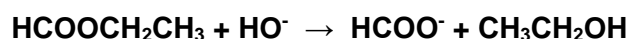


## EXERCICE I

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.

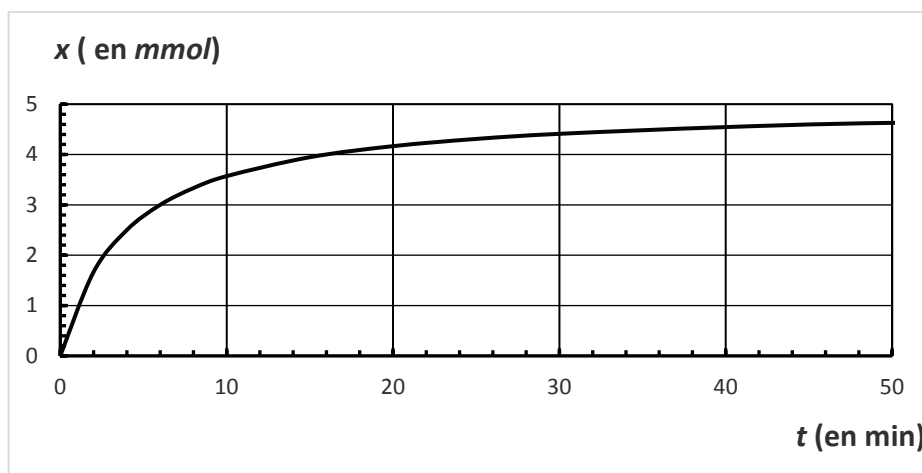
**I-8-** Dans les conditions dans laquelle elle est menée, la réaction peut être considérée comme totale. Compléter le tableau d'avancement du document réponse.

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.

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

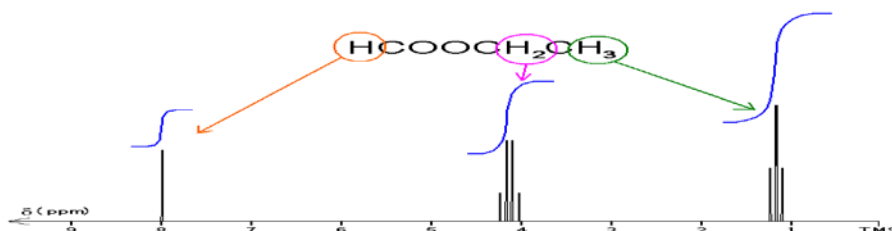
On rappelle que la vitesse de réaction s'écrit :



### 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-  $\text{pH} = 12,7$

I-5- Unité de G : **Siemens (S)**

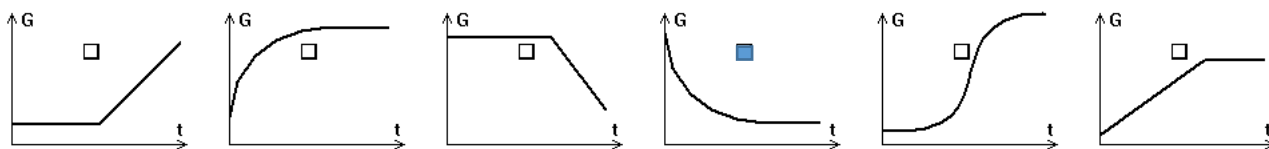
$G_0 = 12,45 \text{ mS}$

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.

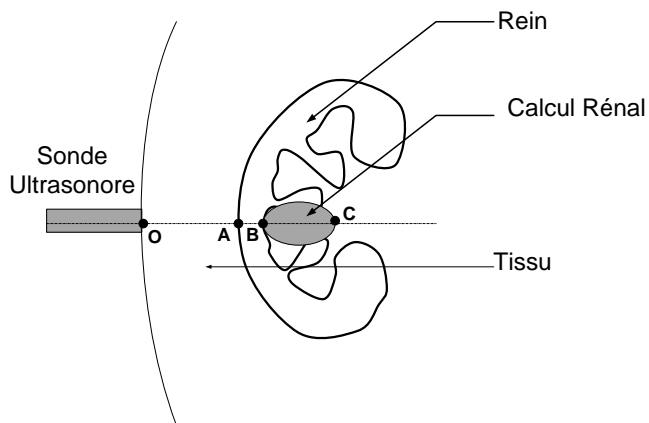
### Propagation d'une onde ultrasonore dans l'air.

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

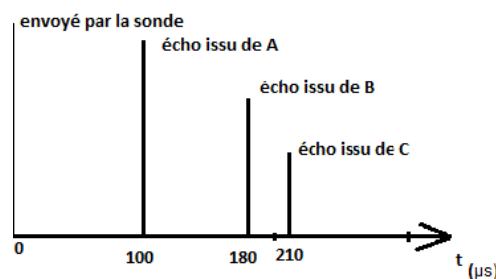
dans le rein  $v_{\text{rein}} = 1500 \text{ m.s}^{-1}$

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 :	(cocher les réponses exactes)
	<input checked="" type="checkbox"/> longitudinales	<input type="checkbox"/> électromagnétiques
	<input type="checkbox"/> transversales	<input checked="" type="checkbox"/> mécaniques
		<input type="checkbox"/> déplaçant de la matière
		<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  $T_1 = 66 \text{ °C}$ . Il laisse son gobelet dans son salon qui est à une température de  $T_2 = 18 \text{ °C}$ . 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  $T_3 = 39,5 \text{ °C}$ .

**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  $60 \text{ °C}$  ( $T_4$ ).

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  $e_1 = 1,5 \text{ mm}$ . 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.

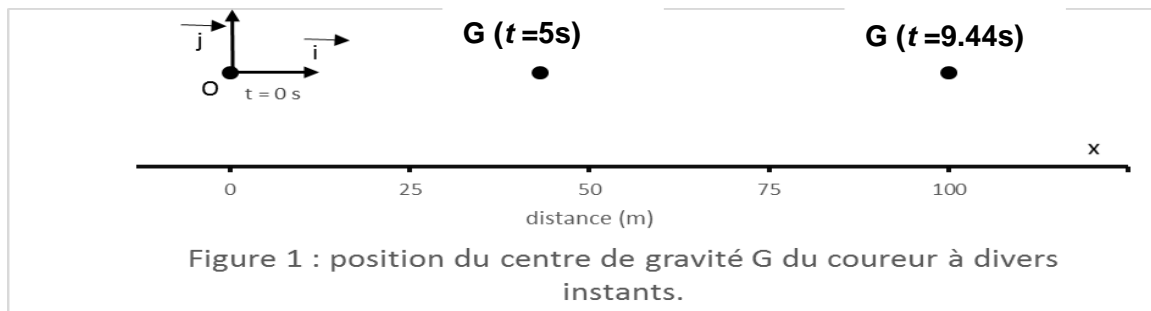


Figure 1 : position du centre de gravité G du coureur à divers instants.

**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 ?

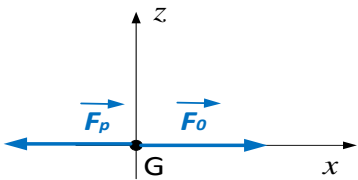
Le modèle précédent donne des résultats incohérents. Il peut être amélioré si l'on considère que le coureur rencontre une résistance proportionnelle à sa vitesse de déplacement. Les forces responsables du mouvement s'écrivent alors  $\vec{F} = F_0\vec{i} - \gamma\vec{v}$ .

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	Énoncé du principe ou de la loi :
		<b>Égalité de l'action et de la réaction</b> ou <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 $\frac{dv}{dt} = \frac{F_0}{m}$ après intégration $v = \frac{F_0}{m}t + 0$ 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 : $W = 68,5 \text{ kJ}$	Énergie cinétique $E_c = 6,45 \text{ kJ}$
	Rendement : $\frac{E_c}{W} = 9,4 \%$	