Correction DS Novembre 2012

Exercice 1 : le Satellite Planck

1. une synthèse argumentée répondant à la problématique suivante :

« Comment les informations recueillies par le satellite Planck permettent-elles de cartographier ″l'Univers fossile″ ? »

Exemple de synthèse :
Le satellite Planck a été mis en orbite, en 2009, par Ariane 5. Il est équipé de différents capteurs permettant de détecter le rayonnement fossile. Par un balayage systématique du ciel, il a pour mission de recueillir des informations sur l'origine de l'Univers et l'assemblage des galaxies.
Le rayonnement fossile détecté par le satellite est un rayonnement électromagnétique émis par l'Univers, se comportant comme un corps noir, quelques centaines de milliers d'années après le Big-Bang. Ce rayonnement provient de toutes les directions du ciel avec une intensité constante dans le temps.
A cause de la dilatation de l'Univers, ce rayonnement correspond aujourd'hui au rayonnement d'un corps à la température de 3K.
D'après la loi de Wien, $\lambda_{\text{max}} = \frac{\text{A}}{T} \Leftrightarrow \lambda_{\text{max}} = \frac{2{,}9}{3} = 0{,}96$ mm. Ce rayonnement a donc une longueur d'onde dans le vide de l'ordre de 1 mm. Il s'agit donc d'un rayonnement à la frontière entre infrarouge et ondes radio (document 4).

Les rayonnements de cette longueur d'onde sont presque totalement absorbés par l'atmosphère terrestre, comme l'indique le document 2. Cela explique l'intérêt de placer les capteurs hors de l'atmosphère pour réaliser la cartographie de l'Univers.
Le rayonnement fossile a été émis par l'Univers primitif lorsqu'il est devenu transparent. L'intensité de ce rayonnement, capté par le satellite Planck, dépend de la densité de l'univers primitif dans la direction pointée. Cette observation permet donc de mesurer les inhomogénéités de densité de matière de l'Univers quelques centaines de milliers d'années après le Big-Bang, et d'en dresser une véritable carte.

Points clés :

Présentation du satellite (année et lieu de lancement par exemple)
De sa mission : recueillir des informations sur l'origine de l'Univers

Source : l'Univers primitif devenu transparent, se comportant comme un corps noir.
Nature : rayonnement électromagnétique.
Intensité et direction : intensité constante au cours du temps, provient de toutes les directions du ciel.

Longueur d'onde dans le vide : Corps noir à 3K => Valeur de la longueur d'onde λ_{max} = 1 mm
(loi de Wien).
Rayonnement à la frontière entre IR et onde radio.

L'atmosphère est totalement opaque à la longueur d'onde λ = 1 mm
Nécessité de capter ce rayonnement hors atmosphère

Conclusion :
Capter le rayonnement fossile dans toutes les directions donne des informations sur sa source, l'univers fossile, donc d'en dresser une carte présentant les inhomogénéités (ou « grumeaux ») selon la direction d'observation.

Soin apporté à la rédaction

Exercice 2 : Quand les astrophysiciens voient rouge

1. Le document 1 indique que $\lambda' > \lambda_0$, de plus v < c $\Rightarrow$(1) et (2) FAUX
   (3) relation non homogène FAUX

   Donc la relation correcte est (4) $\lambda' = \left(1+\frac{V}{c}\right)\lambda_0$

2. Par lecture graphique on a :

Sur Terre : λ_0 :	$\lambda(H_\alpha)$ = 656 nm ;	$\lambda(H_\beta)$ = 486 nm ;	$\lambda(H_\gamma)$ = 434 nm
Pour la galaxie λ' :	$\lambda(H_\alpha)$ = 683 nm ;	$\lambda(H_\beta)$ = 507 nm ;	$\lambda(H_\gamma)$ = 451 nm

