BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2009

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **3 h 30** – COEFFICIENT : **6**

obligatoire

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12, y compris celle-ci et les annexes.

Les feuilles d'annexes (pages 8 à 12) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE même si elles n'ont pas été complétées.

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

I. Le parfum de pomme (6,5 points)
II. Observation des satellites de Neptune par la sonde Voyager 2 (5,5 points)
III. Autour d'un texte de Brahic (4 points)

EXERCICE I : LE PARFUM DE POMME (6,5 points)

Les arômes alimentaires font intervenir de nombreux composés chimiques naturels ou synthétiques. À titre d'exemple, le butanoate d'éthyle a l'odeur de l'ananas, le butanoate d'isoamyle a celle de la poire,...

© Encyclopaedia Universalis (extrait)

L'objet de cet exercice est d'étudier la réaction conduisant au butanoate de méthyle qui a un parfum de pomme.

Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

1. Étude théorique

1.1. Sur la figure 1 de l'**ANNEXE page 8 à rendre avec la copie**, entourer puis nommer la fonction chimique présente dans cette molécule.

1.2. *Le butanoate de méthyle est obtenu en faisant réagir deux espèces chimiques A et B. Le réactif B est un acide carboxylique.* Quelle est la famille organique du réactif *A* ?

1.3. Donner les formules semi-développées ainsi que les noms des réactifs *A* et *B*.

1.4. En déduire l'équation de la réaction chimique modélisant cette synthèse.

1.5. Quel est le nom de cette synthèse chimique ?

2. Étude cinétique

Dans cette partie, l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique étudiée sera écrite sous la forme :

$$A(\ell) + B(\ell) = C(\ell) + H_2O(\ell)$$

où C est le butanoate de méthyle.

2.1. *À l'instant initial, on mélange une quantité $n_{0,A}$ = 1,0 mol du réactif A avec une quantité $n_{0,B}$ = 1,0 mol de réactif B. Le milieu réactionnel est maintenu à une température constante de 25°C.*

2.1.1. En utilisant les notations imposées par l'énoncé, compléter le tableau d'avancement 1 de l'**ANNEXE page 8 à rendre avec la copie**.

2.1.2. Établir la relation entre la quantité de matière n_C de butanoate de méthyle et la quantité de matière d'acide carboxylique n_B, toutes deux prises dans un état intermédiaire quelconque et la quantité de matière d'acide carboxylique $n_{0,B}$ introduite initialement.

2.1.3. À l'aide de la relation précédente, compléter le tableau 2 de **l'ANNEXE page 8 à rendre avec la copie** en calculant la quantité de matière n_C de butanoate de méthyle formé pour différentes valeurs de l'avancement.

2.1.4. *Les mesures expérimentales ont permis de déterminer les quantités de matière d'acide carboxylique et de butanoate de méthyle présentes au cours de la synthèse.*
À l'aide du graphique de la figure 2 de l'**ANNEXE page 9 à rendre avec la copie**, identifier, en justifiant, la courbe représentant l'évolution de la quantité de matière d'acide carboxylique au cours du temps et la courbe représentant l'évolution de la quantité de matière de butanoate de méthyle.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

2.2. Donner l'expression du taux d'avancement final de la réaction étudiée, puis calculer sa valeur numérique.

2.3. *La vitesse volumique v de la réaction est donnée par la relation suivante :* $v = \frac{1}{V_{tot}} \frac{dx}{dt}$,

V_{tot} étant le volume du mélange réactionnel et x l'avancement de la réaction.

2.3.1. Établir l'expression de v en fonction de V_{tot} et n_C.

2.3.2. À l'aide de l'une des deux courbes de la figure 2 de **l'ANNEXE page 9 à rendre avec la copie**, expliquer comment évolue cette vitesse volumique au cours du temps. Justifier la réponse.

2.4. Définir puis déterminer la valeur du temps de demi-réaction $t_{1/2}$ à l'aide de l'une des courbes données en figure 2 de **l'ANNEXE page 9 à rendre avec la copie.**

2.5. À la température ambiante, la réaction précédente peut durer plusieurs mois, durée rendant cette synthèse inintéressante pour une application industrielle.

