# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

**SESSION**

## PHYSIQUE - CHIMIE

## Série S

## ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 8**

***L'usage des calculatrices EST autorisé.***

**Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.**

**Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, annexes comprises.**

**LES PAGES 9/11 – 10/11 et 11/11 SONT À RENDRE AGRAFÉES DANS LA COPIE.**

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

**Exercice 1 : GALILEO (5 points)**
**Exercice 2 : PHYSIQUE, CHIMIE ET STIMULATEUR CARDIAQUE (7 points)**
**Exercice 3 : DU JUS DE CITRON DANS LA CONFITURE (4 points)**

## EXERCICE 1 : GALILEO (5 points)

DOCUMENT

*Connaître sa position exacte dans l'espace et dans le temps, autant d'informations qu'il sera nécessaire d'obtenir de plus en plus fréquemment avec une grande fiabilité. Dans quelques années, ce sera possible avec le système de radionavigation par satellite GALILEO, initiative lancée par l'Union européenne et l'Agence spatiale européenne (ESA). Ce système mondial assurera une complémentarité avec le système actuel GPS (Global Positioning System).*
*GALILEO repose sur une constellation de trente satellites et des stations terrestres permettant de fournir des informations concernant leur positionnement à des usagers de nombreux secteurs ( transport, services sociaux , justice, etc...).*
*Le premier satellite du programme, Giove-A, a été lancé le 28 décembre 2005.*

*D'après le site* http://www.cnes.fr/

DONNÉES :

- *Constante de gravitation* : $G = 6{,}67\times10^{-11}\ m^3.kg^{-1}.s^{-2}$
- *La Terre est supposée sphérique et homogène, On appelle* O *son centre, sa masse* $M_T = 5{,}98\times10^{24}$ kg *et son rayon* $R_T = 6{,}38\times10^{3}$ km.
- *Le satellite Giove-A est assimilé à un point matériel* G *de masse* $m_{sat}$ = 700 kg. *Il est supposé soumis à la seule interaction gravitationnelle due à la Terre, et il décrit de façon uniforme un cercle de centre* O, *à l'altitude* $h = 23{,}6\times10^{3}$ km.

### I – Mouvement du satellite Giove-A autour de la Terre

1 – a - Sans souci d'échelle, faire un schéma représentant la Terre, le satellite sur sa trajectoire et la force exercée par la Terre sur le satellite.

2 – b - En utilisant les notations du texte, donner l'expression vectorielle de cette force. On notera $\vec{u}$ le vecteur unitaire dirigé de O vers G.

2 – a - Dans quel référentiel le mouvement du satellite est-il décrit ?

b - Quelle hypothèse concernant ce référentiel faut-il faire pour appliquer la seconde loi de Newton ?

c - En appliquant la seconde loi de Newton au satellite, déterminer l'expression du vecteur-accélération $\vec{a}$ du point G.

3 – a - Donner les caractéristiques du vecteur-accélération $\vec{a}$ d'un point matériel ayant un mouvement circulaire uniforme.

b - Montrer alors que la vitesse v du satellite est telle que :

$$v^2 = G\frac{M_T}{R} \quad \text{avec} \quad R = R_T + h$$

4 – a – Définir la période de révolution T du satellite.
Donner son expression en fonction de G, $M_T$ et R.
b – Calculer la période T.

## II – Comparaison avec d'autres satellites terrestres

*Il existe actuellement deux systèmes de positionnement par satellites : le système américain* GPS *et le système russe* GLONASS.
*Le tableau fourni sur l'**ANNEXE N°1 À RENDRE AVEC LA COPIE**, rassemble les périodes* T *et les rayons* R *des trajectoires des satellites correspondants, ainsi que les données relatives aux satellites de type Météosat.*
*Ces données permettent de tracer la courbe donnant* $T^2$ *en fonction de* $R^3$.

1 – a – Compléter la ligne du tableau relative au satellite Giove-A (GALILEO).
b – Placer le point correspondant dans le système d'axes proposés sur l'annexe n°1 et tracer la courbe donnant $T^2$ en fonction de $R^3$.

