

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2000

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3h30 – COEFFICIENT : 6



L'usage des calculatrices n'est pas autorisé
L'épreuve a été conçue pour être traitée sans calculatrice

Les données sont en italique

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

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

- I. Altération des huiles
- II. Décomposition d'une eau oxygénée
- III. Éphémérides
- IV. Suspension d'un véhicule

I. ALTÉRATION DES HUILES (4 points)

Les huiles utilisées comme liant en peinture par les artistes peintres sont des triglycérides. Ces triglycérides réagissent au cours du temps avec l'eau pour donner du glycérol et les acides gras correspondants.

Dans cet exercice, on se propose d'étudier l'altération au cours du temps d'une huile de lin et de caractériser son vieillissement par son indice d'acide noté I.A. La connaissance de cet indice permet de mieux préserver les tableaux réalisés à la peinture à l'huile.

Un triglycéride est un triester du glycérol ou propan-1,2,3-triol et d'un acide gras.

Un acide gras est un acide carboxylique, noté RCO_2H à longue chaîne carbonée notée R.

Les principaux acides gras constituant l'huile de lin étudiée ici sont l'acide oléique ($\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{CO}_2\text{H}$) et l'acide linoléique ($\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{CO}_2\text{H}$).

La potasse solide a pour formule KOH ; sa masse molaire vaut $M = 56 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$. Sa solution alcoolique contient notamment les ions potassium K^+ et hydroxyde HO^- .

1. Origine de la dégradation d'un triglycéride

- 1.1. Comment nomme-t-on la réaction entre un ester et l'eau ? Citer deux caractéristiques de cette réaction.
- 1.2. Écrire l'équation-bilan de la réaction d'un ester avec l'eau dans le cas général (on utilise des formules semi-développées).
- 1.3. Dans le cas général, écrire l'équation-bilan de la réaction d'un triglycéride avec l'eau quand elle produit du glycérol (on utilise les formules semi-développées). Les caractéristiques de cette réaction sont les mêmes que celles de la réaction précédente.

2. Détermination de l'indice d'acide d'une huile de lin partiellement dégradée

L'huile de lin partiellement dégradée contient donc une certaine quantité d'acides gras libres provenant de sa dégradation par l'eau.

On se propose de déterminer la quantité d'acide gras dans une vieille huile de lin.

Une solution est préparée en introduisant, dans un becher $m_1 = 10,0 \text{ g}$ d'huile dissoute dans de l'éthanol.

On dose à froid les acides gras libres, contenus dans cette solution, par une solution de potasse alcoolique de concentration $C_b = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, en présence de phénolphthaléine.

La réaction de dosage en solution alcoolique a les mêmes propriétés qu'en solution aqueuse.

Le volume de la solution de potasse nécessaire pour obtenir l'équivalence est $V_b = 15,2 \text{ mL}$.

On néglige les autres réactions qui pourraient avoir lieu dans le milieu.

- 2.1. Écrire l'équation-bilan de la réaction support du dosage d'un acide gras par l'ion hydroxyde.
- 2.2. Définir, en une phrase, l'équivalence acido-basique et exprimer la quantité (en mol) d'acide gras libre contenue dans $m_2 = 1,0 \text{ g}$ de cette huile.
- 2.3. L'indice d'acide noté I.A. d'une huile est la masse de potasse (exprimée en mg) nécessaire au dosage de tous les acides gras libres contenus dans $1,0 \text{ g}$ d'huile.
Calculer la valeur de cet indice.
- 2.4. Quel est le nom de la réaction qui peut avoir lieu entre un acide gras et l'éthanol ? Est-il légitime de négliger cette réaction pendant la durée du dosage ? Justifier la réponse.

II. DÉCOMPOSITION D'UNE EAU OXYGÉNÉE (5 points)

L'eau oxygénée ou solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène H_2O_2 est une espèce oxydante utilisée au laboratoire. Il s'agit aussi d'une espèce chimique utilisée dans la vie courante : décoloration des cheveux, désinfection des plaies.