2.5.1. Sans changer la nature des réactifs, proposer une méthode pour écourter la durée de cette synthèse.

2.5.2. Sur la figure 2 de **l'ANNEXE page 9 à rendre avec la copie**, tracer à la main l'allure en fonction du temps de la courbe de la quantité de matière n_C de butanoate de méthyle qui sera alors obtenue.

3. Dosage de l'acide carboxylique

Dans cette partie, l'acide carboxylique sera noté AH.
À la fin de la réaction, on désire connaître la quantité d'acide carboxylique restant dans le milieu réactionnel.
Pour cela, on prélève un volume V de la solution qui correspond à un dixième du volume total. On notera $n_0(AH)$ la quantité de matière d'acide carboxylique contenue dans ce prélèvement. La solution titrante est une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $Na^+(aq) + HO^-(aq)$ de concentration $C_b = 2{,}0$ mol.L^{-1}. Les ions $Na^+(aq)$ sont spectateurs.
Le volume versé à l'équivalence pour doser l'acide carboxylique restant est de $V_E = 17{,}0$ mL.

3.1. Écrire l'équation de la réaction qui a lieu lors du dosage.

3.2. Définir la notion d'équivalence.

3.3. En respectant les notations imposées par l'énoncé, compléter le tableau d'avancement 3 correspondant à l'équivalence de l'**ANNEXE page 10 à rendre avec la copie.**

3.4. En déduire la quantité de matière d'acide carboxylique AH $n_0(AH)$ dosée.

3.5. En déduire la quantité de matière totale d'acide carboxylique AH restant dans le milieu réactionnel (avant le dosage) à la fin de la réaction.

3.6. Le résultat est-il compatible avec les données de la **courbe 2** ? Justifier la réponse.

3.7. *On désire rendre la réaction de synthèse totale.* Cocher dans le tableau 4 de l'**ANNEXE page 10 à rendre avec la copie** la ou les propositions le permettant.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE II : OBSERVATION DES SATELLITES DE NEPTUNE PAR LA SONDE VOYAGER 2 (5,5 points)

Neptune est le dernier et le plus lointain des mondes géants que la sonde Voyager 2 nous fit découvrir. Cette planète porte le nom du dieu romain de la mer. Les photographies de la planète, par leur couleur bleu sombre, justifient pleinement cette association avec la mer.
Voyager 2 survola Neptune et ses satellites les 24 et 25 août 1989.
Neptune possède plusieurs satellites : Triton et Néréide figurent parmi les satellites les mieux connus.
William Lassel a découvert Triton un mois après la découverte de la planète. C'est un satellite gros comme la Lune ; il mesure environ 4 200 km de diamètre. Il fait partie des plus gros satellites du système solaire après Ganymède, Titan et Callisto. L'orbite de Triton est circulaire autour du centre de Neptune.
Découvert en 1949, Néréide est au contraire assez petit (320 km de diamètre) et a une orbite très elliptique, la plus allongée de tous les satellites. Néréide met 360 jours pour boucler son orbite.
Voyager 2 a permis de localiser six nouveaux satellites entre Neptune et Triton.

D'après un article publié sur le site du Club Astro Antares.

Données :

Neptune : masse : $M_N = 1{,}025 \times 10^{26}$ kg

Triton : masse : $M_1 = 2{,}147 \times 10^{22}$ kg
rayon orbital : $R_1 = 3{,}547 \times 10^{5}$ km
période de révolution : $T_{rev} = 5{,}877$ jours solaires
période de rotation : $T_{rot} = 5{,}877$ jours solaires
vitesse orbitale : $v_0 = 4$ km.s^{-1}.

Néréide : demi-longueur du grand-axe : $a = 5513 \times 10^{3}$ km

Constante de gravitation : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ m^3.kg^{-1}.s^{-2}

1 jour solaire = 86 400 s.

Dans tout l'exercice, on considère que la planète Neptune et ses satellites sont des corps dont la répartition des masses est à symétrie sphérique. Les rayons ou les demi-grands-axes des orbites sont supposés grands devant les dimensions de Neptune ou de ses satellites.