221. on sait que $\lambda' = \lambda_0(1+\frac{v}{c})$ d'après la question 1 donc $\mathbf{v = c\left(\frac{\lambda'}{\lambda_0} - 1\right)}$

222. la vitesse de la galaxie sera v = $3.00\times10^8 \left(\frac{507}{486} - 1\right) = 1{,}30\times10^7$ m.s^{-1}

L'incertitude sur v est telle que $\Delta v = \sqrt{2}c\frac{\Delta\lambda}{\lambda'}$. Or l'incertitude sur la longueur d'onde $\Delta\lambda$ = 1nm

$\Rightarrow \Delta v = \sqrt{2} \times 3.00\times10^8 \times \frac{1}{507} = 8.37\times10^5 \sim 9\times10^5$ m.s^{-1} = 0.09×10^7 m.s^{-1}

D'où v $\pm$ Δv = $(1.30 \pm 0.09)\times10^7$ m.s^{-1}

2.3.1. On constate que toutes las valeurs de $\lambda' > \lambda_0$, d'où un décalage vers le rouge.

2.3.2. Le décalage spectral relatif **z** est tel que $\mathbf{z} = \frac{\lambda' - \lambda_0}{\lambda_0}$ et **z** ne dépend pas de la raie choisie.

z(Hα) = 0,0412 ; z(Hβ) = 0,0432 ; z(Hγ) = 0,0392

2.3.3. La meilleure estimation de z pour la galaxie TGS153Z170 sera la moyenne des 3 valeurs puisque z ne dépend pas de la raie choisie ; on obtient alors : **z = 0,0412.**

2.3.4. Par définition $z = \frac{\lambda' - \lambda_0}{\lambda_0}$ or on sait que $\lambda' = \left(1+\frac{v}{c}\right)\lambda_0$ donc $\lambda' - \lambda_0 = \left(1+\frac{v}{c}\right)\lambda_0 - \lambda_0 = \frac{v}{c}\lambda_0$

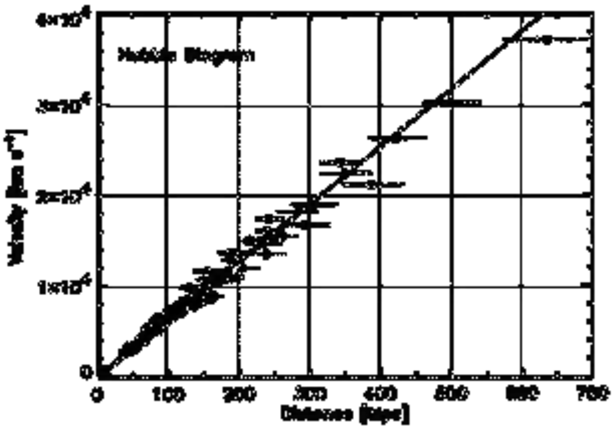
$\Rightarrow z = \frac{\lambda' - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{v}{c}$.

2.3.5. La nouvelle valeur de la vitesse d'éloignement de la galaxie est
v = c×z = $3.00\times10^8 \times 0.0412 = 1.24\times10^7$ m.s^{-1}

Cette valeur est plus pertinente que celle calculée à la question 2.2.2. car elle est calculée à l'aide d'une moyenne sur 3 mesures et non sur une seule raie.

3.1 on sait que v = H.d où H est la constante de Hubble or le graphe v= f(d) est une droite passant par l'origine $\Rightarrow$ la valeur de la constante de Hubble *H* en km.s^{-1}.Mpc^{-1} correspond au coefficient directeur de la droite :

$H = \frac{25000}{400}$ = **63 km/s/Mpc**



3.2 L'expression de la distance *d* de la galaxie à la Terre est :

$$\mathbf{d = \frac{v}{H} = \frac{c \times z}{H}}.$$

Pour la galaxie TGS153Z170, on a calculé z = 0.0412 $\Rightarrow$ $\mathbf{d = \frac{0{,}0412 \times 3{,}00 \times 10^5}{63} = 2{,}0 \times 10^2}$ **Mpc**

