# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2004

## PHYSIQUE - CHIMIE

**Série S**

Durée de l'épreuve : 3 h 30 – Coefficient : 6

**L'usage de la calculatrice électronique est autorisé**

OBLIGATOIRE

Ce sujet comporte deux exercices de **PHYSIQUE** et un exercice de **CHIMIE** présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.

**Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :**

I – Chute libre et parachutisme

II – Fabrication puis titrage de l'aspirine

III – Lampe à vapeur de sodium

## EXERCICE I. CHUTE LIBRE ET PARACHUTISME (6 points)

*Cet exercice vise dans un premier temps à analyser quelques informations extraites d'un document Internet relatif au projet de "Grand Saut" du parachutiste Michel Fournier et dans un deuxième temps à étudier un saut en parachute plus classique.*

**Les deux parties A et B sont indépendantes.**

### PARTIE A - Le grand saut

*D'après l'édition Internet du vendredi 12 juillet 2002 du Quotidien Québécois Le Devoir.*

*Paris - Michel Fournier, 58 ans, ancien instructeur parachutiste de l'armée française, a annoncé hier son intention d'effectuer en septembre un saut en chute libre de 40 000 mètres d'altitude au-dessus du Canada.*
*«Ce qui m'intéresse au premier chef, c'est le record et le challenge physique que représente ce saut», a déclaré Michel Fournier à Paris.*

*Pour réaliser cet exploit, il sera équipé d'une combinaison pressurisée proche de celles utilisées par les astronautes, mais modifiée pour résister à des températures extrêmement basses (moins 110 degrés Celsius) et équipée d'un parachute.*

*Il atteindra l'altitude de 40 000 mètres en trois heures environ, à bord d'une nacelle, elle aussi pressurisée, et tirée par un ballon gonflé à l'hélium.*

*La durée du saut est évaluée à six minutes vingt-cinq secondes.*

*En l'absence de pression atmosphérique, Fournier dépassera la vitesse du son (1067 kilomètres/heure) trente secondes environ après son départ en position verticale. Il sera ensuite progressivement freiné dans sa chute par la densification de l'air. Il pourra alors reprendre une position horizontale et ouvrir son parachute à une altitude de 1000 mètres. Pour des raisons de sécurité, le saut aura lieu dans le nord du Canada, au-dessus de la base de Saskatoon, dans une zone où la densité de population est très réduite. Le record est actuellement détenu par l'Américain Joseph Kittinger, qui, en août 1960, avait sauté d'une nacelle à 30 840 mètres.*

### 1 - L'intensité de la pesanteur (début du saut)

**1.1 -** Le système constitué par le parachutiste et son équipement subit, de la part de la Terre, une force de gravitation $\vec{F}$. Exprimer littéralement la valeur F de cette force en fonction de la masse de la Terre $M_T$, du rayon de la Terre $R_T$, de la constante de gravitation universelle G, de la masse m du système et de son altitude h.

**1.2 -** On assimile le poids à la force de gravitation. En déduire l'expression littérale de l'intensité g de la pesanteur à l'altitude h.

**1.3 -** Calculer l'intensité de la pesanteur à l'altitude 40 km.

Données : $M_T = 5{,}97\times10^{24}$ kg $R_T = 6{,}37\times10^{3}$ km $G = 6{,}67\times10^{-11}$ unité SI



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

**2 - La chute libre (début du saut)**

Au début du saut, la pression atmosphérique est très faible : l'air est raréfié et son action sur le parachutiste peut être négligée.

On admettra pour cette question que l'intensité de la pesanteur est constante, de valeur égale à $\mathbf{g = 9,7\ N.kg^{-1}}$. On précise que la vitesse initiale est nulle.

**2.1** - Qu'appelle-t-on une chute libre ?

**2.2** - Etablir l'expression de l'accélération du parachutiste lors de cette phase du saut.

**2.3** - Etablir la relation liant la vitesse v atteinte à la durée de chute t. Vérifier que la durée de chute $t_1$ permettant d'atteindre la "vitesse" du son (soit $v_1 = 1067\ km.h^{-1}$) est bien celle présentée dans le texte.

