



Année scolaire  
2015/2016

Classe de PCSI 5, 6 et 7  
option PSI

# Devoir surveillé de chimie n°5

Durée TOTALE de l'épreuve : 2 heures

## Instructions :

- Cette épreuve est constituée de deux parties indépendantes : **un sujet de cinétique chimique**, constitué de deux problèmes et noté au total sur 12 points, et **un sujet consacré au palladium** (cette feuille) et noté sur 8 points ;
- Les deux parties devront impérativement être rédigées sur des **copies séparées**.
- On rappelle que **la rédaction et la présentation doivent être soignées**, les réponses doivent être **justifiées** (avec concision) et les principaux résultats doivent être **encadrés**. Des points seront retirés en cas de non respect de ces consignes.
- L'usage des calculatrices est autorisé pour les deux parties de l'épreuve.
- Du papier millimétré est disponible sur demande.

## Donnée :

nombre d'Avogadro :  $N_a = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

constante des gaz parfaits :  $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

# Le palladium

## Document : présentation du palladium

Le palladium est un élément chimique faisant partie des platinoïdes (ruthénium, rhodium, osmium, iridium et platine), de symbole Pd et de numéro atomique  $Z_{\text{Pd}} = 46$ .

Il est extrêmement rare dans la croûte terrestre, avec une abondance moyenne d'environ 1 atome sur 1 milliard. On peut parfois l'y trouver à l'état natif, ou allié à d'autres métaux, mais le minerai le plus abondant du palladium est le stibiopalladinite, de formule brute  $\text{Pd}_5\text{Sb}_2$ .

Le palladium est un métal blanc argenté mou, semblable au platine. Il est le moins dense des éléments platinoïdes, sa masse volumique étant de  $\rho_{\text{Pd}} = 12,0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . Le palladium est un métal totalement inerte dans l'eau, même en milieu fortement acide. Il est également inoxydable par l'oxygène de l'air dans les conditions d'utilisation courantes.

L'utilisation majeure aujourd'hui concerne les convertisseurs catalytiques. Le principal secteur consommateur de palladium est l'industrie automobile (56% de la production mondiale) ; le palladium intervient en effet, avec d'autres composés, dans les pots catalytiques.

De plus, ce métal possède la capacité rare d'absorber jusqu'à 900 fois son propre volume de dihydrogène à température ambiante sous 1 bar.

La structure cristalline du palladium est cubique à faces centrées.

Sa masse molaire vaut :  $M_{\text{Pd}} = 106,4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

Les ions connus du palladium ont pour charge +1, +2 et +4.

- 1) Rappeler les caractéristiques générales des métaux, au niveau macroscopique et microscopique. En quoi le palladium se distingue-t-il de la plupart des autres métaux ?
- 2) Positionner le palladium dans la classification périodique (numéro de ligne, numéro de colonne) en expliquant la méthode utilisée.
- 3) Le platine est situé juste sous le palladium dans la classification. En déduire son numéro atomique.
- 4) Le minerai le plus abondant du palladium est le stibiopalladinite, de formule brute  $\text{Pd}_5\text{Sb}_2$ . Sachant que l'antimoine (symbole Sb), est un élément non-métallique situé dans la colonne n°15 du tableau périodique, quel est l'ion courant attendu pour cet élément lorsqu'il est associé à un métal ? En déduire quels ions du palladium (nature et proportions) sont présents dans le stibiopalladinite si on choisit une description ionique pour celui-ci.
- 5) Le palladium est en principe inerte dans l'air, mais on signale que lorsque du palladium est porté à de très hautes températures dans le dioxygène, il se recouvre d'une couche noire. Proposer une équation de réaction qui rende compte de ce phénomène.

### **Cristallographie**

- 6) Dessiner la maille cristalline du palladium.
- 7) Le rayon atomique du palladium fourni dans les tables usuelles a pour valeur :  $R_{\text{Pd}} = 140 \text{ pm}$ . Comment cette valeur a-t-elle été déterminée ?
- 8) Énoncer les principes du modèle du cristal parfait. Dans le cadre de ce modèle et avec le rayon du palladium figurant dans les tables, estimer la valeur de la masse volumique du métal. Commenter le résultat obtenu.
- 9) Déterminer la masse de dihydrogène qui peut être absorbée par 1 kg de palladium à température ambiante et sous 1 bar.

On propose de modéliser l'exceptionnelle capacité d'absorption du dihydrogène du palladium par la possibilité d'insertion d'atomes H dans le réseau cristallin du palladium.

- 10) À quels endroits précis de la maille du palladium les atomes d'hydrogène peuvent-ils s'insérer ? Donner la géométrie de ces emplacements. Compte tenu des réponses aux deux questions précédentes, quelle proportion de ces emplacements sont occupés lorsque le palladium a absorbé sa quantité maximale de dihydrogène ?
- 11) Quelle application liée à cette remarquable capacité d'absorption du dihydrogène peut-on envisager pour le palladium ?