



Calculs rénaux : formation, détection et traitement

■ Physique-Chimie :

- Constitution de la matière
- Solvants et solutés
- Acides et bases en solution aqueuse
- Ondes mécaniques
- Ondes électromagnétiques.

Les calculs rénaux, communément appelés « pierres aux reins » touchent entre 5 et 10 % de la population française. Ce sont de petites particules solides qui s'accumulent dans les reins ou la vessie et bouchent les canaux urinaires, de manière parfois très douloureuse.

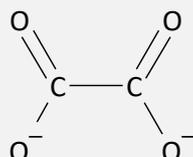
Cet exercice étudie deux types de calculs et une méthode pour les faire disparaître.

Partie 1 : calculs d'oxalate de calcium

DOCUMENT 1 : au sujet de l'oxalate de calcium

L'oxalate de calcium est un solide ionique composé des ions calcium Ca^{2+} et des ions oxalate $C_2O_4^{2-}$. C'est un composé très peu soluble dans l'eau, sa solubilité molaire vaut $s = 5,02 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Une représentation de l'ion oxalate est la suivante :



DONNÉES UTILES

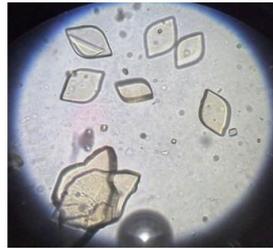
- Masses molaires : $M(Ca) = 40,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(C) = 12,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(O) = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Numéros atomiques : $Z(C) = 6$; $Z(O) = 8$

1. Donner la formule de l'oxalate de calcium et vérifier que sa masse molaire vaut $M = 128,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.
2. En utilisant le document 1, donner une représentation de Lewis de l'ion oxalate.
3. En utilisant la théorie VSEPR, décrire la géométrie de cet ion autour des atomes de carbone.
4. En exploitant la définition de la solubilité molaire, calculer le volume V d'eau nécessaire pour dissoudre un calcul d'oxalate de calcium de masse $m = 20 \text{ mg}$.

DOCUMENT 2 : conseils alimentaires pour prévenir les calculs

Pour prévenir la formation de calculs, il est conseillé de boire au moins 1,5 L d'eau par jour, d'éviter les aliments riches en oxalates (chocolat, noisettes, rhubarbe...) et d'éviter de consommer des laitages et des eaux très minéralisées riches en ions calcium.

5. Justifier d'un point de vue chimique les conseils prodigués dans le document 2.

**Partie 2 : calculs d'acide urique****DOCUMENT 3 : au sujet de l'acide urique et de sa base conjuguée**

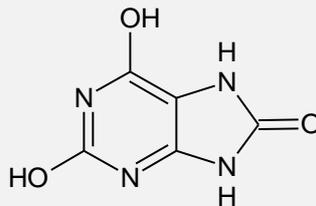
L'acide urique et sa base conjuguée sont issus de la dégradation des protéines. Une des fonctions des reins est de les excréter dans les urines. Ils sont également présents dans le sang (solution tampon dont le pH vaut 7,4). Une trop grande quantité d'acide urique dans les urines (dont le pH varie entre 4,5 et 7,5) peut donner naissance à un calcul d'acide urique.

La concentration en masse d'acide urique doit se situer entre 40 et 60 mg.L⁻¹ pour un homme.

Le pKa du couple Acide urique /ion urate vaut 5,75.

L'acide urique a une solubilité quasi nulle dans l'eau alors que l'ion urate a une solubilité très élevée dans l'eau.

Voici une formule topologique de l'acide urique :

**DONNÉES : masses molaires.**

$$M(H) = 1,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(C) = 12,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(O) = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(N) = 14,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

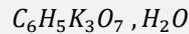
$$M(K) = 39,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

- Donner la formule brute de l'acide urique et de sa base conjuguée l'ion urate.
- Calculer sa masse molaire M .
- Une analyse de sang d'un homme indique une concentration en quantité de matière d'acide urique de valeur $c = 420 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$: ce résultat est-il compris dans l'intervalle de valeurs normales ?
- Définir le terme « solution tampon ».
- Un calcul d'acide urique est-il envisageable dans le sang ? Justifier en étudiant quelle forme (acide urique ou ion urate) prédomine dans le sang.
- Même question dans une urine dont le pH est voisin de 5.

**DOCUMENT 4 : le citrate de potassium, un traitement possible**

Pour prévenir la formation de calculs graves d'acide urique un médicament dont le principe actif est le citrate de potassium dont la particularité est d'augmenter le pH de l'urine.

Dans ce médicament, on trouve la forme monohydratée dont la formule brute est :



Chaque cachet contient 1080 mg de citrate de potassium monohydraté.

La littérature médicale conseille un traitement de 30 mEq d'ions citrate par jour pour un adulte de 70 kg.

Le « milliéquivalent » : 1 mEq = 1 mmol × (nombre de charges de l'ion)

12. Quel est l'intérêt d'augmenter le pH de l'urine ?
13. Sachant que l'ion potassium a pour formule K^+ , donner la formule de l'ion citrate.
14. En considérant que la quantité de matière de citrate de potassium monohydraté dans un comprimé est égale à la quantité de matière d'ions citrates libérés après la prise, calculer le nombre de cachets par jour correspondant à la posologie du document 4.

