BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

ÉPREUVE : **PHYSIQUE-CHIMIE – Série S**

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

ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE

L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISÉ

Ce sujet comporte trois exercices de PHYSIQUE-CHIMIE présentés sur 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11 y compris celle-ci.

Les pages annexes 9/11, 10/11 et 11/11 sont à rendre avec la copie après avoir été complétées.

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

EXERCICE I	:	UN BIOCARBURANT : LE DIESTER	6,5 points
EXERCICE II	:	AU SOLEIL D'ITER	5,5 points
EXERCICE III	:	ÉTUDE DE QUELQUES ÉNERGIES RENOUVELABLES	4 points

EXERCICE I : UN BIOCARBURANT : LE DIESTER *(6,5 points)*

*« **Diester** est la **contraction** des mots **Diesel et ester**. Il est produit à partir de l'huile de colza, résultant de la trituration des graines de ce végétal. L'huile […] subit une transestérification par action du méthanol ; cette transformation peut être schématisée de la façon suivante : le trilinoléate de glycéryle de l'huile réagit avec le méthanol, il se forme du Diester et du glycérol.*
Les caractéristiques du Diester (qui est en fait un monoester méthylique) sont très proches de celles du gazole, de sorte qu'il peut être utilisé dans les voitures de tourisme mélangé au gazole à hauteur de 5% et jusqu'à 50% dans des moteurs plus puissants.
L'ester d'huile de colza (ou Diester) est plus respectueux de l'environnement que le gazole seul, puisqu'il émet sensiblement moins de fumée et ne contient pratiquement pas de soufre.
Le dioxyde de carbone rejeté lors de la combustion des biocarburants correspond à la quantité absorbée lors de la croissance des végétaux. Il n'augmente donc pas l'effet de serre. De plus, la présence d'oxygène dans les molécules de biocarburant améliore leur combustion et diminue le nombre des particules dues aux hydrocarbures imbrûlés, ainsi que le monoxyde de carbone.
Cependant, une utilisation irraisonnée d'engrais entraînant une pollution des sols et des eaux peut contrebalancer le bilan écologique positif lié à la combustion des biocarburants.
Mais le principal obstacle à sa généralisation est son coût qui ne peut le rendre compétitif sans subvention. »

D'après document p. 257 du livre scolaire NATHAN collection Tomasino TS chimie et site Web : www.hespul.orga/biocarburant.html.

Données :

	Méthanol	Trilinoléate de glycéryle (huile de colza)	Diester
Formule brute	CH_4O	$C_{57}H_{98}O_6$	$C_{19}H_{34}O_2$
Formule semi-développée	CH_3-OH	$H_2C(-O-CO-C_{17}H_{31})-HC(-O-CO-C_{17}H_{31})-H_2C-O-CO-C_{17}H_{31}$	$C_{17}H_{31}-C(=O)-O-CH_3$
Masse volumique à 25°C en $g.cm^{-3}$	0,79	0,82	0,89
Masse molaire en $g.mol^{-1}$	32	878	294

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

1. Le Diester, un ester utilisé comme carburant

On admettra que l'huile de colza est constituée uniquement de trilinoléate de glycéryle, ce dernier étant le triester du glycérol et de l'acide linoléique.

La transformation industrielle du trilinoléate de glycéryle en Diester est réalisée en le faisant réagir, à chaud et en présence d'ions hydroxyde (qui catalysent la réaction) avec du méthanol. On peut modéliser cette transformation **totale** par l'équation de réaction :

$$C_{57}H_{98}O_6 + 3\ CH_3OH = C_3H_8O_3 + 3\ C_{19}H_{34}O_2$$

trilinoléate de glycéryle — méthanol — glycérol — Diester

1.1. Entourer et nommer sur **l'annexe page 9 à rendre avec la copie** les fonctions caractéristiques de la molécule de trilinoléate de glycéryle.

1.2. On veut synthétiser le Diester à partir d'un litre d'huile de colza en respectant les proportions stoechiométriques indiquées par l'équation.

1.2.1 Déterminer la quantité de matière de trilinoléate de glycéryle contenue dans un litre d'huile de colza.

1.2.2 Compléter le tableau descriptif de l'avancement de la transformation sur **l'annexe page 9 à rendre avec la copie**.