4.1 Le document 4 présente un spectre d'absorption (le document 3 est un spectre d'émission).

4.2 Pour TGS153Z170, $\lambda(H\beta)$ = 507 nm

Pour l'autre galaxie TGS912Z356, on lit sur doc 4 : $\lambda(H\beta)$ = 543 nm
$\rightarrow$ Le décalage vers le rouge est le plus important pour **la TGS912Z356**, donc z est aussi plus important.
Or $z = \frac{v}{c}$, donc **sa vitesse v est plus grande**.

De plus d = v / H , **elle est donc plus éloignée de la Terre**.

Exercice 3 : Le didjeridoo, instrument de musique traditionnel

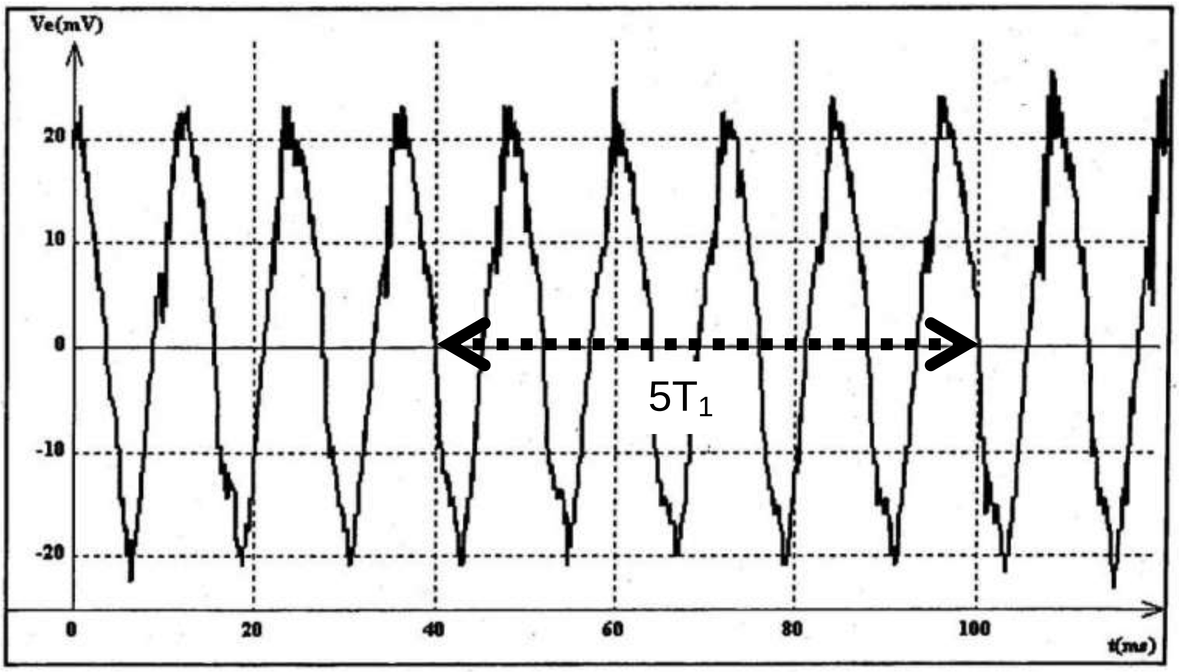
PARTIE 1

1. Les ondes sonores sont des ondes **longitudinales**, la direction de la perturbation et la direction de propagation de l'onde sont identiques.

