,00 m.

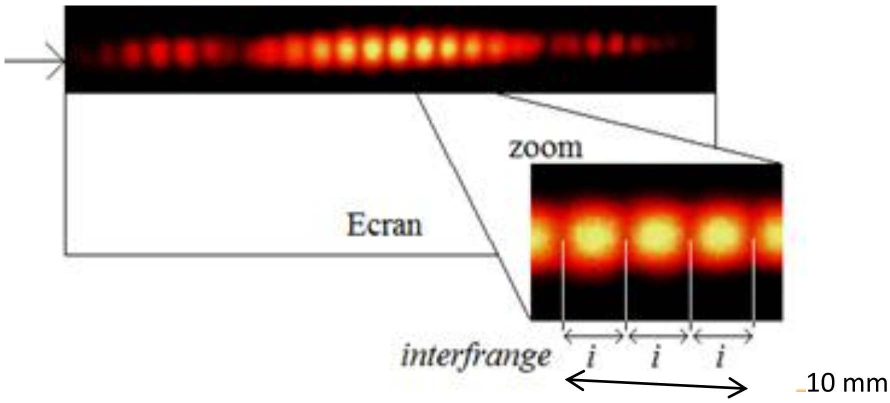
<u>Expérience 2</u> : On remplace la fente par deux fentes distantes de b = 0,40 mm.

2.1. Quel phénomène observe-t-on ?

2.2. L'interfrange est donnée par la relation : $i = \frac{\lambda.D}{b}$ avec b distance entre les 2 fentes.

Calculer i dans ce cas.

Expérimentalement, on obtient ceci :



2.3.1. Pourquoi faut-il mesurer expérimentalement plusieurs franges ?

2.3.2. De quelle couleur était le laser utilisé ? Justifier.

0,400 µm		Violet
0,430 µm		Indigo
0,470 µm		Bleu
0,530 µm		Vert
0,580 µm		Jaune
0,600 µm		Orangé
0,650 µm		Rouge

Correction du devoir surveillé n°2 – Octobre 2014 / 20 pts

EXERCICE I : Les ondes dans l'eau / 17 pts.

1. La houle.

1.1. (4 pts)

Déterminons la longueur d'onde sur le document 1 :

C'est la plus petite distance entre deux points dans le même état vibratoire (ex : sommet de vagues).

Pour plus de précision, on mesure plusieurs λ.

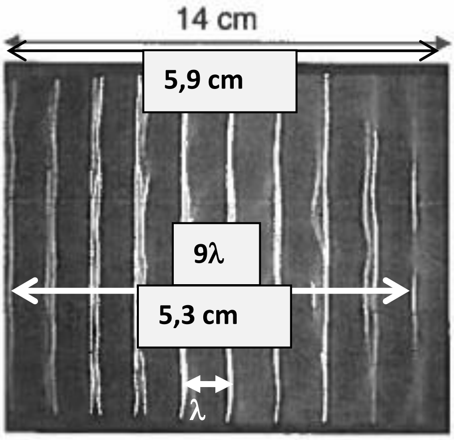


Schéma	Réalité
5,9 cm →	14 cm
5,3 cm →	9 λ

$\lambda = \dfrac{5,3\times 14}{9\times 5,9} = 1,4 \text{ cm} = 1,4\times10^{-2} \text{ m}$

La vitesse est donnée par : $v = \lambda.f = 1,4\times10^{-2}\times 23 =$ **0,32 m.s⁻¹**

1.2. (3 pts) : $\lambda = 60$ m et $h = 3000$ m, donc $v_1 = \sqrt{\dfrac{g.\lambda}{2\pi}}$

$v_1 = \sqrt{\dfrac{9,8\times 60}{2\pi}} = \mathbf{9,7\ m.s^{-1}}$

De plus : $\lambda = v_1.T$ donc la période $T = \dfrac{\lambda}{v_1} = \dfrac{60}{9,7} = \mathbf{6,2\ s}$

1.3. (2 pts) Arrivée de la houle dans une baie

Sur la photographie aérienne, on observe la diffraction de la houle à l'entrée de la baie.

