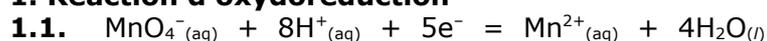


**Exercice 1 :** /10 **Exercice 3 :** /10**Exercice 2 :** /10 **Exercice 4 :** /10**Exercice 1 : Suivi spectrophotométrique****/10****1. Réaction d'oxydoréduction**

\*

1.2. L'oxydant du couple  $\text{MnO}_4^- (\text{aq}) / \text{Mn}^{2+} (\text{aq})$  est l'ion **permanganate**  $\text{MnO}_4^- (\text{aq})$  car il **capte** des électrons.

\*

**2. Étude de la réaction**

2.1. Toutes les espèces chimiques présentes, sauf l'ion permanganate sont incolores, or l'absorbance est nulle, dans l'état final ; il ne reste plus d'ions **permanganate** qui est donc le réactif limitant.

\*

\*

2.2. On voit d'après le tableau que la valeur de l'avancement reste constante au bout de 550 s, soit  $x_f = 475 \times 10^{-9} \text{ mol}$ .

\*

**2.3.**

Équation		$2 \text{MnO}_4^- (\text{aq}) + 5 \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 (\text{aq}) + 6 \text{H}^+ (\text{aq}) = 10 \text{CO}_2 (\text{aq}) + 2 \text{Mn}^{2+} (\text{aq}) + 8 \text{H}_2\text{O} (\text{l})$					
État initial	$x = 0$	$c_1 \cdot V_1$	$c_2 \cdot V_2$	Excès	0	0	Beaucoup
État intermédiaire	$x$	$c_1 \cdot V_1 - 2 \cdot x$	$c_2 \cdot V_2 - 5 \cdot x$		$10 \cdot x$	$2 \cdot x$	
État final	$x_f$	$c_1 \cdot V_1 - 2 \cdot x_f$	$c_2 \cdot V_2 - 5 \cdot x_f$		$10 \cdot x_f$	$2 \cdot x_f$	

\*

$$n(\text{Mn}^{2+} (\text{aq}))_f = 2 \cdot x_f$$

$$n(\text{Mn}^{2+} (\text{aq}))_f = 2 \times 475 \times 10^{-9} = 950 \times 10^{-9} \text{ mol}$$

$$2.4. \quad [\text{Mn}^{2+}_{(\text{aq})}]_f = \frac{n(\text{Mn}^{2+}_{(\text{a})})_f}{V} \qquad [\text{Mn}^{2+}_{(\text{aq})}]_f = \frac{n(\text{Mn}^{2+}_{(\text{a})})_f}{V_1 + V_2}$$

$$[\text{Mn}^{2+}_{(\text{aq})}]_f = \frac{950 \times 10^{-9}}{1,00 \times 10^{-3} + 1,00 \times 10^{-3}} = 4,75 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

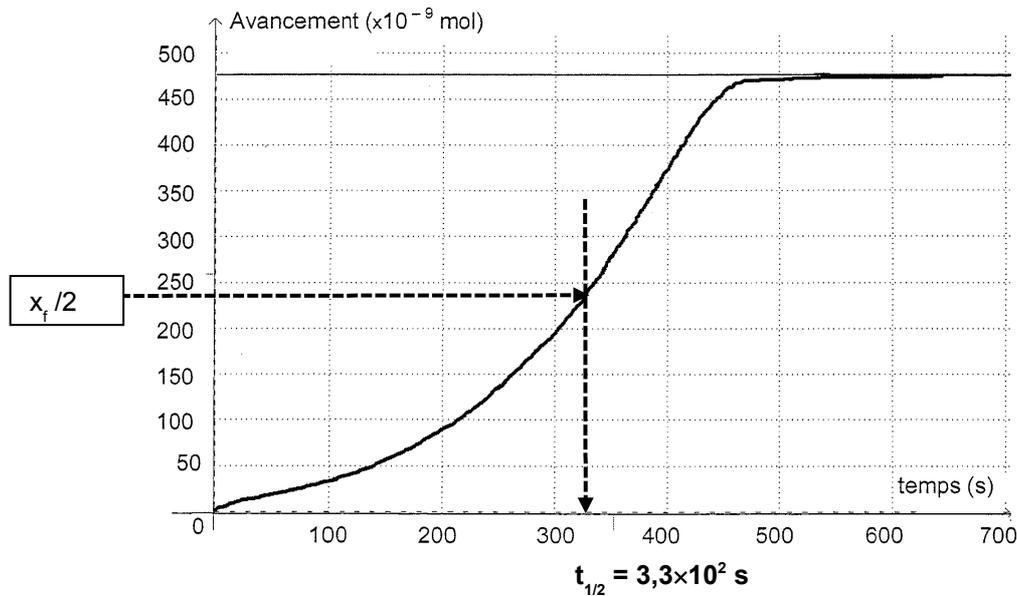
\*

\*

2.5. Le temps de demi-réaction est la durée au bout de laquelle l'avancement de la réaction a atteint la moitié de l'avancement final.

\*\*

$$x(t_{1/2}) = x_f / 2 = 238 \times 10^{-9} \text{ mol} \quad \Rightarrow \quad t_{1/2} = 330 \text{ s}$$



\*

\*

2.6. Dans le cas général la vitesse de réaction **diminue** au cours du temps. En effet la **pen**te de la courbe diminue au cours du temps. Cela s'explique par le fait que les **réactifs** étant consommés au fur et à mesure, leur concentration diminue et donc la probabilité de chocs diminue.

\*\*

\*

2.7. Dans le cas de la réaction 1 : on remarque que la vitesse au début lente, augmente jusqu'à environ 400s puis diminue jusqu'à s'annuler au cours du temps puis diminue à la fin.

\*\*

2.8. Un catalyseur est une espèce chimique qui permet d'augmenter la vitesse moyenne de réaction sans être consommé par celle-ci. Il ne modifie pas la valeur de l'avancement final, mais permet de l'atteindre plus rapidement.

\*\*

Une réaction auto-catalysée, est une réaction chimique qui produit elle-même son catalyseur.

\*

Remarques supplémentaires :

Au cours de la réaction , il y a compétition entre deux facteurs cinétiques :

- la concentration des réactifs qui, diminuant, tend à faire diminuer la vitesse de la réaction,
- le catalyseur  $\text{Mn}^{2+}$  qui apparaissant, tend à augmenter la vitesse de la réaction.

Dans un premier temps, « l'effet catalyseur » l'emporte sur l'effet de la diminution de la concentration des réactifs.

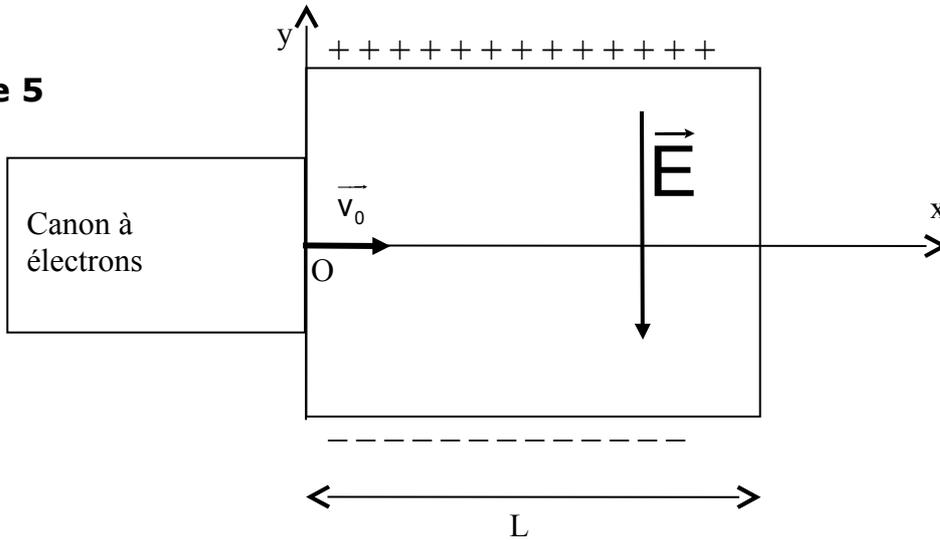
Dans un second temps, « l'effet catalyseur » ne suffit plus à compenser la diminution de vitesse liée à la consommation des réactifs : la vitesse diminue alors jusqu'à s'annuler.

**1. Détermination du caractère négatif de la charge de l'électron par J.J.Thomson**

**1.1.** D'après l'échelle de 1,0 cm pour 5,0 kV.m<sup>-1</sup>, et comme  $E = 15,0 \text{ kV.m}^{-1}$ , on en déduit que  $\vec{E}$  sera représenté par une flèche de 3,0 cm.

\* \*

**Annexe 5**



**1.2.** (*Lire la question suivante avant de répondre*) Le document 4 indique que des particules de charges opposées s'attirent. Le faisceau d'électrons étant attiré par la plaque chargée positivement, c'est que les électrons sont porteurs d'une charge négative.

\*  
\*

**1.3.**  $\vec{F} = -e\vec{E}$

Entre les plaques, l'électron n'est soumis qu'à la force électrostatique qui le dévie vers la plaque chargée positivement. Cette force est donc de sens opposé au champ électrostatique, et comme  $\vec{F} = q\vec{E}$ , cela impose que  $q < 0$ .

\*  
\*

## 2. Détermination du rapport e/m pour l'électron.

### 2.1

Système étudié : électron

Référentiel : laboratoire supposé galiléen

Bilan des forces : force électrostatique et poids. On néglige le poids comme indiqué dans le document 5. \*\*

Repère et conditions initiales :  $(O ; \vec{i} ; \vec{j})$  et  $\vec{v}_0$

2<sup>ème</sup> loi de Newton : dans un référentiel galiléen, la somme vectorielle des forces extérieures appliquées à un objet est égale au produit de sa masse par son vecteur accélération. \*\*

$$\Sigma \vec{F}_{ext} = m \times \vec{a} \quad \Rightarrow \quad -e\vec{E} = m\vec{a} \quad \Rightarrow \quad \vec{a} = \frac{-e\vec{E}}{m} \quad *$$

Le vecteur accélération est de sens opposé au vecteur champ  $\vec{E}$ .

Les coordonnées du champ  $\vec{E}$  sont 
$$\vec{E} \begin{pmatrix} E_x = 0 \\ E_y = -E \end{pmatrix}$$

Par projection suivant les axes du repère défini dans le document 5, on obtient

$$\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = \frac{eE}{m} \end{cases}$$

**2.2.1.** on cherche le rapport e/m tel que  $x=L$  et  $y=h$  \*\*

$$h = \frac{eE}{2m.v_0^2} . L^2 \quad \Rightarrow \quad \frac{e}{m} = \frac{2.v_0^2.h}{E.L^2}$$

**2.2.2.** 
$$\frac{e}{m} = \frac{2 \times (2,27 \times 10^7)^2 \times 1,85 \times 10^{-2}}{15,0 \times 10^3 \times (8,50 \times 10^{-2})^2} = 1,76 \times 10^{11} \text{ C.kg}^{-1} \quad **$$