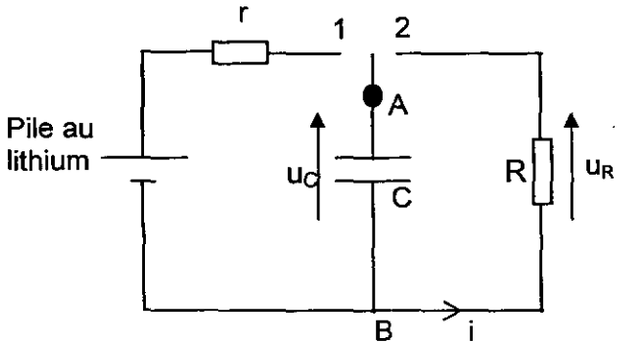
2 – a – Que peut-on déduire du tracé précédent ? Justifier.
b – Montrer que le résultat de la question I-4-a est conforme au tracé obtenu.
c – Comment nomme-t-on la loi ainsi mise en évidence ?

## EXERCICE 2 : PHYSIQUE, CHIMIE ET STIMULATEUR CARDIAQUE (7 points)

DOCUMENT :

*Un stimulateur cardiaque est un dispositif hautement perfectionné et très miniaturisé, relié au cœur humain par des électrodes (appelées les sondes). Le stimulateur est actionné grâce à une pile intégrée, généralement au lithium ; il génère de petites impulsions électriques de basse tension qui forcent le cœur à battre à un rythme régulier et suffisamment rapide. Il comporte donc deux parties : le boîtier, source des impulsions électriques, et les sondes, qui conduisent le courant.*

*Le générateur d'impulsions du stimulateur cardiaque peut être modélisé par le circuit représenté ci-dessous :*



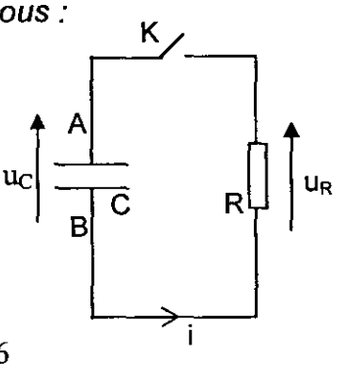

*La valeur de r est très faible, de telle sorte que le condensateur se charge très rapidement lorsque l'interrupteur (en réalité un dispositif électronique) est en position 1. Lorsque la charge est terminée, l'interrupteur bascule en position 2. Le condensateur se décharge lentement dans la résistance R, de valeur élevée.*
*Quand la tension aux bornes de R atteint une valeur donnée ($e^{-1}$ fois sa valeur initiale, avec ln(e) = 1), le boîtier envoie au cœur une impulsion électrique par l'intermédiaire des sondes. L'interrupteur bascule simultanément en position 1 et la recharge du condensateur se fait quasiment instantanément à travers r. Le processus recommence.*

*D'après Physique, Terminale S, Ed. Bréal*

Les parties I et II sont indépendantes.

### I – Étude du générateur d'impulsions

*Pour déterminer la valeur de la résistance R, on insère le condensateur préalablement chargé sous la tension E dans le circuit schématisé ci-dessous :*




*La valeur de la capacité C du condensateur utilisé est : C = 0,40 µF*

*On enregistre alors l'évolution de la tension $u_C$ aux bornes du condensateur. La courbe obtenue est fournie sur l'**ANNEXE N°2 À RENDRE AVEC LA COPIE**.*

1 – Exploitation de la courbe

a – Déterminer graphiquement la valeur de la tension E.

b – Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps $\tau$ correspondant à la décharge du condensateur, en justifiant brièvement.

2 – Détermination de R

a – En respectant les notations du schéma ci-dessus, donner :
- la relation liant l'intensité du courant i et la charge q de l'une des armatures du condensateur, que l'on précisera ;
- la relation liant $u_R$ et i.

b – En déduire que la tension $u_C$ aux bornes du condensateur vérifie l'équation différentielle :

$$\frac{du_c}{dt} + \frac{1}{RC}u_c = 0$$

c – Montrer que cette équation différentielle admet une solution de la forme :

$$u_C(t) = A\exp(-\frac{t}{\tau})$$

Donner les expressions de A et $\tau$ en fonction de E, C et R.

d – En utilisant la valeur de $\tau$ déterminée à la question 1-b, calculer la valeur de R.

3 – Les impulsions

*On admet pour la suite que, tant que le condensateur se décharge, l'évolution de $u_R$ en fonction du temps est donnée par :*

$$u_R(t) = 5{,}6\exp(-\frac{t}{0{,}80})$$

*On rappelle qu'une impulsion électrique est envoyée au cœur lorsque la tension aux bornes de R atteint $e^{-1}$ fois sa valeur initiale.*

a – Calculer la valeur de $u_R$ qui déclenche l'envoi d'une impulsion vers le cœur.

b – À quelle date après le début de la décharge du condensateur, cette valeur est-elle atteinte ?

c – Que se passe-t-il après cette date ? Représenter l'allure de l'évolution de $u_R$ au cours du temps lors de la génération des impulsions. Préciser les valeurs remarquables.

d – Déterminer la fréquence des impulsions de tension ainsi générées. On exprimera le résultat en hertz, puis en impulsions par minute. Vérifier que le résultat est bien compatible avec une fréquence cardiaque normale.

## II – Étude d'une pile au lithium

*Les différents types de piles au lithium ont tous en commun une électrode de lithium et un électrolyte constitué d'un solvant organique contenant entre autres des ions lithium* $Li^+$. *L'équation de la réaction qui se produit à cette électrode est :* $Li = Li^+ + e^-$.

*DONNÉES :* *Masse molaire du lithium* : 6,9 $g.mol^{-1}$
*Valeur du Faraday* : $9{,}65 \times 10^4$ C

### 1 – Fonctionnement de la pile

Pour chacune des affirmations suivantes, répondre par VRAI ou FAUX en justifiant rapidement votre choix.

a – L'électrode de lithium est le pôle négatif de la pile.
b – Lors de son fonctionnement, la pile constitue un système chimique en équilibre.
c – Lors du fonctionnement de la pile, le quotient Qr de la réaction qui se produit est inférieur à la constante d'équilibre K correspondante.
d – La pile est usée lorsque tous les ions $Li^+$ ont été consommés.

### 2 – Quantité maximale d'électricité fournie par la pile

a – Montrer par analyse dimensionnelle qu'une quantité d'électricité peut s'exprimer en ampère.heure (A.h) et justifier l'égalité : 1 A.h = 3600 C.
b – Calculer en C, puis en A.h, la quantité d'électricité que pourrait fournir une pile contenant 1,0 g de lithium.

### 3 – Intérêt du lithium

*Le tableau suivant rassemble les « capacités massiques de stockage » de plusieurs éléments entrant dans la composition de différents types de piles. Cette « capacité massique » est la quantité maximale d'électricité que peut débiter la pile par kg d'élément constituant. Elle peut s'exprimer en* $A.h.kg^{-1}$.

| Élément | Cadmium | Zinc | Argent | Lithium |
|---|---|---|---|---|
| Capacité massique ($A.h.kg^{-1}$) | 480 | 500 | 820 | 3880 |

a – Pour une même intensité de courant électrique débité, comment évolue la durée de fonctionnement de la pile en fonction de sa « capacité massique » ?
b – Pourquoi utilise-t-on des piles au lithium pour alimenter les stimulateurs cardiaques ?

## EXERCICE 3 : DU JUS DE CITRON DANS LA CONFITURE (4 points)

DOCUMENT 1 :

*« Une confiture doit être prise ; les fruits, cuits avec du sucre et parfois du citron, formant une pâte suffisamment épaisse.*
*C'est la pectine des fruits, longue chaîne moléculaire de la famille des glucides, qui est la principale responsable de cette prise. Lors de la cuisson de la confiture, les fruits se disloquent, libérant la pectine qui passe dans le jus sucré. En refroidissant, les molécules de pectine forment un réseau en s'accrochant les unes aux autres par des liaisons appelées liaisons hydrogène. Celles-ci se font entre des fonctions dites acides et alcooliques qui jalonnent la molécule de pectine, fonctions qui doivent rester libres et intactes pour ne pas entraver la formation de ce réseau. Or l'eau, qui se lie volontiers à ces fonctions, risque de prendre la place. Ainsi du sucre qui capte l'eau en excès est ajouté. De plus, du jus de citron évite que les fonctions acides de la pectine ne se dissocient .»*