2. La distance entre deux nœuds consécutifs correspond à λ / 2, ici L correspond à la distance entre un nœud et un ventre soit λ / 4 donc L =λ / 4. Alors $\boldsymbol{\lambda_1 = 4L}$

3. par définition, la fréquence .$f_1 = \frac{v}{\lambda_1}$ $\Rightarrow$ $f_1 = \frac{v}{4L}$

4.1. (0,5) On détermine graphiquement la période T_1 du son de base :



$5T_1$ = (100 – 40) = 60 ms $\Rightarrow$ $T_1 = \frac{60}{5}$ = 12 ms

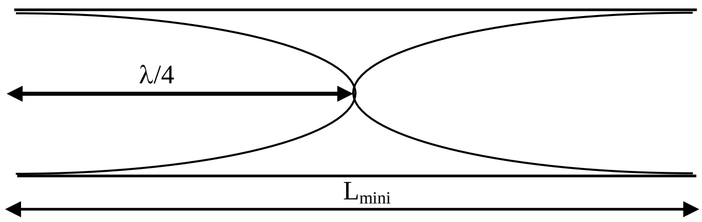
$f_1 = \frac{1}{T_1} \Rightarrow \mathbf{f_1} = \frac{1}{12 \times 10^{-3}}$ = **83 Hz**

Les sons audibles correspondent au domaine de fréquence 20 Hz < f < 20 kHz.

Le son obtenu possède une fréquence faible, c'est un **son grave**.

4.2. D'après 3. $f_1 = \frac{v}{4L}$ donc $L = \frac{v}{4f_1} = \frac{340}{4 \times 83}$ = **1,0 m**

5. D'après l'énoncé, pour un tuyau ouvert aux deux extrémités, une onde stationnaire peut s'établir si il y a un ventre de vibration à chacune de ses extrémités.



D'autre part, le son possède une même hauteur, ce qui signifie que le son conserve la fréquence f_1 = 83 Hz.

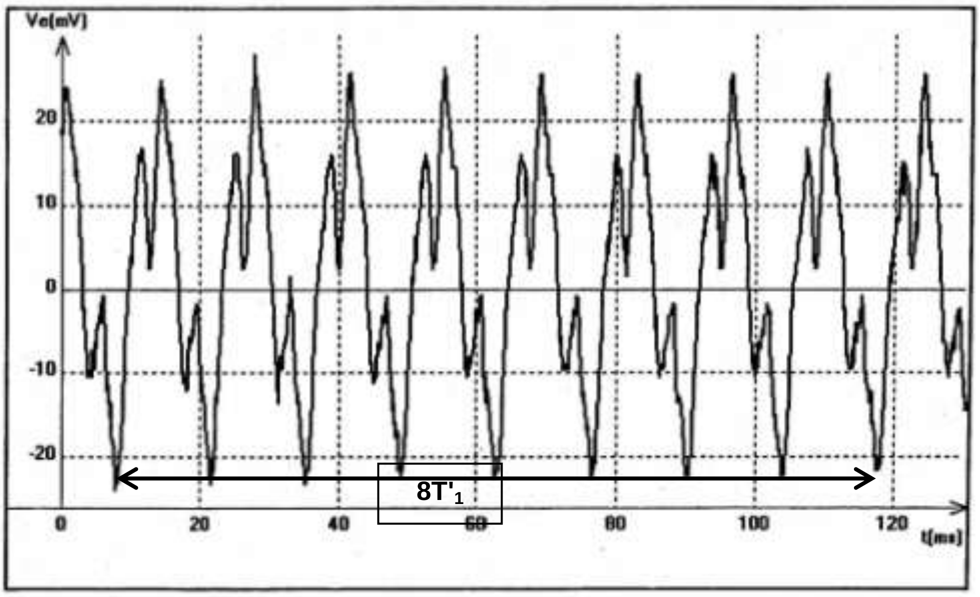
Il vient $L_{mini} = 2\lambda/4 = \dfrac{\lambda}{2}$ soit $L_{mini} = \lambda/2$ or $v = \lambda.f_1$ donc $\lambda = \dfrac{v}{f_1}$

finalement $L_{mini} = \dfrac{v}{2f_1}$

$\mathbf{L_{mini}} = \dfrac{340}{2\times 83}$ = **2,0 m**

PARTIE 2

1. On détermine la période T'_1 du son produit par ce second didjéridoo.



On mesure 8 périodes pour plus de précision ; soit $T'_1 = 1{,}37\times 10^{-2}$ s donc f'_1 = **73 Hz**.