1.2.3 En déduire :

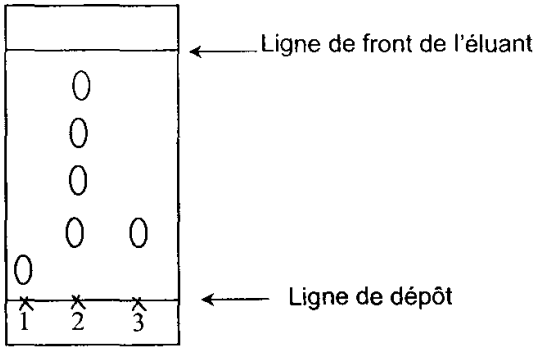
- La quantité de matière puis le volume de méthanol à utiliser.
- La masse de Diester obtenue.

2. Étude d'un gazole

2.1 Chromatographie du gazole

Pour vérifier la présence de Diester introduit dans un gazole, on réalise une chromatographie sur couche mince en utilisant un éluant approprié. Après révélation, on obtient le chromatogramme suivant :

Dépôts : 1 : trilinoléate de glycéryle
2 : gazole prélevé dans le réservoir
3 : Diester



Quelles conclusions peut-on tirer de ce chromatogramme ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

2.2. Détermination de la teneur en Diester du gazole.

Pour déterminer la teneur en biocarburant du gazole, on réalise dans un premier temps la saponification du Diester.
On prélève une masse m = 1,00 g de gazole que l'on introduit dans un ballon. On ajoute alors un volume v = 20,0 mL d'éthanol et un volume v_b = 25,0 mL de solution d'hydroxyde de potassium ($K^+ + HO^-$) de concentration molaire $c_b = 1{,}00 \times 10^{-1}$ mol.L^{-1}. Dans ces proportions, l'hydroxyde de potassium est en excès. On adapte sur le ballon un réfrigérant et on porte le mélange à ébullition douce sous agitation et sous la hotte pendant une heure.

Remarque 1 : L'éthanol sert à homogénéiser le mélange, favorisant ainsi les contacts entre les réactifs.
Remarque 2 : On admettra que les transformations se produisant en présence d'éthanol gardent les mêmes propriétés qu'en solution aqueuse.

2.2.1 Donner l'équation de la réaction de saponification se produisant entre le Diester et les ions hydroxyde.

2.2.2 Quelles sont les caractéristiques de cette transformation ?

2.2.3 Calculer la quantité initiale, notée $n(HO^-)_i$, en ions hydroxyde introduite.

Dans un deuxième temps, on dose les ions hydroxyde présents dans le ballon à la fin du chauffage par de l'acide chlorhydrique ($H_3O^+ + Cl^-$) de concentration en soluté apporté $c_a = 1{,}00 \times 10^{-1}$ mol.L^{-1}. L'indicateur coloré utilisé est de la phénolphtaléine et on observe son changement de couleur pour un volume d'acide versé v_{aE} = 14,8 mL.

2.2.4 Donner l'équation de la réaction support du titrage.

2.2.5 Définir l'équivalence d'un titrage.

2.2.6 Déterminer alors la quantité de matière, notée $n(HO^-)_r$, d'ions hydroxyde restants dans le ballon à la fin du chauffage et dosée par l'acide chlorhydrique. (On pourra ou non s'aider d'un tableau d'avancement).

2.2.7 La quantité notée $n(HO^-)_c$, en ions hydroxyde consommés par la réaction de saponification est donnée par la relation : $n(HO^-)_c = n(HO^-)_i - n(HO^-)_r$.
Calculer $n(HO^-)_c$.

2.2.8 En raisonnant à partir de l'équation proposée à la question 2.2.1, déterminer alors la quantité de matière de Diester présente dans le prélèvement de gazole.

2.2.9 En déduire :
- La masse de Diester contenue dans le prélèvement.
- La teneur (ou pourcentage massique) en Diester de ce gazole.

3. Citer les avantages et les inconvénients de ce biocarburant.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE II : AU SOLEIL D'ITER
(International Thermonuclear Experimental Reactor)
5,5 points

D'où peut bien provenir l'énergie du Soleil ?