*Extrait du site : http://www.espace-sciences.org*

DOCUMENT 2 :

*« Ajouté à un kilo de fruits, le jus d'un petit citron suffira à donner l'acidité nécessaire pour que la pectine réagisse. (...) Le jus de citron permet en outre d'éviter l'oxydation des fruits quand on les coupe et de leur conserver une belle couleur, notamment les fruits jaunes qui changent très facilement de teinte. »*

*Extrait de : Larousse des confitures , Ed Larousse*

DONNÉES :

- *La pectine est une longue molécule comportant des groupements acide* -COOH *et alcool. On la notera simplement en ne mettant en évidence qu'un groupement acide :* RCOOH.
- *Le jus de citron contient entre autres acides, de l'acide citrique (à la concentration d'environ* 0,40 $mol.L^{-1}$*) et de l'acide ascorbique, à une concentration moindre.*
- *L'acide ascorbique, ou vitamine C,* ($C_6H_8O_6$) *peut donner lieu à la demi-équation électronique suivante :*

$$C_6H_8O_6 = C_6H_6O_6 + 2\,H^+ + 2\,e^-$$

Les parties I, II et III sont indépendantes.

### I – Formation du gel

1 – *Le groupe d'atomes caractéristiques de la fonction acide est* -COOH.
Quel est le groupe d'atomes caractéristiques de la fonction alcool ?

2 – a – *L'eau se « lie volontiers à ces fonctions. »* Écrire l'équation de la réaction de la pectine (RCOOH) avec l'eau.

b – Le pKa du couple $RCOOH/RCOO^-$ est égal à 3,2. Placer sans justifier sur un axe de pH les domaines de prédominance des formes acide et basique de la pectine.

c – Utiliser le diagramme précédent pour commenter la phrase : « *le jus d'un petit citron suffira à donner l'acidité nécessaire pour que la pectine réagisse.* »

## II – Conservation des fruits

1 – À partir des documents proposés, pourquoi peut-on dire que l'acide ascorbique est un anti-oxydant ?

2 – Quel autre mot peut-on utiliser plutôt que « anti-oxydant » à propos de l'acide ascorbique ? Justifier.

## III - Teneur en acide ascorbique d'un jus de citron

*Un petit citron permet d'obtenir* 6,2 mL *de jus filtré. Ce jus est introduit dans une fiole jaugée de* 100,0 mL *que l'on complète avec de l'eau déminéralisée. On obtient* 100,0 mL *de solution* S.
*On prélève alors un volume* $V_1$ = 20,0 mL *de solution* S *que l'on introduit dans un erlenmeyer. On ajoute un volume* $V_2$ = 20,0 mL *de solution de diiode de concentration* $C_2 = 2{,}00 \times 10^{-3}$ mol.L$^{-1}$.
*La couleur initiale brune du mélange réactionnel s'éclaircit peu à peu, mais ne disparaît pas.*
*L'équation de la réaction totale qui se produit est :*

$$C_6H_8O_6 + I_2 = C_6H_6O_6 + 2\,I^- + 2\,H^+ \quad (1)$$

1 – a – Que peut-on déduire de l'observation de l'évolution de la couleur du mélange réactionnel ?

b – Quel est l'inconvénient rencontré si on utilise la réaction (1) pour doser l'acide ascorbique ?

*L'excès de diiode est alors titré par une solution de thiosulfate de sodium de concentration* $C_3 = 5{,}00 \times 10^{-3}$ mol.L$^{-1}$, *en présence d'empois d'amidon. Il faut ajouter* $V_3$ = 14,5 mL *de solution de thiosulfate de sodium pour obtenir la décoloration complète du milieu réactionnel.*
*L'équation de la réaction qui se produit est :*

$$2\,S_2O_3^{2-} + I_2 = S_4O_6^{2-} + 2\,I^- \quad (2)$$

2 – En utilisant le tableau d'avancement n°1 fourni dans l'**ANNEXE N°3 À RENDRE AVEC LA COPIE**, déterminer la quantité n de diiode ayant réagi avec les ions thiosulfate.