**2.4** - Etablir la relation liant la distance x parcourue à la durée de chute. Calculer la distance $x_1$ parcourue quand la "vitesse" du son est atteinte. Quelle est alors l'altitude $h_1$ du parachutiste ?

**3 - Les conditions de température**

**3.1-** A propos du son, le terme de célérité est préférable à celui de vitesse. Expliquer.

**3.2** - En admettant que la célérité du son est proportionnelle à la racine carrée de la température absolue, déterminer la température $\theta_1$ de l'atmosphère correspondant à une célérité $v_1 = 1067\ km.h^{-1}$.

Données : célérité du son $v_0 = 1193\ km.h^{-1}$ à $\theta_0 = 0\ °C$
$T = \theta + 273$ ($\theta$ température en °C, T température absolue en K)

**PARTIE B : Le saut classique**

*Le parachutiste et son équipement (système étudié) ont au total une masse m = 80 kg. On supposera que le parachutiste s'élance sans vitesse initiale d'un ballon immobile situé à 1000 m d'altitude. Le saut se déroule en deux phases.*

**1 - Première phase**

*Lors de la première phase, le parachute n'est pas déployé. L'action exercée par l'air peut être modélisée par une force de valeur exprimée par* $F = kv^2$ *avec k = 0,28 S.I. (unités du système international) La poussée d'Archimède due à l'air sera supposée négligeable. L'intensité de la pesanteur sera considérée comme constante et de valeur* $\boldsymbol{g_0 = 9,8\ N.kg^{-1}}$.

**1.1** - Déterminer l'unité du coefficient k (en utilisant les unités fondamentales du système international).

**1.2** - Effectuer le bilan des actions exercées sur le système et établir l'équation différentielle relative à l'évolution de la vitesse du système au cours du temps. Montrer qu'elle correspond numériquement à $\frac{dv}{dt} = 9,8 - 0,0035 \times v^2$.

**1.3** - La courbe d'évolution de la vitesse au cours du temps est représentée en **annexe 1 à rendre avec la copie.**

**1.3.1** - Déterminer la vitesse limite et le temps caractéristique de ce mouvement.

**1.3.2** - Comment peut-on retrouver, à partir de ce document, une valeur approchée de l'intensité de la pesanteur ?

**1.4** - La courbe précédente a en fait été obtenue par résolution de l'équation différentielle précédente par la méthode numérique itérative d'Euler. Un extrait de la feuille de calcul est représenté ci-dessous.

| Date t (s) | Vitesse v ($m.s^{-1}$) | Accélération a=dv/dt ($m.s^{-2}$) |
|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | 9,80 |
| 0,10 | 0,98 | 9,80 |
| 0,20 | 1,96 | 9,79 |
| 0,30 | 2,94 | 9,77 |
| 0,40 | 3,92 | 9,75 |
| 0,50 | 4,89 | 9,72 |
| 0,60 | 5,86 | 9,68 |
| 0,70 | 6,83 | 9,64 |

**1.4.1** - Quel est le pas $\Delta t$ utilisé pour les calculs ?

**1.4.2** - Expliquer la méthode d'Euler en effectuant les calculs de l'accélération à la date $t_4 = 0,40$ s et de la vitesse à la date $t_5 = 0,50$ s.

**1.5** - Sur le document fourni en **annexe 1 à rendre avec la copie,** est également représentée l'évolution de la position x au cours du temps. Déterminer à quelle date le parachutiste atteindrait le sol s'il n'ouvrait pas son parachute.

**2 - Deuxième phase**

*Le parachutiste déclenche l'ouverture de son parachute à l'instant 12 s. La vitesse diminue et se stabilise en 4 s à la valeur limite de 4,5 $m.s^{-1}$.*

**2.1** - L'ouverture du parachute modifie la force de frottement exercée par l'air qui devient $F' = k'v^2$. En s'aidant de l'expression littérale de la vitesse limite, déterminer la valeur de k'.

