L'Or - Cyanuration : dissolution de l'or par l'eau ?

Publié le 01.10.08 | Par Nicolas Lévy

Le minerai aurifère extrait des différentes exploitations contient d'autres composés chimiques qu'il faut séparer de l'or. Après un broyage fin de ce minerai, celui-ci est plongé dans une solution aqueuse de cyanure. Ainsi, l'or contenu dans le minerai se dissout dans la solution cyanurée afin de former les complexes aurocyanures étudiés. Il reste ensuite à traiter cette solution.

1. Or et Oxydation

L'or est qualifié de métal noble du par sa très grande inertie chimique face aux acides ou face à l'oxydation, notamment celle de l'air (dioxygène) ou de l'eau. Les potentiels standards associés aux couples de l'or Au(I)/Au et Au(III)/Au sont en effet très élevés, expliquant cette inertie chimique face aux oxydants. La constante d'équilibre thermodynamique associée à la réaction d'oxydoréduction entre l'or et l'eau ou bien entre l'or et le dioxygène est ainsi très inférieure à 1[1].

Les potentiels standards des couples mis en jeu sont :

$E°(H^+/H_2) = 0,0$ V ; $E°(O_2/H_2O) = 1,23$ V ; $E°(Au^{3+}/Au) = 1,50$ V ; $E°(Au^+/Au) = 1,68$ V.

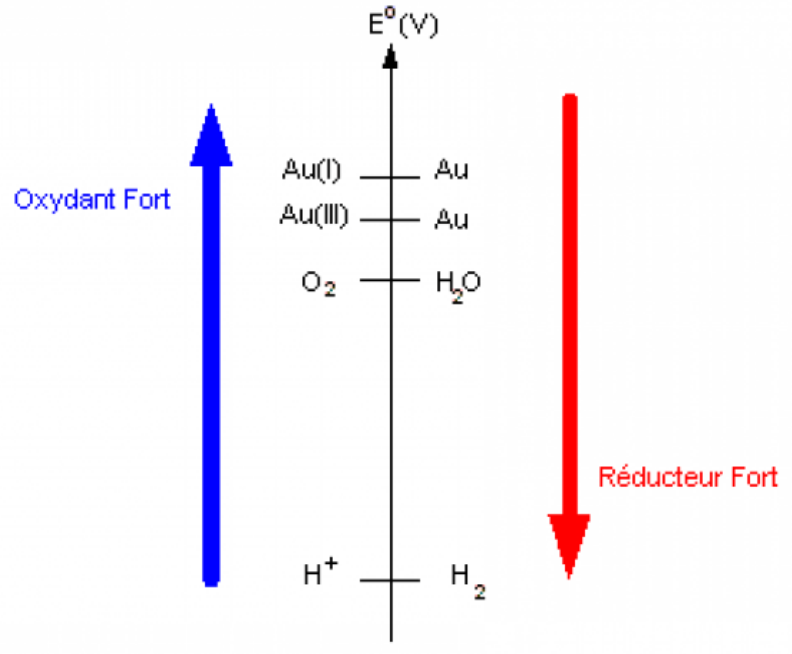


Figure 1 - Echelle des potentiels standard figurant les couples de l'or et de l'eau

L'oxydation de l'or par l'eau ou le dioxygène de l'air est impossible. Le pouvoir réducteur de l'or est trop faible.

Auteur(s)/Autrice(s) : CultureSciences-Chimie – Licence : Pas de licence spécifique (droits par défaut)

2. En présence d'ions cyanure

Si l'on place une feuille d'or à la surface d'une solution aqueuse d'ions cyanure (préparée à partir de cyanure de potassium KCN), on observe la disparition de cette feuille d'or au bout de quelques minutes[2]. L'oxydation de l'or par l'eau est ainsi effective, rendu possible par la diminution du potentiel standard des couples Au(I)/Au et Au(III)/Au par complexation des ions aureux - Au(I) - et aurique - Au(III) - par le cyanure (figure 2). On assiste alors à un renforcement du pouvoir du réducteur conjugué - Au -, perdant ses propriétés de métal noble.

