

**BAC BLANC DE SCIENCES –PHYSIQUES****Spécialité Math ou SVT**REDIGER CHAQUE EXERCICE SUR UNE FEUILLE DIFFERENTE*(Ce sujet comporte 11 pages dont 3 pages d'annexes.)***EXERCICE I : Bobine d'un woofer (5 points)**

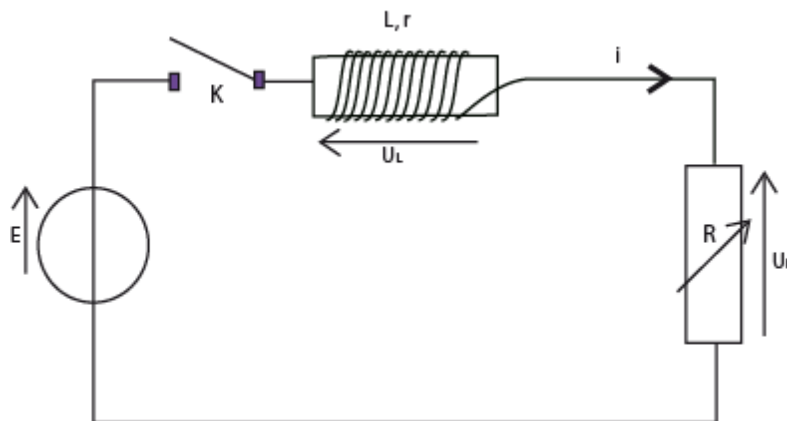
Frédéric, un élève bricoleur, démonte le caisson de grave de sa chaîne Hi-fi. Cette enceinte acoustique comporte un woofer : c'est un haut parleur de grand diamètre qui a pour fonction de reproduire les sons graves. Frédéric découvre à l'intérieur du woofer une bobine formée d'un enroulement de fil de cuivre isolé sur le cylindre en carton. Il montre cette bobine à son professeur de sciences physiques et lui demande comment trouver les valeurs de l'inductance  $L$  et de la résistance interne  $r$  de cette bobine. Le professeur lui propose de trouver expérimentalement les caractéristiques de la bobine du woofer lors d'une séance de travaux pratiques.

Frédéric dispose du matériel suivant :

Un générateur de tension continue de f.e.m.  $E = 6,0 \text{ V}$  ; un conducteur ohmique de résistance  $R$  réglable ; la bobine du woofer ; un interrupteur ; des fils de connexion et un système d'acquisition informatisé.

Frédéric réalise le montage représenté sur la figure 1 ci-dessous. Il règle la résistance à la valeur  $R = 10 \Omega$ . À l'instant de date  $t = 0 \text{ s}$ , il ferme l'interrupteur et enregistre une courbe permettant d'étudier l'évolution de l'intensité  $i$  du courant en fonction du temps.

**Figure 1 :**

**Partie A :**

1. Quelle tension l'élève doit-il enregistrer pour réaliser l'étude souhaitée ? Compléter le schéma du circuit (**document 1 en annexe, à rendre avec la copie**) en indiquant comment brancher le système d'acquisition (voie d'entrée et masse)

**Le professeur :** « À partir de la courbe que vous venez d'enregistrer, vous pouvez utiliser les fonctions du logiciel pour faire apparaître la courbe d'évolution de l'intensité du courant en fonction du temps. »

Frédéric obtient la courbe **du document 2 en annexe ; à rendre avec la copie.**

**Frédéric :** « Cette nouvelle courbe a la même allure que celle obtenue lors de mon acquisition : elle comporte deux parties correspondant au régime transitoire et au régime permanent. En utilisant le régime permanent, je devrais pouvoir trouver la valeur de la résistance interne  $r$  de la bobine ».

Après quelques calculs, Frédéric trouve  $r = 4,0 \Omega$ .

**Le professeur :** « Il existe un appareil permettant de vérifier si votre résultat est juste. Réfléchissez ».

**QUESTIONS 2, 3, 4, 5 et 6 :**

2. À partir de la courbe qu'il a enregistrée, expliquer comment Frédéric a pu obtenir la courbe du document 2 donnant l'évolution de l'intensité du courant en fonction du temps.

3. Déterminer, en utilisant la courbe du **document 2**, la valeur de l'intensité  $I$  du courant traversant le circuit lorsque le régime permanent est atteint.

4. Montrer que l'expression de l'intensité  $I$  du courant en régime permanent est :  $I = \frac{E}{R+r}$ .

5. Vérifier la valeur de la résistance interne  $r$  de la bobine du woofer.  
 6. Quel appareil Frédéric peut-il utiliser pour vérifier que la résistance interne de la bobine du woofer est  $r = 4,0 \Omega$  ?

**Partie B :**

**Le professeur :** « Maintenant, comment pouvez vous trouver l'inductance  $L$  de la bobine en utilisant une nouvelle fois la courbe du **document 2** ? »

**Frédéric :** « Et si je déterminais graphiquement la constante de temps  $\tau$  du circuit ? »

**Le professeur :** « C'est une bonne idée ! Ne soyez pas étonné, ce genre de bobine a une valeur d'inductance assez faible de l'ordre du milli henry ».

