| ÉVALUATION www.vecteurbac.fr | |
|---|---|
| **CLASSE :** Première<br>**VOIE :** ☒ Générale<br>**DURÉE DE L'ÉPREUVE :** 1h12<br>Sujet 2024 avec maths n°ENSSCIMAT142 et n°ENSSCIMAT143 | **ENSEIGNEMENT : Enseignement scientifique avec enseignement de mathématiques spécifique**<br>**CALCULATRICE AUTORISÉE :** ☒Oui ☐ Non<br>**DICTIONNAIRE AUTORISÉ :** ☐ Oui ☒ Non |

# De l'or pour lutter contre les bactéries

Exercice au choix sur 12 points

Thème « *Une longue histoire de la matière* »

Les antibiotiques sont des substances chimiques capables de tuer les bactéries ou d'empêcher leur reproduction.

La surutilisation des antibiotiques depuis la maîtrise de leur extraction et de leur synthèse a conduit à l'apparition de souches bactériennes résistantes aux antibiotiques connus. La lutte contre la résistance aux antibiotiques est devenue un enjeu majeur de santé publique ces dernières années. Dans ce contexte, les nano-antibiotiques, composés de nanoparticules d'or à la surface desquelles sont greffés des antibiotiques, présentent souvent des propriétés exceptionnelles, allant même jusqu'à contourner les mécanismes de résistance bactérienne.

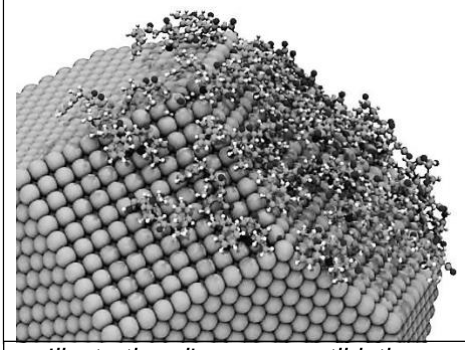


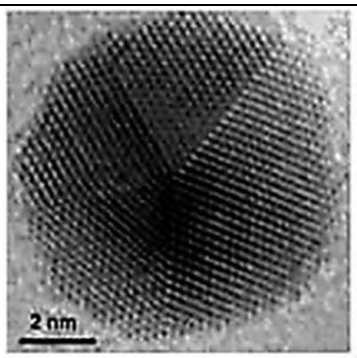
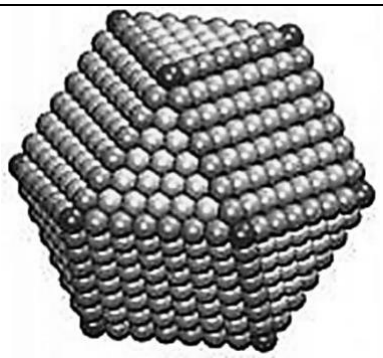
*Illustration d'un nano-antibiotique*

*Source : d'après https://theses.hal.science*

Dans cet exercice, on cherche à étudier la structure des nanoparticules d'or et leur utilisation dans la lutte contre les bactéries.

On rappelle que l'or est l'élément chimique de symbole Au. C'est un métal précieux de couleur jaune et présentant un fort éclat.

**Document 1 : Un nano-objet constitué d'or**

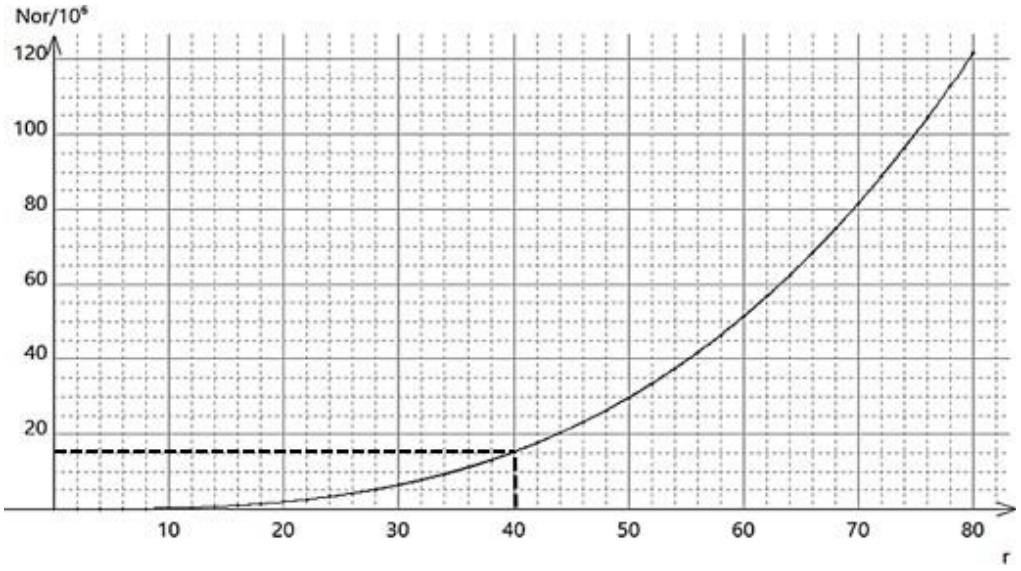
| | |
|---|---|
|  |  |
| *Image au microscope électronique du nano-objet* | *Modèle atomique simplifié du nano-objet (chaque sphère correspond à un atome d'or)* |

*Source : d'après https://rtflash.fr*

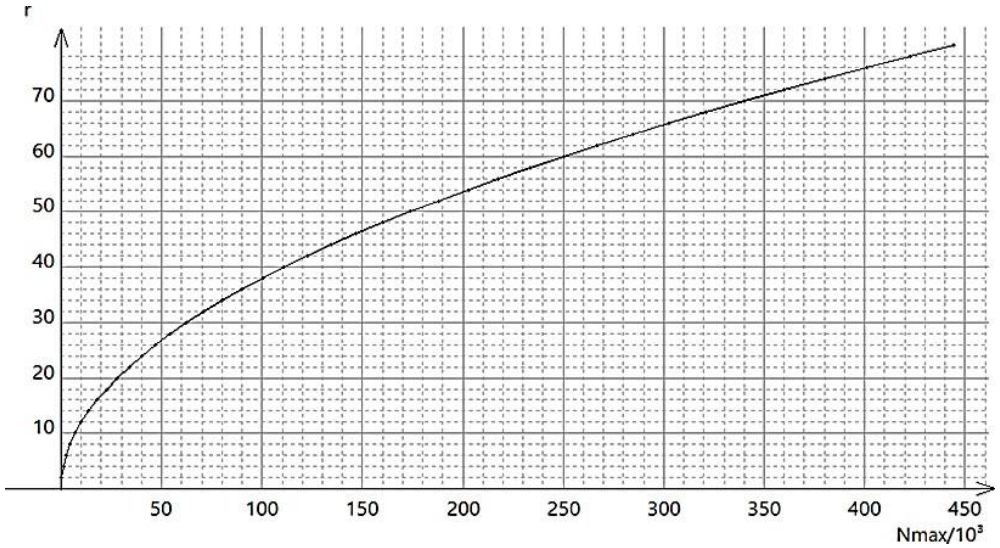
Une nanoparticule est un nano-objet dont la dimension caractéristique est inférieure à 100 nm.

*Source : d'après https://biologiedelapeau.fr*

*Graphique ❶ donnant le nombre d'atomes d'or $N_{or}$ dans une nanoparticule en fonction de son rayon r en nm : $N_{or} = f(r)$*



*Graphique ❷ donnant le rayon r de la nanoparticule en nm en fonction du nombre maximum $N_{max}$ d'atomes d'or utiles en surface : r = f ($N_{max}$)*

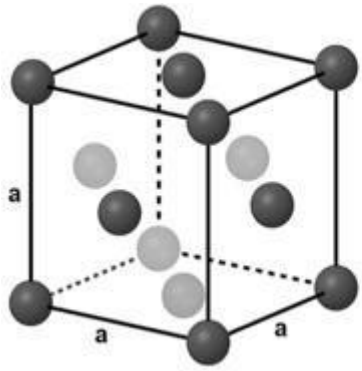



Un atome utile en surface est un atome sur lequel on peut greffer un antibiotique.

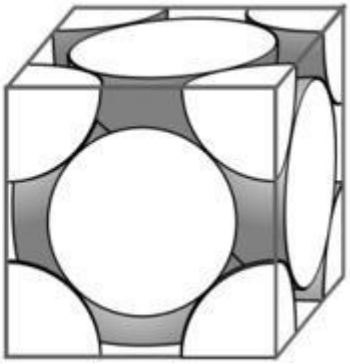
*Source : d'après synthese-de-nanoparticule-dor-et-leur-caracterisation-par-granulometrie-laser.pdf (univ-tlemcen.dz)*

**Document 2 : Organisation microscopique d'une nanoparticule d'or**

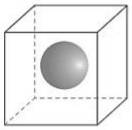
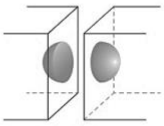
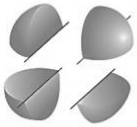
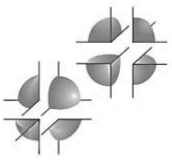
À l'état microscopique, les nanoparticules d'or sont organisées selon un réseau dont les mailles élémentaires sont dites « cubiques faces centrées ». Une maille élémentaire de ce type est représentée ci-dessous de deux manières en perspective cavalière.




a = 408 pm



*Outil pour dénombrer les entités dans une maille :*

| Entité au centre de la maille | Entité au milieu d'une face | Entité au milieu d'une arête | Entité au sommet du cube |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |
| Compte pour 1 | Compte pour $\frac{1}{2}$ | Compte pour $\frac{1}{4}$ | Compte pour $\frac{1}{8}$ |

*Source : d'après https://www.lelivrescolaire.fr/page/5737687*

**Données :**

- Masse d'un atome d'or : $3{,}27\times10^{-25}$ kg
- 1 g = $10^{-3}$ kg
- 1 cm = $10^{-2}$ m
- 1 nm = $10^{-9}$ m
- 1 pm = $10^{-12}$ m
- Volume d'un cube d'arête a : $V = a^3$

**Document 3 : Action de nanoparticules Ampicilline-Or sur quelques souches bactériennes**

L'ampicilline est un antibiotique qui peut être greffé sur des nanoparticules d'or.

| ***Efficacité de l'ampicilline sur différentes souches bactériennes*** | | |
|---|---|---|
| *Souche bactérienne* | *CMI Ampicilline ($\mu g \cdot mL^{-1}$)* | *CMI Ampicilline greffée sur nanoparticule d'or ($\mu g \cdot mL^{-1}$)* |
| Escherichia coli (souche 1) | 125 | 15,6 |
| Escherichia coli (souche 2) | 250 | 62,5 |
| Staphylococcus aureus | 125 | 7,8 |
| Bacillus subtilis | 31 | 7,8 |
| Flavobacterium devorans | 250 | 125 |

CMI : Concentration Minimale Inhibitrice c'est-à-dire la plus petite concentration en antibiotique nécessaire pour bloquer la croissance d'une souche bactérienne.

*Source : d'après Nanotechnology, Volume 31, Issue 21*

**1-** Vérifier que le nano-objet photographié au document 1, sur lequel les atomes sont clairement visibles, est bien une nanoparticule et que celle-ci relève de l'état cristallin.

**2-** Justifier l'appellation « cubique faces centrées » de la maille élémentaire représentée au document 2.

**3-** Montrer que cette maille élémentaire contient 4 atomes d'or et calculer leur masse totale.

**4-** Calculer le volume de cette maille élémentaire.

**5-** Déduire des questions 3- et 4- que la masse volumique d'une maille élémentaire de nanoparticule d'or est égale à celle de l'or métallique à savoir 19,3 $g \cdot cm^{-3}$.

**6-** Une nanoparticule d'or, sur laquelle des antibiotiques peuvent être greffés, a un rayon moyen de 40 nm. Le graphique ❶ du document 1 nous indique qu'une telle nanoparticule est constituée de $15 \times 10^6$ atomes d'or. À l'aide du graphique ❷, préciser dans ce cas le nombre d'atomes d'or utiles en surface.

**7-** Calculer le pourcentage d'atomes d'or utiles en surface d'une nanoparticule de 40 nm de diamètre.

**8-** Louis Pasteur, pionnier de la microbiologie, a affirmé : « Dans la nature, le rôle de l'infiniment petit est infiniment grand ». Commenter cette affirmation en analysant le cas des nanoparticules d'or greffées d'ampicilline, illustré par les documents de l'exercice.