

ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE de Première générale

EVALUATION COMMUNE N°1 - 2 heures

Calculatrice autorisée. Aucun document personnel autorisé.

Le sujet comporte deux exercices totalement indépendants.

Toutes les réponses doivent être justifiées sauf mention contraire.

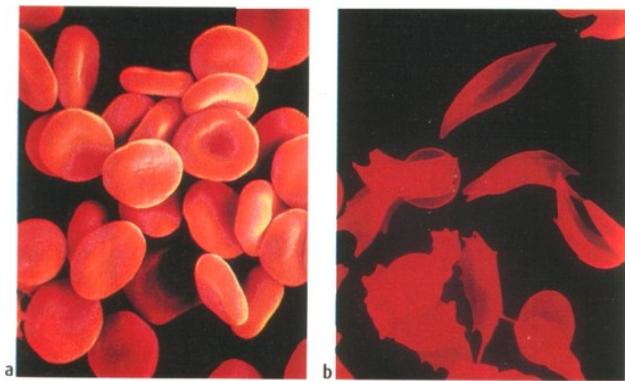
Exercice 1 (10 points)

Le sang : un exemple de milieu biologique où le phénomène de radioactivité peut trouver une application médicale à visée diagnostique.

Document 1 : Un exemple d'affection du sang : la drépanocytose

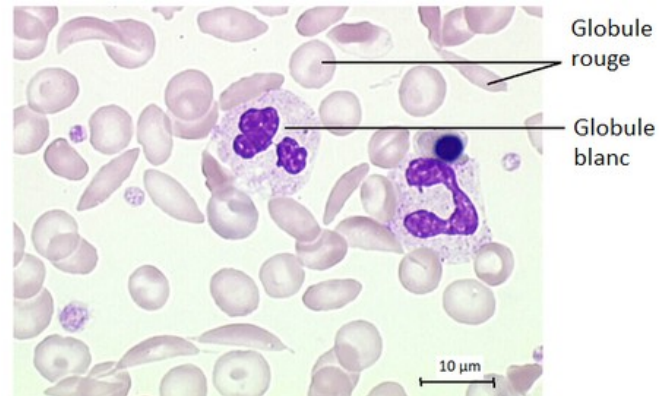
La drépanocytose est une maladie génétique rare causant une anomalie des globules rouges. Leur forme est modifiée et leur souplesse est diminuée. Une conséquence fréquente est l'obstruction de petits vaisseaux sanguins par des agrégats d'hématies. Le diagnostic est posé après différentes analyses médicales. En première intention, on observe un frottis sanguin (du sang est étalé sur une lame de microscope).

Les globules rouges normaux sont des cellules toujours de forme discoïde et suffisamment souples pour se faufiler dans les plus petits vaisseaux sanguins. Ils ne renferment aucun organelle, mais ils contiennent une molécule qui assure le transport du dioxygène : l'hémoglobine.



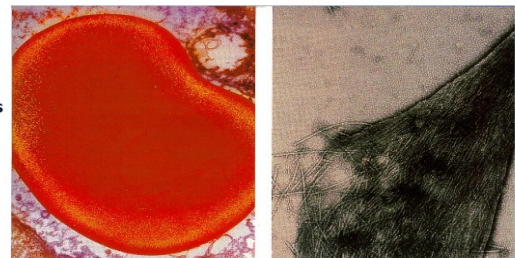
a - Hématies normales. b - Hématies drépanocytaires.

Photos prises avec un grossissement x 17 000



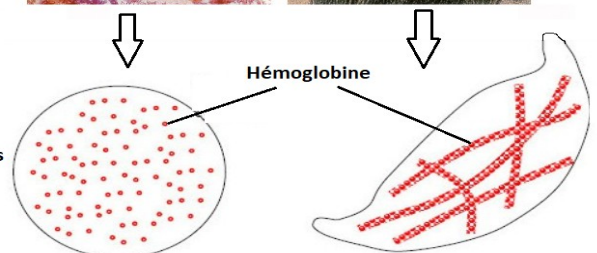
Frottis sanguin d'un individu atteint de drépanocytose

Photos de globules rouges normal (gauche) et drépanocytaires (droite)



En situation normale, les molécules d'hémoglobine (petits ronds) sont solubles dans le cytoplasme.

Schémas explicatifs des photos ci-dessus

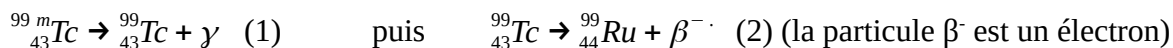


Document 2 : Le technétium 99m : un isotope radioactif très employé en médecine nucléaire

La médecine nucléaire consiste à introduire des substances radioactives à l'intérieur d'un organisme vivant à des fins diagnostiques ou thérapeutiques. Plus de 20 millions d'exams d'imagerie sont réalisés chaque année dans le monde avec le technétium.

Le **technétium 99m**, noté ^{99m}Tc , est une catégorie particulière de noyaux atomiques appartenant à l'isotope 99 de l'élément technétium. La lettre *m* présente dans l'écriture ^{99m}Tc signale ainsi un état particulier, instable, de l'isotope 99. Du fait de son instabilité, l'isotope ^{99m}Tc se désintègre.

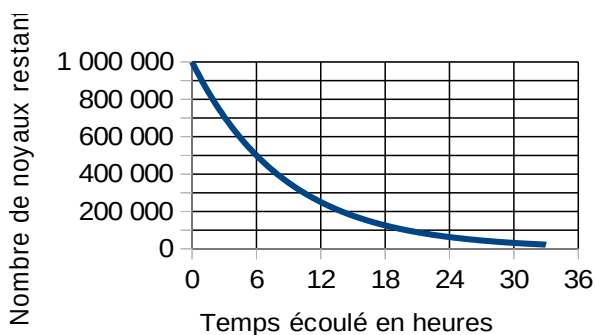
La désintégration se fait en deux étapes successives. Les deux équations sont données ci-dessous :



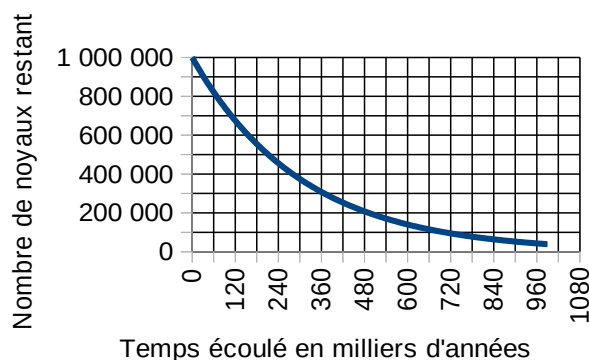
Lors d'un examen d'imagerie médicale appelé scintigraphie, c'est la première désintégration (1) qui est exploitée : les rayonnements γ émis par le patient sont captés pendant 30 minutes par une gamma-caméra. Un ordinateur les analyse et fabrique des images qui s'affichent sur l'écran du médecin radiologue.

Voici ci-dessous les deux courbes de décroissance radioactive correspondant aux deux étapes.

Décroissance du technétium ^{99m}Tc (1)



Décroissance du technétium ^{99}Tc (2)

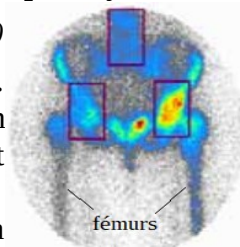


Document 3 : La scintigraphie osseuse pour étudier l'une des conséquences de la drépanocytose

(d'après la revue médicale http://www.revues-ufhb-ci.org/fichiers/FICHIR_ARTICLE_46.pdf)

En Côte d'Ivoire, la drépanocytose affectait en 2016 environ 2 millions de personnes. Parmi les complications de cette maladie, il y a l'ostéonécrose : une dégradation prématurée d'un tissu osseux par manque d'irrigation sanguine. L'atteinte du sommet du fémur est fréquente, provoquant crises très douloureuses et troubles de la marche.

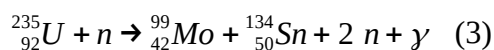
Une équipe de recherche médicale d'Abidjan a réalisé une étude employant la scintigraphie au technétium 99m. Il s'agissait de déterminer si cette technique était meilleure que la radiologie classique pour la détection des cas d'ostéonécrose.



Scintigraphie osseuse anormale.

Document 4 : Le molybdène 99, un précurseur du technétium 99m

Pour obtenir le technétium 99m, une méthode possible consiste à envoyer d'abord un neutron sur un noyau d'uranium 235 pour former du molybdène 99. L'équation nucléaire est donnée ci-dessous :



Le molybdène 99 se désintègre ensuite en technétium 99m : $^{99}_{42}\text{Mo} \rightarrow ^{99m}_{43}\text{Tc} + \beta^- + \gamma \quad (4)$

L'abondance naturelle des isotopes du molybdène Mo est fournie ci-dessous :

^{92}Mo	^{94}Mo	^{95}Mo	^{96}Mo	^{97}Mo	^{98}Mo	^{99}Mo	^{100}Mo
15 %	9 %	16 %	17 %	9 %	24 %	0 %	10 %

1. Les hématies : des cellules responsables des troubles liés à la drépanocytose (4 pts)

- 1.1 Citer deux organites, normalement présents chez les cellules animales, que l'on ne retrouve pas dans les hématies.
- 1.2 Expliquer comment l'organisation moléculaire peut impacter l'organisation cellulaire.
- 1.3 Construire un schéma légendé, à l'échelle moléculaire, de la membrane plasmique d'une hématie normale.
- 1.4 Par quel mécanisme la drépanocytose peut-elle amener à une ostéonécrose ?

2. L'imagerie médicale comme outil de diagnostic (2 pts)

- 2.1 Citer le nom des deux techniques d'imagerie médicale que les chercheurs de Côte d'Ivoire ont comparées.
- 2.2 Décrire, en quelques phrases et une seule équation, la technique qui appartient à la médecine nucléaire.

3. La radioactivité, un phénomène au centre de la médecine nucléaire (3 pts)

- 3.1 Déterminer la composition du noyau radioactif de technétium 99 qui est directement utilisé pour une scintigraphie osseuse.
 - 3.2.1 Exploiter les documents pour trouver la valeur de la demi-vie du technétium 99m et celle du technétium 99.
 - 3.2.2 En déduire que la réaction de désintégration (2) ne perturbe pas la mesure au cours de l'examen.
- 3.3 Au bout de combien de demi-vies, la quantité de noyaux de technétium 99m restants dans l'organisme passe-t-elle sous les 5 % du nombre initial de noyaux ?

4. La médecine nucléaire, une astucieuse distribution des rôles entre divers noyaux (2 pts)

- 4.1 L'équation nucléaire (3) correspond-elle à une fusion nucléaire, une fission nucléaire ou une réaction d'un autre type ?
- 4.2 Compléter la figure 1 de L'ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE pour y tracer le diagramme circulaire complet de l'abondance naturelle des différents isotopes de l'élément molybdène, précurseur du technétium. Les calculs nécessaires seront présentés sur la copie. On rappelle qu'un cercle complet dessine un angle de 360°. L'usage d'un rapporteur n'est pas nécessaire.

La réaction nucléaire (3) pose de lourds problèmes : bâtiments aux normes de l'industrie nucléaire, nécessité d'utiliser de l'uranium hautement enrichi analogue à celui utilisé pour les armes nucléaires, complexité du traitement chimique de purification avant d'obtenir un produit de qualité pharmaceutique, etc. D'autres voies d'obtention du technétium 99m, plus simples et plus sécurisées, sont à l'étude.

- 4.3 A partir d'une donnée, justifier que, en l'absence de la découverte d'un autre procédé, la médecine nucléaire n'ait pas eu d'autre choix que d'exploiter la réaction (3) pendant des décennies malgré tous ses inconvénients.

Exercice 2 (10 points)

L'histoire de l'exploitation des algues maritimes : un exemple de couplage entre science, industrie et société.

Historiquement, les algues furent exploitées par les populations vivant près de la mer pour fertiliser les sols agricoles et pour fabriquer du carbonate de sodium (appelée soude par les anciens chimistes). Cette « soude » fut utilement employée dans l'industrie du verre, du textile, du savon et de l'iode pharmaceutique. Néanmoins, les algues vinrent à manquer pour l'utilisation en tant qu'engrais.

Les procédés industriels Leblanc (1791) et Solvay (1863) eurent raison de la méthode traditionnelle en diminuant son coût et son impact sur la ressource en algues. Les « nitrates de soude » du Chili, encore plus concurrentiels, ont définitivement fait abandonner la fabrication de carbonate de sodium à partir de végétaux.

Actuellement, les algues servent de base à une exploitation de plus haute valeur ajoutée. On peut citer par exemple l'usage des alginate en cosmétique ou la recherche de produits phytosanitaires biosourcés.

Document 1 : l'exploitation des algues (ou goémon) à l'époque pré-industrielle

(d'après Wikipédia)



Brûlage des algues en Bretagne vers 1700



Vestiges de fours à goémon

L'île de Sieck a abrité une flottille de bateaux pour le ramassage d'algues. Au début du XIXe siècle, un chimiste français, Bernard Courtois isola une substance nouvelle dans les cendres d'algues marines, l'iode, qui présentait de précieuses propriétés antiseptiques. Sur les côtes du Finistère se développa une nouvelle activité pour ramasser et brûler les algues.

La vente de cendres d'algues faisait vivre bon nombre de familles pauvres. Pour répondre à la demande croissante, des équipages de marins gagnèrent les îles côtières. Ils arrivaient sur l'île au début mai et ne regagnaient leurs foyers qu'à la fin de l'automne.

Le ramassage des algues se faisait à basse mer pour pouvoir accéder à certaines variétés d'algues dites laminaires, riches en iode et poussant à la limite des plus basses marées. Il fallait utiliser des bateaux pour cela. Elles étaient ensuite séchées et brûlées dans des fours à goémon pour obtenir des « pains de soude ». Ces blocs étaient vendus à des usines qui en extrayaient l'iode.

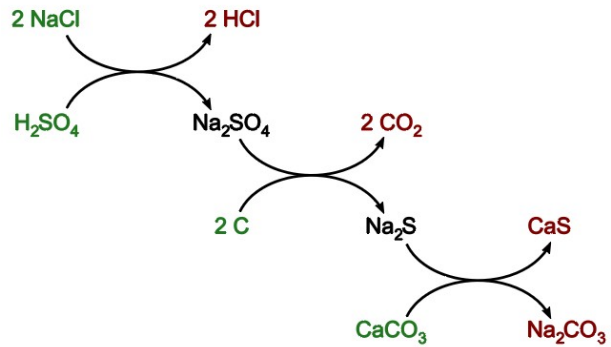
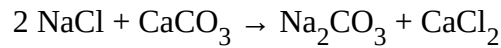


Document 2 : Epoque industrielle

On représente ci-contre les trois réactions chimiques du procédé Leblanc (1791) pour fabriquer l'ancienne « soude » appelée actuellement *carbonate de sodium* Na_2CO_3 .

Le procédé nécessite un chauffage à $950\text{ }^\circ\text{C}$.

Le bilan global des réactions chimiques dans le procédé Solvay (1863) à $200\text{ }^\circ\text{C}$ est :



Document 3 : le chlorure de sodium solide

Il s'agit de l'espèce qui constitue le sel de table commun.

Elle est formée de deux entités : l'ion sodium Na^+ et l'ion chlorure Cl^- .