**2.2** - Représenter, sur **l'annexe 2 à rendre avec la copie**, l'évolution de la vitesse au cours du temps (évolution correspondant à l'ensemble du saut). L'évolution correspondant à la chute étudiée au cours de la première phase, lorsque le parachute n'est pas déployé, est rappelée en trait fin.



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

## Exercice II. FABRICATION PUIS TITRAGE DE L'ASPIRINE (6 points)

### 1 - Etude d'une estérification

On considère une réaction d'estérification entre un acide carboxylique de formule R–COOH et un alcool R'–$CH_2OH$ .
A l'instant t = 0, on mélange 0,20 mol d'acide et 0,20 mol d'alcool. On effectue la réaction d'estérification en présence d'acide sulfurique à l'aide d'un chauffage à reflux .

**1.1** - Ecrire l'équation chimique correspondant à l'estérification.

**1.2** - On définit l'avancement x de la réaction par la quantité de matière d'ester formé au cours du temps.
Remplir la ligne concernant l'état intermédiaire dans le tableau d'avancement représenté en annexe 3.

**1.3** - Quel serait l'avancement $x_{max}$ en fin de réaction si celle-ci était totale ?

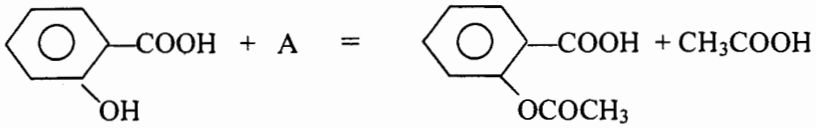
**1.4** - L'expérience donne un avancement $x_{eq}$ = 0,13 mol d'ester à l'équilibre.
Compléter le tableau.
Calculer le rendement ρ de cette réaction.
**Rendre avec la copie la feuille comportant le tableau (Annexe 3).**

### 2 - Synthèse de l'aspirine

On prépare l'aspirine à partir de l'acide salicylique qui porte un groupement –OH (fixé sur le cycle benzénique) et peut, comme un alcool, subir une estérification.
Pour avoir un meilleur rendement, au lieu d'un acide carboxylique, on utilise un anhydride d'acide.

Dans un erlenmeyer, on introduit 5,00 g d'acide salicylique, 7,0 mL d'anhydride et 5 gouttes d'acide sulfurique. Ce mélange est chauffé à reflux à 60°C pendant 20 minutes avec agitation.
On retire l'erlenmeyer du bain-marie et, avec précaution, on ajoute environ 50 mL d'eau distillée froide par le haut du réfrigérant ; on place l'erlenmeyer dans de l'eau glacée.
L'aspirine formée précipite ; elle est ensuite filtrée sur büchner.
Pour purifier cette aspirine, on effectue une recristallisation dans un mélange eau-alcool. Pour cela, on dissout les cristaux dans 10 mL d'éthanol à 95° en chauffant au bain-marie. Après dissolution complète, on ajoute 30 mL d'eau chaude. On laisse ensuite refroidir à température ambiante puis dans la glace : l'aspirine précipite. On filtre et on sèche à l'étuve les cristaux obtenus.
Le produit sec est pesé : sa masse est de 4,20 g.

L'anhydride d'acide utilisé est noté A.
L'équation de la réaction de synthèse de l'aspirine est de la forme :




**2.1** - Préciser la formule semi-développée de l'anhydride A utilisé dans l'équation ci-dessus et donner son nom.

**2.2** - Dessiner et légender le montage de chauffage à reflux .

**2.3** - Déterminer le réactif limitant (consulter les données).



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

**2.4** - Calculer la masse d'aspirine obtenue si le rendement était de 100 %. Calculer le rendement effectif de cette réaction .

