Réunion 2005 **(6,5 POINTS)**

EXERCICE 2 : EVOLUTION DE LA REACTION DE L'AMMONIAC AVEC L'EAU

Une bouteille d'ammoniaque du commerce comporte l'indication 22 ° Bé, ce qui correspond à une concentration molaire $C_0 = 10,9$ mol.L^{-1}.
Cette solution sera nommée S_0.
Dans une solution aqueuse d'ammoniac, l'équilibre entre l'ammoniac NH_3 et les ions ammonium NH_4^+ s'écrit :

$$\mathbf{NH_3\ (aq) + H_2O\ (l) = HO^-\ (aq) + NH_4^+\ (aq).}$$

Données (valeurs à 25 °C):
Quotient de la réaction de l'ammoniac avec l'eau à l'équilibre : $Q_{r,éq} = 1,58.10^{-5}$
Produit ionique de l'eau : $K_e = 1,00.10^{-14}$

1ère partie : Détermination du quotient de réaction par pHmétrie :

La « basicité » de la solution S_0 étant trop élevée pour être mesurée directement au pHmètre, on prépare 50,0 mL d'une solution diluée S_1 de concentration $C_1 = C_0 /10$.

Le pH mesuré de S_1 est 11,62.

1) Quel volume de la solution S_0 doit-on prélever pour préparer la solution S_1 ?

2) Proposer un mode opératoire pour préparer la solution S_1.

3) Montrer que la concentration en ion hydroxyde dans la solution S_1 est : $[HO^-]_{(S1)} = 4,2.10^{-3}$ mol.L^{-1}

4) Compléter le tableau d'avancement donné en annexe pour la réaction de l'ammoniac avec l'eau dans la solution S_1 en considérant un volume $V'_1 = 1,0$ L.

5) En déduire la valeur du taux d'avancement final τ_1. Commenter le résultat obtenu.

6) Calculer le quotient de réaction $Q_{r,1}$ à l'état final et montrer que le système est à l'équilibre aux incertitudes de mesure près.

2ème partie : Détermination du taux d'avancement de la réaction de l'ammoniac sur l'eau par conductimétrie :

Valeurs des conductivités molaires ioniques à 25 °C :

$$\lambda°(HO^-) = 19,9.10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1} \qquad \lambda°(NH_4^+) = 7,34.10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$$

L'expression de la conductivité d'une solution $\sigma = \Sigma\ \lambda_i\ [\ X_i\ ]$ n'est valide qu'en solution très diluée. A partir de la solution S_1 d'ammoniac, on prépare une solution fille, nommée S_2 de concentration $C_2 = C_1/100 = C_0/1000$.

A) Hypothèse: On fait l'hypothèse que les quantités de matière des espèces en solution n'ont pas changé lors de la dilution.

1) En déduire l'expression littérale de la concentration $[HO^-]_{(hyp)}$ en fonction de $[HO^-]_{(S1)}$, de même pour $[NH_4^+]_{(hyp)}$ en fonction de $[NH_4^+]_{(S1)}$ et $[NH_3]_{(hyp)}$ en fonction de $[NH_3]_{(S1)}$.

2) Montrer que le quotient de réaction $Q_{r,hyp}$ obtenu avec cette hypothèse est égal à $Q_{r,1}/100$.

3) Le comparer à $Q_{r,eq}$. En déduire si l'hypothèse est effectivement vérifiée.
Sinon dans quel sens évolue le système lors de la dilution ? Justifier.

B) Conductimétrie:

Pour confirmer ou infirmer l'hypothèse précédente, on mesure la conductivité σ de la solution S_2: $\sigma = 0{,}114$ mS.cm^{-1}.

1) Donner la valeur de σ dans le système international.

2) Exprimer la conductivité σ de la solution S_2 en fonction des conductivités molaires ioniques et des concentrations effectives $[NH_4^+]_{(S2)}$ et $[HO^-]_{(S2)}$, dans cette solution.

