



Association pour l'Accès Santé – Université Paris Cité
Année Universitaire 2023-2024

CORRECTION

Examen Blanc n° 3

UE 4 : Physique



Durée de l'épreuve : 1h30

A LIRE AVANT DE COMMENCER L'ÉPREUVE

**Vérifiez que les informations saisies sur votre grille QCM sont correctes :
nom, prénom, et numéro étudiant.**

**Les correcteurs liquides ou en ruban de type Blanco, Tipp-Ex et autres sont interdits car
chaque question comporte une ligne de droit au remords.**

Seule l'utilisation du stylo à bille noir est autorisée pour cocher les grilles.

INFORMATIONS RÉGLEMENTAIRES

- Les questions sans réponse seront considérées comme nulles.
- Une grille QCM est à remplir pour l'ensemble de l'épreuve.
- Veiller à remplir complètement toute la surface des cases choisies.
- Ne pas gratter, ne pas raturer, ne pas mettre de croix ni aucun autre signe.
- Toute fraude ou tentative de fraude fera l'objet de poursuites disciplinaires (Décret n°92-657 du 13 juillet 1992). Tout signe distinctif porté sur la grille QCM pouvant indiquer sa provenance constitue une fraude.
- Les calculatrices sont autorisées pour cette épreuve.
- Aucun candidat n'est admis à quitter la salle d'examen avant la fin de l'épreuve.

RECOMMANDATIONS SPÉCIFIQUES À L'ÉPREUVE

INFORMATIONS SUR L'ÉPREUVE

**Le sujet contient 1 ? pages numérotées de 2 à 1 ? et comporte 21 questions.
Merci de vérifier au début de l'épreuve que le sujet est complet.**



Université Paris Cité
A2SUP - Tutorat

Tuto n° :

UE (spé) :

Nom:

Prénom :

Numéro A2SUP :

IDENTIFICATION																					
Numéro A2SUP ↓	Diz. Mil.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9										
	Mil.																				
	Cent.																				
	Diz.																				
	Unit.																				
Contrôle																					
J diz.												0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
J unit.																					
M diz.																					
M unit.																					
Date de naissance (JJ/MM)																					

1	☐ ☐ ☐ ☒ ☐	13	☐ ☐ ☒ ☒ ☐	25	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	37	☐ ☐ ☐ ☐ ☐														
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E		
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		
2	☐ ☐ ☐ ☐ ☒	14	☐ ☐ ☐ ☐ ☒	26	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	38	☐ ☐ ☐ ☐ ☐														
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E		
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		
3	☒ ☐ ☐ ☐ ☐	15	☐ ☐ ☒ ☐ ☒	27	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	39	☐ ☐ ☐ ☐ ☐														
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E		
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		
4	☐ ☒ ☐ ☒ ☐	16	☐ ☒ ☐ ☐ ☐	28	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	40	☐ ☐ ☐ ☐ ☐														
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E		
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		
5	☐ ☐ ☐ ☐ ☒	17	☐ ☐ ☐ ☒ ☒	29	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	41	☐ ☐ ☐ ☐ ☐														
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E		
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		
6	☐ ☐ ☐ ☐ ☒	18	☐ ☒ ☐ ☒ ☐	30	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	42	☐ ☐ ☐ ☐ ☐														
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E		
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		
7	☒ ☐ ☒ ☒ ☐	19	☒ ☐ ☐ ☒ ☐	31	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	43	☐ ☐ ☐ ☐ ☐														
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E		
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		
8	☐ ☐ ☒ ☐ ☐	20	☒ ☐ ☐ ☐ ☐	32	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	44	☐ ☐ ☐ ☐ ☐														
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E		
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		
9	☐ ☒ ☒ ☐ ☐	21	☐ ☒ ☐ ☐ ☐	33	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	45	☐ ☐ ☐ ☐ ☐														
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E		
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		
10	☒ ☐ ☐ ☐ ☐	22	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	34	☐ ☐ ☐ ☐ ☐																
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E							
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐							
11	☐ ☒ ☐ ☒ ☐	23	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	35	☐ ☐ ☐ ☐ ☐																
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E							
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐							
12	☐ ☒ ☐ ☐ ☒	24	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	36	☐ ☐ ☐ ☐ ☐																
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E							
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐							

A mes chers péhuns,

Avant que vous ne commenciez à corriger cet incroyable et merveilleux tuto 3, rédigé et relu avec tant d'amour par la team Fyzik, j'aimerais que vous preniez un court instant pour lire ces quelques mots *(parmi les derniers de mon mandat, ça y est je pleure)*.

Tout d'abord, je veux que vous soyez fiers de ce que vous avez entrepris durant tout ce premier semestre. Vous en êtes presque au bout, il ne reste *(plus)* que le véritable *et terrifiant, il faut bien l'avouer*, exam classant de décembre avant les plus belles vacances de votre vie (vous allez voir, elles auront une saveur incomparable par rapport à tout ce que vous avez déjà connu) !!! Alors ne baissez pas les bras, pas si près du but, battez vous jusqu'à la dernière seconde contre la fatigue, le retard et, surtout, contre l'immense stress accumulé ! Vous ne vous en rendez sûrement pas encore compte mais vous venez d'accomplir un exploit : peu de gens auraient tenu comme vous l'avez fait, croyez-moi. Vous avez tellement grandi en l'espace de trois mois et demi et cela m'émeut particulièrement de savoir que j'ai pu y contribuer un tant soit peu.

La Fyzik *(ne me demandez pas d'où vient cette orthographe, je sais seulement que je l'hérite de mes ancêtres RMs de physique)* est une matière compliquée, j'en ai bien conscience, même si je l'aime de tout mon cœur. Elle vous en a fait voir de toutes les couleurs ce semestre, je le sais aussi *(mais qu'est-ce que je suis savante dis-donc !!)*. Pendant les deux semaines de révision qui semblaient si loin lors de la PR mais sont maintenant si proches, continuez à travailler la physique, ne la négligez pas, elle vous le rendra au triple le jour J.

Sachez que j'ai adoré relire tous les supports que la Team Fyzik, Alix et moi vous avons proposés durant ce semestre, j'ai adoré répondre à toutes vos questions sur le forum *(même si c'était pour me signaler des errata, ma hantise)*, j'ai adoré vous voir progresser tuto après tuto, j'ai adoré vous encourager chaque semaine avec un incroyable mot des RMs, j'ai adoré vous voir rire *(ou non)* à chaque blague à la fin du discours du tuto.

Ce petit mot rempli d'amour touche à présent à sa fin, il ne faudrait pas qu'il fasse trop d'ombre à la correction du tuto 3 *(que vous allez tous faire très sérieusement, n'est-ce pas ???)*. Comme je le dis toujours, essayez de prendre un maximum de plaisir en faisant cette correction, mais également en faisant les annales et le véritable exam classant. C'est en s'amusant que l'on apprend et réussit le mieux après tout 😊.

A vous de vous envoler et de voler de vos propres ailes désormais <3

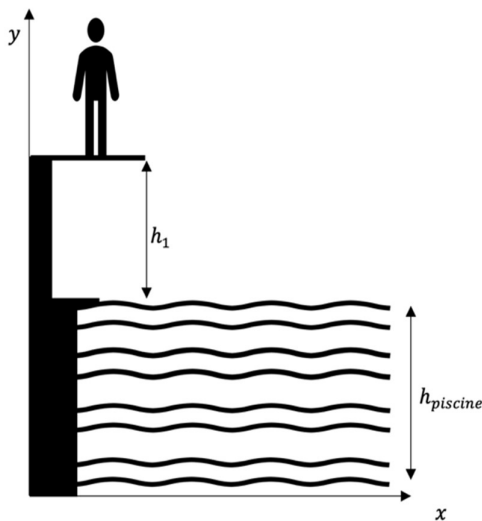
Fyzikement *(et à jamais)* vôtre,

Ines, votre dévouée RMEB de Physique 2023-2024 qui croit en vous à 10000000000 %

Exercice 1 - Étude d'un nageur

Première partie :

On souhaite étudier les plongeurs d'un jeune sportif. Celui-ci a une masse $m_{nageur} = 75 \text{ kg}$ et s'entraîne à plonger dans une piscine olympique de profondeur $h_{piscine} = 3,0 \text{ m}$. Le nageur veut dans un premier temps s'échauffer. Il se place sur une plateforme située à une hauteur $h_1 = 0,75 \text{ m}$ de la surface de l'eau et opère un saut droit comme une pique vers le fond de la piscine, sans vitesse initiale. Dans cette étude, nous négligerons les frottements de l'air.



On considérera que l'origine du repère se trouve au fond de la piscine.

Question 1 Concernant la vitesse v_{finale} du sportif arrivant au niveau de la surface de l'eau, laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :

- A. Si le sportif avait une masse $m = 35 \text{ kg}$, il atteindrait le fond de la piscine plus rapidement
- B. Si la piscine avait une profondeur $h_{piscine, hypothétique} = 5 \text{ m}$, sans changer la distance entre la surface de l'eau et le plongeur, le sportif atteindrait la surface de l'eau plus tôt
- C. $v_{finale} = 8,6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
- D. $v_{finale} = 13,8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$**
- E. $v_{finale} = 30,8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

Items A, B, C, D, E : **D VRAI**, A, B, C, E FAUX

On nous demande d'étudier le saut d'un sportif au niveau de la surface de l'eau. Sachant que le sportif se trouve à une hauteur $h_1 = 0,75 \text{ m}$ de la surface de l'eau et que la piscine a une profondeur $h_{piscine} = 3,0 \text{ m}$. On considérera la hauteur initiale du sportif :

$$h_{initiale} = h_1 + h_{piscine} = 0,75 + 3 = 3,75 \text{ m}.$$

D'où :

$$h_{finale} = h_{piscine} = 3 \text{ m}$$

Car on considère que la trajectoire du plongeur s'arrête lorsqu'il atteint la surface de l'eau.

Ensuite, on nous dit que le sportif plonge sans vitesse initiale donc $v_{initiale} = 0 \text{ m.s}^{-1}$ et on cherche la vitesse du sportif au moment où il atteint la surface de l'eau.

De plus, les forces de frottements étant négligées, l'unique présence de la force du poids qui dérive d'une énergie potentielle E_{pp} nous permet d'utiliser la conservation totale :

$$E_{tot \text{ initiale}} = E_{tot \text{ finale}}$$

Or :

$$E_{tot} = E_{pp} + E_c$$

D'où

$$\begin{aligned} \Leftrightarrow E_{c_{finale}} + E_{pp_{finale}} &= E_{c_{initiale}} + E_{pp_{initiale}} \\ \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_{finale}^2 + mgh_{finale} &= \frac{1}{2}mv_{initiale}^2 + mgh_{initiale} \end{aligned}$$

N'oublions pas que $v_{initiale} = 0 \text{ m.s}^{-1}$:

$$\begin{aligned} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_{finale}^2 + mgh_{finale} &= mgh_{initiale} \\ \Leftrightarrow v_{finale} &= \sqrt{2g(h_{initiale} - h_{finale})} \\ \Leftrightarrow v_{finale} &= \sqrt{2g(h_1 + h_{piscine} - h_{piscine})} \\ \Leftrightarrow v_{finale} &= \sqrt{2gh_1} \end{aligned}$$

On voit bien que la masse se simplifie donc elle n'a aucune incidence dans notre équation !
Donc A faux !

De plus, on s'intéresse uniquement à la surface de l'eau :

De plus, on voit bien que ce qui compte dans la vitesse, cela va être la distance h_1 qui sépare la plateforme de la surface de l'eau. En effet, c'est en fonction de cette distance que le temps mis par le plongeur pour atteindre la surface de l'eau va varier. Or cette distance ne change pas, peu importe la profondeur de la piscine ! D'où item B faux !

Application numérique :

$$\Leftrightarrow v_{finale} = \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,75}$$

Ainsi,

$$v_{finale} \simeq 3,8 \text{ m.s}^{-1}$$

Notre travail n'est pas terminé ! Dans les items, on remarque que la vitesse est exprimée en $km.h^{-1}$, on doit donc convertir :

On sait que :

$$1 h = 3600 s \text{ et } 1 m = 10^{-3} km$$

D'où :

$$\sqrt{2 \times 9,81 \times 0,75} \times 3600 \times 10^{-3} = 13,8 km.h^{-1}$$

Réponse vraie : D

Il est possible de régler la hauteur de la plateforme. On se demande alors à partir de quelle hauteur $h_{1,mortelle}$ un « plat » (claquement à la surface de l'eau souvent causé par un plongeon raté) serait fatal pour le plongeur, sachant que le plongeur mourra des conséquences de son plat si sa vitesse est de l'ordre de $85 km.h^{-1}$ au moment où il atteint l'eau.

Question 2 Concernant la hauteur mortelle $h_{1,mortelle}$, **laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $h_{1,mortelle} < 20 m$
- B. $20 m < h_{1,mortelle} < 23 m$
- C. $23 m < h_{1,mortelle} < 25 m$
- D. $25 m < h_{1,mortelle} < 28 m$
- E. $28 m < h_{1,mortelle} < 30 m$**

Items A, B, C, D, E : E VRAI, A, B, C, D FAUX

Pour cette question, on cherche la valeur de $h_{1,mortelle}$ pour laquelle $v_{finale} = 85 km.h^{-1}$.