La diffraction sera d'autant plus visible que la longueur d'onde de la houle sera grande face à la dimension de l'entrée de la baie.

2. Détermination de la célérité des ondes ultrasonores dans l'eau.

2.1. (1 pt) La célérité des ultrasons est plus grande dans l'eau de mer que dans l'air. Ainsi la salve d'ultrasons émise sera reçue en premier par le récepteur B, puis ensuite par le récepteur A.

2.2.(1pt) Les ultrasons parcourent la distance d.

Dans l'air $v_{air} = \dfrac{d}{t_A - t_0}$, en posant $t_0 = 0$ (instant du début de l'émission de la salve) on a $v_{air} = \dfrac{d}{t_A}$.

Dans l'eau de mer $v_{eau} = \dfrac{d}{t_B}$.

D'après l'énoncé : $v_{eau} > v_{air}$ donc $t_B < t_A$

Le récepteur B perçoit en premier les ultrasons, ensuite le récepteur A. Donc le retard a pour expression :

$\boxed{\Delta t = t_A - t_B.}$

2.3.1.(2pt) $\Delta t = t_A - t_B = \dfrac{d}{v_{air}} - \dfrac{d}{v_{eau}}$ soit $\boxed{\Delta t = d.\left(\dfrac{1}{v_{air}} - \dfrac{1}{v_{eau}}\right)}$

2.3.2. (2pt) La relation obtenue en 2.3.1. montre que Δt est proportionnelle à d.

La courbe représentative de d en fonction de Δt est une droite passant par l'origine, ce qui est cohérent avec cette proportionnalité.

2.3.3.(2pt) Soit le point A ($d_A = 1,10$ m ; $\Delta t_A = 2,50$ ms $= 2,50\times10^{-3}$ s)

Notons a le coefficient directeur de cette droite passant par O : $a = \dfrac{\Delta t_A}{d_A} = \dfrac{2,50\times10^{-3}}{1,10} = \mathbf{2,27\times10^{-3}\ s.m^{-1}}$

Le coefficient directeur a pour expression littérale a = $\left(\dfrac{1}{v_{air}} - \dfrac{1}{v_{eau}}\right)$

donc a = $\left(\dfrac{v_{eau} - v_{air}}{v_{air}.v_{eau}}\right)$

$a.v_{air}.v_{eau} = v_{eau} - v_{air}$ ⇔ $a.v_{air}.v_{eau} - v_{eau} = - v_{air}$ ⇔ $v_{eau}\,(a.v_{air} - 1) = - v_{air}$

$v_{eau} = \dfrac{-v_{air}}{(a.v_{air} - 1)} = \dfrac{v_{air}}{(1 - a.v_{air})} = \dfrac{340}{1 - 2{,}27\times10^{-3}\times340}$ = $\mathbf{1{,}50\times10^{3}\ m.s^{-1}}$

EXERCICEI I : Des ondes sonores. / 12 pts

1. Concert en salle

1.1. (1pt) Le son émis par le haut-parleur est diffracté par l'ouverture qu'est la porte. La **diffraction** permet d'expliquer l'observation des spectateurs.

1.2. (2 pts) On sait que $\lambda = \dfrac{v}{f}$, en considérant que la célérité du son dans l'air vaut 340 $m.s^{-1}$

Sons graves : $\lambda_1 = \dfrac{340}{100} = 3{,}40$ m

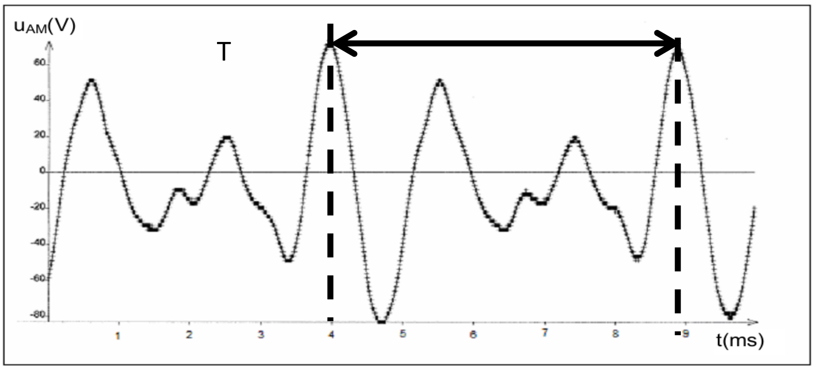
Sons aigus : $\lambda_2 = \dfrac{340}{10000} = 3{,}40\times10^{-2}$ m = 3,40 cm

Le phénomène de diffraction est d'autant plus marqué que la longueur d'onde λ est grande face à la taille de l'ouverture.