Sa décomposition, qui produit un dégagement de dioxygène, est accélérée par certains facteurs comme l'exposition à la lumière, l'ion fer (II), l'ion fer (III), le platine...

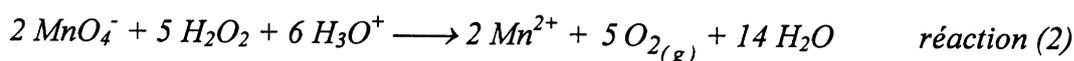
On se propose d'étudier la cinétique de la réaction de décomposition du peroxyde d'hydrogène réalisée en présence de l'ion fer (II).

L'équation-bilan de cette réaction est : $2 H_2O_2 \longrightarrow O_{2(g)} + 2 H_2O$ réaction (1)

On réalise le protocole expérimental suivant :

- On prépare huit bechers contenant chacun $V_0 = 10,0$ mL d'une solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène de concentration $[H_2O_2]_0 = 5,8 \times 10^{-2}$ mol.L⁻¹.
- On les place dans une enceinte thermostatée qui maintient la température à la valeur $\theta_1 = 20$ °C.
- À la date $t_0 = 0$ s, on ajoute dans chaque becher quelques gouttes d'une solution contenant des ions fer (II). Il se produit alors la réaction (1).
- À la date t , on prend un des huit bechers. On ajoute une grande quantité d'eau glacée dans celui-ci. On acidifie le contenu de ce becher en ajoutant quelques gouttes d'acide sulfurique concentré.
- À l'aide d'une solution aqueuse de permanganate de potassium fraîchement préparée, de concentration $C_{KMnO_4} = 1,0 \times 10^{-2}$ mol.L⁻¹, on dose le peroxyde d'hydrogène restant dans le becher. On note V le volume versé de solution aqueuse de permanganate de potassium pour obtenir l'équivalence d'oxydoréduction.

L'équation-bilan de la réaction de dosage est :



Données :

Espèce chimique	Couleur de l'espèce chimique en solution
Ion fer (II)	Vert
Ion fer (III)	Brun clair
Ion manganèse	Incolore
Ion permanganate	Violet

1. À propos du protocole

- 1.1. Quel est le rôle des ions fer (II) ?
- 1.2. Quelle verrerie utilise-t-on pour prélever 10,0 mL de solution de peroxyde d'hydrogène ? Justifier.
- 1.3. Quel est le rôle de l'ajout d'eau glacée ?
- 1.4. Faire un schéma légendé du montage utilisé pour doser la solution de peroxyde d'hydrogène par la solution de permanganate de potassium.
- 1.5. Quel changement de teinte observe-t-on dans le becher à l'équivalence ?

1.6. Préparation préalable de la solution de permanganate de potassium

Un élève doit préparer 200,0 mL de solution aqueuse de permanganate de potassium de concentration $C_{KMnO_4} = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ à partir d'une solution (notée S) de permanganate de potassium de concentration $C_S = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

Pour réaliser cette opération, il prélève 10,0 mL de solution S contenue dans un verre à pied, à l'aide d'une pipette jaugée. Il verse le prélèvement dans un becher et complète avec de l'eau distillée jusqu'à la graduation 200 mL.

Cet élève a commis deux erreurs. Lesquelles ? Comment les corriger ?

2. Étude de la réaction de décomposition de l'eau oxygénée à la température $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$

Sur le graphe page 5, on a représenté la concentration en peroxyde d'hydrogène restant en fonction du temps (courbe 1).

On mesure la vitesse instantanée volumique aux instants de dates $t_1 = 12 \text{ min}$ et $t_2 = 20 \text{ min}$. On trouve :

$$v_{H_2O_2} = 1,1 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{min}^{-1} \text{ et } v'_{H_2O_2} = 1,6 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}.$$

- 2.1. Définir la vitesse instantanée volumique de disparition du peroxyde d'hydrogène à une date t. Comment peut-on la déterminer graphiquement ?
- 2.2. Attribuer à chaque date la vitesse instantanée volumique qui lui correspond. Justifier.
- 2.3. Déterminer graphiquement le temps de demi-réaction τ_1 , durée nécessaire pour que la moitié du peroxyde d'hydrogène initialement présent ait disparu.