Données :

- Masses molaires de :
  - l'acide salicylique : 138 $g.mol^{-1}$
  - l'anhydride A : 102 $g.mol^{-1}$
  - l'aspirine : 180 $g.mol^{-1}$
- Densité de l'anhydride A : 1,08

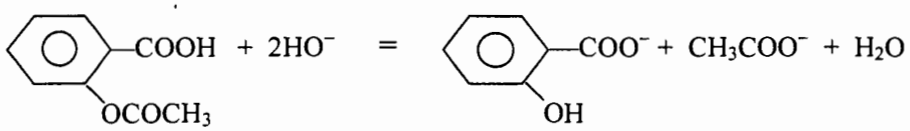
## 3 - Titrage de l'aspirine

On prélève 1,00 g de l'aspirine fabriqué précédemment et on en effectue un titrage indirect :

- on réalise l'hydrolyse de l'ester par un excès de soude puis
- les ions $HO^-$ restants sont titrés à l'aide d'une solution d'acide chlorhydrique.

Dans un erlenmeyer, on place 1,00 g d'aspirine, on ajoute un volume $V_o$ = 20,0 mL d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_0$ = 1,00 $mol.L^{-1}$ et environ 20 mL d'eau. L'ensemble est chauffé sous reflux pendant 10 minutes. La solution obtenue est appelée $S_1$.

L'équation de la réaction correspondante est :




Après refroidissement, le contenu de l'erlenmeyer est versé dans une fiole jaugée de 250 mL. De l'eau distillée est versée jusqu'au trait de jauge : soit $S_2$ la solution obtenue.
A l'aide d'une pipette jaugée, on prélève 10,0 mL de solution $S_2$ que l'on verse dans un bécher. On ajoute quelques gouttes de phénolphtaléine .
On effectue le titrage des ions $HO^-$ en excès de $S_2$ par une solution d'acide chlorhydrique de concentration $C_1 = 5{,}00.10^{-2}$ $mol.L^{-1}$. Le volume versé à l'équivalence est $V_1$ = 7,4 mL.

**3.1** - Calculer la quantité de matière $n_0$ d'ions $HO^-$ ajoutés à l'aspirine pour fabriquer $S_1$.

**3.2** - Ecrire l'équation de la réaction de titrage.

**3.3** - Calculer la quantité de matière $n_1$ d'ions $HO^-$ titrés par l'acide chlorhydrique.
En déduire la quantité de matière $n_2$ d'ions $HO^-$ en excès dans la solution $S_1$.

**3.4** - Calculer la quantité de matière $n_{asp}$ puis la masse d'aspirine initialement présentes dans la solution $S_1$ .
**3.5** - Comparer la valeur trouvée à la valeur attendue. Justifier l'écart observé.



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

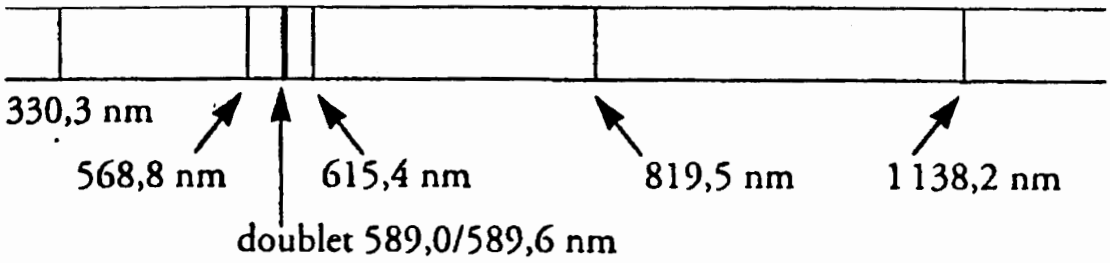
## EXERCICE III. LAMPE A VAPEUR DE SODIUM (4 points)

*On utilise les lampes à vapeur de sodium pour éclairer des tunnels routiers. Ces lampes contiennent de la vapeur de sodium à très faible pression. Cette vapeur est excitée par un faisceau d'électrons qui traverse le tube. Les atomes de sodium absorbent l'énergie des électrons. L'énergie est restituée lors du retour à l'état fondamental sous forme de radiations lumineuses. Les lampes à vapeur de sodium émettent surtout de la lumière jaune.*

*Données :* $h = 6{,}62\times10^{-34}$ J.s
$c = 3{,}00\times10^{8}$ m.s$^{-1}$
$e = 1{,}60\times10^{-19}$ C

**1. - L'analyse du spectre d'émission d'une lampe à vapeur de sodium révèle la présence de raies de *longueur* d'onde λ bien définie.**

**Spectre d'émission d'une lampe à vapeur de sodium**




**1.1** - Quelles sont les longueurs d'onde des raies appartenant au domaine du visible ? au domaine des ultraviolets ? au domaine de l'infrarouge ?
**1.2** - S'agit-il d'une lumière polychromatique ou monochromatique ? Justifier votre réponse.
**1.3** - Quelle est la valeur de la fréquence ν de la raie de longueur d'onde λ = 589,0 nm ?
**1.4** - Parmi les données présentées au début de l'exercice, que représentent les grandeurs h et e ?

**2. - On donne en annexe à remettre avec la copie le diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome de sodium.**

**2.1** - Indiquer sur le diagramme **en annexe 4 à rendre avec la copie**, l'état fondamental et les états excités.
**2.2** - En quoi ce diagramme **en annexe 4** permet-il de justifier la discontinuité du spectre d'émission d'une lampe à vapeur de sodium ?
**2.3** - On considère la raie jaune du doublet du sodium de longueur d'onde λ = 589,0 nm.
**2.3.1** - Calculer l'énergie ΔE (en eV) qui correspond à l'émission de cette radiation. (On donnera le résultat avec le nombre de chiffres significatifs adapté aux données).
**2.3.2** - Sans justifier, indiquer par une flèche notée 1 sur le diagramme des niveaux d'énergie **en annexe 4 à remettre avec la copie** la transition correspondante.

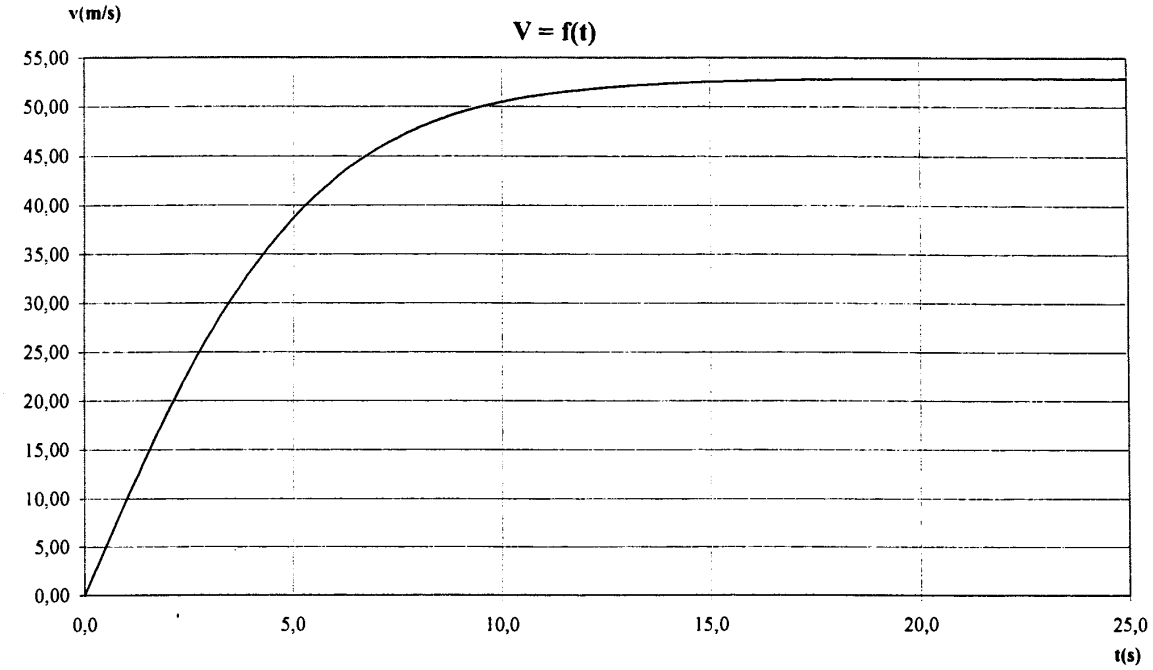
**3. - L'atome de sodium, considéré maintenant à l'état $E_1$, reçoit une radiation lumineuse dont le quantum d'énergie ΔE'a pour valeur 1,09 eV.**
**3.1** - Cette radiation lumineuse peut-elle interagir avec l'atome de sodium à l'état $E_1$ ? Justifier.
**3.2** - Représenter sur le diagramme **en annexe 4 à rendre avec la copie** la transition correspondante par une flèche notée 2.
La raie associée à cette transition est-elle une raie d'émission ou une raie d'absorption ? Justifier votre réponse.

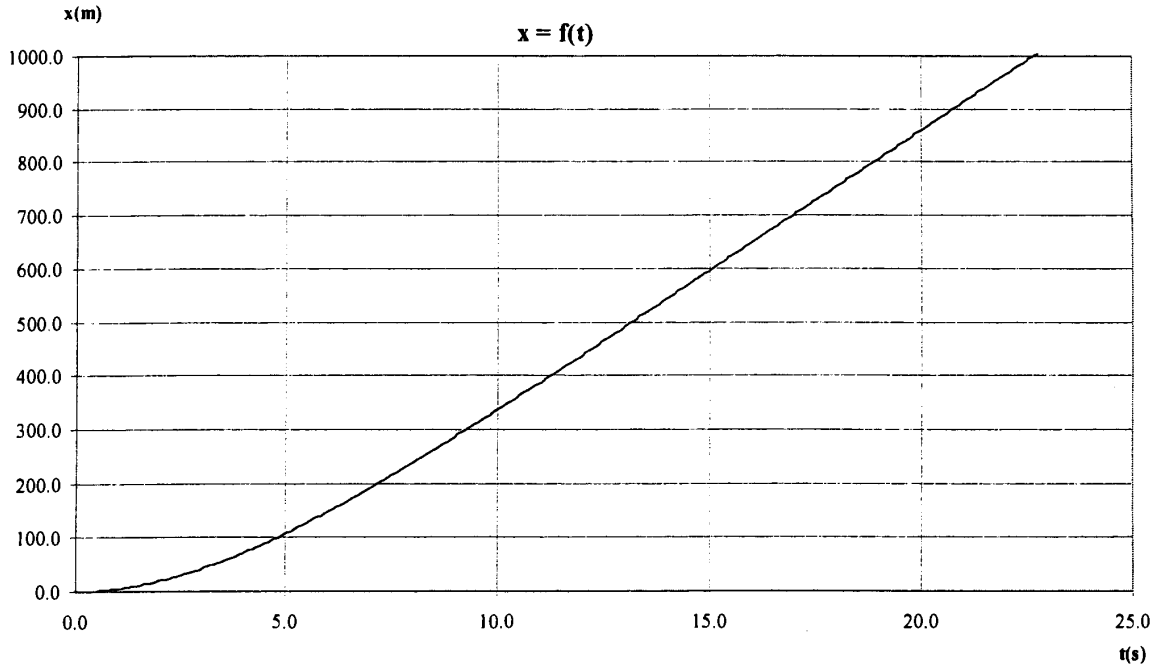


Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

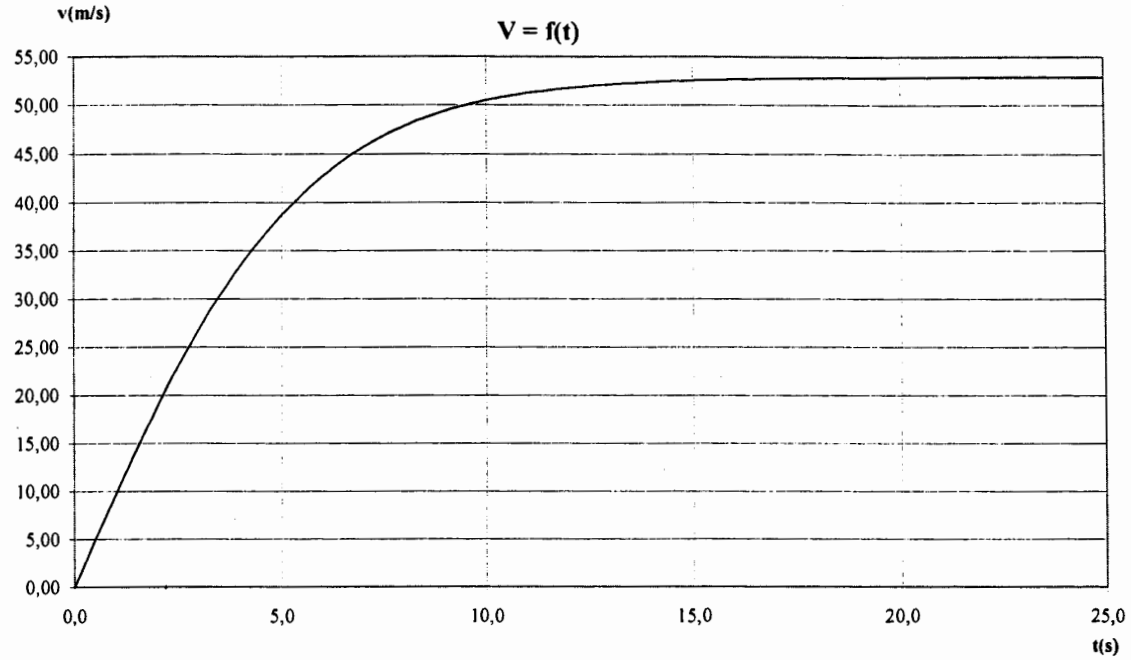
**ANNEXE 1** (à rendre avec la copie)




Page 8/10

## ANNEXE 2 (à rendre avec la copie)




## ANNEXE 3 (à rendre avec la copie)

**Tableau d'avancement de la transformation liée à la réaction d'estérification**

| Equation | R—COOH + R'—$CH_2OH$ = ester + $H_2O$ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Etat | Avancement (mol) | Quantités de matière (mol) | | | |
| | | R—COOH | R'—$CH_2OH$ | ester | $H_2O$ |
| Etat initial | x = 0 | 0,20 | 0,20 | 0 | 0 |
| Etat intermédiaire | x | | | | |
| Etat d'équilibre | $x = x_{eq}$ | | | | |

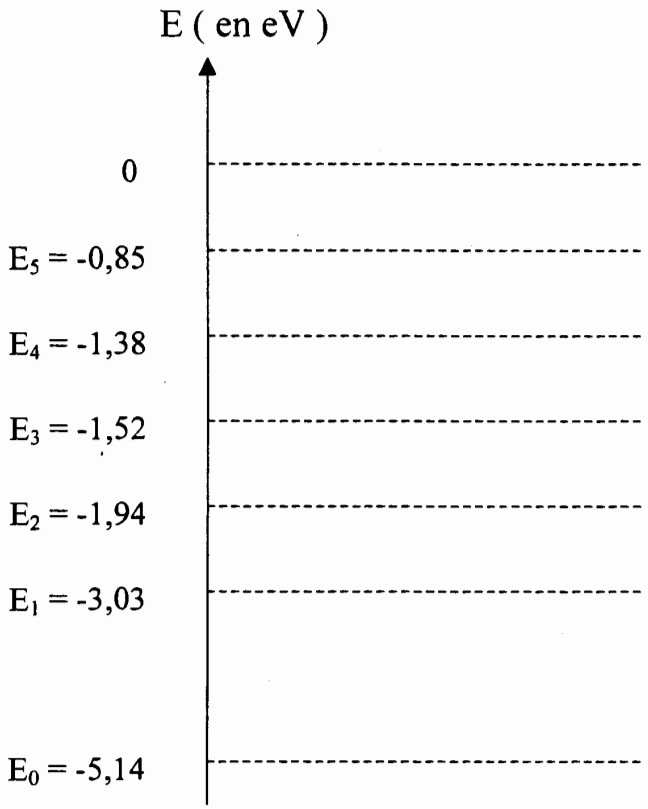


Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

**ANNEXE 4**
**( à rendre avec la copie )**

**Diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome de sodium**






Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer