

SPC - DST n°1

Terminale Spécialité physique

**T5 : Mme Jobbe-Duval
T6 : Mme Brandt
T7 : Mr Michelin
T8 : Mme Bougrit
T9 : Mme Henry-Rechstein
T10 : Mme Duval**

Lundi 23 septembre 2024

Calculatrice autorisée en mode examen - Durée 3 h 30

Ce sujet comporte 10 pages dont une annexe à rendre avec la copie

Barème indicatif : Ex1 (5,5 pts) ; Ex2 (4,5 pts) ; Ex3 (10 pts)

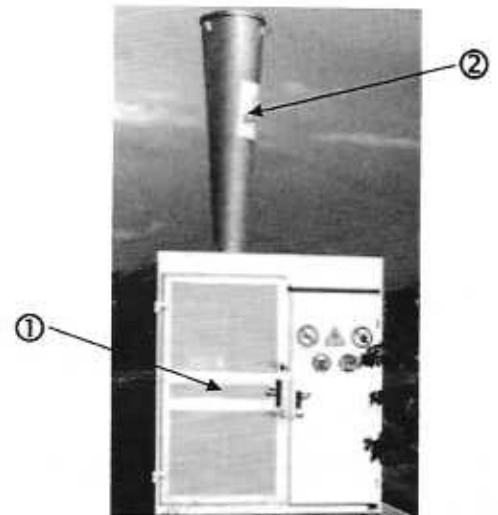
EXERCICE 1 : Sécurité acoustique

Le réchauffement climatique a un impact sur la fréquence et l'intensité des épisodes de grêle. « Une fréquence augmentée de 30 %, une intensité augmentée en moyenne de 10 % à 15 % », assure Jean Jouzel, climatologue et ancien membre du GIEC.

Afin de protéger leurs cultures des dégâts que peut engendrer la grêle, certains agriculteurs ont opté pour l'installation de canons anti-grêle (photographie ci-contre).

Il s'agit de générateurs d'ondes de choc brèves, composés d'une chambre d'explosion (1) et d'un diffuseur conique (2).

Le principal inconvénient de ce type d'installation est la nuisance sonore liée aux explosions bruyantes qui se succèdent quand un orage est annoncé. Dans cet exercice, nous allons nous intéresser aux questions suivantes : de quel ordre est le risque sonore lié à l'utilisation du canon anti-grêle pour une personne qui habite ou travaille à proximité ? Peut-on le prévenir à l'aide d'un dispositif nommé « silencieux », installé sur le canon ?



<https://www.francebleu.fr>

Données :

- Puissance acoustique d'un canon anti-grêle : $P = 503 \text{ W}$
- Pour une source sonore ponctuelle, l'intensité sonore I à une distance d de la source est reliée à la puissance sonore P de cette source par la relation : $I = \frac{P}{4\pi \times d^2}$
- Intensité sonore de référence : $I_0 = 1,00 \times 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$

1. Risque sonore du canon anti-grêle

On se propose d'étudier le risque sonore du canon anti-grêle pour une personne qui travaille ponctuellement à proximité afin de la conseiller sur des actions de prévention.

Q1. Calculer la valeur de l'intensité sonore I_1 perçue par un travailleur situé à une distance $d_1 = 1,00 \text{ m}$ du canon anti-grêle.

Q2. Montrer que le niveau d'intensité sonore L_1 à la distance $d_1 = 1,00 \text{ m}$ du canon vaut $L_1 = 136 \text{ dB}$.

Q3. À l'aide du document 1, page 3, indiquer quels conseils donner à une personne exposée au bruit qui travaille dans un périmètre d'un mètre autour d'un canon anti-grêle en fonctionnement.