3) En utilisant le tableau d'avancement de la réaction de l'ammoniac sur l'eau et les données du texte en déduire $[HO^-]_{(S2)}$,

4) Calculer le taux d'avancement final τ_2 de la réaction de l'ammoniac sur l'eau.

5) La dilution de la solution mère agit-elle sur le taux d'avancement de la réaction de l'ammoniac sur l'eau ? Si oui dans quel sens. L'hypothèse émise dans la partie 1 est-elle confirmée ?

ANNEXE DE L'EXERCICE 2
(A REMETTRE AVEC LA COPIE)

Tableau d'avancement exprimé en moles pour un volume $V'_1 = 1{,}0$ L.

Etat	Avancement	NH_3	+	H_2O	=	HO^-	+	NH_4^+
initial	0	n_1 =						
intermédiaire	x							
final	x_f =							
maximal	x_{max} =							

(excès)

Réunion 2005 **EXERCICE 3 : SCINTIGRAPHIE THYROÏDIENNE (4 POINTS)**

Données : Numéro atomique de l'élément iode : Z(I) = 53.

La thyroïde est une glande, située dans la région cervicale antérieure, appliquée contre le larynx et la partie supérieure de la trachée. La fonction principale de cette glande est la sécrétion des hormones thyroïdiennes à partir de **l'iode** alimentaire qui se fixe temporairement sur cette glande.

De petite taille, pesant 15 à 25 g chez l'adulte et mesurant environ 4 cm en largeur et 3 cm en hauteur, elle n'est normalement pas, ou à peine, palpable. Mais elle peut s'hypertrophier, soit de manière plus ou moins diffuse et homogène, soit de manière localisée avec la formation de **nodule(s).** Ces nodules peuvent principalement être de deux sortes : hypofixant ou hyperfixant. Ils sont dits hypofixants s'ils fixent peu d'iode par rapport au reste de la thyroïde. Inversement, ils sont dits hyperfixants s'ils fixent plus d'iode que le reste de la thyroïde.

Ce sont ces nodules qu'il faut déceler pour traiter le patient si nécessaire. Ceci est réalisé à l'aide de traceurs radioactifs, les isotopes ^{123}I et ^{131}I, de constantes radioactives respectives λ_{123} = 1,459.10^{-5} s^{-1} et λ_{131} = 1,001.10^{-6} s^{-1}. Ces isotopes sont en effet des émetteurs de rayons gamma pouvant être détectés par un appareil de mesure appelé "détecteur à scintillations". La condition pour que l'appareil de mesure utilisé ici compte les rayons gamma, est que ceux-ci aient une énergie supérieure à 20 eV. Il en résulte alors une image reconstituée de l'organe étudié, sur laquelle les zones foncées représentent les zones de l'organe fortement émettrices en rayons gamma. La scintigraphie est donc une sorte de photographie.

Lorsque l'analyse est pressée, on préfère utiliser l'isotope ^{123}I qui nécessite un temps de pose de l'ordre du quart d'heure. On injecte alors, au patient, une dose de ^{123}I, d'activité A = 7,0 MBq, contenu dans une solution d'iodure de sodium Nal où l'iode est le traceur radioactif. On laisse alors l'iode se fixer, soit environ 4 heures, temps au bout duquel on réalise la scintigraphie.

1) Choix de l'isotope ^{123}I :

a) L'isotope ^{123}I est préparé par réaction nucléaire entre un deutérium $^{2}_{1}H$ de haute énergie, et du tellure $^{122}_{52}Te$. Ecrire l'équation correspondante. Préciser les lois de conservation utilisées et le nom de la particule émise.

b) Calculer le temps de demi-vie des deux isotopes. Quel peut être alors l'avantage d'utiliser l'isotope ^{123}I par rapport au ^{131}I ? Justifier.

2) Administration de l'iode à un ensemble de patients.

L'hôpital commande un flacon d'une solution de Nal avec de l'iode ^{123}I, pour l'utiliser sur plusieurs patients.

Pour des raisons pratiques, les injections sont effectuées toutes les 30 minutes.

