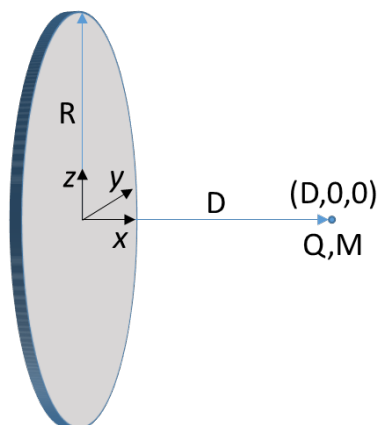


# PHYSIQUE GÉNÉRALE III (SMT) Examen du 1 Février 2017

Nom/prénom: .....N. Sciper.....

## Problème no. 1



Un disque très mince de rayon  $R$  est chargé uniformément avec une densité de charge de surface  $\sigma > 0$  (en  $\text{C/m}^2$ ). Il est placé dans le plan  $yz$  avec son centre à l'origine  $(0,0,0)$ . Une très petite particule ayant une charge  $Q < 0$  et une masse  $M$  est aussi présente.

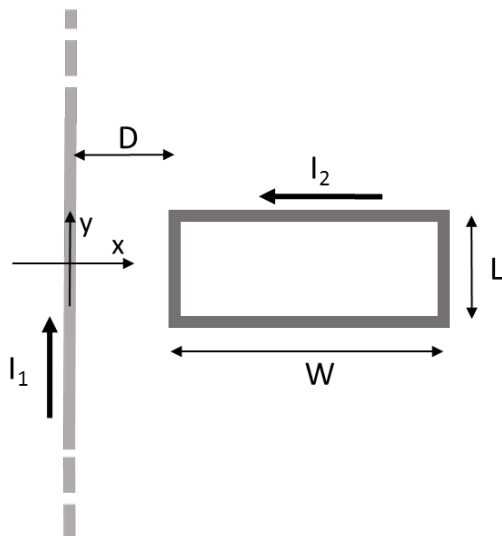
Note :  $\int \frac{x}{(x^2 + a^2)^{1/2}} dx = (x^2 + a^2)^{1/2}$  et  $\int \frac{x}{(x^2 + a^2)^{3/2}} dx = -\frac{1}{(x^2 + a^2)^{1/2}}$

1) Déterminer le champ électrique  $\mathbf{E} = (E_x, E_y, E_z)$  créé par le disque chargé au point  $(x,y,z) = (D,0,0)$  en fonction des paramètres donnés ( $R, D, \sigma$ ) [4 points]

2) La charge ponctuelle est placée à l'origine  $(0,0,0)$ . Déterminer le travail  $W$  nécessaire pour déplacer la charge ponctuelle de l'origine  $(0,0,0)$  au point  $(D,0,0)$  en fonction des paramètres donnés  $(R, D, \sigma, Q)$  [2 points]

3) La charge ponctuelle est placée au point  $(D,0,0)$  et laissée libre de bouger. Déterminer la vitesse  $\mathbf{v}=(v_x, v_y, v_z)$  d'impact de la particule contre le disque chargée (i.e., la vitesse au point  $(0,0,0)$ ) en fonction des paramètres donnés  $(R, D, \sigma, Q, M)$  [2 points]

## Problème no. 2



Une spire conductrice rectangulaire fermée (largeur  $W$ , hauteur  $L$ , résistance  $R$ , inductance négligeable) est placée à une distance  $D$  à côté d'un fil conducteur de longueur infinie (voir figure).