1. Le mouvement des satellites

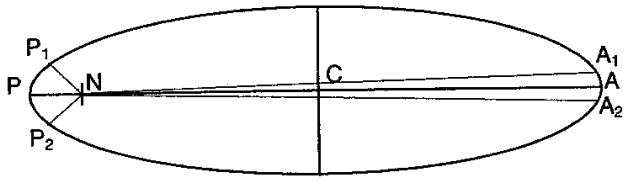
1.1. *D'après le texte, « Néréide est au contraire assez petit (320 km de diamètre) et a une orbite très elliptique »*. Choisir parmi les propositions suivantes le référentiel dans lequel est décrite cette orbite :
a. héliocentrique b. néreidocentrique c. neptunocentrique d. géocentrique

1.2. Énoncer les première et deuxième lois de Képler appliquées au cas étudié ici.

1.3. Placer sur la figure 1 donnée en **ANNEXE page 11 à rendre avec la copie**, la demi-longueur a du grand axe de Néréide.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

1.4. On considère les aires balayées par le segment reliant Neptune à Néréide pendant une même durée en différents points de l'orbite. Sur la figure ci-dessous, elles correspondent aux aires des surfaces formées par les points N, P_1 et P_2 autour du péricentre P d'une part et N, A_1 et A_2 autour de l'apocentre A d'autre part.



1.4.1. Quelle relation relie ces aires ?
1.4.2. Comparer alors les vitesses de Néréide aux points A et P.

1.5. On souhaite déterminer la période de révolution T_{ner} de Néréide.

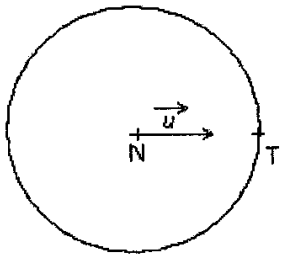
1.5.1. Énoncer la troisième loi de Képler.

1.5.2. Calculer la valeur de $\frac{T_{rev}^2}{R_1^3}$ en $m^2.s^{-3}$.

1.5.3. À l'aide des questions précédentes, en déduire la période de révolution T_{ner} de Néréide. Puis comparer à la valeur donnée dans le texte.

2. Le mouvement de Triton

L'orbite de Triton est circulaire. On appelle N le centre d'inertie de Neptune, T le centre d'inertie de Triton et $\vec{u}$ vecteur unitaire de direction (NT).



2.1. En utilisant les notations de l'énoncé et de la figure ci-dessus, donner l'expression vectorielle de la force gravitationnelle $\vec{F}$ exercée par Neptune sur son satellite Triton et calculer sa valeur numérique.

2.2. Le mouvement de Triton étant uniforme, en appliquant la deuxième loi de Newton établir l'expression littérale de sa vitesse V sur son orbite en fonction des grandeurs M_N, R_1 et G.

2.3. Calculer cette vitesse V et la comparer à celle donnée dans l'énoncé.

2.4. Montrer que la période de révolution de Triton T_{rev} peut s'exprimer en fonction de M_N, R_1 et G.

2.5. Calculer la valeur de T_{rev} et comparer à la valeur donnée par l'énoncé.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE III. AUTOUR D'UN TEXTE DE BRAHIC (4 points)

Voici un extrait du livre d'André Brahic « Lumières d'étoiles » :

La lumière blanche mélange toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. Comme on passe continûment d'une couleur à une autre en changeant graduellement de nuance, on dit que la lumière blanche possède un spectre continu. C'est le cas de la lumière émise par un corps chaud qui contient toutes les couleurs à des doses différentes. Plus la température est forte, plus la couleur dominante se déplace du micro-onde vers les X.
Mais les astronomes ont remarqué dès le XVIIIe siècle la présence de fines bandes noires dans la lumière solaire. Il manque des couleurs très précises et spécifiques, comme si elles ne nous étaient pas parvenues. Après quelques tâtonnements, ils ont compris que ces raies sombres trahissaient la présence d'éléments chimiques sur le trajet des rayons lumineux. Joseph von Fraunhofer fut le premier, en 1814, à observer ces disparitions de lumière et à les attribuer à un phénomène d'absorption par un gaz situé entre la source d'émission et l'observateur. […]
Pour résoudre ce problème, il faut faire appel à la nature ondulatoire de l'électron et ranger l'onde de chaque électron autour du noyau comme des livres sur les étagères d'une bibliothèque. Chaque étage correspond à une énergie spécifique pour laquelle l'électron est stable. Un livre ne peut pas être entre deux étagères, sinon il tombe, de même les électrons peuvent avoir certaines énergies bien définies, mais ils ne peuvent pas se trouver dans un état intermédiaire. Pour passer d'un niveau à un autre plus élevé, un électron absorbe un photon lumineux qui lui apporte l'énergie supplémentaire dont il a besoin pour «grimper» sur une autre étagère. Inversement, quand il «redescend », il rend cette énergie sous forme d'un photon. Dans cette bibliothèque particulièrement riche, chaque atome est unique et caractéristique. On peut donc à distance reconnaître la présence d'un atome aux couleurs des photons qu'il émet ou absorbe lorsque ses électrons changent d'« étagère ».

