



Calcium et cuisine moléculaire

- **Physique-Chimie** : solvants et solutés
- **Chimie et développement durable** : dosage par titrage direct



toasts de chèvre chaud aux billes d'épinard – Crédit photo : Eric Delacroix – licence CC BY-NC-SA 2.0

Les billes d'épinards qui recouvrent ces toasts au fromage de chèvre ont été obtenues en versant une préparation aux épinards dans un bain glacé de chlorure de calcium, appelé « bain de trempage ».

Le chlorure de calcium, très utilisé en cuisine moléculaire, permet en effet de favoriser la sphérification puis la gélification des petites sphères. Ces sphères prennent alors l'allure de perles avec un cœur liquide parfumé.

Pour la réalisation de sphères parfumées, il est conseillé d'utiliser un « bain de trempage » dont la concentration en masse de chlorure de calcium est comprise entre 10 à 80 g de chlorure de calcium par litre. Si cette concentration n'est pas respectée, les sphères seront trop aplaties.

Partie 1 : à la découverte de l'élément calcium.

DONNÉES utiles à la partie 1

- Abondances de trois isotopes du calcium

Noyau	$^{40}_{20}\text{Ca}$	$^{42}_{20}\text{Ca}$	$^{44}_{20}\text{Ca}$
Pourcentage	97,1 %	0,7 %	2,2 %

- Masse d'un nucléon : $m(\text{nucléon}) = 1,67 \times 10^{-27}$ kg
- Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ mol⁻¹

1. Donner la composition des trois noyaux cités dans le tableau précédent.
2. Justifier que ces trois noyaux sont isotopes.
3. Calculer les masses atomiques en kg, puis en g de chaque isotope. On assimilera la masse d'un atome à celle de son noyau.
4. Définir la masse molaire atomique.
5. Calculer la masse molaire atomique de chaque isotope en g·mol⁻¹.
6. En utilisant les pourcentages donnés ci-dessus, calculer la masse molaire moyenne de l'élément calcium en g·mol⁻¹.
7. Le tableau périodique indique une masse molaire $M(\text{Ca}) = 40,078$ g · mol⁻¹ : commenter le résultat obtenu à la question 6.

**Partie 2 : préparation du bain de trempage.****DONNÉES utiles à la partie 2**■ **Le chlorure de calcium**Formule : $CaCl_2 (s)$

Il s'agit d'un empilement régulier d'ions calcium et d'ions chlorures qui forme un cristal.

■ **Masses molaires atomiques :** $M(Ca) = 40,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ $M(Cl) = 35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

8. Sachant que l'atome de chlore possède 17 électrons, écrire sa structure électronique.
9. Montrer simplement que l'ion stable est l'ion Cl^-
10. En utilisant les données, écrire la formule de l'ion calcium.
11. Écrire l'équation de la réaction modélisant la dissolution du chlorure de calcium solide dans l'eau.

Le bain de trempage utilisé doit avoir pour concentration en masse en chlorure de calcium $c_m = 15,0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

On souhaite réaliser au laboratoire de chimie une solution aqueuse S de chlorure de calcium de volume $V = 100 \text{ mL}$ de ce bain de trempage avec une tolérance inférieure à 3% sur la concentration en quantité de matière.

12. Calculer la masse m de chlorure de calcium à prélever pour réaliser cette solution S.
13. Donner le nom de la technique utilisée et écrire le protocole à mettre en œuvre au laboratoire.
14. Calculer la concentration en quantité de matière c en chlorure de calcium de la solution.
15. En supposant que la dissolution est totale, calculer les quantités de matière $n(Ca^{2+})$ et $n(Cl^-)$ présentes dans la solution aqueuse.
16. Calculer les concentrations en quantité de matière en ions chlorure $[Cl^-]$ et en ions calcium $[Ca^{2+}]$ dans la solution S.

Partie 3 : contrôle de la solution réalisée

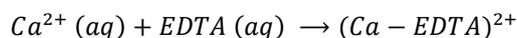
La solution réalisée précédemment est trop concentrée pour effectuer directement un contrôle qualité.

Il faut la diluer 20 fois pour réaliser la solution S' qui sera ensuite contrôlée par titrage.

17. Proposer un protocole pour réaliser un volume $V'=100 \text{ mL}$ de solution S' à partir de la solution S.

On réalise un titrage des ions calcium (réactif titré) par une solution d'EDTA (réactif titrant) dont la concentration vaut : $c(EDTA) = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

La réaction a pour équation :



L'erlenmeyer contient un volume $V = 20,0 \text{ mL}$ de solution S' ainsi que quelques gouttes d'un indicateur coloré permettant de repérer la fin de la réaction.

À l'équivalence la quantité de matière de l'EDTA introduite est égale à la quantité initiale des ions calcium dans le prélèvement de solution S'.

Résultat du titrage : l'équivalence est repérée pour un volume $V_E(EDTA) = 13,6 \text{ mL}$ grâce à un changement de couleur.

18. Calculer la quantité de matière $n_E(EDTA)$ versée à l'équivalence.
19. En déduire la quantité de matière des ions calcium présents dans les 20,0 mL prélevés de solution S'.
20. Calculer la concentration en ions Ca^{2+} de la solution S'.
21. En déduire la concentration en ions Ca^{2+} de la solution S.
22. On rappelle que le bain de trempage doit avoir une concentration voisine de celle calculée à la question 16, avec un écart inférieur à 3%. Conclure sur la qualité de la solution S réalisée au laboratoire