3. Étude de la réaction de décomposition de l'eau oxygénée à la température $\theta_2 = 40^\circ\text{C}$. Influence de la température.

On recommence les mêmes expériences que précédemment mais l'enceinte thermostatée est maintenue à la température $\theta_2 = 40^\circ\text{C}$. On obtient la courbe 2 (voir graphe page 5).

Déterminer graphiquement le nouveau temps de demi-réaction τ_2 . Comparer les valeurs de τ_1 et τ_2 . Interpréter.

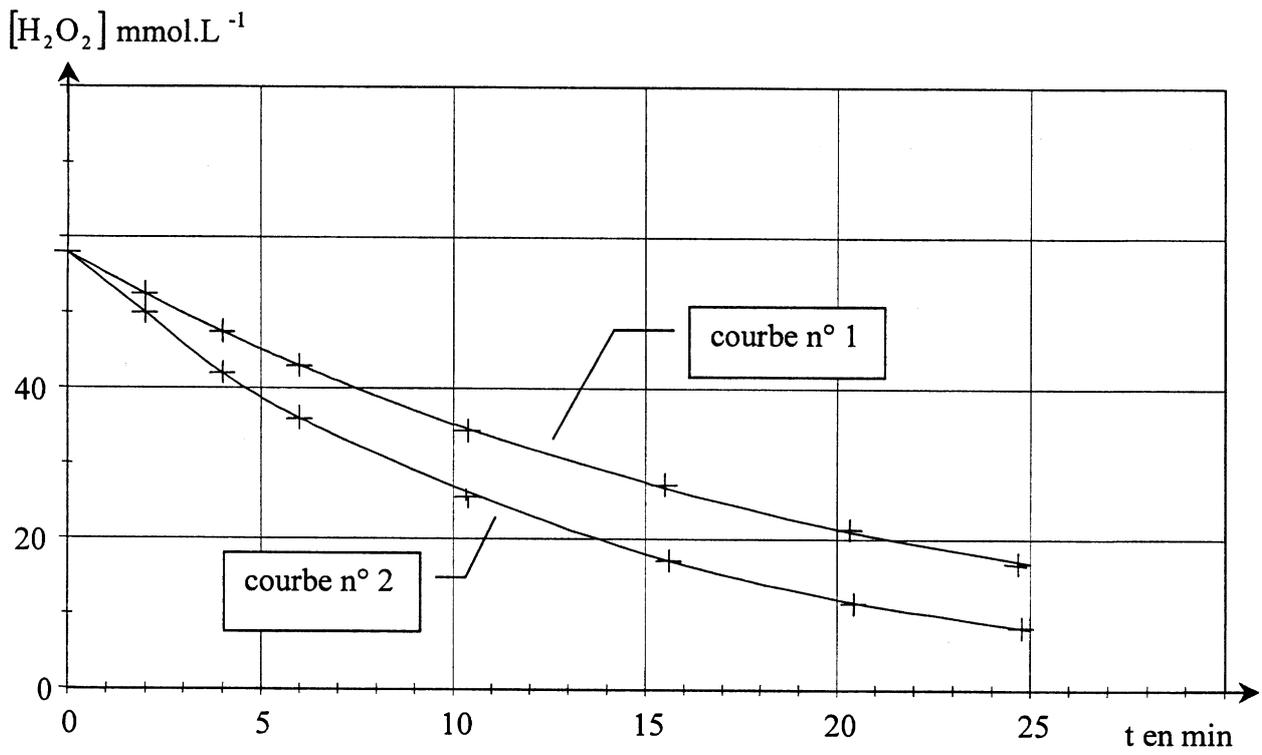
4. Expression de la concentration en $[H_2O_2]$ restant en fonction du temps

Pour tracer les courbes 1 et 2, on a dû calculer la concentration $[H_2O_2]$ en peroxyde d'hydrogène restant à chaque instant de date t.