Données :

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 2{,}997.10^{8}$ m.s^{-1}

Constante de Planck : $h = 6{,}62.10^{-34}$ J.s

1 eV = $1{,}6.10^{-19}$ J

1. D'après le texte : « Plus la température est forte, plus la couleur dominante se déplace du micro-onde vers les X ».

1.1. Donner les valeurs limites des longueurs d'onde dans le vide du spectre visible en précisant les couleurs concernées.

1.2. Quelle est la relation entre la longueur d'onde dans le vide d'une radiation monochromatique et sa fréquence ? On précisera les unités.

1.3. On donne les fréquences des micro-ondes et des rayons X :

$\nu_{micro\text{-}ondes} = 3{,}0.10^{14}$ Hz $\qquad$ $\nu_{X} = 3{,}0.10^{18}$ Hz

Calculer alors l'ordre de grandeur des longueurs d'onde correspondantes dans le vide.

1.4. Indiquer en justifiant laquelle de ces deux radiations est la plus énergétique.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

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

2. D'après le texte : « Joseph von Fraunhofer fut le premier, en 1814, à observer ces disparitions de lumière ».
Voici un extrait du spectre qu'il a observé, où l'on peut observer des raies noires sur un fond coloré continu, nommées A, B, C, D, E, F1, F2, G, H et I.

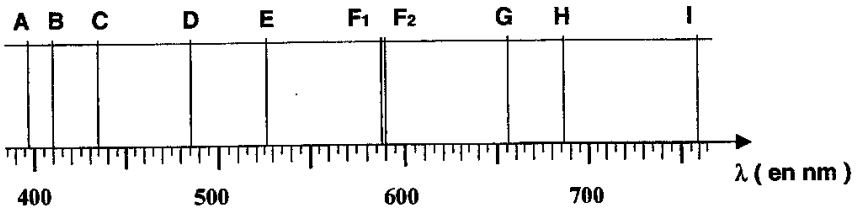


figure 1

2.1. Les raies observées ci-dessus sont-elles des raies d'émission ou d'absorption ?

2.2. *On donne des longueurs d'onde d'émission de quelques éléments.*

Élément chimique	*Longueur d'onde λ en nm de certaines raies caractéristiques*					
Hydrogène H	*410,1*	*434,0*	*486,1*	*656,3*		
Hélium He	*447,2*	*471,3*	*492,2*	*501,6*	*587,6*	*667,8*
Sodium Na	*589,0*	*589,6*				

Quels sont les éléments que l'on peut retrouver dans les couches superficielles du Soleil ? Justifier la réponse.

3. *D'après le texte : « Chaque étage correspond à une énergie spécifique pour laquelle l'électron est stable. Un livre ne peut pas être entre deux étagères, sinon il tombe, de même les électrons peuvent avoir certaines énergies bien définies, mais ils ne peuvent pas se trouver dans un état intermédiaire. »*
Quelle propriété de l'énergie d'un atome est évoquée dans cette partie du texte ?

4. On donne le diagramme de niveaux d'énergie de l'hydrogène en **ANNEXE page 12 à rendre avec la copie**. On rappelle que l'état fondamental d'un atome correspond à l'état dans lequel il possède le moins d'énergie.

4.1. Quel est le niveau d'énergie de l'état fondamental de l'atome d'hydrogène ?

4.2. Calculer la variation d'énergie lorsque l'atome d'hydrogène passe de $E_1 = -0{,}37$ eV à $E_2 = -3{,}39$ eV.

4.3. Convertir en Joule la variation d'énergie calculée dans la question 4.2.

4.4. Sur le diagramme de **l'ANNEXE page 12 à rendre avec la copie**, représenter cette transition par une flèche

4.5. Calculer la fréquence du photon correspondant à cette variation d'énergie.

4.6. Ce photon est-il libéré ou absorbé par l'atome d'hydrogène ?

4.7. Donner le nom de la radiation du spectre de la figure n°1 correspondant à cette transition.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

ANNEXE DE L'EXERCICE I : LE PARFUM DE POMME

1. Étude théorique

Question 1.1.

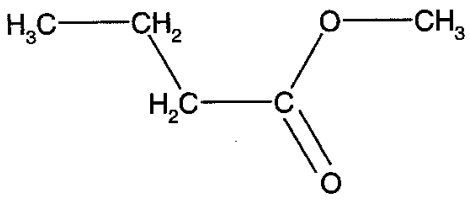


Figure 1 : formule semi-développée du butanoate de méthyle

2. Étude cinétique

Question 2.1.1.

Équation de la réaction		$A(\ell)$ + $B(\ell)$ = $C(\ell)$ + $H_2O(\ell)$			
État	Avancement (en mol)	Quantités de matière (en mol)			
État initial	x = 0	$n_{0,A}$	$n_{0,B}$	0	0
État intermédiaire	x				
État final	x_f				

Tableau d'avancement 1

2. Étude cinétique

Question 2.1.3.

Quantité de matière de butanoate de méthyle formé pour différentes valeurs de l'avancement

n_B (mol)	0,60	0,50	0,40
n_C (mol)			

Tableau 2

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

ANNEXE DE L'EXERCICE I : LE PARFUM DE POMME

2. Étude cinétique

Question 2.1.4., question 2.3.2., question 2.4. et question 2.5.2.