La première injection a lieu le matin à 9 h. Juste avant cette injection, l'activité du flacon de l'hôpital est de 28,5 MBq.

A chaque injection, on prélève une dose d'activité égale à 7 MBq.

a) Quelle est l'activité de la solution restant dans le flacon juste après l'injection (supposée instantanée) au premier patient ?

b) Calculer la valeur de $e^{-\lambda.\Delta t}$, si Δt = 30 min.
En déduire l'activité du flacon à 9h30, juste avant l'injection au second patient.

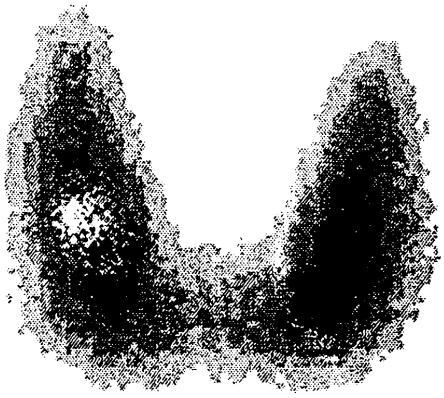
c) Les injections suivantes ont lieu toutes les demi-heures. Combien de patients pourront alors recevoir la dose nécessaire (7 Mbq) à la réalisation d'une scintigraphie ?

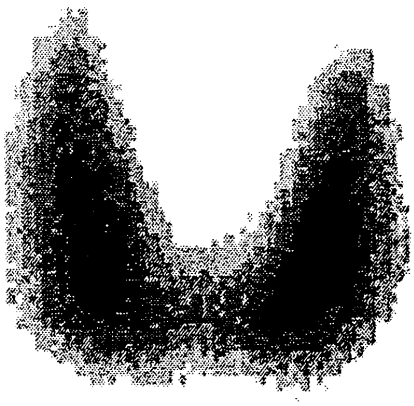
3) Précaution et analyse des images obtenues.

a) Quel est le nombre de noyaux radioactifs N_O injectés à chaque patient ?

b) Il est courant de réaliser une deuxième injection aux patients, afin de vérifier que le traitement a été efficace. On estime qu'entre 2 injections à un patient, il doit s'écouler environ 6 semaines afin que la première n'influence pas la scintigraphie de la deuxième. Montrer que la première injection n'a alors aucune influence sur la scintigraphie qui suit la deuxième injection.

c) La scintigraphie permet d'obtenir les images ci-dessous. On y trouve notamment une thyroïde comportant un nodule, puis cette thyroïde après traitement. S'agit-il d'un nodule hyperfixant ou hypofixant ? Justifier.

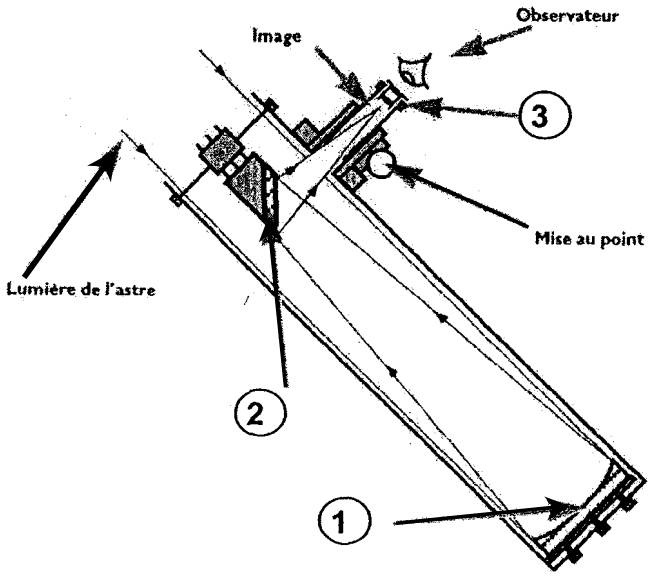




2005 Réunion Exercice n°3 : Extraits de la notice d'utilisation d'un télescope. (4 POINTS)

Caractéristiques :

Télescope 114/900
Référence : T41
Télescope Newton à miroir alumine, sur monture équatoriale pour toutes observations : lunaires, planétaires, stellaires.
Diamètre 114 mm ; Focale 900 mm
Deux oculaires: 6 mm et 20 mm
Grossissements 45×, 150×,
Monture équatoriale avec flexibles, motorisable, trépied aluminium.