Document 1 - Valeurs limites d'exposition

Exposition quotidienne pendant 8 h	Bruits courts	Actions requises
Quel que soit le niveau		Pas d'obligation à mettre en place des actions spécifiques. Évaluation du risque. Suppression ou réduction au minimum des risques liés à l'exposition au bruit.
Supérieur ou égal à 80 dB et inférieur à 85 dB	Supérieur ou égal à 135 dB et inférieur à 137 dB	Mise à disposition de protections individuelles contre le bruit (PICB). Information et formation des travailleurs sur les risques et les PICB. Examen audiométrique préventif proposé.
Supérieur ou égal à 85 dB et inférieur 87 dB	Supérieur ou égal à 137 dB et inférieur 140 dB	Mise en œuvre d'un programme de mesures de réduction d'exposition au bruit. Signalisation des endroits concernés et limitation d'accès. Port obligatoire des PICB. Contrôle du port effectif des PICB. Examen audiométrique préventif régulier.
Supérieur ou égal à 87 dB	Supérieur ou égal à 140 dB	Signalisation des endroits concernés, limitation et contrôle des accès. Adoption immédiate de mesures de réduction du bruit.

D'après https://www.cnam.fr/wp-content/uploads/2019/12/bruit_et_reglementation.pdf

On se propose maintenant d'étudier le risque sonore du canon anti-grêle pour un habitant du secteur, exposé de manière continue au bruit du canon.

Sur le plan ci-dessous, on note C la position du canon anti-grêle et H la position de l'habitant dans son habitation. On note d_2 la distance entre le canon et l'habitation ($d_2 = HC$).



Echelle : 1,00 cm correspond à 100 m

On admettra que $L_2 = L_1 - 20 \times \log \left(\frac{d_2}{d_1} \right)$

Q4. À l'aide du plan, déterminer la valeur de la distance d_2 et en déduire la valeur du niveau d'intensité sonore L_2 d'une détonation entendue au niveau de l'habitation H.

Q5. Déterminer si les détonations du canon anti-grêle présentent un risque sonore pour les habitants de l'habitation H et expliquer pourquoi.

Le niveau d'intensité sonore n'est pas le seul facteur de risque. On appelle émergence sonore ε_s la modification du niveau d'intensité sonore ambiant du fait d'un bruit soudain. L'émergence sonore peut entraîner une augmentation du stress.

En première approche, on peut évaluer l'émergence sonore par la différence de niveau d'intensité sonore entre un son ponctuel et le son ambiant. Le code de la santé publique indique que l'émergence sonore ne doit pas dépasser +5 dB le jour et +3 dB la nuit.

Ces éléments vont permettre d'affiner l'étude du risque acoustique autour de l'habitation. Le niveau d'intensité sonore moyen ambiant autour de l'habitation H, L_H , vaut $L_H = 65$ dB. Au moment d'une explosion du canon, le niveau d'intensité sonore de la détonation entendue au niveau de l'habitation H, L_2 , est mesuré à $L_2 = 75$ dB.

Q6. Calculer, au niveau de l'habitation, la valeur de l'émergence sonore ε_S due au fonctionnement du canon.

Q7. Commenter ce résultat en considérant les attendus du code de la santé publique.

2. Réduction d'un risque au moyen d'un silencieux

Afin de résoudre les risques étudiés précédemment, le canon anti-grêle est équipé d'un silencieux entourant le canon. Ce silencieux est constitué d'un coffrage recouvert à l'intérieur d'un matériau isolant phonique.

Le coefficient d'absorption acoustique C_{abs} d'un matériau servant à l'isolation phonique caractérise sa capacité à atténuer les sons. Plus le coefficient d'absorption acoustique est élevé, meilleure est l'isolation. C'est une grandeur sans unité.