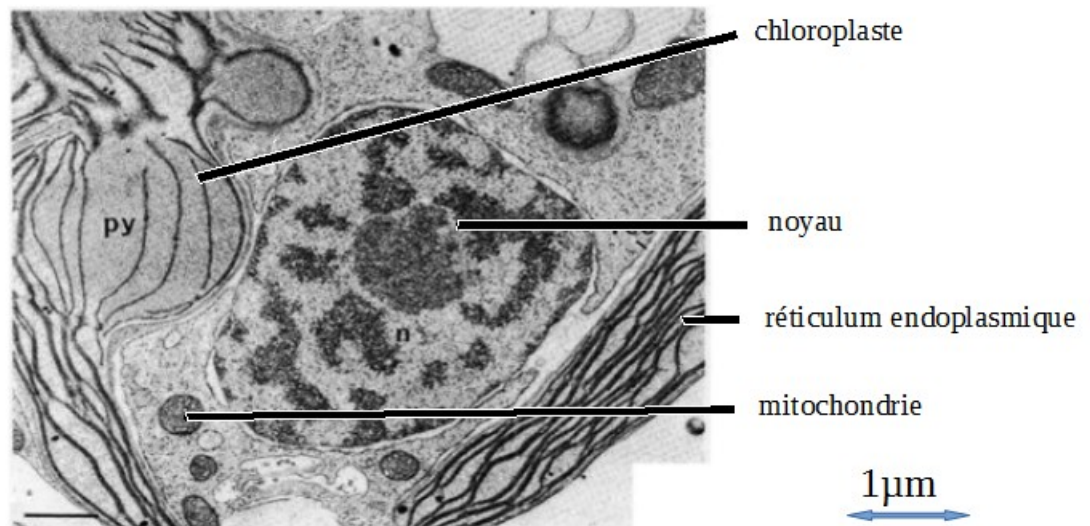
A l'échelle atomique, les ions Cl^- forment une *structure cristalline à maille cubique à faces centrées* (dite maille CFC). Les ions Na^+ se situent *au centre de chaque arête de cube et au centre du cube*.

Données :

- rayon de l'ion chlorure Cl^- : $R_- = 1,81 \times 10^{-10} \text{ m}$
- rayon de l'ion sodium Na^+ : R_+ valeur non fournie
- paramètre de maille (longueur du côté du cube maille) : $a = 5,64 \times 10^{-10} \text{ m}$
- masse de l'ion Na^+ : $m = 3,8 \times 10^{-26} \text{ kg}$
- masse de l'ion Cl^- : $m' = 5,9 \times 10^{-26} \text{ kg}$

Document 4 :

Cliché réalisé sur une algue brune.



Document 5 : un produit bio-sourcé, le IODUS 40

D'après www.staehler.ch

Il s'agit d'un produit phytosanitaire, bio-stimulateur des défenses naturelles contre les maladies fongiques dans le blé, l'épeautre et l'orge.

Iodus 40 est obtenu à partir d'extraits de l'algue *Laminaria digitata*. La laminarine, principe actif de *Iodus 40*, ressemble à une substance contenue dans la paroi des champignons nocifs pour les plantes. La plante réagit à ce leurre et mobilise ses défenses naturelles.

Cette réaction, analogue à une vaccination, prépare la plante aux attaques ultérieures.



Toutes les réponses doivent être justifiées sauf mention contraire.

1. Méthodes successives d'exploitation des algues (2 points)

- 1.1 Quelle espèce chimique, présente notamment dans les algues maritimes, sert de réactif de départ au procédé Leblanc et au procédé Solvay pour la fabrication de l'ancienne soude (carbonate de sodium) ?
- 1.2 Dans l'eau de mer et dans les milieux cellulaires des algues, cette espèce chimique est à l'état dissous. Après séchage complet des algues à l'air, dans quel état physique précis se trouve cette espèce ?
- 1.3 Justifier à partir des informations fournies que le procédé Solvay semble bien moins coûteux énergétiquement et économiquement que le procédé Leblanc aujourd'hui abandonné.
- 1.4 En quoi peut-on dire que le produit *Iodus 40* est bio-sourcé, c'est-à-dire qu'il exploite une ressource et un mécanisme, tous deux biologiques ?

2. Une unité d'organisation d'une algue marine : la cellule (2 points)

- 2.1 Indiquer le moyen d'observation utilisé pour obtenir la photographie du document 4.
- 2.2 Calculer la taille du noyau. Le détail des calculs est attendu.
- 2.3 Un milieu biologique vivant peut-il contenir des cristaux ? Si oui, donner un exemple.

3. Une unité d'organisation d'un solide : la maille cristalline (4 points)

3.1 A l'aide de ses connaissances et d'un document, compléter la figure 2 de l'ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE en y dessinant, **en bleu ou en noir**, les ions chlorures Cl^- uniquement. On ne représentera pas les ions sodium Na^+ pour l'instant. On ne demande pas de justification.