Comment ça marche ?

Le télescope est un système optique conçu pour l'observation des astres. Le télescope que vous avez acheté s'appelle un télescope réflecteur type Newton. C'est un tube ouvert à une extrémité avec un miroir courbe à l'autre.
Les rayons lumineux rentrent par l'extrémité ouverte du tube et viennent frapper le miroir courbe appelé "miroir principal".
Les rayons réfléchis par ce miroir viennent ensuite en frapper un second, appelé " miroir diagonal" (miroir secondaire)
Ce petit miroir plan, placé au centre du tube à 45 degrés, renvoie l'image formée par le miroir principal, sur le côté où on l'observe avec l'oculaire qui joue le rôle de loupe.
Par suite de la courbure du miroir principal, les rayons de lumière sont courbés pour se concentrer en un point. Le miroir principal d'un télescope doit être poli exactement selon la courbure appropriée afin de garantir le point focal correct. Il est très important que les deux miroirs soient dans le bon alignement pour obtenir les meilleurs résultats. (A vérifier régulièrement)
Ce télescope est muni d'une monture équatoriale qui permet le déplacement du tube et donc l'observation d'un astre dans toutes les directions.

Partie A : Questions sur la notice.

A-1. Nommer sur votre copie les éléments optiques légendés 1, 2, 3 sur le schéma de la notice.

A-2. Que signifient les indications : Diamètre 114 mm, Focale 900 mm ?

A-3. Quel est le nom de la grandeur dont on donne la valeur en mm avec chaque oculaire ?

A-4. Dans la phrase suivante". Par suite de la courbure du miroir principal, les rayons de lumière sont ***courbés*** pour se concentrer en un point "

A-4.a) Que représente ce point pour le miroir principal ?
A-4.b) Le mot « ***courbés*** » employé à propos des rayons lumineux est impropre. Expliquer ce que veut dire l'auteur de la notice en l'utilisant.

Partie B : Analyse du fonctionnement.

Modélisation du télescope de Newton :

Les notations utilisées dans les questions suivantes font référence au schéma de la feuille annexe à consulter, à compléter et à remettre avec la copie.
Ce schéma ne respecte pas les dimensions.

Dans tout l'exercice, nous modéliserons :

- le miroir principal par un miroir sphérique de sommet S et de foyer F'_1 ;
- l'oculaire par une lentille mince convergente de centre optique O_2 et de focale f'_2 et dont l'axe optique est perpendiculaire à celui du miroir principal;
- le miroir secondaire par un miroir plan dont le milieu M est placé sur l'axe optique du miroir principal et sur l'axe optique de l'oculaire.

B-1. Formation des images :
Le télescope est pointé vers un astre. On assimilera l'astre à un objet (AB), situé à l'infini et vu sous l'angle apparent θ, le point A étant situé sur l'axe du miroir principal.

Le miroir principal donne de l'objet (AB) une image (A_1B_1).

B-1.a) Dans le télescope "114/900", quelle est la valeur de la distance A_1S ? Justifier brièvement.

B-1.b) (A_1B_1) joue le rôle d'objet pour le miroir secondaire qui en donne une image (A_2B_2).

Construire sur le schéma de la feuille ***annexe à remettre avec la copie,*** l'image (A_2B_2). Justifier brièvement.

(A_2B_2) est examinée à travers l'oculaire qui en donne une image définitive (A'B') à l'infini.

B-1.c) Placer les foyers image F'_2 et objet F_2 de l'oculaire pour que l'image définitive soit rejetée à l'infini.

B-1.d) Construire deux rayons émergents de l'oculaire et issus de B_2 ;

B-1.e) Construire, à travers la totalité de l'instrument, la marche du faisceau lumineux issu de B et limité par les deux rayons incidents fléchés.

B-2. Grossissement:

L'observateur qui regarde dans le télescope voit l'image définitive sous l'angle θ'.

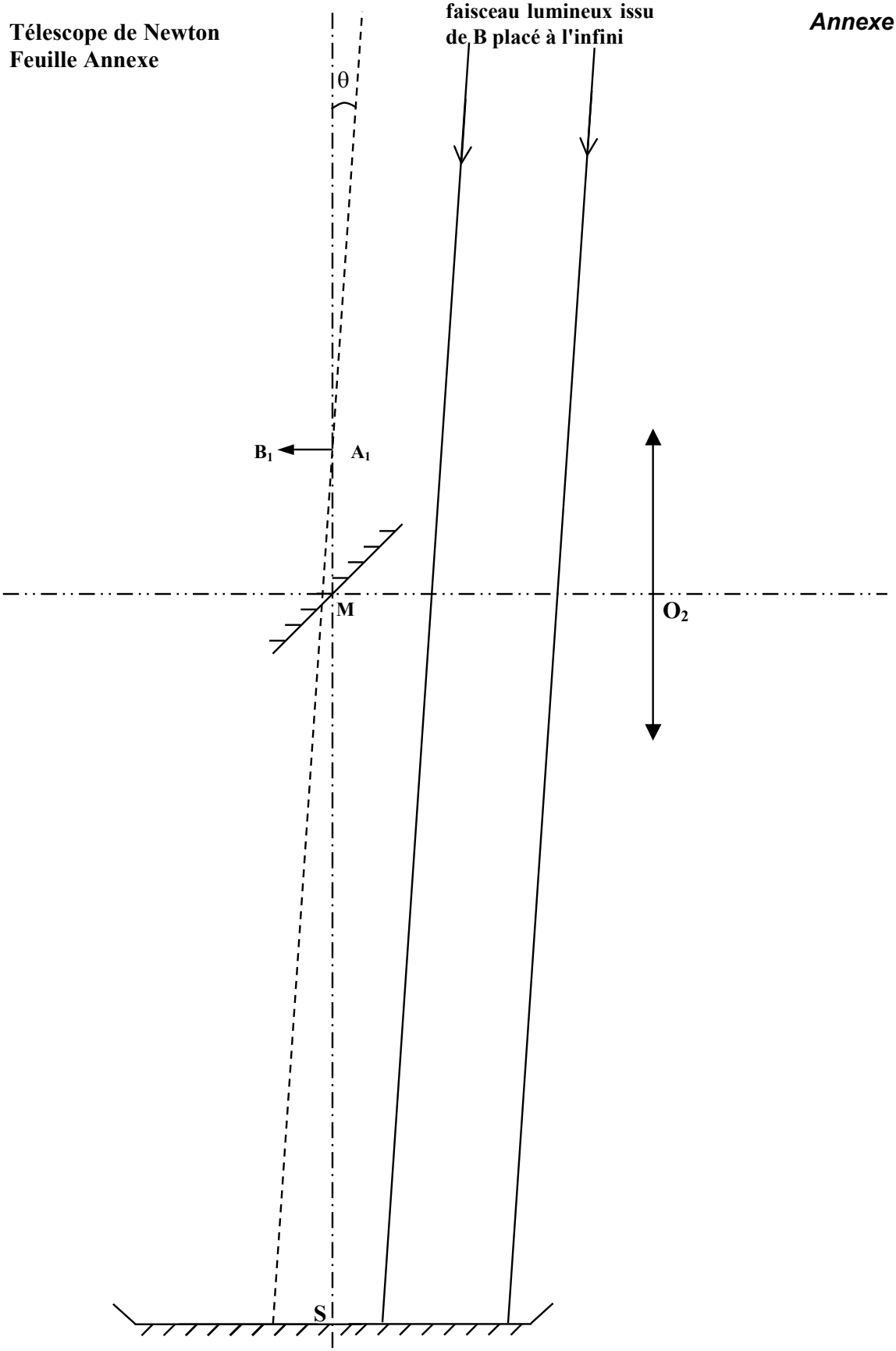
On définit le grossissement dans le cas d'une vision à l'infini $G = \frac{\theta'}{\theta}$; θ et θ' sont exprimés en radian.