C'est seulement en 1920 que le voile est levé, par les Britanniques Francis William ASTON et Arthur EDDINGTON : les noyaux d'atomes d'hydrogène, le principal constituant solaire, se transforment en hélium en fusionnant. Une réaction qui libère une énergie faramineuse.

L'objectif du projet ITER est de démontrer la possibilité scientifique et technologique de la production d'énergie par la fusion des atomes.
La fusion contrôlée représente un défi scientifique et technologique majeur qui pourrait répondre au problème crucial de disposer, à plus ou moins long terme, de nouvelles ressources énergétiques. A côté de l'énergie de fission, l'énergie de fusion représente l'espoir d'avoir une source d'énergie propre et abondante au cours du XXIe siècle. A l'heure où la raréfaction des énergies fossiles est prévue d'ici 50 ans, il est d'une importance vitale d'explorer le potentiel de toutes les autres sources d'énergie.

1. Etude de la réaction de fusion

*Le concept solaire de production d'énergie est basé sur une réaction dont la probabilité de se réaliser est extrêmement faible sur notre planète. Mais l'idée reste bonne ! Il "suffit" de remplacer l'hydrogène par des noyaux qui ont un maximum de chance de fusionner sur Terre, en l'occurrence, ceux de **deutérium** et de **tritium**, deux isotopes de l'hydrogène [...] en les chauffant à des températures très élevées, de l'ordre de 100 millions de degrés. »*
C'est donc sur cette réaction que se concentrent les recherches concernant la fusion contrôlée.

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$$

Données :

	deutérium	tritium	hélium	neutron
Symbole	$^{2}_{1}H$	$^{3}_{1}H$	$^{4}_{2}He$	$^{1}_{0}n$
Masse du noyau en u	2,01355	3,01550	4,00150	1,00866

1u = 1,66054 × 10^{-27} kg.
1 MeV = 1,602 × 10^{-13}J.
célérité de la lumière dans le vide : c = 2,998 × 10^{8} m.s^{-1}.
N_A = 6,023 ×10^{23} mol^{-1}.

1.1 Calculer la variation de masse au cours de la réaction de fusion d'un noyau de deutérium et d'un noyau de tritium. Donner sa valeur en kilogramme et commenter son signe.

1.2 Déterminer l'énergie produite par cette réaction de fusion, donner le résultat en MeV.

1.3 Vérifier que le nombre de noyaux présents dans 1,0 g de noyaux de deuterium est 3,0 x 10^{23} noyaux.

1.4 Vérifier qu'il en est de même dans 1,5 g de noyaux de tritium.

1.5 En déduire l'énergie, en MeV puis en Joule, que l'on pourrait espérer obtenir si on réalisait la réaction de fusion de 1,0 g de noyaux de deutérium avec 1,5 g de noyaux de tritium dans le réacteur ITER.

1.6. La tonne d'équivalent pétrole (tep) est une unité d'énergie utilisée dans l'industrie et en économie. Elle sert à comparer les énergies obtenues à partir de sources différentes.
1 tep représente 4,2 × 10^{10}J, c'est-à-dire l'énergie libérée en moyenne par la combustion d'une tonne de pétrole.

1.6.1 Calculer, en tep, l'énergie libérée par la fusion de 1,0 g de deutérium et de 1,5 g de tritium.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

1.6.2. Sachant que dans une centrale nucléaire classique, la fission d'1,0 g d'uranium libère une énergie de 1,8 tep, expliquer en quoi ITER est un progrès et un espoir pour la production d'énergie.

2. Quelques précisions sur le tritium :

Le deutérium est naturellement présent sur Terre alors que le tritium lui, est très rare. Il est donc obtenu à partir du lithium $^{6}_{3}Li$ très abondant dans la croûte terrestre et les océans.

Pour ce faire, un échantillon de lithium $^{6}_{3}Li$ est bombardé par des neutrons, il se forme de l'hélium $^{4}_{2}He$ et du tritium $^{3}_{1}H$.

2.1. Écrire l'équation de cette réaction nucléaire.

2.2. Le tritium est radioactif β^-.
Écrire l'équation de la désintégration envisagée sachant qu'il se forme un isotope de l'hélium.

2.3 On veut étudier l'évolution au cours du temps du nombre de noyaux présents dans un échantillon de tritium. On sait que le nombre de désintégrations au cours du temps est proportionnel au nombre de noyaux présents : $\frac{\Delta N(t)}{\Delta t} = -\lambda N(t)$ (1)

où λ est la constante radioactive du tritium.
On prendra $\lambda = 5{,}65 \times 10^{-2}$ an^{-1} = $1{,}79 \times 10^{-9}$ s^{-1}.

La méthode d'Euler est une méthode numérique qui permet de calculer de façon approchée le nombre N de noyaux présents à différentes dates en utilisant la relation suivante :

$$N(t + \Delta t) = N(t) + \Delta N(t) \qquad (2)$$

2.3.1 En utilisant les relations (1) et (2), trouver l'expression de $N(t + \Delta t)$ en fonction de $N(t)$, λ et Δt. (Δt est le pas de résolution).

2.3.2 A l'instant initial, l'échantillon étudié contient $3{,}0 \times 10^{23}$ noyaux de tritium.
Compléter le tableau donné en **annexe page 10 à rendre avec la copie** en prenant Δt = 1 an. Détailler les calculs sur la copie.

2.3.3. La méthode d'Euler donne le graphique lissé fourni en **annexe page 10 à rendre avec la copie**.

2.3.3.1. A partir de la valeur de la constante radioactive λ, calculer la valeur du temps de demi-vie $t_{1/2}$.

2.3.3.2. Retrouver la valeur du temps de demi-vie à partir du graphe.

2.3.4. L'un des objectifs d'ITER est de maintenir les réactions de fusion dans son réacteur pendant au moins 1 000 secondes (soit 16 minutes 40 secondes).
En considérant toujours que l'échantillon initial contient $N_0 = 3{,}0 \times 10^{23}$ noyaux de tritium, calculer le nombre de noyaux de tritium qui se désintègrent naturellement en 1000 s, puis la masse de tritium correspondante.
Doit-on alors tenir compte de la désintégration naturelle du tritium ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE III : ETUDE DE QUELQUES ÉNERGIES RENOUVELABLES 4 points

Les énergies renouvelables constituent historiquement les premières sources d'énergies utilisées par les hommes. Au total, on peut compter six "types" d'énergies renouvelables : l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'énergie hydraulique, l'énergie géothermale, la biomasse et l'énergie des déchets. On s'intéressera en particulier dans cet exercice à l'énergie éolienne et à l'énergie hydraulique.