Établir l'expression de la concentration $[H_2O_2]$ en peroxyde d'hydrogène restant à une date t en fonction de C_{KMnO_4} , V et V_0 .

À NE PAS rendre avec la copie

Évolution de la concentration en peroxyde d'hydrogène au cours du temps



III. ÉPHÉMÉRIDES (6 points)

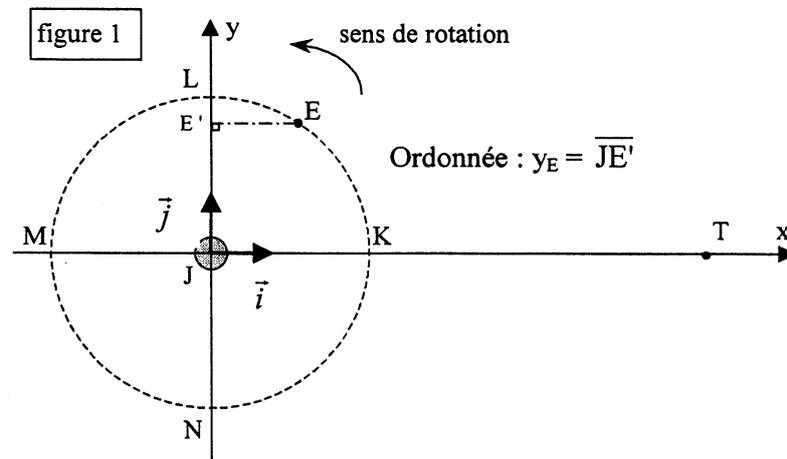
*Les deux parties sont INDÉPENDANTES.
Il est néanmoins conseillé de lire l'intégralité de l'énoncé*

Autour de la planète Jupiter gravitent des satellites naturels. Les quatre plus gros sont Io, Europe, Ganymède et Callisto.

Dans un référentiel centré sur Jupiter supposé galiléen, on considère que le centre de chacun des satellites est animé d'un mouvement circulaire uniforme autour du centre J de Jupiter. Sur la figure 1 (ci-dessous), on a représenté uniquement la trajectoire du centre d'inertie E d'Europe. Les trajectoires des autres satellites appartiennent sensiblement à ce même plan qui contient aussi le centre T de la Terre.

Une revue d'astronomie a publié les courbes donnant les variations, en fonction du temps, de l'ordonnée y de chacun des quatre satellites dans le repère orthonormé (J, \vec{i}, \vec{j}) lié au référentiel choisi.

Les courbes ou éphémérides obtenues entre le 21 avril 1997 à 00 h 00 et le 2 mai 1997 sont données en annexe 1 à rendre avec la copie (document 1 page 11).



Pendant la durée de l'observation, la Terre sera considérée comme immobile par rapport au référentiel choisi. On prend l'axe (J, \vec{i}) passant par le centre T de la Terre.

La distance TJ est très grande devant le rayon des trajectoires des satellites. La figure n'est pas à l'échelle.

1. Exploitation des courbes publiées par la revue

- 1.1. Sur la figure 1 ci-dessus, on a noté K, L, M et N les positions particulières d'Europe quand sa trajectoire coupe les axes Jx et Jy. Sur le document 1 fourni en annexe 1 (page 11) à rendre avec la copie, on a placé un point K' qui correspond à un passage du satellite Europe au point K de sa trajectoire. Placer sur le document 1, les points L', M' et N' qui correspondent respectivement aux passages successifs du satellite Europe par les points L, M et N.
- 1.2. Sur cette courbe $y_E = f(t)$, quel couple de points permet de déterminer la demi-période de révolution du satellite Europe. Donner sa période de révolution en jours.
- 1.3. De même, quel couple de points permet de déterminer le diamètre de la trajectoire du satellite Europe. Donner ce diamètre en km.
- 1.4. Identifier le satellite le plus proche de Jupiter puis le satellite ayant la plus grande période de révolution.

2. Détermination de la masse de Jupiter

On considère que chaque satellite de masse m n'est soumis qu'à la seule force gravitationnelle de la part de Jupiter de masse M et que les astres ont une répartition de masse à symétrie sphérique.

