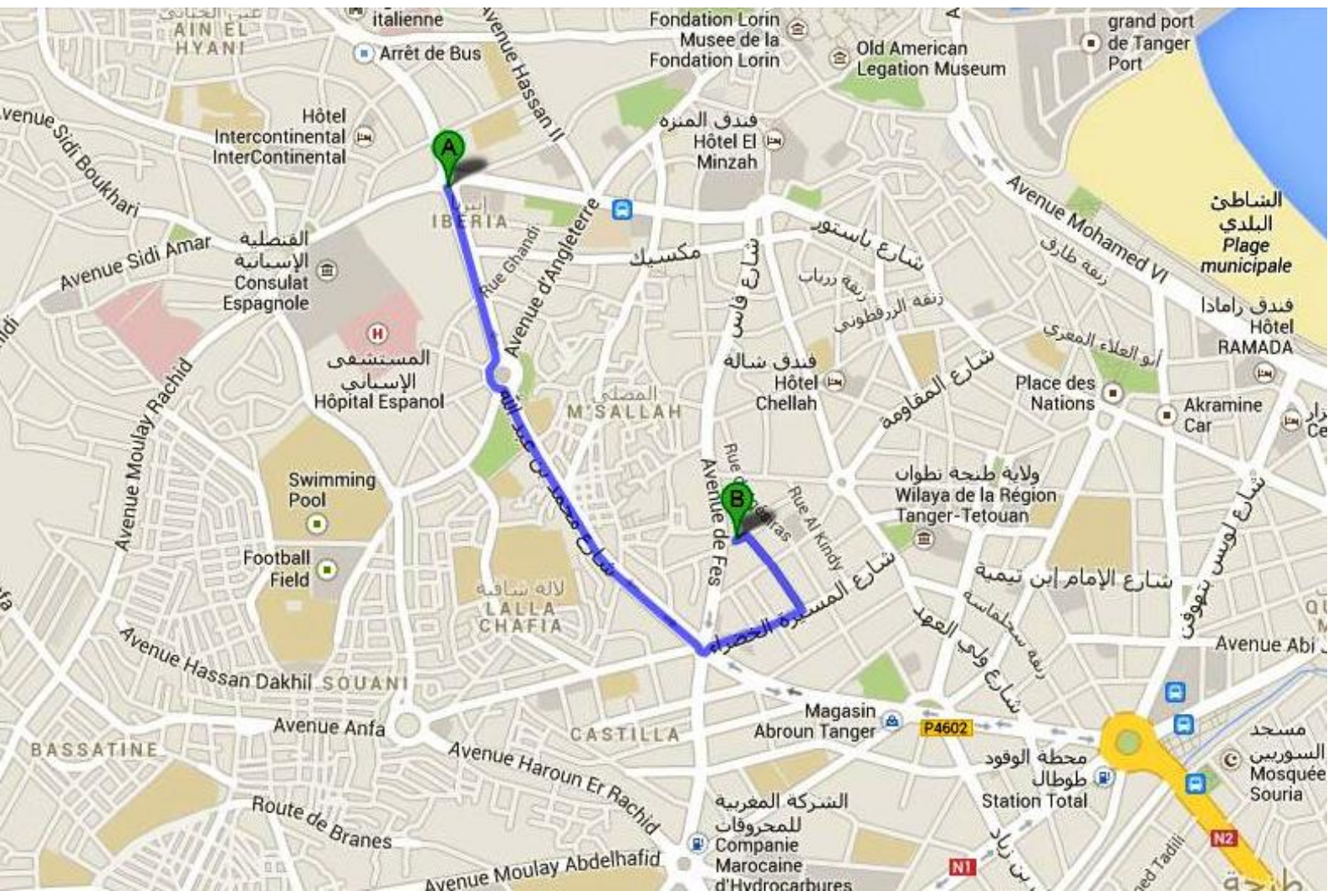




[www.al9ahira.wordpress.com](http://www.al9ahira.wordpress.com)



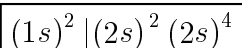
# Propriétés physico-chimiques de l'eau

(CNC-2000)

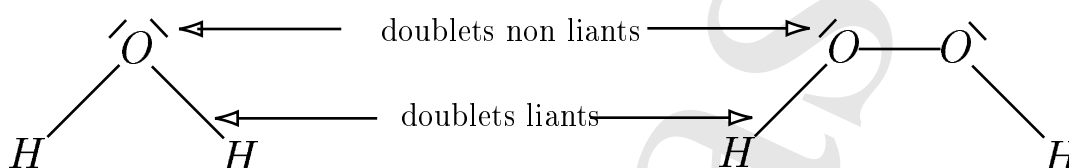
1<sup>ère</sup> partie

**Étude de quelques propriétés structurales**

1.1. Configuration électronique de l'oxygène dans l'état fondamental :



1.2. Schéma de LEWIS de  $H_2O$  et de  $H_2O_2$



1.3. Nombres d'oxydation de  $O$  et de  $H$

- dans  $H_2O$  :  $n.o.(O) = -II$  et  $n.o.(H) = +I$  car l'oxygène est plus électronégatif que l'hydrogène.
- dans  $H_2O_2$  :  $n.o.(O) = -I$  et  $n.o.(H) = +I$

1.4. Géométrie de la molécule d'eau selon la méthode V.S.E.P.R. :

La formule de LEWIS de  $H_2O$  est de la forme  $AX_2E_2$  qui a une géométrie coudée.

1.5. Angles valentiels

1.5.1. Angles valentiels dans le cas d'une géométrie tétraédrique parfaite :

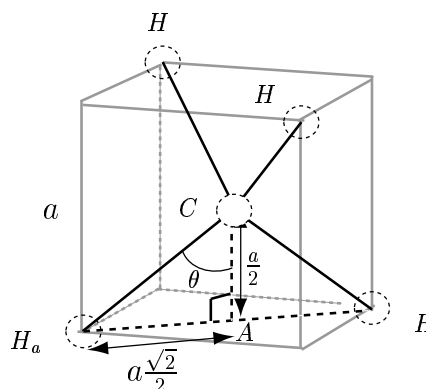
Le triangle  $CAH_a$  est rectangle en  $A$ , donc :

$$\tan \theta = \frac{a\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{a}{2}} = \sqrt{2}$$

$$\theta = \tan^{-1}(\sqrt{2}) = 54,735^\circ$$

d'où :

$$\boxed{\widehat{HCH} = 2\theta = 109,47^\circ}$$



1.5.2. On constate que  $\widehat{HCH} > \widehat{HOH}$  car les énergies de répulsion sont dans l'ordre : doublet libre - doublet libre > doublet libre - doublet liant > doublet liant - doublet liant. Ainsi les doublets non liants, mais localisés dans l'espace, occupent un volume plus grand que les doublets liants, il y a donc une déformation par rapport à la géométrie tétraédrique régulière.

### 1.6. Charges électriques partielles

1.6.1. L'origine de ce phénomène est la différence d'électronégativité entre les éléments.

1.6.2. Du fait que la molécule de  $H_2O$  est électriquement neutre, la charge partielle portée par l'atome d'oxygène est :

$$q_O = -2 \delta e$$

1.6.3. Ordre de grandeur de  $\delta$ .

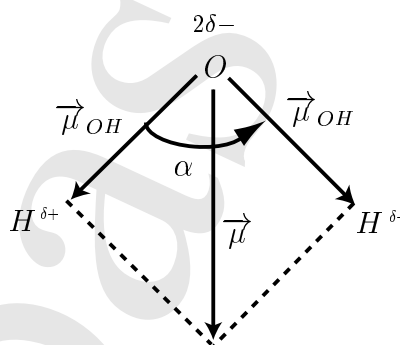
Le moment dipolaire  $\vec{\mu}$  de la molécule d'eau est porté par la bissectrice de l'angle  $\alpha = \widehat{HOH}$ . Il en résulte un moment dipolaire égal à :

$$\mu = 2\mu_{O-H} \cos \frac{\alpha}{2} \text{ avec } \mu_{O-H} = (\delta e) d_{O-H}$$

$$\mu = 2 \delta e d_{O-H} \cos \frac{\alpha}{2}$$

d'où :

$$\delta = \frac{\mu}{2 e l \cos \frac{\alpha}{2}}$$

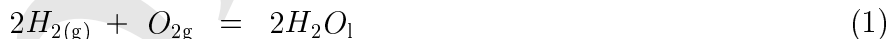


1.6.4. Application numérique :  $\delta = 0,328$

## 2<sup>ème</sup> partie

### Principe de chalumeau oxydrique

2.1. Pour l'équilibre suivant :



L'enthalpie standard de réaction  $\Delta_r H^0$  à 298 K est :

$$\Delta_r H^0(298 \text{ K}) = 2\Delta_f H^0(H_2O_l) = -572 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

car  $\Delta_f H^0(H_{2(g)}) = 0$  et  $\Delta_f H^0(O_{2g}) = 0$ .

L'entropie standard de réaction  $\Delta_r S^0$  de réaction à 298 K est :

$$\Delta_r S^0(298 \text{ K}) = 2S^0(H_2O_l) - 2S^0(H_{2(g)}) - S^0(O_{2(g)}) = -0,329 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$$

2.2. Enthalpie libre standard de réaction  $\Delta_r G^0$  et constante d'équilibre  $K_1$  :

$$\Delta_r G^0 = \Delta_r H^0 - T \Delta_r S^0$$

$$\Delta_r G^0 (298 \text{ K}) = \Delta_r H^0 - 298 \Delta_r S^0 = -474 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

et

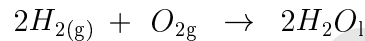
$$\Delta_r G^0 (T) = -RT \ln K_1$$

$$K_1 (298) = \exp\left(-\frac{\Delta_r G^0(298)}{298R}\right) = 1,22 \cdot 10^{83}$$

$K_1 \gg 1$  donc la réaction est quasi-totale.

2.3. La réaction ne se produit pas spontanément à 298 K, car sa cinétique est extrêmement lente. On peut l'amorcer par utilisation d'un catalyseur approprié (platine finement divisé).

2.4. D'après l'équation de la réaction (quasi-totale):



la combustion de 2 moles de  $H_{2g}$  nécessite 1 mole de  $O_{2g}$  soit, 5 moles de l'air (1 mole de  $O_{2g}$  + 4 mole de  $N_{2g}$ ). Or le dihydrogène est mélangé à deux fois le volume d'air nécessaire, donc :

À l'état initial (à 298 K) le système est composé de :

- 2 moles de  $H_{2g}$
- 2 moles de  $O_{2g}$
- 8 moles de  $N_{2g}$

À l'état final (à 298 K) le système est composé de :

- 0 moles de  $H_{2g}$
- 1 moles de  $O_{2g}$
- 8 moles de  $N_{2g}$
- 2 moles de  $H_2O_1$

D'autre part, 10% de l'énergie  $\Delta_r H^0(298 \text{ K})$  libérée à 298 K est perdue par rayonnement, le reste, soit 90%, sert à augmenter la température de du système et à la vaporisation de l'eau à 373 K, d'où le bilan énergétique (premier principe de la thermodynamique) :

$$0,9\Delta_r H^0 (298) + \int_{298}^{373} 2c_p^0 (H_2O_{(l)}) dT + 2L_v + \int_{373}^{T_f} 2c_p^0 (H_2O_{(g)}) dT + \int_{298}^{T_f} [c_p^0 (O_{2(g)}) + 8c_p^0 (N_{2(g)})] dT = 0$$

$T_f$  est la **température de flamme** (température finale du système).

$L_v$  est la chaleur latente de vaporisation de l'eau sous pression atmosphérique (à 373 K).

soit :

$$T_f \simeq 1569 \text{ K}$$

**Remarque** : la capacité calorifique de l'eau gazeuse  $c_p^0 (H_2O_{(g)}) = 33,6 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$  n'est pas donnée dans l'énoncé ! si on ne tient pas compte du changement d'état de l'eau on trouve  $T_f \simeq 1524 \text{ K}$ .

**2.5.** Du point de vue écologique, le chalumeau oxyhydrique a, par rapport au chalumeau oxyacétylénique, l'avantage de ne libérer que de l'eau alors que le deuxième libère, en plus de l'eau, de dioxyde de carbone  $CO_{2(g)}$ .

### 3<sup>ème</sup> partie

## Détermination expérimentale de la dureté d'une eau de robinet

### 3.1. Le degré hydrotimétrique ( $^{\circ}HT$ )

$$D = k \frac{m_{\text{savon}}}{1 \text{ L}} V_0 \text{ dans 1 litre de l'eau avec } V_0 = 1 \text{ L}$$

$$1^{\circ}HT = k \frac{100 \text{ mg}}{1} : k = 10$$

$$m_{\text{savon}} = 10 [m(CaCO_3)] = 10n(CaCO_3)M_{(CaCO_3)}$$

$$M_{(CaCO_3)} = 100,1 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\text{d'où : } D = 10 m_{\text{savon}}$$

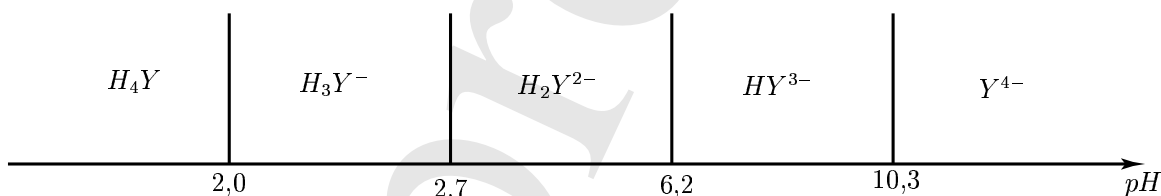
$$\text{soit : } D = 10 \times (10 \times c_{(CaCO_3)}V \times 100,1) \rightarrow D = 10010 \frac{cV}{c_0V}$$

soit :

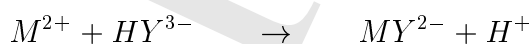
$$D \approx 10^4 \frac{c}{c_0}$$

### 3.2. Étalonnage de la solution d'E.D.T.A.

**3.2.1.** Le dosage est réalisé en présence d'un tampon  $pH = 9,5$  où  $H_2Y^{3-}$  prédomine.



**3.2.2.** À  $pH = 9,5$ , la réaction de dosage de  $M^{2+}$  par l'EDTA est :

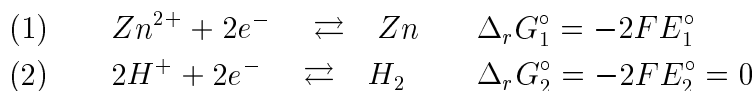


**3.2.3.** Réaction d'attaque du zinc par la solution concentrée d'acide chlorhydrique.

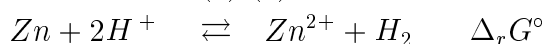
La réaction d'attaque du zinc par la solution concentrée d'acide chlorhydrique :

La différence entre les potentiels normaux (0,76 V) est assez suffisante pour utiliser la règle de gamma avec les  $E^0$ .

Les deux demi-équations rédox sont :

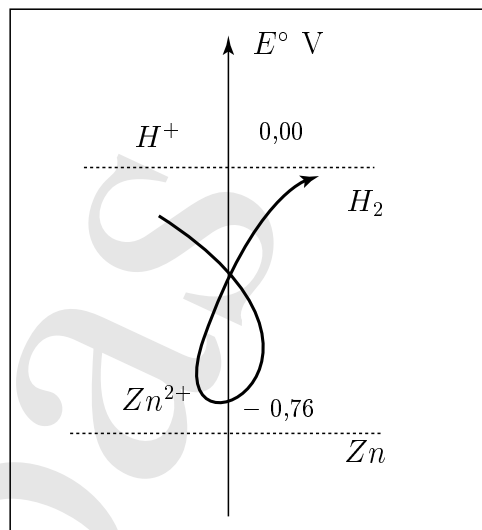


d'où le bilan (2)-(1) :



avec

$$\Delta_r G^\circ = \Delta_r G_2^\circ - \Delta_r G_1^\circ = -RT \ln K$$



$$\ln K = \frac{2F}{RT}(E_2^\circ - E_1^\circ) \quad ; \quad \log K = 2 \frac{(E_2^\circ - E_1^\circ)}{0,06}$$

$$K = 10^{\frac{0,76}{0,03}} = 2,15 \times 10^{25}$$

La réaction est quasi-totale.

**3.2.4.** Concentration molaire volumique  $c_2$ .

$$c_2 = \frac{n(Zn^{2+})}{V} = \frac{n(Zn)}{V} = \frac{m(Zn)}{VM_{Zn}}$$

$$c_2 = 3,09 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

**3.2.5.** À l'équivalence les réactifs ont été ajoutés dans les proportions stœchiométriques de l'équation de dosage :

$$c_1 V_1 = c_2 V_2 \quad \rightarrow \quad c_1 = \frac{c_2 V_2}{V_1}$$

$$c_1 = 3,09 \times 10^{-2} \times \frac{14,35}{10,0}$$

$$c_1 = 4,43 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

**3.3.** Dosage de l'eau du robinet

**3.3.1.** À l'équivalence, on a :

$$c_1 v_{1e} = cv \quad \text{avec} \quad c = [Ca^{2+}]_0 + [Mg^{2+}]_0$$

$$c = \frac{c_1 v_{1e}}{v} = 4,4 \times 10^{-2} \times \frac{3,3}{80}$$

$$c = 1,8 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

**3.3.2.** On en déduit sa dureté :

$$D \approx 10^4 \frac{c}{c_0} = 10^4 \frac{1,8 \times 10^{-3}}{1 \text{ mol.L}^{-1}} = 18,3^0 HT$$

### 3.4. Préparation du tampon $pH$

**3.4.1.** Une solution tampon est une solution dont le  $pH$  ne varie pas par dilution ou par addition de solution d'acide ou de base.

**3.4.2.** Le  $pH$  d'une solution d'acide et de base faible est :

$$pH = pK_a + \log \frac{[\text{base}]}{[\text{acide}]}$$

Dans notre cas, il s'agit du couple  $NH_4^+/NH_3$ , donc :

$$pH = pK_a + \log \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} = 9,5 \quad : \quad \log \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} = 0,3$$

soit :

$$[NH_3] = 2 [NH_4^+]$$

d'où :

$$m(NH_4Cl) = \frac{cvM_{NH_4Cl}}{2} = 26,8 \text{ g}$$

**3.4.3.** Une solution dont le  $pH$  varie de  $dpH$ , lorsqu'on lui ajoute un acide fort (ou une base forte) à la concentration  $dC$ , présente un pouvoir tampon  $\beta$  défini par :

$$\pi = \left| \frac{dC}{dpH} \right|$$

Le pouvoir tampon  $\pi$  est :

$$\pi = \left| \frac{\Delta C_{(NH_4^+)}}{\Delta pH} \right| = \left| \frac{C_{(NH_4^+)}_{\text{après}} - C_{(NH_4^+)}_{\text{avant}}}{pH_{\text{après}} - pH_{\text{avant}}} \right| = \left| \frac{[NH_4^+] - 0}{9,5 - 9,2} \right| = \left| \frac{c/2}{0,3} \right|$$

$$\beta = \left| \frac{\Delta C_{(NH_4^+)}}{\Delta pH} \right| = 1,67$$

*La Librairie Papeterie Le Caire a maintenu, depuis son origine, comme principal objectif l'entière satisfaction de l'étudiant en lui présentant l'un des plus larges choix de livres universitaires.*

*Ainsi, après de nombreuses années d'adaptation continue à la demande de l'étudiant et dans le but d'amélioration constante, nous avons créé ce site pour vous atteindre plus rapidement, en maintenant les niveaux de qualité qui nous caractérisent.*

*La Librairie Papeterie Le Caire se propose également, à travers ce site, de contribuer, dans la mesure du possible, à fournir toute l'information recherchée par l'étudiant et de participer à sa réussite académique.*

### *Adresse de contact*

*pour les étudiants désireux d'acquérir des livres de prépas :*

*7, rue Égypte*

*Tél : 0539 – 34 33 20*

*Tanger, Maroc*

*[www.al9ahira.wordpress.com](http://www.al9ahira.wordpress.com)*