**QUESTIONS 7, 8 et 9 :**

7. À partir de la courbe **du document 2 en annexe** ; à rendre avec la copie et en détaillant votre méthode, déterminer la constante de temps  $\tau$  du circuit.  
 8. Donner l'expression de la constante de temps  $\tau$  en fonction des grandeurs caractéristiques du circuit.  
 9. En déduire la valeur de l'inductance  $L$  de la bobine du woofer.

**Partie C :**

**Le professeur :** « Il nous reste encore un peu de temps avant la sonnerie : je vous propose d'étudier de manière théorique l'établissement du courant dans le circuit représenté sur la figure 1 ».

**Frédéric :** « J'applique la loi d'additivité des tensions et j'obtiens une équation de la forme :

$$\frac{di}{dt} = A - B.i(t) \quad (\text{Équation 1})$$

**Le professeur :** « Vous allez établir l'équation (1) et identifier les termes  $A$  et  $B$  ».

**Frédéric :** « ah ! trop facile monsieur ! »

**Le professeur :** « alors au travail ! ».

**QUESTIONS 10, 11 et 12 :**

10. Établir l'équation 1 et vérifier que les termes  $A$  et  $B$  ont les expressions suivantes :  $A = \frac{E}{L}$  et  $B = \frac{(R+r)}{L}$ .  
 11. Établir, à l'aide d'une analyse dimensionnelle, l'unité des grandeurs  $A$  et  $B$  dans le système international.  
 12. La solution de l'équation (1) est de la forme suivante :

$$i(t) = \frac{E}{R+r} \left( 1 - e^{-t/\tau} \right)$$

Déterminer l'expression de  $\tau$  pour que  $i(t)$  soit solution de l'équation (1)

**Partie D :**

**Frédéric :** « Monsieur, que s'est-il passé ? J'ai une courbe supplémentaire sur mon écran ! »

**Le professeur :** « Pendant que vous faisiez l'étude théorique, j'ai effectué une nouvelle acquisition. J'ai gardé dans le circuit la bobine de votre woofer et je n'ai modifié qu'une seule grandeur caractéristique du circuit ».

**Frédéric :** « Vous avez changé soit la valeur de la f.e.m.  $E$  du générateur, soit la valeur de la résistance réglable  $R$  ».

**Le professeur :** « Et oui ! Comparez les constantes de temps des deux courbes et vous trouverez ce que j'ai modifié dans votre montage ».

**QUESTION 13 :**

La courbe obtenue par le professeur est représentée sur **le document 3 de l'annexe à rendre avec la copie**.

13. Quelle grandeur caractéristique du circuit ( $E$  ou  $R$ ) le professeur a-t-il changée pour obtenir la courbe n°1 **du document 3 de l'annexe à rendre avec la copie** ? Justifier.

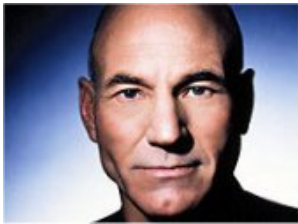
## EXERCICE II : A LA DECOUVERTE DES BORGs ( 4 points )

L'histoire commence en 2366 lorsque la Fédération des Planètes Unies découvre qu'une espèce alien inconnue, appelée les Borgs, veulent envahir la Terre. Ce sont des êtres mi-homme mi-machine qui n'ont pour seul but : assimiler l'espèce humaine, c'est à dire de les transformer comme eux.



Un borg

Vous, élèves de terminale S au Lycée Emile Loubet en 2010, vous allez être transporté temporellement en 2366 à bord de l'USS Enterprise pour découvrir des Borgs et aider l'équipage à résoudre le mystère des Borgs.



Jean-Luc Picard, commandant du vaisseau galactique USS Enterprise.



Le vaisseau galactique USS Enterprise

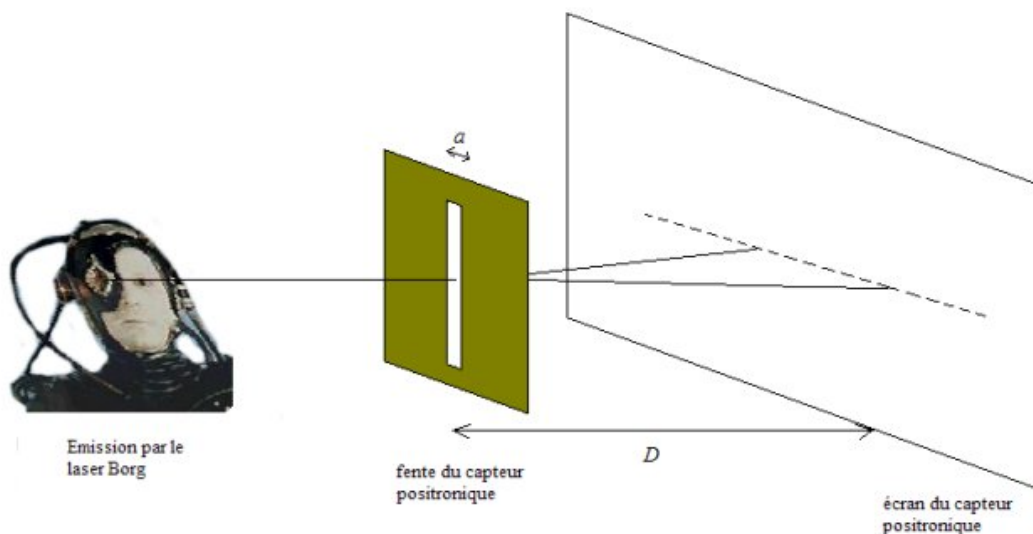
Le capitaine Picard de l'USS Enterprise a réussi lors d'une incursion dans l'espace Borg, a capturer un Borg encore fonctionnel. Il le soumet à divers examens afin de mieux comprendre leur fonctionnement. L'un de ses examens consiste à déterminer les caractéristiques visuelles de l'œil d'un borg. Il semble que les Borgs utilisent une vision laser au dioxyde de carbone afin de déterminer la dimension d'un objet. Le laser à  $\text{CO}_2$  opère à des longueurs d'onde comprises entre  $9 \mu\text{m}$  et  $11,5 \mu\text{m}$ .