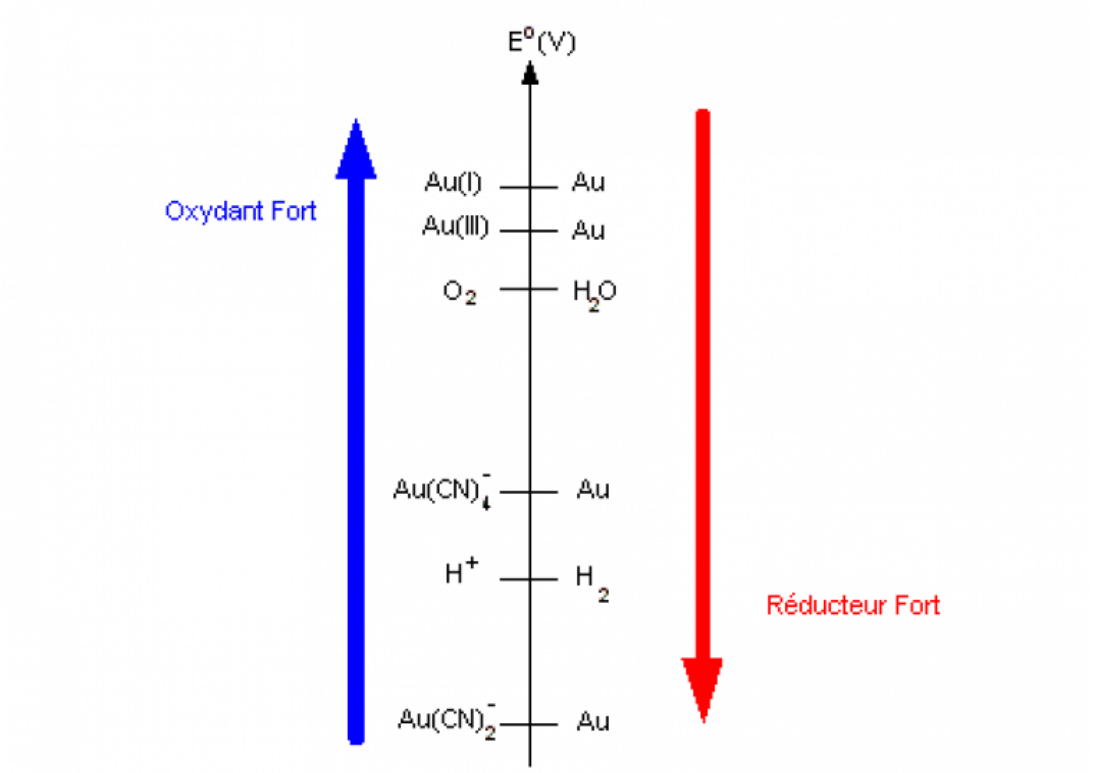


Figure 2 - Echelle des potentiels standard figurant les couples de l'or et de l'eau, en présence d'ions cyanure
Par complexation avec le cyanure, le pouvoir réducteur de l'or est accru ; son oxydation par l'eau (et le dioxygène dissous dans l'eau) devient possible.

Auteur(s)/Autrice(s) : CultureSciences-Chimie – Licence : Pas de licence spécifique (droits par défaut)

Cette diminution du potentiel standard des couples associés aux ions aureux Au^{+} et aurique Au^{3+} s'explique par la valeur des constantes de dissociation K_D correspondantes à ces réactions de complexation :

$$Au^{3+} + 4\ CN^- \rightleftharpoons Au(CN)_4^- \quad pK_D^{III} = 56$$

$$Au^{+} + 2\ CN^- \rightleftharpoons Au(CN)_2^- \quad pK_D^{I} = 38$$

Les demi-équations électroniques - RédOx - associées à ces deux complexes s'écrivent alors :

$Au(CN)_4^- + 3\ e^- = Au + 4\ CN^-$

$Au(CN)_2^- + e^- = Au + 2\ CN^-$

Une application simple de la loi de Nernst permet d'exprimer les potentiels standards des couples $Au(CN)^{4-}/Au$ et $Au(CN)^{2-}/Au$ en fonction des potentiels standards des couples Au^{3+}/Au et Au^{+}/Au et des constantes de dissociation pK_D^{III} et pK_D^{I} respectivement.

$E°(Au(CN)_4^-/Au) = E°(Au^{3+}/Au) - 0,06/3\ pK_D^{III}$

A.N. : $E°(Au(CN)_4^-/Au) = 0,38$ V

$E°(Au(CN)_2^-/Au) = E°(Au^{+}/Au) - 0,06\ pK_D^{I}$

A.N. : $E°(Au(CN)_2^-/Au) = -0,60$ V

En utilisant la figure 2, on peut alors conclure sur l'observation expérimentale : la feuille d'or disparaît en milieu cyanure car l'or est devenu un métal réducteur. Notamment, il peut être oxydé par l'eau au degré (I), sous forme du complexe $Au(CN)_2^-$, ou bien par le dioxygène de l'air au degré (III), sous forme du complexe $Au(CN)_4^-$.

3. Application dans l'extraction de l'or

Le minerai aurifère extrait des différentes exploitations contient d'autres composés chimiques qu'il faut séparer de l'or. Après un broyage fin de ce minerai, celui-ci est plongé dans une solution aqueuse de cyanure. Ainsi, l'or contenu dans le minerai se dissout dans la solution cyanurée afin de former les complexes aurocyanures étudiés ci-avant, en particulier le complexe $Au(CN)_2^-$.[3]

Il reste ensuite à traiter cette solution ; on retiendra la méthode par adsorption de ces complexes aurocyanures sur charbon actif. Les complexes aurocyanures vont ainsi se fixer au moyen d'interaction de type Van der Waals sur le charbon actif ; on parle de physisorption **[4]**. On recueille alors ce charbon dont on extrait une solution enrichie en ions aureux et auriques. Cette solution est finalement soumise à une électrolyse, permettant de récupérer l'or métallique sur électrodes. Celui-ci sera fondu puis coulé en lingots (figure 3).



Figure 3 - Lingots d'or

Auteur(s)/Autrice(s) : Pawnbank – Licence : CC-BY-SA – Source : Flickr

4. Bibliographie

[1] B. Fosset, J.-B. Baudin, F. Lahitète, V. Prévost, « Chimie «tout-en-un» 2e année PC-PC* », 2006, Dunod.

[2] J. Sarazin, M. Verdaguer, « L'Oxydoréduction : Concept et Expériences », 1991, Ellipse.

[3] P.-W. Atkins, J. de Paula, « Chimie Physique », 2004, De Boeck.

[4] L'adsorption et l'environnement

CRÉDITS

RELECTURE SCIENTIFIQUE

Jean-Bernard Baudin

Professeur à l'Ecole Normale Supérieure

AUTEUR(S)/AUTRICE(S) ET MISE EN LIGNE

Nicolas Lévy

Professeur agrégé de chimie, responsable du Centre de Préparation à l'Agrégation externe de Chimie (École Normale Supérieure de Paris - Sorbonne Université - Université Paris-Saclay), responsable éditorial de CultureSciences-Chimie de 2008 à 2014.

NOTES

1. La « règle dite du gamma » ne s'applique pas : cette règle provient du graphisme de la lettre grecque γ et traduit la possibilité thermodynamique d'une réaction d'oxydoréduction entre l'oxydant le plus fort et le réducteur le plus fort (à condition que la différence de potentiel standard soit assez grande). Elle provient bien entendu de l'écriture de la constante d'équilibre en fonction des potentiels standards de chaque couple ; K étant proportionnel à 10(E°(ox) - E°(réd)) .

2. Cette expérience n'est pas à réaliser sans s'assurer d'avoir pris toutes les précautions, notamment de traitement. Le cyanure de potassium est un POISON ; son élimination s'effectue en versant un sel ferrique en excès. On obtient alors un complexe de ferricyanure, inerte chimiquement, pouvant être éliminé sans danger. Elle est totalement à proscrire dans le cadre d'une expérience de cours.

3. Au(CN)4- est également observé du fait de la présence de dioxygène dissous dans l'eau.