On note r le rayon de la trajectoire circulaire décrite par les satellites autour de Jupiter. r représente la distance entre le centre de Jupiter et le centre du satellite étudié.

2.1. Donner l'expression vectorielle de la force de gravitation $\vec{F}_{J/S}$ exercée par Jupiter sur un satellite. Représenter cette force sur un schéma.

2.2. Montrer qu'un satellite est animé d'un mouvement uniforme et que l'expression de sa vitesse est : $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$. G représente la constante universelle de gravitation.

Une démonstration rigoureuse est attendue.

2.3. Choisir parmi les quatre propositions ci-dessous celle qui correspond au satellite le plus rapide. Justifier.

- le plus proche de Jupiter
- le plus loin de Jupiter
- le plus léger
- le plus lourd

2.4. À partir de l'expression de la vitesse, établir l'expression de la période de révolution T d'un satellite autour de Jupiter en fonction de r et des grandeurs de l'exercice.

2.5. Établir la troisième loi de Kepler : $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$.

2.6. L'étude des mouvements des satellites de Jupiter, réalisée dans la partie 1, permet de déterminer la période et le rayon de l'orbite de chaque satellite. Sur le graphe ci-dessous, on a représenté pour chaque satellite, les valeurs des couples (r^3, T^2) .

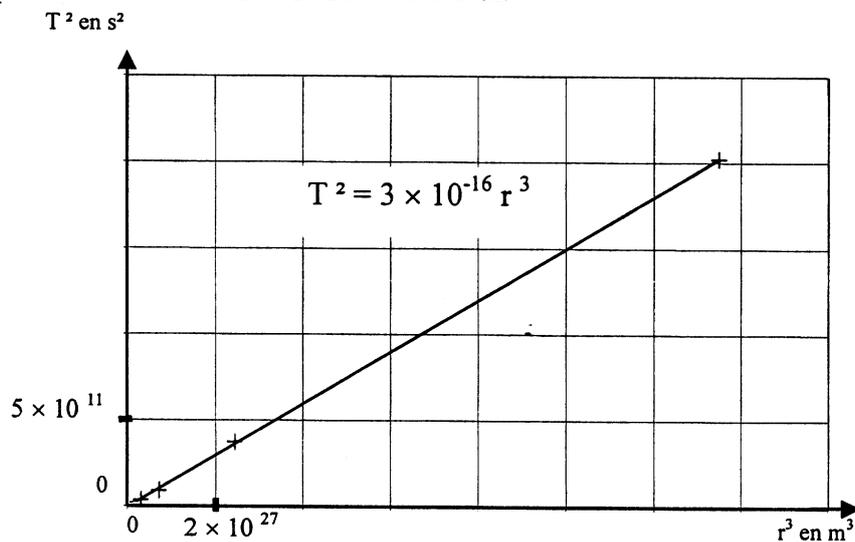
a. En observant ce graphe, pourquoi peut-on dire que la troisième loi de Kepler est vérifiée ?

b. L'équation de la meilleure droite passant par les points obtenus est :

$$T^2 = 3 \times 10^{-16} r^3.$$

En déduire l'ordre de grandeur de la masse de Jupiter.

On prend $\pi^2 = 10$ et $G = 1 \times 10^{-10}$ unité SI.



IV. SUSPENSION D'UN VÉHICULE (5 points)

La suspension d'un véhicule permet d'atténuer les vibrations verticales qui nuisent au confort et à la sécurité des passagers, par exemple lors du passage du véhicule dans un trou sur une route.

Elle est constituée au niveau de chaque roue d'un ressort et d'un amortisseur (voir figure 1). On note G le centre d'inertie du véhicule. Lorsqu'on écarte le véhicule de sa position d'équilibre G_0 et qu'on le lâche, il oscille autour de cette position. L'amplitude des oscillations décroît suivant le degré d'amortissement de la suspension. L'ensemble du véhicule est équivalent à un oscillateur mécanique **unique** vertical amorti de masse m , de raideur k .

On étudie le mouvement du centre d'inertie G seulement suivant la verticale. On repère son ordonnée y sur un axe Oy orienté vers le haut. La position du centre d'inertie du système à l'équilibre G_0 (ressorts comprimés) est prise pour origine O de l'axe.

Données :

- Masse : $m = 1,5 \times 10^3$ kg.
- Constante de raideur du ressort équivalent $k = 6,0 \times 10^5$ N.m⁻¹.
- La force de frottement qui s'exerce sur la masse m est opposée à la vitesse du point G suivant la verticale, on peut l'écrire $\vec{F} = -\lambda.v_y.\vec{j}$.

v_y est la composante verticale de la vitesse du point G par rapport à l'axe de la roue.

λ est une constante positive appelée coefficient d'amortissement ou de frottement.

On s'intéresse par la suite à l'influence de ce coefficient d'amortissement sur la qualité de la suspension.

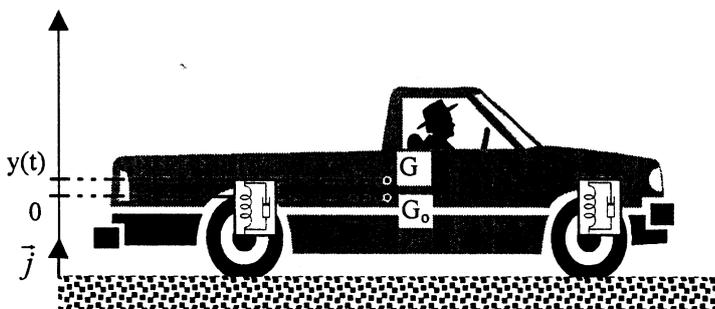


figure 1

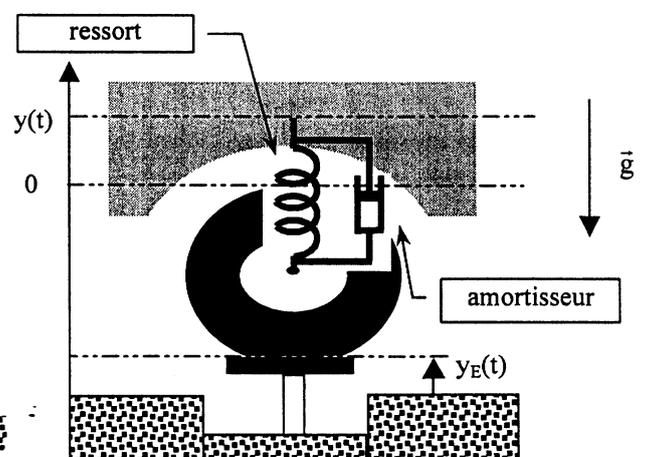


figure 2

1. Oscillations libres de la suspension

1.1. Le document 1 (page 10) donne trois courbes représentant $y = g(t)$ pour trois véhicules dont seules les valeurs du coefficient d'amortissement sont différentes :

Courbe n°1	Courbe n°2	Courbe n°3
$\lambda_1 = 1,5 \times 10^4 \text{ kg.s}^{-1}$	$\lambda_2 = 5,0 \times 10^4 \text{ kg.s}^{-1}$	$\lambda_3 = 1,5 \times 10^5 \text{ kg.s}^{-1}$

Expliquer pourquoi les courbes n°1 et n°3 correspondent respectivement aux coefficients d'amortissement λ_1 et λ_3 .

1.2. L'une des courbes du document 1 est une sinusoïde amortie dont on définit la pseudo-période comme étant la durée entre deux maxima consécutifs. Déterminer graphiquement la valeur de cette pseudo-période T.

1.3. Le régime critique est le meilleur pour le confort et la sécurité des passagers. Quelle valeur du coefficient d'amortissement convient le mieux parmi les trois valeurs proposées ?

2. Test des amortisseurs, oscillations forcées

Pour tester chacun des amortisseurs, on soumet les roues à une même excitation sinusoïdale produite par un support placé sous chaque roue (figure 2 page 8). L'amplitude Y_m des oscillations du centre d'inertie G du véhicule dépend alors de deux facteurs : l'amplitude Y_E et la fréquence f_E de l'excitation sinusoïdale.

La résolution des questions suivantes ne demande aucune mise en équation. On admettra que le comportement qualitatif du système s'apparente à celui d'un oscillateur amorti soumis à une force excitatrice sinusoïdale.

2.1. L'amplitude Y_E de l'excitation sinusoïdale est maintenue constante.

Le document 2 (page 10) donne les courbes représentant $Y_m = g(f_E)$ pour les trois valeurs du coefficient d'amortissement du paragraphe 1.1.

- Pourquoi est-il important de préciser que l'amplitude Y_E de l'excitation est maintenue constante ?
- Que peut-on dire de l'amplitude Y_m à la résonance ?
- Pour le véhicule équipé de l'amortisseur de coefficient le plus faible, déterminer graphiquement la fréquence de résonance f_r . Comparer sa valeur à la fréquence propre

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ de l'oscillateur mécanique \{masse, ressort\}. On prend } \frac{1}{\pi} \approx 0,3.$$

- Préciser à l'aide des courbes du document 2 (page 10) si la fréquence de résonance est fonction du coefficient d'amortissement.

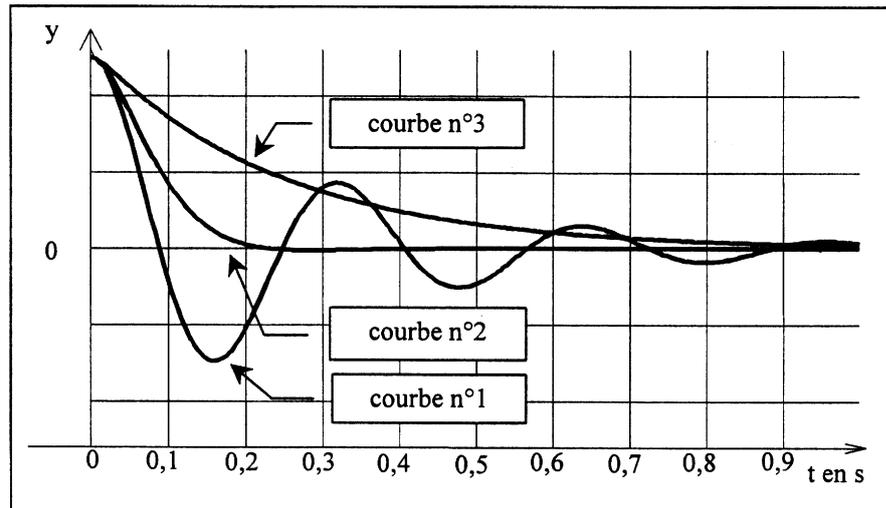
2.2. À la fréquence excitatrice $f' = 4,5 \text{ Hz}$, l'amplitude des oscillations Y_m est la même pour les trois oscillateurs.

Quel amortisseur faut-il choisir pour équiper le véhicule sachant que plus l'amplitude des oscillations est faible, meilleure est la qualité des amortisseurs :

- pour les fréquences excitatrices f_E telles que $f_E < f'$?
- pour des fréquences excitatrices $f_E > f'$?