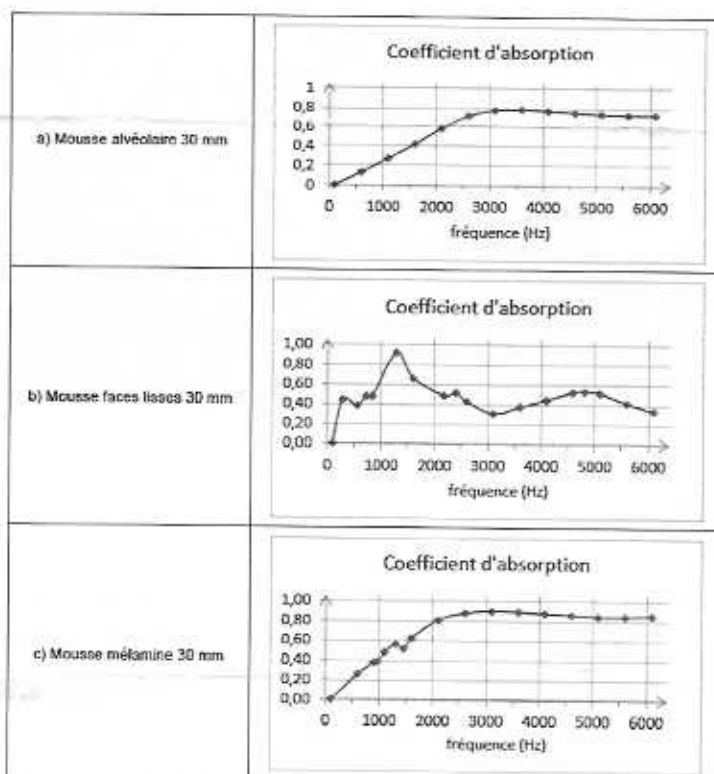
On admet qu'un coup de canon est un son de fréquence f d'environ 1000 Hz.

Q8. Parmi les matériaux présentés dans le document 2, ci-contre, préciser celui qui est le plus adapté pour tapisser les parois du silencieux. Justifier.

Le matériau choisi à la question **Q8** permet en moyenne de réduire de 14 dB la transmission du bruit à travers les parois du canon anti-grêle.

Q9. Déterminer si le canon anti-grêle muni d'un silencieux représente un facteur de risque sonore au niveau de l'habitation H selon les attendus du code de la santé publique. Justifier.

Document 2 - Variation du coefficient d'absorption acoustique C_{abs} de différents matériaux en fonction de la fréquence f du son à absorber, pour une épaisseur de 30 mm de matériau



<https://www.solutions-elastomeres.com/>

EXERCICE 2 : Étude d'un analyseur d'hématologie

Les systèmes robotisés sont très utilisés dans le domaine médical.

L'analyseur d'hématologie est un appareil permettant d'effectuer de manière automatisée une analyse quantitative des cellules contenues dans le sang, en particulier les globules blancs (leucocytes).

Ces derniers peuvent être classés en cinq groupes : les granulocytes neutrophiles, les granulocytes éosinophiles, les granulocytes basophiles, les lymphocytes, les monocytes (tableau 1).

Nom	Image	Diagramme	Proportion	Diamètre	Cytoplasme
Neutrophile			40 à 75 %	12 μm	clair, avec granulations colorables par la mise en évidence de la myéloperoxydase.
Éosinophile			1 à 3 %	12 μm	orangé avec volumineuses granulations acidophiles
Basophile			0 à 1 %	12 μm	avec nombreuses granulations métachromatiques pourpres
Lymphocyte			20 à 40 %	7 μm	mauve, situé en bordure, très minoritaire
Monocyte			2 à 10 %	17 μm	gris bleuté, un peu granuleux

Tableau 1 – Différents types de leucocytes du sang humain et caractéristiques associées. D'après le site Wikipédia <https://fr.wikipedia.org/wiki/Leucocyte>

Un analyseur d'hématologie utilise différents phénomènes physiques, parmi lesquels la diffraction (figure 1). Le principe de la technique consiste à étudier les variations d'intensité lumineuse lorsqu'un faisceau laser traverse une cellule. Il est ainsi possible de déterminer la taille de la cellule à partir de l'image de diffraction obtenue.

L'objectif de cet exercice est de comprendre comment la taille d'une tache de diffraction permet de déterminer la dimension d'une cellule.