La porte de largeur 1,00 m diffracte mieux les sons graves, qui sont ainsi mieux perçus par les spectateurs.

1.3.1. (1pt) La tension qui correspond au le son de la guitare **n'est pas une sinusoïde simple**. Le son comporte des harmoniques.

1.3.2. (2 pts)



T = 9,0 – 4,0 = 5,0 ms

$f = \dfrac{1}{T} = \dfrac{1}{5{,}0\times10^{-3}} = 2{,}0\times10^{2}$ Hz

2. Le tour de France.

2.1.1.(1pt) On a : $\lambda = \dfrac{c}{f}$

2.1.2. (1pt) : Relation (1) $\lambda' = \lambda - v.T$

$$\frac{c}{f'} = \frac{c}{f} - v.\frac{1}{f} \Leftrightarrow \frac{c}{f'} = \frac{1}{f}.(c - v) \Leftrightarrow \frac{f'}{c} = \frac{f}{(c - v)} \Leftrightarrow f' = f.\frac{c}{c - v}$$

2. 1.3. (1pt) : $\dfrac{c}{c - v} > 1$ donc f' > f ainsi le son perçu est plus aigu que le son émis.

2.2. (2pt) Le véhicule se rapproche, on utilise la relation $f' = f.\dfrac{c}{c - v}$

$f'.(c - v) = f.c$ ⇔ $f'.c - v.f' = f.c$ ⇔ $f'.c - f.c = v.f'$ ⇔ $c.(f' - f) = v.f'$ ⇔ $v = \dfrac{c.(f' - f)}{f'}$

$v = \dfrac{340\times(716 - 680)}{716}\times 3{,}6 = 61{,}5\ km.h^{-1}$ = $\mathbf{62\ km.h^{-1}}$ en arrondissant à l'entier le plus proche.

2.3. (1pt)

EXERCICE III : Lumière ! / 11pts

Expérience 1.

1.1. (1pt) L'angle θ représente la demi-largeur angulaire de la tache centrale de diffraction.

θ en radians (rad) / λ longueur d'onde en mètres (m) / a largeur de la fente en mètres (m).

Dans le triangle (ABC), rectangle en B, on a : $\tan\theta = \dfrac{\ell/2}{D}$ soit $\theta = \dfrac{\ell}{2.D}$

1.2. (1pt) $\theta = \dfrac{\ell}{2.D}$ et $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$ d'où $\dfrac{\ell}{2.D} = \dfrac{\lambda}{a}$ Soit $a = \dfrac{2.\lambda.D}{\ell}$

1.3. (2pt) Soit $a = \dfrac{2.\lambda.D}{\ell} = \dfrac{2\times 633\times 10^{-9}\times 3,00}{38\times 10^{-3}}$ = $\mathbf{10\times 10^{-5}}$ **m**

Expérience 2

2.1.(1pt) On observe un phénomène d'interférence avec 2 fentes. La tache centrale est découpée en point intense et sombre (interfrange).

2.2. (2pts) L'interfrange : $i = \dfrac{\lambda.D}{b}$ = $633.10^{-9} * 3,00/ (0,40.10^{-3}) = 4,7$ mm.

2.3.1. (1pt) La taille d'un interfrange est petite, pour avoir de la précision il faut en mesurer plusieurs.

2.3.2. (3pts) On mesure pour 3 . i = 10 mm soit i = 3,3 mm

donc $\lambda = 3,3.10^{-3} * 0,40.10^{-3} / 3.0 = 0,44.10^{-6}$ = 440 nm soit un laser bleu.