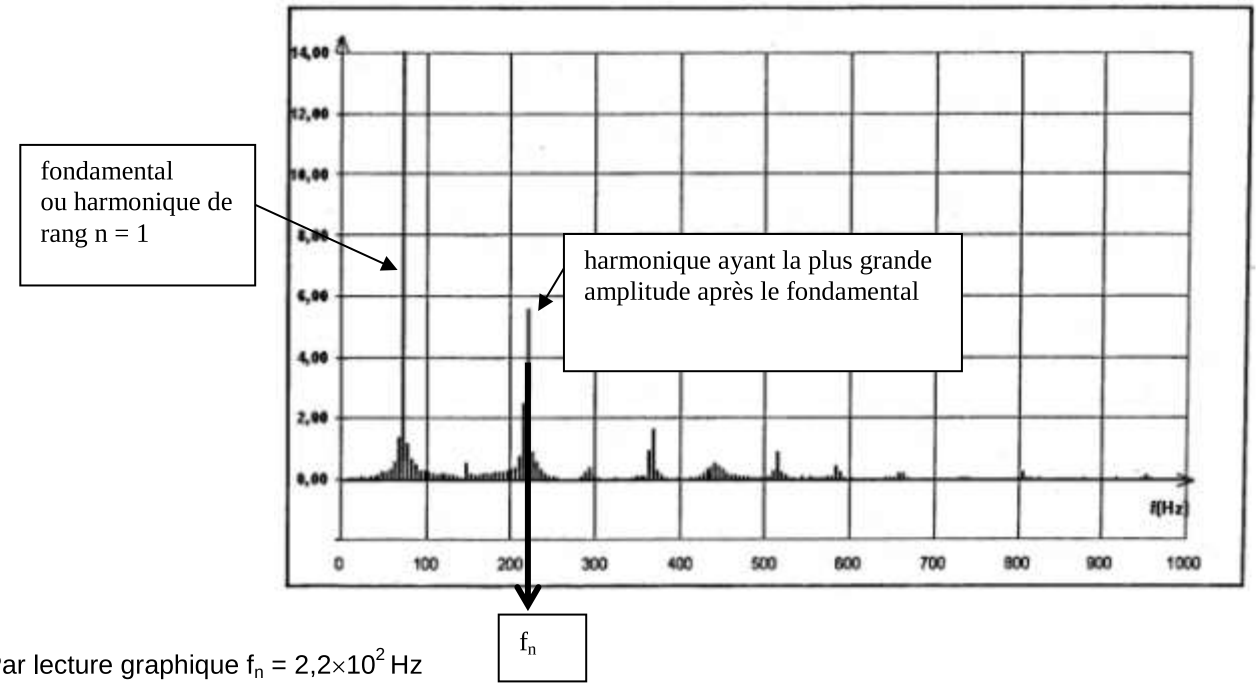
2. D'après la question 3. pour le fondamental $f_1 = \dfrac{v}{4L}$, ici on aura $f'_1 = \dfrac{v}{4L'}$ ou $L' = \dfrac{v}{4f'_1}$

L' = $\dfrac{340}{4\times 73}$ = **1,2 m** **L' > L**

3. Le spectre de la **figure 2b** ne présente qu'un seul pic d'amplitude importante, le son produit est quasiment pur. Il ne contient que la fréquence f_1 du mode fondamental.
D'après l'énoncé, l'instrumentiste joue **les lèvres desserrées** et produit le son de base.

Le spectre de la **figure 3b** montre plusieurs pics qui correspondent au mode fondamental et aux modes harmoniques. L'instrumentiste joue avec **les joues comprimées et la langue à l'avant de la bouche.**

4.

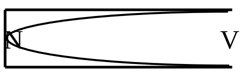


Par lecture graphique $f_n = 2,2\times10^2$ Hz

Or $f_n = n.f_1$ avec n entier non nul (rang de l'harmonique), soit $n = \frac{f_n}{f_1}$

$n = \frac{2,2\times10^2}{73} = 3$ Il s'agit de l'**harmonique de rang n = 3**.

a) <u>n = 1, fondamental ou harmonique de rang 1:</u>

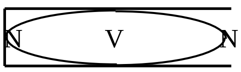


$f_1 = \frac{v}{4L} = \frac{v}{\lambda_1} \Rightarrow L = \frac{\lambda_1}{4}$, un demi-fuseau est présent dans le didjéridoo.

<u>n =2 harmonique de rang 2 :</u>

$f_2 = 2.f_1$ or $f_2 = \frac{v}{\lambda_2}$ donc $\lambda_2 = \frac{v}{f_2} = \frac{v}{2f_1}$ or $f_1 = \frac{v}{\lambda_1}$ soit $\lambda_2 = \frac{\lambda_1}{2}$ or $\lambda_1 = 4L$, soit $\lambda_2 = \frac{4L}{2} = 2L$

d'où $L = \frac{\lambda_2}{2}$

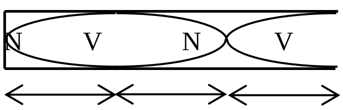


L'énoncé indique *" Lorsqu'une onde stationnaire s'établit dans un tuyau sonore, on observe un nœud (N) de vibration à une extrémité si cette extrémité est fermée, et un ventre (V) de vibration si cette extrémité est ouverte."*.
À l'extrémité ouverte, il y a un nœud, ainsi l'harmonique de rang 2, ne peut pas s'établir.
Le spectre de la figure 3.b. montre que cet harmonique n'est pas présent à $f_2 = 2.f_1 = 2\times73$ Hz

<u>n = 3 harmonique de rang 3 :</u>

$f_3 = 3.f_1$

$f_3 = \frac{v}{\lambda_3}$ donc $\lambda_3 = \frac{v}{f_3} = \frac{v}{3f_1}$ or $\lambda_1 = \frac{v}{f_1}$ soit $\lambda_3 = \frac{\lambda_1}{3}$ or $\lambda_1 = 4L$, soit $\lambda_3 = \frac{4L}{3}$ ou $L = \frac{3\lambda_3}{4}$



$\boxed{L = \frac{3\lambda_3}{4}}$

Un nœud est présent à l'extrémité fermée, et un ventre à l'extrémité ouverte : une onde stationnaire peut s'établir dans le didjéridoo.

b) D'après le 2. de la première partie pour n = 1 on L = $\frac{\lambda_1}{4}$

<u>Relation 1 :</u> L = $\frac{2n-1}{2}\lambda_n$; Pour n = 1, on aurait L = $\frac{\lambda_1}{2}$. Cette relation est fausse.

<u>Relation 2 :</u> L = $\frac{2n-1}{4}\lambda_n$; Pour n = 1, on aurait L = $\frac{\lambda_1}{4}$ ce qui serait cohérent.

Mais pour n = 2, on aurait L = $\frac{3\lambda_3}{4}$ ce qui n'est pas cohérent. **La relation 2 ne convient pas**.

<u>Relation 3 :</u> L = $\frac{n}{4}\lambda_n$

Pour n = 1, on aurait L = $\frac{\lambda_1}{4}$.

Pour n = 2, L = $2.\frac{\lambda_2}{4}$.

Remarque : ce mode propre de vibration n'existe pas de façon significative dans le cas d'un tuyau ouvert à une seule extrémité conformément à l'énoncé.

Pour n = 3, L = $3.\frac{\lambda_3}{4}$. **Cette relation n°3 convient.**

Remarque : finalement le rang n des harmoniques, ayant une amplitude significative, doit être impair.

PARTIE 3

1. Le niveau sonore est défini par : $L_S = 10\log\frac{I}{I_0} \Rightarrow \log\frac{I}{I_0} = \frac{L_S}{10} \Rightarrow \frac{I}{I_0} = 10^{\frac{L_S}{10}}$

D'où $I = I_0 \times 10^{\frac{L_S}{10}}$

Pour les 2 instruments, on a les intensités sonores suivantes à 2 m des instruments:

$\mathbf{I_1 = 10^{-12} \times 10^{\frac{72}{10}} = 1,6 \times 10^{-5}\ W.m^{-2}}$

$\mathbf{I_2 = 10^{-12} \times 10^{\frac{75}{10}} = 3,2 \times 10^{-5}\ W.m^{-2}}$

2. Lorsque les 2 instrumenst jouent simultanément, leurs intensités sonores s'ajoutent, d'où un niveau sonore :

$L_S = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{I_1 + I_2}{I_0}$

$L_S = 10 \log\left(\frac{1,6\times10^{-5} + 3,2\times10^{-5}}{10^{-12}}\right)$ = **77 dB**

Correction SPE Novembre 2012

1. la fréquence de vibration de la corde est donnée par la relation : $f = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{T}{\mu}}$

La fréquence du son émis augmente donc si la tension T de la corde augmente ou si la masse linéique µ et la longueur de la corde L augmentent.

2. Pour passer de la note Sol à la note La de la même octave, il faut sauter 2 notes (sol-sol# -La) $\Rightarrow$ sur la même corde, il faut donc déplacer le doigt de 2 cases pour raccourcir la corde.

3. On sait que la fréquence du La3 est de 440 Hz donc le Do3 aura une fréquence f (do3) telle que

$$f(\text{La3}) = 2^{9/12} \times f\ (\text{do3}) \Rightarrow f\ (\text{do3}) = \frac{f(\text{La3})}{2^{9/12}} = \frac{440}{1.682} = 262 \text{ Hz}$$

la fréquence du do4 sera donc $f\ (\text{do4}) = 2\times f\ (\text{do3}) = 2\times\frac{440}{1.682} = 523$ Hz

4. La position des frettes détermine la largeur des cases qui permettent de passer d'une note à l'autre donc la longueur de la corde vibrante. On sait que : $f = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{T}{\mu}}$

Pour une frette n°i correspondant à une fréquence fi, la longueur de la corde est Li telle que : $L_i = \frac{1}{2f_i}\sqrt{\frac{T}{\mu}}$

Or dans la gamme tempérée $f_i = 2^{1/12} f_0$ où $f_0 = \frac{1}{2L_0}\sqrt{\frac{T}{\mu}} \Rightarrow L_0 = \frac{1}{2f_0}\sqrt{\frac{T}{\mu}}$

Donc $L_i = \frac{1}{2f_i} \times 2f_0 L_0 = \frac{f_0}{f_i} \times L_0 \Rightarrow L_i = L_0 \times \frac{1}{2^{i/12}}$

La distance d_i de la frette depuis l'extrémité du manche est $d_i = L_0 - L_i = L_0 - \frac{L_0}{2^{i/12}} = L_0 \left(1 - \frac{1}{2^{i/12}}\right)$

On trouve : $d_1 = 3{,}6$ cm ; $d_2 = 7{,}1$ cm ; $d_3 = 10{,}4$ cm ; $d_4 = 13{,}5$ cm.

- Sur la photo, la distance entre deux frettes successives diminue. Les valeurs numériques de cette distance sont successivement : 3,5 cm, 3,3 cm et 3,1 cm, valeurs décroissantes.

.

Positions des frettes numéro 1 à 4, en réalité : 3,6 cm, 7,1 cm, 10,2 cm et 12,7 cm, ce qui correspond aux résultats précédemment obtenus.