Données : Théorème de Babinet : deux objets sont complémentaires si les parties opaques de l'une correspondent à des parties transparentes de l'autre et inversement. Les figures de diffraction de deux objets complémentaires sont semblables.

La figure de diffraction d'un faisceau laser par une cellule est donc similaire à celle obtenue avec un trou circulaire de même diamètre. Elle peut être schématisée par l'illustration ci-après :

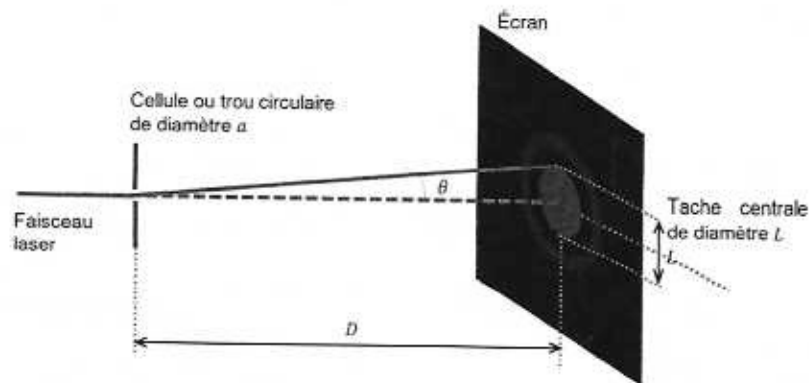


Figure 1 - Diffraction d'un faisceau laser par un trou circulaire ou une cellule

En se plaçant dans l'approximation des petits angles, la relation entre l'angle caractéristique de diffraction θ , la longueur d'onde λ du laser et le diamètre a de la cellule ou trou peut s'écrire : $\theta = 1,22 \frac{\lambda}{a}$

1. Par des considérations géométriques, établir la relation entre l'angle caractéristique de diffraction θ , le diamètre L de la tache centrale de diffraction et la distance D séparant le capteur de la cellule ou du trou diffractant.
2. En se plaçant dans l'approximation des petits angles, telle que $\tan \theta \approx \theta$, montrer qu'on peut écrire :

$$a = \frac{2,44 \times D \times \lambda}{L}$$

Le principe de la mesure effectuée par un analyseur d'hématologie peut être reproduit en laboratoire. Une cellule placée sur le trajet d'un faisceau laser de longueur d'onde $\lambda = (635 \pm 1) \text{ nm}$, génère une figure de diffraction dont la tache centrale a un diamètre $L = (45 \pm 1) \text{ mm}$ sur un capteur placé à une distance $D = (350 \pm 1) \text{ mm}$ de la cellule.

3. Déterminer la valeur de la taille de la cellule notée a_{exp} avec trois chiffres significatifs.

L'incertitude-type sur la taille de la cellule est donnée par l'expression suivante :

$$u(a) = a_{\text{exp}} \times \sqrt{\left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{u(L)}{L}\right)^2}$$

avec $u(D) = u(L) = 1 \text{ mm}$ et $u(\lambda) = 1 \text{ nm}$

4. Déterminer la valeur de l'incertitude-type $u(a)$ puis écrire la valeur de la taille a de la cellule sous la forme : $a = a_{\text{exp}} \pm u(a)$ avec un nombre correct de chiffres sur la valeur de a_{exp} .

Le résultat d'une mesure x est considéré en accord avec une valeur de référence x_{ref} si la valeur du quotient $\frac{|x - x_{\text{ref}}|}{u(x)}$ est inférieure ou égale à 2, avec $u(x)$, l'incertitude-type associée.

5. Emettre une hypothèse sur la nature de la cellule analysée. Valider cette hypothèse par un calcul.

EXERCICE 3 : Les ions ferreux essentiels pour le transport du dioxygène dans le sang

Transportées par les globules rouges, les molécules d'hémoglobine assurent, par la circulation sanguine, l'apport du dioxygène aux différents organes des animaux vertébrés.