B-2.a) Établir que G est aussi égal au quotient de la distance focale du miroir principal par celle de l'oculaire (les angles sont petits : $\sin\theta \approx \tan\theta \approx \theta$ (rad)).

B-2.b) Quel oculaire doit-on choisir pour que le grossissement soit 150× ?

Télescope de Newton
Feuille Annexe

Annexe



2005 Réunion Exercice n°1 : RECHERCHE D'UN MODÈLE DE FORCE DE FROTTEMENT (5,5 POINTS)

Données pour l'exercice :

- Volume de la bille en acier : V = 0,52 cm^3
- Masse volumique de l'acier : ρ_A = 7850 kg/m^3
- Masse volumique de l'huile : ρ_H = 920 kg/m^3
- Accélération de la pesanteur au lieu de l'expérience : g = 9,8 m/s^2

On réalise la chronophotographie de la chute d'une bille sphérique en acier dans l'huile. Pour ce faire, on filme la bille dans une éprouvette remplie d'huile, avec un caméscope numérique au rythme de 50 images par seconde. Grâce à un traitement adéquat des images, on obtient le document 1 (voir en fin de sujet). On repère ensuite la position, sur chaque image, du centre d'inertie de la bille : M_0 correspond à sa position initiale, celle-ci étant lâchée, à l'instant t_0 pris comme origine des dates, sans vitesse initiale.

A. Exploitation de l'enregistrement

A-1. En vous aidant des documents 1 et 2 (en fin de sujet), préciser les caractéristiques du mouvement de la bille entre les positions M_{15} et M_{21}. Quelle est la loi de Newton ainsi illustrée ?

A-2. A partir des conditions de prise de vue données ci-dessus, justifier les valeurs qui apparaissent dans la colonne temps **t (ms)** du tableau du document 2.

B. Étude cinématique

Le point M_0 étant pris comme origine des espaces et des temps (y = 0 et t = 0), on repère les différentes hauteurs réelles de chute de la bille dans l'huile, notées **y**, aux dates **t** correspondantes. On calcule alors les vitesses correspondantes. Les différentes grandeurs sont notées dans le tableau du document 2.

B-1. Calculer la vitesse de la bille pour la position M_6.

B-2. Calculer l'accélération de la bille pour la position M_{18}**.** Le résultat obtenu est-il compatible avec celui obtenu au A-1 ? Argumenter la réponse.

NB : *Pour les questions B-1 et B-2, on aura soin de préciser scrupuleusement la méthode employée pour déterminer les valeurs de la vitesse et de l'accélération aux points demandés.*

C. Étude dynamique

C-1. Sur un schéma, faire figurer, sans souci d'échelle, toutes les forces s'exerçant au centre d'inertie G de la bille tombant dans l'huile.

C-2. Calculer la masse m de la bille.

C-3. Donner l'expression littérale de la poussée d'Archimède, P_A, s'exerçant sur la bille plongée dans l'huile. Calculer sa valeur.

D. Équation différentielle du mouvement de la bille

Soit **f** l'intensité de la force de frottement à laquelle est soumise la bille en mouvement dans l'huile.

D-1. Par application du théorème du centre d'inertie que l'on énoncera, établir que le mouvement de la bille obéit à une équation différentielle du type : $\frac{dv}{dt} + \frac{f}{m} = A$, où A est une constante et v la vitesse de la bille.

D-2. Donner l'expression littérale de A puis calculer sa valeur. Préciser son unité.

E. Recherche de modèles pour la force de frottement

On se propose de déterminer expérimentalement si l'intensité de la force de frottement **f** à laquelle est soumise la bille en mouvement dans l'huile est de la forme $\mathbf{f = k_1 . v}$ ou $\mathbf{f = k_2 . v^2}$, k_1 et k_2 étant des constantes et v la vitesse de la bille.
On utilise un tableur pour représenter la vitesse de la bille en fonction du temps. On obtient le graphe du document 3 (en fin de sujet) : les points expérimentaux obtenus y sont représentés sous forme de losange. On détermine ainsi la valeur de la vitesse limite de chute de la bille : v_{lim} = 0,95 m/s.

E-1. Première hypothèse : $\mathbf{f = k_1 . v}$

E-1.a) Montrer que l'équation différentielle précédente peut alors se mettre sous la forme : $\frac{dv}{dt} + B_1.v = A$ où A est la constante déterminée dans la partie D.

E-1.b) Lorsque la vitesse de la bille atteint la vitesse limite v_{lim}, que devient le terme $\frac{dv}{dt}$ de l'équation différentielle précédente ? En déduire l'expression littérale de B_1 en fonction de A et v_{lim} . Calculer alors la valeur de la constante k_1 et préciser son unité.

E-2. Deuxième hypothèse : $\mathbf{f = k_2 . v^2}$

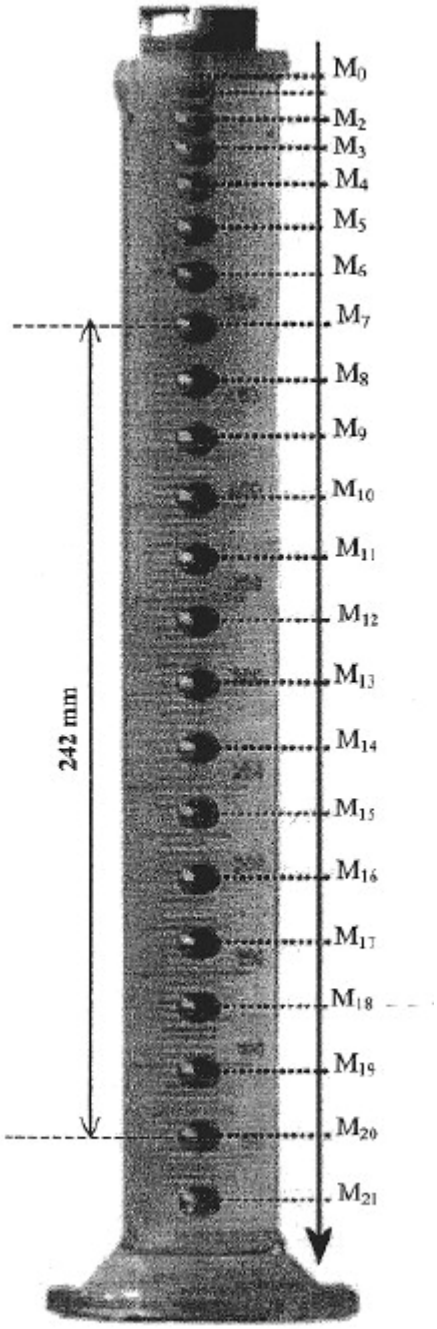
Dans ce cas, l'équation différentielle se met sous la forme : $\frac{dv}{dt} + B_2.v^2 = A$

Déterminer l'expression littérale de B_2 en fonction de A et v_{lim}. Calculer alors la valeur de la constante k_2 et préciser son unité.

E-3. Comparaison des deux modèles précédents :

Grâce au tableur et à la méthode d'Euler, on détermine les courbes théoriques correspondant aux deux modèles précédents. Le premier modèle sera noté « **modèle n°1** » sur le document 3 (en fin de sujet) correspond à l'hypothèse d'une force de frottement du type $\mathbf{f = k_1 . v}$. Le second modèle noté « **modèle n°2** » correspond à l'hypothèse d'une force de frottement du type $\mathbf{f = k_2 . v^2}$.