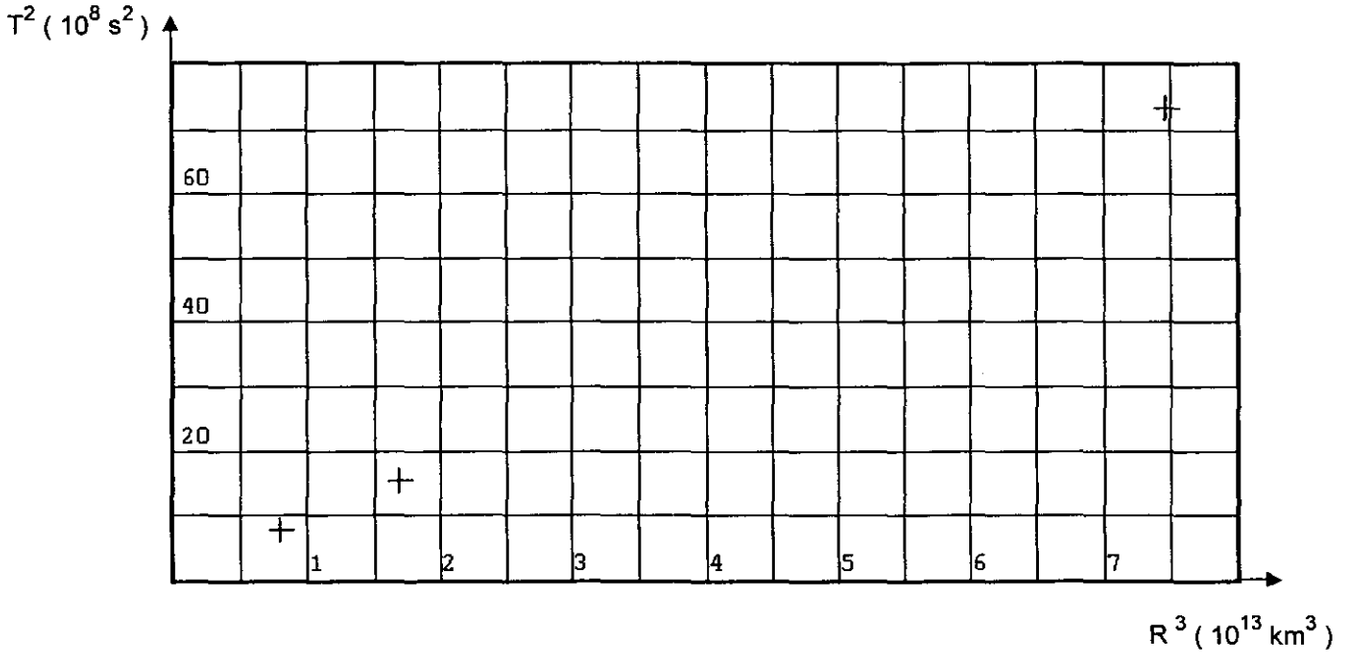
3 – Compléter les cases du tableau d'avancement n°2 fourni dans l'annexe n°3, repérées par le signe * pour déterminer la quantité $n_1$ d'acide ascorbique initialement présente dans l'erlenmeyer. Justifier les calculs sur la copie.

4 – Calculer la concentration de l'acide ascorbique dans le jus de citron testé.