L'hémoglobine est un assemblage de quatre sous-unités qui abritent chacune une structure chimique particulière nommée hème. Chaque hème contient un ion ferreux Fe^{2+} . Cet ion ferreux Fe^{2+} est responsable de la fixation d'une molécule de dioxygène.

Certains polluants ou toxines présents dans le sang peuvent oxyder les ions ferreux Fe^{2+} en ions ferriques Fe^{3+} qui n'ont pas la capacité de fixer le dioxygène. Il est donc important que l'élément fer de l'hème ne soit pas oxydé et reste sous la forme d'ion Fe^{2+} .

Dans cet exercice, on étudie d'abord l'oxydation des ions ferreux en ions ferriques. Ensuite, une méthode de dosage de l'hémoglobine dans le sang et le traitement d'une carence en fer sont abordés.

1. Oxydation des ions ferreux.

Une expérience est menée en laboratoire pour illustrer la capacité de l'ion permanganate à oxyder les ions ferreux.

Dans un bécher contenant $V_1 = 40 \text{ mL}$ d'une solution de sulfate de fer(II) ($\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$) de concentration en quantité de matière $C_1 = 2,5 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, on introduit $V_2 = 20 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse acidifiée de permanganate de potassium ($\text{K}^+(\text{aq}) + \text{MnO}_4^-(\text{aq})$) de concentration en quantité de matière $C_2 = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Données :

➤ Couples oxydant/réducteur :

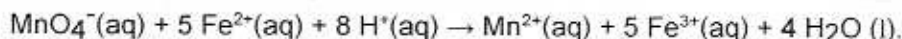
- $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) / \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$;
- $\text{MnO}_4^-(\text{aq}) / \text{Mn}^{2+}(\text{aq})$

1.1. Identifier l'oxydant et le réducteur consommés et ceux qui sont produits.

1.2. On souhaite modéliser la transformation par une réaction d'oxydoréduction.

1.2.1. Écrire la demi-équation électronique associée à chaque couple.

1.2.2. En déduire que l'équation de la réaction s'écrit :



1.2.3. Justifier, à l'aide des données, que $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$ et $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ sont introduits en proportions stœchiométriques dans le mélange initial.

Un programme permet de visualiser l'évolution des quantités de matière des ions permanganate et des ions ferreux dans le système précédent en fonction de l'avancement de la réaction noté x .

Représentations graphiques de l'évolution des quantités de matière calculées par le programme :

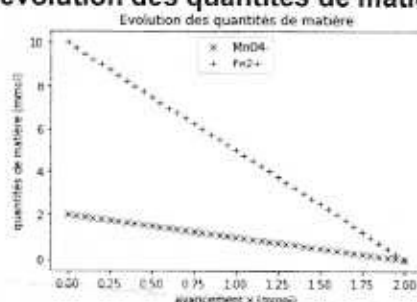


Figure 1 : Évolution des quantités de matière en fonction de l'avancement

1.3. Établir un tableau d'avancement de la réaction.

1.4. Vérifier que la valeur de l'avancement maximal est compatible avec le tracé de la figure 1.

1.5. Déduire du tableau d'avancement l'expression de la quantité de matière des ions $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ en fonction de l'avancement.

1.6. Sur la figure 1 reproduite en ANNEXE à rendre avec votre copie, tracer la représentation graphique de l'évolution de la quantité de matière d'ions $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$.

