



PGE • PGO

PRÉPARATION AUX GRANDES ÉCOLES  
PRÉPARATION AU GRAND ORAL

---

**SUJET OFFICIEL**

---

***ANNALES CONCOURS***  
***GEIPI POLYTECH***  
**PHYSIQUE**

---

237 Rue du Faubourg Saint-Honoré, 75008 Paris

☎ 0187660050 | ✉ [contact@pge-pgo.fr](mailto:contact@pge-pgo.fr) | 🌐 [pge-pgo.fr](http://pge-pgo.fr)

<b>NOM :</b>	<b>PRÉNOM :</b>
<b>Centre d'écrit :</b>	

<b>N° Inscription :</b>
-------------------------

## SUJET DE PHYSIQUE-CHIMIE

### Série S

**Mercredi 3 mai 2017**

Nous vous conseillons de répartir équitablement les 3 heures d'épreuves entre les sujets de mathématiques et de physique-chimie. La durée conseillée de ce sujet de physique-chimie est de 1h30.

L'usage d'une calculatrice est autorisé. Les résultats numériques doivent être donnés avec le nombre de chiffres significatifs compatible avec les valeurs fournies.

Les réponses aux questions seront à écrire au stylo et uniquement dans les cadres des documents réponses prévues à cet effet.

Tout échange de calculatrices entre candidats, pour quelque raison que ce soit, est interdit.

Aucun document n'est autorisé.

L'usage d'un téléphone ou de tout objet communiquant est interdit.

**Vous ne devez traiter que 3 exercices sur les 4 proposés.**

Chaque exercice est noté sur 20 points. Le sujet est donc noté sur 60 points.

Si vous traitez les 4 exercices, seules seront retenues les 3 meilleures notes.

Ne rien inscrire  
ci-dessous

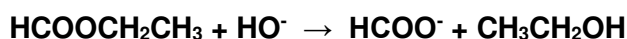
1	
2	
3	
4	

**TOTAL**

--

## EXERCICE I

Le formiate d'éthyle (noté E) est un composé chimique à l'odeur de framboise. On étudie la saponification du formiate d'éthyle par la soude :



Données :

Masse molaire atomique :

$$M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}; M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1}; M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}; M(\text{Na}) = 23 \text{ g.mol}^{-1}.$$

Masse volumique du formiate d'éthyle :

$$\rho_E = 918 \text{ g.L}^{-1}.$$

Conductivités ioniques molaires des ions :

$$\lambda(\text{Na}^+) = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1};$$

$$\lambda(\text{HO}^-) = 19,9 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1};$$

$$\lambda(\text{HCOO}^-) = 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}.$$

**I-1-** Donner le nom de E en nomenclature systématique.

**I-2-** Entourer les différents groupes de protons de la molécule E puis relier par une flèche chacun des groupes au signal qui lui correspond sur le spectre RMN  $^1\text{H}$ .

On prépare  $V_s = 200 \text{ mL}$  de solution aqueuse S de soude de concentration  $c_{\text{Soude}} = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

**I-3-** Donner l'expression puis calculer la masse de soude qu'il a fallu dissoudre dans l'eau pure pour obtenir la concentration souhaitée.

**I-4-** Calculer le pH de la solution de soude.

La solution de soude est introduite dans un réacteur muni d'une sonde conductimétrique reliée à un conductimètre ainsi que d'un système d'agitation mécanique.

On rappelle que la conductivité G d'une solution ionique s'écrit  $G = k \times \left( \sum_i \lambda_i \cdot C_i \right)$ .

**I-5-** Connaissant la constante de cellule  $k = 0,01 \text{ m}$ , déterminer l'unité de G dans le système d'unité international (S.I.). Calculer alors la valeur théorique de la conductivité  $G_0$  à  $t = 0$ .

On introduit à  $t = 0$ ,  $n_{E_0} = 5,0 \text{ mmol}$  de l'ester E.

**I-6-** Donner l'expression puis calculer le volume  $V_E$  de E qu'il faut introduire.

Ce volume sera négligé devant  $V_s$  et on considérera le volume total  $V = 200 \text{ mL}$  dans toute la suite du problème.

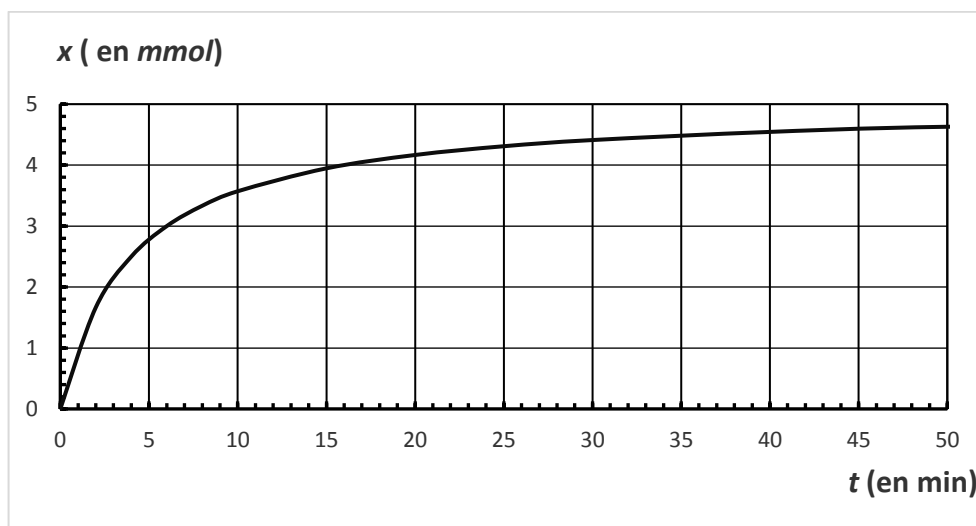
**I-7-** Choisir parmi les 6 graphiques du document réponse la forme de courbe qui donne l'évolution de la conductance mesurée G en fonction du temps.

**I-8-** Dans les conditions dans laquelle elle est menée, la réaction peut être considérée comme totale. Compléter le tableau d'avancement du document réponse.

On déduit de la mesure de G la variation de la variable d'avancement x en fonction du temps.

**I-9-** A partir de la courbe  $x = f(t)$  ci-après, déterminer la vitesse initiale  $v_0$  de la réaction et le temps  $t_{1/2}$  de demi réaction.

On rappelle que la vitesse de réaction s'écrit :  $v = \left( \frac{dx}{dt} \right)$



**REPONSES A L'EXERCICE I**

**I-1-** Nom :

---

**I-2-**

HCOOCH2CH3

$\delta$  (ppm)      TMS

---

**I-3-** Masse  $m_{\text{soude}}$   
 Expr. litt. :  $m_{\text{soude}} =$       Appl. Num. :  $m_{\text{soude}} =$

---

**I-4-**  $\text{pH} =$

---

**I-5-** Unité de  $G$  :       $G_0 =$

---

**I-6-** Volume  $V_E$  :  
 Expr. litt. :  $V_E =$       Appl. Num. :  $V_E =$

---

**I-7-** Courbe de conductimétrie :

---

**I-8-** Tableau d'avancement (quantités en mmol) :

	<chem>HCOOCH2CH3</chem>	<chem>HO^-</chem>	<chem>HCOO^-</chem>	<chem>CH3CH2OH</chem>
$t_0$ (instant initial)	5,0		0	0
$t_f$		5,0		

---

**I-9-** Vitesse initiale :  $v_0 =$       Temps de demi réaction :  $t_{1/2} =$

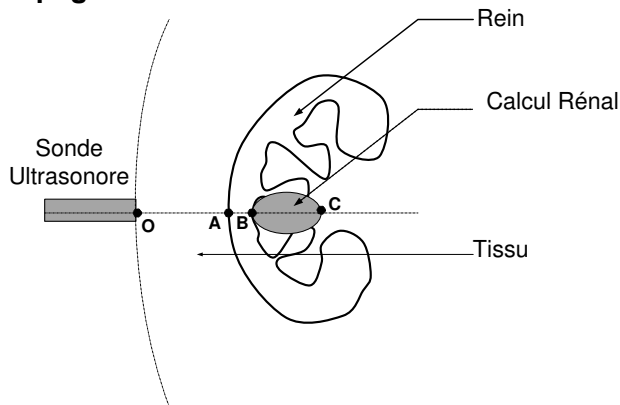
## EXERCICE II

L'échographie est une technique médicale permettant de détecter la présence de calculs rénaux en utilisant une sonde à ultrasons. Les sondes ultrasonores sont des céramiques piézoélectriques fonctionnant successivement en émission et en réception.

