

# Nanosciences et Nanotechnologies

Les couleurs du nanomonde



S. Held

Réf :  
**106 250\_106258**

Français – p 1

Version : 4106

**TP Type – Synthèse de  
nanoparticules d'or**

## 1 Matériel et prérequis

Notions liées : nanomatériaux, nanoparticules, nanochimie, oxydo-réduction, cinétique chimique, dilution, formule et fonction chimique, ...

- 1 erlenmeyer de 100 mL
- 1 bouchon équipé d'un tube réfrigérant
- 1 fiole jaugée de 50 mL
- 1 pipette jaugée de 1 mL
- 1 pipette graduée de 1 mL
- 1 plaque chauffante avec agitation magnétique
- 2 bêchers

Chaque flacon contient 30mL. Ces volumes fournis sont suffisants pour 15 postes.

Les réactifs :

	<p><b>Citrate de sodium à 1% wt</b>  <u>Nom systématique (IUPAC)</u> : trisodium 2-hydroxypropane – 1,2,3- tricarboxylate  <u>Formule chimique</u> : <math>\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7</math>          Le trisodium de citrate peut être obtenu par le mélange de soude et d'acide citrique, on le retrouve très souvent utilisé comme additif alimentaire sous l'appellation E331(iii) où il sert de régulateur d'acidité ou de stabilisant. Il rentre en particulier dans la composition d'un grand nombre de bonbons.</p>
	<p><b>Acide chloraurique</b>  <u>Nom systématique (IUPAC)</u> : acide tetrachloroaurique  <u>Formule chimique</u> : <math>\text{HAuCl}_4</math>          Ce sel d'Or est généralement obtenu par la dissolution d'Or métallique dans une solution d'eau régale (acide chlorhydrique et acide nitrique).</p>

## 2 Introduction

Nous nous proposons dans cette partie de fabriquer des nanoparticules d'or. Pour cela nous utiliserons une synthèse par voie aqueuse qui a été formalisée en 1951 par J.Turkevich. Cette méthode a depuis été plusieurs fois revisitée et améliorée. Bien qu'elle puisse sembler ancienne, elle est toujours largement utilisée car elle permet d'obtenir des nanoparticules d'or entre 15 et 150 nm avec une grande simplicité et rapidité. Son principe repose sur la réduction de l'acide tetrachloroaurique par le citrate de sodium.

### 2.1 Préparation

#### Question : Réaliser une dilution

Comment obtenir à partir de la solution mère à  $10 \text{ mmol.L}^{-1}$  de  $\text{HAuCl}_4$ , 50 mL d'une dilution de  $\text{HAuCl}_4$  à  $0.2 \text{ mmol.L}^{-1}$  ?



**Réponse :**

Lors de la dilution, il y a conservation de la quantité de matière :

$$n_{\text{mère}} = n_{\text{fille}} \text{ donc } C_{\text{mère}} \times V_{\text{mère}} = C_{\text{fille}} \times V_{\text{fille}}$$

Il faut donc prélever 1 mL de la solution mère à l'aide de la pipette jaugée que l'on diluera dans la fiole jaugée de 50 mL.

Mettre à chauffer dans un erlenmeyer la solution obtenue et attendre le début de l'ébullition.

## 2.2 Réduction des ions auriques

Lorsque des bulles commencent à apparaître dans la solution, allumer l'agitateur magnétique. A l'aide de la pipette graduée, ajoutez en une seule fois 0,4 mL de la solution de citrate de sodium à 1%. Observez le changement. Pour fabriquer des nanoparticules d'or, nous avons besoin d'atomes d'or. Il faut donc **réduire** les ions auriques  $\text{Au}^{3+}$ . Mais cette réaction se déroule en 2 étapes.

La première réaction **d'oxydo-réduction** est une réaction **rapide**. Elle permet de réduire les ions  $\text{Au}^{3+}$  en ions aureux  $\text{Au}^+$ .



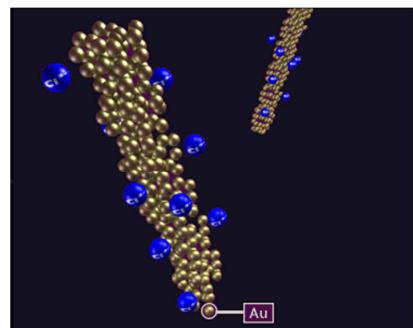
Les ions  $\text{Au}^{3+}$  teintaient la solution en jaune, les ions  $\text{Au}^+$  étant incolores, la solution vire donc soudainement du jaune à l'incolore.



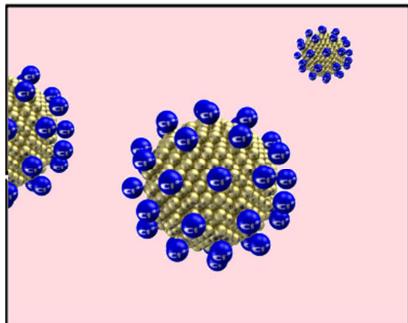
Les ions  $\text{Au}^+$  sont ensuite **réduits** en atomes Au par une réaction cette fois-ci, plus **lente**.



Les atomes d'or s'organisent progressivement en structures désorganisées donnant une teinte grise à violette foncée à la solution.



## 2.3 Formation et stabilisation des nanoparticules



En fin de réaction, les atomes d'or s'organisent en particules sphériques afin de minimiser leur énergie. La croissance et l'agglomération de ces particules sont limitées par la présence d'ions citrates en excès. Ceux-ci, en s'organisant autour des particules, jouent le rôle d'agent de stabilisation et empêchent par répulsion ionique, les particules de se rencontrer.



La solution vire au « rouge rubis », couleur caractéristique de la présence de nanoparticules d'or sphériques d'un diamètre d'environ 20 nm.

### Question : Quantité de matière

Quelle quantité d'or a-t-on utilisé ?

Réponse :

La quantité de matière se calcule à partir de la concentration et du volume de la solution :

$$n_{Au} = C \times V = 0.2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L} = 1 \times 10^{-5} \text{ moles}$$

### Question : Masse d'Or

Quelle est la masse d'or consommée par la réaction ?

Donnée : masse molaire de l'or :  $M_{Au} = 196.97 \text{ g.mol}^{-1}$

Réponse :

Connaissant la masse molaire de l'or et le nombre de moles utilisées, on en déduit la masse d'or :

$$m_{Au} = M_{Au} \times n_{Au} = 196.97 \text{ g.mol}^{-1} \times 1 \times 10^{-5} \text{ mol} = 1.97 \text{ mg}$$

### Question : Nombre de nanoparticules fabriquées lors de la réaction.

Sachant qu'une nanoparticule d'or de 20 nm de diamètre contient environ 175 000 atomes d'Or, quel est le nombre de nanoparticules fabriquées ?

Donnée : Nombre d'Avogadro =  $N_A \rightarrow 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Réponse :

Connaissant le nombre de moles  $n_{Au}$  dans la solution, on peut calculer le nombre d'atomes d'or  $N_{Au}$ , présent à l'aide du nombre d'Avogadro :

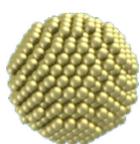
$$N_{Au} = n_{Au} \times N_A = 1 \times 10^{-5} \text{ mol} \times 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \rightarrow 6.022 \times 10^{18} \text{ atomes}$$

Sachant maintenant que chaque particule compte environ 175 000 atomes, on en déduit le nombre de particules  $N_{particules}$  :

$$N_{particules} = \frac{N_{Au}}{175000} \approx 3.44 \times 10^{13}$$

nanoparticules soit environ 34 mille

milliards de nanoparticules



### 3 Pour aller plus loin : couleurs, dimensions et forme

#### 3.1 Couleurs et dimensions



La croissance des nanoparticules durant la synthèse et leur stabilisation par les ions citrate sont deux processus physicochimiques qui rentrent en compétition. En jouant sur les proportions de citrate et de sel d'or lors de la synthèse, on peut espérer privilégier l'un ou l'autre de ces processus et donc moduler le diamètre des nanoparticules obtenues.

Ci-contre, 3 solutions de nanoparticules obtenues pour des rapports entre quantité de citrate et quantité de sel d'or différents, les diamètres des nanoparticules sont d'environ 20 nm, 100 nm, et >100 nm (de gauche à droite).

Il est aussi possible de modifier la taille des nanoparticules que nous venons de synthétiser :

- dans deux bêchers d'eau distillée, diluez 2 mL de la solution rouge rubis obtenue précédemment ;
- dans l'un des bêchers, ajoutez une solution concentrée de chlorure de sodium.

La solution change brutalement de couleur. En ajoutant de nouveaux ions, on a perturbé l'équilibre ionique qui stabilisait les nanoparticules, elles ont alors pu s'agrérer jusqu'à trouver un nouvel équilibre. Ces nouvelles particules ont un diamètre de l'ordre de 100 nm et leur coloration tire sur le bleu et le violet. Nous verrons par la suite comment on peut tirer parti de ce changement de couleur en fonction de la taille pour réaliser des détecteurs biologiques.

#### 3.2 Couleurs et forme



Nous ne nous sommes intéressés jusqu'ici, qu'aux nanoparticules de géométrie sphérique, mais si on observe maintenant des solutions colloïdales de nanoparticules de forme oblongue (ci-contre à gauche), toutes de diamètres identiques (20 nm) mais de longueurs différentes.

Sur ces images, on remarque d'étonnantes changements de couleur.

Contrairement à ce qu'on a l'habitude d'observer dans le monde macroscopique, **la forme et la taille des matériaux dans le nanomonde conditionnent fortement leurs propriétés physiques, y compris optique.**

### 4 Service après-vente

Pour toute question, veuillez contacter :

**JEULIN - SUPPORT TECHNIQUE**  
468 rue Jacques Monod  
CS 21900  
27019 EVREUX CEDEX France  
0 825 563 563\*

\* 0,15 € TTC/min. à partir un téléphone fixe

# Assistance technique en direct

Une équipe d'experts  
à votre disposition  
du lundi au vendredi  
de 8h30 à 17h30

- Vous recherchez une information technique ?
- Vous souhaitez un conseil d'utilisation ?
- Vous avez besoin d'un diagnostic urgent ?

Nous prenons en charge  
immédiatement votre appel  
pour vous apporter une réponse  
adaptée à votre domaine  
d'expérimentation :  
Sciences de la Vie et de la Terre,  
Physique, Chimie, Technologie.

## Service gratuit\*

**0 825 563 563** choix n°3\*\*

\* Hors coût d'appel. 0,15 € TTC/min à partir d'un poste fixe.

\*\* Numéro valable uniquement pour la France métropolitaine et la Corse. Pour les DOM-TOM et les EEE, composez le +33 2 32 29 40 50.

## Aide en ligne

[FAQ.jeulin.fr](http://FAQ.jeulin.fr)

## Direct connection for technical support

A team of experts  
at your disposal  
from Monday to Friday  
(opening hours)

- You're looking for technical information ?
- You wish advice for use ?
- You need an urgent diagnosis ?

We take in charge your request  
immediately to provide you  
with the right answers regarding  
your activity field : Biology, Physics,  
Chemistry, Technology.

## Free service\*

**+33 2 32 29 40 50\*\***

\* Call cost not included.

\*\* Only for call from foreign countries.



468, rue Jacques-Monod, CS 21900, 27019 Evreux cedex, France

Métropole • Tél : 02 32 29 40 00 - Fax : 02 32 29 43 99 - [www.jeulin.fr](http://www.jeulin.fr) - [support@jeulin.fr](mailto:support@jeulin.fr)

International • Tél : +33 2 32 29 40 23 - Fax : +33 2 32 29 43 24 - [www.jeulin.com](http://www.jeulin.com) - [export@jeulin.fr](mailto:export@jeulin.fr)

SAS au capital de 1 000 000 € - TVA intracommunautaire FR47 344 652 490 - Siren 344 652 490 RCS Evreux