2. Dosage de l'hémoglobine et traitement d'une carence en fer

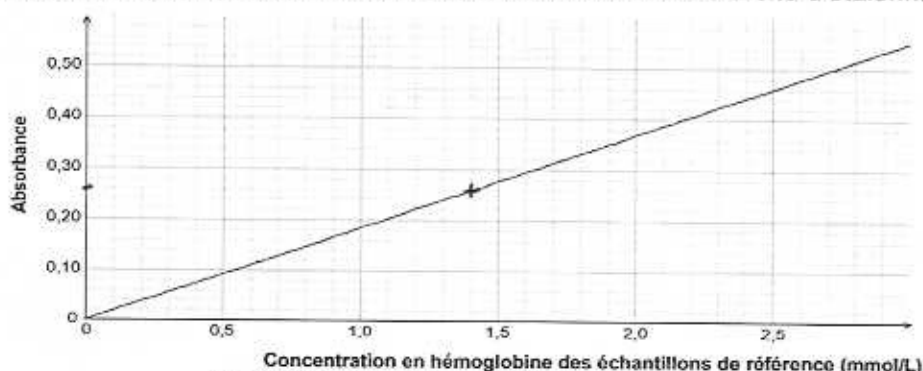
Quand l'organisme souffre d'une carence en fer, les hèmes contenus dans les globules rouges qui contiennent des ions Fe^{2+} ne sont plus suffisamment nombreux. Le taux d'hémoglobine est alors trop faible pour assurer une oxygénation normale des organes. Un dosage du taux d'hémoglobine permet de diagnostiquer une éventuelle carence et de prescrire un traitement adapté aux besoins.

Principe du dosage de l'hémoglobine dans le sang par la « méthode de Drabkin »

Le réactif de Drabkin permet de transformer l'hémoglobine d'un échantillon de sang en cyanméthémoglobine. On réalise ensuite un dosage spectrophotométrique de la cyanméthémoglobine dans l'échantillon analysé.

Protocole simplifié du dosage :

- ajout de 5 mL du réactif de Drabkin dans 20 μL d'échantillon de sang analysé ;
- mesure de l'absorbance A de la solution obtenue à une longueur d'onde de 546 nm ;
- ajout de 5 mL du réactif de Drabkin dans 20 μL d'échantillons de référence de concentrations connues en hémoglobine. Mesures d'absorbances et tracé d'une droite d'étalonnage (figure 2).

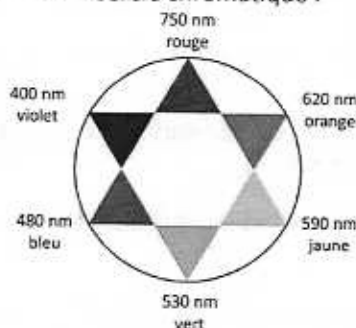


D'après <https://www.studocu.com/fr-be/document/haute-ecole-louvain-en-hainaut>

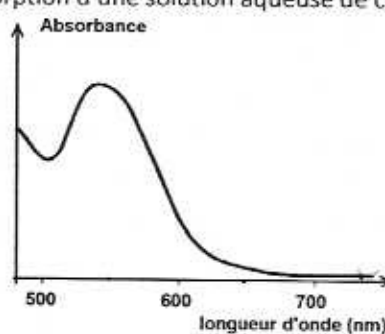
Figure 2

Données

➤ Cercle chromatique :



➤ Spectre d'absorption d'une solution aqueuse de cyanméthémoglobine :



D'après [basicmedicalkey.com](https://www.basicmedicalkey.com)

➤ Masses molaires :

- hémoglobine : $M(\text{Hb}) = 64,10^3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$;
- soufre : $M(\text{S}) = 32,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; oxygène : $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; fer : $M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

➤ Tableau de référence de diagnostic d'une carence en fer

Concentrations en masse en hémoglobine du sang permettant de diagnostiquer une carence en fer :

Taux d'hémoglobine en g par litre de sang	Taux normaux	Carence légère	Carence modérée	Carence sévère
Homme (> 15 ans)	135 - 175 g/L	110 - 130 g/L	80 - 110 g/L	< 80 g/L
Femme (>15 ans)	115 - 155 g/L	100 - 110 g/L	70 - 100 g/L	< 70 g/L

Rapport 2016 de l'Organisation mondiale de la santé (OMS)

« Évaluation de l'importance de la malnutrition par carence en micronutriments sur le plan de la santé publique »

➤ **Recommandations pour le traitement d'une carence en fer :**

Dans le cas d'une carence en fer chez les femmes, le traitement préconisé est un apport quotidien équivalent à 50 mg d'ions Fe^{2+} en carence légère et à 100 mg pour une carence modérée. Chez les hommes, l'apport doit être de 100 mg pour une carence légère et 200 mg pour une carence modérée.