Pour cela, on peut réutiliser la conservation de l'énergie totale comme ce qu'on a fait pour la première question.

Il ne faut pas oublier que $h_{initiale} = h_{1,mortelle} + h_{piscine}$: on cherche la hauteur totale qui correspond à la hauteur de la plateforme additionnée à la profondeur de la piscine (car l'origine est au fond de la piscine).

De plus, $h_{finale} = h_{piscine} = 3 m$, cette valeur ne change pas, car le nageur est dans la même piscine.

Comme $v_{initiale} = 0 \text{ m.s}^{-1}$, on peut directement poser :

$$\frac{1}{2}mv_{finale}^2 + mgh_{finale} = mgh_{initiale}$$
$$\Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_{finale}^2 + mgh_{piscine} = mg(h_{1,mortelle} + h_{piscine})$$

On a ainsi :

$$\frac{1}{2g}v_{finale}^2 = h_{1,mortelle}$$

Application numérique :

On nous dit dans la question que $v_{finale,mortelle} = 85 \text{ km.h}^{-1}$. On doit convertir cette valeur en m.s^{-1} . D'où :

$$h_{1,mortelle} = \frac{1}{2 \times 9,81} \times \left(\frac{85 \times 10^3}{3600} \right)^2$$
$$h_{1,mortelle} \simeq 28,4 \text{ m}$$

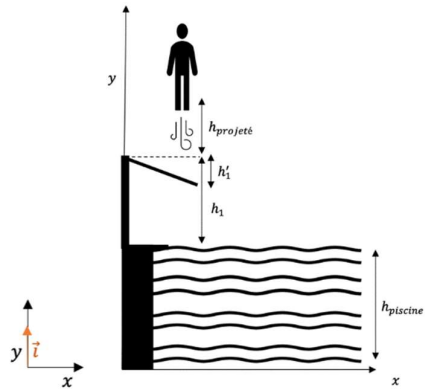
D'où

$$h_{1,mortelle} > 28 \text{ m}$$

Réponse vraie : E

Deuxième partie :

Dans un second temps, le sportif souhaite utiliser un plongeur. On assimilera le plongeur à un ressort, de hauteur au repos $h_1 = 1,5 \text{ m}$ par rapport à la surface de la piscine. Pour rappel, la force de rappel du ressort s'exprime avec $\overrightarrow{F_{rappel}} = -k\Delta y\vec{l}$, k étant la constante de raideur du plongeur égale à 4000 N.m^{-1} , Δy la différence de hauteur du bout du plongeur entre l'état à un instant quelconque et sa position au repos. Le vecteur $\vec{l}$ est le vecteur unitaire de l'axe Oy orienté vers le haut. Lors du saut, le plongeur se déforme, si bien que le bas de la planche est abaissé d'une hauteur $h'_1 = 0,5 \text{ m}$ par rapport à la position d'équilibre du plongeur.



On rappelle la formule de l'énergie potentielle élastique d'un ressort : $E_{\text{élas}} = \frac{1}{2}k\Delta y^2$

Question 3 Exprimer et calculer la norme de la force de rappel $\|\overrightarrow{F_{\text{rappel}}}\|$ correspondant à la force exercée sur le plongeur lorsque celui-ci est comprimé au maximum.

Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :

A. $\|\overrightarrow{F_{\text{rappel}}}\| = |-kh'_1|$

B. $\|\overrightarrow{F_{\text{rappel}}}\| = k|h_1 - h'_1|$

C. $\|\overrightarrow{F_{\text{rappel}}}\| = -k|h'_1 - h_1|$

D. $\|\overrightarrow{F_{\text{rappel}}}\| = 7125 \text{ N}$

E. $\|\overrightarrow{F_{\text{rappel}}}\| = 3500 \text{ N}$

On vous redonnait l'expression de la force de rappel dans l'énoncé :

$$\overrightarrow{F_{\text{rappel}}} = -k\Delta y\vec{y}$$

Ici, on cherchait la norme de cette force, donc sa valeur positive :

Commençons par déterminer la valeur du déplacement $\Delta y\vec{y}$. Le plongeur est comprimé au maximum, ce qui correspond à une compression de $-h'_1$. Pourquoi un « - » devant ? Parce que, par rapport à la position d'équilibre du ressort (le plongeur), on comprime d'une longueur h'_1 donc on met un « - » !

Ainsi :

$$\|\overrightarrow{F_{\text{rappel}}}\| = |-k \times (-h'_1)| = |k \times h'_1| = |-kh'_1|$$

Et oui, avec la valeur absolue, on peut rajouter un « - », ça ne change pas le résultat !

Application numérique :

$$\|\overrightarrow{F_{\text{rappel}}}\| = |4000 \times 0,5| = 2000 \text{ N}$$

Réponse vraie : A

Soit v_p la vitesse du sportif lorsque ses pieds ne touchent plus le plongeur. On précise que le sportif a une vitesse nulle lorsque le plongeur est complètement déformé.

Question 4 On note $W(\overrightarrow{F_{rappel}})$ le travail de la force de rappel du plongeur. Calculer $W(\overrightarrow{F_{rappel}})$ et exprimer v_p **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

A. $W(\overrightarrow{F_{rappel}}) = -500 \text{ J}$

B. $W(\overrightarrow{F_{rappel}}) = 500 \text{ J}$

C. $W(\overrightarrow{F_{rappel}}) = 1000 \text{ J}$

D. $v_p = 1,8 \text{ m.s}^{-1}$

E. $v_p = 0,9 \text{ m.s}^{-1}$

Items A, B et C : B VRAI, A, C FAUX

De la même façon que pour la question 3 :

- Position initiale : $h_1 - h'_1$
- Position finale : h_1

On sait que le travail élémentaire s'exprime :

$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{l}$$

D'où,

$$\begin{aligned} W(\overrightarrow{F_{rappel}}) &= \int_{h_1 - h'_1}^{h_1} \overrightarrow{F_{rappel}}(h) \cdot d\vec{h} \\ \Leftrightarrow W(\overrightarrow{F_{rappel}}) &= \int_{h_1 - h'_1}^{h_1} -khdh \end{aligned}$$

Soit :

$$W(\overrightarrow{F_{rappel}}) = \frac{1}{2}k((h_1 - h'_1) - h_1)^2$$

Donc :

$$W(\overrightarrow{F_{rappel}}) = \frac{1}{2}k(h'_1)^2$$

Application numérique :

$$W(\overrightarrow{F_{rappel}}) = \frac{1}{2} \times 4000 \times 0,5^2$$

$$W(\overrightarrow{F_{rappel}}) = \mathbf{500\,J}$$

Items D et E : **D VRAI**, *E FAUX*

On placera l'origine des potentiels au niveau de $h_1 - h'_1$ pour faciliter les calculs. Les frottements de l'air étant négligés, on applique la conservation de l'énergie mécanique.

On place un point A à la position $h_1 - h'_1$ et un point B à h_1 .

On note alors $E_{c,A}$ et $E_{c,B}$ les énergies cinétiques respectives

On note alors $E_{pp,A}$ et $E_{pp,B}$ les énergies potentielles de pesanteur respectives

On note alors $E_{pe,A}$ et $E_{pe,B}$ les énergies potentielles élastiques respectives

Au point A, $E_{c,A} = E_{pp,A} = 0$

Au point B, $E_{pe,B} = 0$

Donc :

$$E_{m,A} = E_{m,B}$$

Soit :

$$E_{pe,A} = E_{c,B} + E_{pp,B}$$

$$\frac{1}{2}kh_1'^2 = \frac{1}{2}mv_p^2 + mgh_1'$$

D'où :

$$kh_1'^2 = mv_p^2 + 2mgh_1'$$

$$\Leftrightarrow mv_p^2 = kh_1'^2 - 2mgh_1'$$

$$v_p^2 = \frac{kh_1'^2 - 2mgh_1'}{m}$$

Soit :

$$v_p = \sqrt{\frac{kh_1'^2 - 2mgh_1'}{m}}$$

Application numérique :

$$v_p = \sqrt{\frac{4000 \times 0,5^2 - 2 \times 75 \times 10 \times 0,5}{75}}$$

$$v_p = 1,8 \text{ m.s}^{-1}$$

Réponses vraies : B et D

Le plongeur étant de mauvaise qualité, sa constante de raideur est divisée par 3 au bout de 200 plongeurs. On note $n_{sauts \text{ max}}$ le nombre maximal de sauts que le plongeur peut effectuer avant que le plongeur devienne inutilisable.

Question 5 Sachant le plongeur devient inutilisable lorsque sa constante de raideur k devient inférieure à 20 N.m^{-1} , **laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $n_{sauts \text{ max}} < 500$
- B. $500 < n_{sauts \text{ max}} < 650$
- C. $650 < n_{sauts \text{ max}} < 800$
- D. $800 < n_{sauts \text{ max}} < 950$

E. $n_{sauts \text{ max}} > 950$

Items A, B, C, D, E : E VRAI, A, B, C et D FAUX

Pour cette question, on nous dit dans l'énoncé que pour 50 plongeurs, la constante de raideur est divisée par 3. Il nous informe aussi que le plongeur finira par être inutilisable, autrement dit que la constante de raideur au bout de n_{sauts} sera très faible voire nulle car elle ne sera plus en mesure de répondre au poids du sportif.

Autrement dit, $\frac{k}{3}$ implique que $\frac{\overrightarrow{Frappel}}{3}$ car la force de rappel est proportionnelle à la constante de raideur.

On peut d'ores et déjà poser que :

$$k = \frac{4000}{3^x}$$

On nous impose que $k < 20$ pour que le plongeur soit inutilisable. Ainsi :

$$k_{inutilisable} = \frac{4000}{3^{x_{max}}} = 20$$

Ainsi :

$$3^{x_{max}} = \frac{4000}{20} = 200$$

Ensuite, on va utiliser les propriétés du logarithme népérien pour isoler x_{max} :

$$\ln(3^{x_{max}}) = \ln(200)$$

$$x_{max} \ln(3) = \ln(200)$$

$$x_{max} = \frac{\ln(200)}{\ln(3)}$$

D'où :

$$n_{max} = 200 \times x_{max} = 200 \times \frac{\ln(200)}{\ln(3)} = 965$$

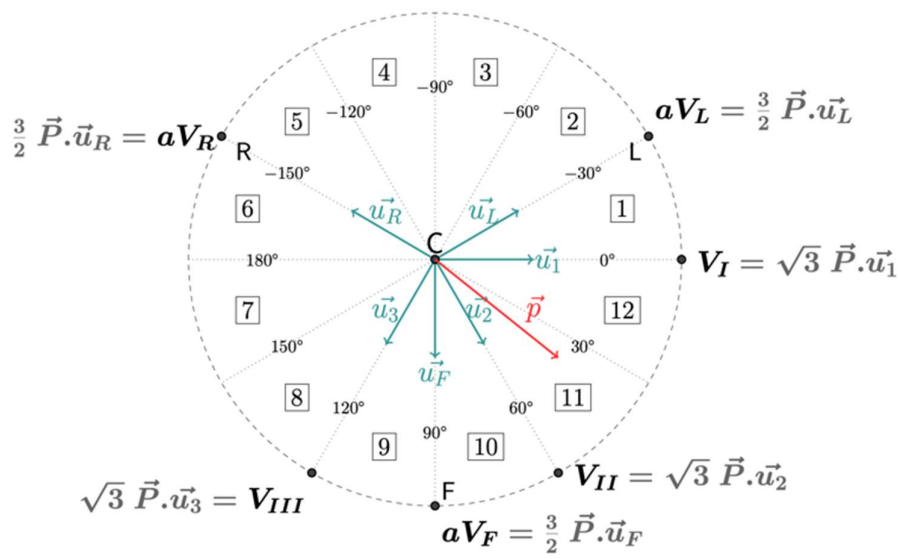
Réponse vraie : E

Troisième partie :

Après la séance d'entraînement du nageur, celui-ci doit passer un contrôle médical. Le médecin du sport décide alors de lui faire passer un ECG afin de s'assurer de la bonne santé de son cœur.

L'électrocardiogramme (ECG) consiste en un suivi de l'amplitude et de la rotation du vecteur dipôle cardiaque $\vec{p}$ par mesure de différences de potentiel entre plusieurs points grâce à des électrodes.

Pour simplifier les calculs, on définit le vecteur $\vec{P} = \frac{\vec{p}}{4\pi\epsilon_0 r^2}$, qui intervient dans le calcul des dérivations données sur le schéma suivant :



Les vecteurs $\vec{u}$ sont tous unitaires.

La direction du vecteur dipôle cardiaque ainsi que son amplitude (norme) varient au cours du cycle cardiaque. On souhaite comparer la norme et la direction de $\vec{p}$ entre deux instants du cycle : la dépolarisation des ventricules, qui correspond au pic du QRS sur l’ECG, et la repolarisation des ventricules, qui correspond au pic de l’onde T sur l’ECG.

Le tableau ci-dessous recense les valeurs des dérivations obtenues chez un patient au moment du pic du QRS :

Dérivation	aV_L	V_I	aV_R	V_{II}	aV_F	V_{III}
Mesure (mV)	-0.1	0.3	-0.4	1.3	1.2	0.9

Question 6 Déterminer le secteur dans lequel se situe le vecteur dipôle cardiaque du patient au moment du pic du QRS. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. Secteur 1
- B. Secteur 2
- C. Secteur 4
- D. Secteur 12

E. Secteur 10

Avant même de commencer, petit rappel sur le produit scalaire, qui va nous servir par la suite !

