

EXERCICE 1 – CONTRÔLE DE LA LARGEUR D'UN FIL DE SUTURE (5 points)

Métropole Septembre 2022 Jour 1

1. Une onde est la propagation d'une perturbation sans transport de matière mais avec transfert d'énergie.

La longueur d'onde est la périodicité spatiale d'une onde périodique.

C'est la distance qui sépare deux points du milieu matériel traversé par une onde périodique, dans le même état d'excitation.

2. On visualise le phénomène de la diffraction.

Remarque (non demandé c'est juste pour info...)

On observe ce phénomène physique, à condition que a soit inférieure ou égale à la longueur d'onde.

Ce phénomène physique dans le cas particulier de la lumière, peut s'observer pour une ouverture allant jusqu'à $100 \times \lambda$.

3. On rappelle $\theta = \frac{\lambda}{a}$

On peut donc dire que l'angle caractéristique de diffraction θ augmente lorsque le diamètre a du fil diminue, puisque a se situe au dénominateur de l'expression.

4. On a un triangle rectangle dans lequel on peut appliquer les relations de la trigonométrie :

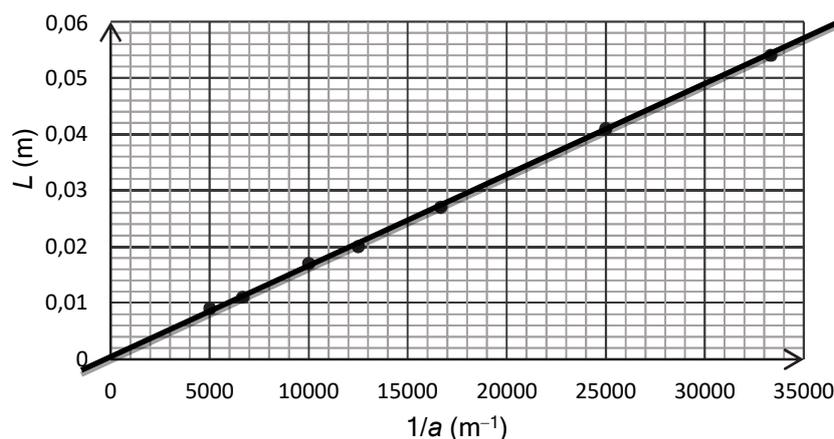
$$\tan \theta = \frac{\frac{L}{2}}{D} = \frac{L}{2 \times D}$$

Or on m'indique en introduction du sujet que pour des angles petits, on peut faire l'approximation $\tan \theta \approx \theta$

Ce qui donne $\theta \approx \frac{L}{2 \times D}$

5. On a donc deux égalités pour la même grandeur $\theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2 \times D}$ ce qui donne $L = \frac{2 \times D \times \lambda}{a}$

6. On a la représentation de L en fonction de $1/a$.



Les points de la figure sont alignés : on peut donc tracer une droite.

De plus, cette droite passe par l'origine : il y a donc une relation de proportionnalité entre la largeur L de la tâche centrale et $\frac{1}{a}$ de la forme $L = k \times \frac{1}{a}$

Ce qui est en accord avec la relation $L = \frac{2 \times D \times \lambda}{a} = 2 \times D \times \lambda \times \frac{1}{a} = k \times \frac{1}{a}$

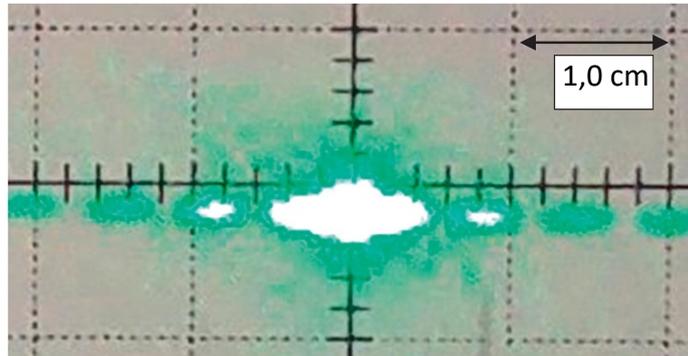
avec $k = 2 \times D \times \lambda$

7. On a k qui représente le coefficient directeur de la droite tracée sur la figure 3.

On applique donc la relation $k = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = \frac{0,054}{33500} = 1,61 \times 10^{-6} \approx 1,6 \times 10^{-6} m^2$

Ce qui nous permet d'écrire $L = 1,6 \times 10^{-6} \times \frac{1}{a}$

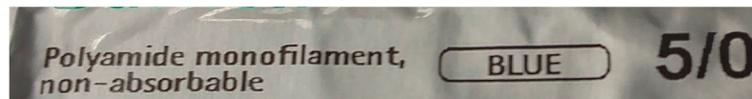
8. Je mesure à la règle sur la figure 4, une largeur de tâche de 2,5 cm entre les deux milieux de la zone sombre qui encadre la tache de diffraction



D'après l'échelle donnée, cela correspond en réalité à $L = 1,25 \text{ cm}$.

Je peux donc appliquer la relation $L = k \times \frac{1}{a}$ soit $a = \frac{k}{L} = \frac{1,6 \times 10^{-6}}{1,25 \times 10^{-2}} = 1,28 \times 10^{-4} m = 0,128 mm$

9. D'après l'étiquette, le fil de suture est un « modèle » 5/0



Or d'après le tableau donné en début d'énoncé, un système USP 5/0 correspond à un diamètre de fil compris entre 0,100 et 0,149 mm.

Système USP	0	2/0	3/0	4/0	5/0
Diamètre du fil en mm	0,350 à 0,399	0,300 à 0,349	0,200 à 0,299	0,150 à 0,199	0,100 à 0,149

Nous sommes donc en accord avec l'indication de l'étiquette de l'emballage du fil étudié.

EXERCICE 2 – LA SPIRULINE (4 points)

Métropole Septembre 2022 Jour 2

Partie A – Validité d'une méthode de dosage

1. On souhaite disposer d'un volume $V = 100 \text{ mL}$, d'une solution fille S_2 de concentration $C_2 = 5,00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, à partir de la solution S_0 , de concentration $C_2 = 25,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$

Il y a donc un facteur de dilution de 5 entre les concentrations mère-fille.

Je vais donc préparer la solution fille en appliquant le protocole suivant :

- J'utilise une pipette de 20 mL pour prélever de la solution mère.
 - que je verse dans une fiole jaugée de 100 mL.
 - Et je complète jusqu'au trait de jauge à la goutte près avec de l'eau distillée de la pissette.
2. Je visualise sur la courbe de la figure 1, un maximum d'absorbance pour $\lambda \approx 625 \text{ nm}$
 3. La loi de Beer-Lambert indique une relation de proportionnalité entre l'absorbance A et la concentration C d'une solution de la forme $A = k \times C$.

Sur la figure 2, je visualise :

- des points qui sont alignés : je peux tracer une droite.
- de plus, cette droite passe par l'origine : il y a donc une relation de proportionnalité de la forme $A = k \times C$

Cette courbe est donc en accord avec la loi de Beer-Lambert.

4. Dans le tableau, on m'indique une absorbance pour la solution S_E de 0,54.

Je reporte cette valeur sur l'axe vertical de la courbe. Je cherche le point de la droite correspondant, et j'en déduis l'abscisse de ce point qui correspond à la concentration recherchée de la solution S_E .

Je trouve $C_E = 14,6 \text{ mg/L}$

5. Je calcule d'abord la valeur moyenne des mesures : $\overline{C_E} = \frac{\Sigma \text{Mesures}}{\text{Nbre Mesures}} = 14,78 \approx 14,8 \text{ mg/L}$

Je calcule l'incertitude $u(C_E) = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = \frac{0,53}{\sqrt{10}} = 0,17 \text{ mg/L} \approx 0,2 \text{ mg/L}$

On a donc un résultat de la forme $\overline{C_E} = 14,8 \pm 0,2 \text{ mg/L}$

Remarque.

Beaucoup d'élèves on fait l'erreur de prendre pour valeur de $N = 14,8 \text{ mg/L}$, parce qu'ils n'ont pas compris la phrase énoncée de ce calcul :

On dit que « l'incertitude-type $u(X)$ d'une grandeur X associée à la moyenne **de** N mesures est donnée par »

Cela signifie que N représente **le nombre de mesures** (dans notre exercice il y a eu 10 mesures) et pas la moyenne des mesures !!!

C'est du français !!

6. Ecrire $\overline{C_E} = 14,8 \pm 0,2 \text{ mg/L}$, signifie que $\overline{C_E}$ est comprise entre 14,6 mg/L et 15,0 mg/L

Or dans l'énoncé on me dit que cette solution S_E a une concentration en masse connue $C_E = 15,0 \text{ mg/L}$.

On a donc retrouvé la valeur attendue, en tenant compte des erreurs de manipulations.

La méthode de dosage est validée.

Partie B – Contrôle de la qualité de la spiruline

7. J'exploite la courbe d'absorbance tracée et je trouve $C_S = 11,9 \text{ mg/L}$

8. Cela signifie donc que 50 mL de solution contient 0,59 mg de phycocyanine

Or la solution a été préparée en dissolvant 5,0 mg de spiruline dans 50 mL d'eau déminéralisée.

Cela signifie que 5,0 mg de spiruline contient donc 0,59 mg de phycocyanine

Donc par un produit en croix, j'en déduis que 100 g de spiruline déshydratée contient 11 800 mg (soit 11,8 g) de phycocyanine

D'après l'énoncé, pour une qualité optimale du produit fabriqué, la teneur en phycocyanine doit être comprise entre 10 et 15 grammes pour 100 grammes de spiruline déshydratée.

Nous sommes dans les normes. La spiruline déshydratée est donc de bonne qualité.

EXERCICE 3 – L'ÉPAISSEUR DU MATELAS DU SAUT A LA PERCHE (6 POINTS)

Amérique du Nord 2022 Jour 1

A. Étude de la phase ascendante

1. Lors de la partie ascendante, l'altitude de l'athlète augmente donc son énergie potentielle de pesanteur augmente, la courbe B correspond donc à l'énergie potentielle de pesanteur.

Lors de cette même phase sa vitesse, donc son énergie cinétique, diminue lors de la montée puis augmente de nouveau lorsque la perche restitue de l'énergie. La courbe A correspond donc à l'énergie cinétique.

2. Ligne 27 : correspond au calcul de l'énergie cinétique à différents instants t.

La formule littérale est donc :
$$Ec = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

ce qui donne en langage Python :
$$Ec[i]=0,5*m*v^{**2}$$

Ligne 28 : correspond au calcul de l'énergie potentielle à différents instants t.

La formule littérale est donc :
$$Ep = m \times g \times z$$

ce qui donne en langage Python :
$$Epp[i]=m*g*z$$

3. Vitesse initiale d'Armand Duplantis se trouve dans la ligne 16 du programme : c'est la première valeur de la liste soit $v_0 = 10,063 \text{ m.s}^{-1}$
4. A $t = 0,9 \text{ s}$, d'après le graphique, l'énergie cinétique passe par un minimum et son énergie potentielle élastique passe par un maximum. La perche va donc commencer à restituer de l'énergie. L'énergie potentielle élastique augmente avec la déformation de la perche, cela correspond à la situation 2.
5. Graphiquement, l'altitude maximale z_A est atteinte pour $Epp_{(A)} = 4720 \text{ J}$ approximativement.

Ce qui donne $Epp_{(A)} = m.g.z_A$ soit
$$z_A = \frac{Epp_A}{m.g} = \frac{4720}{79,0*9,81} = 6,1 \text{ m}$$

L'altitude maximale atteinte par le centre de masse de l'athlète est $z_A = 6,1 \text{ m}$.

B. La vitesse d'impact sur le tapis de réception

6. D'après le texte : « On négligera l'action de l'air », l'athlète ne tient plus la perche, il n'est soumis qu'à son poids : Il est donc en chute libre.

Remarque :

Etre en chute libre ne signifie pas « ne pas être soumis aux frottements ».

Une chute libre signifie que l'objet étudié est soumis uniquement à son poids.

7. L'athlète est en chute libre, il n'y a pas de frottements, d'après la loi de conservation de l'énergie mécanique, l'énergie mécanique se conserve, donc :

$$Em(A) = Em(B) \quad \text{soit} \quad Ec(A) + Epp(A) = Ec(B) + Epp(B)$$

Avec $Ec(A) = 0$ car sa vitesse est considérée comme nulle au point A donc :

$$Epp(A) = Ec(B) + Epp(B)$$

$$m.g.z_A = \frac{1}{2} m.v_B^2 + m.g.z_B \quad \text{soit} \quad \frac{1}{2} m.v_B^2 = m.g.z_A - m.g.z_B$$

$$\frac{1}{2} v_B^2 = g.z_A - g.z_B \quad \text{soit} \quad v_B = \sqrt{2g(z_A - z_B)}$$

8. $v_B = \sqrt{2g(z_A - z_B)} = \sqrt{2 * 9,81 * (5,31)} = 10,2 \text{ m.s}^{-1}$

C. Épaisseur du matelas

9. Bilan des forces s'exerçant sur Armand Duplantis :

→ Le poids \vec{P}

→ L'action du matelas sur l'athlète : \vec{F}_T

D'après la deuxième loi de Newton :

$$\sum \vec{F}_{Ext} = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{P} + \vec{F}_T = m \cdot \vec{a}$$

Par projection sur l'axe (Oz) :

$$-P + F_T = m \cdot a_z$$

$$F_T = m \cdot a_z + P = m \cdot a_z + m \cdot g$$

On se place dans le cas où $a_z = 10 \cdot g$ donc :

$$F_T = m \cdot 10 \cdot g + m \cdot g = m \cdot g (10 + 1) = 11 m \cdot g = 11 * 79,0 * 9,81 = 8,52 \cdot 10^3 \text{N} = 8,52 \text{ kN.}$$

10. L'accélération selon l'axe Oz est donnée par : $a_z = 10 \cdot g$

Or $a_z = \frac{dv_z}{dt}$ donc par intégration :

$$v_z = 10 g \cdot t + C_1$$

Pour trouver la constante C1 on se place à l'instant initial :

$$\text{A } t = 0 : v_{0z} = 0 + C_1 \text{ Donc } C_1 = v_{0z}$$

Par conséquent : $v_z = 10 g \cdot t + v_{0z}$

Or $v_z = \frac{dz(t)}{dt}$ donc par intégration :

$$z(t) = \frac{1}{2} * 10 \cdot g \cdot t^2 + v_{0z} \cdot t + C_2 = 5g \cdot t^2 + v_{0z} \cdot t + C_2$$

Pour trouver la constante C2 on se place à l'instant initial :

$$\text{A } t = 0 : z(0) = 0 + 0 + C_2 = z_B \text{ d'où } C_2 = z_B$$

Par conséquent : $z(t) = 5g \cdot t^2 + v_{0z} \cdot t + z_B$

11. A la fin de la réception $v_z(t_{\text{réception}}) = 0$ donc :

$$10g \cdot t_{\text{réception}} + v_{0z} = 0$$

$$t_{\text{réception}} = \frac{-v_{0z}}{10g} = \frac{-(-10,2)}{10 * 9,81} = 0,104 \text{s}$$

12. On cherche l'altitude z à laquelle se trouve l'athlète au moment de la réception, c'est-à-dire à $t_{\text{réception}} = 0,104 \text{s}$.

On sait que : $z(t) = 5g \cdot t^2 + v_{0z} \cdot t + z_B$

Il nous manque z_B mais on sait que $z_A = 6,1 \text{ m}$ (Question 5) et que $z_A - z_B = 5,31 \text{ m}$

Donc $z_B = 6,1 - 5,31 = 0,79 \text{ m}$

On se place donc à $t_{\text{réception}} = 0,104 \text{ s}$

$$z(t_{\text{réception}}) = 5g \cdot t_{\text{réception}}^2 + v_{0z} \cdot t_{\text{réception}} + z_B$$

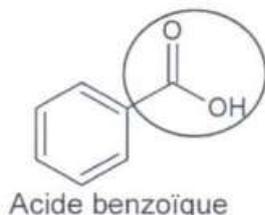
$$= 5 * 9,81 * 0,104^2 - 10,2 * 0,104 + 0,79 = 0,26 \text{ m} = 26 \text{ cm}$$

A la réception l'athlète s'est enfoncé dans le tapis mais reste à 26 cm au-dessus du sol donc il ne se blesse pas.

1. Étude de la réaction de synthèse du benzoate de méthyle.

1.

Groupe carboxyle



caractéristique de la famille des acides carboxyliques.

2. $\text{CH}_3\text{-(OH)}$ Formule semi-développée ; groupe hydroxyle ; famille des alcools ; méthanol3. $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2 + \text{CH}_4\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2 + \text{D}$

Du côté des produits, il manque 2 atomes H et 1 atome O ce qui correspond bien à la molécule d'eau H_2O .

4. Le montage B montre un réfrigérant à boules et un chauffe-ballon, c'est bien un montage de chauffage à reflux.

5. Le chauffage à reflux permet :

- d'augmenter la température qui est un facteur cinétique et ainsi de réduire la durée de la transformation ;
- d'éviter les pertes de matière lors du chauffage grâce au réfrigérant qui condense les vapeurs qui s'échappent du ballon et retombent dans le ballon.

6. Les pictogrammes de sécurité des réactifs montrent qu'il est nécessaire de travailler sous la hotte pour ne pas respirer les substances CMR. De plus le port d'une blouse en coton et des lunettes de protection est nécessaire. Le port des gants peut aussi être nécessaire.

Remarque : l'intérêt de cette étape est que les ions benzoate étant très solubles dans l'eau, on les élimine ainsi de la phase organique où il ne restera que le benzoate de méthyle.

3. Identification de la molécule obtenue par spectroscopie infrarouge.

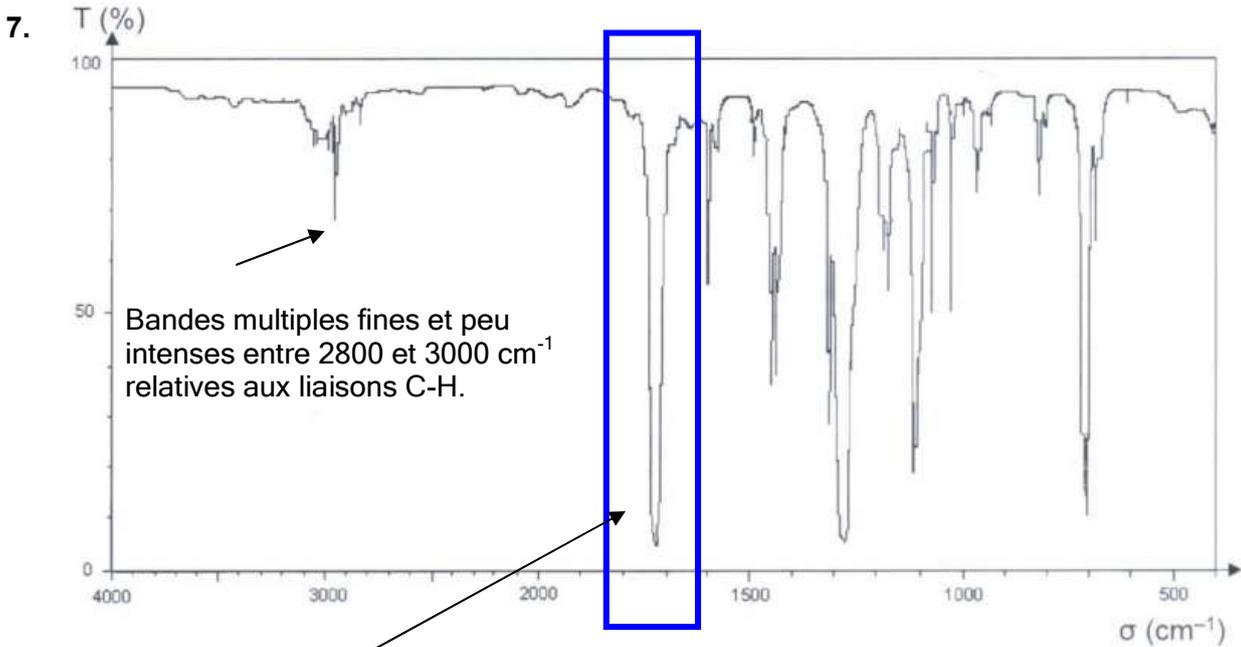
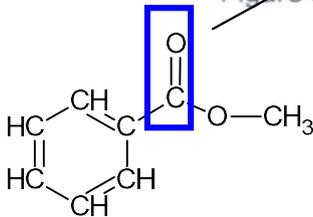


Figure 3. Spectre infrarouge de la molécule synthétisée



Bande fine et forte proche de 1720 cm^{-1} relative à la liaison C=O de l'ester formé

Le spectre peut correspondre à la formule du benzoate de méthyle puisque l'on retrouve des bandes relatives à des liaisons présentes dans cette molécule.

Rendement de la synthèse.

8. On a donc à calculer :

- La quantité initiale d'alcool introduite $n_{i,\text{alcool}} = \frac{m_{\text{alcool}}}{M_{\text{alcool}}} = \frac{\rho_{\text{alcool}} \cdot V_{\text{alcool}}}{M_{\text{alcool}}}$

$$n_{i,\text{alcool}} = \frac{0,79 \frac{\text{g}}{\text{mL}} \times 4,0 \text{ mL}}{32,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 9,9 \times 10^{-2} \text{ mol} = 99 \text{ mmol} = 0,100 \text{ mol}$$

- La quantité initiale d'acide introduite

$$n_{i,\text{acide}} = \frac{m_{\text{acide}}}{M_{\text{acide}}} = \frac{12,2}{122} = 0,100 \text{ mol} = 100 \text{ mmol} = 0,100 \text{ mol}$$

9. En tenant compte des nombres stœchiométriques, on a bien : $\frac{n_{i,\text{alcool}}}{1} = \frac{n_{i,\text{acide}}}{1}$: les réactifs ont bien été introduits dans les proportions stœchiométriques.

Remarque :

Introduire dans les quantités stœchiométriques ne signifie pas introduire la même quantité de réactif au départ. Mais ici, comme les coefficients stœchiométriques sont égaux à 1, effectivement, introduire les réactifs dans les mêmes quantités, signifie introduire dans les proportions stœchiométriques.

10. Équation de la réaction		$C_7H_6O_2 (\ell) + CH_4O (\ell) \rightleftharpoons C_8H_8O_2 (\ell) + H_2O (\ell)$			
État	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
Initial	$x = 0$	$n_{i,acide}$	$n_{i,alcool}$	0	0
Intermédiaire	x	$n_{i,acide} - x$	$n_{i,alcool} - x$	x	x
Final	x_f	$n_{i,acide} - x_f$	$n_{i,alcool} - x_f$	x_f	x_f

11. On nous indique que la masse de benzoate de méthyle obtenue est égale à 9,11 g. C'est donc la masse réellement produite de l'ester.

- On peut donc calculer la quantité de benzoate de méthyle formée :

$$n_{\text{ester,eq}} = \frac{m_{\text{exp}}}{M_{C_8H_8O_2}} = \frac{9,11}{136} = 6,70 \times 10^{-2} \text{ mol} = 67,0 \text{ mmol}$$

- D'après l'équation de la réaction, il se forme autant d'eau que d'ester, $n_{\text{eau,eq}} = 67,0 \text{ mmol}$
- Par ailleurs, d'après le tableau, la quantité d'ester formée est égale à l'avancement final x_f :

$$x_f = n_{\text{eau,eq}} = 67,0 \text{ mmol}$$

- Pour les réactifs, d'après le tableau, pour l'acide $n_{\text{acide,eq}} = n_{i,acide} - x_f = 100 - 67 = 33 \text{ mmol}$
- Et pour l'alcool : $n_{\text{alcool,eq}} = n_{i,alcool} - x_f = 99 - 67 = 32 \text{ mmol}$

12. Par définition, le rendement est égal au rapport de la quantité de matière d'ester formée expérimentalement par la quantité de matière maximale d'ester que l'on pouvait obtenir avec une réaction

totale :
$$r = \frac{n_{\text{ester,exp}}}{n_{\text{ester,max}}}$$

On pouvait obtenir au maximum autant d'ester que l'on a consommé d'alcool (ou d'acide), soit :

$$n_{\text{ester,max}} = 100 \text{ mmol.}$$

On a donc au final un rendement $r = \frac{n_{\text{ester,exp}}}{n_{\text{ester,max}}}$ soit $r = \frac{67,0}{100} = 67\%$