Rapport 2016 de l'Organisation mondiale de la santé (OMS)

➤ **Extrait de l'étiquette d'un médicament pour traiter une carence en fer :**

comprimés pour traitement curatif ou préventif d'une carence en fer ;

principe actif : Fer sous forme de sulfate ferreux desséché (FeSO_4) ;

composition : Sulfate ferreux desséché 136,00 mg par comprimé.

Extrait étiquette Timoférol

2.1. Prévoir la teinte d'une solution aqueuse de cyanméthémoglobine.

2.2. Expliquer le choix de la longueur d'onde de mesure d'absorbance.

2.3. Un échantillon de sang d'une femme est analysé par la méthode de Drabkin et l'absorbance mesurée est de $A = 0,26$.

2.3.1. Indiquer si une carence en fer est diagnostiquée.

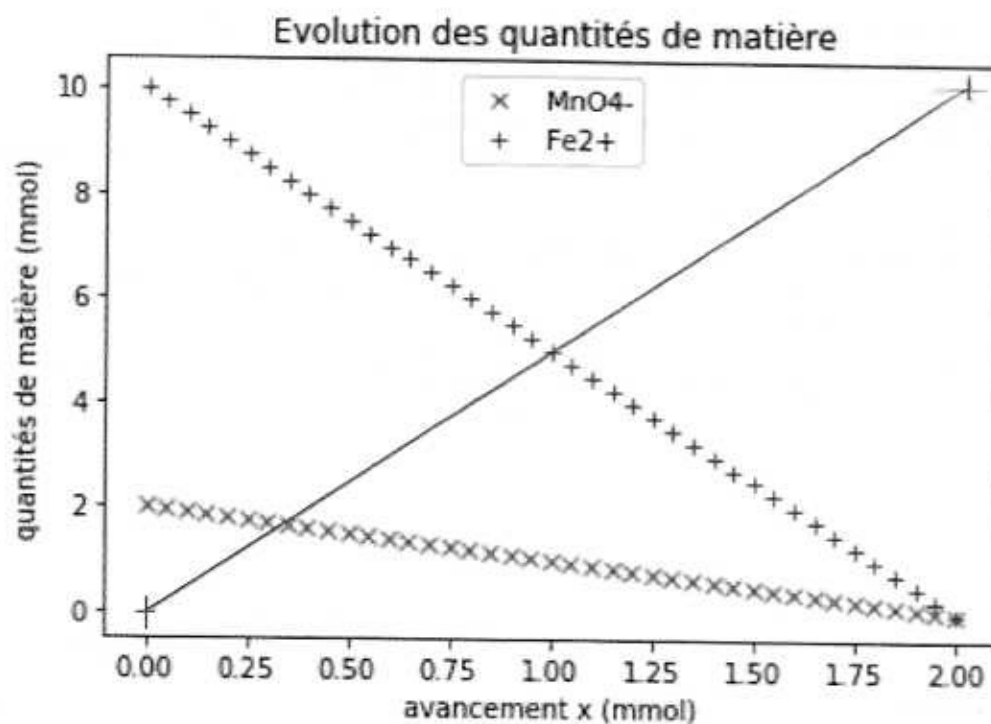
2.3.2. Proposer un traitement adapté en déterminant le nombre de comprimés de sulfate ferreux desséché à prescrire par jour.

NOM : NGUYEN KHAC *Matteo*

T9

ANNEXE à rendre avec la copie

EXERCICE 3



0,25

Figure 1 : Évolution des quantités de matière en fonction de l'avancement