## ANNEXE N°1 (Exercice I) À RENDRE AVEC LA COPIE

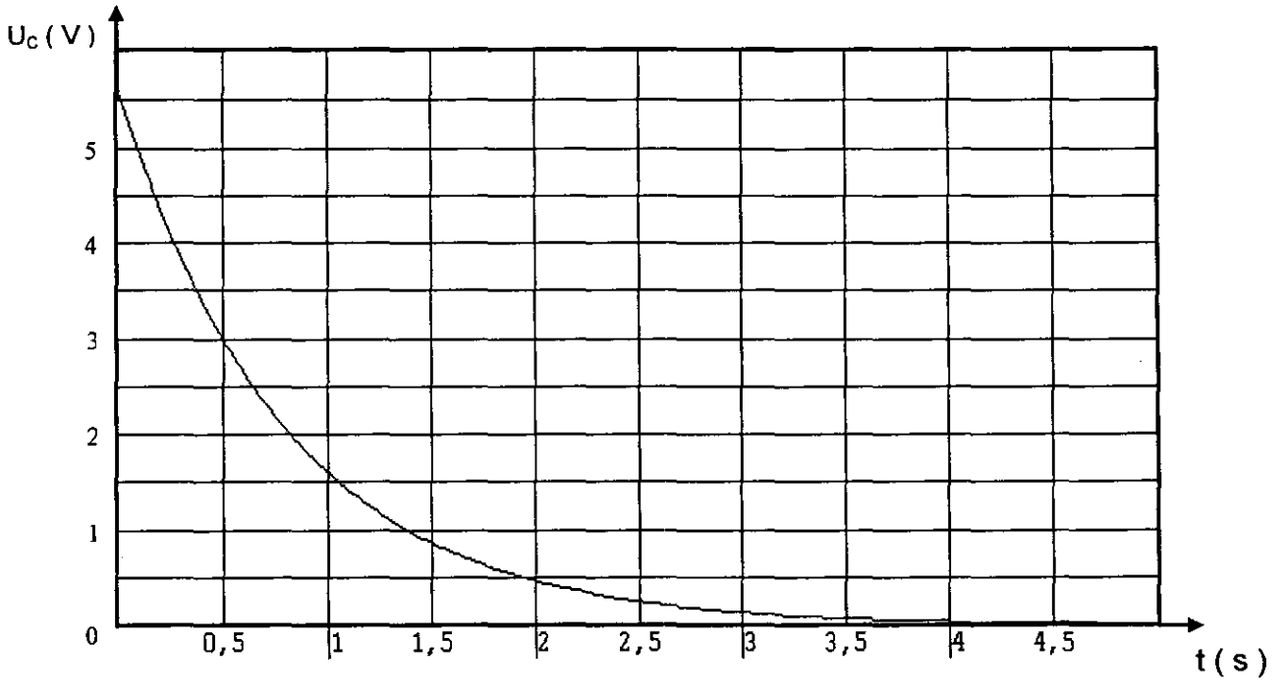
| Satellite | Rayon de la trajectoire R ( km ) | Période de révolution T (s) | $R^3$ ( $km^3$ ) | $T^2$ ( $s^2$ ) |
|---|---|---|---|---|
| GPS | $20,2\times10^3$ | $2,88\times10^4$ | $8,24\times10^{12}$ | $8,29\times10^8$ |
| GLONASS | $25,5\times10^3$ | $4,02\times10^4$ | $1,66\times10^{13}$ | $1,62\times10^9$ |
| GALILEO | | | | |
| METEOSAT | $42,1\times10^3$ | $8,58\times10^4$ | $7,46\times10^{13}$ | $7,36\times10^9$ |

COURBE DONNANT $T^2$ EN FONCTION DE $R^3$ :



## ANNEXE N°2 (Exercice II) À RENDRE AVEC LA COPIE

Évolution de la tension $u_C$ aux bornes de C en fonction du temps :



## ANNEXE N°3 (Exercice III) À RENDRE AVEC LA COPIE

Tableau d'avancement n°1

| Équation chimique | | $2\ S_2O_3^{2-}$ + $I_2$ = $S_4O_6^{2-}$ + $2\ I^-$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| État du système | Avancement (mol) | Quantités de matière (mol) | | | |
| État initial | X = 0 | | | | |
| État intermédiaire | X | | | | |
| À l'équivalence | $X_E$ | | | | |

Tableau d'avancement n°2

| Équation chimique | | $C_6H_8O_6$ + $I_2$ = $C_6H_6O_6$ + $2\ I^-$ + $2\ H^+$ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| État du système | Avancement (mol) | Quantités de matière (mol) | | | | |
| État initial | X = 0 | * | * | | | |
| État intermédiaire | X | * | * | | | |
| État final | $X_f$ | * | * | | | |