**2.2.3.** 
$$U\left(\frac{e}{m}\right) = \frac{e}{m} \cdot \sqrt{\left[\left(\frac{U(h)}{h}\right)^2 + \left(\frac{U(E)}{E}\right)^2 + 4\left(\frac{U(v_0)}{v_0}\right)^2 + 4\left(\frac{U(L)}{L}\right)^2\right]}$$

$$U\left(\frac{e}{m}\right) = 1,76 \times 10^{11} \times \sqrt{\left[\left(\frac{0,05}{1,85}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{15,0}\right)^2 + 4\left(\frac{0,02}{2,27}\right)^2 + 4\left(\frac{0,05}{8,50}\right)^2\right]}$$

$$U\left(\frac{e}{m}\right) = 6 \times 10^9 \text{ C.kg}^{-1} = 0,06 \times 10^{11} \text{ C.kg}^{-1} \quad **$$

On ne conserve qu'un seul chiffre significatif pour l'incertitude

$$\frac{e}{m} = (1,76 \pm 0,06) \times 10^{11} \text{ C.kg}^{-1} \quad **$$

# Exercice 3 : Deux étoiles pour une planète

## 1. Les étoiles Tatoo1 et Tatoo2

1.1. Le texte nous dit que la distance entre Tatoo1 et Tatoo2 est légèrement supérieure à 10 millions de km : on prendra cette valeur par la suite.

On peut mesurer sur la photo que le diamètre (soit  $2R$  d'une étoile est 6 mm et que la distance  $d$  entre les étoiles est 17 mm en partant des « coins » supérieurs gauches.



Image du film Star wars Episode IV : A new hope (© Lucasfilm Ltd)  
Luke Skywalker marchant au coucher de soleils.

Par proportionnalité :

$$\frac{2r}{6} = \frac{d}{18 \text{ mm}}$$

$d = 10 \text{ Millions de km}$

Ainsi:  $2 \times R = \frac{10 \times 6}{17}$  donc  $R = 1,8 \text{ millions de km}$ .

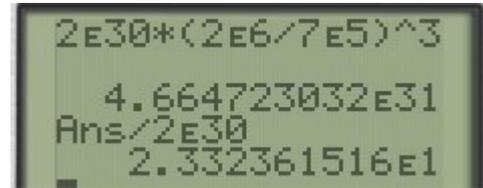
Ce qui compte tenu du manque de précision peut être effectivement considéré comme proche de 2 millions de km.

1.2. En supposant que les étoiles ont la même masse volumique que le Soleil :

$$\rho_{\text{SOLEIL}} = \frac{M_{\text{SOLEIL}}}{V_{\text{SOLEIL}}} = \frac{M_{\text{SOLEIL}}}{\frac{4}{3}\pi r_{\text{SOLEIL}}^3} = \rho_{\text{TATOO}} = \frac{M_{\text{TATOO}}}{\frac{4}{3}\pi r_{\text{TATOO}}^3}$$

Ainsi  $\frac{M_{\text{SOLEIL}}}{\frac{4}{3}\pi r_{\text{SOLEIL}}^3} = \frac{M_{\text{TATOO}}}{\frac{4}{3}\pi r_{\text{TATOO}}^3}$

Donc  $M_{\text{TATOO}} = M_{\text{SOLEIL}} \times \frac{\frac{4}{3}\pi r_{\text{TATOO}}^3}{\frac{4}{3}\pi r_{\text{SOLEIL}}^3} = M_{\text{SOLEIL}} \times \left(\frac{r_{\text{TATOO}}}{r_{\text{SOLEIL}}}\right)^3$



On prend la valeur de 2 millions de kilomètres indiquée.

$$M_{\text{TATOO}} = 2,0 \times 10^{30} \times \left(\frac{2 \times 10^6}{7,0 \times 10^5}\right)^3 = 4,7 \times 10^{31} \text{ kg, soit un ordre de grandeur de } 10^{31} \text{ kg.}$$

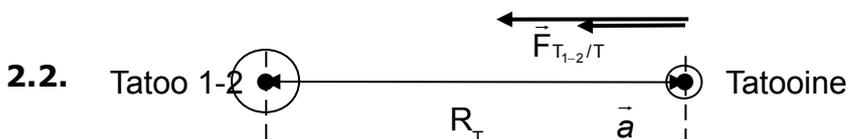
Le Soleil a une masse  $M_{\text{SOLEIL}} = 2,0 \times 10^{30} \text{ kg}$ , ainsi  $\frac{M_{\text{TATOO}}}{M_{\text{SOLEIL}}} = \frac{4,66 \times 10^{31}}{2,0 \times 10^{30}} = 23$

Les étoiles TATOO sont environ 23 fois plus massives que le Soleil.

## 2. Tatooine en orbite

2.1. D'après le texte, « du point de vue de l'étoile, tout se passe comme si les étoiles ne faisaient qu'une ».

On peut remarquer que les 2 étoiles ayant la même masse, il est cohérent de trouver une masse équivalente qui correspond (environ) au double de la masse trouvée pour une étoile à la question



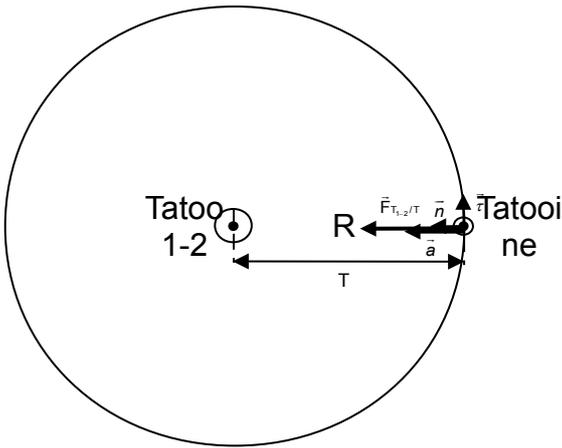
\*\*  
\*\*

\*\*  
\*\*

\*\*

\*\*  
\*\*

2.3.



On étudie le système {Tatooine}, de masse  $M_T$ , dans le référentiel Tatoocentrique supposé galiléen. Sa trajectoire est un cercle de rayon :  $R_T$ .

Le repère d'étude est le repère de Frénet  $(T, \vec{n}, \vec{\tau})$  d'origine le centre de la planète Tatooine T et de vecteurs unitaires  $\vec{n}$  et  $\vec{\tau}$ .

Tatooine est soumise à la force gravitationnelle exercée par Tatoo1-2 :  $\vec{F}_{T_{1-2}/T} = G \cdot \frac{M_{T_{1-2}} \cdot M_T}{R_T^2} \cdot \vec{n}$ .

La deuxième loi de Newton appliquée à Tatooine (avec  $M_T$  constante) donne :  $\vec{F}_{T_{1-2}/T} = M_T \cdot \vec{a}$

soit  $G \cdot \frac{M_{T_{1-2}} \cdot M_T}{R_T^2} \cdot \vec{n} = M_T \cdot \vec{a}$  donc  $\vec{a} = G \cdot \frac{M_{T_{1-2}}}{R_T^2} \cdot \vec{n}$

Dans le repère de Frénet, l'accélération d'un objet en mouvement circulaire s'écrit :

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \cdot \vec{\tau} + \frac{v^2}{R_T} \cdot \vec{n}$$

En égalant les deux expressions précédentes de l'accélération, il vient :

$$G \cdot \frac{M_{T_{1-2}}}{R_T^2} \cdot \vec{n} = \frac{dv}{dt} \cdot \vec{\tau} + \frac{v^2}{R_T} \cdot \vec{n}$$

Par identification, on a :

Sur  $\vec{n}$  :  $\frac{v^2}{R_T} = G \cdot \frac{M_{T_{1-2}}}{R_T^2}$  (utile pour la question suivante)

Sur  $\vec{\tau}$  :  $\frac{dv}{dt} = 0$  alors  $v = \text{Cte}$  : le mouvement de Tatooine est uniforme

2.4.

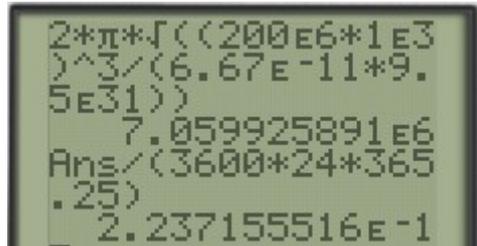
D'après la question précédente :  $\frac{v^2}{R_T} = G \cdot \frac{M_{T_{1-2}}}{R_T^2}$  donc  $v^2 = G \cdot \frac{M_{T_{1-2}}}{R_T}$  ainsi  $v = \sqrt{G \cdot \frac{M_{T_{1-2}}}{R_T}}$ .

Tatooine ayant un mouvement circulaire et uniforme, elle décrit le périmètre  $2\pi \cdot R_T$  pendant la durée d'une période  $T$  à la vitesse  $v$  telle que :  $v = \frac{2\pi \cdot R_T}{T}$  donc  $T = \frac{2\pi \cdot R_T}{v}$

En utilisant l'expression de  $v$  précédente :  $T = \frac{2\pi \cdot R_T}{\sqrt{G \cdot \frac{M_{T_{1-2}}}{R_T}}}$

$$T^2 = \frac{4\pi^2 \cdot R_T^2}{G \cdot \frac{M_{T_{1-2}}}{R_T}} = \frac{4\pi^2 \cdot R_T^3}{G \cdot M_{T_{1-2}}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R_T^3}{G \cdot M_{T_{1-2}}}}$$



On prend un rayon de 200 millions de km conformément au texte :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(200 \times 10^6 \times 10^3)^3}{6,67 \times 10^{-11} \times 9,5 \times 10^{31}}} = 7,06 \times 10^6 \text{ s} = \frac{7,06 \times 10^6}{3600 \times 24 \times 365,25} = 0,22 \text{ année}$$

Une année sur Tatooine ne dure que 0,22 année terrestre.

**1. L'acide formique dans les nouvelles chaînes énergétiques**

**1.1.** Les avantages de l'acide formique sur l'hydrogène (sous forme de dihydrogène) sont :

\*\*  
\*

- **Stockage plus sûr** car l'acide formique est très peu inflammable (tandis le dihydrogène est très inflammable et présente des risques d'explosion) ;

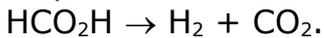
- **Stockage plus facile** : l'acide formique étant liquide à température ambiante, il est inutile de le stocker sous pression et dans un réservoir lourd et encombrant. De plus, à volume égal il permet de stocker plus d'énergie que le dihydrogène sous pression et permet donc l'utilisation de réservoirs plus petits ou une plus grande autonomie ;

- **Distribution plus rapide et plus facile** à la pompe (un liquide est à priori plus facile à distribuer qu'un gaz sous pression.

*Remarque : On notera que le document ne mentionne jamais le risque de brûlures chimiques avec l'acide formique qui est corrosif.*

**1.2.** Dans le texte on nous dit que l'acide formique « retourne de manière totale à l'état de CO<sub>2</sub> et d'hydrogène » (sous-entendu gaz dihydrogène), on en déduit l'équation de cette réaction :

\*\*



$m(H_2) = n(H_2) \cdot M(H_2)$

Une mole d'acide formique libère une mole de dihydrogène, soit  $n(HCO_2H) = n(H_2)$

\*

$$m(H_2) = n(HCO_2H) \cdot M(H_2) = \frac{m(HCO_2H)}{M(HCO_2H)} \cdot M(H_2) = \frac{\rho_{AH} \cdot V}{M(HCO_2H)} \cdot M(H_2) = \frac{d_{AH} \cdot \rho \cdot V}{M(HCO_2H)} \cdot M(H_2)$$

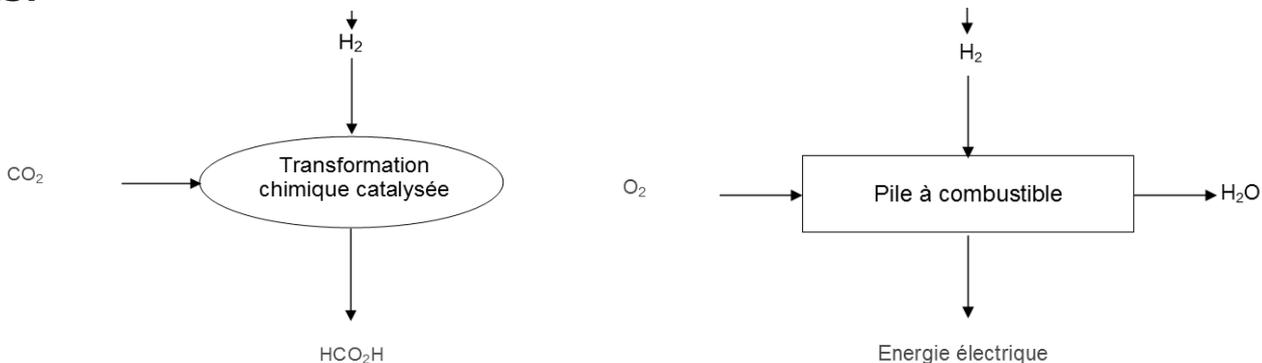
où  $\rho$  est la masse volumique de l'eau

$$m(H_2) = \frac{d_{AH} \cdot \rho \cdot V}{2 \times M(H) + 2 \times M(O) + M(C)} \times 2 \times M(H)$$

AN :  $m(H) = \frac{1,22 \times 1,0 \times 1,0}{2 \times 1,0 + 2 \times 16,0 + 12,0} \times 2 \times 1,0 = 0,053 \text{ kg} = 53 \text{ g}$

Il y a bien 53 g d'hydrogène dans un litre d'acide formique qui pourra être libéré par transformation chimique.

**1.3.**



\*\*

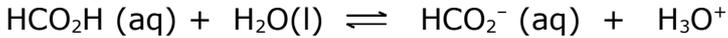
\*\*

## Partie 2

### 2.1. Piqûre de fourmi

**2.1.1.** L'acide formique est un acide selon Brønsted car il peut céder un proton  $H^+$  suivant la demi-équation :  $HCO_2H = H^+ + HCO_2^-$  \*\*

**2.1.2.** L'acide formique réagissant avec l'eau des tissus, l'équation de la réaction chimique à l'origine des brûlures est :



(c'est un équilibre car l'acide formique est un acide faible - cf données 2.2) \*\*

### 2.2. L'estomac du tamanoir

**2.2.1.** Dans l'estomac des tamanoirs ( $pH = 2$ ) donc l'espèce prédominante est l'acide formique car  $pH < pK_a (HCO_2H) / HCO_2^-$ .



#### 2.2.2. Méthode 1 (version mathématique)

D'après les données,  $pH > -\log(c)$  pour une solution aqueuse d'acide faible de concentration  $c$  en soluté apporté donc  $10^{-pH} < c$  (par application de la fonction  $10^{-x}$  qui est décroissante d'où le changement de signe)

Dans l'estomac, le pH est proche de 2 donc  $c > 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

#### Méthode 2 (version « j'ai compris la notion d'acide faible »)

 \*\*

Si l'acide formique était un acide fort, on pourrait écrire  $pH = -\log c$  avec  $c$  concentration en acide formique apporté donc  $c = 10^{-pH}$  soit  $c = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  car  $pH = 2$ .

Cependant, l'acide formique est un acide faible : sa réaction avec l'eau n'est pas totale ; pour arriver à un pH aussi acide, la concentration en acide formique apporté doit être supérieure à  $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

**2.2.3.** Les tamanoirs se nourrissant presque exclusivement de fourmis, ils écrasent les fourmis dans leur bouche et c'est l'acide formique des fourmis qui permet leur propre digestion en maintenant le pH de l'estomac du tamanoir à une faible valeur. \*\*