### Propagation d'une onde ultrasonore dans l'air.

- II-1- Quelle est la grandeur physique qui varie dans une onde ultrasonore ?  
 II-2- Cocher sur le document réponse les caractéristiques d'une onde ultrasonore.  
 II-3- Quelle est la fréquence minimale des ultrasons ?

### Propagation d'une onde ultrasonore dans les tissus.



La vitesse de propagation des ultrasons est :

dans le tissu  $v_{\text{tissu}} = 1400 \text{ m.s}^{-1}$ ,

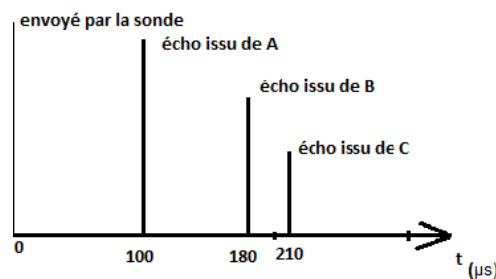
dans le rein  $v_{\text{rein}} = 1500 \text{ m.s}^{-1}$

dans le calcul rénal  $v_{\text{calcul}} = 1540 \text{ m.s}^{-1}$

On suppose que dans le tissu, le rein ou le calcul, la vitesse de l'onde ultrasonore est indépendante de la fréquence.

- II-4- Comment qualifie-t-on ces milieux ?

Une onde ultrasonore incidente est émise à l'instant  $t=0$  au point O. Ci-dessous, l'enregistrement des échos renvoyés par les surfaces de séparation des différents milieux : sur le rein en A, sur le calcul rénal en B puis en C.



- II-5- A quelle distance OA de la surface de la peau est située la surface du rein ?  
 II-6- La résolution spatiale est de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde. Donner l'expression puis calculer la longueur d'onde  $\lambda_1$  des ultrasons dans le rein pour une fréquence de  $f_1 = 3.5 \text{ MHz}$  puis  $\lambda_2$  pour  $f_2 = 10 \text{ MHz}$ .  
 II-7- Calculer la longueur BC du calcul rénal.

Les ondes émises par la sonde ont un niveau d'intensité ultrasonore  $L_1 = 100 \text{ dB}$ .

- II-8- Que vaut l'intensité  $I_1$  correspondante en  $\text{W.m}^{-2}$  ?

On rappelle que  $L(\text{dB}) = 10 \log_{10} \left( \frac{I}{I_0} \right)$  avec  $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$

L'atténuation de l'intensité suit la loi  $I_{transmise} = I e^{-\alpha x}$  avec  $x$ , l'épaisseur du milieu et  $\alpha$  son coefficient d'atténuation qui croît avec la fréquence des ultrasons. L'atténuation est approximativement de 1dB/cm/MHz.

**II-9-** Justifier pourquoi pour étudier un rein situé à plus de 5 cm de la peau, on utilise un émetteur ultrason à 3.5 MHz plutôt qu'à 10 MHz ?

**II-10-** Justifier pourquoi pour étudier une thyroïde située à moins de 2 cm de la peau, on utilise un émetteur ultrason à 10 MHz plutôt qu'à 3.5 MHz ?

### REPONSES A L'EXERCICE II

<b>II-1-</b>	Grandeur :
<b>II-2-</b>	Les ultrasons sont des ondes : <span style="float: right;"><i>(cocher les réponses exactes)</i></span> <input type="checkbox"/> longitudinales <input type="checkbox"/> électromagnétiques <input type="checkbox"/> déplaçant de la matière <input type="checkbox"/> transversales <input type="checkbox"/> mécaniques <input type="checkbox"/> déplaçant de l'énergie
<b>II-3-</b>	Fréquence :
<b>II-4-</b>	Qualifiant :
<b>II-5-</b>	Distance : <b>OA</b> =
<b>II-6-</b>	Longueur d'onde : Expr. litt. : $\lambda$ =  Appl. Num. : $\lambda_1$ = <span style="margin-left: 200px;"><math>\lambda_2</math> =</span>
<b>II-7-</b>	Longueur : <b>BC</b> =
<b>II-8-</b>	Intensité : <b>I<sub>1</sub></b> =
<b>II-9-</b>	Fréquence adaptée : 3.5 MHz Justification
<b>II-10-</b>	Fréquence adaptée : 10 MHz Justification

### EXERCICE III

Charles a l'habitude de prendre son café bien chaud. Il utilise un gobelet en verre contenant un volume  $V = 300 \text{ mL}$  de café, initialement à une température de  $T_1 = 66 \text{ }^\circ\text{C}$ . Il laisse son gobelet dans son salon qui est à une température de  $T_2 = 18 \text{ }^\circ\text{C}$ . Progressivement, la température du café diminue pour finalement se stabiliser à la température de la pièce. Au cours de cette transformation thermodynamique, l'énergie interne du café varie.

On considère la masse volumique du café  $\rho_c = 1,00 \text{ kg/L}$  et la capacité calorifique massique du café  $c_c = 4\,200 \text{ S.I.}$

- III-1- De manière générale, quel est l'origine microscopique de la variation d'énergie interne ?
- III-2- Rappeler l'expression du premier principe de la thermodynamique dans le cas d'un tel système.
- III-3- Durant cette transformation, le travail est reçu par le café, perdu par le café ou nul ?
- III-4- Dans le cas de cette transformation, la quantité de chaleur est reçue par le café, perdue par le café ou nulle ?
- III-5- Donner l'expression de la variation d'énergie interne du café  $\Delta U$  en fonction des températures  $T_1$  et  $T_2$ .
- III-6- Quelle est l'unité de la capacité calorifique massique ?
- III-7- Calculer la variation d'énergie interne  $\Delta U$ .

Charles se rend compte que le café est trop froid, et n'est plus à son goût. Il décide de le réchauffer cette fois-ci en utilisant son four à micro-ondes. Pour cela, il le règle sur la position 3 et durant 30 secondes. Le café atteint une température  $T_3 = 39,5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

- III-8- Quel est le type de transfert thermique réalisé entre le four et le café ?

On rappelle que la relation entre la quantité de chaleur  $Q$  et la puissance thermique  $P$  lorsque celle-ci est constante s'écrit :  $|Q| = P \cdot \Delta t$

- III-9- Donner l'expression puis calculer la quantité de chaleur échangée entre le four et le café.
- III-10- Durant cette transformation, la quantité de chaleur est reçue par le café, perdue par le café ou nulle ?
- III-11- À quelle puissance thermique correspond la position 3 du four ?

Lorsque Charles s'empare du gobelet en verre avec sa main, il est brûlant. Par manque d'attention, Charles a réglé la minuterie à 1 minute, de sorte que la température du café dans le gobelet est finalement de  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $T_4$ ).

On rappelle que :  $R_{th} = \frac{e}{\lambda \cdot S}$  et  $\phi = \frac{|\Delta T|}{R_{th}}$

- III-12- Quelle est la nature du transfert thermique à travers la paroi du gobelet en verre ?

La paroi du gobelet a une épaisseur de  $e_l = 1,5 \text{ mm}$ . La surface  $S$  du gobelet est égale à  $250 \text{ cm}^2$ . On mesure le flux thermique à travers la paroi de verre  $\Phi_v = 70 \text{ W}$ . On donne la conductivité du verre :  $\lambda_v = 1,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

- III-13- Que vaut la résistance thermique  $R_v$  du gobelet ?
- III-14- Que vaut la différence de température  $|\Delta T|$  entre la paroi intérieure et la paroi extérieure du gobelet ?

Charles décide de changer de gobelet et d'en utiliser un de la même forme mais d'une épaisseur  $e_2$  plus grande. La température de la paroi du gobelet atteint finalement  $T_5=35\text{ °C}$ . On admet que le flux thermique reste inchangé ( $\Phi_v=70\text{ W}$ ).

**III-15-** Donner l'expression littérale de l'épaisseur  $e_2$  du gobelet en verre en fonction de la conductivité  $\lambda_v$ , la surface  $S$ , le flux thermique  $\Phi_v$  et la différence de température  $|\Delta T|$  entre la paroi extérieure et la paroi intérieure du gobelet. Calculer l'épaisseur  $e_2$  du gobelet en verre ?

### REPONSES A L'EXERCICE III

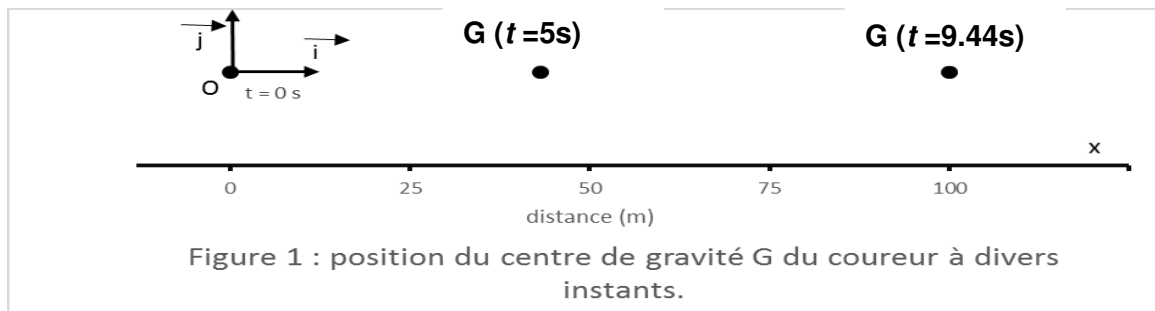
<b>III-1-</b> Energie interne :	
<b>III-2-</b> Expression du premier principe :	
<b>III-3-</b> Le travail est : <input type="checkbox"/> Reçu par le café ; <input type="checkbox"/> Perdu par le café ; <input type="checkbox"/> Nul <i>(cocher la réponse exacte)</i>	<b>III-4-</b> La quantité de chaleur est : <input type="checkbox"/> Reçue par le café <input type="checkbox"/> Perdue par le café <input type="checkbox"/> Nulle <i>(cocher la réponse exacte)</i>
<b>III-5-</b> Variation d'énergie interne : $\Delta U =$	
<b>III-6-</b> Unité :	
<b>III-7-</b> Variation d'énergie interne : $\Delta U =$	
<b>III-8-</b> Transfert thermique par :	
<b>III-9-</b> Quantité de chaleur : Expr. litt. : $ \mathbf{Q}  =$ Appl. Num. : $ \mathbf{Q}  =$	
<b>III-10-</b> La quantité de chaleur est : <i>(cocher la réponse exacte)</i> <input type="checkbox"/> Reçue par le café <input type="checkbox"/> Perdue par le café <input type="checkbox"/> Nulle	
<b>III-11-</b> Puissance : $\mathbf{P} =$	
<b>III-12-</b> Transfert par :	
<b>III-13-</b> Résistance thermique : $\mathbf{R}_v =$	
<b>III-14-</b> Différence de température : $ \Delta T  =$	
<b>III-15-</b> Epaisseur: Expr. litt. : $e_2 =$ Appl. Num. : $e_2 =$	



## EXERCICE IV

Lors de son record du monde (Berlin 2009) Usain Bolt ( $h = 194 \text{ cm}$ ,  $m = 86 \text{ kg}$ ) en 41 foulées a couru la distance de **100m** en **9,58s**. Pour étudier cette course, le coureur est réduit à une masse ponctuelle située en son centre de gravité, se déplaçant à hauteur constante dans la direction  $(Ox)$  : l'origine  $O$  du référentiel est le centre de gravité du coureur au départ, l'axe  $(Ox)$  est dirigé dans la direction de la piste et dans le sens de la course (vecteur normé directeur  $\vec{i}$ ), l'axe  $(Oz)$  (vecteur normé directeur  $\vec{j}$ ) est vertical et dirigé vers le haut.

$x_G(t)$  est la position du centre de gravité dans la direction  $(Ox)$  à l'instant  $t$ ,  $T$  est le temps officiel du chronométrage,  $\tau$  est la durée de réaction ( $0,14\text{s}$ ) l'intervalle de temps entre le déclenchement du chronomètre et la mise en mouvement du coureur, le temps  $t = T - \tau$  est le temps depuis la mise en mouvement, c'est le temps utilisé dans les modèles suivants.



**IV-1-** Calculer la valeur moyenne de la vitesse du coureur sur cette course en  $m.s^{-1}$ , en  $km.h^{-1}$  et en *foulées.min*<sup>-1</sup>.

La poussée horizontale  $\vec{F}_p$  est la force initiale exercée par le coureur sur les starting-blocks.

La poussée de Usain Bolt vaut  $\|\vec{F}_p\| = F_p = 685 \text{ N}$ .

**IV-2-** Représenter sur le document réponse la poussée  $\vec{F}_p$  et la force  $\vec{F}_0$  qui propulse le coureur. Quel est le nom du principe ou de la loi à l'origine de la force de propulsion ?

On considère que le coureur soit capable de maintenir durant toute la course une force résultante horizontale de  $F_0 = 685 \text{ N}$ .

**IV-3-** Donner l'expression de l'accélération  $a$  du coureur en fonction de  $F_0$ . Calculer  $a$ .

**IV-4-** Quel est le type de ce mouvement ?

**IV-5-** Quelle est la relation entre l'accélération  $a(t)$  et la vitesse  $v(t)$  ?

Quelle est la relation entre la vitesse  $v(t)$  et la position instantanée  $x_G(t)$  ?

**IV-6-** Démontrer que la position du centre de gravité du coureur s'écrit  $x_G(t) = 3,98 * t^2$ .

**IV-7-** D'après ce modèle, en combien de temps le coureur parcourt-il les 100 m de la course ?

**IV-8-** Quelle serait la vitesse du coureur à la fin de la course ?

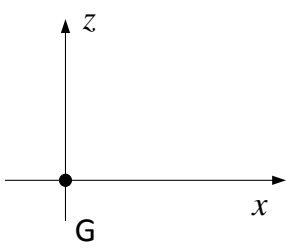
Le modèle précédent donne des résultats incohérents. Il peut être amélioré si l'on considère que le coureur rencontre une résistance proportionnelle à sa vitesse de déplacement. Les forces responsables du mouvement s'écrivent alors  $\vec{F} = F_0\vec{i} - \gamma\vec{v}$ .