### I. Propriétés du laser Borg.

1. Rappeler les limites des longueurs d'onde du domaine du visible (en nm).
2. Les radiations du laser Borg font-elles partie du domaine des UV ? Des I.R. ? Du visible ?

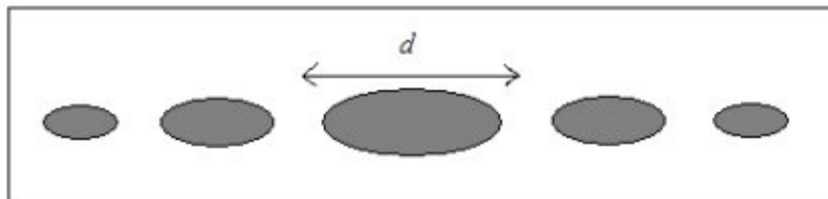
### II. Observation d'un phénomène lié au laser Borg.

On utilise le laser Borg produisant une lumière de longueur d'onde  $\lambda$  placée devant un capteur positronique, constitué d'une fente de largeur  $a$  et d'un écran.



Document 1

On observe la figure suivante, constituée de tâches lumineuses, sur l'écran positronique placé à une distance D de la fente.



**Document 2**

- 3) Quel est le nom du phénomène observé ?
- 4) Quelle condition doit satisfaire la taille de la fente pour que l'on obtienne cette figure ?

La largeur de la taille centrale d sur l'écran varie lorsque l'on fait varier la distance D entre la fente et l'écran ; la longueur d'onde  $\lambda$  de la lumière, ou la largeur a de la fente.

Une série d'expériences effectuées par le commandeur DATA, androïde unique dont les capacités physiques et intellectuelles sont très supérieures à celles des humains, montre que d est proportionnelle à la longueur d'onde de la lumière. k étant une constante sans dimension, le commandeur DATA propose les formules (1), (2), (3), (4) et (5) ci-dessous.



Le commandeur DATA

$$d = \frac{k\lambda D}{a} \quad (1) \qquad d = \frac{k\lambda D}{a^2} \quad (2) \qquad d = \frac{kaD}{\lambda} \quad (3) \qquad d = \frac{k\lambda D^2}{a} \quad (4) \qquad d = ka\lambda D \quad (5)$$

- 6) Par une analyse dimensionnelle de la formule, éliminer les relations qui sont incohérentes.

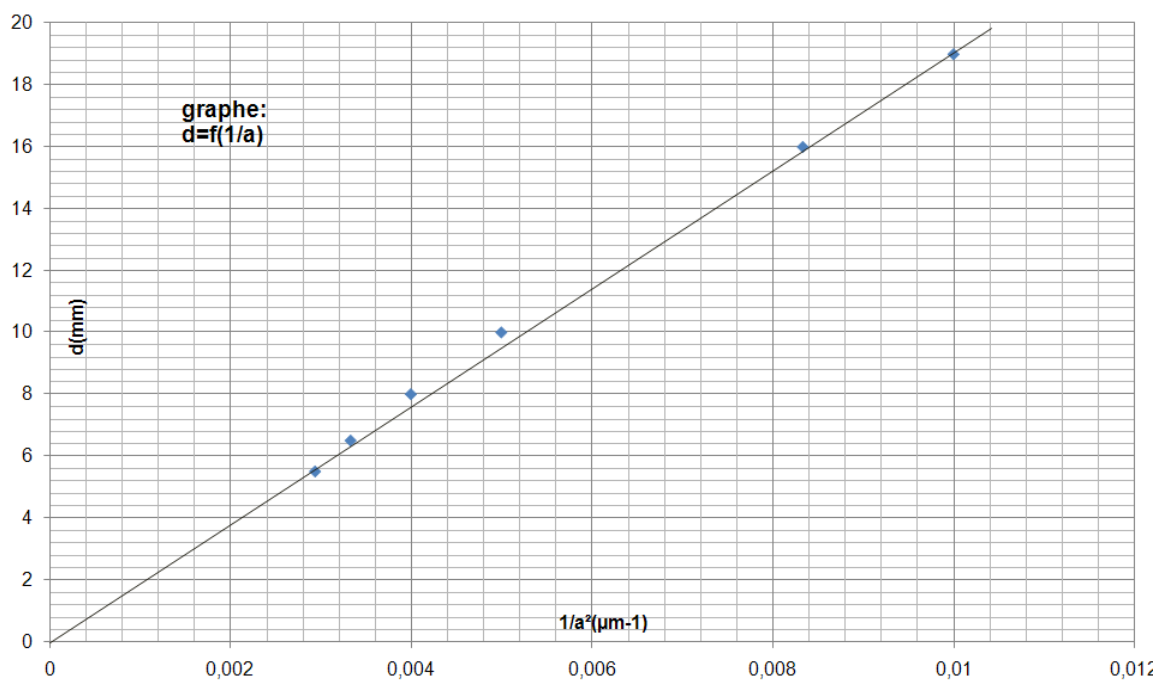
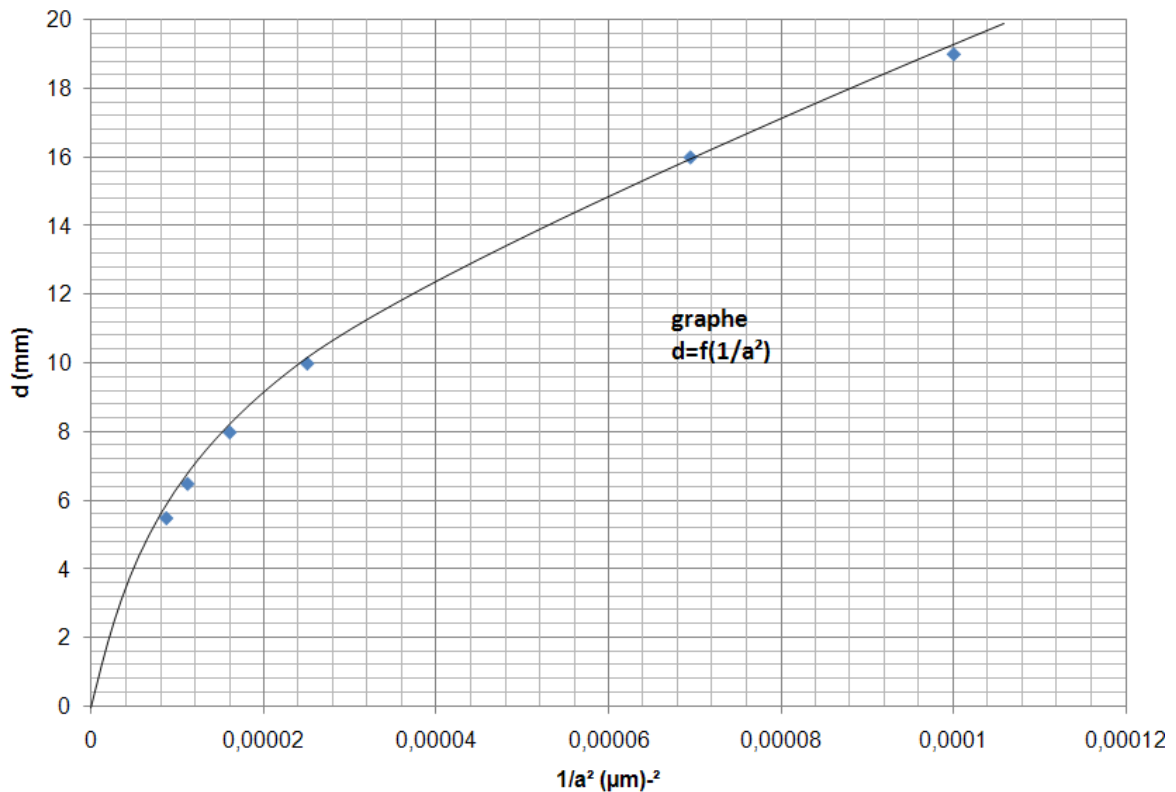
### III. Influence de la largeur de la fente du capteur positronique.

Tous les autres paramètres restant inchangés pendant les mesures, DATA fait varier la largeur a de la fente et mesure les valeurs d correspondantes.

Les résultats sont consignés dans le rapport scientifique n°1.

	Rapport scientifique n°1 du commandeur DATA Date stellaire 2.3.6.6					
	a (en $\mu\text{m}$ )	100	120	200	250	300
d (en mm)	19	16	10	8	6,5	5,5

Grâce à ses résultats, le commandeur DATA obtient les courbes suivantes :



7) Préciser laquelle ou lesquelles des formules proposées à la question II. 6 sont encore possibles. Pourquoi ?

#### IV. Détermination de la dimension d'un fil transwarp par la méthode Borg.

Un fil transwarp servant à la conduction de l'antimatière dans le noyau du moteur de l'entreprise, placé à la position de la fente du dispositif précédent, produit exactement la même figure sur l'écran.

DATA disposant du même laser  $\text{CO}_2$  de longueur d'onde  $\lambda = 10,5 \mu\text{m}$ , décide de mettre en œuvre la même expérience utilisant la technologie Borg pour mesurer le diamètre  $a$  du fil transwarp qu'il a placé sur le support. Il obtient une tâche centrale de largeur  $d = 20 \text{ mm}$  lorsque l'écran est à  $D = 1,50 \text{ m}$  du fil transwarp.

8) Calculer le diamètre,  $a$ , du fil transwarp par la méthode la plus précise.  
 Vous venez de découvrir ainsi l'incroyable acuité visuelle d'un Borg grâce à sa vision laser.

### EXERCICE III : pH d'un mélange ( 3 points )

Dans cet exercice, on se propose de calculer la valeur du pH d'un mélange de deux solutions de pH connus.

- Données :**
- $pK_{a1}(\text{HNO}_2 / \text{NO}_2^-) = 3,3$
- $pK_{a2}(\text{HCOOH} / \text{HCOO}^-) = 3,8$
- $pK_e = 14,0$

#### I – Etude de deux solutions

Le pH d'une solution aqueuse d'acide nitreux  $\text{HNO}_{2(aq)}$ , de concentration en soluté apporté  $C_1 = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$  a pour valeur  $\text{pH}_1 = 2,0$  ; celui d'une solution aqueuse de méthanoate de sodium ( $\text{HCOO}^-_{(aq)} + \text{Na}^+_{(aq)}$ ) de concentration en soluté apporté  $C_2 = 0,40 \text{ mol.L}^{-1}$  a pour valeur  $\text{pH}_2 = 8,7$ .

- Écrire l'équation de la réaction entre l'acide nitreux et l'eau. Donner l'expression de sa constante d'équilibre.
  - Écrire l'équation de la réaction entre l'ion méthanoate et l'eau. Donner l'expression de sa constante d'équilibre.
- Sur l'axe des pH, donné sur **le document 1 en annexe à rendre avec la copie**, placer les domaines de prédominance des deux couples acide/base mis en jeu.
  - Préciser l'espèce prédominante dans chacune des deux solutions précédentes.

#### II – Etude d'un mélange de ces deux solutions

- On mélange un même volume  $v = 200 \text{ mL}$  de chacune des deux solutions précédentes. La quantité de matière d'acide nitreux introduite dans le mélange est  $n_1 = 4,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$  et celle de méthanoate de sodium est  $n_2 = 8,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ .
  - Écrire l'équation de la réaction qui se produit lors du mélange entre l'acide nitreux et l'ion méthanoate.
  - Donner l'expression de la constante d'équilibre  $K$  associée à cette équation et déterminer sa valeur.
- Compléter le tableau d'avancement, donné en **document 2 de l'annexe à rendre avec la copie**.
  - La valeur de l'avancement final, dans cet état d'équilibre est :  $x_{\text{éq}} = 3,3 \times 10^{-2} \text{ mol}$ .  
Calculer les concentrations des différentes espèces chimiques présentes à l'équilibre.
  - En déduire la valeur de  $Q_{r, \text{éq}}$  et la comparer à la valeur obtenue à la question **II.1. b)**.
- À l'aide du  $K_A$  de l'un des couples intervenant dans le mélange, vérifier que la valeur du pH du mélange est proche de la valeur  $\text{pH}_3 = 4$ .

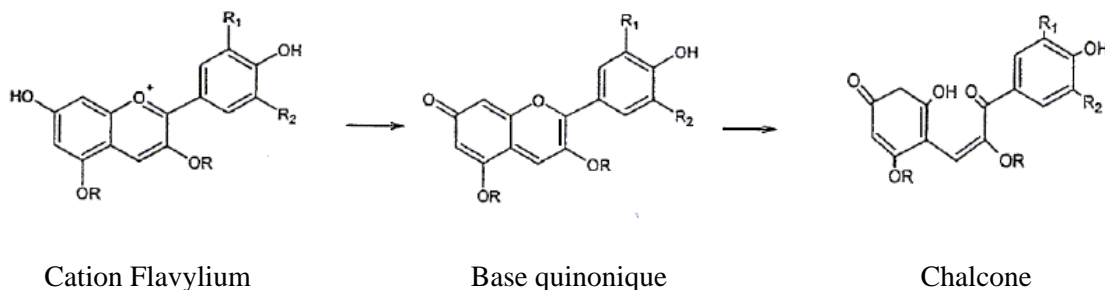
## EXERCICE IV : Du chou dans l'abricot (4 points)

**ATTENTION !! Seuls les élèves de spécialité Math ou SVT doivent traiter cet exercice**

**Note à l'attention du candidat :** les parties 1 et 2 sont indépendantes.

Les anthocyanes sont des colorants naturels présents dans de nombreux fruits rouges ou de pétales de fleurs. Ils sont notamment présents dans les feuilles de chou rouge d'où il est aisé de les extraire. La variation de structure des anthocyanes en fonction de l'acidité du milieu est une particularité de ces molécules. Suivant le pH, 3 formes, avec des absorbances différentes, ont été mises en évidence (voir ci-dessous).

Les anthocyanes du chou



	Cation Flavylium	Base Quinonique		Chalcone
<i>pH</i>	3,0	6	8,5	13
<i>Couleur</i>	<i>rouge</i>	<i>Bleu</i>	<i>Vert</i>	<i>Jaune</i>

On souhaite utiliser le jus de chou rouge comme indicateur pour doser l'acide propanoïque utilisé dans la synthèse de l'arôme d'abricot.

Afin de vérifier que l'utilisation du jus de chou rouge est judicieuse, un premier dosage à la date  $t = 2$  min est réalisé par pH-métrie (voir **document 1** en annexe).

### I – Etude du dosage :

- 1.1. Écrire l'équation bilan traduisant le titrage de l'acide propanoïque  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$  par une solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+_{aq} + \text{HO}^-_{aq}$ ).
- 1.2. Déterminer, en faisant apparaître les constructions sur la courbe du **document 1**, le volume  $V$  et le  $pH$  à l'équivalence.
- 1.3. Quelle est la couleur de la solution initiale une fois le jus de chou rouge introduit ? Justifier votre réponse à l'aide des documents donnés en début d'exercice.
- 1.4. Le chou rouge peut-il être utilisé comme indicateur coloré dans ce dosage ? Justifier la réponse.
- 1.5. Utilisation de la courbe pour déterminer la constante d'acidité de l'acide propanoïque :
  - 1.5.1. Donner l'expression de la constante d'acidité de l'acide propanoïque.
  - 1.5.2. Montrer qu'à la  $\frac{1}{2}$  équivalence (c'est-à-dire lorsque la moitié du volume équivalent a été versé) on a  $[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}] = [\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO}_2^-]$
  - 1.5.3. Donner alors l'expression de la constante d'acidité de l'acide propanoïque en fonction du  $pH$  lorsque la moitié du volume équivalent a été versé ?
  - 1.5.4. À partir de la valeur du  $pH$  lue sur la courbe à la demi équivalence, déterminer la valeur de la constante d'acidité de l'acide propanoïque.

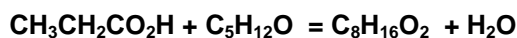
Les anthocyanes du chou rouge sont utilisés dans la suite pour réaliser les dosages de l'acide propanoïque par colorimétrie.

## II- Suivi temporel de la synthèse :

De l'arôme d'abricot est synthétisé à chaud à partir du mélange d'un volume  $V_A = 20,0$  mL d'alcool noté A, de formule  $C_5H_{12}O$  et d'un volume  $V_B = 29,0$  mL d'acide propanoïque pur ( $CH_3CH_2CO_2H$ ) en présence de  $1,0$  mL d'acide sulfurique.

On note  $V_T = 50,0$  mL le volume total du système. Les réactifs sont introduits à la date  $t = 0$ .

La réaction chimique a pour équation :



Afin de suivre l'évolution de cette transformation en fonction du temps, des prises d'essai de volume  $V'_B = 3,0$  mL sont réalisées à intervalles de temps réguliers. Une trempe de chaque prise d'essai est effectuée dès son prélèvement ; cette opération consiste à ajouter une grande quantité d'eau distillée glacée à la prise d'essai.

Les acides (acide sulfurique et acide propanoïque restant) sont dosés par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration  $C = 1,0$  mol.L<sup>-1</sup> en présence de jus de chou rouge.

2.1. Expliquer l'intérêt de la trempe en précisant le(s) facteur(s) cinétique(s) mis en jeu.

2.2. En utilisant les données du tableau ci-dessous, déterminer la quantité de matière d'acide propanoïque  $n_B(0)$  introduite à la date  $t = 0$ .

La quantité de matière initiale d'alcool A est  $n_A(0) = 18.10^{-2}$  mol.

	$M$ en g.mol <sup>-1</sup>	Masse volumique à 20°C en g.mL <sup>-1</sup>	Température de fusion en °C	Température d'ébullition en °C	Solubilité avec l'eau
Acide propanoïque	74,0	0,99	-20,8	141	infinie
Alcool A	88,2	0,81	-117	128,5	faible
Éthanoate d'isoamyle	130,2	0,87	-78,5	142	faible

2.3. Déterminer l'avancement maximum de la transformation chimique.

2.4. Établir la relation entre la quantité  $n_B$  d'acide propanoïque restant à la date  $t$ , la quantité  $n_B(0)$  et l'avancement  $x$  de la transformation à cette date.

2.5. Dans le tableau suivant sont reportés les volumes de réactif titrant versés pour doser uniquement l'acide propanoïque :

$t$ (min.)	0	2	5	10	15	20	25	30
$V$ (mL)	23,3	-	17,8	14,8	13,7	13,3	13,0	13,0

$V$  étant le volume de réactif titrant ajouté à l'équivalence dans la prise d'essai de volume  $V'_B$ .

Déterminer la quantité  $n'_B$  d'acide propanoïque présent dans la prise d'essai à la date  $t = 30$  min.

En déduire la quantité  $n_B$  d'acide propanoïque restant dans le milieu réactionnel de volume  $V_T = 50,0$  mL.

2.6. Le taux d'avancement noté  $\tau$  (tau) d'une réaction chimique étant défini à la date  $t$  comme le rapport de l'avancement à la date  $t$  sur l'avancement maximal de la réaction, déterminer le taux d'avancement de la transformation étudiée à la date  $t = 30$  min.

2.7. Après avoir placé sur le **document 2** de **L'ANNEXE (à rendre avec la copie)** la valeur déterminée dans la question 2.6., tracer la courbe. Peut-on considérer que la transformation est terminée après 30 minutes de chauffage à reflux ? Justifier.

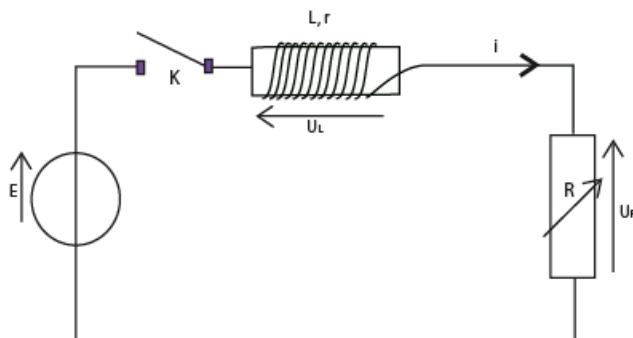
2.8. Définir et déterminer le temps de demi-réaction.

NOM :  
Classe :

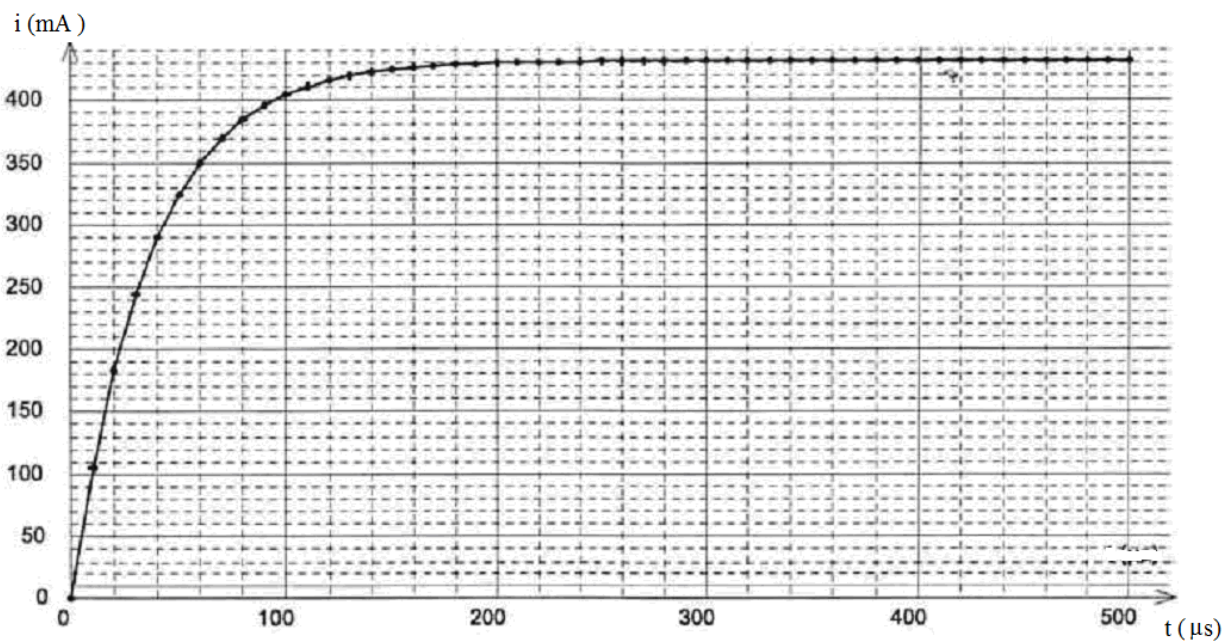
## ANNEXE DE L'EXERCICE I

À RENDRE AVEC LA COPIE

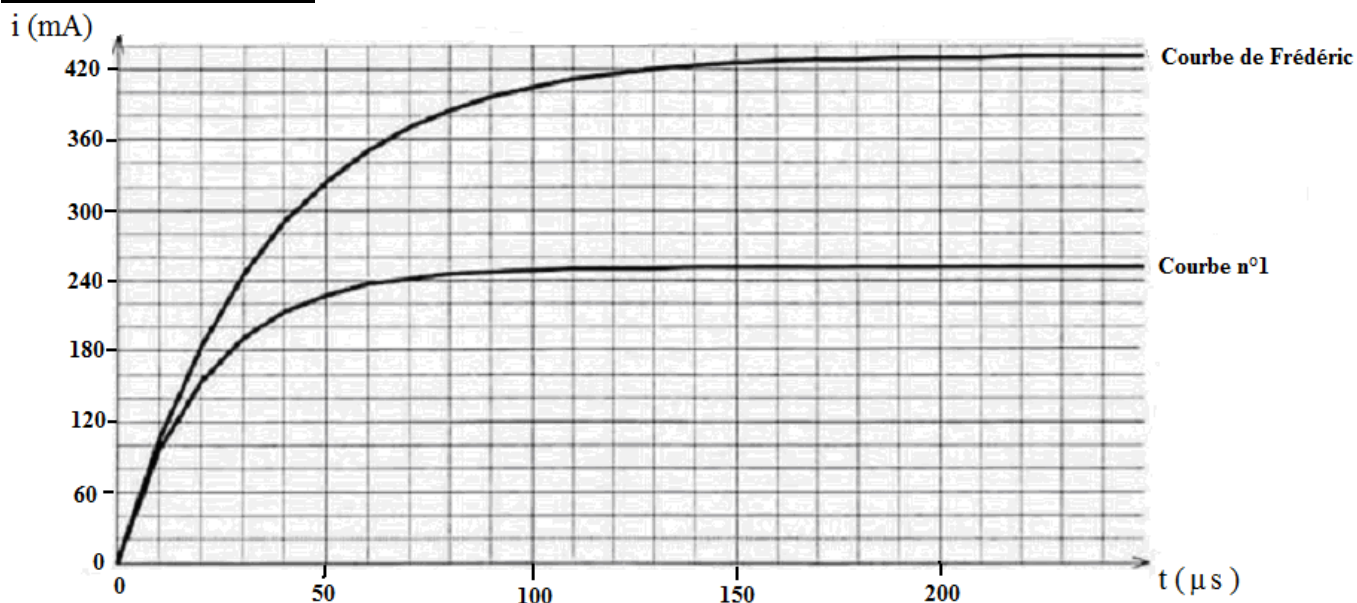
### Document 1 Exercice I :



### Document 2 Exercice I: Evolution de l'intensité du courant en fonction du temps



### Document 3 Exercice I

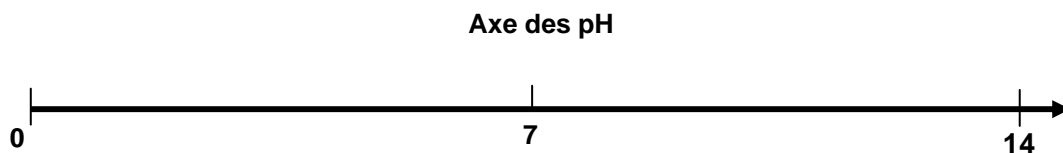


NOM :  
 Classe :

## ANNEXE DE L'EXERCICE III

A RENDRE AVEC LA COPIE

**Document 1 Exercice III:**



**Document 2 Exercice III : Tableau d'avancement de la transformation entre l'acide nitreux et le méthanoate de sodium**

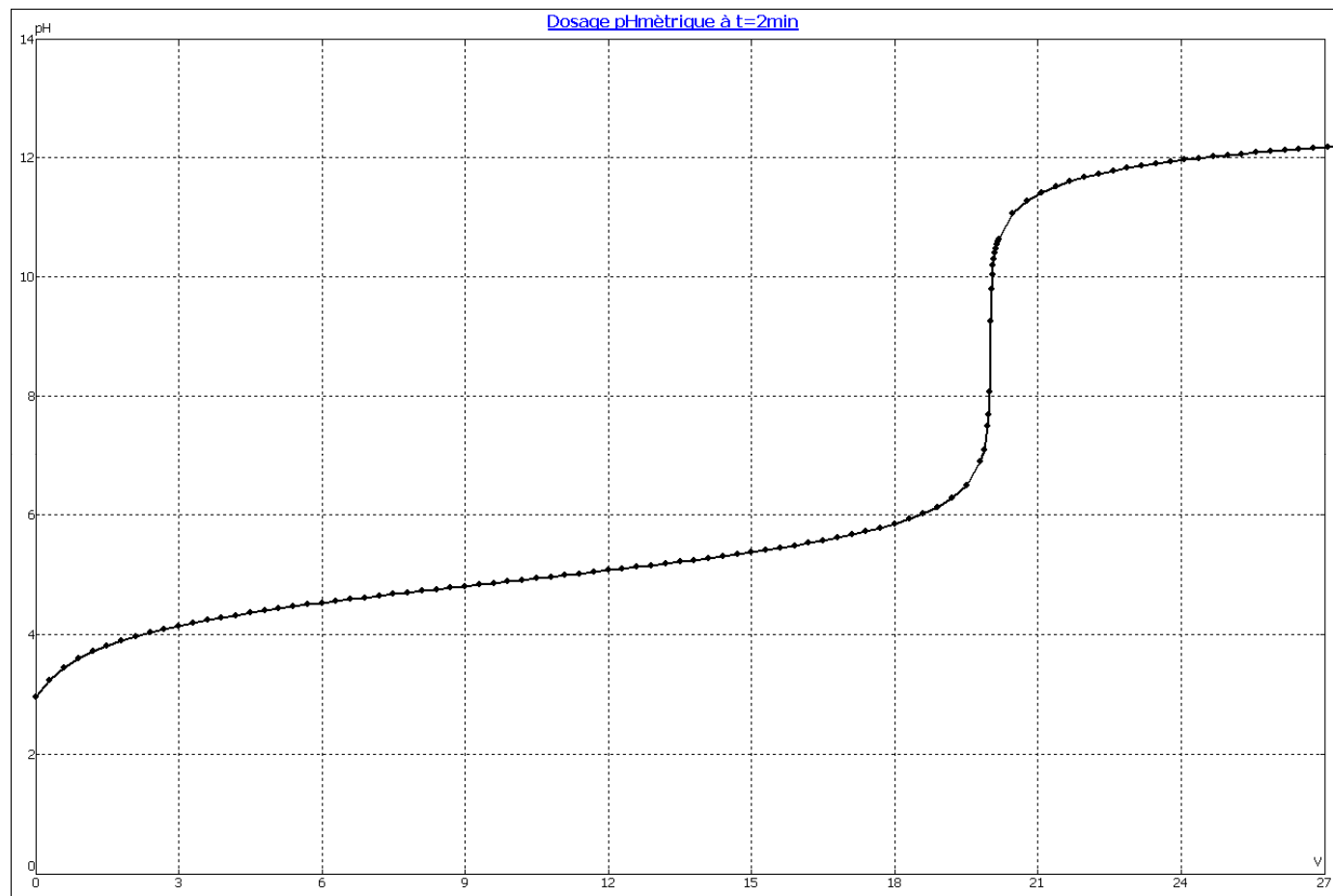
Équation	..... + ..... = ..... + .....				
État du système chimique	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
		$n(\text{HNO}_{2(\text{aq})})$	$n(\text{HCOO}^-_{(\text{aq})})$	.....	.....
État initial	$x = 0$	$n_1$	$n_2$		
État intermédiaire	$x$				
État d'équilibre	$x = x_{\text{éq}}$				

NOM :  
Classe :

## ANNEXE DE L'EXERCICE IV

A RENDRE AVEC LA COPIE

### Document 1 Exercice IV



### Document 2 Exercice IV : Évolution du taux d'avancement en fonction du temps