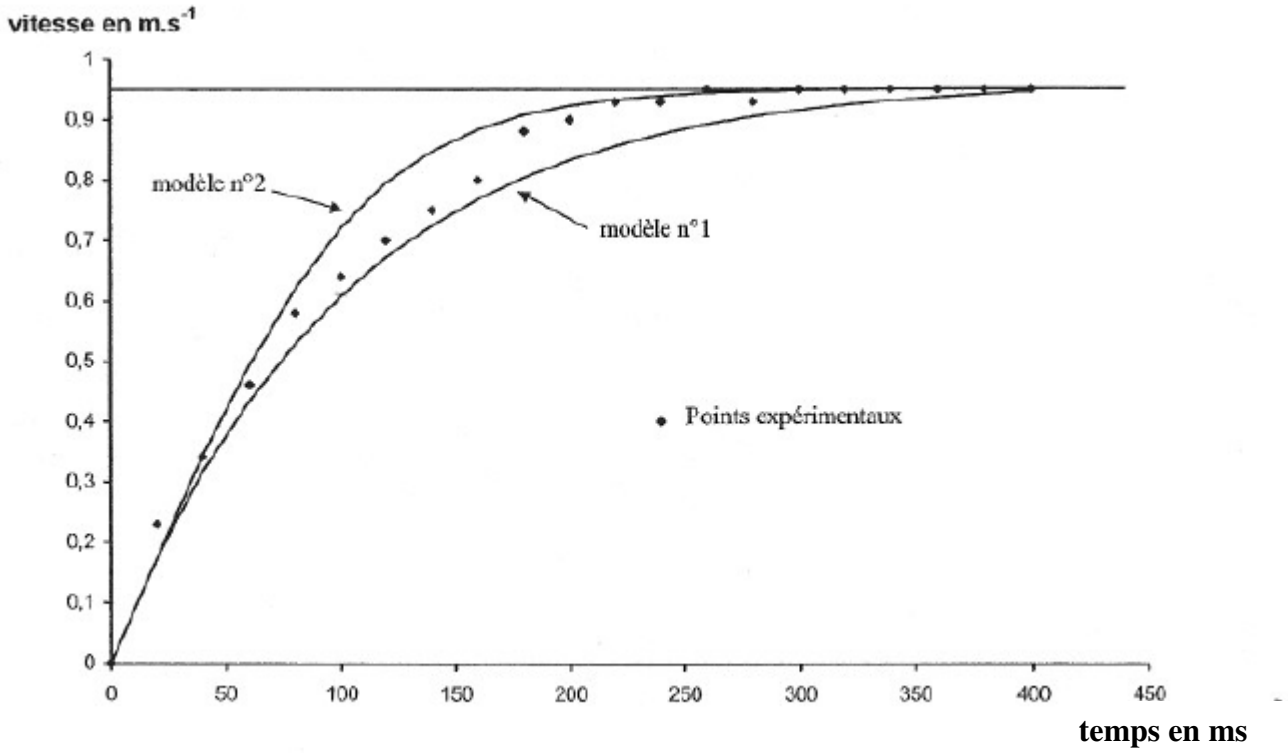
En vous aidant du document 3, préciser les domaines de vitesse, sous forme d'un encadrement, pour lesquels chacun des deux modèles précédents semble coïncider le mieux avec les points expérimentaux.



Document 1 : chronophotographie de la chute d'une bille d'acier dans l'huile

Positions de la bille	t (ms)	y (mm)	v (m/s)
M0	0	0,0	0,00
M1	20	4,5	0,23
M2	40	9,0	0,34
M3	60	18,0	0,46
M4	80	27,5	0,58
M5	100	41,0	0,64
M6	120	53,0	
M7	140	69,0	0,75
M8	160	83,0	0,80
M9	180	101,0	0,88
M10	200	118,0	0,90
M11	220	137,0	0,93
M12	240	155,0	0,93
M13	260	174,0	0,95
M14	280	193,0	0,93
M15	300	211,0	0,95
M16	320	231,0	0,95
M17	340	249,0	0,95
M18	360	269,0	0,95
M19	380	287,0	0,95
M20	400	307,0	0,95
M21	420	325,0	

Document 2 : tableau donnant la vitesse de la bille suivant sa position



Document 3 : Courbes théoriques et points expérimentaux