RAPPEL SUR LE PRODUIT SCALAIRE DE VECTEURS :

Soit deux vecteurs $\vec{p}$ et $\vec{u}$ formant un angle θ . Alors :

$$\vec{p} \cdot \vec{u} = \|\vec{p}\| \times \|\vec{u}\| \times \cos(\theta)$$

Les normes des vecteurs étant positives, le signe du produit scalaire dépend du signe du cosinus de l'angle θ :

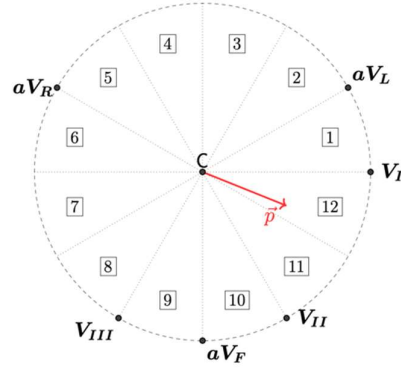
Si	Alors	Et donc
$\theta > 90^\circ$	$\cos(\theta) < 0$	$\vec{p} \cdot \vec{u} < 0$
$\theta < 90^\circ$	$\cos(\theta) > 0$	$\vec{p} \cdot \vec{u} > 0$
$\theta = 90^\circ$	$\cos(\theta) = 0$	$\vec{p} \cdot \vec{u} = 0$
$\theta = 0^\circ$ ou $\theta = 180^\circ$	$\cos(\theta) = 1$ ou $\cos(\theta) = -1$	$\vec{p} \cdot \vec{u}$ atteint son maximum en valeur absolue. <i>(Plus θ se rapproche de 0 (ou de 180° – autrement dit, plus les directions (pas les sens !) des deux vecteurs sont proches l'une de l'autre, plus le produit scalaire est élevé en valeur absolue.)</i>

Si la remarque faite pour la dernière condition ne vous est pas claire, vous pouvez suivre ce lien pour essayer de visualiser concrètement :

https://drive.google.com/file/d/1Fn7VSACNMmJtkcc3Q8lo31_1sKV8mIeP/view?usp=share_link

Items A, B, C, D et E : E VRAI, A, B, C et D FAUX

D'après les formules de chaque dérivation, données sur le schéma, on remarque que chaque dérivation est proportionnelle au produit scalaire du vecteur unitaire de sa direction avec le vecteur dipôle cardiaque, qui a pour origine le point C (cœur) et se balade quelque part sur notre schéma :



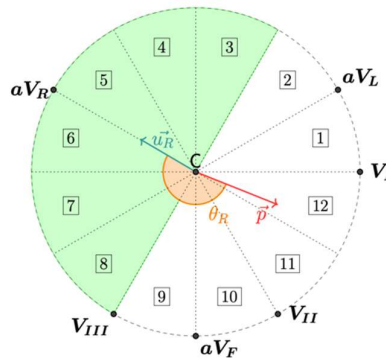
$\vec{p}$ est placé arbitrairement ici.

Pour savoir où $\vec{p}$ se situe, on va donc utiliser les propriétés du produit scalaire.

On note θ_r l'angle formé par $\vec{p}$ et le vecteur unitaire $\vec{u}_r$. Le tableau du patient 1 nous informe que la dérivation aV_r est **négative** :

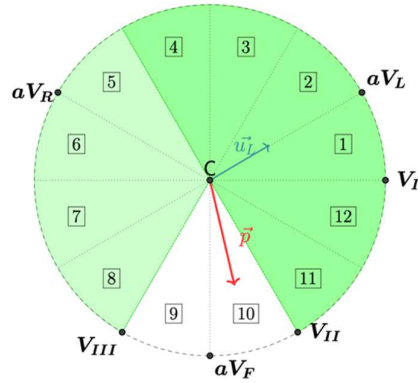
$$\begin{aligned} aV_r &= \frac{3}{2} \vec{P} \cdot \vec{u}_r < 0 \Leftrightarrow \vec{P} \cdot \vec{u}_r < 0 \\ &\Leftrightarrow \|\vec{P}\| \times \|\vec{u}_r\| \times \cos(\theta_r) < 0 \\ &\Leftrightarrow \cos(\theta_r) < 0 \\ &\Leftrightarrow \theta_r \in [90^\circ; 270^\circ] \end{aligned}$$

Donc le vecteur dipôle cardiaque forme un angle de plus de 90° avec le vecteur $\vec{u}_r$. On peut donc éliminer toute la zone de notre schéma qui ne satisfait pas cette condition, soit les secteurs 3 à 8 :



Si l'axe cardiaque se trouvait dans la zone verte du cercle (secteurs 3 à 8), il formerait un angle de moins de 90° avec le vecteur $\vec{u}_r$. On est donc certain qu'il ne s'y trouve pas.

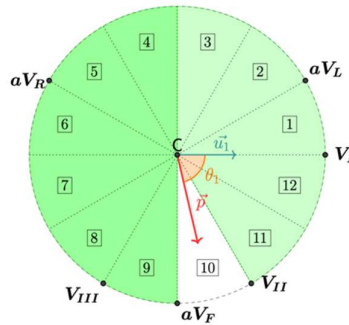
De même, on a $aV_L < 0$. Si on suit le même raisonnement que pour aV_r , on peut éliminer les secteurs 1, 2, 11 et 12 :



Notons maintenant θ_1 l'angle formé par $\vec{p}$ et $\vec{u}_1$. On sait que la dérivation $V_I = \sqrt{3} \vec{P} \cdot \vec{u}_1$ est **positive** :

$$\begin{aligned} \sqrt{3} \vec{P} \cdot \vec{u}_1 &> 0 \Leftrightarrow \vec{P} \cdot \vec{u}_1 > 0 \\ \Leftrightarrow \|\vec{P}\| \times \|\vec{u}_1\| \times \cos(\theta_1) &> 0 \\ \Leftrightarrow \cos(\theta_1) &> 0 \\ \Leftrightarrow \theta_1 \in [-90^\circ; 90^\circ] \end{aligned}$$

Donc $\vec{p}$ forme un angle inférieur à 90° avec $\vec{u}_1$. On peut donc éliminer le secteur 9 :



Finalement, on retient que $\vec{p}$ forme un angle de plus de 90° avec les vecteurs unitaires dont les dérivations sont négatives, et un angle de moins de 90° avec ceux dont la dérivation est positive.

On peut vérifier avec les autres dérivations : les dérivations aV_F , V_{III} et V_{II} sont positives, et $\vec{p}$ forme bien un angle de moins de 90° avec les vecteurs correspondants. C'est tout bon !

Le vecteur dipôle cardiaque du patient se trouve donc dans le **secteur 10**.

Remarque : Les expressions des dérivations sont données en fonction du vecteur $\vec{P}$: c'est donc directement l'orientation de $\vec{P}$ que l'on détermine. Mais puisque d'après l'énoncé, $\vec{P} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r^2} \times \vec{p}$, les vecteurs $\vec{P}$ et $\vec{p}$ sont tout simplement colinéaires ($\frac{1}{4\pi\epsilon_0 r^2} > 0$) : ils ont la même direction et le même sens. Ainsi la direction et le sens que l'on détermine pour $\vec{P}$ sont exactement celles de $\vec{p}$.

Une autre façon d'obtenir des informations sur la position du vecteur $\vec{p}$ est de chercher laquelle des dérivations a la valeur positive la plus élevée. En effet, le produit scalaire de $\vec{p}$ avec le

vecteur unitaire associé à la dérivation la plus grande est plus élevé que tous les produits scalaires de $\vec{p}$ avec les vecteurs unitaires des autres dérivations. Et qui dit grand produit scalaire, dit grande valeur de cosinus, et donc angle plus petit. C'est donc du vecteur unitaire de la dérivation ayant la valeur positive la plus élevée que le vecteur $\vec{p}$ se rapproche toujours le plus. Cette méthode peut être très utile pour vérifier la cohérence de votre résultat final !

On peut vérifier avec les valeurs de notre patient : les plus grandes dérivations sont aV_F et V_{II} , et $\vec{p}$ se situe dans le secteur 10, soit le plus proche de ces dérivations.

On peut aussi regarder quelles dérivations se rapprochent le plus de 0, ce qui nous indique les directions avec lesquelles le dipôle fait un angle le plus proche de 90° . Dans notre cas, il s'agit des dérivations aV_L et V_I .

Réponse vraie : E

Au moment du pic de l'onde T sur l'ECG, on relève de nouvelles valeurs pour chacune des dérivations. On obtient $aV_L(T) = 0$ et des dérivations $V_I(T)$ et $aV_F(T)$ telles que $V_I(T) = \frac{2}{3}V_I$ et $aV_F(T) = \frac{1}{2}aV_F$ (aV_F et V_I étant les valeurs au pic du QRS, données dans le tableau plus haut).

Question 7 Exprimer la norme P_T du vecteur $\vec{P_T}$ en fonction des valeurs des dérivations aV_F et V_I relevées au pic de l'onde T. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exactes :**

A. $P_T = \sqrt{\frac{4}{27} \times V_I^2 + \frac{1}{9} \times aV_F^2}$

B. $P_T = \sqrt{\frac{4}{27} \times V_I + \frac{1}{9} \times aV_F}$

C. $aV_R(T) < 0$

D. Il y a eu rotation du vecteur dipôle cardiaque

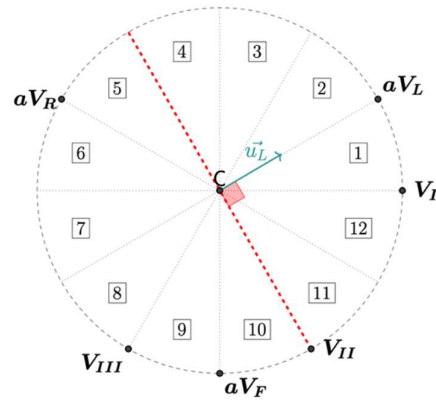
E. La direction du dipôle cardiaque n'a pas changé

Items C, D, et E : C et D VRAI, E FAUX

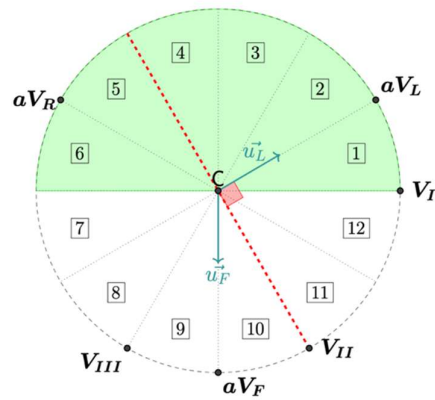
L'info importante ici, c'était que $aV_L(T) = 0$! En effet, si on décline à partir de ça :

$$\begin{aligned} aV_L' = 0 &\Leftrightarrow \frac{3}{2} \vec{P_T} \cdot \vec{u_L} = 0 \\ &\Leftrightarrow \cos(\vec{P_T}; \vec{u_L}) = 0 \\ &\Leftrightarrow (\vec{P_T}; \vec{u_L}) = 90^\circ \text{ ou } -90^\circ \end{aligned}$$

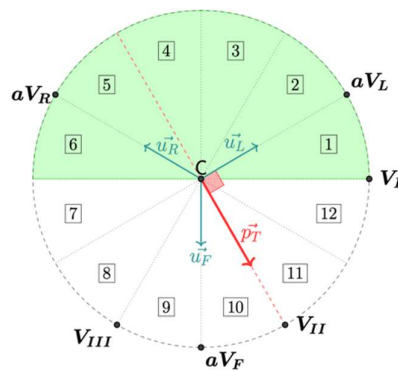
Autrement dit, le vecteur $\vec{P_T}$ est orthogonal à $\vec{u_L}$; il se situe donc sur la droite suivante :



De plus, on nous donne $aV_F(T) = \frac{1}{2}aV_F$, avec $aV_F > 0$ d'après le tableau de l'énoncé, donc $aV_F(T) > 0$. En appliquant le même raisonnement qu'à la question précédente, on sait que $\vec{p'}$ ne peut pas se trouver dans la zone verte du cercle (secteurs 1 à 6) :

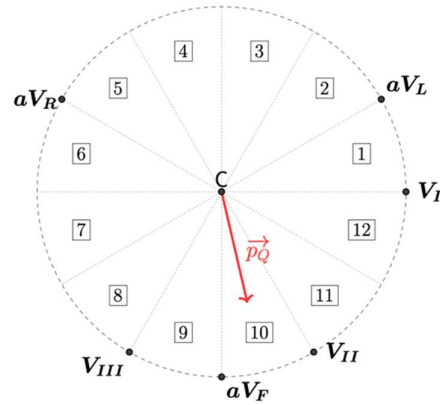


Le vecteur $\vec{p'}$ est donc situé pile sur la direction de V_{II} !



On peut remarquer qu'il forme un angle de plus de 90° avec $\vec{u_R}$, ainsi $aV_R(T) < 0$.

Or précédemment, au pic du QRS, il était orienté comme ceci :



Il y a donc eu rotation du dipôle cardiaque, sa direction a changé.

Items A et B : **A VRAI, B FAUX**

D'abord, comment exprimer la norme du vecteur dipôle cardiaque en fonction des dérivations qu'on a ? On va utiliser ici une égalité qui met en jeu un couple de vecteurs orthogonaux entre eux, dont on connaît la valeur du produit scalaire avec $\vec{P}$:

$$\|\vec{P}\|^2 = (\vec{P} \cdot \vec{u}_I)^2 + (\vec{P} \cdot \vec{u}_F)^2$$

Remarque : cette égalité, c'est simplement une application du théorème de Pythagore. Les produits scalaires donnent les normes des composantes de P selon les axes définis par les vecteurs $\vec{u}_I$ et $\vec{u}_F$, qui forment un triangle rectangle ayant pour hypoténuse le vecteur $\vec{P}$.

On commence par exprimer $\vec{P} \cdot \vec{u}_F$ en partant de la définition de aV_F :

$$aV_F = \frac{3}{2} \times \vec{P} \cdot \vec{u}_F \Leftrightarrow \vec{P} \cdot \vec{u}_F = \frac{2}{3} aV_F$$

Puis $\vec{P} \cdot \vec{u}_I$ de la même manière :

$$\begin{aligned} V_I &= \sqrt{3} \times \vec{P} \cdot \vec{u}_I \\ \Leftrightarrow \vec{P} \cdot \vec{u}_I &= \frac{V_I}{\sqrt{3}} \end{aligned}$$

On a alors :

$$\begin{aligned} P^2 &= \left(\frac{2}{3} aV_F \right)^2 + \left(\frac{V_I}{\sqrt{3}} \right)^2 \\ &= \frac{4}{9} aV_F^2 + \frac{V_I^2}{3} \end{aligned}$$

Maintenant, on peut faire exactement la même chose pour la norme du vecteur P_T , au pic de l'onde T sur l'ECG : on aura

$$P_T^2 = \left(\frac{2}{3} aV_F(T) \right)^2 + \left(\frac{V_I(T)}{\sqrt{3}} \right)^2$$

$$P_T^2 = \frac{1}{3} V_I(T)^2 + \frac{4}{9} aV_F(T)^2$$

L'énoncé ne nous donne pas directement les valeurs de $aV_F(T)$ et $V_I(T)$ au pic de l'onde T, mais on les a en fonction des valeurs des dérivations aV_F et V_I au pic du QRS : $V_I(T) = \frac{2}{3} V_I$ et $aV_F(T) = \frac{1}{2} aV_F$

On peut donc remplacer dans notre expression :

$$\begin{aligned} P_T^2 &= \frac{1}{3} \times \left(\frac{2}{3} V_I \right)^2 + \frac{4}{9} \times \left(\frac{1}{2} aV_F \right)^2 \\ P_T^2 &= \frac{1}{3} \times \frac{4}{9} \times V_I^2 + \frac{4}{9} \times \frac{1}{4} \times aV_F^2 \\ P_T^2 &= \frac{4}{27} \times V_I^2 + \frac{1}{9} \times aV_F^2 \end{aligned}$$

On applique la racine :

$$P_T = \sqrt{\frac{4}{27} \times V_I^2 + \frac{1}{9} \times aV_F^2}$$

Réponses exactes : A, C et D

Question 8 Calculer le rapport $\frac{p_T}{p_Q}$ des normes des vecteurs dipôle cardiaque du patient au pic de l'onde T et au pic du QRS. **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

A. $\frac{p_T}{p_Q} \leq 0.1$

B. $0.1 \leq \frac{p_T}{p_Q} \leq 0.3$

C. $0.4 \leq \frac{p_T}{p_Q} \leq 0.6$

D. $0.8 \leq \frac{p_T}{p_Q} \leq 1.2$

E. $\frac{p_T}{p_Q} \geq 1.5$

Items A, B, C, D et E : C VRAI, A, B, D et E FAUX

Première chose qui peut prêter à confusion : on vous parle des normes de $\vec{p}$ et $\vec{p'}$, et non plus de $\vec{P}$ et $\vec{P'}$ que l'on a étudiés précédemment. Mais, encore une fois, on définit $\vec{P} = \frac{1}{4\pi\epsilon r^2} \times \vec{p}$. Ainsi, s'il on souhaite exprimer le **rapport** des normes, on retrouve :

$$\frac{p_T}{p_Q} = \frac{4\pi\epsilon r^2 \times P_T}{4\pi\epsilon r^2 \times P_Q}$$

$$\frac{p_T}{p_Q} = \frac{P_T}{P_Q}$$

Et P_T et P_Q , on sait les exprimer hehe : d'après la question précédente,

$$P_T^2 = \frac{4}{27} \times V_I^2 + \frac{1}{9} \times aV_F^2$$

Et

$$P_Q^2 = \frac{4}{9} aV_F^2 + \frac{V_I^2}{3}$$

On a donc :

$$\begin{aligned} \frac{p_T^2}{p_Q^2} &= \frac{P_T^2}{P_Q^2} \\ \frac{p_T^2}{p_Q^2} &= \frac{\frac{4}{27} \times V_I^2 + \frac{1}{9} \times aV_F^2}{\frac{4}{9} aV_F^2 + \frac{V_I^2}{3}} \end{aligned}$$

En appliquant la racine,

$$\begin{aligned} \frac{p_T}{p_Q} &= \sqrt{\frac{p_T^2}{p_Q^2}} \\ &= \sqrt{\frac{\frac{4}{27} \times V_I^2 + \frac{1}{9} \times aV_F^2}{\frac{4}{9} aV_F^2 + \frac{V_I^2}{3}}} \end{aligned}$$

AN :

avec $V_I = 0.3$ et $aV_F = 1.2$ d'après le tableau donné en tout début d'énoncé :

$$\begin{aligned} \frac{p_T}{p_Q} &= \sqrt{\frac{\frac{4}{27} \times 0.3^2 + \frac{1}{9} \times 1.2^2}{\frac{4}{9} \times 1.2^2 + \frac{0.3^2}{3}}} \\ \frac{p_T}{p_Q} &\simeq \mathbf{0.51} \end{aligned}$$

Réponse exacte : C

Exercice 2 – Pressions au repos

La perfusion des alvéoles dans le poumon varie en fonction de leur hauteur.

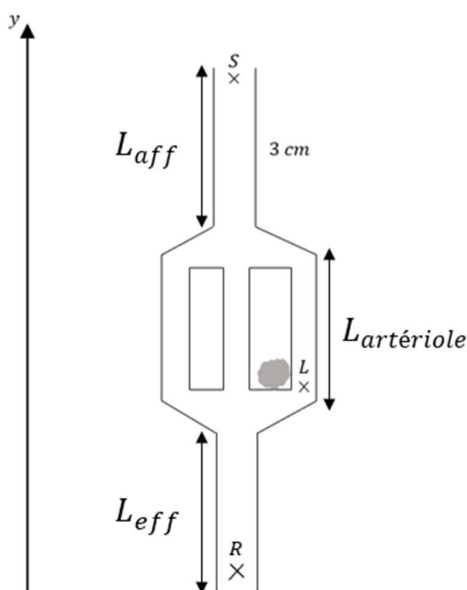
On s'intéresse à une artère afférente de rayon $r_{aff} = 6 \text{ mm}$ où règne une pression $P_S = 900 \text{ mmHg}$ au point S . Cette artère afférente se divise en trois artérioles de même rayon $r_{artériole} = 3 \text{ mm}$, avant de se rejoindre en une artère efférente de rayon $r_{eff} = 6 \text{ mm}$. On pose $r = r_{aff} = r_{eff}$.

L'artériole tout à droite irrigue une alvéole, ici représentée en gris. L'alvéole est située à la fin de l'artériole, juste avant qu'elle ne rejoigne les deux autres artérioles en une artère efférente.

La longueur de chaque artère/artériole est de $L_{aff} = L_{eff} = L_{artériole} = L = 3 \text{ cm}$. Le sang a une viscosité $\eta = 5 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}$ et une densité $d = 1,05$. Il circule avec un débit dans l'artère afférente égal à $Q = 5,25 \text{ L.min}^{-1}$.

On observe donc un dénivelé de 6 cm entre le point S , début de l'artère afférente, et le point L , point de contact entre l'artériole et l'alvéole pulmonaire, lorsque la personne est debout.

Dans cet exercice, on considère d'abord le cas d'une personne debout au repos.



Question 9 On cherche à comparer les résistances de l'artère afférente R_{aff} et de l'artériole $R_{artériole}$. Déterminer le rapport $\frac{R_{aff}}{R_{artériole}}$. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

A. $\frac{R_{aff}}{R_{artériole}} > 1$

B. $\frac{R_{aff}}{R_{artériole}} < 1$

C. $\frac{R_{aff}}{R_{artériole}} = \frac{1}{16}$

D. $\frac{R_{aff}}{R_{artériole}} = \frac{1}{3}$

E. $\frac{R_{aff}}{R_{artériole}} = \frac{1}{21}$

Items A et B : **B VRAI, A FAUX**

Ces inégalités peuvent se réécrire de cette façon :

$$R_{artériole} > R_{aff}$$

ou

$$R_{aff} > R_{artériole}$$

La résistance dépend de la longueur du vaisseau, de la viscosité du fluide et du rayon du vaisseau. Pour ces deux artères, la longueur et la viscosité sont les mêmes. Ce n'est pas ça qui va influencer la résistance, c'est le rayon qui varie entre les deux vaisseaux.

Plus le rayon va être petit, plus la résistance va être forte. Ici, c'est l'artère alvéolaire qui va avoir le plus petit rayon comparé à celui de l'artère afférente. Alors :

$$R_{aff} < R_{artériole}$$

$$\Leftrightarrow \frac{R_{aff}}{R_{artériole}} < 1$$

Items C, D et E : C VRAI, D et E FAUX

On sait que :

$$R = \frac{8\eta L}{\pi r^4}$$

Donc :

$$R_{aff} = \frac{8\eta L}{\pi r^4}$$

$$R_{artériole} = \frac{8\eta L}{\pi r_{artériole}^4}$$

On sait que

$$r_{artériole} = \frac{r}{2}$$

Ainsi :

$$R_{artériole} = \frac{8\eta L}{\pi \left(\frac{r}{2}\right)^4}$$

$$R_{artériole} = \frac{8\eta L}{\pi r^4} \times 16$$

$$R_{artériole} = R_{aff} \times 16$$

Donc :

$$\frac{R_{aff}}{R_{artériole}} = \frac{1}{16}$$

On a un rapport de résistances ici, qui est donc sans unité.

Réponses vraies : B et C

Question 10 Déterminer la perte de charge ΔP du fluide entre le début de l'artère afférente et la fin de l'artère efférente, soit du point S au point R . **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

A. $\Delta P = 189,1 \text{ Pa}$

B. $\Delta P = 251,6 \text{ Pa}$

C. $\Delta P = 3,1 \times 10^5 \text{ Pa}$

D. $\Delta P = 6,9 \times 10^6 \text{ Pa}$

E. $\Delta P = 1,3 \times 10^7 \text{ Pa}$

Items A, B, C, D et E : **A VRAI, B, C, D et E FAUX**

On s'intéresse ici à un fluide visqueux. Lorsque ce fluide progresse dans un tube (le vaisseau ici), il perd en pression. Celle-ci se dissipe à travers les frottements sur la paroi du vaisseau. La pression perdue entre le point en amont et celui en aval correspond à la perte de pression (= perte de charge).

On sait que :

$$\Delta P = R \times Q$$

avec R la résistance totale entre le début de l'artère afférente et la fin de l'artère efférente et Q le débit total.

On a trois segments qui apportent chacun une résistance :

$$R_{tot} = R_{aff} + R_{dériv} + R_{eff}$$

Avec R_{aff} la résistance dans l'artère afférente, R_{eff} dans l'efférente et $R_{dériv}$ la résistance totale de l'ensemble des trois vaisseaux en dérivation.

Les artérioles ici sont en dérivation et chacune impose une résistance $R_{artériole}$. Pour trouver la résistance totale de ces trois artérioles, on sait que :

$$\frac{1}{R_{dériv}} = \frac{1}{R_{artériole}} + \frac{1}{R_{artériole}} + \frac{1}{R_{artériole}}$$

Les artérioles ici ont la même longueur et le même rayon alors :

$$\frac{1}{R_{dériv}} = 3 \times \frac{1}{R_{artériole}} \text{ donc } R_{dériv} = \frac{1}{3} R_{artériole}$$

car les trois vaisseaux sont identiques et ont donc chacune une même résistance $R_{artériole}$.

Comme $R_{artériole} = \frac{8\eta L_{artériole}}{\pi(r_{artériole})^4}$, on peut écrire : $R_{dériv} = \frac{8\eta L_{artériole}}{3\pi(r_{artériole})^4}$

On remplace dans l'expression de R_{tot} :

$$R_{tot} = \frac{8\eta L_{aff}}{\pi(r_{aff})^4} + \frac{8\eta L_{eff}}{\pi(r_{eff})^4} + R_{dériv}$$

$$R_{tot} = \frac{8\eta L_{aff}}{\pi(r_{aff})^4} + \frac{8\eta L_{eff}}{\pi(r_{eff})^4} + \frac{8\eta L_{artériole}}{3\pi(r_{artériole})^4}$$

Or : $r_{aff} = r_{eff} = r$ et $r_{artériole} = \frac{r}{2}$ (d'après les valeurs numériques de l'énoncé)

Et : $L_{aff} = L_{eff} = L_{artériole} = L = 3 \text{ cm}$

Ainsi :

$$R_{tot} = \frac{8\eta L}{\pi r^4} + \frac{8\eta L}{\pi r^4} + \frac{8\eta L}{3\pi \left(\frac{r}{2}\right)^4}$$

$$R_{tot} = \frac{8\eta L}{\pi r^4} + \frac{8\eta L}{\pi r^4} + \frac{16}{3} \times \frac{8\eta L}{\pi r^4}$$

$$R_{tot} = \frac{8\eta L}{\pi r^4} \left(1 + 1 + \frac{16}{3}\right)$$

$$R_{tot} = \frac{22}{3} \times \frac{8\eta L}{\pi r^4}$$

On ressort alors notre formule initiale :

$$\Delta P = R_{tot} \times Q$$

AN :

D'après l'énoncé, $Q = 5,25 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$. On convertit :

$$Q = 8,75 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}.$$

Ainsi,

$$\Delta P = \frac{22}{3} \times \frac{8\eta L}{\pi r^4} \times 8,75 \times 10^{-5}$$

Maintenant, si on fait l'application numérique :

$$\Delta P = \frac{22}{3} \times \left(\frac{8 \times 5 \times 10^{-3} \times 3 \times 10^{-2}}{\pi \times (6 \times 10^{-3})^4} \right) \times 8,75 \times 10^{-5}$$

$\Delta P = 189,1 \text{ Pa}$

Réponse vraie : A

Question 11 Déterminer la puissance $\mathcal{P}$ perdue par le fluide lors de son trajet du début de l'artère afférente à la fin de l'artère efférente le long des trois segments (du point S au point R). **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

A. $\mathcal{P} = \Delta P \times Q^2$

B. $\mathcal{P} = \Delta P \times Q$

C. $\mathcal{P} = 6 \times 10^{-3} \text{ J}$

D. $\mathcal{P} = 0,02 \text{ W}$

E. $\mathcal{P} = 27,1 \text{ W}$

Items A, B, C, D et E : **B et D VRAI**, A, C et E FAUX

Un fluide visqueux qui s'écoule perd de l'énergie cinétique par unité de volume (pression) au fur et à mesure qu'il s'écoule, à cause des frottements en son sein aussi bien que contre les parois du tube.

Cette énergie dissipée qui se manifeste, comme on l'a vu, par une perte de pression ΔP est reliée à une *puissance* dissipée. En effet, la puissance correspond à une quantité d'énergie par unité de temps : $\mathcal{P} = \frac{dE_{\text{dissipée}}}{dt}$.

Cette puissance s'exprime aussi comme suit :

$$\mathcal{P} = \Delta P \times Q = R \times Q \times Q = R \times Q^2$$

AN :

$$\mathcal{P} = 189,1 \times 8,75 \times 10^{-5}$$

$$\mathcal{P} = 0,02 \text{ W}$$

Réponses vraies : B et D

Question 12 Pour une personne debout au repos, déterminer la pression sanguine P_L auprès de l'alvéole, soit au point L. On note v_S la vitesse du sang au point S et v_L la vitesse du sang dans l'artériole au point L. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

A. $v_L = \frac{v_S}{3}$

B. $v_L = \frac{Q}{3\pi(r_{\text{artériole}})^2}$

C. $P_L = 9,12 \times 10^5 \text{ Pa}$

D. $P_L = 912 \text{ Pa}$

E. $P_L = 912 \text{ mmHg}$

Items A et B : **B VRAI**, A FAUX

On cherche d'abord à déterminer les vitesses près de l'alvéole et au niveau de l'artériole grâce aux rayons des vaisseaux respectifs $r_{\text{artériole}}$ et r_{aff} .

On sait qu'on peut exprimer le débit comme $Q = \pi r^2 v$, donc

$$Q = \pi r_{\text{aff}}^2 v_S$$

$$\Rightarrow v_S = \frac{Q}{\pi r_{\text{aff}}^2}$$

On en profite pour trouver le résultat numérique afin de l'utiliser pour la résolution des items d'après.

AN :

$$v_S = \frac{8,75 \times 10^{-5}}{\pi \times (6 \times 10^{-3})^2}$$
$$v_S = 0,77 \text{ m.s}^{-1}$$

De plus on sait que :

$$Q_{\text{artériole}} = \pi r^2 v_L$$
$$\Leftrightarrow v_L = \frac{Q_{\text{artériole}}}{\pi (r_{\text{artériole}})^2}$$

Or :

$$Q_{\text{artériole}} = \frac{Q}{3}$$

Ainsi :

$$v_L = \frac{Q}{3\pi (r_{\text{artériole}})^2} = \frac{Q}{3\pi \left(\frac{r_{\text{aff}}}{2}\right)^2} = \frac{4Q}{3\pi (r_{\text{aff}})^2} = \frac{4}{3} v_S$$

C'est le débit qui va être divisé par 3, pas directement la vitesse du fluide.

AN :

$$v_L = \frac{8,75 \times 10^{-5}}{3\pi (3 \times 10^{-3})^2}$$
$$v_L = 1 \text{ m.s}^{-1}$$

Items C, D et E : E VRAI, C et D FAUX

On considère une personne debout, c'est-à-dire que les hauteurs du point en amont et près de l'alvéole sont différentes.

On cherche la pression P_L dans l'artériole, près de l'alvéole, en connaissant la pression dans le vaisseau P_S juste avant.

On note les altitudes des points S et L dans l'artère afférente et dans l'artériole respectivement y_S et y_L . On note Δp_{aff} et $\Delta p_{\text{artériole}}$ les pertes de charge respectivement dans l'artère afférente et dans une artériole. On considère $\Delta p_{\text{aff}} > 0$ et $\Delta p_{\text{artériole}} > 0$

On note P_S et P_L les pressions aux points S et L respectivement.

Toutes ces grandeurs sont reliées par la loi de Bernoulli modifiée pour prendre en compte la perte de pression, qui exprime la conservation de la densité volumique d'énergie :

$$\frac{1}{2}\rho v_s^2 + \rho g y_s + P_s = \Delta p + \frac{1}{2}\rho v_L^2 + \rho g y_L + P_L$$

On est dans un fluide visqueux, c'est pour cela qu'il faut ajouter le terme Δp lié à la perte de charge du côté de la pression en aval (droite) qui est inférieure à celle en amont à cause des frottements.

Dans l'expression que l'on va utiliser, il y a des termes qui ne sont pas donnés explicitement dans l'énoncé, on va donc d'abord chercher à les déterminer. On connaît déjà les vitesses .

Pour retrouver la perte de charge, on se rappelle qu'on s'intéresse à l'écoulement dans l'artère afférente puis dans l'artériole, qui est un écoulement en série.

La perte de charge totale Δp sur ce trajet est donc la somme des pertes de charge sur chaque segment :

$$\begin{aligned}\Delta p &= \Delta p_{aff} + \Delta p_{artériole} \\ \Delta p &= R_{aff} \times Q + R_{artériole} \times Q_{artériole} \\ \Delta p &= \frac{8\eta L_{aff}}{\pi r_{aff}^4} \times Q + \frac{8\eta L_{artériole}}{\pi r_{artériole}^4} \times Q_{artériole} \\ \Delta p &= \frac{8\eta L}{\pi r^4} \times Q + \frac{8\eta L}{\pi \left(\frac{r}{2}\right)^4} \times Q_{artériole} \\ \Delta p &= \frac{8\eta L}{\pi r^4} \times (Q + 16 \times Q_{artériole})\end{aligned}$$

On note le débit de sang dans une artériole $Q_{artériole}$.

Le débit Q se divise dans les trois artérioles en trois débits égaux : $Q = 3Q_{artériole}$ donc :

$$Q_{artériole} = \frac{Q}{3}$$

On remplace dans l'expression de Δp :

$$\begin{aligned}\Delta p &= \frac{8\eta L}{\pi r^4} \times \left(Q + 16 \times \frac{Q}{3}\right) \\ \Delta p &= \frac{8\eta L}{\pi r^4} \times \frac{19}{3} \times Q\end{aligned}$$

AN :

$$\begin{aligned}\Delta p &= \frac{8 \times 5 \times 10^{-3} \times 3 \times 10^{-2}}{\pi \times (6 \times 10^{-3})^4} \times \frac{19}{3} \times 8,75 \times 10^{-5} \\ \Delta p &= \mathbf{163,3 \text{ Pa}}\end{aligned}$$

Plus rien ne nous empêche maintenant de remonter à la pression P_L au point L grâce à celle au point S P_S . On repart de la loi de Bernoulli modifiée :

$$P_L = \frac{1}{2}\rho_{eau}dv_s^2 + \rho_{eau}dg(y_s - y_L) + P_s - \Delta p - \frac{1}{2}\rho_{eau}dv_L^2$$

Pour le calcul de la masse volumique du sang ρ_{sang} , on utilise la définition de la densité :

$$d = \frac{\rho_{sang}}{\rho_{eau}} \Leftrightarrow \rho_{sang} = d \cdot \rho_{eau}$$

Petit rappel sur les conversions pour les pressions :

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 10^5 \text{ Pa}$$

Donc pour avoir une pression P_s en Pa, avec la pression donnée dans l'énoncé :

$$P_s = 900 \text{ mmHg}$$

$$P_s = \frac{900}{760} \times 10^5 \text{ Pa}$$

En faisant l'application numérique on obtient :

$$P_L = \frac{1}{2} \times 1,05 \times 10^3 \times 0,77^2 + 1,05 \times 10^3 \times 9,81 \times (6 \times 10^{-2}) + \left(\frac{900 \times 10^5}{760} \right) - 163,3 - \frac{1}{2} \times 1,05 \times 10^3 \times 1^2$$

$$P_L = 1,2 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_L = \frac{1,2 \times 10^5 \times 760}{10^5} \text{ Pa}$$

$$P_L = 912 \text{ mmHg}$$

Réponses vraies : B et E

Question 13 Maintenant, on considère cette même personne qui s'allonge sur un brancard. En réanimation, on allonge les personnes sur le dos voire sur le ventre pour améliorer la perfusion des alvéoles. Déterminer la pression sanguine P_L' près de cette même alvéole. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

A. $P_L' = 446 \text{ mmHg}$

B. $P_L' = P_L = 900 \text{ mmHg}$

C. $P_L' = 896,8 \text{ mmHg}$

D. L'énergie potentielle gravitationnelle du sang n'est plus transmise à la pression si le patient est allongé

E. La perte de charge est plus forte en présence de dénivelé

Items A, B et C : C VRAI, A et B FAUX

Ici le but de la question reste la même sauf que le dénivelé entre les positions va être nul car la personne est allongée.

On reprend la loi de conservation du débit et l'expression de P_L isolé. On peut exprimer P_L' de la même façon :

$$P_L' = \frac{1}{2} \rho_{eau} dv_s^2 + \rho_{eau} dg(y_s - y_L) + P_s - \Delta p - \frac{1}{2} \rho_{eau} dv_L^2$$

On sait que la différence $y_s - y_L$ est nulle car il n'y a pas différence de hauteur entre les deux points. On simplifie :

$$P_L' = \frac{1}{2} \rho_{eau} dv_s^2 + P_s - \Delta p - \frac{1}{2} \rho_{eau} dv_L^2$$

AN :

$$P_L' = \frac{1}{2} \times 1,05 \times 10^3 \times 0,77^2 + \left(\frac{900 \times 10^5}{760} \right) - 163,3 - \frac{1}{2} \times 1,05 \times 10^3 \times 1^2$$

$$P_L' = 1,18 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_L' = 896,8 \text{ mmHg}$$

Item D : D VRAI

Lorsque l'altitude d'un fluide diminue, son énergie potentielle gravitationnelle diminue aussi. En revanche, cette énergie ne disparaît pas. Pour une artère de section constante, la conservation du débit (sang incompressible) implique que la vitesse du sang ne varie pas, donc l'énergie potentielle gravitationnelle est transférée sous forme de pression s'il n'y pas de pertes par frottements.

Lorsqu'il y a des forces de frottement dans les fluides visqueux, l'énergie gravitationnelle qui diminue ne se transmet qu'en partie à une autre composante mais elle l'influence tout de même.

En comparant la pression sanguine lors d'un dénivelé et lorsqu'il n'y en a pas, on peut remarquer que la pression est la plus forte au point L lorsque ce point a une hauteur inférieure à celle du point S .

Cela s'explique par le fait que la variation d'énergie potentielle est transmise à la pression sanguine malgré la dissipation d'énergie par les forces de frottements.

Donc finalement, le fait que la personne s'allonge diminue la pression dans l'artériole (ce qu'on observe par le calcul) car le sang dans l'artériole perd le bénéfice du surplus de pression conféré par la pesanteur quand le dénivelé existe (situation debout).

Item E : E FAUX

La perte de charge ne varie pas avec la hauteur du fluide. Elle ne varie qu'avec les dimensions des vaisseaux et le débit qui y circule.

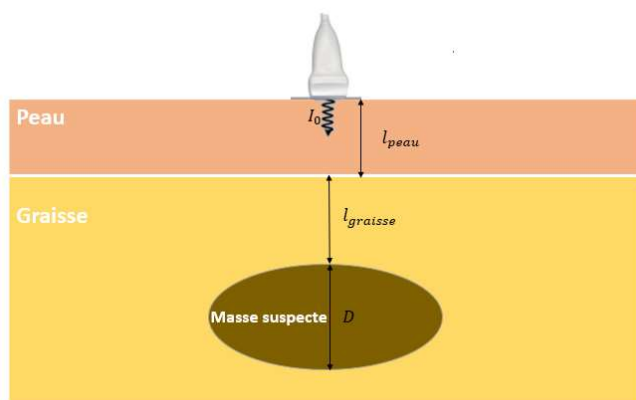
Réponses vraies : C et D

Exercice 3 – Cancer du sein

Partie 1 : Dépistage par échographie

Une femme se rend chez son médecin, après avoir constaté une masse dure dans son sein gauche. Pour poser un diagnostic le médecin effectue une échographie qui permettra d'évaluer s'il s'agit d'un kyste bénin ou d'une tumeur.

La sonde, posée sur la peau avec un gel d'adaptation d'impédance, émet des ondes planes d'intensité $I_0 = 10 \text{ W.m}^{-2}$ associée à un niveau sonore L_0 . Ces ondes traversent une épaisseur de peau $l_{\text{peau}} = 0,8 \text{ cm}$, puis une épaisseur de graisse $l_{\text{graisse}} = 2 \text{ cm}$ avant d'atteindre la masse suspecte d'épaisseur D . Le schéma suivant reflète la situation :



Pour tout milieu X , on notera Z_X son impédance acoustique, ρ_X sa masse volumique, d_X sa densité et c_X la vitesse du son dans ce milieu.

On donne :

$$\rho_{\text{peau}} = 1100 \text{ kg.m}^{-3} \text{ et } c_{\text{peau}} = 1620 \text{ m.s}^{-1}$$

$$d_{\text{graisse}} = 0,9 \text{ et } c_{\text{graisse}} = 1450 \text{ m.s}^{-1}$$

$$Z_{\text{tumeur}} = 1,70 \times 10^6 \text{ kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$$

$$Z_{\text{kyste}} = 1,50 \times 10^6 \text{ kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$$

On rappelle la masse volumique de l'eau $\rho_e = 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$ et on prendra l'intensité sonore de référence $I_{\text{ref}} = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$.

On appellera $R_{p/g}$ le coefficient de réflexion à l'interface *peau – graisse*, $T_{p/g}$ le coefficient de transmission à cette même interface. Pour l'interface *graisse – masse suspecte*, on notera ces coefficients $R_{g/?}$ et $T_{g/?}$.

Pour les questions 14, 15 et 16 on considérera que les ondes se propagent dans le milieu sans atténuation.

Question 14 À propos des impédances acoustiques, laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :

A. $Z_{\text{peau}} = 1,78 \times 10^6 \text{ kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$

B. $Z_{\text{graisse}} = \frac{d_{\text{graisse}}}{\rho_e} \times c_{\text{graisse}}$

C. $Z_{\text{graisse}} = 1,31 \text{ kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$

D. $Z_{\text{graisse}} = 1,31 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$

E. $Z_{\text{graisse}} = 1,31 \times 10^9 \text{ g.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$

Item A : A FAUX

Salut les plus beaux, c'est parti pour la correction !

On rappelle la formule du calcul de l'impédance acoustique :

$$Z = \rho c$$

Avec : Z en $\text{kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, ρ en kg.m^{-3} et c en m.s^{-1} .

Ainsi pour la peau, on a :

$$Z_{\text{peau}} = 1100 \times 1620 = 1,78 \times 10^6 \text{ kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$$

Mais alors pourquoi l'item est faux ??? En fait y a un mini piège sur les unités : la réponse était donnée en $\text{kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$ au lieu de $\text{kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$! Oui je sais c'est méchant mais maintenant vous ferez gaffe aux unités 😊 !

Items B, C, D et E : E VRAI, B, C et D FAUX

Ici, on ne nous donnait pas ρ_{graisse} , mais la densité d_{graisse} . Il fallait donc se souvenir du lien entre les deux : on rappelle que la densité d'un matériau est le rapport de la masse volumique de ce matériau et de la masse volumique de l'eau. Pour la graisse on a donc :

$$d_{\text{graisse}} = \frac{\rho_{\text{graisse}}}{\rho_e}$$

$$\Leftrightarrow \rho_{\text{graisse}} = d_{\text{graisse}} \times \rho_e$$

En repartant de la formule de l'impédance, on a donc :

$$Z_{\text{graisse}} = \rho_{\text{graisse}} \times c_{\text{graisse}}$$

$$\Rightarrow Z_{\text{graisse}} = d_{\text{graisse}} \times \rho_e \times c_{\text{graisse}} \quad (B \text{ FAUX})$$

On passe à l'application numérique :

$$Z_{\text{graisse}} = 0,9 \times 10^3 \times 1450$$

$$\Rightarrow Z_{\text{graisse}} = 1,31 \times 10^6 \text{ kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1} = 1,31 \times 10^9 \text{ g.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$$

Réponse vraie : E

On note L_1 le niveau sonore de l'écho d'intensité I_1 qui est reçu par la sonde après réflexion sur la première interface *graisse – masse suspecte*. On admettra que $T_{p/g} = 9,77 \times 10^{-1}$.

On rappelle les formules des coefficients de réflexion R et de transmission T entre deux milieux 1 et 2 d'impédance acoustique Z_1 et Z_2 respectivement : $R = \left(\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}\right)^2$ et $T = \frac{4Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$

Question 15 À propos de L_1 et I_1 , **laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

A. $I_1 = I_0 \times T_{p/g}^2 \times T_{g/?}$

B. $L_1 = L_0 \times T_{p/g}^2 \times R_{g/?}$

C. $L_1 - L_0 = 20 \log(T_{p/g}) + 10 \log(R_{g/?})$

D. Si la masse suspecte est un kyste, on a : $L_1 \approx 112 \text{ dB}$

E. Si la masse suspecte est une tumeur, on a $L_1 \approx 112 \text{ dB}$

Item A : A FAUX

L'onde correspondant à l'intensité I_1 suit le parcours suivant (pour ce genre d'exo, faites-vous un schéma, ça vous permettra de vous approprier la situation et de mieux réfléchir !) : elle traverse la peau puis est **transmise** au niveau de l'interface *peau – graisse*, puis elle traverse la graisse avant de se **réfléchir** sur l'interface *graisse – masse suspecte* puis de retraverser la graisse, d'être **transmise** à l'interface *peau – graisse* (et oui, point important +++ les interfaces qu'on a traversés à l'aller doivent aussi être traversés au retour !) et de revenir à la sonde !

Ainsi, en prenant en compte les différents coefficients de transmission/réflexion, on a :

$$I_1 = I_0 \times T_{p/g} \times R_{g/?} \times T_{p/g}$$

$$\Leftrightarrow I_1 = I_0 \times T_{p/g}^2 \times R_{g/?}$$

Ici le piège était dans le coefficient utilisé pour l'interface *graisse – masse suspecte* : on a bien un coefficient de **réflexion** et non pas de transmission !

Item B : B FAUX

Non, non et non ! Retenez bien que ce qui est valable pour les intensités ne l'est pas pour les niveaux sonores ! En effet, ces derniers sont une échelle logarithmique (cf la formule ci-dessous) de l'intensité donc n'évoluent pas de la même manière que les intensités (un produit devient une somme par exemple) !

$$L_1 = 10 \log\left(\frac{I_1}{I_{ref}}\right)$$

Item C : C VRAI

On rappelle la formule des niveaux sonores L_0 et L_1 :

$$L_0 = 10 \log\left(\frac{I_0}{I_{ref}}\right) \text{ Et } L_1 = 10 \log\left(\frac{I_1}{I_{ref}}\right)$$

On a donc :

$$L_1 - L_0 = 10 \log \left(\frac{I_1}{I_{ref}} \right) - 10 \log \left(\frac{I_0}{I_{ref}} \right)$$

On va manipuler cette expression avec les propriétés du logarithme (à connaître +++):

$$\log(ab) = \log(a) + \log(b), \log\left(\frac{1}{a}\right) = -\log(a) \text{ et } \log(a^2) = 2 \log(a)$$

On a :

$$\Leftrightarrow L_1 - L_0 = 10 \left(\log \left(\frac{I_1}{I_{ref}} \right) - \log \left(\frac{I_0}{I_{ref}} \right) \right)$$

$$\Leftrightarrow L_1 - L_0 = 10 \left(\log \left(\frac{I_1}{I_{ref}} \right) + \log \left(\frac{I_{ref}}{I_0} \right) \right)$$

$$\Leftrightarrow L_1 - L_0 = 10 \left(\log \left(\frac{I_1 \times I_{ref}}{I_{ref} \times I_0} \right) \right)$$

$$\Leftrightarrow L_1 - L_0 = 10 \log \left(\frac{I_1}{I_0} \right)$$

$$\Leftrightarrow L_1 - L_0 = 10 \log \left(\frac{I_0 T_{p/g}^2 R_{g/?}}{I_0} \right)$$

$$\Leftrightarrow L_1 - L_0 = 10 \log(T_{p/g}^2 R_{g/?})$$

$$\Leftrightarrow L_1 - L_0 = 20 \log(T_{p/g}) + 10 \log(R_{g/?})$$

Items D et E : **E VRAI**, D FAUX

Ici, il nous faut tout d'abord calculer les coefficients $R_{g/t}$ et $R_{g/k}$ de réflexion aux interfaces *graisse – tumeur* et *graisse – kyste*.

On rappelle la formule du coefficient de réflexion entre deux milieux d'impédances Z_1 et Z_2 :

$$R = \frac{(Z_1 - Z_2)^2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

AN :

$$R_{g/t} = \frac{(1,31 \times 10^6 - 1,70 \times 10^6)^2}{(1,31 \times 10^6 + 1,70 \times 10^6)^2} = 1,67 \times 10^{-2}$$

$$R_{g/k} = \frac{(1,31 \times 10^6 - 1,50 \times 10^6)^2}{(1,31 \times 10^6 + 1,50 \times 10^6)^2} = 4,57 \times 10^{-3}$$

On a donc :

$$I_{1_{tumeur}} = 10 \times (9,77 \times 10^{-1})^2 \times 1,67 \times 10^{-2} = 1,59 \times 10^{-1} \text{ W.m}^{-1}$$

$$I_{1_{kyste}} = 10 \times (9,77 \times 10^{-1})^2 \times 4,57 \times 10^{-3} = 4,36 \times 10^{-2} \text{ W.m}^{-1}$$

D'où :

$$L_{1_{tumeur}} = 10 \log \left(\frac{1,59 \times 10^{-1}}{10^{-12}} \right) = 112 \text{ dB}$$

$$L_{1_{kyste}} = 10 \log \left(\frac{4,36 \times 10^{-2}}{10^{-12}} \right) = 106 \text{ dB}$$

Autre façon de faire : On a trouvé juste avant que

$$L_1 - L_0 = 20 \log(T_{p/g}) + 10 \log(R_{g/?})$$

Donc :

$$L_1 = L_0 + 20 \log(T_{p/g}) + 10 \log(R_{g/?})$$

On va donc remplacer $R_{g/?}$ par $R_{g/t}$ pour trouver $L_{1_{tumeur}}$ et par $R_{g/k}$ pour calculer $L_{1_{kyste}}$.

On retombe bien sur : $L_{1_{tumeur}} = 112 \text{ dB}$ et $L_{1_{kyste}} = 106 \text{ dB}$!

Ainsi, si on a un niveau $L_1 = 112 \text{ dB}$, la masse suspecte est une tumeur.

Réponses vraies : C et E

Avec les résultats qu'il a obtenus, le médecin conclut que la masse suspecte est une tumeur. Il cherche désormais à évaluer le stade potentiel du cancer dont la femme est atteinte, en mesurant sa dimension D .

Il observe une durée $\Delta t = 75 \mu\text{s}$ entre la réception du signal d'intensité $I_{1_{tumeur}}$ réfléchi sur la première interface *graisse – tumeur* et du signal d'intensité $I_{2_{tumeur}}$ réfléchi sur la deuxième interface. On considérera que la vitesse du son dans la tumeur est $c_{tumeur} = 1500 \text{ m.s}^{-1}$.

Question 16 À propos de D , laquelle des propositions suivantes est exacte :

A. $D = 28 \text{ mm}$

B. $D = 56 \text{ mm}$

C. $D = 84 \text{ mm}$

D. $D = 112 \text{ mm}$

E. $D = 225 \text{ mm}$

Items A, B, C, D et E : **E VRAI**, A, C, D et E FAUX

Pour connaître D , on va chercher à trouver la relation qui unit le temps Δt entre l'acquisition des deux signaux et la profondeur de la tumeur.

Pour ça on peut s'intéresser au parcours de chacun des deux signaux captés par la sonde :

- **pour le signal associé à l'intensité $I_{1_{tumeur}}$** : les ondes traversent une épaisseur de peau l_{peau} à vitesse c_{peau} , puis une épaisseur $l_{graisse}$ à vitesse $c_{graisse}$, rebondissent sur l'interface *graisse – tumeur* avant de retraverser les deux mêmes distances aux mêmes vitesses respectives.

- **pour le signal associé à l'intensité $I_{2_{tumeur}}$** : les ondes traversent une épaisseur de peau l_{peau} à vitesse c_{peau} , puis une épaisseur $l_{graisse}$ à vitesse $c_{graisse}$, puis une distance D au sein de la tumeur, à vitesse c_{tumeur} . Elles rebondissent ensuite sur la deuxième interface *tumeur – graisse*, retraversent les distances D , $l_{graisse}$ et l_{peau} aux mêmes vitesses respectives.

En comparant ces deux parcours, on s'aperçoit que la différence entre les deux est que le deuxième signal a traversé une distance $2D$ (aller-retour) supplémentaire dans la tumeur, à vitesse c_{tumeur} .

Ainsi, l'intervalle Δt entre la réception des deux signaux correspond à la durée nécessaire pour parcourir cette distance $2D$ à vitesse c_{tumeur} .

D'où :

$$\Delta t = \frac{2D}{c_{tumeur}}$$

$$\Leftrightarrow D = \frac{\Delta t \times c_{tumeur}}{2}$$

Une petite application numérique :

$$D = \frac{75 \times 10^{-6} \times 1500}{2} = 5,6 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\Rightarrow D = 56 \text{ mm}$$

Réponse vraie : B

En réalité, une partie de l'énergie de l'onde est dissipée dans le milieu. On considérera les coefficients d'absorption suivants :

$$\alpha_{peau} = 2 \text{ dB.cm}^{-1}, \alpha_{graisse} = 1 \text{ dB.cm}^{-1}$$

On appellera $L'_{1_{tumeur}}$ le niveau sonore associé à l'onde qui revient à la sonde après s'être réfléchi sur la première interface *graisse – tumeur*.

Question 17 **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

A. $L'_{1\text{tumeur}} = L_{1\text{tumeur}} - \alpha_{\text{peau}} l_{\text{peau}} - \alpha_{\text{graisse}} l_{\text{graisse}}$

B. $L'_{1\text{tumeur}} = L_{1\text{tumeur}} e^{-\frac{2l_{\text{peau}}}{\alpha_{\text{peau}}} - \frac{2l_{\text{graisse}}}{\alpha_{\text{graisse}}}}$

C. $L'_{1\text{tumeur}} = L_{1\text{tumeur}} - 2\alpha_{\text{peau}} l_{\text{peau}} + 2\alpha_{\text{graisse}} l_{\text{graisse}}$

D. $L'_{1\text{tumeur}} < 105 \text{ dB}$

E. $L'_{1\text{tumeur}} < L_{1\text{tumeur}}$

Items A, B et C : A, B et C FAUX

Ici, on nous donnait des coefficients d'atténuations en niveau sonore, puisque l'unité est en dB par unité de longueur.

Ainsi, il faudra utiliser la formule de l'atténuation avec les niveaux sonores :

$$L' = L_0 - \alpha x$$

Avec : L' le niveau sonore recherché (après atténuation), L_0 le niveau sonore qui entre dans le milieu, α le coefficient d'atténuation en décibel du milieu traversé et x la distance totale parcourue par l'onde dans ce milieu.

Ici, notre onde va parcourir une distance l_{peau} dans la peau, puis dans la graisse une distance l_{graisse} et elle va refaire exactement le même trajet dans l'autre sens après sa réflexion sur l'interface *graisse – tumeur*. Finalement, elle aura parcouru une distance $2l_{\text{peau}}$ dans la peau et une distance $2l_{\text{graisse}}$ dans la graisse.

Ainsi, en repartant avec les intensités, on a :

$I_1 = I_0 \times T_{p/g}^2 \times R_{g/t}$ sans atténuation

$I'_1 = I_0 \times T_{p/g}^2 \times R_{g/t} e^{-\mu_g 2l_g} e^{-\mu_p 2l_p}$ avec atténuation

Ainsi :

$$\frac{I'_1}{I_1} = e^{-\mu_g 2l_g} e^{-\mu_p 2l_p}$$

D'où :

$$L'_1 - L_1 = 10 \log \left(\frac{I'_1}{I_1} \right) = 10 \log (e^{-\mu_g 2l_g} e^{-\mu_p 2l_p})$$

Là, il faut se rappeler d'une propriété du logarithme décimal : $\log(x) = \frac{\ln(x)}{\ln(10)}$

On reprend :

$$L'_1 - L_1 = 10 \times \left(\frac{\ln(e^{-2(\mu_g l_g + \mu_p l_p)})}{\ln(10)} \right)$$

$$L'_1 - L_1 = \frac{10}{\ln(10)} \times (-2(\mu_g l_g + \mu_p l_p))$$

$$L'_1 - L_1 = -2 \times \left[\left(\frac{10 \mu_g}{\ln(10)} \times l_g \right) + \left(\frac{10 \mu_p}{\ln(10)} \times l_p \right) \right]$$

$$L'_1 - L_1 = -2 \times [(\alpha_{graisse} l_{graisse}) + (\alpha_{peau} l_{peau})]$$

On tombe finalement sur :

$$L'_{1_{tumeur}} = L_{1_{tumeur}} - 2\alpha_{peau} l_{peau} - 2\alpha_{graisse} l_{graisse}$$

Ici aucun des trois items n'était vrai, c'est tout à fait possible, donc regardez bien à fond chaque item, parce qu'on peut vite passer à côté des petits pièges. En résumé : l'item A ne prenait en compte que la moitié du chemin de l'onde, l'item B présentait une confusion avec la formule de l'atténuation en intensité (qu'on va rappeler dans la question suivante) et l'item C avait un petit problème de signe.

Item E : E VRAI

Ici, pas besoin de calcul, mais un peu d'intuition : si nos milieux atténuent notre onde sonore, elle va perdre en énergie, donc son intensité va baisser et naturellement son niveau sonore également. Ainsi, un niveau sonore d'une onde subissant une atténuation par le milieu sera toujours plus bas que le niveau sonore d'une onde parcourant le même trajet sans atténuation. Ici donc : $L'_{1_{tumeur}} < L_{1_{tumeur}}$.

Item D : D VRAI

Une petite application numérique de la formule qu'on a trouvée dans la correction des trois premiers items. Attention tout de même aux unités : ici on nous donne les coefficients d'atténuation en $dB \cdot cm^{-1}$ donc il faut bien penser à prendre les distances en cm également, ou alors, si vous avez un doute, à tout convertir en m .

On a donc (toujours avec $L_{1_{tumeur}} = 112 \text{ dB}$) :

$$L'_{1_{tumeur}} = 112 - 2 \times 2 \times 0,8 - 2 \times 1 \times 2 = \mathbf{104,8 \text{ dB}}$$

$$\Rightarrow L'_{1_{tumeur}} < \mathbf{105 \text{ dB}}$$

Réponses vraies : D et E

On s'intéresse maintenant aux coefficients d'atténuation en intensité des deux milieux, μ_{peau} et $\mu_{graisse}$ que l'on exprimera en m^{-1} . On notera $I'_{1_{tumeur}}$ l'intensité de l'onde atténuée effectuant le même parcours que l'onde associée à l'intensité $I_{1_{tumeur}}$ (réflexion sur la première interface *graisse – tumeur*).

Question 18 À propos de ces deux coefficients, **laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

A. $I'_{1tumeur} = I_{1tumeur} \times e^{2l_{peau}\mu_{peau} + 2l_{graisse}\mu_{graisse}}$

B. $\frac{I'_{1tumeur}}{I_{1tumeur}} = e^{-2(l_{peau}\mu_{peau} + l_{graisse}\mu_{graisse})}$

C. $\mu_{peau} = \frac{10}{\ln(10)} \alpha_{peau}$

D. $\alpha_{peau} = \frac{10}{\ln(10)} \mu_{peau}$

E. $\alpha_{peau} = \frac{10}{\ln(10)} \times \frac{1}{\mu_{peau}}$

Items A et B : B VRAI, A FAUX

Ici, on nous donnait un coefficient d'atténuation en intensité s'exprimant en m^{-1} , on peut donc repartir de la formule suivante qui se trouve dans votre cours :

$$I' = I \times e^{-\mu x}$$

Avec : I' l'intensité atténuée, I l'intensité de l'onde qui effectue le même parcours sans être atténuée, μ le coefficient d'atténuation en intensité en m^{-1} et x la distance parcourue dans des milieux atténuants.

Dans notre cas, comme à la question précédente, l'onde parcourt $2l_{peau}$ dans la peau et $2l_{graisse}$ dans la graisse.

On a donc :

$$I'_{1tumeur} = I_{1tumeur} \times e^{-2l_{peau}\mu_{peau}} \times e^{-2l_{graisse}\mu_{graisse}}$$

$$\Leftrightarrow I'_{1tumeur} = I_{1tumeur} \times e^{-2(l_{peau}\mu_{peau} + l_{graisse}\mu_{graisse})}$$

$$\Leftrightarrow \frac{I'_{1tumeur}}{I_{1tumeur}} = e^{-2(l_{peau}\mu_{peau} + l_{graisse}\mu_{graisse})}$$

Items C, D et E : D VRAI, C et E FAUX

Ici je vous rassure, cette formule liant les coefficients d'atténuation en intensité et en niveau sonore n'est pas à connaître par cœur, seulement il faut tout de même être capable de la retrouver !

On va repartir de nos formules générales :

$$I' = I \times e^{-\mu x} \quad (1) \quad \text{et} \quad L' = L - \alpha x \quad (2)$$

On se rappelle aussi que : $L = 10 \log\left(\frac{I}{I_{ref}}\right) \Rightarrow I = I_{ref} \times 10^{\frac{L}{10}} \quad (3)$

On a d'après (1) :

$$\frac{I'}{I} = e^{-\mu x}$$

Mais aussi d'après (3) :

$$\begin{aligned}\frac{I'}{I} &= \frac{I_{ref} \times 10^{\frac{L'}{10}}}{I_{ref} \times 10^{\frac{L}{10}}} \\ \Leftrightarrow \frac{I'}{I} &= 10^{\frac{L'}{10} - \frac{L}{10}} \\ \Leftrightarrow \frac{I'}{I} &= 10^{\frac{1}{10}(L' - L)} \text{ d'après (2)} \\ \Leftrightarrow \frac{I'}{I} &= 10^{-\frac{1}{10}\alpha x}\end{aligned}$$

En combinant ces deux résultats, on obtient l'égalité suivante :

$$e^{-\mu x} = 10^{-\frac{\alpha}{10}x}$$

On passe à la fonction réciproque de l'exponentielle : $\ln$:

$$\begin{aligned}\Leftrightarrow -\mu x &= \ln\left(10^{-\frac{\alpha}{10}x}\right) \\ \Leftrightarrow -\mu x &= -\frac{\alpha}{10}x \ln(10)\end{aligned}$$

d'après les propriétés du logarithme

$$\begin{aligned}\Leftrightarrow \mu &= \frac{\ln(10)}{10} \alpha \\ \Leftrightarrow \alpha &= \frac{10}{\ln(10)} \mu\end{aligned}$$

En appliquant nos résultats à la peau, on obtient donc bien l'item D :

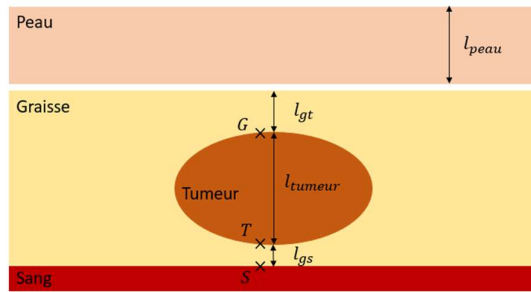
$$\alpha_{peau} = \frac{10}{\ln(10)} \mu_{peau}$$

Réponses vraies : B et D

Partie 2 : Dépistage par scanner

Une autre patiente se présente au service de radiologie de l'hôpital. La masse suspecte au niveau de sa poitrine s'est avérée être une tumeur. Un scanner X de repérage est réalisé pour visualiser les contours de la tumeur. Des examens précédents ont permis de comprendre la localisation de la tumeur.

La peau a une épaisseur $l_{\text{peau}} = 0,8 \text{ cm}$ et une longueur d'absorption $L_{\text{peau}} = 5 \text{ cm}$. Le faisceau traverse ensuite une épaisseur de graisse $l_{gt} = 0,2 \text{ cm}$, puis une longueur de tumeur $l_{\text{tumeur}} = 0,4 \text{ cm}$ et enfin une longueur de graisse $l_{gs} = 0,15 \text{ cm}$. La graisse a une longueur d'absorption $L_{\text{graisse}} = 4 \text{ cm}$ tandis que la tumeur, plus compacte, a une longueur d'absorption $L_{\text{tumeur}} = 3 \text{ cm}$. A une distance $l_0 = 1 \text{ cm}$, l'intensité de l'onde I_0 est de $15 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.



On considère l'onde comme isotrope. On néglige l'espace entre la peau et la source de l'onde (la source est donc au contact même de la peau).

Le faisceau a une intensité incidente I_0 .

Question 19 Déterminer le rapport $\frac{I_G}{I_T}$ des intensités du faisceau au point G et au point T et le rapport $\frac{I_G}{I_S}$ des intensités émises au point G et reçue par la couche S. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

A. $\frac{I_G}{I_T} = 2,1$

B. $\frac{I_G}{I_T} = 2,9$

C. $\frac{I_G}{I_S} = 2,1$

D. $\frac{I_G}{I_S} = 2,9$

E. Si on avait supposé que l'onde était plane, on aurait eu le même rapport $\frac{I_G}{I_T}$

Item A, B et E : **A VRAI, B et E FAUX**

On suppose ici que l'onde est isotrope, c'est-à-dire qu'elle est sphérique. Elle se propage dans tout l'espace en trois dimensions. L'intensité du faisceau, relié à la puissance de l'onde, dépend donc de la géométrie, de la distance au carré, et de l'absorption caractéristique du milieu.

L'intensité à un point X si on prend en compte que le point X est distant de r par rapport à la source est :

$$I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

Maintenant, si on ajoute l'absorption caractéristique du milieu avec le coefficient d'atténuation en intensité μ , on a :

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} e^{-\mu r}$$

On va donc appliquer ceci à notre contexte pour avoir I_G et I_T .

On sait que pour arriver au point G, on doit traverser deux milieux différents de longueurs différentes.

Pour l'atténuation géométrique de l'intensité due à la forme de l'onde et à la distance à la source, on prend en **compte la distance totale** traversée par l'onde mais pour l'absorption due aux couches, on prend en compte les distances de chaque couche **une par une** :

$$I_G = \frac{P_G}{4\pi(l_{gt} + l_{peau})^2} e^{-\mu_{peau}l_{peau}} e^{-\mu_{graisse}l_{gt}}$$

Sachant qu'au point T, l'onde aura traversé une couche en plus. On allonge alors la distance totale et on ajoute l'absorption caractéristique de la tumeur :

$$I_T = \frac{P_T}{4\pi(l_{gt} + l_{peau} + l_{tumeur})^2} e^{-\mu_{peau}l_{peau}} e^{-\mu_{graisse}l_{gt}} e^{-\mu_{tumeur}l_{tumeur}}$$

Sachant que la puissance émise par l'onde est la même (c'est une onde ISOTROPE !) que ce soit pour l'intensité au point G, au point S et au point T, on a :

$$\frac{I_G}{I_T} = \frac{\frac{P e^{-\mu_{peau}l_{peau}} e^{-\mu_{graisse}l_{gt}}}{4\pi(l_{gt} + l_{peau})^2}}{\frac{P e^{-\mu_{peau}l_{peau}} e^{-\mu_{graisse}l_{gt}} e^{-\mu_{tumeur}l_{tumeur}}}{4\pi(l_{gt} + l_{peau} + l_{tumeur})^2}}$$

$$\frac{I_G}{I_T} = \frac{4\pi(l_{gt} + l_{peau} + l_{tumeur})^2 P_G e^{-\mu_{peau}l_{peau}} e^{-\mu_{graisse}l_{gt}}}{4\pi(l_{gt} + l_{peau})^2 P_T e^{-\mu_{peau}l_{peau}} e^{-\mu_{graisse}l_{gt}} e^{-\mu_{tumeur}l_{tumeur}}}$$

$$\frac{I_G}{I_T} = \frac{(l_{gt} + l_{peau} + l_{tumeur})^2}{(l_{gt} + l_{peau})^2 e^{-\mu_{tumeur}l_{tumeur}}}$$

En sachant que $\mu_{\{abs\}} = \frac{1}{L_{\{abs\}}}$:

$$\frac{I_G}{I_T} = \frac{(l_{gt} + l_{peau} + l_{tumeur})^2}{(l_{gt} + l_{peau})^2 e^{-\frac{1}{L_{tumeur}}l_{tumeur}}}$$

On voit ici que le rapport dépend de la distance traversée. Dans le cas d'une onde plane, l'intensité ne dépend pas de la distance. Le rapport aurait alors été différent si on n'avait pas pris en compte les distances (item E faux !).

$$\frac{I_G}{I_T} = \frac{(0,002 + 0,008 + 0,004)^2}{(0,002 + 0,008)^2 e^{-\frac{1}{0,03}0,0015}}$$

$$\frac{I_G}{I_T} = 2,1$$

Items C et D : D VRAI, C FAUX

On détermine I_S de la même manière que I_G :

$$I_S = \frac{P}{4\pi(l_{gt} + l_{peau} + l_{tumeur} + l_{gs})^2} e^{-\mu_{peau}l_{peau}} e^{-\mu_{graisse}l_{gt}} e^{-\mu_{tumeur}l_{tumeur}} e^{-\mu_{graisse}l_{gs}}$$

On fait le rapport $\frac{I_G}{I_S}$:

$$\frac{I_G}{I_S} = \frac{\frac{P e^{-\mu_{peau}l_{peau}} e^{-\mu_{graisse}l_{gt}}}{4\pi(l_{gt} + l_{peau})^2}}{\frac{P}{4\pi(l_{gt} + l_{peau} + l_{tumeur} + l_{gs})^2} e^{-\mu_{peau}l_{peau}} e^{-\mu_{graisse}l_{gt}} e^{-\mu_{tumeur}l_{tumeur}} e^{-\mu_{graisse}l_{gs}}}}$$

$$\frac{I_G}{I_S} = \frac{(l_{gt} + l_{peau} + l_{tumeur} + l_{gs})^2}{(l_{gt} + l_{peau})^2 e^{-\mu_{tumeur}l_{tumeur}} e^{-\mu_{graisse}l_{gs}}}$$

Application numérique :

$$\frac{I_G}{I_S} = \frac{(0,002 + 0,008 + 0,004 + 0,0015)^2}{(0,002 + 0,008)^2 e^{-\frac{1}{0,03}0,004} e^{-\frac{1}{0,04}0,0015}}$$

$$\frac{I_G}{I_S} = 2,9$$

Réponses vraies : A et D

Question 20 Déterminer l'intensité I_T du faisceau à la sortie de la tumeur. **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $I_T = 3,6 \text{ W.m}^{-2}$
- B. $I_T = 5,6 \text{ W.m}^{-2}$
- C. $I_T = 7,6 \text{ W.m}^{-2}$
- D. $I_T = 10 \text{ W.m}^{-2}$
- E. $I_T = 21 \text{ W.m}^{-2}$

Items A, B, C, D et E : Tout était faux !

La question précédente nous a permis d'établir l'expression I_T :

$$I_T = \frac{P}{4\pi(l_{gt} + l_{peau} + l_{tumeur})^2} e^{-\mu_{peau}l_{peau}} e^{-\mu_{graisse}l_{gt}} e^{-\mu_{tumeur}l_{tumeur}}$$

Au point T, l'onde aura traversé une couche de peau de longueur l_{peau} , une couche de graisse de longueur l_{gt} et une couche de tumeur de longueur l_{tumeur} .

On réalise ensuite l'application numérique :

$$I_T = \frac{P}{4\pi(l_{gt} + l_{peau} + l_{tumeur})^2} e^{-\mu_{peau}l_{peau}} e^{-\mu_{graisse}l_{gt}} e^{-\mu_{tumeur}l_{tumeur}}$$

Pour retrouver la puissance, on doit se souvenir que la puissance émise par la sonde est la même quelle que soit la distance à la source. On connaît l'intensité I_0 et la distance l_0 , on peut alors retrouver la puissance !

$$I_0 = \frac{P}{4\pi l_0^2}$$

$$\Leftrightarrow P = I_0 4\pi l_0^2$$

On peut alors écrire :

$$I_T = \frac{P}{4\pi(l_{gt} + l_{peau} + l_{tumeur})^2} e^{-\mu_{peau}l_{peau}} e^{-\mu_{graisse}l_{gt}} e^{-\mu_{tumeur}l_{tumeur}}$$

$$I_T = \frac{I_0 l_0^2}{(l_{gt} + l_{peau} + l_{tumeur})^2} e^{-\frac{1}{L_{peau}}l_{peau}} e^{-\frac{1}{L_{graisse}}l_{gt}} e^{-\frac{1}{L_{tumeur}}l_{tumeur}}$$

$$I_T = \frac{15 \times 0,01^2}{(0,002 + 0,008 + 0,004)^2} e^{-\frac{1}{0,05}0,008} e^{-\frac{1}{0,04}0,002} e^{-\frac{1}{0,03}0,004}$$

$$I_T = 5,4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Réponse vraie : Aucune, erratum !

Question 21 Déterminer le contraste $C = \frac{I_T - I_S}{I_T}$ entre l'intensité I_T et l'intensité I_S du faisceau au point S. **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

A. $C \leq 20 \%$

B. $20 \% < C < 23 \%$

C. $23 \% < C < 26 \%$

D. $26 \% < C < 30 \%$

E. $C \geq 30 \%$

Items A, B, C, D et E : B VRAI, A, C, D et E FAUX

On nous donne la formule donc on est très content 😊. Il nous reste à déterminer les expressions des différentes intensités. On a I_T sous la main (grâce à la question précédente), il nous reste donc I_S à trouver !

L'onde va traverser la peau, la graisse, la tumeur puis encore de la graisse avant d'arriver au point S. D'une part ces milieux vont absorber différemment une partie de l'intensité, d'autre part il va y avoir une dilution de notre onde dans l'espace à cette distance car elle est sphérique :

$$I_S = \frac{P}{4\pi(l_{gt} + l_{peau} + l_{tumeur} + l_{gs})^2} e^{-\mu_{peau}l_{peau}} e^{-\mu_{graisse}l_{gt}} e^{-\mu_{tumeur}l_{tumeur}} e^{-\mu_{graisse}l_{gs}}$$

Or, on a trouvé à la question précédente :

$$I_T = \frac{P}{4\pi(l_{gt} + l_{peau} + l_{tumeur})^2} e^{-\mu_{peau}l_{peau}} e^{-\mu_{graisse}l_{gt}} e^{-\mu_{tumeur}l_{tumeur}}$$

Donc :

$$\frac{I_S}{I_T} = \left(\frac{l_{gt} + l_{peau} + l_{tumeur}}{l_{gt} + l_{peau} + l_{tumeur} + l_{gs}} \right)^2 e^{-\mu_{graisse} l_{gs}}$$

On fait une petite application numérique, et on trouve :

$$\frac{I_S}{I_T} = 0,79$$

Au final, on tombe sur :

$$C = \frac{I_T - I_S}{I_T} = 1 - \frac{I_S}{I_T}$$

$$C = 0,21 = 21 \%$$

Remarque : si vous aviez calculé directement I_S et que vous aviez repris la valeur de I_T trouvée à la question précédente, vous tombiez sur un contraste de 22 %. Ici, on avait donc mis des encadrements pour que vous cochiez la bonne réponse, peu importe la méthode de résolution choisie. Un petit conseil tout de même : privilégiez +++ le littéral et les valeurs exactes afin de minimiser au maximum (vous avez vu l'oxymore ^^) les approximations 😊

Réponse vraie : B

Et voilà les péhuns, c'était le dernier exercice de votre dernier tuto de physique, nous espérons qu'il vous a plu ! Si vous n'avez pas tout réussi, pas de panique, c'est normal ! Il y avait pas mal de questions un peu pointues et il vous reste encore un peu de temps pour vous entraîner ! Si vous avez la moindre question, courez, volez, précipitez-vous sur le forum, on vous attend nombreux !!! Bon courage à tous, soyez fiers de vous parce que toute la team Fyzik l'est 😊 !!!

Ce sujet a été réalisé par :

Rédacteurs : Ihcène BENALLOU (DFGSM2), Safa BOUJADDADA (L3 Sciences Biomédicales), Flavie BUI (L1 de Physique) et Capucine DI MASCOLO (DFGSM2)

Relecteurs : Marwa BELAHSEN (L.AS 2 Chimie), Ihcène BENALLOU (DFGSM2), Hugo CIBLA (DFGSM2), Marie DIDELOT (DFGSM2), Emna LAFIFI (DFGSP2) et Julia LAUVERGNAT GINES (DFGSM2)

Testeurs : Yasmine DAOUIA (Césure Médecine-Mines, RM EB de Physique 2021-2022) et Abdussamed YAZICI (Master IMaLiS, RMGT de Maths 2021-2022)
(mes deux sauveurs <33)

Un grand merci aux VP Tuto PASS :
Soline DANIEL (DFGSM2) et Enzo LOEUIL (DFGSM2)

Et enfin un immense merci aux tuteurs et tutrices de la team Fyzik

**Ce support est proposé en collaboration avec l'équipe
pédagogique de l'université et relu par la Pr Isabelle Grenier**

Sous la coordination d'Ines Bouziane (RM EB de Physique 2023-2024, DFGSM2)

Prenez votre grille en photo avant de la rendre

Votre note et classement sont disponibles sur le site www.a2sup.fr
Si vous constatez une erreur, envoyez la photo de votre grille sur l'adresse suivante:
grilles@a2sup.fr



L'A2SUP répond à toutes vos questions sur le forum : forum.a2sup.fr

Les bases du forum

Question de cours :

Titre du cours
Photo/Diapo/Figure/Paragraphe
Question

Utiliser la loupe (en haut à droite)

Question Exos/Annales :

Qxx (mettre les 2 chiffres ex : Q03)
Énoncé
Question

L'A2SUP est connectée ! Pour ne rater aucune info :