Le pH de l'urine après la prise de médicament peut être évalué grâce à une bandelette urinaire.

DOCUMENT 5 : zones de virage et teintes d'indicateurs colorés de pH

Indicateur coloré	Couleur de la forme acide	Zone de virage	Couleur de la forme basique
hélianthine	rouge	orange 3,1-4,4	jaune
Vert de bromocrésol	jaune	Vert 3,8-5,4	bleu
Rouge de méthyle	Rouge	Orange 4,4-6,2	jaune
Bleu de bromothymol	Jaune	Vert 5,8-7,6	bleu
Phénolphthaléine	Incolore	Rose 8,1-9,8	rose

15. Donner une définition d'un indicateur coloré de pH.
16. Sachant que le pH de l'urine peut varier entre 4,5 et 7,9, proposer deux indicateurs colorés contenus dans une bandelette urinaire en justifiant vos choix.

Partie 3 : détection et traitement des calculs au Laser Holmium

Certains calculs restent présents malgré un changement d'alimentation et un traitement médicamenteux. Une opération chirurgicale est donc envisagée afin de « pulvériser » le ou les calculs. Certains centres hospitaliers sont équipés pour ces opérations d'une part pour la détection et d'autre part pour le traitement.

■ La détection des calculs

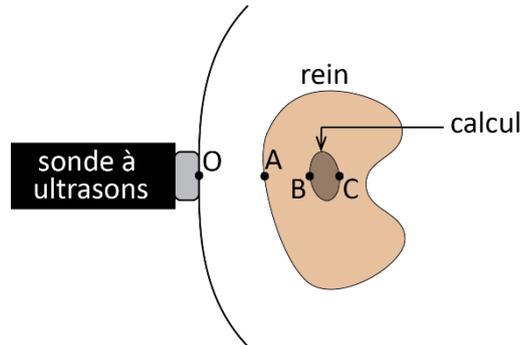
La détection des calculs se fait généralement par échographie : c'est une technique d'imagerie médicale employant des ultrasons. Les sondes utilisées pour l'échographie fonctionnent en émission et en réception d'ondes ultrasonores de fréquences comprises entre 1 et 15 MHz.

Lorsque les ondes ultrasonores émises rencontrent un calcul, elles sont en partie absorbées par les éléments qui composent le calcul et en parties réfléchies vers la sonde.

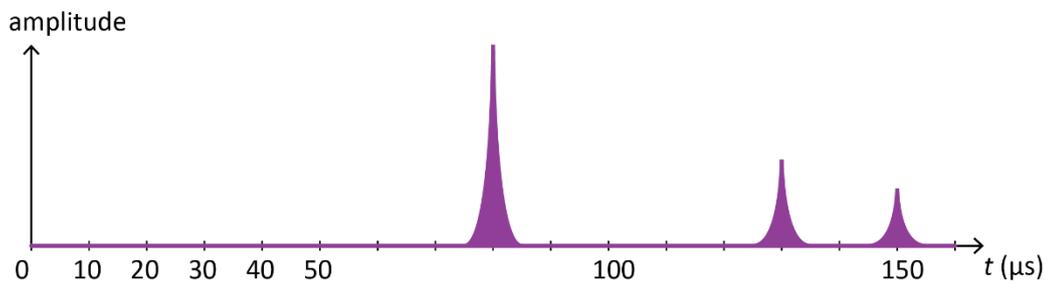


17. La célérité moyenne des ultrasons dans les tissus et le rein vaut $v = 1500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. La longueur d'onde des ondes ultrasonores utilisées vaut $\lambda = 0,5 \text{ mm}$. En déduire leur fréquence.

Voici une représentation schématique (sans souci d'échelle) du dispositif :



L'enregistrement temporel de l'amplitude du signal reçu donne :



18. Calculer la taille du calcul.

■ La détection des calculs

DOCUMENT 5 : au sujet du LASER Holmium.

Le faisceau LASER est véhiculé grâce à une fibre optique jusqu'au calcul. La longueur d'onde associée au rayonnement LASER est de $2,1 \mu\text{m}$.

Une énergie de valeur $E = 0,2 \text{ J}$ permet de pulvériser par vaporisation un calcul de 15 mm en 40 ms .

Donnée : constante de Planck $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.

- 19. À quel type d'onde appartient le rayonnement LASER ?
- 20. Donner la valeur de la vitesse de propagation du rayonnement LASER dans l'air.
- 21. À quel domaine du spectre des ondes précédemment identifiées à la question 20 appartient ce rayonnement ?
- 22. Calculer la fréquence f de ce rayonnement et en déduire l'énergie E d'un photon associé à ce rayonnement.
- 23. Comparer le flux de photons du LASER Holmium (nombre de photons par s) à celui d'un LASER de caisse de supermarché qui est de 10^{16} photons par seconde.