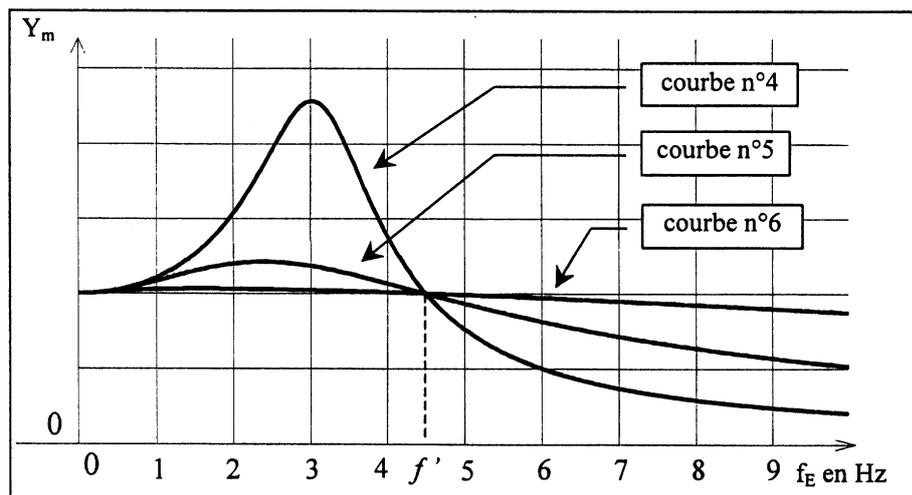
Quel amortisseur donne le meilleur compromis quelle que soit la fréquence excitatrice ? (Justifier chaque réponse)

document 1 : oscillations libres de la suspension



Courbe n°1 : associée au coefficient d'amortissement λ_1
 Courbe n°2 : associée au coefficient d'amortissement λ_2
 Courbe n°3 : associée au coefficient d'amortissement λ_3

document 2 : oscillations forcées de la suspension



Courbe n°4 : associée au coefficient d'amortissement λ_1
 Courbe n°5 : associée au coefficient d'amortissement λ_2
 Courbe n°6 : associée au coefficient d'amortissement λ_3

ANNEXE 1
à rendre avec la copie

Remplissez
très lisiblement
le talon ci-dessous

NOM : _____

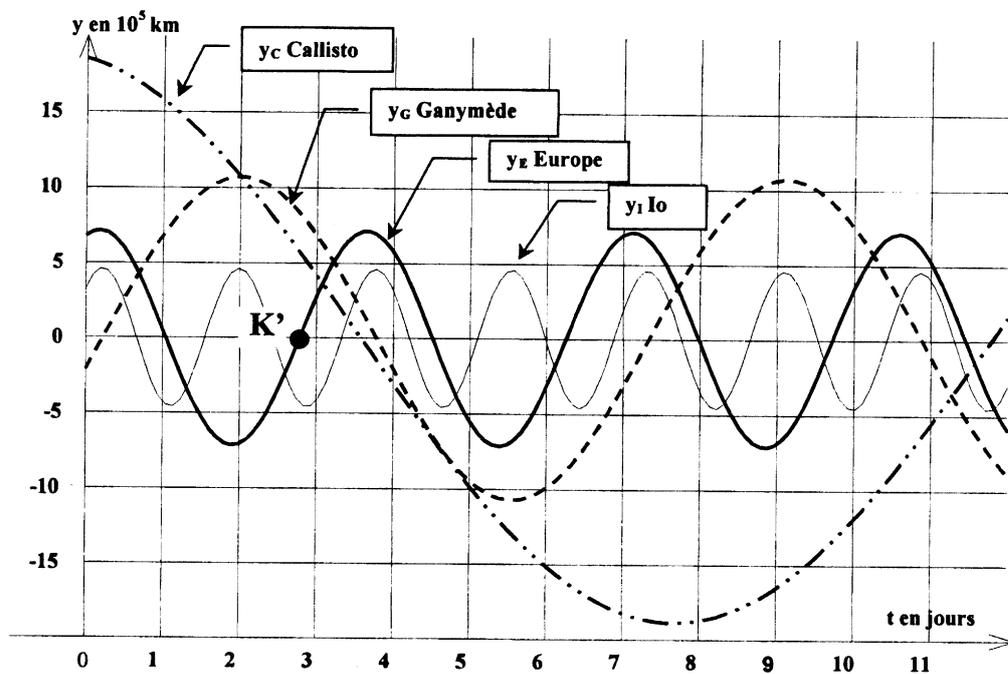
Prénoms : _____

N° D'INSCRIPTION
OU DE TABLE

CENTRE D'EXAMEN : _____

IMP. TRACOL ST-ÉTIENNE

document 1



La date $t_0 = 0$ correspond au 21 avril 1997 à 00 h 00.