1) On suppose que le fil conducteur infini est parcouru par un courant indépendant du temps  $I_1$  et la spire conductrice rectangulaire est parcourue par un courant indépendant du temps  $I_2$ . Déterminer la force totale  $\mathbf{F}=(F_x, F_y, F_z)$  sur la spire rectangulaire en fonction des paramètres donnés ( $I_1, I_2, D, W, L$ ). [4 points]

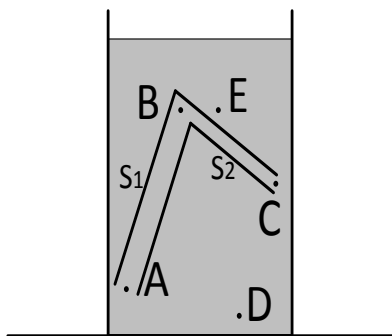
2) On suppose que le fil conducteur infini est parcouru par un courant dépendant du temps  $I_1(t)=A_1t$  (avec  $A_1>0$  et indépendant du temps). Déterminer le courant induit  $I_2(t)$  et la force totale  $\mathbf{F}(t)=(F_x(t),F_y(t),F_z(t))$  sur la spire rectangulaire, en fonction des paramètres donnés ( $A_1, D, W, L, R$ ).[4 points]

**Questions** (une seule réponse correcte par question, 1 point par question)

$\varepsilon_0$	$\varepsilon_0 \cong 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$	
$\mu_0$	$\mu_0 \cong 1.26 \times 10^{-6} \text{ H/m}$	
Densité de l'eau	$\rho \cong 1000 \text{ kg/m}^3$	(1 atm, 0°C)
Densité de l'air	$\rho \cong 1 \text{ kg/m}^3$	(1 atm, 0°C)
Vitesse du son	$v \cong 340 \text{ m/s}$	(1 atm, 20°C)
Vitesse de la lumière	$c \cong 3 \times 10^8 \text{ m/s}$	(dans le vide)
Accélération de la pesanteur (gravité)	$g \cong 9.8 \text{ m/s}^2$	(à la surface de la Terre)
Masse de l'électron	$m_e \cong 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$	(au repos)
Charge de l'électron	$e \cong -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$	
Masse du proton	$m_p \cong 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$	(au repos)
Charge du proton	$q_p \cong 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$	

**Question 1**

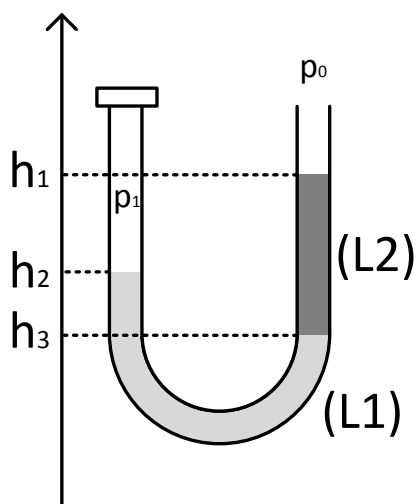
Un récipient contient un tube en deux parties, une de section  $S_1$  et l'autre de section  $S_2 = (1/2)S_1$ , immergé dans une huile à viscosité non nulle au repos. Quelle est la proposition vraie?



- A.  $P_A = P_B = P_C$
- B.  $P_B = P_E$  et  $P_A = (1/2)P_C$
- C.  $P_B = P_E$  et  $P_A = 2P_C$
- D.  $P_B = P_E$  et  $P_B < P_C < P_A$

**Question 2**

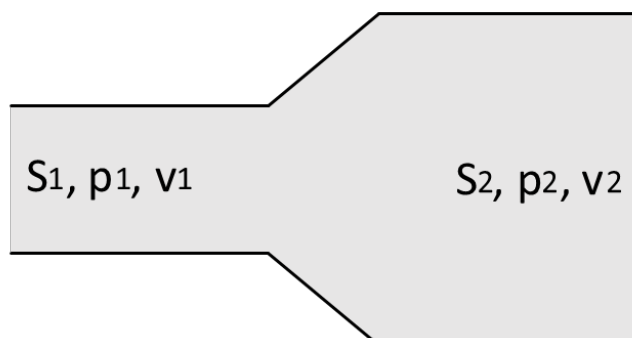
On considère un système à l'équilibre composé d'un tuyau en U en position verticale, avec une extrémité fermée et l'autre ouverte, contenant deux liquides L1 et L2 immiscibles (qui ne se mélangent pas). Calculer la pression  $p_1$  du gaz emprisonné en considérant les données suivantes:  $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$ ,  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ,  $\rho_1 = 3060 \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho_2 = 1530 \text{ kg/m}^3$ ,  $h_1 - h_3 = 6.67 \text{ m}$ ,  $h_2 - h_3 = 1.67 \text{ m}$ .



- A.  $0.5 \times 10^5 \text{ Pa}$
- B.  $1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$
- C.  $2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$
- D.  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$
- E. 0

### Question 3

On considère un fluide incompressible et non-visqueux (densité  $4000 \text{ kg/m}^3$ ) qui s'écoule dans un tuyau horizontal à section variable (voir dessin). En particulier, on a que  $v_1 = 2.4 \text{ m/s}$ ,  $p_1 = 1200 \text{ Pa}$  et  $p_2 = 5p_1$ . On néglige la force de la pesanteur. Quelle est la proposition vraie?



- A.  $S_2 = 0.76S_1$
- B.  $S_2 = 1.31S_1$
- C.  $S_2 = 1.67S_1$
- D.  $S_2 = 2.31S_1$
- F.  $S_2 = 3.67S_1$

### Question 4

Un iceberg sphérique (densité  $992 \text{ kg/m}^3$ ) flotte à la surface de la mer (densité  $1025 \text{ kg/m}^3$ ). Calculer la fraction du volume immergé (sous l'eau) de l'iceberg.

- A. 50%
- B. 97%
- C. 69%
- D. 84%
- E. 3%
- F. 6%

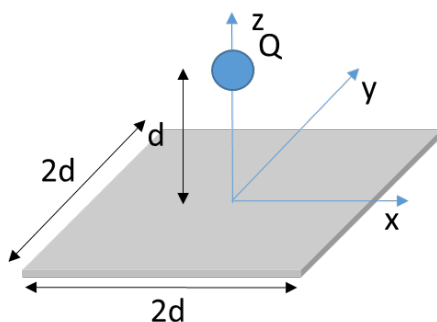
### Question 5

On considère un écoulement défini dans le repère  $(x, y, z)$  par le champ de vitesse  $\mathbf{v} = (2x - 3z + t, 5/2 - 8t, 5x - 2z)$  où  $t$  est le temps. Quelle est la seule proposition vraie?

- A. L'écoulement est irrotationnel.
- B. L'écoulement est stationnaire.
- C. Le flux du champ  $\mathbf{v}$  à travers une surface fermée arbitraire est nul.
- D. L'écoulement est laminaire.
- E. Aucune des réponses précédentes.

### Question 6

Considérez dans le plan  $xy$  un carré de côté  $2d$  avec son centre placé à l'origine  $(0,0,0)$ , et sur l'axe  $z$  une charge  $+Q$  à  $z=d$ . Le flux du champ électrique  $\Phi_E$  à travers le carré s'exprime:



- A. 0
- B.  $\frac{Q}{\epsilon_0}$
- C.  $\frac{Q}{4\epsilon_0}$
- D.  $\frac{Q}{4\pi\epsilon_0}$
- E.  $\frac{Q}{6\epsilon_0}$
- F. Aucune de ces réponses.

## Question 7

Une charge  $Q$  est placée à l'intérieur d'un objet isolant de constante diélectrique  $\epsilon_r$  et sans autres charges libres. Le flux du champ  $\mathbf{D}$  à travers la surface extérieure de l'objet est :

(Attention: la question concerne le champ  $\mathbf{D}$  et pas le champ  $\mathbf{E}$ )

- A. 0
- B.  $Q$
- C. Dépend de la position de la charge  $Q$ .
- D. Dépend des dimensions de l'objet.
- E.  $Q / \epsilon_0$
- F.  $Q / \epsilon_0 \epsilon_r$
- F. Aucune de ces réponses.

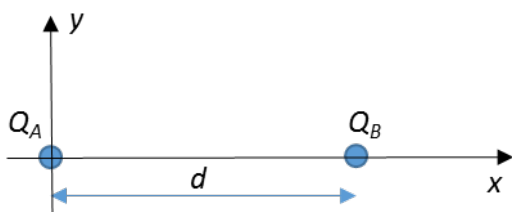
## Question 8

Trouver l'amplitude du champ électrique  $\mathbf{E}$  à la surface d'un cylindre infini de rayon  $R$  ayant une densité de charge uniforme  $\rho$  (en  $\text{C/m}^3$ ) à l'intérieur.

- A.  $E = \frac{\rho}{2\epsilon_0}$
- B.  $E = 0$
- C.  $E = \frac{\rho R}{2\epsilon_0}$
- D.  $E = \frac{\rho R}{4\pi\epsilon_0}$
- E.  $E = \frac{\rho R}{2}$
- F.  $E = \frac{\rho R}{\epsilon_0}$

## Question 9

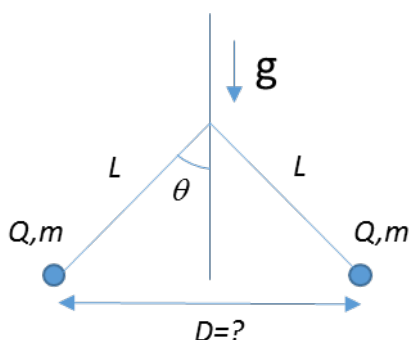
Deux charges ponctuelles  $Q_A = 1 \times 10^{-8} \text{ C}$  et  $Q_B = 2 \times 10^{-8} \text{ C}$  sont placées à une distance  $d=1 \text{ m}$  le long de l'axe  $x$  ( $Q_A$  en  $x=0$  et  $Q_B$  en  $x=1 \text{ m}$ ). Le long de l'axe  $x$ , le champ électrique  $\mathbf{E}$  est nul en:



- A.  $x \cong -0.2 \text{ m}$
- B.  $x \cong 0.4 \text{ m}$
- C.  $x \cong 0.4 \text{ m}$  et  $x \cong -2.4 \text{ m}$
- D.  $x \cong 0.6 \text{ m}$
- E.  $x \cong 0.3 \text{ m}$

## Question 10

Deux sphères chargées ayant une charge  $Q$  et une masse  $m$  sont suspendues par deux fils de longueurs égales  $L$ , fixés en un même point. La masse des deux fils est négligeable. En supposant que  $\theta = 45^\circ$ , la distance d'équilibre  $D$  est:



- A.  $\sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{mg}}$
- B.  $\sqrt{\frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{mg}{L^2}}$
- C.  $\sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{mg}}$
- D.  $\sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{L^2 mg}}$
- F.  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{mg}$ .

### Question 11

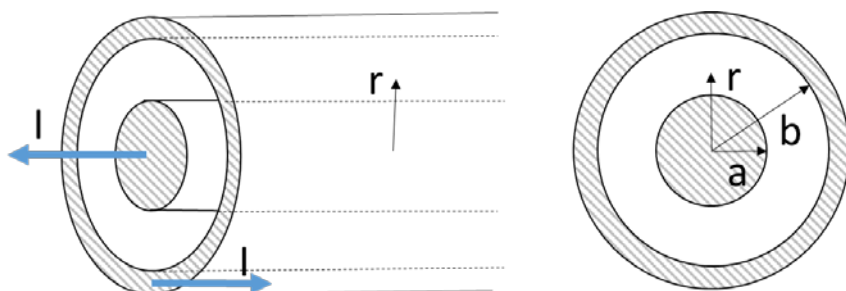
Un condensateur variable a une capacité maximale de  $C_i=100$  pF et une capacité minimale de  $C_f=10$  pF. La variation de capacité est obtenue en faisant tourner ses plaques mobiles. On suppose que le condensateur est chargé avec une différence de potentiel  $V_i=300$  V dans la situation initiale où la capacité est maximale  $C_i$ . Suite à la rotation des plaques on arrive à la capacité minimale  $C_f$  (sans perdre de charges).

Déterminer la différence de potentiel finale  $V_f$  et le travail  $W$  effectué afin de tourner les plaques de la position initiale à la position finale:

- A.  $V_f = 3000$  V       $W \cong 2 \times 10^{-5}$  J  
 B.  $V_f = 0$  V       $W \cong 1 \times 10^{-5}$  J  
 C.  $V_f = 3000$  V       $W \cong 4 \times 10^{-5}$  J  
 D.  $V_f = 3000$  V       $W=0$   
 E.  $V_f = 3$  V       $W \cong 4 \times 10^{-5}$  J  
 F.  $V_f = 300$  V       $W \cong 4 \times 10^{-5}$  J

### Question 12

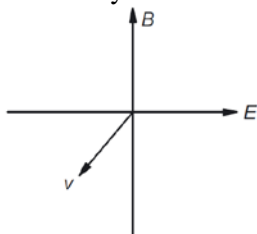
Un câble coaxial comporte deux conducteurs concentriques (voir figure). Les conducteurs sont parcourus par des courants  $I$ , indépendants du temps égaux et de direction opposée. Le champ magnétique  $B$  dans la région entre les deux conducteurs (i.e., pour  $a < r < b$ ) et très loin des extrémités du câble est :



- A.  $B = 0$   
 B.  $B = \frac{\mu_0 I}{\pi r^2}$   
 C.  $B = \frac{\mu_0 I}{\pi a^2}$   
 D.  $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$   
 E.  $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$   
 F.  $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi(c-a)}$

### Question 13

Dans une certaine région de l'espace un champ électrique  $\mathbf{E}$  dans la direction  $+x$  et un champ magnétique  $\mathbf{B}$  dans la direction  $+z$  sont présents. Un électron traverse cette région en ligne droite dans la direction  $-y$  avec une vitesse  $v$ . Déterminer l'amplitude du champ  $\mathbf{E}$ .

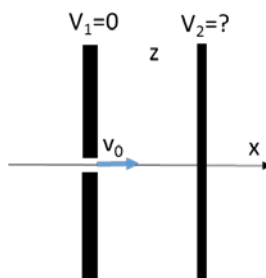


- A.  $E = 2vB$   
 B.  $E = vB$   
 C.  $E = (v^2 / c) B$   
 D.  $E = cB$   
 E.  $E = v / B$   
 F.  $E = eB$   
 H. La situation est impossible.



### Question 14

Un électron se déplace à une vitesse  $v_0 = 1.4 \times 10^7$  m/s lorsqu'il pénètre par un très petit trou dans la région comprise entre deux plaques chargées d'un condensateur. Quelle est la tension minimale négative qui doit être appliquée à la deuxième plaque pour que l'électron n'entre pas en collision avec la deuxième plaque? (négliger les effets des bords du trou et des plaques).



- A. Approx. -100 V
- B. Approx. -140 V
- C. Approx -560 V
- D. Aapprox. -1000 V
- E. Est dépendant de la distance entre les plaques.

### Question 15

Une goutte sphérique d'eau ayant un diamètre de 1 cm est en «lévitation» dans un champ magnétique  $B$  vertical non uniforme ayant une valeur d'environ 2 T où la goutte est située. (Susceptibilité de l'eau  $\chi \cong -10^{-5}$ , densité de l'eau  $\rho \cong 1000$  kg/m<sup>3</sup>). Le gradient de  $B$  est approximativement donné par:

- A. 61.6 T/m
- B. 616 T/m
- C. 6160 T/m
- D. 490 MT/m
- E. 490 T/m
- F. 4900 T/m
- G. 49 T/m
- H. 0

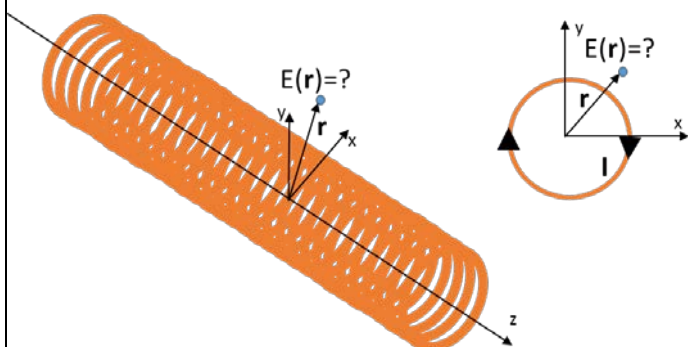
### Question 16

Un aimant permanent ayant une magnétisation  $M$  (en A/m), une masse  $m$  (en kg), et une densité de masse  $\rho$  (en kg/m<sup>3</sup>) est en «lévitation instable» dans un champ magnétique  $B$  vertical non uniforme. Le gradient de  $B$  est approximativement donné par:

- A.  $\frac{\rho g m}{M}$
- B.  $\frac{M \rho g}{m}$
- C.  $\frac{M}{m \rho g}$
- D.  $\frac{\rho g}{M}$
- E.  $\rho g M$

### Question 17

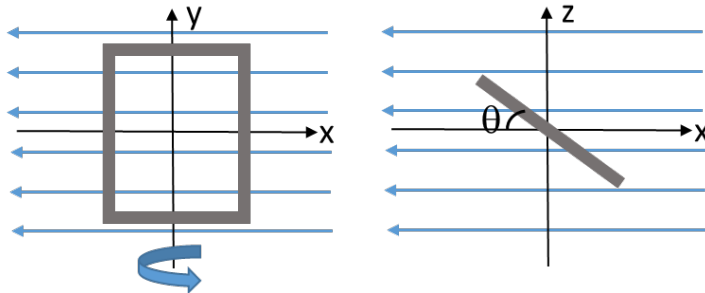
Dans un solénoïde «infini» (avec axe central le long de l'axe  $z$ ) circule un courant  $I$  qui augmente linéairement avec le temps (i.e.,  $I = \alpha t$ ,  $\alpha > 0$ ,  $\alpha$  est indépendant du temps). Le champ électrique  $E$  en un point  $r$  à l'extérieur du solénoïde est :



- A. Nul
- B. Non-nul mais indépendant du temps.
- C. Non-nul mais seulement si le solénoïde est en mouvement.
- D. Non-nul et dépendent du temps.

## Question 18

Une bobine tourne à vitesse constante autour de l'axe  $y$  dans un champ magnétique uniforme  $\mathbf{B}=(B_x,0,0)$ . La force électromotrice induite  $\varepsilon(t)$  dans la bobine est :



- A.  $\varepsilon(t) = 0 \quad \forall t$
- B.  $\varepsilon(t) = 0$  pour  $\theta(t) = 0^\circ$
- C.  $\varepsilon(t) = 0$  pour  $\theta(t) = 90^\circ$
- D.  $\varepsilon(t) = 0$  pour  $\theta(t) = 45^\circ$
- E.  $\varepsilon(t) \neq 0 \quad \forall t$

## Question 19

Une spire conductrice fermée de résistance  $R=10$  Ohms, inductance négligeable, et d'aire  $A=0.050$  m<sup>2</sup> dans le plan de la feuille se trouve dans un champ  $B$  uniforme perpendiculaire à la feuille, qui augmente linéairement avec le temps (i.e.,  $B = \alpha t$ ,  $\alpha = 0.001$  T/s). Le courant induit dans la spire est :



- A.  $I = 0$
- B.  $I \cong 5$  A
- C.  $I \cong 5 \times 10^{-6}$  A.
- D.  $I \cong 1 \times 10^{-4}$  A
- E.  $I \cong 5 \times 10^{-3}$  A.

## Question 20

Un émetteur produit une onde électromagnétique sphérique. A une distance  $L$  de la source, on mesure une intensité  $I_L$  et un champ électrique d'amplitude  $E_L$ . Que peut-on dire de l'intensité  $I_{2L}$  et de l'amplitude  $E_{2L}$  à une distance  $2L$  de la source?

- A.  $I_{2L}=I_L$ ,  $E_{2L}=E_L$
- B.  $I_{2L}=(1/2)I_L$ ,  $E_{2L}=(1/2)E_L$
- C.  $I_{2L}=(1/4)I_L$ ,  $E_{2L}=(1/4)E_L$
- D.  $I_{2L}=(1/4)I_L$ ,  $E_{2L}=(1/2)E_L$
- E.  $I_{2L}=(1/4)I_L$ ,  $E_{2L}=E_L$

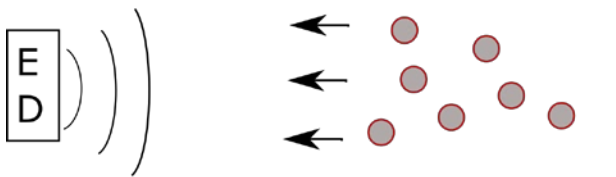
## Question 21

L'effet Doppler se traduit par une augmentation de la fréquence perçue par le récepteur par rapport à la fréquence émise par l'émetteur si :

- A. L'émetteur s'approche du récepteur.
- B. L'émetteur s'éloigne du récepteur.
- C. Le récepteur et l'émetteur ont la même vitesse.
- D. Le récepteur et l'émetteur sont immobiles.

## Question 22

L'effet Doppler peut être utilisé pour mesurer la vitesse d'un fluide dans une conduite. La vitesse du fluide est constante dans toute la conduite. Un émetteur  $E$  envoie des ultrasons à une fréquence  $f=1$  MHz. Une partie de l'onde est réfléchiée par le fluide en mouvement et revient vers le détecteur  $D$ . L'émetteur  $E$  et le détecteur  $D$  sont immobiles et placés très proche l'un de l'autre. On peut considérer que la vitesse du sang est beaucoup plus petite que la vitesse du son qui est de 1500 m/s. On mesure une fréquence  $f'=1.002$  MHz. Quelle est la vitesse du fluide ?



- A. 0.75 m/s
- B. 1.5 m/s
- C. 3 m/s
- D. 6 m/s

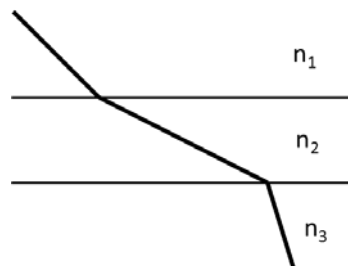
**Question 23**

Un faisceau de lumière monochromatique passe de l'air (indice de réfraction  $n=1$ ) à un bloc de verre (indice de réfraction  $n=1.5$ ). Il subit une variation de :

- A. Fréquence.
- B. Vitesse mais pas de longueur d'onde.
- C. Vitesse et fréquence.
- D. Ni de vitesse, ni de fréquence.
- E. Vitesse et longueur d'onde.
- F. Fréquence et longueur d'onde.
- G. Ni de vitesse, ni de longueur d'onde.
- H. Longueur d'onde mais pas de vitesse.

**Question 24**

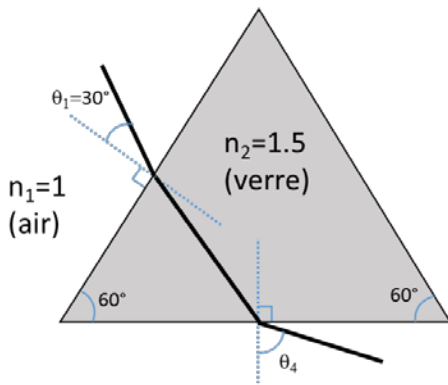
Voici la trajectoire d'un rayon lumineux traversant trois milieux d'indices de réfraction différents  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$ . La figure est à l'échelle. Que peut-on conclure ?



- A.  $n_1 > n_2 > n_3$
- B.  $n_2 < n_1 < n_3$
- C.  $n_3 < n_1 < n_2$
- D.  $n_2 < n_3 < n_1$
- E.  $n_1 < n_3 < n_2$

**Question 25**

Soit le schéma ci-dessous la vue supérieure d'une prisme régulier en verre. La face supérieure de ce prisme est un triangle équilatéral. Un rayon monochromatique arrive avec un angle de  $\theta_1=30^\circ$ . Quelle est la valeur de l'angle  $\theta_4$  formé entre le dernier rayon réfracté et la normale:



- A.  $\cong 30^\circ$
- B.  $\cong 40^\circ$
- C.  $\cong 45^\circ$
- D.  $\cong 51^\circ$
- E.  $\cong 60^\circ$
- F.  $\cong 77^\circ$
- G.  $\cong 86^\circ$
- H.  $90^\circ$

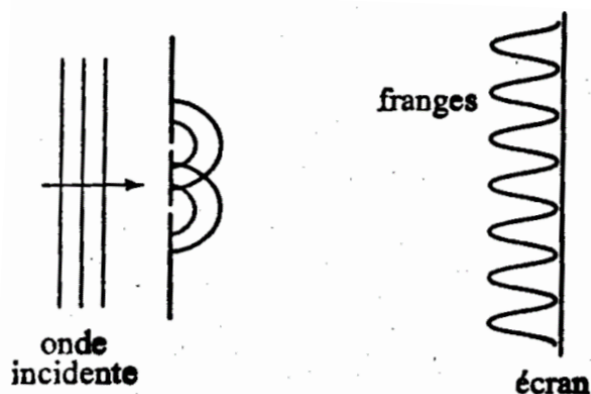
**Question 26**

On fait passer de la lumière non polarisée à travers 2 filtres polarisants, le premier avec axe vertical, le deuxième horizontal. La lumière qui ressort au final est:

- A. Polarisée verticalement.
- B. Polarisée horizontalement.
- C. Non polarisée.
- D. Pas de lumière.
- E. Polarisée à  $45^\circ$ .

## Question 27

Dans une expérience d'interférence, de la lumière verte est incidente sur deux fentes et la figure d'interférence est observée sur un écran. Parmi les changements suivants, lequel causerait un resserrement des franges d'interférences ?



- A. Réduire la distance entre les fentes
- B. Remplacer la lumière verte par de la lumière bleue.
- C. Remplacer la lumière verte par de la lumière rouge.
- D. Réduire l'intensité de la lumière verte.
- E. Eloigner l'écran des fentes.

## Question 28

On diffracte de la lumière laser au moyen de trois systèmes de fentes différents, en gardant la même source et la même distance entre le système de fentes et l'écran. Attribuer chacune des fentes à son image de diffraction.



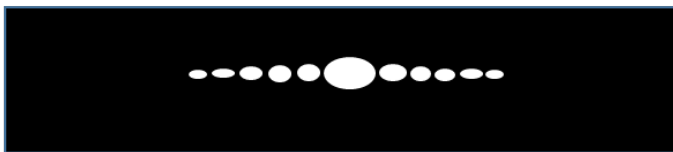
P1



P2



P3



A. F1 → P1  
F2 → P2  
F3 → P3

B. F1 → P1  
F2 → P3  
F3 → P2

C. F1 → P2  
F2 → P3  
F3 → P1

D. F1 → P2  
F2 → P1  
F3 → P3

E. F1 → P3  
F2 → P1  
F3 → P2

F. F1 → P3  
F2 → P2  
F3 → P1