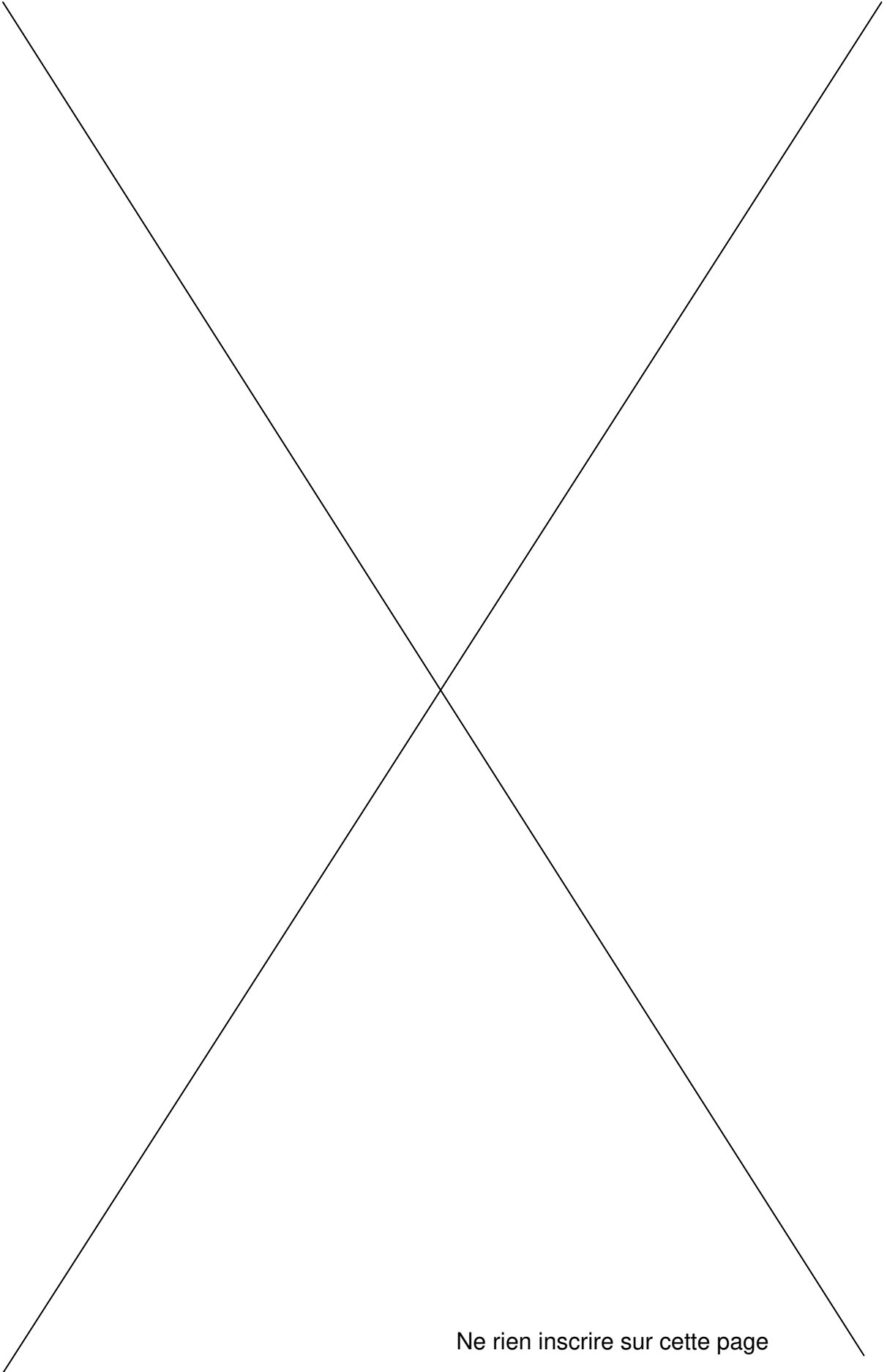
L'équation différentielle du mouvement s'écrit alors  $m a(t) = F_0 - \gamma v(t)$ . La solution de cette équation est  $v(t) = \frac{F_0}{\gamma} \left(1 - e^{-\frac{\gamma}{m}t}\right)$  avec  $F_0 = 685 \text{ N}$  et  $\gamma = 55,7 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$

**IV-9-** Calculer la vitesse  $\mathbf{v}_{\text{final}}$  puis la force  $\mathbf{F}_{\text{final}}$  et enfin l'accélération  $\mathbf{a}_{\text{final}}$  en fin de course pour  $t = 9,44 \text{ s}$ . Que peut-on dire du mouvement en fin de course ? Justifier.

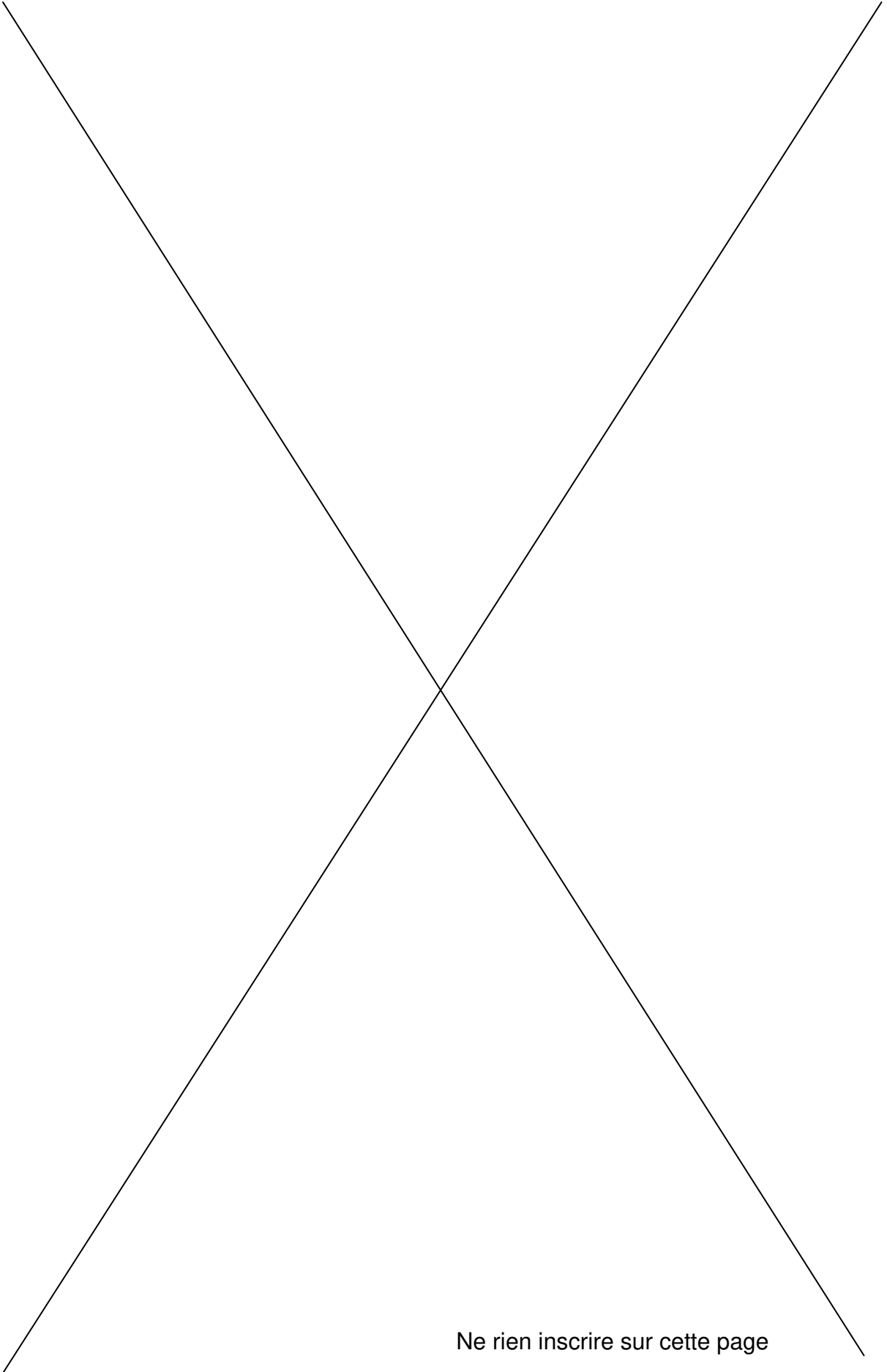
**IV-10-** Calculer le travail  $\mathbf{W}$  de la force  $\mathbf{F}_0$  sur les 100 mètres de la course. Calculer l'énergie cinétique  $\mathbf{E}_c$  finale du coureur. Calculer en pourcentage, le rendement énergétique du coureur  $\frac{E_c}{W}$ .

### REPONSES A L'EXERCICE IV

<b>IV-1-</b>	Vitesse moyenne :	
	$V =$ $m\cdot s^{-1}$	$V =$ $km\cdot h^{-1}$ $V =$ $foulées\cdot min^{-1}$
<b>IV-2-</b>	Schéma des forces	Enoncé du principe ou de la loi :
		
<b>IV-3-</b>	Accélération :	
	Expr. litt. : $\mathbf{a} =$	Appl. Num. : $\mathbf{a} =$
<b>IV-4-</b>	Mouvement :	
<b>IV-5-</b>	Relation entre $a(t)$ et $v(t)$ :	Relation $v(t)$ et $x_G(t)$ :
<b>IV-6-</b>	Démonstration :	
<b>IV-7-</b>	Temps de la course : $t_1 =$	
<b>IV-8-</b>	Vitesse en fin de course :	
	Expr. litt. : $\mathbf{v}_1 =$	Appl. Num. : $\mathbf{v}_1 =$
<b>IV-9-</b>	Vitesse : $\mathbf{v}_{\text{final}} =$	Force : $\mathbf{F}_{\text{final}} =$
	Le mouvement est :	Accélération : $\mathbf{a}_{\text{final}} =$
<b>IV-10-</b>	Travail : $\mathbf{W} =$	Energie cinétique $\mathbf{E}_c =$
	Rendement : $\frac{E_c}{W} =$ %	



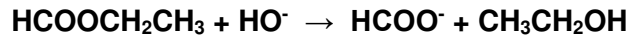
Ne rien inscrire sur cette page



Ne rien inscrire sur cette page

## EXERCICE I

Le formiate d'éthyle (noté E) est un composé chimique à l'odeur de framboise. On étudie la saponification du formiate d'éthyle par la soude :



### Données :

Masse molaire atomique :

$$M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1} ; M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1} ; M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1} ; M(\text{Na}) = 23 \text{ g.mol}^{-1}.$$

Masse volumique du formiate d'éthyle :

$$\rho_E = 918 \text{ g.L}^{-1}.$$

Conductivités ioniques molaires des ions :

$$\lambda(\text{Na}^+) = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1} ;$$

$$\lambda(\text{HO}^-) = 19,9 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1} ;$$

$$\lambda(\text{HCOO}^-) = 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}.$$

**I-1-** Donner le nom de E en nomenclature systématique.

**I-2-** Entourer les différents groupes de protons de la molécule E puis relier par une flèche chacun des groupes au signal qui lui correspond sur le spectre RMN  $^1\text{H}$ .

On prépare  $V_s = 200 \text{ mL}$  de solution aqueuse S de soude de concentration  $c_{\text{Soude}} = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

**I-3-** Donner l'expression puis calculer la masse de soude qu'il a fallu dissoudre dans l'eau pure pour obtenir la concentration souhaitée.

**I-4-** Calculer le pH de la solution de soude.

La solution de soude est introduite dans un réacteur muni d'une sonde conductimétrique reliée à un conductimètre ainsi que d'un système d'agitation mécanique.

On rappelle que la conductivité G d'une solution ionique s'écrit  $G = k \times \left( \sum_i \lambda_i \cdot C_i \right)$ .

**I-5-** Connaissant la constante de cellule  $k = 0,01 \text{ m}$ , déterminer l'unité de G dans le système d'unité international (S.I.). Calculer alors la valeur théorique de la conductivité  $G_0$  à  $t = 0$ .

On introduit à  $t = 0$ ,  $n_{E_0} = 5,0 \text{ mmol}$  de l'ester E.

**I-6-** Donner l'expression puis calculer le volume  $V_E$  de E qu'il faut introduire.

Ce volume sera négligé devant  $V_s$  et on considérera le volume total  $V = 200 \text{ mL}$  dans toute la suite du problème.

**I-7-** Choisir parmi les 5 graphiques du document réponse la forme de courbe qui donne l'évolution de la conductance mesurée G en fonction du temps.

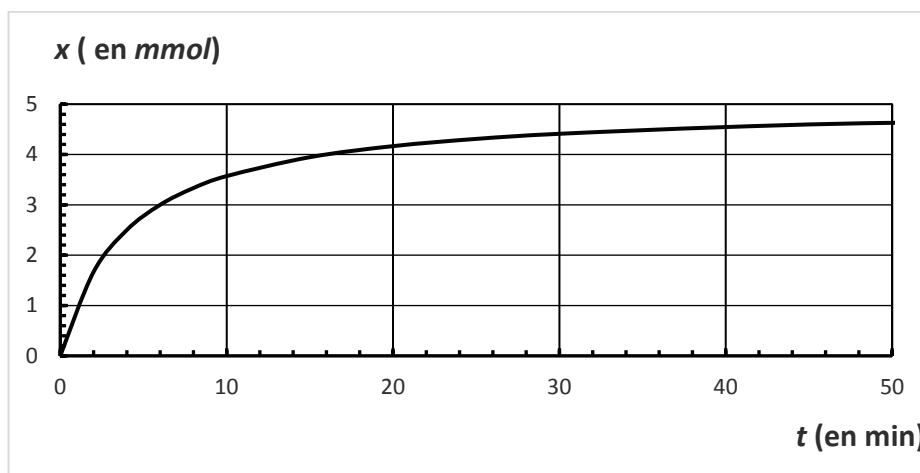
**I-8-** Dans les conditions dans laquelle elle est menée, la réaction peut être considérée comme totale. Compléter le tableau d'avancement du document réponse.

On déduit de la mesure de G la variation de la variable d'avancement x en fonction du temps.

**I-9-** A partir de la courbe  $x = f(t)$  ci-après, déterminer la vitesse initiale  $v_0$  de la réaction et le temps  $t_{1/2}$  de demi réaction.

$$v = \left( \frac{dx}{dt} \right)$$

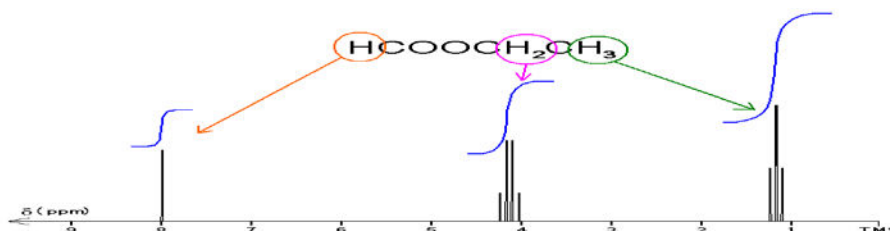
On rappelle que la vitesse de réaction s'écrit :



### REPONSES A L'EXERCICE I

I-1- Nom : **méthanoate d'éthyle**

I-2-



I-3- Masse  $m_{\text{soude}}$

Expr. litt. :  $m_{\text{soude}} = M_S c_S V_S$

Appl. Num. :  $m_{\text{soude}} = 0,40 \text{ g}$

I-4- **pH = 12,7**

I-5- Unité de G : **Siemens (S)**

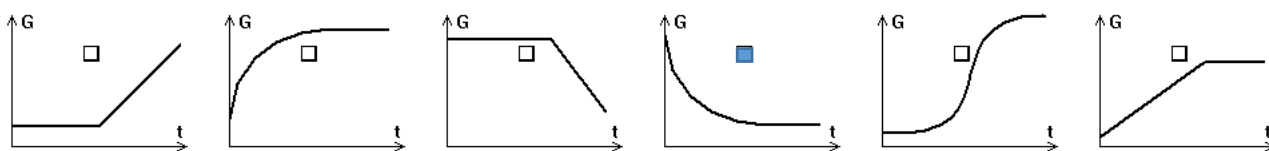
$G_0 = 12,45 \text{ mS}$

I-6- Volume  $V_E$  :

Expr. litt. :  $V_E = \frac{n_{E0} M_E}{\rho_E}$

Appl. Num. :  $V_E = 403 \mu\text{L}$

I-7- Courbe de conductimétrie :



I-8- Tableau d'avancement (quantités en mmol) :

	$\text{HCOOCH}_2\text{CH}_3$	$\text{HO}^-$	$\text{HCOO}^-$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
$t_0$ (instant initial)	5,0	10,0	0	0
$t_f$	0,0	5,0	5,0	5,0

I-9- Vitesse initiale :  $v_0 = 1,0 \text{ mmol.min}^{-1}$

Temps de demi réaction :  $t_{1/2} = 4 \text{ min}$

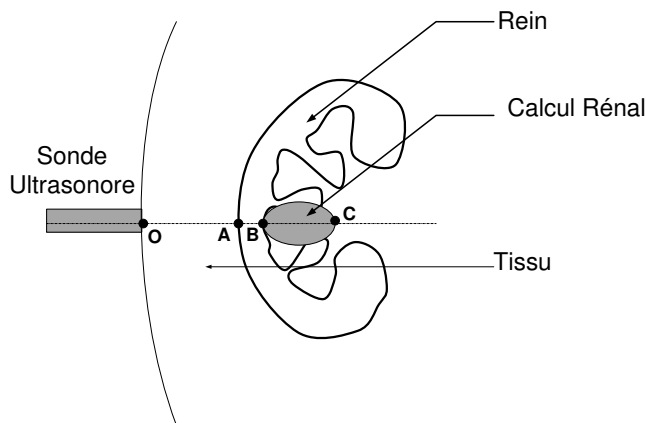
## EXERCICE II

L'échographie est une technique médicale permettant de détecter la présence de calculs rénaux en utilisant une sonde à ultrasons. Les sondes ultrasonores sont des céramiques piézoélectriques fonctionnant successivement en émission et en réception.

### Propagation d'une onde ultrasonore dans l'air.

- II-1-** Quelle est la grandeur physique qui varie dans une onde ultrasonore ?  
**II-2-** Cocher sur le documents réponses les caractéristiques d'une onde ultrasonore.  
**II-3-** Quelle est la fréquence minimale des ultrasons ?

### Propagation d'une onde ultrasonore dans les tissus.



La vitesse de propagation des ultrasons est :

dans le tissu  $v_{\text{tissu}} = 1400 \text{ m.s}^{-1}$ ,

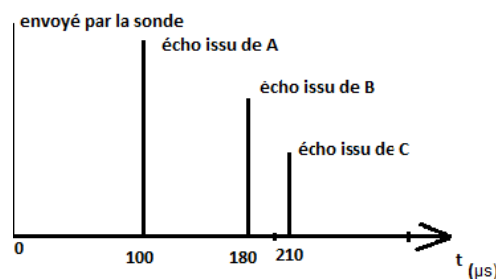
dans le rein  $v_{\text{rein}} = 1500 \text{ m.s}^{-1}$

dans le calcul rénal  $v_{\text{calcul}} = 1540 \text{ m.s}^{-1}$

On suppose que dans le tissu, le rein ou le calcul, la vitesse de l'onde ultrasonore est indépendante de la fréquence.

- II-4-** Comment qualifie-t-on ces milieux ?

Une onde ultrasonore incidente est émise à l'instant  $t=0$  au point O. Ci-dessous, l'enregistrement des échos renvoyés par les surfaces de séparation des différents milieux : sur le rein en A, sur le calcul rénal en B puis en C.



- II-5-** A quelle distance OA de la surface de la peau est située la surface du rein ?  
**II-6-** La résolution spatiale est de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde. Donner l'expression puis calculer la longueur d'onde  $\lambda_1$  des ultrasons dans le rein pour une fréquence de  $f_1 = 3.5 \text{ MHz}$  puis  $\lambda_2$  pour  $f_2 = 10 \text{ MHz}$ .  
**II-7-** Calculer la longueur BC du calcul rénal.

Les ondes émises par la sonde ont un niveau d'intensité ultrasonore  $L_1 = 100 \text{ dB}$ .

- II-8-** Que vaut l'intensité  $I_1$  correspondante en  $\text{W.m}^{-2}$  ?

On rappelle que  $L(\text{dB}) = 10 \log_{10} \left( \frac{I}{I_0} \right)$  avec  $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$

L'atténuation de l'intensité suit la loi  $I_{transmise} = I e^{-\alpha x}$  avec  $x$ , l'épaisseur du milieu et  $\alpha$  son coefficient d'atténuation qui croît avec la fréquence des ultrasons. L'atténuation est approximativement de 1dB/cm/MHz.

**II-9-** Justifier pourquoi pour étudier un rein situé à plus de 5 cm de la peau, on utilise un émetteur ultrason à 3.5 MHz plutôt qu'à 10 MHz ?

**II-10-** Justifier pourquoi pour étudier une thyroïde située à moins de 2 cm de la peau, on utilise un émetteur ultrason à 10 MHz plutôt qu'à 3.5 MHz ?