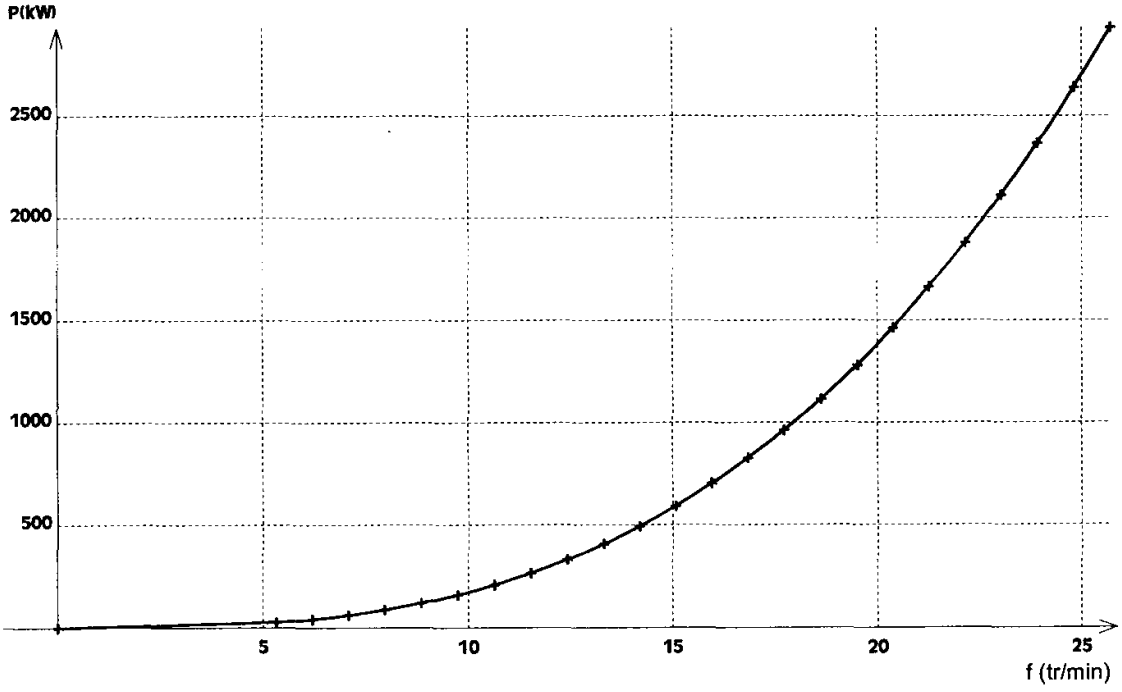
Partie I : L'énergie éolienne

L'énergie éolienne est l'énergie cinétique du vent que l'on transforme en énergie électrique.
On veut à partir de l'observation d'une grande éolienne de 70 m de diamètre, déterminer la puissance délivrée par celle-ci.

1. On filme l'éolienne, on numérise le film et à l'aide d'un logiciel adapté, on pointe la position M_i de l'extrémité d'une pale pour tous les intervalles de temps $\Delta t = 0{,}1$ s (**figure 1 de l'annexe page 11 à rendre avec la copie**).
   1.1. Quelle est la nature du mouvement du point M ? Justifier.
   1.2. Déterminer la valeur v_2 de la vitesse instantanée réelle au point M_2 .
   1.3. Construire le vecteur vitesse $\vec{v}_2$ sur la **figure 1 de l'annexe page 11 à rendre avec la copie**, à l'échelle 1cm pour 10 $m.s^{-1}$.
   1.4 Quelle est la durée d'un tour ?

2. En déduire la fréquence de rotation de la pale de l'éolienne, c'est-à-dire le nombre de tours effectués en une minute.

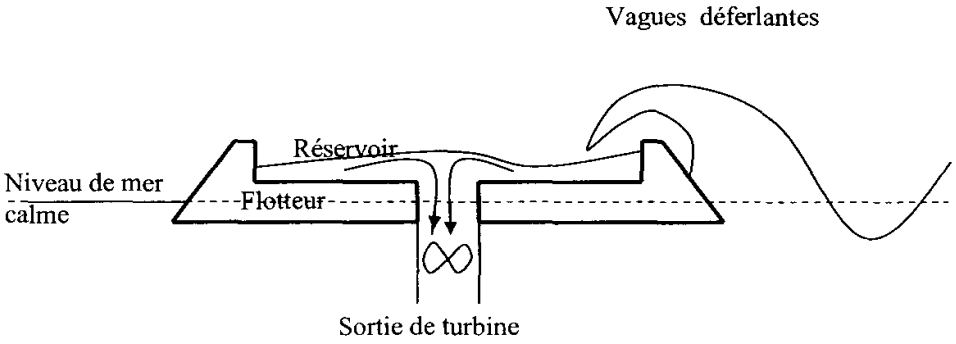
3. Le constructeur donne la courbe représentant la puissance P en fonction de la fréquence de rotation f de l'éolienne. Déterminer la puissance délivrée par cette éolienne dans les conditions de rotation décrites précédemment.



Partie II : L'énergie hydraulique

On va étudier un prototype d'usine houlomotrice. Une plateforme amarrée au fond et pesant 237 tonnes, récupère l'énergie produite par les vagues "déferlantes". Elle possède un réservoir central qui se remplit en brisant la houle. Ce réservoir se vide partiellement, à travers une conduite, dans une turbine qui génère de l'électricité. On peut ainsi espérer une puissance d'environ 7MW.

La figure ci-dessous montre un plan en coupe.



On modélise la houle par une onde transversale. Sur la figure 2 de **l'annexe page 11 à rendre avec la copie**, on a représenté à deux instants t = 0 s et t = 1,0 s, cette houle se propageant vers la droite.

1.1. Décrire qualitativement le mouvement du bout de bois représenté sur la figure 2.
1.2. Sur la figure 2 dessiner la position du bout de bois à t = 1,0 s.
1.3. Décrire en quelques lignes le principe de fonctionnement de cette usine houlomotrice. On pourra analyser les différents types d'énergie mis en jeu.

2.1. À l'aide de la figure 2 de la page 11, calculer la célérité v de l'onde.
2.2. Définir la longueur d'onde λ de la houle puis la déterminer à l'aide de la figure 2 de la page 11.
2.3. Définir la période T de l'onde puis calculer sa valeur.

3. Une série de mesures effectuées au large montre que le carré de la célérité est proportionnel à la longueur d'onde : $v^2 = a \times \lambda$.

3.1. Déterminer la dimension de a.
3.2. On propose les 2 relations suivantes :

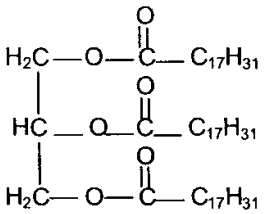
(1) $\boxed{v^2 = \frac{g}{2\Pi} \times \lambda}$ (2) $\boxed{v^2 = g \times \lambda}$

A l'aide des résultats de la question 2, déterminer la bonne relation entre v^2 et λ.
On prendra g = 9,8 $m.s^{-2}$.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 8 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE I : Annexe à rendre avec la copie

Question 1.1.1



Question 1.2.2.

Equation		$C_{57}H_{98}O_6$ + 3 CH_3OH = $C_3H_8O_3$ + 3 $C_{19}H_{34}O_2$			
	Avancement	Quantités de matière en moles			
État initial	x = 0				
État intermédiaire (mol)	x				
État final (mol)	x_{max}				

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

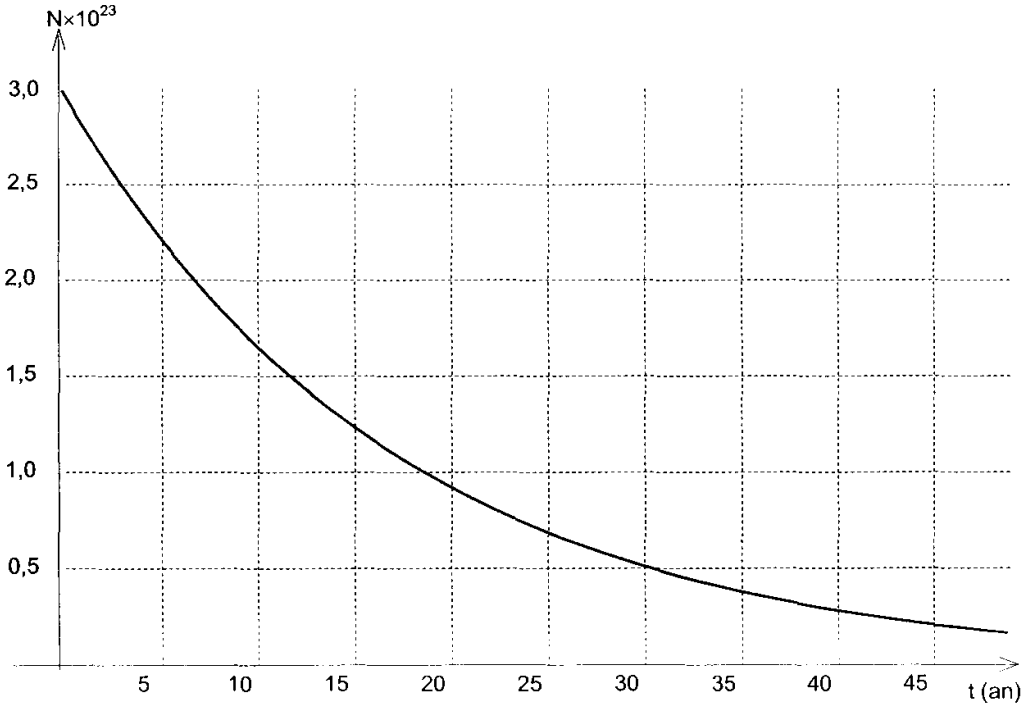
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE II : Annexe à rendre avec la copie

Question 2.3.2

Date t (an)	0	1	2
N	$3{,}0 \times 10^{23}$		

Question 2.3.3



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE III : Annexe à rendre avec la copie

Figure 1

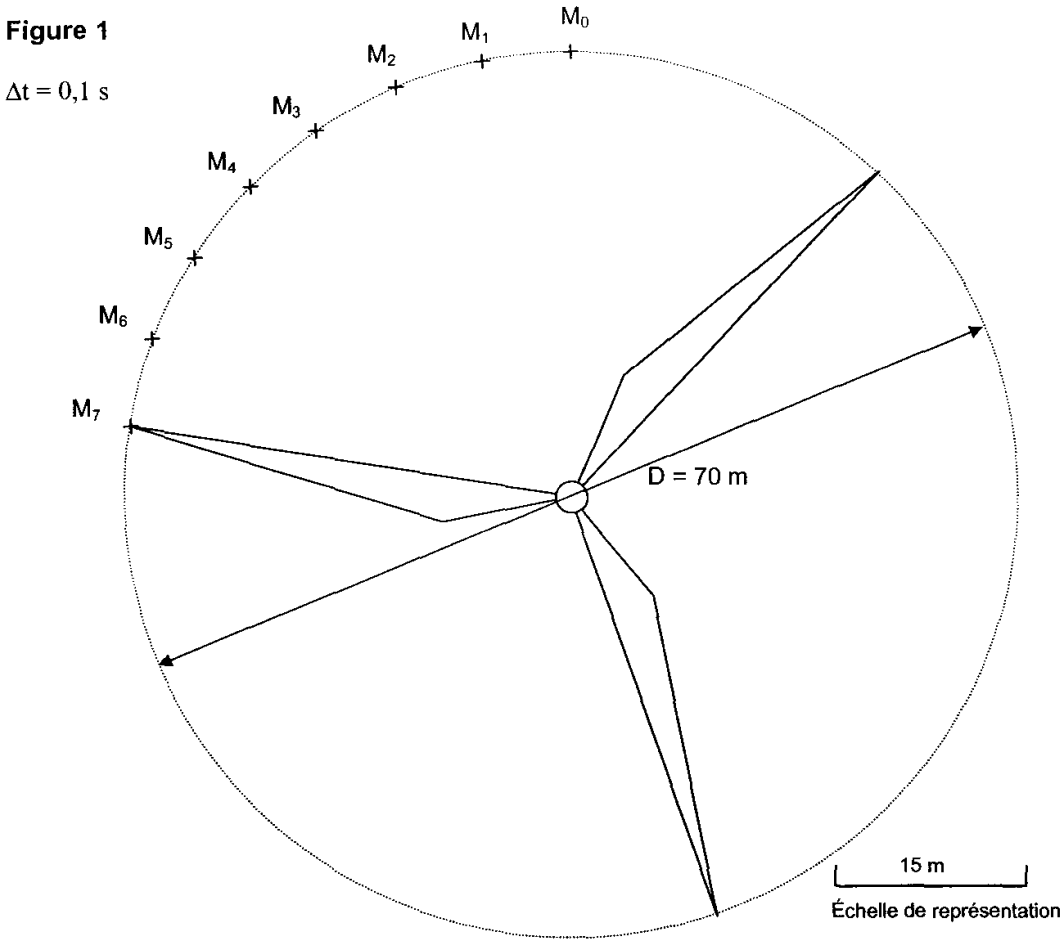
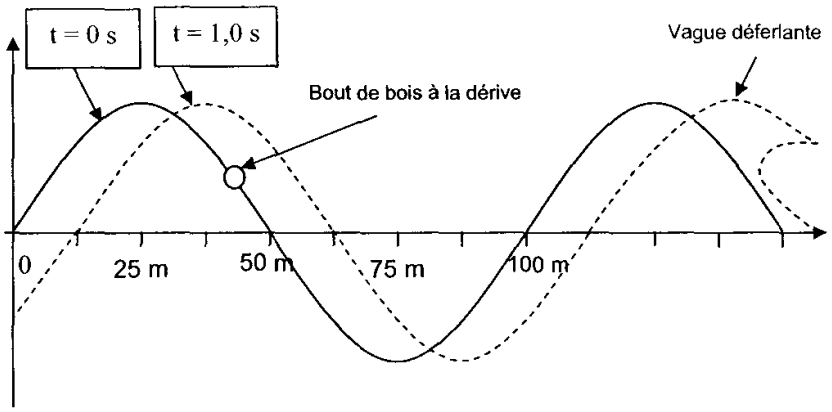


Figure 2



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer