

# Analyse du bronze d'une cymbale de batterie

Les cymbales, idiophones de la famille des percussions, font généralement partie d'une batterie et sont utilisées pour garder le temps ou accentuer et attaquer certains *beats*. Elles se présentent habituellement sous la forme de plaques circulaires et minces, faites d'alliages différents, tous à base de cuivre et donnant un son différent.

L'alliage "bronze de cloche B20", contenant du cuivre et de l'étain, est le plus populaire des alliages employés pour les cymbales car il offre une plus grande gamme dynamique que les autres alliages. Le "bronze malléable B8", contenant lui aussi de l'étain et du cuivre donne généralement un son plus puissant. Le laiton contenant du cuivre et du zinc, crée un son brillant mais la qualité sonore globale est inférieure.

(d'après [https://fr.wikipedia.org/wiki/Caract%C3%A9ristiques\\_physiques\\_d%27une\\_cymbale](https://fr.wikipedia.org/wiki/Caract%C3%A9ristiques_physiques_d%27une_cymbale))

On désire analyser une cymbale en bronze.

Pour cela, un échantillon de 1,00 g issu de la cymbale, est placé dans 0,5 L d'une solution d'acide sulfurique de concentration égale à  $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ . Le gaz formé est recueilli dans une éprouvette par déplacement d'eau. Le volume mesuré est égal à  $42 \pm 2 \text{ mL}$  à  $20^\circ\text{C}$  et sous 1 atm (soit 1,01 bar) avec un niveau de confiance de 95%.

**Indiquer si cet alliage est monophasique.**

On exposera clairement les hypothèses, la démarche et on la validera par les calculs adéquats.

$$R = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{Cu}) = 63,6 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M(\text{Sn}) = 118,7 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\text{Données à } 25^\circ\text{C} : \quad E^\circ(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) = -0,14 \text{ V}$$

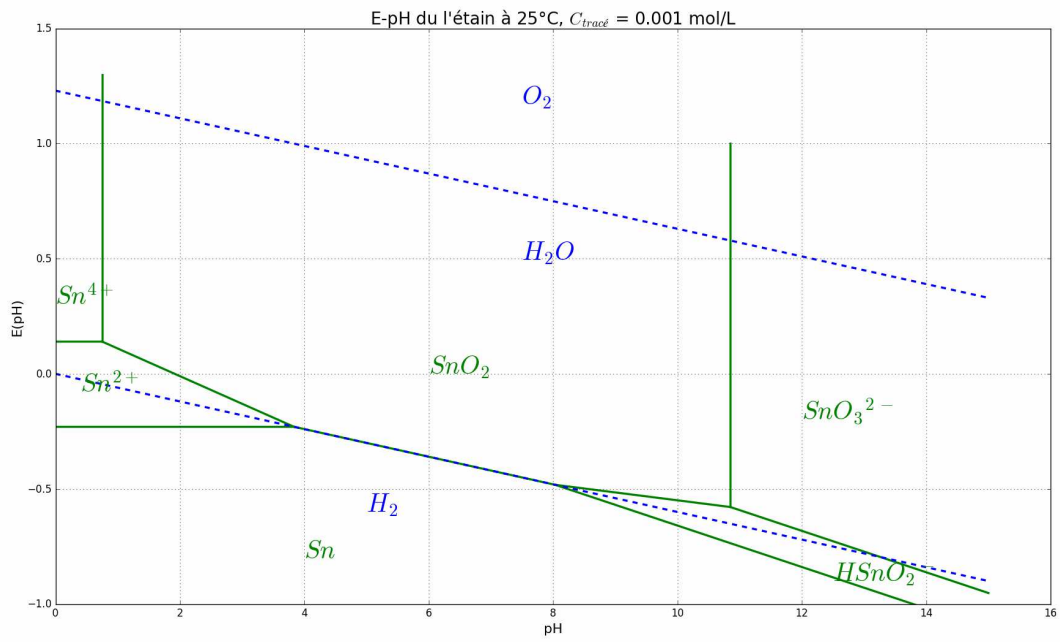
$$E^\circ(\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}) = 0,14 \text{ V}$$

$$E^\circ(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 1,23 \text{ V}$$

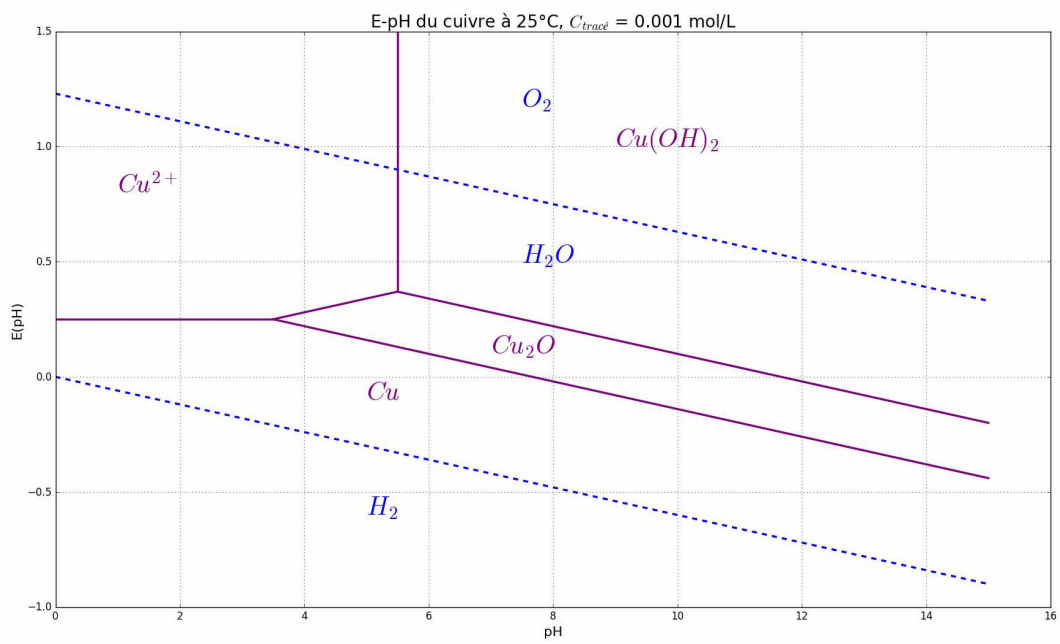
$$E^\circ(\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2) = 0,00 \text{ V}$$

$$RT.\text{Ln}10 / F \approx 0,06 \text{ V}$$

Document 1 : diagramme  $E$ - $pH$  de l'étain à 25°C (concentration de trace de  $10^{-3}$  mol.L $^{-1}$ )



Document 2 : diagramme  $E$ - $pH$  du cuivre à 25°C (concentration de trace de  $10^{-3}$  mol.L $^{-1}$ )



Document 3 : diagramme  $E$ - $pH$  de l'eau à 25°C (pression de tracé de 1 atm)

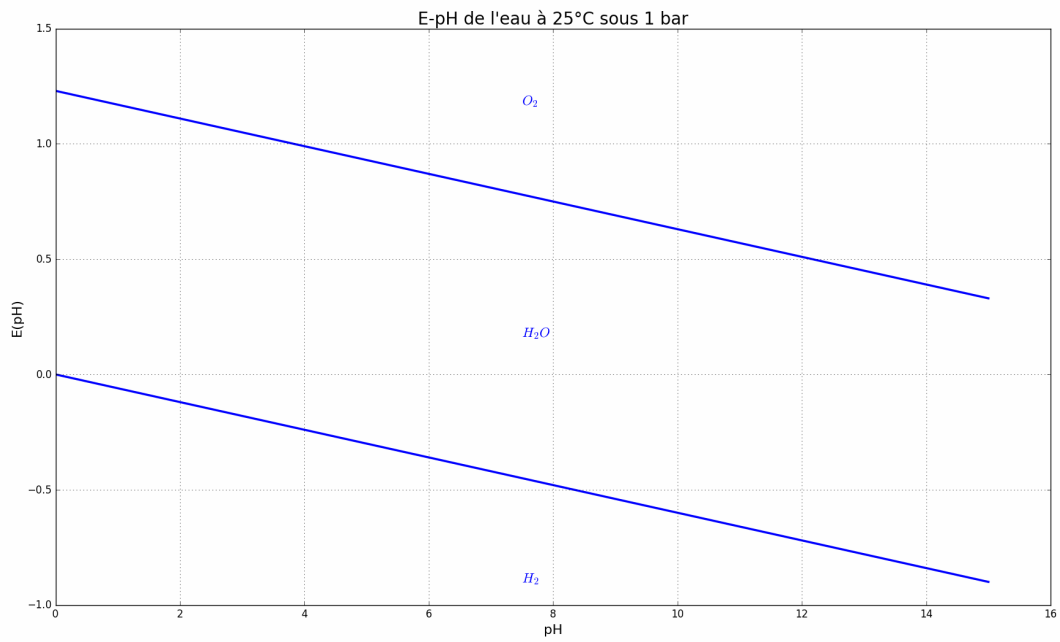
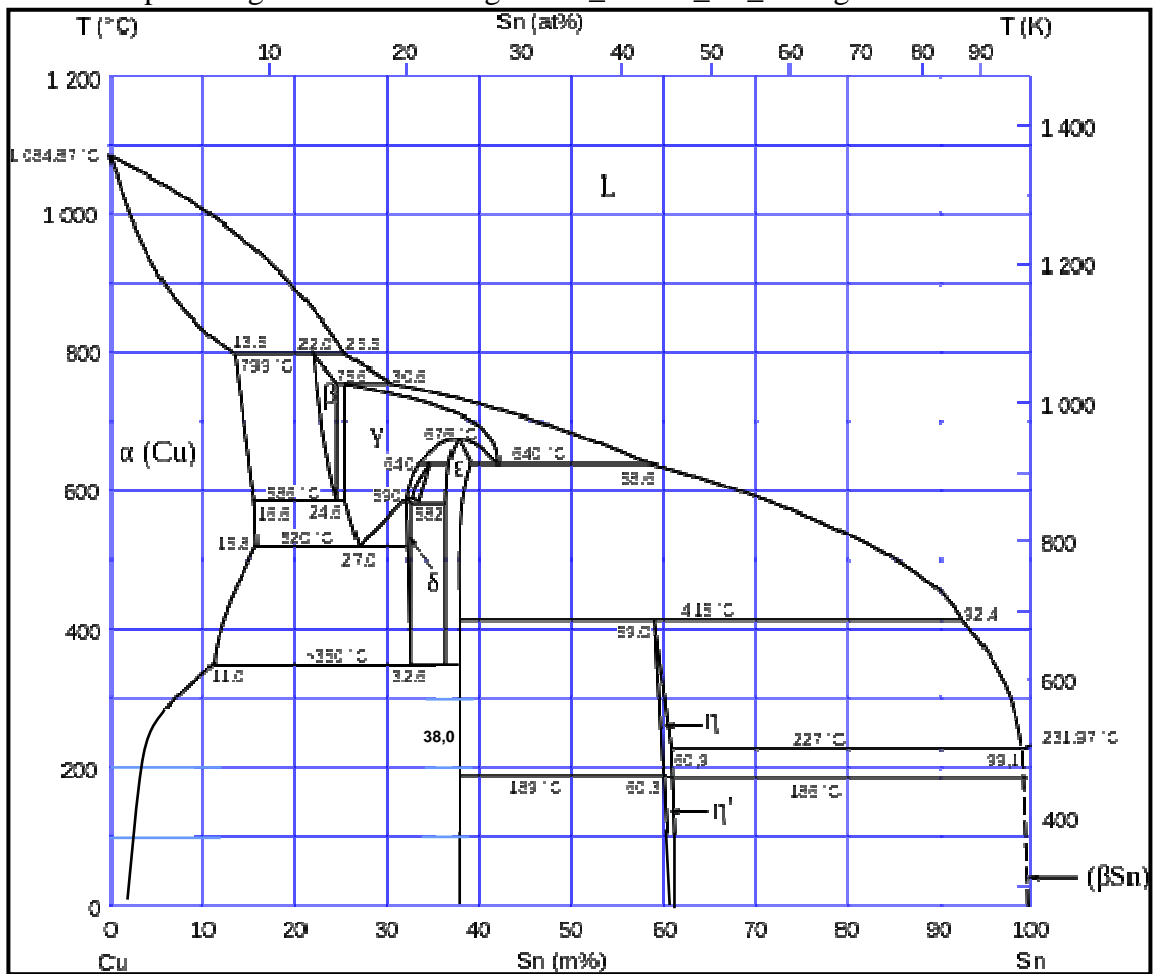


Diagramme binaire Étain - Cuivre

[https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Fichier:Diagramme\\_binaire\\_Cu\\_Sn.svg](https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Fichier:Diagramme_binaire_Cu_Sn.svg)



# Analyse du bronze d'une cymbale de batterie : corrigé

## \* Principe

Il faut pouvoir déterminer les coordonnées du point représentatif de l'alliage pour le placer dans le diagramme binaire. Il faut donc calculer  $\omega(\text{Sn})$ .

## \* Analyse qualitative :

Le bronze, principalement constitué de cuivre et d'étain est placé en milieu acide fort et sulfurique avec  $[\text{H}^+] = [\text{HSO}_4^-] \approx 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ .

Le  $pH$  de cette solution peut-être estimé à :

1 si on considère  $[\text{H}^+] \approx 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$

inférieur à 1 car  $\text{HSO}_4^-$  est un acide moyen qui contribue également à l'acidité du milieu.

0,7 si on considère que  $\text{H}_2\text{SO}_4$  est un diacide fort donc  $[\text{H}^+] = 0,2 \text{ mol.L}^{-1}$ .

On voit, sur le diagramme potentiel- $pH$  du cuivre, que le domaine d'existence exclusive du cuivre est inclus dans celui de l'eau désaérée donc Cu ne réagit pas.

Sur le diagramme potentiel- $pH$  de l'étain, on voit que l'étain Sn(s) a un domaine d'existence exclusive disjoint de celui de l'eau désaérée. Il n'est donc pas stable dans l'eau, et à  $pH$  acide, il est oxydé en  $\text{Sn}^{2+}$  selon la réaction d'équation :  $\text{Sn(s)} + 2 \text{H}^+ = \text{Sn}^{2+} + \text{H}_2$

On peut donc conclure que **dans l'hypothèse où l'eau est désaérée (sans  $\text{O}_2$ ), l'acide sulfurique réalise une lixiviation acide du bronze au cours de laquelle seul l'étain est oxydé de façon quantitative.**

Rq : si l'eau est aérée, Sn est oxydé et Cu aussi.

Les couples sont  $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$  et  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$  soit :  $\text{Cu} + 1/2 \text{O}_2 + 2\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ .

Pour Sn, on oxyderait jusqu'au  $\text{Sn}^{4+}$ .

Quoi qu'il en soit il n'y aurait aucune production de gaz donc c'est hors sujet.

## \* Analyse quantitative :

Si la réaction  $\text{Sn(s)} + 2 \text{H}^+ = \text{Sn}^{2+} + \text{H}_2$  est quantitative, il se forme :

$$n(\text{H}_2) = n(\text{Sn}) = n(\text{Sn}^{2+}) = PV / RT = 1,71 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \approx 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} = C_{\text{tracé}}$$

On a supposé que  $\text{H}_2$  se comporte comme un gaz parfait.

Ce calcul confirme *a posteriori* que l'on peut utiliser le diagramme E- $pH$  fourni pour établir les raisonnements.

On en déduit que :  $m(\text{Sn}) = n(\text{Sn}) \cdot M(\text{Sn}) = 0,203 \text{ g}$

D'où le pourcentage massique dans le bronze de cloche :  $\omega(\text{Sn}) = 20,3 \%$  (à ce stade on ne sait pas trop combien de chiffres significatifs garder).

## \* Validation des calculs

La réaction  $\text{Sn(s)} + 2 \text{H}^+ = \text{Sn}^{2+} + \text{H}_2$  est-elle quantitative ?

oui car il se forme un gaz qui s'échappe et déplace la réaction

oui car on a mis un excès de  $\text{H}^+$  par rapport à Sn :

au pire on a initialement :  $n(\text{H}^+) = 0,5 \cdot 0,1 = 0,05 \text{ mol}$  ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  monoacide fort)

au mieux on a :  $n(\text{H}^+) = 0,5 \cdot 0,2 = 0,10 \text{ mol}$  ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  diacide fort)

oui car sa constante est égale à  $K^\circ$  telle que

$\log K^\circ = 2 \cdot [E^\circ(\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2) - E^\circ(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn})] / 0,06 = 4,7$  donc c'est relativement grand si on ramène à 1 électron échangé.

$\text{H}_2$  est-il un Gaz parfait ?

Plausible car la molécule est diatomique, de petite taille et apolaire.

Plausible car la pression d'étude n'est pas très élevée.

Précision du titrage ?

Pour mesurer le volume, on a utilisé une éprouvette ce qui est assez grossier.

Or  $m(\text{Sn}) = n(\text{Sn}) \cdot M(\text{Sn}) = PV \cdot M(\text{Sn}) / RT$

En tenant uniquement compte de l'incertitude sur V :

$u(m) = m \cdot u(V)/V$  donc  $U(m) = m \cdot U(V)/V$  dans le niveau de confiance de 95%.

Comme  $U(V) = 2 \text{ mL}$ , on a  $U(m) = 0,01 \text{ g}$ .

**$m(\text{Sn}) = 0,20 \pm 0,01 \text{ g}$  soit un pourcentage d'étain compris entre 19 et 21%.**

\* Diagramme binaire

Le point représentatif du système se situe à 20% en étain et 20 °C c-à-d dans le domaine situé sous le palier à 350 °C. Il est dans un domaine biphasique contenant deux phases solides, l'une est notée  $\alpha(\text{Cu})$  (solution solide de Sn dans Cu, très riche en cuivre) et l'autre est un composé défini représenté par le solidus vertical à 38%.

Il reste à déterminer la formule du composé défini. Posons sa formule :  $\text{Cu}_x\text{Sn}_y$

Par définition :  $0,38 = yM(\text{Sn}) / (yM(\text{Sn}) + xM(\text{Cu}))$

Soit  $y/x = 0,33$ . **Le composé défini est  $\text{Cu}_3\text{Sn}$ .**

### Conclusion

**Le bronze étudié est un bronze de cloche B20 c-à-d 20 % d'étain pour 80% de cuivre.**

**Le diagramme binaire fourni montre qu'à 20°C, l'alliage est biphasique constitué**

- d'une solution solide notée  $\alpha$
- d'un composé défini  $\text{Cu}_3\text{Sn}$