### REPONSES A L'EXERCICE II

<b>II-1-</b>	Grandeur : <b>la pression</b>	
<b>II-2-</b>	Les ultrasons sont des ondes :	<i>(cocher les réponses exactes)</i>
	<input checked="" type="checkbox"/> longitudinales	<input type="checkbox"/> électromagnétiques <input type="checkbox"/> déplaçant de la matière
	<input type="checkbox"/> transversales	<input checked="" type="checkbox"/> mécaniques <input checked="" type="checkbox"/> déplaçant de l'énergie
<b>II-3-</b>	Fréquence : <b>20 kHz</b>	
<b>II-4-</b>	Qualifiant : <b>milieu non dispersif</b>	
<b>II-5-</b>	Distance : <b>OA = 7,0 cm</b>	
<b>II-6-</b>	Longueur d'onde : Expr. litt. : $\lambda = \frac{v}{f}$	
	Appl. Num. : $\lambda_1 = 0,43 \text{ mm}$	$\lambda_2 = 0,15 \text{ mm}$
<b>II-7-</b>	Longueur : <b>BC = 2,3 cm</b>	
<b>II-8-</b>	Intensité : <b><math>I_1 = 10^{-2} \text{ W.m}^{-2}</math></b>	
<b>II-9-</b>	Fréquence adaptée : 3.5 MHz Justification : <b>la distance parcourue par l'onde est supérieure à 10 cm. A 10 MHz, l'atténuation serait donc supérieure à 100 dB. On ne serait plus en mesure de détecter l'onde en réception.</b>	
<b>II-10-</b>	Fréquence adaptée : 10 MHz Justification : <b>A 10 MHz, l'atténuation serait inférieure à 40 dB. On peut ainsi détecter l'onde en réception. On utilise donc de préférence une onde à 10 MHz car sa résolution spatiale est environ 3 fois meilleure que celle à 3.5 MHz.</b>	



### EXERCICE III

Charles a l'habitude de prendre son café bien chaud. Il utilise un gobelet en verre contenant un volume  $V = 300 \text{ mL}$  de café, initialement à une température de  $T_1 = 66 \text{ }^\circ\text{C}$ . Il laisse son gobelet dans son salon qui est à une température de  $T_2 = 18 \text{ }^\circ\text{C}$ . Progressivement, la température du café diminue pour finalement se stabiliser à la température de la pièce. Au cours de cette transformation thermodynamique, l'énergie interne du café varie.

On considère la masse volumique du café  $\rho_c = 1,00 \text{ kg/L}$  et la capacité calorifique massique du café  $c_c = 4\,200 \text{ S.I.}$

**III-1-** De manière générale, quel est l'origine microscopique de la variation d'énergie interne ?

**III-2-** Rappeler l'expression du premier principe de la thermodynamique dans le cas d'un tel système.

**III-3-** Durant cette transformation, le travail est reçu par le café, perdu par le café ou nul ?

**III-4-** Dans le cas de cette transformation, la quantité de chaleur est reçue par le café, perdue par le café ou nulle ?

**III-5-** Donner l'expression de la variation d'énergie interne du café  $\Delta U$  en fonction des températures  $T_1$  et  $T_2$ .

**III-6-** Quelle est l'unité de la capacité calorifique massique ?

**III-7-** Calculer la variation d'énergie interne  $\Delta U$ .

Charles se rend compte que le café est trop froid, et n'est plus à son goût. Il décide de le réchauffer cette fois-ci en utilisant son four à micro-ondes. Pour cela, il le règle sur la position 3 et durant 30 secondes. Le café atteint une température  $T_3 = 39,5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**III-8-** Quel est le type de transfert thermique réalisé entre le four et le café ?

On rappelle que la relation entre la quantité de chaleur  $Q$  et la puissance thermique  $P$  lorsque celle-ci est constante s'écrit :  $|Q| = P \cdot \Delta t$

**III-9-** Donner l'expression puis calculer la quantité de chaleur échangée entre le four et le café.

**III-10-** Durant cette transformation, la quantité de chaleur est reçue par le café, perdue par le café ou nulle ?

**III-11-** À quelle puissance thermique correspond la position 3 du four ?

Lorsque Charles s'empare du gobelet en verre avec sa main, il est brûlant. Par manque d'attention, Charles a réglé la minuterie à 1 minute, de sorte que la température du café dans le gobelet est finalement de  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $T_4$ ).

On rappelle que :  $R_{th} = \frac{e}{\lambda \cdot S}$  et  $\phi = \frac{|\Delta T|}{R_{th}}$

**III-12-** Quelle est la nature du transfert thermique à travers la paroi du gobelet en verre ?

La paroi du gobelet a une épaisseur de  $e_l = 1,5 \text{ mm}$ . La surface  $S$  du gobelet est égale à  $250 \text{ cm}^2$ . On mesure le flux thermique à travers la paroi de verre  $\Phi_v = 70 \text{ W}$ . On donne la conductivité du verre :  $\lambda_v = 1,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

**III-13-** Que vaut la résistance thermique  $R_v$  du gobelet ?

**III-14-** Que vaut la différence de température  $|\Delta T|$  entre la paroi intérieure et la paroi extérieure du gobelet ?

Charles décide de changer de gobelet et d'en utiliser un de la même forme mais d'une épaisseur  $e_2$  plus grande. La température de la paroi du gobelet atteint finalement  $T_5=35\text{ °C}$ . On admet que le flux thermique reste inchangé ( $\Phi_v=70\text{ W}$ ).

**III-15-** Donner l'expression littérale de l'épaisseur  $e_2$  du gobelet en verre en fonction de la conductivité  $\lambda_v$ , la surface  $S$ , le flux thermique  $\Phi_v$  et la différence de température  $|\Delta T|$  entre la paroi extérieure et la paroi intérieure du gobelet. Calculer l'épaisseur  $e_2$  du gobelet en verre ?

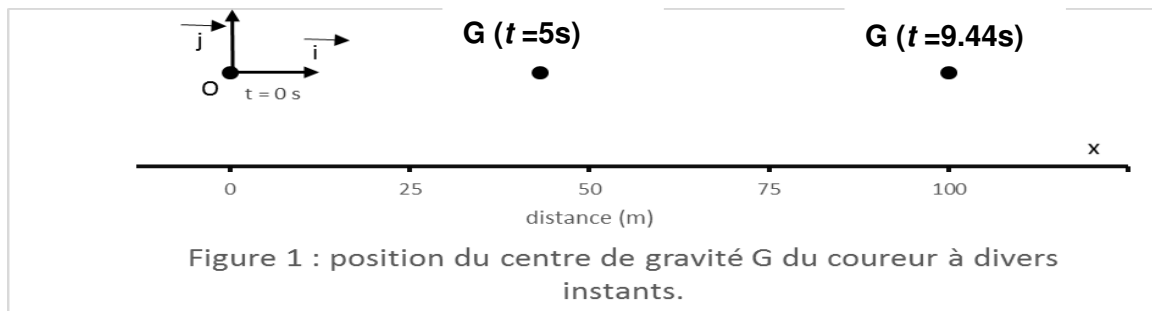
### REPONSES A L'EXERCICE III

<b>III-1-</b>	Energie interne : <b>c'est la somme des énergies cinétiques microscopiques et des énergies potentielles microscopiques.</b>	
<b>III-2-</b>	Expression du premier principe : <b><math>\Delta U = W + Q</math></b>	
<b>III-3-</b>	Le travail est : <input type="checkbox"/> Reçu par le café ; <input type="checkbox"/> Perdu par le café ; <input checked="" type="checkbox"/> <b>Nul</b> <i>(cocher la réponse exacte)</i>	<b>III-4-</b> La quantité de chaleur est : <input type="checkbox"/> Reçue par le café <input checked="" type="checkbox"/> <b>Perdue par le café</b> <input type="checkbox"/> Nulle <i>(cocher la réponse exacte)</i>
<b>III-5-</b>	Variation d'énergie interne : <b><math>\Delta U = \rho_c V c_c (T_2-T_1)</math></b>	
<b>III-6-</b>	Unité : <b><math>J.K^{-1}.kg^{-1}</math> ou <math>J.^{\circ}C^{-1}.kg^{-1}</math></b>	
<b>III-7-</b>	Variation d'énergie interne : <b><math>\Delta U = -60,5\text{ kJ}</math></b>	
<b>III-8-</b>	Transfert thermique par : <b>Rayonnement</b>	
<b>III-9-</b>	Quantité de chaleur : Expr. litt. : <b><math> Q  = \rho_c V c_c (T_3-T_2)</math></b>	Appl. Num. : <b><math> Q  = 27,1\text{ kJ}</math></b>
<b>III-10-</b>	La quantité de chaleur est : <input checked="" type="checkbox"/> <b>Reçue par le café</b> <input type="checkbox"/> Perdue par le café <input type="checkbox"/> Nulle	<i>(cocher la réponse exacte)</i>
<b>III-11-</b>	Puissance : <b><math>P = 903\text{ W}</math></b>	
<b>III-12-</b>	Transfert par : <b>Conduction</b>	
<b>III-13-</b>	Résistance thermique : <b><math>R_v = 0,060\text{ K.W}^{-1}</math></b>	
<b>III-14-</b>	Différence de température : <b><math> \Delta T  = 4.2\text{ °C}</math></b>	
<b>III-15-</b>	Epaisseur: Expr. litt. : <b><math>e_2 = \frac{ \Delta T  S \lambda_v}{\phi_v}</math></b>	Appl. Num. : <b><math>e_2 = 8,9\text{ mm}</math></b>

## EXERCICE IV

Lors de son record du monde (Berlin 2009) Usain Bolt ( $h = 194 \text{ cm}$ ,  $m = 86 \text{ kg}$ ) en 41 foulées a couru la distance de **100m** en **9,58s**. Pour étudier cette course, le coureur est réduit à une masse ponctuelle située en son centre de gravité, se déplaçant à hauteur constante dans la direction (Ox) : l'origine O du référentiel est le centre de gravité du coureur au départ, l'axe (Ox) est dirigé dans la direction de la piste et dans le sens de la course (vecteur normé directeur  $\vec{i}$ ), l'axe (Oz) (vecteur normé directeur  $\vec{j}$ ) est vertical et dirigé vers le haut.

$x_G(t)$  est la position du centre de gravité dans la direction (Ox) à l'instant  $t$ , T est le temps officiel du chronométrage,  $\tau$  est la durée de réaction (0,14s) l'intervalle de temps entre le déclenchement du chronomètre et la mise en mouvement du coureur, le temps  $t = T - \tau$  est le temps depuis la mise en mouvement, c'est le temps utilisé dans les modèles suivants.



**IV-1-** Calculer la valeur moyenne de la vitesse du coureur sur cette course en  $m.s^{-1}$ , en  $km.h^{-1}$  et en **foulées.min<sup>-1</sup>**.

La poussée horizontale  $\vec{F}_p$  est la force initiale exercée par le coureur sur les starting-blocks.

La poussée de Usain Bolt vaut  $\|\vec{F}_p\| = F_p = 685 \text{ N}$ .

**IV-2-** Représenter sur le document réponse la poussée  $\vec{F}_p$  et la force  $\vec{F}_0$  qui propulse le coureur. Quel est le nom du principe ou de la loi à l'origine de la force de propulsion ?

On considère que le coureur soit capable de maintenir durant toute la course une force résultante horizontale de  $F_0 = 685 \text{ N}$ .

**IV-3-** Donner l'expression de l'accélération  $a$  du coureur en fonction de  $F_0$ . Calculer  $a$ .

**IV-4-** Quel est le type de ce mouvement ?

**IV-5-** Quelle est la relation entre l'accélération  $a(t)$  et la vitesse  $v(t)$  ?

Quelle est la relation entre la vitesse  $v(t)$  et la position instantanée  $x_G(t)$  ?

**IV-6-** Démontrer que la position du centre de gravité du coureur s'écrit  $x_G(t) = 3,98 * t^2$ .

**IV-7-** D'après ce modèle, en combien de temps le coureur parcourt-il les 100 m de la course ?

**IV-8-** Quelle serait la vitesse du coureur à la fin de la course ?

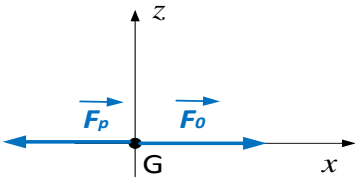
Le modèle précédent donne des résultats incohérents. Il peut être amélioré si l'on considère que le coureur rencontre une résistance proportionnelle à sa vitesse de déplacement. Les forces responsables du mouvement s'écrivent alors  $\vec{F} = F_0\vec{i} - \gamma\vec{v}$ .

L'équation différentielle du mouvement s'écrit alors  $m a(t) = F_0 - \gamma v(t)$ . La solution de cette équation est  $v(t) = \frac{F_0}{\gamma} \left(1 - e^{-\frac{\gamma}{m}t}\right)$  avec  $F_0 = 685 \text{ N}$  et  $\gamma = 55,7 \text{ kg.s}^{-1}$

**IV-9-** Calculer la vitesse  $v_{\text{final}}$  puis la force  $F_{\text{final}}$  et enfin l'accélération  $a_{\text{final}}$  en fin de course pour  $t = 9,44 \text{ s}$ . Que peut-on dire du mouvement en fin de course ? Justifier.

**IV-10-** Calculer le travail  $W$  de la force  $F_0$  sur les 100 mètres de la course. Calculer l'énergie cinétique  $E_c$  finale du coureur. Calculer en pourcentage, le rendement énergétique du coureur  $\frac{E_c}{W}$ .

### REPONSES A L'EXERCICE IV

<b>IV-1-</b>	Vitesse moyenne :	
	$V = 10,6 \text{ m.s}^{-1}$	$V = 38,1 \text{ km.h}^{-1}$ $V = 261 \text{ foulées.min}^{-1}$
<b>IV-2-</b>	Schéma des forces	Enoncé du principe ou de la loi :
		<b>Egalité de l'action et de la réaction</b> <b>ou</b> <b>3<sup>e</sup> loi de Newton</b>
<b>IV-3-</b>	Accélération :	
	Expr. litt. : $a = \frac{F_0}{m}$	Appl. Num. : $a = 7,96 \text{ m.s}^{-2}$
<b>IV-4-</b>	Mouvement : <b>rectiligne et uniformément accéléré</b>	
<b>IV-5-</b>	Relation entre $a(t)$ et $v(t)$ : $a = \frac{dv}{dt}$	Relation $v(t)$ et $x_G(t)$ : $v = \frac{dx_G}{dt}$
<b>IV-6-</b>	Démonstration : $a = \frac{F_0}{m}$ donc $\frac{dv}{dt} = \frac{F_0}{m}$ <b>après intégration</b> $v = \frac{F_0}{m}t + 0$ puis $a = \frac{1}{2} \frac{F_0}{m} t^2 + 0$ d'où $a = 3,98 t^2$	
<b>IV-7-</b>	Temps de la course : $t_1 = 5,01 \text{ s}$	
<b>IV-8-</b>	Vitesse en fin de course :	
	Expr. litt. : $v_1 = a t_1$	Appl. Num. : $v_1 = 39,9 \text{ m.s}^{-1}$
<b>IV-9-</b>	Vitesse : $v_{\text{final}} = 12,25 \text{ m.s}^{-1}$ Force : $F_{\text{final}} = 2,2 \text{ N}$ Accélération : $a_{\text{final}} = 0,026 \text{ m.s}^{-2}$	
	Le mouvement est : <b>rectiligne uniforme car <math>a_{\text{final}} \approx 0</math>.</b>	
<b>IV-10-</b>	Travail : $W = 68,5 \text{ kJ}$	Energie cinétique $E_c = 6,45 \text{ kJ}$
	Rendement : $\frac{E_c}{W} = 9,4 \%$	