Un solide formé uniquement d'anions chlorure Cl^- ne peut pas être stable car les ions se repousseraient et s'écarteraient les uns des autres. Des ions positifs sont nécessairement présents dans la structure.

3.2 Compléter la figure 2 de l'annexe en y dessinant les ions sodium Na^+ dans une nouvelle couleur (éviter le rouge, réservé au correcteur). Légénder la figure. On ne demande pas de justification.

3.3 Dénombrer les ions chlorures Cl^- présents à l'intérieur d'une maille cristalline cubique à faces centrées. Le détail du calcul est attendu.

3.4 On admet qu'une maille cristalline de chlorure de sodium contient 4 ions Na^+ en plus des ions Cl^- comptés à la question précédente.

Justifier alors la formule chimique du chlorure de sodium solide : NaCl .

3.5 On rappelle que le contact entre les ions Na^+ et les ions Cl^- se fait le long d'une arête du cube. Calculer, en mètres, la valeur du rayon noté R_+ d'un ion Na^+ .

3.6 Calculer, en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$, la valeur de la masse volumique ρ du solide NaCl .

4. Question de synthèse (2 points)

Rédiger un paragraphe argumenté de quelques lignes permettant d'expliquer en quoi l'évolution des méthodes pour exploiter les algues maritimes ont très probablement eu des conséquences sur certaines sociétés humaines et sur l'environnement.

ANNEXE A DETACHER DU SUJET ET A RENDRE AVEC LA COPIE

L'annexe doit être rendue dans tous les cas, même non complétée.

NOM :

Figure 1 : Diagramme circulaire à compléter

Ce disque est gradué par secteurs angulaires de 10° d'angle.

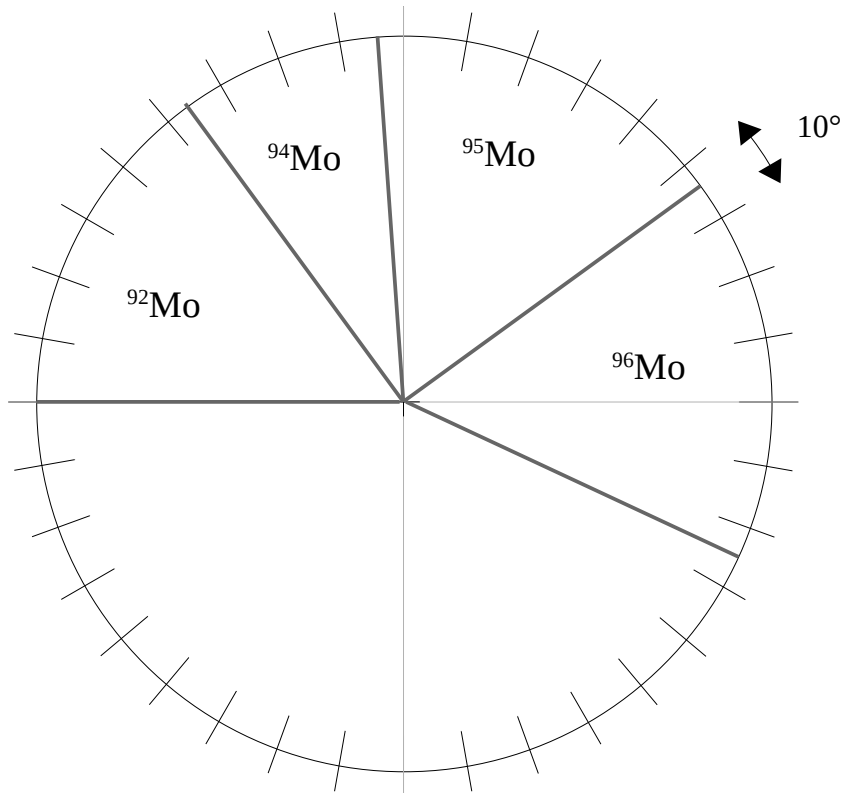


Figure 2 : Préforme cubique représentée en perspective cavalière

Cette figure est destinée à aider le candidat à dessiner la structure cristalline demandée.