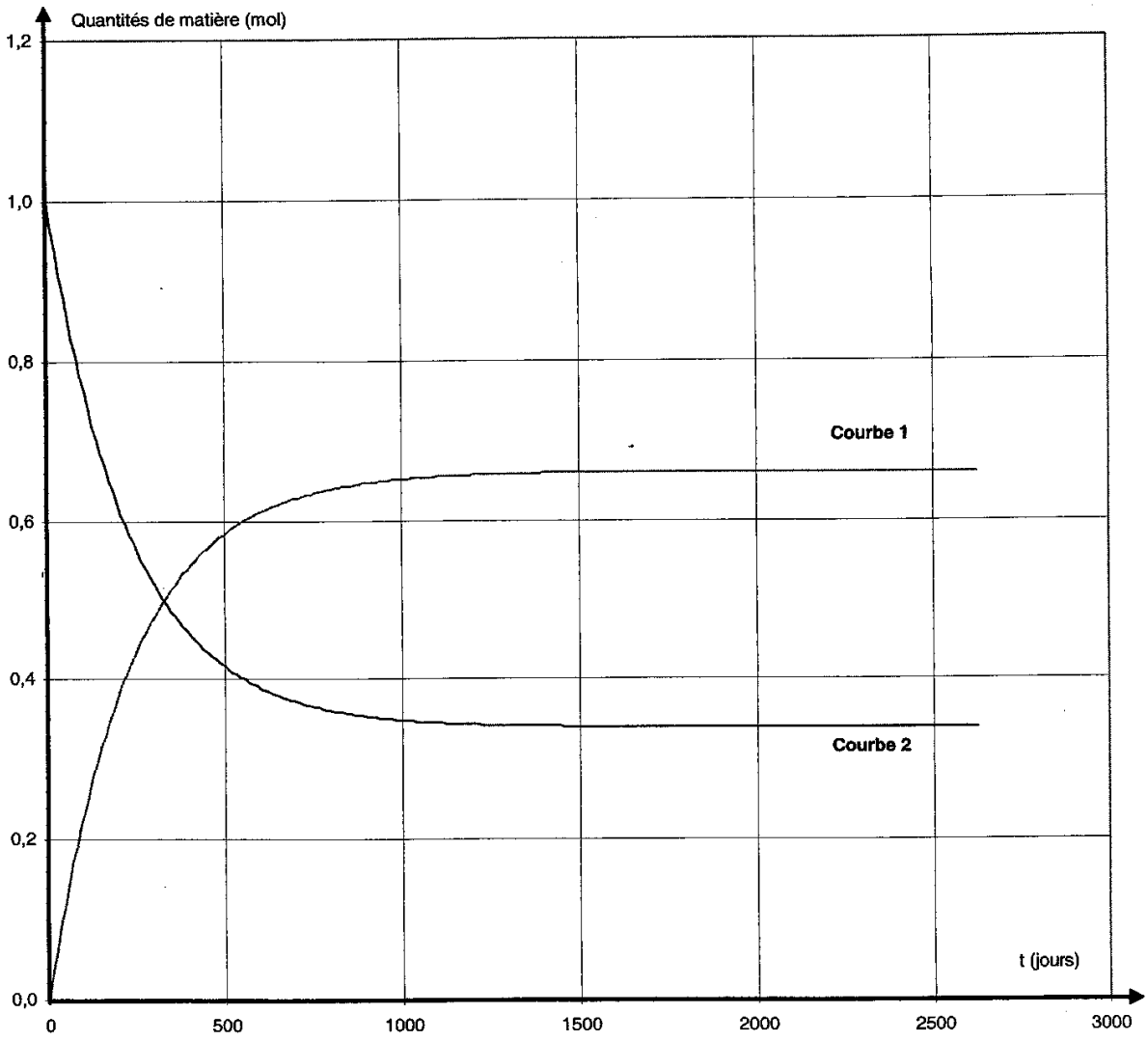


Figure 2 : graphique représentant l'évolution des quantités de matière d'acide carboxylique *B* et de butanoate de méthyle *C* au cours du temps

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

ANNEXE DE L'EXERCICE I : LE PARFUM DE POMME

3. Dosage de l'acide carboxylique

Question 3.3.

Équation de la réaction					
État	Avancement (en mol)	Quantités de matière (en mol)			
État initial	x = 0				
État intermédiaire	x				
État maximal	x_{max}				

Tableau d'avancement 3

Question 3.7.

Cocher la ou les cases correspondant aux bonnes réponses possibles :

Pour rendre la synthèse totale, on peut :	Case à cocher
- augmenter la température du milieu réactionnel	
- remplacer le réactif A par de la soude	
- remplacer le réactif B par un anhydride d'acide	
- utiliser 3,0 mol de A et 3,0 mol de B	

Tableau 4

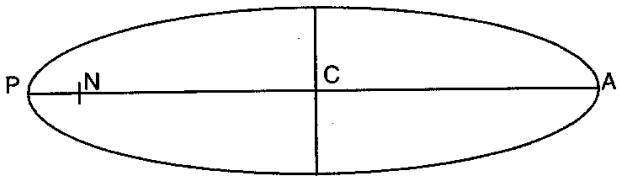
Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

ANNEXE DE L'EXERCICE II : OBSERVATION DES SATELLITES DE NEPTUNE PAR LA SONDE VOYAGER 2

1. Le mouvement des satellites

Question 1.3. et question 1.4.2.



N : centre de Neptune

C : centre de l'ellipse

P : Péricentre de Néréide

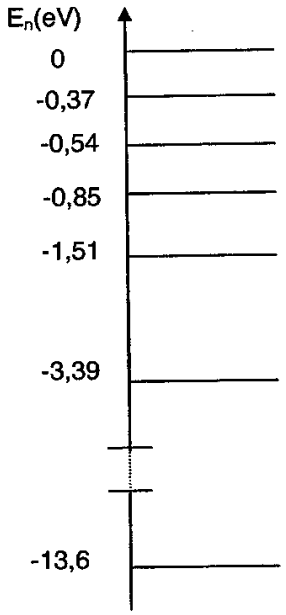
A : Apocentre de Néréide

Figure 1 : Schéma simple et légendé de l'orbite de Néréide

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

ANNEXE DE L'EXERCICE III : AUTOUR D'UN TEXTE DE BRAHIC



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer