

# الدورة الأولى السنة أولى بكالوريا

## الجزء 1 : الشغل الميكانيكي والطاقة

### الوحدة 1 : حركة دوران جسم صلب غير قابل للتشويه حول محور ثابت Mouvement de rotation d'un solide indéformable autour d'un axe

#### 1. تعريف :

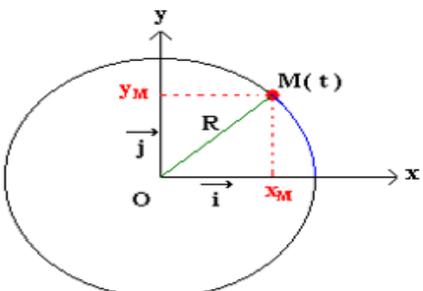
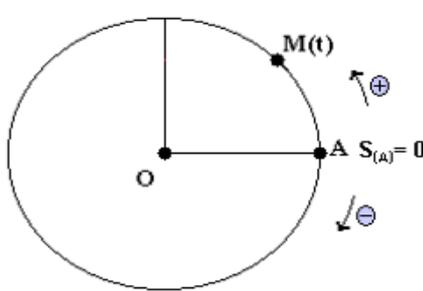
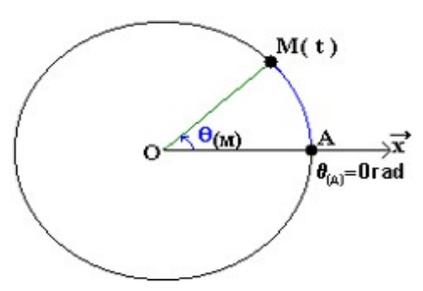
يكون جسم صلب غير قابل للتشويه في دوران حول محور ثابت ، إذا كانت كل نقطة من نقطه في حركة دائرية ممركة على هذا المحور ومسار هذه النقطة المتحركة ينتمي إلى المستوى المتعامد مع محور الدوران.

#### 2. مفاهيم عامة :

#### 1.2. المسار :

يكون مسار الحركة دائرة أو قوس من دائرة.

#### 2.2. معلمة نقطة من جسم صلب في حركة دوران :

① استعمال الإحداثيات الديكارتية $(x; y)$	② استعمال الأقصول المنحني $S$	③ استعمال الأفضول الزاوي $\theta$
في معلم ديكارتي متعامد ممنظم $R(O, \vec{i}, \vec{j})$	انطلاقا من نقطة $A$ تنتمي إلى المسار الدائري حيث نعتبرها أصلا للأفاصل المنحنية	نعتبر المحور $\vec{Ox}$ محورا مرجعيا للأفاصل الزاوية، أي عنده يوجد أصل الأفاصل الزاوية. $\theta_{\vec{Ox}} = \theta_{(A)} = 0 \text{ rad}$
		
نحدد موضع النقطة $M$ بمتجهة الموضع حيث : $\vec{OM} = x_M \vec{i} + y_M \vec{j}$ $\ \vec{OM}\  = R = \sqrt{x_M^2 + y_M^2}$	نحدد موضع النقطة $M$ بالأفضول المنحني $S$ وهو مقدار جبري حيث : $S_M = \pm \widehat{AM}$ + : عندما تمر من $A$ إلى $M$ في المنحنى الموجب. - : عندما تمر من $A$ إلى $M$ في المنحنى المعاكس للموجب. الموجب.	نحدد موضع النقطة $M$ بالأفضول الزاوي $\theta$ حيث : $\theta = \pm(\vec{Ox}; \vec{OM})$ + : عندما تمر من $A$ إلى $M$ في المنحنى الموجب. - : عندما تمر من $A$ إلى $M$ في المنحنى المعاكس للموجب. بالنسبة للأفضول الزاوي $\theta$ هو مقدار جبري يتغير بدلالة الزمن و وحدتها في USI هي الراديان (rad).

#### العلاقة بين الأفضول الزاوي و الإحداثيات الديكارتية :

$$\vec{OM} = \begin{pmatrix} x_M = R \times \cos \theta \\ y_M = R \times \sin \theta \end{pmatrix}$$

#### "العلاقة بين الأفضول المنحني $S$ و الأفضول الزاوي $\theta$ :

باعتبار النقطة  $A$  أصلا للأفاصل المنحنية و تنتمي إلى المحور المرجعي للأفاصل الزاوية فإن :

$$S_M = R \times \theta_M \Leftrightarrow \Delta S = R \times \Delta \theta$$

#### 3. السرعة الزاوية - سرعة نقطة من جسم صلب : 1.3. السرعة الزاوية اللحظية :

نعرف السرعة الزاوية اللحظية  $\omega_i$  في اللحظة  $t_i$  لنقطة  $A$  في حركة دائرية مركزها  $O$  . بالعلاقة :

$$\omega_i = \frac{\Delta \theta}{t_{i+1} - t_{i-1}}$$

حيث  $\Delta \theta$  الزاوية المكسوحة Angle balayé من طرف القطعة  $O_A$  بين اللحظتين  $t_{i-1}$  و  $t_{i+1}$  نرمل لها ب  $\omega$  وحدتها في النظام العالمي للوحدات هي  $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$  .

$$V_i = \frac{\widehat{A_{i+1}A_{i-1}}}{t_{i+1}t_{i-1}}$$

تكون السرعة الخطية  $V_i$  للنقطة  $A_i$  في اللحظة  $t_i$  هي :

وتسمى كذلك **السرعة المماسية** عند هذه النقطة.

**3.2. العلاقة بين السرعة الزاوية  $\omega$  والسرعة الخطية  $V$  :**

من خلال العلاقات أعلاه لدينا :

$$\widehat{A_{i-1}A_{i+1}} = R \times \Delta\theta \quad \text{و} \quad V_i = \frac{\widehat{A_{i+1}A_{i-1}}}{t_{i+1}t_{i-1}}$$

$$V_i = R \times \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \Rightarrow V_i = R \times \omega_i$$

وبالتالي :

**ملحوظة :**

$$\frac{\alpha(\text{deg})}{180^\circ} = \frac{\alpha(\text{rad})}{\pi}$$

إن قياس الزاوية  $\Delta\theta$  مستقل عن السلم بينما قياس  $\Delta S$  مرتبط بالسلم.

$$1 \text{tr} = 2\pi(\text{rad})$$

إن للزاوية  $\Delta\theta$  أربع وحدات : الدرجة ، الراديان ، الكراد و الدور مع :

$$\Delta\theta = 2\pi n$$

وبالتالي نستنتج العلاقة بين الزاوية المقطوعة  $\Delta\theta$  وعدد الدورات المنجزة  $n$  بالعلاقة :

**4. حركة الدوران المنتظم**

**1.1. تعريف :**

تكون حركة الدوران لجسم صلب حول محور ثابت منتظمة إذا بقيت السرعة الزاوية  $\omega$  للجسم ثابتة مع مرور الزمن.

نعتبر عن زاوية الدوران  $\Delta\theta$  لهذا الجسم خلال مدة زمنية  $\Delta t$  بالعلاقة :

$$\Delta\theta = \omega \times \Delta t$$

**2.4. خصائص الدوران المنتظم**

أثناء حركة الدوران المنتظم تمر كل نقطة من الجسم بنفس الموضع وبنفس السرعة الزاوية خلال كل دورة : نقول أن الحركة دورية.

تسمى مدة دورة واحدة ، **بدور الحركة** ونرمز له بـ  $T$  وحدته الثانية (s) .

$$\Delta\theta = \omega \times \Delta t$$

لدينا العلاقة :

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

خلال دورة واحدة :  $\Delta\theta = 2\pi$  و  $\Delta t = T$  إذن :

يسمى عدد الدورات المنجزة في الثانية **بتردد الحركة** ونرمز له بـ  $N$  وحدته الهرتز (Hz) . ويمكن حسابه بالعلاقة التالية :

$$N = \frac{1}{T}$$

**ملحوظة :**

تستعمل كذلك كوحدة للتردد ، عدد الدورات في الدقيقة رمزها  $\text{tr.min}^{-1}$  حيث :  $1\text{Hz} = 60\text{tr.min}^{-1}$

**3.4. المعادلات الزمنية للحركة**

المعادلة الزمنية للحركة هي العلاقة التي تربط بين الأفصول الزاوي  $\theta$  للنقطة المتحركة في معلم الفضاء و لحظة ملاحظتها في معلم الزمن أي معادلة الدالة  $\theta = f(t)$  .

$$\theta = \omega t + \theta_0$$

يعبر عن المعادلة الزمنية لحركة الدوران المنتظم بالمعادلة التالية :

حيث :

$\theta_0$  : الأفصول الزاوي للنقطة المتحرك عند أصل التواريخ ( $t=0$ )

$\omega$  : السرعة الزاوية للنقطة المتحركة.

يمكن أن نثبت معادلة زمنية أخرى إذا معلنا النقطة المتحركة  $A$  بقياس طول القوس  $S_i = \widehat{A_0A_i}$  الذي يمثل الأفصول المنحني للنقطة  $A$ . لدينا :

$$S_i = \widehat{A_0A_i} = R \times \theta \Rightarrow S(t) = R \times \theta(t) = R \times (\omega t + \theta_0)$$

$$\Rightarrow S(t) = R \times \theta(t) = V \times t + S_0(m)$$

حيث :

$S_0$  : الأفصول المنحني للنقطة المتحرك عند أصل التواريخ ( $t=0$ )

$V$  : السرعة الخطية للنقطة المتحركة.

## الجزء 1 : الشغل الميكانيكي والطاقة

### الوحدة 2 : شغل وقدرة قوة *Travail et puissance d'une force*

#### 1. مفهوم شغل قوة :

لكلمة " شغل " دلالات مختلفة غالبا ما ترتبط بالإحساس بالتعب نتيجة جهد مبذول أو بإرهاق عن عمل ذهني ... غير أن الفيزيائي ، يتكلم عن " شغل قوة أو قوة تشتغل " إذا انتقلت نقطة تأثيرها ، وغيّرت هذا الجسم ( تغير في الارتفاع ، تغير في السرعة .. ) أو غيرت خصائصه الفيزيائية ( ارتفاع في درجة حرارته ، تشوّهه ... ) .

#### 2. شغل قوة ثابتة مطبقة على جسم صلب في إزاحة :

**تعريف الإزاحة :** نقول أن جسم في إزاحة إذا حافظ على توجيهه في الفضاء.

**تعريف قوة ثابتة :** نقول أن قوة ثابتة إذا حافظت على نفس الاتجاه، المنحى و المنظم) طيلة الحركة. إن شغل القوة الثابتة  $\vec{F}$  المطبقة على جسم صلب في إزاحة عند انتقاله من الموضع  $A$  إلى الموضع  $B$  يساوي الجداء السلمي لمتجهة القوة  $\vec{F}$  ومتجهة انتقال نقطة تأثيرها. وبالتالي نكتب :

$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = \|\vec{F}\| \times \|\vec{AB}\| \times \cos \alpha$$

يعبر عن الشغل في النظام العالمي للوحدات بالجول رمزه  $J$  .

#### تعريف الجول :

الجول هو شغل قوة ثابتة شدتها  $1N$  تنتقل نقطة تأثيرها ب  $1m$  . نستعمل كذلك مضاعفات الجول  $1MJ = 10^6 J, 1kJ = 10^3 J$

#### ملحوظة :

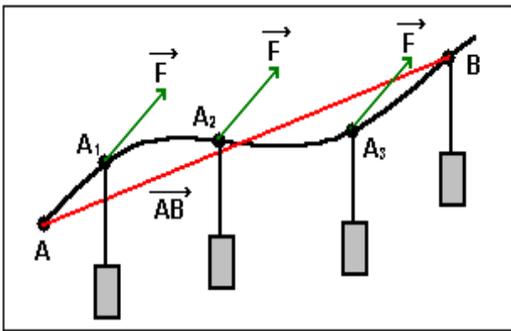
$$W_{AB}(\vec{F}) = F AB \cos \alpha$$

لدينا :

تبين هذه العلاقة أن الشغل يصنف إلى ثلاثة أصناف :

- \* الشغل مقدار جبري بحيث يمكن أن يكون : موجبا ، سالبا أو منعدما وذلك حسب قيمة الزاوية  $\alpha$  .
- \* بما أن انتقال نقطة يتعلق بالجسم المرجعي ، فشغل قوة بدوره يتعلق بالمعلم الذي تدرس فيه الحركة.
- \* يكون شغل قوة منعدما إذا لم تنتقل نقطة تأثيرها أو إذا كان اتجاهها متعامدا مع متجهة الانتقال.

#### 3. شغل قوة ثابتة مطبقة على جسم في إزاحة منحنية



نعتبر جسما صلبا في إزاحة منحنية بالنسبة للمرجع الأرضي في هذه الحالة نقسم المنحني إلى مسارات صغيرة  $A_i A_j$  نعتبرها مستقيمة. نسمي  $\delta \vec{l}_i = \vec{A}_i A_j$  متجهة الانتقال الجزئي و  $\delta W_i = \vec{F} \cdot \delta \vec{l}_i$  الشغل الجزئي المنجز أثناء هذا الانتقال. إن شغل القوة  $\vec{F}$  عند انتقال نقطة تأثيرها من  $A$  إلى  $B$  هو مجموع الأشغال الجزئية.

$$W_{AB}(\vec{F}) = \sum \delta W_i = \sum \vec{F} \cdot \delta \vec{l}_i = \vec{F} \cdot \sum \delta \vec{l}_i = \vec{F} \cdot \vec{AB}$$

#### خلاصة :

شغل قوة ثابتة مطبقة على جسم في إزاحة منحنية مستقل عن مسار الحركة بل يتعلق فقط بموضع البدئي و الموضع النهائي.

#### 4. شغل وزن جسم

عندما ينتقل مركز القصور  $G$  لكرة من موضع  $G_A$  إلى موضع  $G_B$  ينجز  $\vec{P}$  وزن الكرة شغلا. بالنسبة لانتقال لا يتجاوز بعض الكيلومترات ( قريب من سطح الأرض ) يمكن اعتبار وزن جسم قوة ثابتة.

تعبير شغل الوزن هو

$$W(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \vec{G}_A \vec{G}_B$$

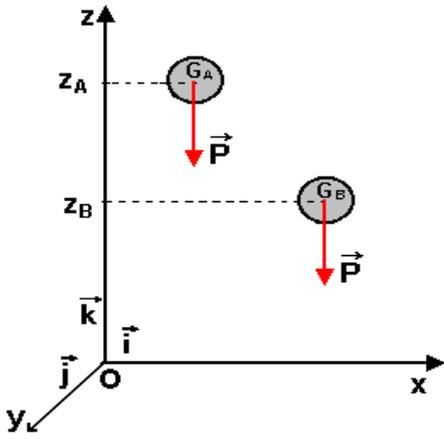
في المعلم  $R(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$  إحداثيات المتجهتين  $\vec{P}$  و  $\vec{G}_A \vec{G}_B$  هي:

$$\vec{G}_A \vec{G}_B: \begin{pmatrix} x_B - x_A \\ y_B - y_A \\ z_B - z_A \end{pmatrix} \quad \text{و} \quad \vec{P}: \begin{pmatrix} P_x = 0 \\ P_y = 0 \\ P_z = -P \end{pmatrix}$$

نستنتج أن:

$$W_{G_A G_B}(\vec{P}) = m \times g \times (z_A - z_B) = mgh$$

نلاحظ أن شغل وزن جسم لا يرتبط إلا بالأنسوب  $z_A$  للموضع البدئي و بالأنسوب  $z_B$  للموضع النهائي.



$w(\vec{P}) = mgh \cos 0$	$w(\vec{P}) = mgh \cos \pi$	$w(\vec{P}) = mgh \cos(\frac{\pi}{2} - \alpha)$	$w(\vec{P}) = mgh \cos(\frac{\pi}{2} + \alpha)$
$W_{AB}(\vec{P}) = +mgh$	$W_{AB}(\vec{P}) = -mgh$	$W_{AB}(\vec{P}) = +mgh$	$W_{AB}(\vec{P}) = -mgh$

**خلاصة:** بصفة عامة يكون شغل وزن الجسم أثناء إنتقاله من موضع A إلى موضع B هو :

$$W_{AB}(\vec{P}) = \pm mgh$$

+ : إذا كانت A في الأعلى و B في الأسفل.

- : إذا كانت A في الأسفل و B في الأعلى.

### 5. شغل مجموعة من قوى ثابتة مطبقة على جسم صلب في إزاحة :

عند الإنتقال من النقطة A إلى النقطة B لجسم صلب في إزاحة مستقيمة تحت تأثير مجموعة قوى  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$  فإن هذه القوى تنجز شغلا.

$$W_{AB}(\vec{F}_1) + W_{AB}(\vec{F}_2) + \dots + W_{AB}(\vec{F}_n) = \vec{F}_1 \cdot \vec{AB} + \vec{F}_2 \cdot \vec{AB} + \dots + \vec{F}_n \cdot \vec{AB}$$

$$W_{AB}(\vec{F}_1) + W_{AB}(\vec{F}_2) + \dots + W_{AB}(\vec{F}_n) = (\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n) \cdot \vec{AB}$$

$$W_{AB}(\vec{F}_1) + W_{AB}(\vec{F}_2) + \dots + W_{AB}(\vec{F}_n) = \Sigma \vec{F}_i \cdot \vec{AB} = \vec{F} \cdot \vec{AB}$$

**خلاصة:**

يساوي شغل مجموعة قوى ثابتة  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$  مطبقة على جسم صلب في إزاحة مستقيمة الجداء السلمي لمجموع متجهات القوى  $\vec{F}$  و متجهة الإنتقال  $\vec{AB}$ .

### 6. شغل قوة تماس موزعة

#### 1. الاحتكاكات مهمة

في حالة عدم وجود الاحتكاكات تكون  $\vec{R}$  عمودية على مساحة التماس أي محمولة بالخط المنظمي. وبالتالي نكتب :

$$W_{AB}(\vec{R}) = \vec{R} \cdot \vec{AB} = R \times AB \times \cos \frac{\pi}{2} = 0 J$$

**خلاصة:**

في حالة عدم وجود الاحتكاكات فإن شغل قوة التماس الموزعة شغل منعدم سواء كان المسار مستقيما أو منحنيا.

$$W_{AB}(\vec{R}) = 0 J$$

#### 2. الاحتكاكات غير مهمة

في حالة وجود الاحتكاكات تكون القوة  $\vec{R}$  مائلة عن الخط المنظمي في اتجاه معاكس لمنحى الحركة بزاوية  $\varphi$  ، تسمى زاوية الاحتكاك.

### " حساب شغل قوة التماس :

\* الطريقة الأولى :

$$W_{AB}(\vec{R}) = \vec{R} \cdot \vec{AB} = R \times AB \times \cos(\frac{\pi}{2} + \varphi) = -R \times AB \sin \varphi$$

\* الطريقة الثانية :

في معلم متعامد ممنظم مرتبط بالجسم لقوة التماس مركبتين

\* مركبة منظمية  $\vec{R}_N$  محمولة بالخط المنظمي.

\* مركبة مماسية  $\vec{R}_T$  محمولة بخط التماس حيث منحها عكس منحى الحركة. أحيانا نرمز لها بـ

$\vec{f}$  تسمى قوة الإحتكاك.

$$W_{AB}(\vec{R}) = \vec{R} \cdot \vec{AB} = (\vec{R}_N + \vec{R}_T) \cdot \vec{AB}$$

$$W_{AB}(\vec{R}) = \vec{R} \cdot \vec{AB} = (\vec{R}_N + \vec{f}) \cdot \vec{AB}$$

$$W_{AB}(\vec{R}) = -f \times AB$$

## 7. قدرة قوة

مثال :

يستغرق رفع حمولة S إلى الأعلى من طرف شخص وقتا طويلا ، بينما تقوم الرافعة بنفس الشغل في مدة وجيزة. نقول أن قدرة الرافعة أكبر من قدرة الشخص.

وحدة القدرة في النظام العالمي للوحدات هي الواط (W) .  
نستعمل كذلك مضاعفات الواط : الحصان البخاري 1chW = 735 W

### 1.7. القدرة المتوسطة

تساوي القدرة المتوسطة  $P_m$  لقوة  $\vec{F}$  تنجز شغلا  $W_{AB}(\vec{F})$  خلال المدة الزمنية  $\Delta t$  الخارج :

$$P_{mAB}(\vec{F}) = \frac{W_{AB}(\vec{F})}{\Delta t}$$

### 2.7. القدرة اللحظية

تساوي القدرة اللحظية  $P_i$  لقوة ، حاصل قسمة الشغل الجزئي  $\delta W_i$  ، لهذه القوة والمدة الزمنية  $\delta t$  اللازمة لإنجاز هذا الشغل :

$$P_i = \frac{\delta W_i}{\delta t} = \frac{\vec{F} \cdot \delta \vec{l}_i}{\delta t} = \vec{F} \cdot \frac{\delta \vec{l}_i}{\delta t} = \vec{F} \cdot \vec{V}_i$$

## 8. قدرة وشغل قوة عزمها ثابت مطبقة على جسم صلب في دوران حول محور ثابت

### 1.8. تعبير القدرة

تتحرك نقطة  $M$  وفق دائرة مركزها  $O$  وشعاعها  $r$  .

لدينا :  $V_i = r \cdot \omega_i$  و  $P_i = \vec{F} \cdot \vec{V}_i$

$$P_i = (F \cdot r) \cdot \omega_i$$

و بالتالي :

الجداء  $F \cdot r$  هو عزم القوة  $\vec{F}$  بالنسبة للمحور ( $\Delta$ ) أي  $M_{\Delta}(\vec{F}) = F \cdot r$

وبالتالي :

$$P_i(\vec{F}) = M_{\Delta}(\vec{F}) \cdot \omega_i$$

### 2.8. تعبير الشغل

خلال مدة جد قصيرة  $\delta t$  يكون الشغل الجزئي للقوة  $\vec{F}$  هو :

$$\delta W_i = P_i \cdot \delta t \Rightarrow \delta W_i = M_{\Delta}(\vec{F}) \cdot \omega_i \cdot \delta t$$

لدينا :

$$\delta w_i = M_{\Delta}(\vec{F}) \cdot \delta \theta_i : \text{وهي زاوية الدوران الجزئي وبالتالي:}$$

بالنسبة لمدة زمنية  $\Delta t$  يكون الشغل المنجز خلال الدوران  $\Delta \theta_i$  هو مجموع الأشغال الجزئية.

$$W = \sum \delta w_i = M_{\Delta}(\vec{F}) \cdot \Delta \theta$$

### 9. شغل مزدوجة عزمها ثابت

يكون الشغل المنجز من طرف مزدوجة قوتين أثناء الدوران  $\Delta \theta$  هو :

$$W = M \cdot \Delta \theta$$

## الجزء 1 : الشغل الميكانيكي والطاقة

### الوحدة 3 : الشغل والطاقة الحركية

في سنة 1807 ، أدخل توماس يونغ كلمة طاقة وأربطه بالكمية  $mV^2$  ، حسب هذا العالم فالشغل المنجز لحركة ما، يتناسب مع الطاقة المحصل عليها.  
في سنة 1849 ، سمى وليام تومسون هذه الطاقة المرتبطة بالحركة بالطاقة الحركية.

#### 1- الطاقة الحركية :

##### 1.1. تعبير الطاقة الحركية :

##### " في حالة الإزاحة :

تساوي الطاقة الحركية  $E_C$  لجسم صلب في حركة إزاحة نصف جداء كتلته  $m$  ومربع سرعته  $V$  حيث :

$$E_C = \frac{1}{2} m V^2$$

##### " في حالة الدوران :

تساوي الطاقة الحركية  $E_C$  لجسم صلب في حركة دوران حول محور ثابت، نصف جداء سرعة الزاوية  $\omega$  وعزم قصوره  $J_\Delta$  حيث :

$$E_C = \frac{1}{2} J_\Delta \omega^2$$

#### 2. عزم القصور *Moment d'inertie*

يسمى  $J_\Delta$  عزم قصور الجسم بالنسبة للمحور  $(\Delta)$  ، وهو يتعلق بكتلة الجسم و بتوزيع المادة المكونة له حول المحور. وحدته في النظام العالمي للوحدات هي  $kg m^2$  .

#### استنتاج ( نص مبرهنة الطاقة الحركية ) :

يساوي تغير الطاقة الحركية  $\Delta E_C$  لجسم صلب في إزاحة أو في دوران حول محور ثابت بين لحظتين  $t_A$  و  $t_B$  المجموع الجبري لأشغال كل القوى المطبقة على هذا الجسم بين هاتين اللحظتين.

$$\Delta E_C = E_{C_B} - E_{C_A} = \sum W_{AB}(\vec{F})$$

#### \* في حالة الإزاحة :

$$\frac{1}{2} m V_B^2 - \frac{1}{2} m V_A^2 = \sum W_{AB}(\vec{F})$$

#### \* في حالة الدوران :

$$\frac{1}{2} J_\Delta \omega_B^2 - \frac{1}{2} J_\Delta \omega_A^2 = \sum W_{AB}(\vec{F})$$

قبل تطبيق هذه المبرهنة يجب :

\* تحديد المجموعة المدروسة.

\* تحديد المعلم الذي تدرس فيه الحركة.

\* تحديد الحالة البدئية والحالة النهائية.

\* جرد القوى المطبقة على المجموعة المدروسة.

يشير الجدول الآتي، إلى كتلة  $m$  لكرة مستعملة، وإلى قيمة القوة  $\vec{F}$  المطبقة على الكرة، وإلى المسافة  $d$  التي تقطعها، حيث كانت هذه الكرة متوقفة في البداية و اكتسبت السرعة  $V$  في نهاية التماس.

$m V^2$	$W(\vec{F})(J)$	$V(m/s)$	$V(\frac{km}{h})$	$d(m)$	$F(N)$	$m(kg)$	الرياضة
179,7	90	62,5	225	0,03	3000	0,046	الغولف
128,6	64	47,5	171	0,08	800	0,057	كرة المضرب
361,5	180	29,16	105	0,12	1500	0,425	كرة القدم

1 - في كل حالة أحسب شغل القوة المطبقة على الكرة ، نقبل أن منحى القوة  $\vec{F}$  هو نفس منحى انتقال نقطة تأثيرها.

## فرض منزلي

لدراسة السقوط الحر لكرية نختار ارتفاعات غير كبيرة جدا حتى تتمكن من إهمال تأثير الهواء على الكرية أمام تأثير الأرض وبالتالي تصير الكرية خاضعة لوزنها فقط ، فنقول أنها توجد في سقوط حر .  
 بواسطة كهرومغناطيس Electroaimant نثبت كرية في الموضع الأعلى وعند فتح قاطع التيار، تسقط الكرية بدون سرعة بدئية أمام مسطرة رأسية مدرجة. ثم يبدأ اشتغال الميقت، عندما يجتاز الطرف الأعلى للكرة الشعاع الضوئي المنبعث من الخلية الكهروضوئية Cellule photoelectrique ، ويتوقف عند اجتياز الطرف الأعلى للكرة هذا الشعاع. وبذلك يمكننا تعيين المدة الزمنية  $\Delta t$  التي يستغرقها مرور الكرية أمام الخلية.  
 بما أن المدة الزمنية  $\Delta t$  صغيرة، يمكن اعتبار السرعة المتوسطة تساوي السرعة اللحظية عند ارتفاع  $h_i$  ، ومن ثم يمكن حساب هذه السرعة باستعمال العلاقة  $V = \frac{d}{\Delta t}$  مع  $d = 1,8 \text{ cm}$  قطر الكرية وتمثل المسافة التي تقطعها أمام الخلية خلال المدة الزمنية  $\Delta t$  .  
 نغير ارتفاع السقوط  $h_i$  بتغيير موضع الخلية الكهروضوئية. كتلة الكرية  $m = 24 \text{ g}$  .

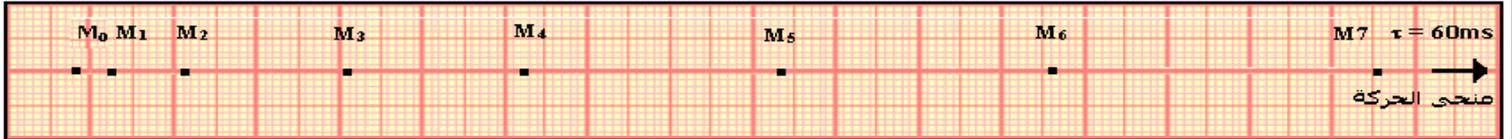
**1 -** أتمم الجدول التالي حيث :  $V_i = \frac{A_{i+1} - A_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}}$  سرعة الكرية في الموضع  $A_i$  ،  $E_{ci}$  الطاقة الحركية للكرية في الموضع  $A_i$   $E_c = \frac{1}{2} m V_i^2$  و  $W_{A_i A_i}(\vec{P})$  شغل وزن الكرية عندما ينتقل مركز ثقلها من الموضع  $A_i$  إلى الموضع  $A_i$

$$W_{A_i A_i}(\vec{P}) = mg A_1 A_i \text{ و } A_i = A_1, A_2, \dots, A_7$$

$A_7$	$A_6$	$A_5$	$A_4$	$A_3$	$A_2$	$A_1$	الموضع $A_i$
1,40	1,20	1,00	0,80	0,60	0,40	00,2	الارتفاع $h_i(m)$
3,48	3,70	4,05	4,48	5,18	6,38	8,70	$\Delta t (\times 10^{-3} s)$
5,17	4,86	4,44	4,02	3,47	2,82	2,07	$V_i(m/s)$
0,32	0,28	0,23	0,19	0,14	0,09	0,05	$E_{ci}(J)$
0,29	0,24	0,19	0,14	0,1	0,05	////	$W_{A_i A_i}(\vec{P})(J)$

- 2 -** مثل المنحنى الذي يمثل تغيرات الطاقة الحركية  $E_c$  للكرية بدلالة شغل وزنها  $W(\vec{P})$   
**3 -** ماذا يمثل الإحداثي عند الأصل للمستقيم المحصل عليه ؟  
**4 -** حدد مبيانيا المعامل الموجه لهذا المستقيم ؟  
**5 -** استنتج العلاقة بين تغير الطاقة الحركية  $\Delta E_c$  للكرية وشغل وزنها  $W(\vec{P})$  .  
**2.2. نشاط تجريبي حالة جسم صلب في إزاحة مستقيمة :**

نسجل حركة حامل ذاتي ( $m \approx 732 \text{ g}$ ) فوق منضدة مائلة بزاوية  $\alpha = 10^\circ$  بالنسبة للمستوى الأفقي خلال مدد زمنية متتالية ومتساوية قيمتها  $\tau = 60 \text{ ms}$  .



- التسجيل المحصل عليه :  
**1 -** أجرد القوى المطبقة على الحامل الذاتي ؟  
**2 -** نختار النقطة  $M_1$  من المسار بحيث تكون السرعة  $V_1$  عند هذه النقطة غير منعدمة. أوجد قيمة السرعة  $V_1$  للمتحرك عند الموضع  $M_1$  واستنتج طاقته الحركية  $E_{ci}$  عندما يمر من هذا الموضع ؟  
**3 -** أوجد تعبير الطاقة الحركية للمتحرك في الموضع  $M_i$  بدلالة المسافة  $d = M_{i-1} M_{i+1}$  .  
**4 -** أوجد تعبير شغل وزن الجسم الصلب  $W(\vec{P})$  بدلالة المسافة  $D = M_1 M_i$  .

$M_6$	$M_5$	$M_4$	$M_3$	$M_2$	$M_1$	الموضع $M_i$
7,5	6,5	5,5	4,5	3	1,5	المسافة $d(m)$
11,5	8,5	3,5	3	1	////	المسافة $D(m)$
140	107	76	51	22	6	$E_c(J)$
140	107	70	40	12	0	$W(J)$

- 5 -** أتمم الجدول التالي :  
**6 - مثل المنحنى**  $E_c = f(W)$  .  
**7 -** ماذا يمثل الإحداثي عند الأصل للمستقيم المحصل عليه ؟  
**8 -** حدد مبيانيا المعامل الموجه لهذا المستقيم ؟  
**9 -** استنتج العلاقة بين تغير الطاقة الحركية  $\Delta E_c$  للحامل ومجموع أشغال القوى التي يخضع لها ؟

## الجزء 1 : الشغل الميكانيكي والطاقة

### الوحدة 4 : الشغل وطاقة الوضع الثقالية - الطاقة الميكانيكية -

*Travail et énergie Potentielle de pesanteur — Energie Mécanique*

#### 1. طاقة الوضع الثقالية :

##### 1.1. تعبير طاقة الوضع الثقالية :

بصفة عامة نعرف طاقة الوضع الثقالية بالتعبير :

$$(1) \quad E_{pp} = mgz + C$$

حيث  $C$  ثابتة اعتباطية.

قبل حساب طاقة الوضع الثقالية، يجب تحديد قيمة الثابتة  $C$  وذلك باختيار الحالة المرجعية لطاقة الوضع الثقالية.

##### "الحالة المرجعية :

نسمي الحالة المرجعية لطاقة الوضع الثقالية الحالة التي نختارها اعتباطا ، حيث تسند لطاقة الوضع الثقالية ، لجسم صلب في مجال الثقالة ، القيمة  $E_{pp}=0$  .

إذا كان الأنسوب  $z_0$  هو موضع الحالة المرجعية لطاقة الوضع الثقالية أي  $(E_{pp}=0, z_0)$  فإن العلاقة (1) تصبح :

$$E_{pp}(z_0) = mgz_0 + C = 0 \Rightarrow C = -mgz_0$$

وتصبح الصيغة العامة لطاقة الوضع الثقالية هي :

$$E_{pp} = mgz - mgz_0$$

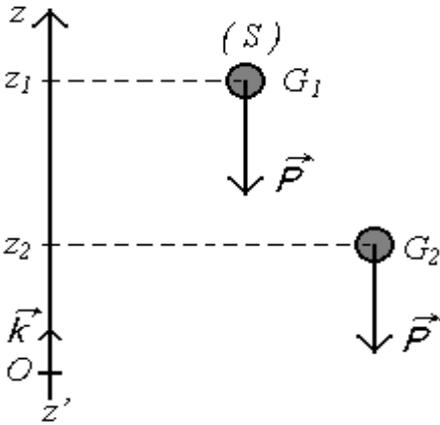
هو موضع الحالة المرجعية لطاقة الوضع الثقالية  $z_0$

##### ملحوظة :

عندما نقول موضع الحالة المرجعية لطاقة الوضع الثقالية معناه المستوى الأفقي التي تكون فيه  $E_{pp}=0$  كما أن محور الأناسيب هو محور رأسي موجه نحو الأعلى.

يمكن لطاقة الوضع الثقالية أن تكون موجبة أو سالبة ، وذلك حسب موضع الجسم بالنسبة للحالة المرجعية.

##### 1.2. تغير طاقة الوضع :



نعتبر جسم صلب  $(S)$  كتلته  $m$  ، في سقوط حر في مجال الثقالة  $g$  الذي نعتبره منتظما. نعلم مواضع مركز القصور  $G$  للجسم  $(S)$  في المعلم  $(O, \vec{k})$  محوره  $z'z$  رأسي ومنتجه نحو الأعلى.

نعتبر عن شغل وزن الجسم  $(S)$  أثناء انتقاله بين الموضعين  $G_1$  و  $G_2$  أنسوباهما بالتتابع  $z_1$  و  $z_2$  بالعلاقة :

$$W_{G_1 G_2}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot G_1 G_2 = m \times g \times (z_1 - z_2) = m \times g \times z_1 - m \times g \times z_2$$

نلاحظ أن شغل وزن الجسم  $(S)$  يظهر كفرق لحددين :

و  $mgz_1$  الذي يمثل طاقة تتعلق بالأنسوب  $z_1$  وتوافق طاقة الوضع للجسم  $(S)$  عند الأنسوب  $z_1$  ونرمز لها بـ :  $E_{pp1}$

و  $mgz_2$  الذي يمثل طاقة تتعلق بالأنسوب  $z_2$  وتوافق طاقة الوضع للجسم  $(S)$  عند الأنسوب  $z_2$  ونرمز لها بـ :  $E_{pp2}$

وبالتالي نستنتج العلاقة التالية :

$$W_{G_1 G_2}(\vec{P}) = E_{pp1} - E_{pp2} = -\Delta E_{ppAB}$$

كما هو الشأن بالنسبة للشغل ، يعبر عن طاقة الوضع الثقالية بالجول (J)

## 2. الطاقة الميكانيكية :

### 1. تعريف :

تساوي الطاقة الميكانيكية  $E_m$  لجسم صلب عند لحظة  $t$  مجموع الطاقة الحركية  $E_c$  وطاقة الوضع الثقالية  $E_{pp}$  عند نفس اللحظة.

$$E_m = E_{pp} + E_c$$

### ملحوظة 1 :

نقول أن الطاقة الميكانيكية تتحفظ إذا بقيت ثابتة أي :

$$E_{m_A} = E_{m_B}$$

نكتب كذلك أنه ، إذا كانت الطاقة الميكانيكية منحفظة فتغييرها منعدم :

$$\Delta E_{m_{AB}} = 0$$

### ملحوظة 2 :

\* يساوي تغير الطاقة الحركية لجسم صلب خاضع لوزنه فقط مقابل تغير طاقة الوضع الثقالية.

$$\Delta E_c = -\Delta E_{pp}$$

\* في غياب الاحتكاك ، تعتبر قوى التماس كقوى محافظة لكونها لا تغير الطاقة الميكانيكية للجسم.

## 2.2. عدم انحفاظ الطاقة الميكانيكية

### انزلاق جسم صلب باحتكاك فوق مستوى مائل :

يخضع الجسم  $(S)$  على تأثير السطح  $\vec{R}$  ووزنه  $\vec{P}$  . بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية على الجسم نكتب :

$$\Delta E_{c_{AB}} = W_{AB}(\vec{R}) + W_{AB}(\vec{P}) \quad (1)$$

\* شغل الوزن بين الموضعين  $AB$  هو مقابل تغير طاقة الوضع الثقالية.

$$W_{AB}(\vec{P}) = -\Delta E_{pp_{AB}}$$

\* شغل قوة التماس هو :

$$W_{AB}(\vec{R}) = -f \times AB$$

و بالتالي تصبح العلاقة (1) كالتالي :

$$\Delta E_{c_{AB}} + \Delta E_{pp_{AB}} = \Delta E_{m_{AB}} = -f \times AB$$

$$\Delta E_{m_{AB}} = -f \times AB < 0$$

$$\Leftrightarrow \Delta E_{m_{AB}} < 0$$

في غياب الاحتكاك ، تعتبر قوى التماس كقوى محافظة لكونها لا تغير الطاقة الميكانيكية للجسم. يقابل الشغل المقاوم لقوى الإحتكاك نقصان الطاقة الميكانيكية ، نقول إن قوى الإحتكاك غير محافظة.

أثناء الحركة بفعل قوى الاحتكاك ، تنقص الطاقة الميكانيكية للجسم.

### تعليل :

يتحول جزء من الطاقة الميكانيكية للجسم بفعل قوى الاحتكاك إلى طاقة حرارية  $Q$  تؤدي إلى

ارتفاع درجة حرارة السطحين و الهواء فنكتب :

$$\Delta E_m = -Q \Leftrightarrow |\Delta E_m| = Q$$

خلاصة : يساوي انخفاض الطاقة الميكانيكية للجسم مقابل الطاقة الحرارية.

**النشاط تجريبي 1 :**

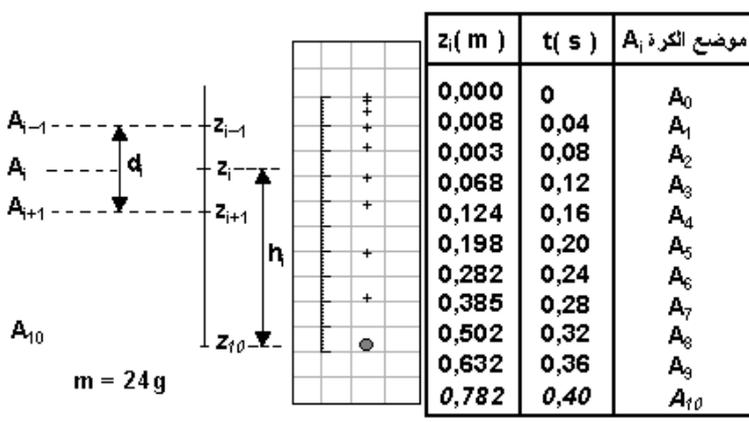
الهدف : معرفة أن المجموع  $E_c + E_{pp}$  ثابت بالنسبة لجسم صلب في حركة بدون احتكاك.

**المناولة :**

تمكن كاميرا رقمية مرتبطة بحاسوب من ضبط سرعة السداد ، وتقوم بتصوير سرعة الكرة

**استثمار :**

نختار المستوى المرجعي لطاقة الوضع الثقالية عند الموضع  $A_{10}$  .



- 1 - اعط التعبير الحرفي لطاقة الوضع الثقالية  $E_{pp}$  ثم الطاقة الحركية  $E_c$  بدلالة  $m, g, h_i, d_i, \tau$  .
- 2 - بالنسبة لكل نقطة  $A_i$  من المسار ، قس المسافة  $d_i = z_{i-1} - z_{i+1}$  والمسافة  $h_i = z_{10} - z_i$  ثم حول النتائج المجصل عليها في الجدول الآتي :

موضع الكرة	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>	A <sub>9</sub>
$z_i (m)$										
$d_i (m)$										
$h_i (m)$										
$E_c (J)$										
$E_{pp} (J)$										
$(E_c + E_{pp}) (J)$										

3 - مثل على نفس المعلم المنحنيات :  $E_c = f(t), E_{pp} = f(t), E_c + E_{pp} = f(t)$

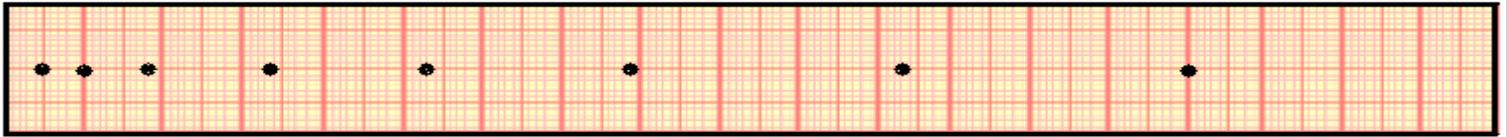
4 - كيف تتغير المقادير  $E_c, E_{pp}$  خلال السقوط ؟

5 - كيف يتغير لمجموع  $E_c + E_{pp}$

**النشاط تجريبي 2 :**

الهدف : التحقق التجريبي من انحفاظ المجموع  $E_c + E_{pp}$  .

المناولة : نطلق بدون سرعة بدئية حاملا ذاتيا كتلته  $m = 732g$  فوق منضدة هوائية مائلة بزاوية  $\alpha = 10^\circ$  بالنسبة للخط الأفقي. ونسجل حركة إحدى نقطة ( $\tau = 60ms$ ) .  
التسجيل المحصل عليه :



نختار المستوى المرجعي لطاقة الوضع الثقالية عند الموضع  $M_8$  .

- 1 - اعط التعبير الحرفي لطاقة الوضع الثقالية  $E_{pp}$  بدلالة  $m, g, D, \alpha$  ثم الطاقة الحركية  $E_c$  بدلالة  $m, d, z$  .
- 2 - بالنسبة لكل نقطة  $M_i$  من المسار ، قس المسافة  $D = M_i M_8$  والمسافة  $d = M_{i+1} M_{i-1}$  ثم حول النتائج المجصل عليها في الجدول الآتي :

موضع الكرة	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>	M <sub>7</sub>	M <sub>8</sub>
$t (s)$								
$d (m)$								
$D (m)$								
$E_c (J)$								
$E_{pp} (J)$								
$(E_c + E_{pp}) (J)$								

3 - مثل على نفس المعلم المنحنيات :  $E_c = f(t), E_{pp} = f(t), E_c + E_{pp} = f(t)$

4 - كيف تتغير المقادير  $E_c, E_{pp}$  خلال السقوط ؟

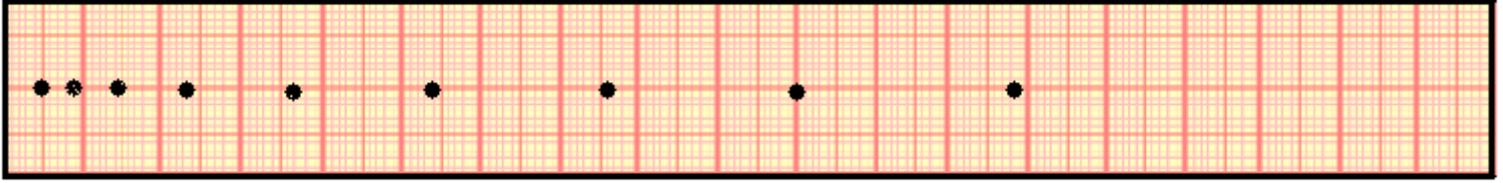
5 - كيف يتغير لمجموع  $E_c + E_{pp}$

## عدم إنحفاظ الطاقة الميكانيكية :

### النشاط تجريبي 2 :

**الهدف :** التحقق التجريبي من عدم إنحفاظ المجموع  $E_c + E_{pp}$  .

**المناولة :** نطلق بدون سرعة بدئية خيالا كتلته  $m=0,2kg$  فوق نضد هوائي مائل بزاوية  $\alpha=10^\circ$  بالنسبة للخط الأفقي ( نعمل على نقص صيب هواء معصفة النضد لكي تتم حركة الخيال بالاحتكاك ). ونسجل حركة إحدى نقطة



نختار المستوى المرجعي لطاقة الوضع الثقالية عند الموضع  $M_9$  .

**1 -** اعط التعبير الحرفي لطاقة الوضع الثقالية  $E_{pp}$  بدلالة  $m, g, D, \alpha$  ثم الطاقة الحركية  $E_c$  بدلالة

$m, d, z$  .

**2 -** بالنسبة لكل نقطة  $M_i$  من المسار ، قس المسافة  $D=M_i M_9$  والمسافة  $d=M_{i+1} M_{i-1}$  ثم

حول النتائج المجمل عليها في الجدول الآتي :

موضع الكرة	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$	$M_5$	$M_6$	$M_7$	$M_8$	$M_9$
$t(s)$									
$d(m)$									
$D(m)$									
$E_c(J)$									
$E_{pp}(J)$									
$(E_c + E_{pp})(J)$									

**3 -** مثل على نفس المعلم المنحنيات :  $E_c = f(t), E_{pp} = f(t), E_c + E_{pp} = f(t)$

**4 -** كيف تتغير المقادير  $E_c, E_{pp}$  خلال السقوط ؟

**5 -** كيف يتغير لمجموع  $E_c + E_{pp}$  ؟

**6 -** هل هذه النتيجة كانت متوقعة ؟ علل جوابك .

**تطبيق 1 :** نأخذ ( $g=10N/kg$ )

نعتبر مجموعة ( $S$ ) مكونة من مظلي و لوازم القفز كتلتها  $m=80kg$  . يقفز المظلي انطلاقا من ارتفاع معين بالنسبة لسطح الأرض. تتميز المرحلة الأولى من القفز بسقوط حر، حيث الاحتكاكات مهملة. تبدأ المرحلة الثانية من القفز لحظة فتح المظلة على ارتفاع  $h$  من سطح الأرض  $h=1km$  . الاحتكاكات غير مهملة خلال المرحلة الثانية، مما يجعل السرعة  $V$  للمجموعة ( $S'$ ) المتكونة من المظلي و المظلة ثابتة حتى الوصول إلى سطح الأرض.  $V=10m/s$

1 - قارن بين تعيري الطاقة الحركية و طاقة الوضع الثقالية للمجموعة ( $S$ ) خلال المرحلة الأولى ؟  
2 - ما قيمة طاقة الوضع الثقالية للمجموعة ( $S$ ) لحظة فتح المظلة ؟ نعتبر سطح الأرض مرجع طاقة الوضع الثقالية ؟

3 - قارن بين تعيري الطاقة الحركية و طاقة الوضع الثقالية للمجموعة ( $S'$ ) خلال المرحلة الثانية. ما دور قوى الاحتكاك ؟

**تطبيق 2 :**

نرسل جسما صلبا ( $S$ ) كتلته  $m=0,5kg$  صعودا فوق مستوى مائل بزاوية  $\alpha=20^\circ$  بالنسبة للمستوى الأفقي و بسرعة بدئية  $V_0=5m/s$  .

لقوة المقرونة بتأثير السطح على الجسم مائلة بزاوية  $\varphi=10^\circ$  النسبة للعمودي و شدتها  $R=4,58N$  .  
1 - ما قيمة الطاقة الميكانيكية للجسم ( $S$ ) لحظة انطلاقه إذا اخترنا كمرجع لطاقة الوضع الثقالية موضع انطلاق الجسم ؟

2 - أحسب المسافة  $L$  التي يقطعها الجسم فوق المستوى المائل لتأخذ سرعته القيمة  $\frac{V_0}{2}$

استنتج قيمة الطاقة الحرارية التي يمنحها الجسم للمحيط الخارجي ثم أحسب الطاقة الميكانيكية للجسم عند قطعه المسافة  $L$

## الجزء 1 : الشغل الميكانيكي والطاقة

### الوحدة 6 : الطاقة الحرارية : الانتقال الحراري : *Energie thermique : Transfert thermique*

#### 1. كيف نرفع من درجة الحرارة ؟

يمكننا رفع درجة الحرارة لمجموعة ما وذلك بالتبادلات الطاقية التالية : بالانتقال الحراري ، بالإشعاع و بالشغل.

#### 2. الانتقال الحراري بدون تغير حالة الجسم

##### 1. 2. 1. تعبير كمية الحرارة :

#### أ - إبراز العلاقة بين كمية الحرارة وتغير درجة الحرارة :

**المناقشة :** نسخن بكيفية منتظمة كمية من الماء كتلتها  $m=200g$  ونقوم بتسجيل تغير درجة الحرارة  $\Delta \theta$  للماء بدلالة مدة التسخين  $\Delta t$  حيث  $\Delta \theta = \theta - \theta_0$  مع  $\theta_0$  تمثل درجة حرارة الماء قبل التسخين.

##### استثمار :

1 - قس درجة الحرارة  $\theta_0$  ؟

2 - دون في جدول قيم الزوج  $(\theta, \Delta t)$  ؟

3 - مثل بسلم مناسب المنحنى الذي يمثل الدالة  $\theta = f(\Delta t)$  ؟

4 - كيف تتغير كمية الحرارة  $Q$  التي اكتسبها الماء بدلالة  $\Delta \theta$  (تغير درجة حرارة الماء) ؟

#### ب - إبراز العلاقة بين كمية الحرارة المكتسبة من طرف جسم وكتلة هذا الجسم :

**المناقشة :** نسخن بكيفية منتظمة ثلاث كميات من الماء  $m_1=100g; m_2=200g; m_3=300g$  حتى تتمكن من رفع درجة حرارتها من  $20^\circ C$  إلى  $40^\circ C$  ونسجل مدة التسخين  $\Delta t$ .

##### استثمار :

1 - دون في جدول قيم الزوج  $(m, \Delta t)$  ؟

2 - مثل بسلم مناسب المنحنى الذي يمثل الدالة  $m = f(\Delta t)$  ؟

3 - كيف تتغير كمية الحرارة  $Q$  التي اكتسبها الماء بدلالة  $m$  ؟

#### ج - إبراز العلاقة بين طبيعة المادة للجسم واكتساب كمية الحرارة :

**المناقشة :** نسخن بكيفية منتظمة ، كميتين متساويتين  $m=300g$  من الزيت والماء لرفع درجة حرارتها من  $20^\circ C$  إلى  $40^\circ C$  ونسجل مدة التسخين  $\Delta t$  لكل سائل.

##### استثمار :

1 - قارن مدة تسخين الزيت مع مدة تسخين الماء لنفس تغير درجة الحرارة ونفس الكتلة  $m$  ؟

2 - ماذا يمكننا أن نستنتج ؟

##### د - خلاصة :

تبين التجارب أن كمية الحرارة  $Q$  المكتسبة من طرف جسم ما لرفع درجة حرارته من  $\theta_1$  إلى  $\theta_2$  تتناسب إطرادا مع كتلته  $m$  ويمكن التعبير بالعلاقة :

$$Q = m \cdot C \cdot (\theta_2 - \theta_1)$$

$Q$  : كمية الحرارة المكتسبة من طرف جسم كتلته  $m$

$C$  : الحرارة الكتلية للجسم وحدتها في *U.S.I* هي  $J.K^{-1}kg^{-1}$ .

**ملحوظة :** من الضروري التمييز بين الحرارتين الكتلتيتين بالنسبة للغازات :

$C_p$  : الحرارة الكتلية للجسم عند ضغط ثابت.

$C_v$  : الحرارة الكتلية للجسم عند حجم ثابت.

كمية الحرارة لمكتسبة أو المفقودة من طرف جسم كتلته  $m$  لجسم آخر ما حرارته الكتلية  $C$  هي :

$$Q = m \cdot C \cdot (\theta_2 - \theta_1) = \mu \cdot (\theta_2 - \theta_1)$$

$\mu = m \cdot C$  : تسمى السعة الحرارية وحدتها  $J.^\circ C^{-1}$  أو  $J.K^{-1}$



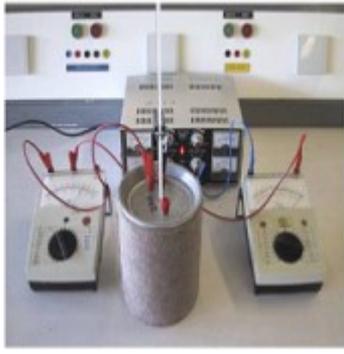
$$Q = m \times c \times \Delta \theta$$

$kJ$     $kg$     $kJ/(kg \times ^\circ C)$     $^\circ C$

## 2.2. السعة الحرارية : capacité thermique

### أ- قياس السعة الحرارية لمسعر :

#### المناولة :



نفرغ بسرعة ، في مسعر ، يحتوي على كتلة  $m_1$  من الماء عند درجة الحرارة  $\theta_1$  ، كتلة  $m_2$  من ماء ساخن عند درجة الحرارة  $\theta_2$  . ونحرك الخليط. فنلاحظ بعد قليل استقرار درجة الحرارة عند القيمة  $\theta_f$  ، لقد حصل التوازن الحراري  $\text{équilibre thermique}$  داخل المسعر.

\* اكتسبت المجموعة ( $S_1$ ) المكونة من المسعر و الماء كمية الحرارة  $Q_1$  ( $Q_1 > 0$ ) :

$$Q_1 = Q_{\text{eau}} + Q_{\text{calorimetre}} = m_1 \cdot C_e (\theta_f - \theta_1) + \mu_c (\theta_f - \theta_1)$$

حيث  $\mu_c$  تمثل السعة الحرارية للمسعر.

\* فقدت المجموعة ( $S_2$ ) المكونة من الماء الساخن كمية الحرارة  $Q_2$  ( $Q_2 < 0$ ) :

$$Q_2 = m_2 \cdot C_e (\theta_f - \theta_2)$$

وبما أن المسعر حافظة كظيمة نكتب المعادلة المسعرية :

$$Q_1 + Q_2 = 0$$

$$m_1 \cdot C_e (\theta_f - \theta_1) + \mu_c (\theta_f - \theta_1) + m_2 \cdot C_e (\theta_f - \theta_2) = 0$$

$$\mu_c = \frac{m_2 \cdot C_e (\theta_f - \theta_2)}{(\theta_f - \theta_1)} - m_1 \cdot C_e$$

### ب - السعة الحرارية لمجموعة :

نعتبر المجموعة ( $S$ ) التي تتألف من عدة أجسام كتلة كل جسم على التوالي  $m_1 ; m_2 ; \dots ; m_n$  وتتغير درجة حرارتها من  $\theta_1$  إلى  $\theta_2$  . نعتبر كمية الحرارة المكتسبة من طرف المجموعة حيث :

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = \mu \cdot (\theta_2 - \theta_1)$$

$$Q = \mu_1 \cdot (\theta_2 - \theta_1) + \mu_2 \cdot (\theta_2 - \theta_1) + \dots + \mu_n \cdot (\theta_2 - \theta_1) = \sum \mu_i \cdot (\theta_2 - \theta_1)$$

نستنتج أن  $\mu$  للمجموعة :

$$\mu = \sum \mu_i$$

### ج - تعيين الحرارة الكتلية لفلز

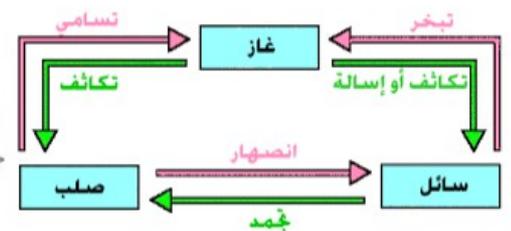
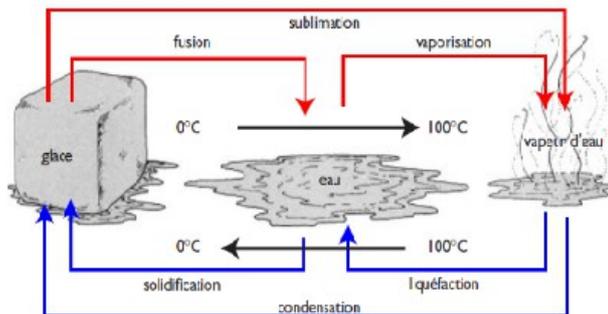
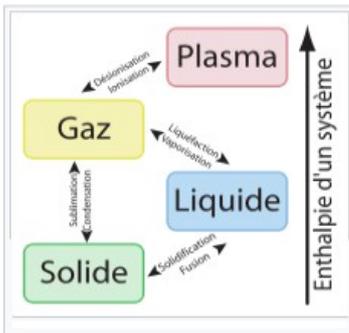
تتوفر على مسعر سعته الحرارية  $\mu_c$  معروفة ، ونقترح تعيين الحرارة الكتلية  $C'$  لقطعة فلزية كتلتها  $m'$  . ندخل القطعة الفلزية في المسعر فور سحبها من الماء المغلي. وبعد التحريك تستقر درجة حرارة الخليط عند القيمة  $\theta_f$  ( التوازن الحراري ) .

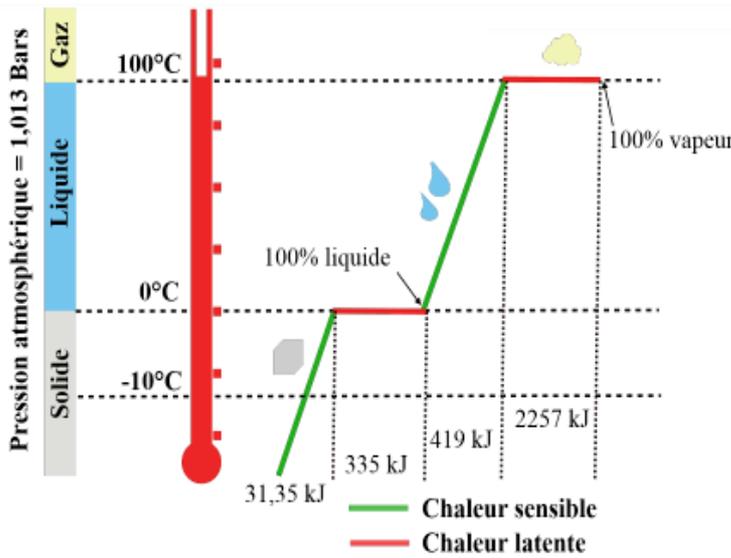
$$C' = \frac{-(m_1 \cdot C_e + \mu_c) \cdot (\theta_f - \theta_1)}{m' (\theta_f - \theta_1)}$$

### 3. الانتقال الحراري مع تغير الحالة الفيزيائية :

#### 3.1. مختلف تغيرات الحالة :

الإصهار والتبخر والتسامي تغيرات للحالة الفيزيائية للمادة تكون مصحوبة بارتفاع في درجة الحرارة. أما التجمد والإسالة (تسمى أحيانا بالتكاثف) والتكاثف فهي تحولات تكون مصحوبة بانخفاض في درجة الحرارة.





### 3. 2. تغير الحالة الفيزيائية لجسم ( الماء )

الجزء رقم 1 من المنحنى يدل على التحول من الحالة الصلبة إلى السائلة، والجزء 2 يعبر عن التحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية. تتغير الحالة الفيزيائية لجسم خالص عند درجة حرارة معينة وتبقى مستقرة طيلة تحوله. تجمد وانصهار الماء الخالص يحدث عند درجة الحرارة 0 مئوية، أما تبخر الماء الخالص وتكاثفه، فيحدثان عند درجة الحرارة 100 مئوية، هذا عند الضغط الجوي العادي، وأثناء هذين التحولين نجد في نفس الوقت الماء في حالتين مختلفتين، صلب وسائل أو سائل وغاز حسب نوع التحول.

#### أ - الانصهار والتجمد :

الانصهار هو ظاهرة تحول جسم من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة، تبقى خلاله درجة حرارة الجسم ثابتة، تسمى درجة حرارة انصهار الجسم الخالص  $\theta_f$ .

كمية الحرارة المكتسبة من طرف الجسم، عند درجة الحرارة  $\theta_f$ ، تتناسب اطرادا مع كتلة هذا الجسم :

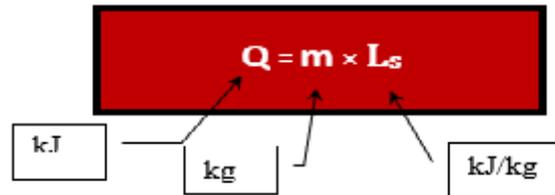
$$Q = m \times L_f$$

حيث  $L_f$  تسمى الحرارة الكامنة للانصهار وحدتها في  $U.S.I$  هي  $J.kg^{-1}$ .

في الحالة العكسية، تكون كمية الحرارة الممنوحة إلى الوسط الخارجي من طرف الجسم خلال التجمد عند درجة حرارة ثابتة :

$$Q' = m \times L_s (L_f = -L_s)$$

**تعريف :** الحرارة الكامنة لتغير حالة جسم خالص هي كمية الحرارة اللازم توفيرها لكتلة 1kg من الجسم تحت ضغط و عند درجة حرارة معينة لاحداث تغير الحالة الفيزيائية لهذا الجسم.



#### ب - التبخير و التكاثف ( أو الإسالة )

التبخير هو ظاهرة تحول جسم من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية. ويمكن أن يحدث هذا التحول بطرق متنوعة، منها مثلا تبخر سائل عند تركه في الهواء الطلق أو غليانه بالتسخين.

$$Q = m \times L_v$$

حيث  $L_v$  تسمى الحرارة الكامنة للانصهار وحدتها في  $U.S.I$  هي  $J.kg^{-1}$ .

في الحالة العكسية، تكون كمية الحرارة الممنوحة إلى الوسط الخارجي من طرف الجسم خلال الإسالة عند درجة حرارة ثابتة :

$$Q' = m \times L_t (L_v = -L_t)$$

#### 2 - CHALEUR LATENTE.

Définition :

La chaleur latente provoque un changement d'état physique (solide à liquide ; liquide à vapeur ; ...) mais ne modifie pas la température.

Exemples :

- \* La chaleur latente de fusion permet de transformer de la glace à 0°C en eau 0°C ;
- \* La chaleur latente d'évaporation permet de transformer d'eau à 100°C en vapeur à 100°C.
- \* La chaleur latente de solidification permet de transformer de l'eau à 0°C en glace à 0°C (exemple de la machine à glaçons).

#### 1 - CHALEUR SENSIBLE.

Définition :

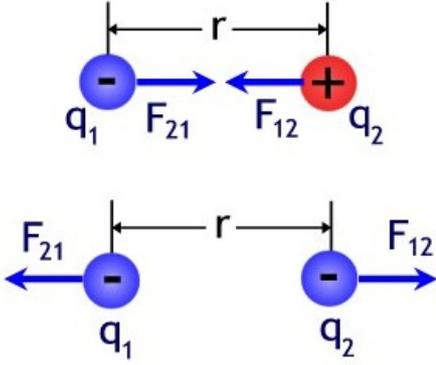
La chaleur sensible provoque une variation de température mais pas de changement d'état physique. Si la température varie, et on peut le vérifier au toucher en étant prudent surtout si c'est chaud, on a de la chaleur sensible.

Exemples :

- \* La quantité de chaleur qui permet d'échauffer la glace de -18°C à 0°C ;
- \* La quantité de chaleur qui permet d'échauffer l'eau de 0°C à 100°C ;
- \* La quantité de chaleur qui permet de refroidir l'eau de 100°C à 0°C ;
- \* La quantité de chaleur qui permet de refroidir la glace de 0°C à -18°C

## الجزء الثاني: الكهرباء التحريكية

### المحور الأول : انتقال الطاقة بالتيار الكهربائي المستمر الوحدة 1 : المجال الكهروساكن



#### 1 التأثير البيني الكهروساكن - قانون كولوم

##### نص القانون :

إذا كانت شحنتان كهربائيتان  $q_1$  و  $q_2$  في حالة سكون ، وتفصل بينهما مسافة  $r$  ، فإن كلا منهما تطبق على الأخرى قوة تأثير بيني كهروساكن مميزاتها هي :

##### \* خط التأثير :

المستقيم المار من مركز الشحنتين  $q_1$  و  $q_2$

##### \* الشدة :

$$F_{1/2} = F_{2/1} = k \times \frac{|q_1| \times |q_2|}{r^2}$$

$k$  : تتعلق قيمتها بطبيعة الوسط الذي توجد فيه الشحنتان  $q_1$  و  $q_2$  .  
في النظام العالمي للوحدات قيمة الثابتة  $k$  بالنسبة للفراغ أو الهواء هي :

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9.19^9 m^3 kg/s^2 . C^2$$

نسمي  $\epsilon_0$  سماحية الفراغ وقيمتها في النظام العالمي للوحدات هي :

$$\epsilon_0 = 8,84 . 10^{12} SI$$

##### \* المنحى : تكون القوة :

\* تجاذبية إذا كانت الشحنتين  $q_1$  و  $q_2$  مختلفتان.  
\* تنافرية إذا كانت للشحنتين  $q_1$  و  $q_2$  نفس الإشارة.

#### 2. المجال الكهروساكن

##### 1. 2. تعرف

① يوجد مجال كهروساكن في حيز من الفضاء، إذا خضعت شحنة كهربائية موضوعة في هذا الحيز إلى قوة كهروساكنة.

② كل جسم مشحون يحدث مجالا كهروساكنا في حيز من الفضاء المحيط به.

③ نقرن بالمجال الكهروساكن كتجهة نسميها متجهة المجال الكهروساكن ونرمز لها بـ  $\vec{E}$  .

##### 2. 2. العلاقة بين متجهة المجال الكهروساكن و متجهة القوة الكهروساكنة

يحدث جسم شحنته  $Q$  مجالا كهروساكنا في حيز من الفضاء المحيط به. نضع على التوالي في نفس النقطة  $M$  من هذا الحيز شحنا كهربائية  $q_1, q_2, \dots, q_n$  .

تخضع هذه الشحن للقوى الكهروساكنة  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$  حيث :

$$\vec{F}_1 = q_1 \cdot \vec{E} , \vec{F}_2 = q_2 \cdot \vec{E} , \dots , \vec{F}_n = q_n \cdot \vec{E}$$

$$\frac{\vec{F}_1}{q_1} = \frac{\vec{F}_2}{q_2} = \dots = \frac{\vec{F}_n}{q_n} = \vec{E}(M)$$

$\vec{E}(M)$  : متجهة المجال الكهروساكن المحدث من طرف الجسم المشحون في النقطة  $M$  من الحيز.  
ويتضح من هذا التعبير أن متجهة المجال الكهروساكن  $\vec{E}$  تتعلق فقط بمصدر المجال  $Q$  وبموضع النقطة فيه فقط.

نعبّر عن متجهات القوى ، الممثلة للقوى الكهروساكنة المطبقة على الشحن  $q_1, q_2, \dots, q_n$  التي توجد في المجال الكهروساكن ، بدلالة متجهة المجال  $\vec{E}$  كما يلي :

$$\vec{F} = q \times \vec{E}$$

\* إذا كانت  $q$  موجبة فإن لـ  $\vec{E}$  و  $\vec{F}$  نفس الاتجاه ونفس المنحى.

\* إذا كانت  $q$  سالبة فإن لـ  $\vec{E}$  و  $\vec{F}$  نفس الاتجاه و منحيان متعاكسان.

في النظام العالمي للوحدات يعبر عن  $F$  بالنيوتن (N) وعن  $q$  بالكولوم  $C$  وعن  $E$  بـ  $V/m$  .  
ونكتب :

$$F = |q|E$$

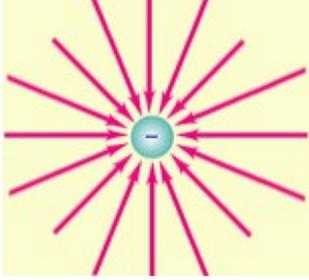
أن معرفة متجهة المجال الكهروساكن  $\vec{E}$  في نقطة ما ، تمكن من تعيين مميزات القوة الكهروساكنة المطبقة على شحنة  $q$  توجد في هذه النقطة ؛ وهي نتيجة لا تأخذ بعين الاعتبار الشحنة التي هي مصدر المجال.

### 3.2. متجهة المجال الكهرساكن لشحنة نقطية

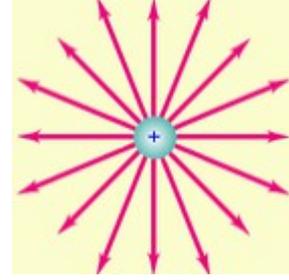
تعبير متجهة المجال الكهرساكن مصدره شحنة نقطية  $q$  والمحدث في نقطة تبعد بمسافة  $r$  عن هذه الشحنة هو :

$$\vec{E} = k \times \frac{q}{r^2} \vec{u}$$

إذا كانت  $Q > 0$  تكون متجهة المجال الكهرساكن نابذة مركزية centrifuge



إذا كانت  $Q < 0$  تكون متجهة المجال الكهرساكن انجاذبية مركزية centripète



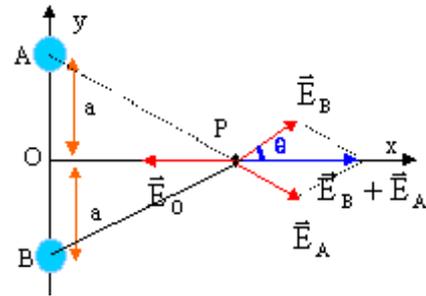
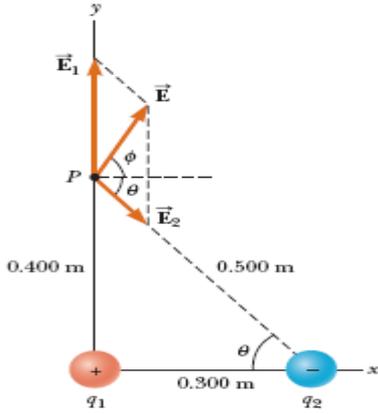
### 3.3. إضافات متجهات المجال الكهرساكن

نعتبر على التوالي في نقطتين  $A$  و  $B$  شحنتين نقطيتين  $Q_A$  و  $Q_B$  كلتاهما مصدر المجال. نريد تعيين المجال الكهرساكن  $\vec{E}$  المحدث من طرف  $Q_A$  و  $Q_B$  معا في نقطة  $M$ . ونعتبر شحنة نقطية  $q$  في  $M$ .

تطبق  $Q_B$  و  $Q_A$  في نفس الوقت على  $q$  قوة كهرساكنة  $\vec{F}$  حيث :

$$\vec{F} = \vec{F}_A + \vec{F}_B = q \cdot \vec{E}_A + q \cdot \vec{E}_B = q(\vec{E}_A + \vec{E}_B) = q \cdot \vec{E}(M)$$

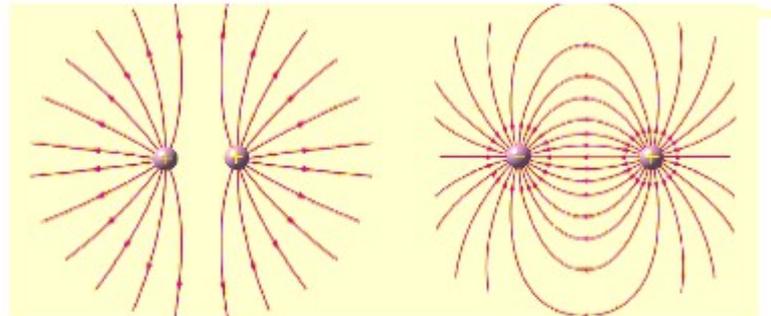
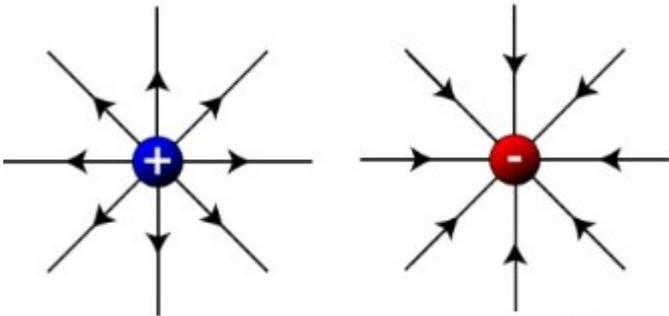
$$\vec{E}(M) = \frac{\vec{F}}{q}, \vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B$$



### 4. طيف المجال الكهرساكن

**تعريف :**

نسمي خط المجال Ligne de champ كل منحنى courbe (أو مستقيم) بحيث تكون متجهة المجال مماسة له في كل نقطة من نقطه. تكون مجموع هذه الخطوط طيف المجال الكهرساكن.



### 5. المجال الكهرساكن المنتظم

يكون المجال الكهرساكن منتظما إذا بقيت متجهته ثابتة في كل نقطة من نقطه.

## الجزء الثاني: الكهرباء التحريكية

### المحور الأول : انتقال الطاقة بالتيار الكهربائي المستمر الوحدة 2 : الطاقة الكهربائية المكتسبة أو الممنوحة في النظام الدائم

#### 1. الطاقة الكهربائية المكتسبة من طرف مستقبل

##### 1.1. الحصيلة الطاقية الكيفية

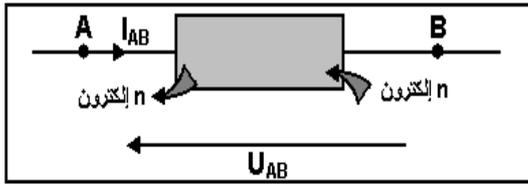
الطاقة لا تنتقل من المولد إلى المستقبل ( المصباح - السلك - المولد ) إلا عندما يكون قاطع التيار مغلقا. وبالتالي المستقبلات الثلاث تكتسب على التوالي طاقة كهربائية  $W_e$  حيث :

بالنسبة للمحرك $W_e = W_m + W_{th}$	بالنسبة للسلك $W_e = W_{th}$	بالنسبة للمصباح $W_e = W_r + W_{th}$
-------------------------------------	------------------------------	--------------------------------------

##### 1.2. تعريف المستقبل

##### أ - تعريف :

المستقبل هو ثنائي قطب يكتسب طاقة كهربائية ليحولها إلى نوع آخر من الطاقة بالإضافة إلى الطاقة الحرارية.



##### ب - اصطلاح المستقبل :

في اصطلاح المستقبل يكون التوتر  $U_{AB}$  موجب إذا كان التيار الكهربائي من A نحو B .

##### ج - النظام الدائم :

عند غلق دائرة كهربائية تضم مولدا و عدة مستقبلات، يستلزم مدة زمنية  $\Delta t$  لكي تشتغل مكونات الدارة بشكل عادي. نقول إن النظام غير دائم قبل المدة الزمنية  $\Delta t$  و نقول إن النظام دائم بعد هذه المدة.

#### 1.3. الطاقة الكهربائية المكتسبة من طرف مستقبل :

نعتبر ثنائي قطب AB يمر فيه تيار كهربائي شدته I من A نحو B . الطاقة  $\Delta W$  التي يكتسبها ثنائي القطب (AB) هي :

$$\Delta W = n.e.U_{AB}$$

في النظام الدائم ( المستمر ) لدينا صيغة تعبير شدة التيار الكهربائي :

$$I = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{(n.e)}{\Delta t} \Rightarrow n.e = I.\Delta t$$

وبالتالي نكتب :

$$\Delta W = I.\Delta t.U_{AB}$$

بالمماثلة مع الميكانيك فإن القدرة الكهربائية عندما يكتسبها مستقبل AB هو خارج  $\Delta W$  على المدة الزمنية  $\Delta t$  المستغرقة ، وبالتالي :

$$P_r = \frac{\Delta W}{\Delta t} = U_{AB}.I$$

في النظام العالمي للوحدات، وحدة القدرة الكهربائية هي الواط (W) . عمليا نحسب القدرة الكهربائية  $P_r$  بالكيلوواط (kW) والمدة الزمنية بالساعة (h) ، فنحسب آنذاك الطاقة الكهربائية ب ( kWh ) . (  $1 kWh = 3,6.10^6 J$  )

#### 2. المفعول السعري في الموصل الأومي في النظام الدائم

##### 1.2. إبراز مفعول جول :

عند مرور تيار كهربائي في موصل أومي فإن هذا الأخير يسخن. وتسمى هذه الظاهرة مفعول جول نسبة إلى الفيزيائي الإنجليزي Joule.

\* تعريف : مفعول جول هو المفعول الحراري الناتج عن مرور تيار كهربائي في الموصلات الكهربائية.

##### 2.2. اثبات قانون جول :

عند مرور التيار الكهربائي ، اكتسب الموصل الأومي (AB) طاقة كهربائية  $\Delta W$  خلال المدة  $\Delta t$  وأعطى طاقة حرارية Q .

بما أن الموصل الأومي لا يمكنه أن يخترز الطاقة المكتسبة فسيعطيها للمحيط الخارجي على شكل طاقة حرارية فقط.

$$Q = \Delta W = I.\Delta t.U_{AB}$$

وبالتالي :

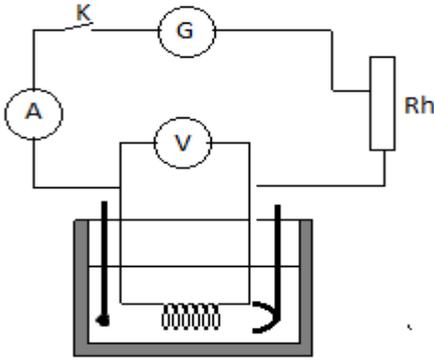
بالنسبة للموصل الأومي نكتب :

$$Q = \Delta W = I.\Delta t.U_{AB} = R.I^2.\Delta t$$

تكو القدرة الحرارية المبددة بالموصل الأومي هي :

$$P_{th} = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{R.I^2.\Delta t}{\Delta t} = R.I^2$$

### 3- التحقق التجريبي من قانون جول



نجز التركيب الكهربائي جانبه باختبار موصل أومي للتسخين مقاومته  $R=4\Omega$  . نضبط المعدلة بحيث تكون شدة التيار المار في الموصل الأومي هي  $I=1,80A$  . نفتح الدارة الكهربائية ونصب في المسعر  $m=200g$  من الماء. نقيس درجة الحرارة البدئية ونغلق الدارة الكهربائية مع تشغيل الميقت في نفس الوقت.

نحصل على النتائج التالية :

$\Delta t (min)$	0	3	6	9	12	15
$\theta (^{\circ}C)$	16	18,9	21,8	24,7	27,6	30,6
$Q(J)\times 10^3$	0	2,68	5,72	8,58	11,44	14,4

- 1 - باختبار سلم مناسب مثل منحني تغيرات  $Q$  بدلالة الزمن  $\Delta t$  .
- 2 - أحسب المعامل الموجه للمنحني المستقيمي المحصل عليه وقارنه مع  $R \times I^2$  .
- 3 - باعتبار الارتفاع الناتج عن القياسات، هل تحقق قانون جول.

### 4 المولدات Les générateurs

\* **تعريف :** المولد جهاز ينتج الطاقة الكهربائية.

#### 1.1 الدراسة الطاقة للمولد

عندما يمر تيار كهربائي شدته  $I$  خلال المدة الزمنية  $\Delta t$  في مولد خطي يكون التوتر بين مرطبيه هو :

$$U_{PN} = E - r \times I$$

بضرب طرفي هذه المعادلة بـ  $I \cdot \Delta t$  نحصل على :

$$U_{PN} I \Delta t = E I \Delta t - r I^2 \Delta t$$

نضع :

\*  $W_{ex} = U_{PN} I \Delta t$  : الطاقة الكهربائية التي يمنحها المولد لباقي الدارة الكهربائية وتسمى الطاقة النافعة.

\*  $W_g = E I \Delta t$  : الطاقة الكهربائية الكلية التي يمنحها المولد للإلكترونات.

\*  $W_{th} = r I^2 \Delta t$  : الطاقة الحرارية المبددة عن مفعول جول في المولد.

$$W_g = W_{ex} + W_{th}$$

وبالتالي نكتب :

#### 2.2. حصيلة القدرة للمولد

بقسمة طرفي المعادلة أعلاه على  $\Delta t$  نحصل على :

$$U_{PN} I = E I - r I^2$$

نضع :

\*  $P_{ex} = U_{PN} I$  : القدرة الكهربائية التي يمنحها المولد لباقي الدارة الكهربائية وتسمى القدرة النافعة.

\*  $P_g = E I$  : القدرة الكهربائية الكلية التي يمنحها المولد للإلكترونات.

\*  $P_{th} = r I^2$  : القدرة الحرارية المبددة عن مفعول جول في المولد.

#### 3.3. مردود المولد :

**تعريف :** مردود المولد هو خارج القدرة النافعة  $P_{ex} = U_{PN} \times I$  على القدرة الكلية  $P_g = E I$

$$\rho = \frac{P_{ex}}{P_g} = \frac{U_{PN} I}{E I} = \frac{E - r I}{E} = 1 - \frac{r I}{E}$$

مردود المولد يكون دائما أصغر من 1.

### 5 المستقبلات Les récepteurs

#### 1.1. تعريف :

المستقبل ثنائي قطب يتحول فيه جزء من الطاقة المكتسبة إلى شكل آخر من الطاقة بالإضافة إلى الطاقة الحرارية.

أمثلة : المحرك الكهربائي - المحلل الكهربائي - المرحم في حالة الشحن

تعبير التوتر  $U_{AB}$  بالنسبة لمستقبل خطي لاتمر مميزته من أصل المعلم هو :  $U_{AB} = E' + r' I$

**ملحوظة :**

في حالة مستقبل : موصل أومي ، فإن  $E' = 0$  وبالتالي :  $U_{AB} = r' I$  .

#### 2.2. الدراسة الطاقة لمستقبل

عندما يمر تيار كهربائي شدته  $I$  خلال المدة الزمنية  $\Delta t$  في مستقبل خطي يكون التوتر بين مرطبيه هو :

$$U_{AB} = E' + r' I$$

هو :

بضرب طرفي هذه المعادلة بـ  $I \cdot \Delta t$  نحصل على :

$$U_{AB} I \Delta t = E' I \Delta t + r' I^2 \Delta t$$

نضع :

- \*  $W_r = U_{AB} I \Delta t$  : الطاقة الكهربائية المكتسبة من طرف المستقبل.
- \*  $W_U = E' I \Delta t$  : الطاقة الكهربائية الكلية النافعة التي يمنحها المستقبل.
- \*  $W_{th} = r' I^2 \Delta t$  : الطاقة الحرارية المبددة عن مفعول جول في المستقبل.

$$W_r = W_U + W_{th}$$

وبالتالي نكتب :

### 3.5. حصيلة القدرة للمستقبل

بقسمة طرفي المعادلة أعلاه على  $\Delta t$  نحصل على :

$$U_{AB} I = E' I - r' I^2$$

نضع :

- \*  $P_r = U_{AB} I$  : القدرة الكهربائية المكتسبة من طرف المستقبل.
- \*  $P_U = E' I$  : القدرة الكهربائية الكلية النافعة التي يمنحها المستقبل.
- \*  $P_{th} = r' I^2$  : القدرة الحرارية المبددة عن مفعول جول في المستقبل.

### 4.5. مردود المستقبل :

تعريف :

مردود المستقبلات هو خارج القدرة النافعة  $P_u = E' \cdot I$  إلى القدرة  $P_r = U_{AB} \cdot I$  التي تمنح للمستقبل.

$$\rho = \frac{E' I}{(E' + r' I) I} = \frac{1}{1 + \frac{r' I}{E'}}$$

### 6 العوامل المؤثرة على الطاقة الممنوحة من طرف مولد في دائرة مقاومة

#### 1.1. تأثير القوة الكهرومحرركة :

القدرة الكهربائية لانتقال الطاقة التي يمنحها المولد ذو القوة الكهرومحرركة E و المقاومة مهمة هي :

$$P_{ex} = E I$$

وحسب قانون بويي لدينا :

$$I = \frac{E}{R}$$

ومنه :

$$P_{ex} = \frac{E^2}{R}$$

تتناسب القدرة الكهربائية التي يمنحها مولد مقاومته الداخلية مهمة، لدائرة كهربائية مقاومة اطرادا مع مربع قوته الكهرومحرركة.

#### 2.6. تأثير المقاومات وكيفية تجمعها

تكون القدرة الكهربائية الممنوحة من طرف مولد لباقي الدارة قصوى عندما تكون المقاومة المكافئة للجزء الخارجي للمولد مساوية لمقاومته الداخلية.

القدرة الكهربائية التي يمنحها مولد لموصلات أومية مركبة على التوازي أكبر من القدرة الكهربائية التي يمنحها هذا المولد لموصلات أومية مركبة على التوالي.

## الجزء 1 : القياس في الكيمياء La mesure en chimie

### الوحدة 1 : أهمية القياس في المحيط المعاش

Importance de la mesure dans la vie courante

#### 1. لماذا القياس في الكيمياء

لقد كانت لأعمال الفيزيائي " لافوازييه " ( 1794 - 1743 ) الأثر الكبير على تطور الكيمياء الكمية Chimie quantitative؛ حيث أن قانونه الشهير الذي تناول انحفاظ كمية المادة خلال التحول الكيميائي ، أعطى دفعة كبيرة لتطوير أدوات القياس في الكيمياء بدءا بالميزان.

ما الهدف من القياس في الكيمياء ؟

#### التصرف

-تحليل الدم لمعرفة مكونات الدم  
حتى يتصرف الطبيب بالدواء المناسب و الوصفة الملائمة  
-مكونات الماء

#### المراقبة والحماية

- مكونات الهواء لتجنب اثار صحية  
- مكونات الماء الصالح للشرب  
نسبة التلوث

#### الاخبار

-الاشارة إلى تركيبة منتج :  
مواد غذائية أو أدوية لتجنبها  
من طرف الأطفال أو المرضى  
-لاستعمالها دون افراط

ما هي أنواع القياسات ؟

#### التصرف

-قياسات مدمرة : مثل البحث عن محتوى نوع كيميائي بواسطة تفاعل كيميائي.  
- قياسات غير مدمرة : تستعمل في حالة ما إذا كانت الكمية المراد تحليلها قليلة جدا و يجب الحفاظ عليها

- قياسات متواصلة لأخذ عينات

- قياسات تقريبية : تستعمل فيها أدوات بسيطة مثل ورق  $pH$  .  
- قياسات دقيقة : تستعمل أجهزة بالغة الدقة

#### ملحوظة :

التركيز الكتلي  $C_m$  لنوع كيميائي موجود في محلول هو خارج قسمة كتلة هذا النوع على حجم المحلول ، ووحدته الاعتيادية هي  $(gL^{-1})$  .

$$C_m = \frac{m}{V}$$

#### \* أمثلة لمراقبة الجودة :

#### \* جودة الهواء :

بعض الغازات الملوثة : الأوزون ( $O_3$ ) ، وثنائي أكسيد الكبريت ( $SO_2$ ) وثنائي أكسيد الآزوت ( $NO_2$ )

#### \* جودة الحليب :

$pH$  محصور بين 6,5 و 6,7 .  
الكثافة  $d$  محصورة بين 1,036 و 1,028 .  
درجة حرارة التجمد محصورة بين  $-51^\circ C$  و  $-55^\circ C$

## الجزء 1 : القياس في الكيمياء La mesure en chimie

### الوحدة 2 : الكتلة والحجم والضغط وكمية المادة

La masse , le volume , la pression et la quantité de matière

#### 1. تذكير

للمرور إلى السلم العادي ( الماكروسكوبي ) وتيسير التعامل مع العدد الكبير من الدقائق المجهرية المكونة للمادة، اختار الكيميائيون عينة مكونة من عدد معين ( لا يتغير ) من الدقائق اطلقوا عليه اسم **المول**.

#### تعريف المول :

± المول هو كمية المادة لمجموعة تحتوي على عدد من المكونات الأساسية ( دقائق : قد تكون ذرات، جزيئات، إلكترونات ... ) عددها يساوي عدد الذرات الموجودة في  $0,012 \text{ kg}$  من الكربون  $^{12}_6\text{C}$  وهو يساوي  $6,02 \cdot 10^{23}$  ذرة. ويطلق على هذا العدد اسم عدد أفوكادرو رمزه هو  $N_A$ .

نستعمل غالبا القيمة :  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

#### 2. كمية المادة بالنسبة للأجسام الصلبة والسائلة

##### 1. الكتلة المولية :

##### الكتلة المولية الذرية

الكتلة المولية الذرية لعنصر كيميائي ، هي كتلة مول واحد من ذرات هذا العنصر في حالته الطبيعية.

نرمز لها بـ  $M$  و وحدتها العملية هي  $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$  أو  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

##### الكتلة المولية الجزيئية :

تساوي الكتلة المولية الجزيئية لمادة كيميائية مجموع الكتل المولية الذرية للذرات المكونة لها. نعتبر الحالة العامة لجزيئة  $A_x B_y$  :

نحسب الكتلة المولية لهذه الجزيئة كالتالي :

$$M(A_x B_y) = x \times M(A) + y \times M(B)$$

#### 2.2. تحديد كمية مادة عينة انطلاقا من كتلتها :

لنبحث عن عدد المكونات الأساسية  $N$  في عينة كتلتها  $m$  ، من جسم كتلته المولية  $M$  .

$$1(\text{mole}) \rightarrow M \rightarrow N_a$$

$$n(\text{mole}) \rightarrow m \rightarrow N$$

$$n = \frac{N}{N_a} = \frac{m}{M}$$

#### 2.3. تحديد كمية مادة عينة انطلاقا من حجمها :

##### أ - الكتلة الحجمية والكثافة :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

كثافة جسم ما  $d$  ذي كتلة حجمية  $\rho$  بالنسبة لجسم مرجعي ذي كتلة حجمية  $\rho_0$  هي :

$$d = \frac{\rho}{\rho_0}$$

بالنسبة للأجسام الصلبة والسائلة يتم اختيار الماء كجسم مرجعي :

$$\rho_{\text{ماء}} = \rho_0 = \frac{1 \text{ kg}}{1 \text{ L}} = \frac{1000 \text{ g}}{1000 \text{ mL}} = \frac{1 \text{ g}}{\text{mL}} = \frac{1 \text{ g}}{\text{cm}^3}$$

##### ب - علاقة كمية المادة بالحجم :

كمية المادة  $n$  الموجودة في عينة ما من مادة  $X$  ، وذات حجم  $V$  وكتلة مولية  $M(X)$  وكتلة حجمية  $\rho$  ، تحددها العلاقة التالية :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{\rho \times V}{M}$$

#### 2.4. كمية المادة بالنسبة للأجسام الغازية :

##### الحجم المولي ( تذكير )

##### أ - تعريف :

الحجم المولي  $V_m$  لغاز هو الحجم الذي تشغله كمية مادة تساوي مولا واحدا من جزيئات هذا الغاز.

## ب - الحجم المولي :

إن مول واحد من غاز  $X$  كيفما كان نوعه يشغل حجما  $V_m$  يسمى الحجم المولي للغازات. قيمة الحجم المولي  $V_m$  تتعلق بدرجة الحرارة  $T$  و الضغط  $p$  .  
في الشروط النظامية لدرجة الحرارة والضغط هي :  
\* الضغط النظامي :  $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} \approx 1 \text{ bar} \approx 1 \text{ atm}$   
\* درجة الحرارة النظامية :  $\theta_0 = 0^\circ \text{C}$  لدينا :  $V_m = V_0 = 22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$  يسمى الحجم المولي ، الحجم المولي النظامي.

## ج - قانون أفوكادرو أمبير :

في نفس الشروط لدرجة الحرارة و الضغط ، تحتوي حجوم متساوية لغازات مختلفة على نفس كمية المادة ( العدد نفسه من مولات الجزيئات )

## 2.5. علاقة كمية مادة غاز بحجم العينة والحجم المولي :

كمية مادة الغاز  $X$  الموجودة في عينة ما ذات حجم  $V$  وفي شروط معينة لدرجة الحرارة والضغط تحددها العلاقة :

$$n = \frac{V}{V_m}$$

## 3. معادلة الحالة للغازات الكاملة

عموما لتحديد حالة أي غاز، يجب تحديد أربع متغيرات وهي : الضغط  $p$  و الحجم  $V$  و درجة الحرارة  $T$  و كمية المادة  $n$   
وتبين التجارب أن تغير أحد هذه المتغيرات يؤثر على متغير آخر على الأقل. وتسمى هذه المتغيرات : متغيرات الحالة للغاز.

## 3.1. نص قانون بويل - ماريوت :

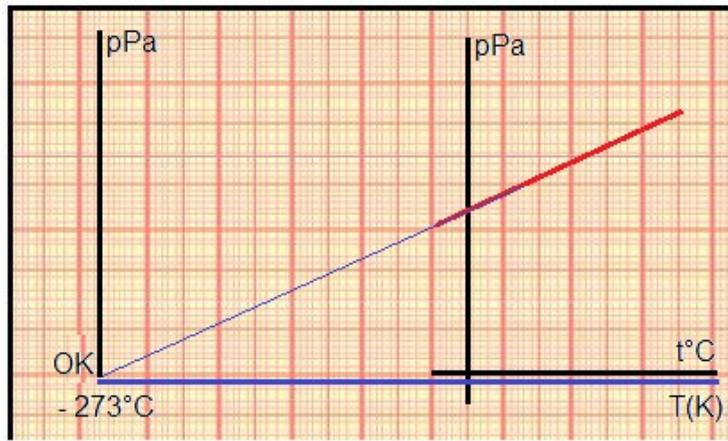
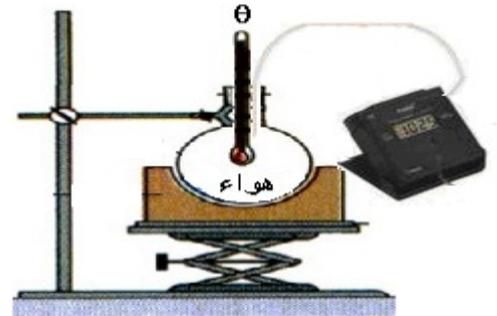
عند درجة حرارة ثابتة، جداء قيم الضغط  $p$  والحجم  $V$  لنفس كمية مادة غاز يبقى ثابتا.  
 $p \times V = Cte$

## 3.2. دراسة تغير الضغط لغاز مع درجة الحرارة

### ب - جدول القياسات

$t(^{\circ}\text{C})$	-10	0	8	15	20	45
$p(\text{Pa})$	91200	94600	97400	99800	100900	110200
$T(\text{K})$	263	273	281	288	293	318
$\frac{p}{T}$						

### أ - الدراسة التجريبية



\* بمد الخط المبياني على استقامته حتى يتقاطع مع المحور الأفقي ( أي محور درجة الحرارة المئوية ) ، نجد أن ضغط الغاز منعدما عند درجة الحرارة  $-273^\circ \text{C}$  وتسمى درجة الحرارة المطلقة  $z\acute{e}ro\ absolu$  ، تؤدي قياسات أكثر دقة إلى القيمة  $(\theta = -273,15^\circ \text{C})$ .

\* بإزاحة نقطة الأصل في التدرج الحراري إلى  $-273^\circ \text{C}$  ، نحصل على ما يسمى التدرج المطلق حيث نعوض محور درجات الحرارة المئوية  $\theta^\circ \text{C}$  بمحور درجات الحرارة المطلقة  $T$  المعبر عنها بالوحدة  $K$  ( كلفين Kelvin ).

## ب - درجة الحرارة المطلقة :

العلاقة التي تجمع درجة الحرارة المطلقة  $T$  وحدتها (K) ودرجة الحرارة المئوية سيلسيوس  $\theta$  هي :

$$T(K) = \theta^{\circ}C + 273,15$$

### 4 . معادلة الحالة للغازات الكاملة *équation d'état des gaz parfaits* :

\* نقول إن غاز كامل إذا كانت التأثيرات البينية لجزيئاته جد ضعيفة.  
\* يمكن اعتبار كل غاز يوجد تحت ضغط ضعيف، غازا كاملا.

كيفما كانت تسلسلات التحولات التي تطرأ على كمية معينة من غاز كامل فإن الكمية  $\frac{PV}{nT}$  تبقى ثابتة. نرسم لهذه الثابتة بـ  $R$  وتصبح العلاقة هي :

$$PV = nRT \text{ أو } \frac{PV}{nT} = R$$

تسمى هذه المعادلة، معادلة الحالة للغازات الكاملة حيث تسمى  $R$  ثابتة الغازات الكاملة.  
**\* تحديد قيمة  $R$  :**

إذا اعتبرنا مولا واحدا من غاز في الشروط النظامية ( أي تحت ضغط  $P_0 = 1 \text{ atm}$  ودرجة حرارة  $T_0 = 273,15 \text{ K}$  فإنه يشغل الحجم المولي النظامي  $V_0 = 22,4 \text{ mol L}^{-1}$  .

$$R = \frac{P_0 V_0}{n T_0} = \frac{1 \times 22,4}{1 \times 273,15} = 0,082 \text{ L.atm.K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

في النظام العالمي للوحدات فإن :

$P$  : الضغط وحدته الباسكال  $Pa$  ,  $V$  : الحجم وحدته المتر مكعب  $m^3$  .

$T$  : درجة الحرارة وحدتها الكلفين  $K$  ,  $n$  : كمية المادة وحدتها المول  $mol$  .

فإن قيمة  $R$  هي :

$$P = 1 \text{ atm} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa} ; V_m = 22,4 \text{ L} = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 ; n = 1 \text{ mol} ; T = 273,15 \text{ K}$$

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{1,01 \cdot 10^5 \times 22,4 \cdot 10^{-3}}{1 \times 273,15} = 8,314 \text{ J.K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 8,314 \text{ S.I}$$

## الجزء 1 : القياس في الكيمياء La mesure en chimie

### الوحدة 3 : المجالس الإلكترونية

#### 1. الجسم الصلب الأيوني

##### 1.1. النية :

الجسم الصلب الأيوني هو كل نوع كيميائي يتكون من أيونات ( أيونات سالبة ) وكاثيونات ( أيونات موجبة ) مترابطة في ترتيب منظم يسمى البلور.

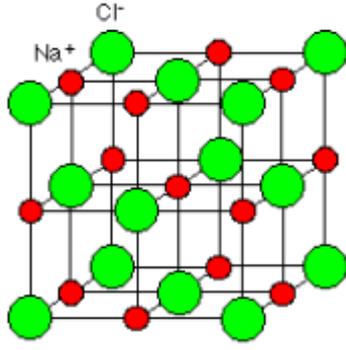
##### 1.2. تماسك الجسم الصلب الأيوني

يتحقق تماسك البلور بفعل التأثيرات الكهرساكنة المتبادلة بين الأيونات.

##### ملحوظة :

\* الجسم الصلب الأيوني متعادل كهربائيا و لا يحتوي على أي إلكترون حر فهي عوازل كهربائية.

\* كتابة صيغة الجسم الصلب الأيوني صيغة إحصائية formule statistique تبين نوع ونسب الأيونات المتواجدة دون الإشارة إلى الشحن.



#### 2. قطبية الجزيئة Polarité d'une molécule

##### 1.2. الكهرسلبية électronégativité

الكهرسلبية تعبر عن قابلية الذرة على جذب زوج إلكترونات. إليها. وكلما كانت كهرسلبية الذرة أكبر كلما كانت قابليته لإجتذاب الزوج الإلكتروني أكبر.

##### ملحوظة :

ولقد تمكن الكيميائي لينوس باولي Linus Pauling من إسناد عدد لكل عنصر يعبر عن كهرسليته. تتكون الجزيئات من ذرات ترتبط فيما بينها بروابط تساهمية. عندما تكون الذرتان المرتبطتان متشابهتان  $X_2$  فإن الجزيئة ليس لها أي ميزة ثنائية قطبية Caractère apolaire. وعندما تكون الذرتان مختلفتان  $AX$  تكون للجزيئة الميزة الثنائية القطبية Caractère polaire.

Electronegativity increases																		
Pauling Electronegativity Values																		
H	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne										He
2.1	1.0	1.6	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0											
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar											
0.9	1.3	1.5	1.9	2.2	2.6	3.0												
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
0.8	1.0		1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	1.9	1.6	1.8	2.0	2.2	2.6	2.8		
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
0.8	0.9		1.2	1.3	1.6	2.2	2.2	2.3	2.2	1.9	1.7	1.8	2.0	2.1	2.1	2.5		

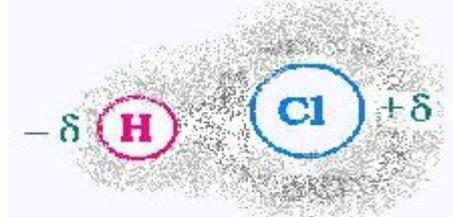
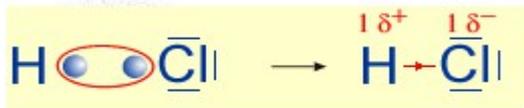
#### 2.2. الميزة الثنائية القطبية الجزيئة Caractère dipolaire d'une molécule

##### مثال 1 : جزيئة كلورور الهيدروجين

إن غاز الكلورور الهيدروجين جسم جزيئي وليس أيوني ، حيث ترتبط ذرتا الهيدروجين و الكلور في كل جزيئة  $HCl$  برابطة تساهمية تنتج عن زوج إلكترونات مشترك تساهم فيه كل ذرة إلكترون واحد دون أن يحدث أي انتقال إلكتروني بين الذرتين.

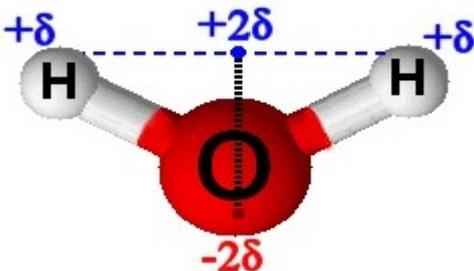
ذرة الكلور تجذب أكثر الزوج الإلكتروني doublet électronique نحوها ، نقول إن الكلور كهرسالب électronégatif أكثر من ذرة الهيدروجين ، و إن الرابطة التساهمية بين الذرتين رابطة مستقطبة Polaire وإن جزيئة  $HCl$  مستقطبة Polarisé. هذا يؤدي إلى ظهور شحنة جزئية سالبة بجانب ذرة الكلور ( نرسم لها ب  $\delta^-$  ) وشحنة جزئية موجبة بجانب ذرة الهيدروجين ( نرسم لها ب  $\delta^+$  )

وبالتالي لجزيئة كلورور الهيدروجين ميزة ثنائية قطبية ويمكن أن نرسم للجزيئة بـ :



##### مثال 2 : الميزة الثنائية القطبية لجزيئة الماء

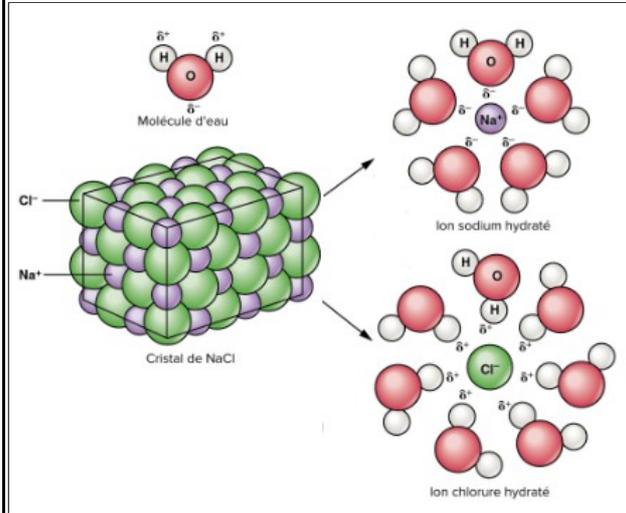
لجزيئة الماء ميزة ثنائية قطبية قطبية حيث إن ذرة الأوكسجين أكثر كهرسلبية من ذرة الهيدروجين. لو افترضنا أن جزيئة الماء مستقيمة ، لكان مرجح الشحن الموجبة متطابق مع مرجح Barycentre ou centre de symétrie الشحن السالبة. لما كانت للجزيئة ميزة ثنائية قطبية. لكن تبين التجربة أن الماء يتصرف كثنائي قطب كهرساكن حيث يجذب خيط الماء المنساب من الصنبور نحو جسم مشحون وبالتالي لجزيئة الماء ميزة ثنائية قطبية.



### 3. المجالس المائية الإلكتروليتية

#### 3.1. تعاريف :

\* بصفة عامة نسمي الجسم الذي يذوب في سائل، وقد يكون في حالة صلبة أو سائلة أو غازية باسم المذاب ونسمي السائل الذي يذوب فيه المذاب بالمذيب وقد يكون المذيب ( السائل : ماء أو كحولا ... ).  
\* يكون المذيب والمذاب ما يسمى بالمحلول. عندما يكون المذيب هو الماء نسمي المحلول بالمحلول المائي.  
\* عندما يحتوي المحلول المحصل عليه الى أيونات ، نقول إنه محلول أيوني أو إلكتروليتي. وهو موصل للتيار الكهربائي.



#### 3.2. ذوبان الإلكتروليت في الماء

يتم ذوبان الإلكتروليت في الماء وفق ثلاث مراحل متتالية

وهي :

- ① التفكك Dissociation : عند وضع بلورات الجسم المذاب في الماء ونتيجة الميزة الثنائية القطبية للمذيب تحدث قوى التأثيرات الكهرساكنة مع مكونات المذاب وبالتالي تبدأ عملية dislocation.
- ② إنذياب solvation : الأيونات والجزيئات المحررة نتيجة عملية التفكك تحاط بجزيئات الماء بفعل التأثيرات الكهرساكنة. إذا كان المذيب هو الماء نتكلم عن عملية التمييه Hydratation.
- ③ تشتت Dispersion : الأيونات المتمييه تنتشر diffuse في باقي المحلول ( يمكن تسريع هذه العملية بالتحريك ).

#### 3.3. تمثيل المحلول الإلكتروليتي

يتم تمثيل المحلول الإلكتروليتي باستعمال رموز الأيونات مع الأخذ بعين الاعتبار الحياد الكهربائي للمحلول.

**مثال :** محلول كلورور الصوديوم :  $Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$  - محلول كبريتات النحاس :  $Cu^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)}$

#### 3.4. معادلة التفاعل المقرون بذوبان إلكتروليت

إن ذوبان الإلكتروليت في الماء هو تحول كيميائي. ويعبر عن التفاعل المقرون بهذا الذوبان بمعادلة كيميائية تسمى معادلة الذوبان.

#### 4. التراكيز المولية :

##### 4.1. التركيز المولي للمذاب المستعمل :

يساوي التركيز المولي للمذاب المستعمل خارج قسمة كمية مادة المذاب المستعمل على حجم المحلول المحصل عليه. ونرمز له بالحرف C.

$$C = \frac{n}{V_s}$$

##### 4.2. التركيز المولي الفعلي لنوع كيميائي موجود في المحلول :

يصاحب ذوبان الأنواع الكيميائية ظهور أنواع " جديدة " وبالتالي نستعمل رمز جديد لتركيز هذه الأنواع المتواجدة فعليا في المحلول. حيث نكتب بالنسبة لتركيز نوع كيميائي X :

$$[X] = \frac{n(X)}{V_s}$$

#### مثال :

تذاب الكتلة  $m = 4,05 \text{ g}$  من كلورور الحديد (III) في ماء مقطر، لتحضير محلول حجمه  $V = 100 \text{ mL}$ .

1. أكتب الصيغة الكيميائية لكلورور الحديد (III).

2. أكتب المعادلة الكيميائية لذوبانه في الماء.

3. أحسب التركيز المولي للمحلول.

4. أحسب التركيز المولي الفعلي للأيونات الناتجة في المحلول.

• معطيات:  $M(Fe) = 55,8 \text{ g.mol}^{-1}$  /  $M(Cl) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$

معادلة ذوبان كلورور الحديد III في الماء هي :

$$[Fe^{3+}] = \frac{n(Fe^{3+})}{V} = \frac{n(FeCl_3(s))}{V} = \frac{C \times V}{V} = C$$

و

$$[Cl^-] = \frac{n(Cl^-)}{V} = \frac{n(FeCl_3(s))}{V} = \frac{3 \times C \times V}{V} = 3C$$

حالة المجموعة				تقدم التفاعل		كمية المادة بالمول	
$FeCl_3(s) + H_2O \rightarrow Fe^{3+}_{(aq)} + 3Cl^-_{(aq)}$				$x$			
الحالة البدئية				0		0	
حالة مرحلية				$x$		$3x$	
الحالة النهائية				$x_{max}$		$3x_{max}$	

**ملحوظة :**

التخفيف هي عملية تؤدي إلى انخفاض تركيز المحلول وذلك بإضافة كمية من الماء. نعتبر أثناء عملية التخفيف أن كمية مادة الجسم المذاب لا تتغير. بما أن كمية المادة المذابة البدئية تساوي كمية المادة المذابة النهائية أي :

$$n_i = n_f \Leftrightarrow C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f$$

يمثل المقدار  $\frac{C_i}{C_f}$  معامل التخفيف.

**تطبيقات :**

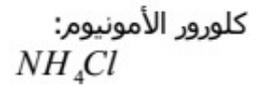
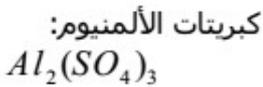
**تمرين 1**

أتمم الجدول التالي بكتابة الصيغة الكيميائية لكل من الأجسام الصلبة الأيونية المكونة من الأيونات التالية:

صيغة المركب الصلب الأيوني	الأيونات المكونة للمركب الصلب الأيوني
	$I^-$ و $K^+$
	$Cl^-$ و $Cu^{2+}$
	$NO_3^-$ و $Fe^{3+}$
	$SO_4^{2-}$ و $K^+$

**تمرين 2**

أكتب المعادلة الكيميائية لذوبان كل من المركبات الصلبة الأيونية التالية في الماء:



**تمرين 5**

ملح "مور" (sel de Mohr) مركب صلب أيوني على شكل بلورات خضراء. صيغته الكيميائية هي  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ . وكتلته المولية هي  $M = 392 \text{ g.mol}^{-1}$ .

1. باستعمال هذه الصيغة، بين أن عنصر الحديد يوجد في ملح مور على شكل أيونات الحديد (II)  $Fe^{2+}$ .

2. أكتب المعادلة الكيميائية لذوبان هذا المركب في الماء.

3. يراد تحضير محلول مائي لهذا المركب حجمه  $V = 100 \text{ mL}$  بحيث يكون فيه التركيز المولي الفعلي لأيونات

الحديد (II) هو  $[Fe^{2+}] = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ . ما كتلة ملح مور التي ينبغي إذابتها؟



## الجزء 1 : القياس في الكيمياء la mesure en chimie

### الوحدة 4 : تتبع تطور تحول كيميائي

Suivi de l'évolution d'une transformation chimique

#### 1. التحول الكيميائي - التفاعل لكيميائي ( تذكير ) :

التحول الكيميائي هو تغيير يطرأ على مجموعة من الأجسام ( حالة بدئية ) لتتحول إلى مجموعة أخرى خالصة من الأجسام ( حالة نهائية ) ، ويحدث عن هذا التحول تغيير في البناء الذري للمجموعة الأصلية وتكون مجموعة جديدة لها بناء ذري جديد.

صفة عامة نقول أن التفاعل الكيميائي هو نمذجة مبسطة للتحول الكيميائي ، ويتم التعبير عنه بمعادلة تسمى : معادلة التفاعل.

الوسيلة الأساسية لتتبع تطور تحول كيميائي هي معرفة بعض المفاهيم الأولية كمفهوم التقدم الكيميائي واستغلال الجدول الوصفي للتفاعل.

#### 2. مبادئ أولية عن مفهوم تقدم كيميائي ( تذكير )

كيفما كان تغير كمية مادة المتفاعلات و النواتج خلال تحول كيميائي ، فإن هذه التغيرات تتم دائما وفق التناسبات نفسها.

#### مثال :

نعتبر تفاعل الزنك  $Zn(m=0,11g)$  مع حجم  $v=20mL$  من محلول حمض الكلوريريك ذي تركيز  $C=5mol/L$  ( التفاعل يتم في قنينة ذات حجم  $V$  ) ، والذي يؤدي إلى تكون غاز الهيدروجين وفق المعادلة :

المعادلة الكيميائية						
$Zn_{(s)} + 2H_{(aq)}^+ \rightarrow Zn_{(aq)}^{2+} + H_{2(g)}$						
كمية المادة بالمول				تقدم التفاعل $x$		حالة المجموعة
$n_i(Zn)$	$n_i(H^+)$		0	0	0	الحالة البدئية
$n_i(Zn)-x$	$n_i(H^+)-2x$		$x$	$x$	$x$	حالة مرحلية
$n_i(Zn)-x_{max}$	$n_i(H^+)-2x_{max}$		$x_{max}$	$x_{max}$	$x_{max}$	الحالة النهائية

يتناسب تغير مختلف كميات المادة مع نفس الكمية  $x$  التي تسمى **تقدم التفاعل** *avancement de la réaction*.

#### 1. 2. تعريف تقدم التفاعل :

تقدم تفاعل هو مقدار يرمز له بالحرف  $x$  ، ويعبر عنه بالمول (mol) ، ويمكن من تتبع تطور كميات المادة لأنواع الكيميائية المكونة لمجموعة أثناء تحول كيميائي ، انطلاقا من معرفة كميات المادة البدئية للمتفاعلات.

#### 2. 2. الدراسة الكمية للحالة النهائية

#### أ - الحالة النهائية

توجد مجموعة في الحالة النهائية عندما تتوقف عن التحول. في هذا المستوى ، سنعتبر المجموعة الكيميائية في حالتها النهائية عندما يختف كليا ، على الأقل أحد المتفاعلات.

#### ب - متفاعل محدد *limitant* ومتفاعل وفير *en excès*

عندما يستهلك أحد المتفاعلات كليا ، تتوقف المجموعة الكيميائية عن التحول رغم توفر المتفاعلات الأخرى. إذ يمنع المتفاعل المجموعة الكيميائية من متابعة التحول ، وهذا يسمى : متفاعلا محدا. المتفاعلات التي تبقى في الحالة النهائية تسمى : متفاعلات وفيرة.

#### ج - التقدم الأقصى *avancement maximal*

يكون التطور منعما في الحالة البدئية ، وخلال التحول الكيميائي يزداد التطور حتى بلوغ الحالة النهائية ، أي عندما يستهلك كليا المتفاعل المحد في الحالة النهائية ، نقول إن التقدم أقصى. ونرمز له بـ  $x_{max}$  . لتحديد التقدم الأقصى ننشئ الجدول الوصفي للتفاعل :

المعادلة الكيميائية						
$Zn_{(s)} + 2H_{(aq)}^+ \rightarrow Zn_{(aq)}^{2+} + H_{2(g)}$						
كمية المادة بالمول				تقدم التفاعل $x$		حالة المجموعة
$n_i(Zn)$	$n_i(H^+)$		0	0	0	الحالة البدئية
$n_i(Zn)-x$	$n_i(H^+)-2x$		$x$	$x$	$x$	حالة مرحلية
$n_i(Zn)-x_{max}$	$n_i(H^+)-2x_{max}$		$x_{max}$	$x_{max}$	$x_{max}$	الحالة النهائية

لنبحث عن التقدم الأقصى :  
القيم الممكنة للتقدم الأقصى هي :

$$1,7 \cdot 10^{-3} - x_{max1} = 0 \Rightarrow x_{max1} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$0,1 - 2x_{max2} = 0 \quad x_{max2} = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$\Rightarrow x_{max1} < x_{max2}$$

إذن التقدم الأقصى هو :

$$x_{max} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \quad \text{و المتفاعل المحد هو فلز الزنك } Zn$$

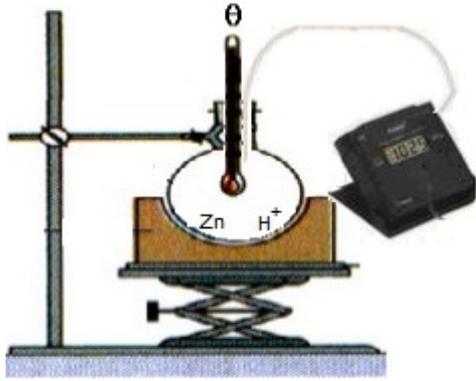
### 3. حصيلة المادة

تمكن قيمة التقدم الأقصى لتحول كيميائي من حساب كميات مادة كل الأنواع الكيميائية في الحالة النهائية ، أي تحديد حصيلة المادة النهائية.

يصح الجدول الوصفي السابق كالتالي :

$Zn_{(s)}$	+	$2H^+_{(aq)}$	$\rightarrow$	$Zn^{2+}_{(aq)}$	+	$H_{2(g)}$	المعادلة الكيميائية
0		0,096		$1,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$		$1,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	الحالة النهائية

### تتبع تحول كيميائي بقياس ضغط غاز



في الحالة البدئية ( قبل حدوث التفاعل )، لدينا :

$$P_{atm} = n_0 \times \frac{R \cdot T}{V}$$

حيث  $n_0$  كمية مادة الأنواع  $O_2$  و  $N_2$  المتواجدة في الهواء.

خلال التحول الكيميائي :

$$P = (n_0 + n(H_2)) \times \frac{R \cdot T}{V} = P_{atm} + n(H_2) \times \frac{R \cdot T}{V}$$

من الجدول الوصفي نستنتج أن :

$$n(H_2)_t = x(t)$$

أي أن :

$$P = P_{atm} + x(t) \times \frac{R \cdot T}{V}$$

$$\Delta P = x(t) \times \frac{R \cdot T}{V} \quad (1)$$

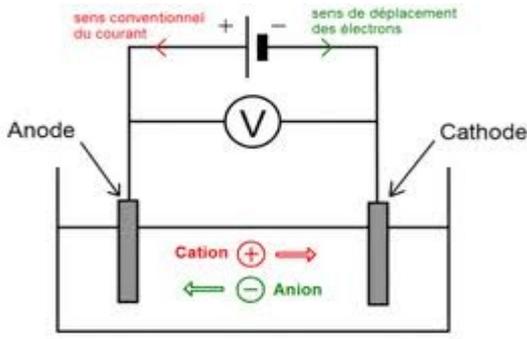
العلاقة بين تغير الضغط الأقصى

$$\Delta P_{max} = x_{max} \times \frac{R \cdot T}{V} \quad (2)$$

من العلاقتين (1) و (2) نحصل على العلاقة التالية :

$$x(t) = x_{max} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta P_{max}}$$

1. تذكير في الكهرباء



1.1. التيار الكهربائي في المحاليل المائية

ينتج التيار الكهربائي في محلول وفق حركة ذات منحيان متعاكسان لحملة الشحنة الكهربائية الموجبة ( كاتيونات ) وحملة الشحنة السالبة ( أنيونات ).  
 \* الكاتيونات : تتجه نحو الكاتود ( الإلكترود المرتبطة مع القطب السالب للمولد ).  
 \* الأنيونات : تتجه نحو الأنود ( الإلكترود المرتبطة مع القطب الموجب للمولد ).

1.2. علاقة أوم

بالنسبة للإلكترودين المغمورين في المحلول الإلكتروليتي تكتب علاقة أوم :  $U = R \times I$

2. مواصلة جزء من محلول إلكتروليتي Conductance d'une portion de solution électrolytique

1.2. تعرف

المواصلة  $G$  لجزء من محلول إلكتروليتي هي عكس مقاومته  $R$  . وحدتها هي السيمنس  $S$   $G = \frac{1}{R}$

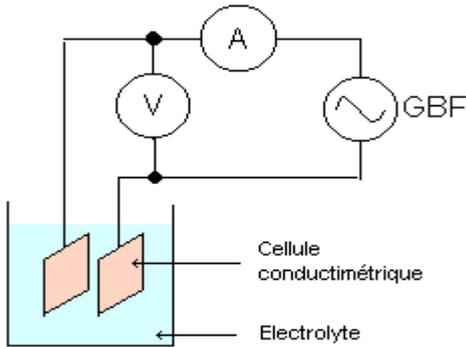
$$I = G \times U$$

ونكتب علاقة أوم :

2.2. قياس المواصلة

المناولة 1 : قياس المواصلة

عند استعمال تيار كهربائي مستمر ، تحدث ظاهرة التحليل الكهربائي electrolyse مما يشوش على قياس المواصلة. لذا يجب استعمال تيار متناوب.



2.3. العوامل المؤثرة على قياس المواصلة

أ - تأثير الأبعاد الهندسية للخلية

المناولة 2 : تأثير الأبعاد الهندسية

نجز التركيب السابق.

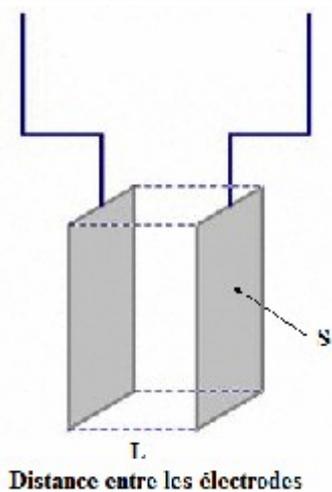
① نحافظ على المسافة  $L$  الفاصلة بين الإلكترودين ، ونغير المساحة  $S$  لمقطع الجزء المحصور بين الإلكترودين من المحلول نلاحظ أن .

عندما تكبر قيمة المساحة  $S$  المغمورة كلما ازدادت المواصلة  $G$  (  $I$  ترتفع ) لأننا نزيد في عدد الأيونات المتنقلة.

② نحافظ على ثبات المساحة المغمورة  $S$  ونغير المسافة الفاصلة بين الإلكترودين فنلاحظ أن :

عندما تكبر المسافة  $L$  الفاصلة بين الإلكترودين كلما صغرت قيم المواصلة  $G$  (  $I$  تنخفض ) لأن هناك أقل عدد من الأيونات قادر على قطع هذه المسافة.

③ تتعلق أيضا المواصلة بحالة سطحي الإلكترودين ( نظيفة ، متسخة ، مصقولة ، خشنة ... )



استثمار :

نعتبر إلكترودين يكونان خلية قياس المواصلة حيث المساحة المغمورة هي  $S$  وتقلهما مسافة  $L$  ، نسمي ثابتة الخلية المقدار  $\frac{L}{S}$  . هذه الثابتة هي الخاصية المميزة لأبعاد خلية قياس المواصلة.

**3. موصلية محلول إلكتروليتي Conductivité d'une solution électrolytique**  
**3.1. تعريف :**



الموصلة لجزء من محلول إلكتروليتي يتناسب مع  $\frac{S}{L}$  ومنه نكتب :

$$G = \sigma \frac{S}{L}$$

$\sigma$  : تسمى الموصلية Conductivité وهي الخاصية المميزة للمحلول وهي تتعلق فقط بالعوامل الفيزيائية و الكيميائية للمحلول وليس بمجموعة القياس. وهي تعبر عن مقدرة المحلول على توصيل التيار الكهربائي.

توجد أجهزة تعطي قيم الموصلة أو الموصلية بشكل مباشر، تسمى مقاييس الموصلة حيث تكفي أن تكون ثابتة الخلية تساوي  $1 m^{-1}$  لكي تكون قيمتهما متساويتين.

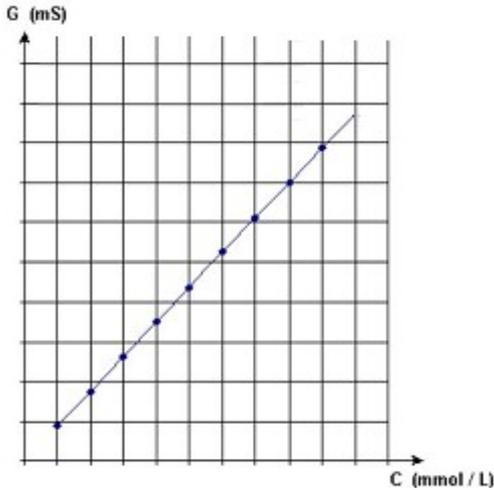
**3.2. العوامل المؤثرة على الموصلية**

**3.1. تركيز المحلول :**

**مناقلة 3 :**

نقوم بقياس موصلات محاليل مائية لكلورور الصوديوم مختلفة ذات تراكيز  $C_1$  ،  $C_2$  و  $C_3$  ، فنحصل على النتائج التالية :

$10^{-2}$	$5.10^{-3}$	$2.10^{-3}$	$C(mol/L)$
2	2	2	$U(V)$
$6,4.10^{-3}$	$3,2.10^{-3}$	$1,3.10^{-3}$	$I(A)$
$3,2.10^{-3}$	$1,6.10^{-3}$	$0,65.10^{-3}$	$G(S)$



نلاحظ أنه كلما زدنا في تركيز المحلول كلما كبرت الموصلة ( عدد حملة الشحن يكثر ).  
 عندما يتضاعف التركيز تتضاعف أيضا الموصلة ، إذن نقول أن الموصلة تتناسب إطرادا مع التركيز.

**استثمار :**

1 - مثل تغيرات الموصلة بدلالة تركيز المحلول منحنى التدرج  $G = f(C)$

يستعمل هذا المنحنى لتحديد تركيز أي محلول لكلورور الصوديوم ، شريطة المحافظة على ثبات العوامل المؤثرة.

**ملحوظة :**

حدود استعمال منحنى التدرج لتحديد تركيز محلول ما ، يجب توفر الشروط التالية :

- أن يكون المحلول مكونا من جسم مذاب واحد.
- المحافظة على ثبات كل العوامل لمؤثرة.
- أن تكون تراكيز المحاليل المدروسة أقل من  $C = 10^{-2} mol/L$  .

**3.2.2. طبيعة الإلكتروليت :**

نقوم بقياس موصلات محاليل مائية مختلفة ذات تراكيز متساوية  $C = 10^{-2} mol/L$  للمحاليل التالية :  
 $KCl, NaCl, NaOH, KOH$

نستنتج أن "طبيعة المحلول تغير من قيمة الموصلة.

**3.2.3. فاعل الحرارة :**

عندما نرفع من قيمة درجة الحرارة لمحلول كلورور الصوديوم ونقوم بقياس الموصلة نلاحظ أن القيمة ازدادت وذلك راجع للزيادة في ارتجاج الأيونات المكونة للمحلول بفعل الحرارة.

#### 4. الموصلية المولية الأيونية *Conductivité molaire ionique*

##### 4.1. موصلية محلول أيوني :

بالنسبة للمحاليل الأيونية جد مخففة ، تتناسب الموصلية  $\sigma$  للإلكتروليت مع التركيز ونكتب :

$$\sigma = \lambda \times C$$

$\lambda$  : تمثل الموصلية المولية للإلكتروليت وحدتها هي  $S.m^2.mol^{-1}$

**ملحوظة :**

$$1 \text{ mol.L}^{-1} = \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = \frac{1 \text{ mol}}{10^{-3} \text{ m}^3} = 10^3 \text{ molm}^{-3}$$

$$1 \text{ mS.cm}^{-1} = \frac{1 \text{ mS}}{1 \text{ cm}} = \frac{10^{-3} \text{ S}}{10^{-2} \text{ m}} = 10^{-1} \text{ S.m}^{-1}$$

##### 4.2. الموصلية المولية الأيونية $\lambda$ لأيون :

في محلول إلكتروليتي كل أيون يساهم في توصيل التيار الكهربائي. وبالتالي تكون الموصلية المولية الأيونية للمحلول هي مجموع الموصليات المولية لكل أيون ونكتب :

$$\sigma = \sum \sigma_i$$

تكون الموصلية الأيونية لأيون  $X_i$  أحادي الشحنة هي مضروب الموصلية المولية الأيونية  $\lambda_i$  وتركيزه  $[X_i]$  ونكتب :

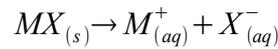
$$\sigma_i = \lambda_i [X_i]$$

##### 4.3. موصلية المحلول الأيوني المتكون من عدة أيونات أحادية الشحنة

موصلية المحلول الأيوني هي :

$$\sigma = \sum \sigma_i = \sum \lambda_i [X_i]$$

بالنسبة للإلكتروليت  $MX$  حيث معادلة ذوبان هي :



لدينا :

$$\sigma_{M^+} = \lambda_{M^+} [M_{(aq)}^+] \quad \text{و} \quad \sigma_{X^-} = \lambda_{X^-} [X_{(aq)}^-]$$

موصلية المحلول الأيوني هي :

$$\sigma = \sum \sigma_i = \sigma_{M^+} + \sigma_{X^-} = \lambda_{M^+} [M_{(aq)}^+] + \lambda_{X^-} [X_{(aq)}^-]$$

نعتبر  $C$  تركيز المحلول الإلكتروليتي  $MX$  ، من الجدول الوصفي في الحالة النهائية لذوبان لدينا :

$$[M_{(aq)}^+] = [X_{(aq)}^-] = C$$

نستنتج إذن :

$$\sigma = (\lambda_{M^+} + \lambda_{X^-}) \times C$$

$\lambda (Sm^2 mol^{-1}) \times 10^{-3}$	الأيون
34,9	$H_{(aq)}^+$
19,8	$OH_{(aq)}^-$
5,0	$Na_{(aq)}^+$
7,6	$Cl_{(aq)}^-$
7,3	$K_{(aq)}^+$
7,7	$I_{(aq)}^-$
3,9	$Li_{(aq)}^+$
7,1	$NO_3^-(aq)$
6,2	$Ag_{(aq)}^+$
4,1	$CH_3COO_{(aq)}^-$

#### 4.4. ملحوظة : جدول الموصلية المولية الأيونية لبعض الأيونات

بالنسبة لمحاليل جـد مخففة  
 الأيونية  $\lambda_i$  تتغير بقليل مع تغيير التركيز ولكن تتعلق بالحرارة.  
 الأيونات  $H_{(aq)}^+$  و  $H_3O_{(aq)}^+$  و  $OH_{(aq)}^-$  لهما موصلية مولية أيونية جد مهمة ، وبالتالي وجودهما في المحلول يرفح من مواصلته.

1.1. الأحماض والقواعد في الحياة اليومية

1.1. أمثلة لبعض الأحماض

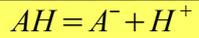
- \* حمض الكلوريدريك  $HCl$  ( $H_3O^+ + Cl^-$ ) و حمض الفوسفوريك  $H_3PO_4$  يستعملان كمقلحات Détartrant
  - \* تأثير  $H_3O^+$  على الكالسيوم  $CaO$
  - \* الخل vinaigre : محلول مائي لحمض الإيثانويك  $CH_3COOH$  ،  $CH_3COO^-$  ،  $H_3O^+$
  - \* الأسبرين Aspirine أو حمض أستيل ساليسيك  $C_9H_8O_4$
  - \* فيتامين C أو حمض الأسكوربيك  $C_6H_8O_6$
  - \* حمض السيتريك ( $E330$ ) *acide citrique* ، محتويات الحوامض والبرتقال  $C_6H_8O_7$
- المحاليل المائية لهذه الأحماض تحتوي على أيون الأوكسونيوم  $H_3O^+_{(aq)}$  . هذه المحاليل محصور بين 7 و 0 عند  $25^\circ C$  . إذا كان المحلول أكثر حمضية يكون  $pH$  أصغر.

1.2. القواعد

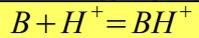
- \* الصودا la soude (هيدروكسيد الصوديوم)  $NaOH$  ( $Na^+ + OH^-$ )
  - \* البوتاس la potasse (هيدروكسيد البوتاسيوم)  $KOH$  ( $K^+ + OH^-$ )
  - \* الأمونياك  $NH_3$
  - \* بنزوات الصوديوم :  $C_6H_5COO^-$  ،  $Na^+$
  - \* هيدروجينوكربونات الصوديوم  $HCO_3^- + Na^+$
- المحاليل المائية لهذه القواعد تحتوي على أيون الهيدروكسيد  $OH^-_{(aq)}$  ، عند  $25^\circ C$  هذه المحاليل أكبر من 7 . كلما ازداد  $OH^-$  كلما كان المحلول أكثر قاعدية.

1.3. تعريف برونشتيد للأحماض والقواعد

- \* الحمض  $AH$  حسب نظرية برونشتيد هو كل نوع كيميائي قادر على إعطاء بروتون  $H^+$



- \* القاعدة  $B$  حسب نظرية برونشتيد هو كل نوع كيميائي قادر على إكتساب بروتون  $H^+$



- \* التفاعل حمض - قاعدة حسب نظرية برونشتيد هو تبادل بروتوني بين الحمض و القاعدة.

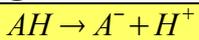
2. المزدوجة حمض - قاعدة

1.2. تعريف :

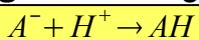
- نقول أن نوعان كيميائيان يكونان مزدوجة حمض - قاعدة ، إذا كان بالإمكان الانتقال من نوع كيميائي لآخر باكتساب أو فقدان بروتون  $H^+$  . نرسم للمزدوجة بـ :  $AH/A^-$  .

2.2. نصف المعادلة حمض قاعدة :

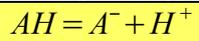
- عندما يتحول الحمض  $AH$  إلى القاعدة  $A^-$  نمثل التحول بالمعادلة :



- عندما تتحول القاعدة  $A^-$  إلى الحمض  $AH$  نمثل التحول بالمعادلة



وللتعبير عن التحولين الممكنين نستعمل الكتابة التالية



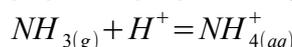
تسمى هذه المعادلة نصف المعادلة حمض - قاعدة

أمثلة :

أكتب نصفي معادلة للمزدوجات حمض - قاعدة التالية :  $NH_4^+_{(aq)} / NH_3(g)$



إذا كان الحمض  $NH_4^+$  (أيون الأمونيوم) متفاعلا محدا.

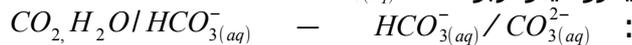


إذا كانت القاعدة  $NH_3$  (غاز الأمونياك) متفاعلا محدا.

3.2. مزدوجتا الماء نسمي المزدوجتين حمض - قاعدة  $H_3O^+_{(aq)} / H_2O(l)$  و  $H_2O(l) / OH^-_{(aq)}$  مزدوجتا

الماء. تكون جزيئة الماء في المزدوجة  $H_3O^+_{(aq)} / H_2O(l)$  قاعدة بينما تكون في المزدوجة  $H_2O(l) / OH^-_{(aq)}$  حمضا. بسبب تصرفها المزدوج كحمض أو قاعدة حسب الظروف المتوفرة يطلق على جزيئة الماء اسم الأمفوليت أو الأمفوتير.

أمثلة لبعض الأمفوليتات أيون الهيدروجينوكربونات  $HCO_3^-_{(aq)}$



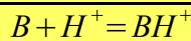
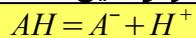
تطبيق : أتمم الجدول التالي :

القاعدة		الحمض		مزدوجة حمض - قاعدة
الصيغة	الاسم	الصيغة	الاسم	
$H_2O$	الماء	$H_3O^+_{(aq)}$	أيون الأوكسونيوم	$H_3O^+_{(aq)} / H_2O_{(l)}$
$OH^-_{(aq)}$	أيون الهيدروكسيد	$H_2O$	الماء	$H_2O_{(l)} / OH^-_{(aq)}$
$CH_3COO^-$	أيون الإيثانوات	$CH_3COOH$	حمض الإيثانويك	$CH_3COOH / CH_3COO^-$
$NH_3$	الأمونياك	$NH_4^+_{(aq)}$	أيون الأمونيوم	$NH_4^+_{(aq)} / NH_3_{(g)}$
$HCO_3^-_{(aq)}$	أيون الهيدروجينوكربونات	$CO_2 + H_2O$ أو $H_2CO_3$	محلول ثنائي أوكسيد الكربون	$CO_2, H_2O / HCO_3^-_{(aq)}$
$CO_3^{2-}_{(aq)}$	أيون الكربونات	$HCO_3^-_{(aq)}$	أيون الهيدروجينوكربونات	$HCO_3^-_{(aq)} / CO_3^{2-}_{(aq)}$

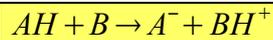
### 3. معادلة التفاعل حمض - قاعدة

عموما لا يتم فقدان بروتون  $H^+$  من طرف نوع كيميائي ( حمض ) إلا إذا وجد مع نوع كيميائي آخر قادر على تثبيت البروتون ( قاعدة ) والعكس صحيح.  
إذن ، في تفاعل كيميائي حمض - قاعدة تشارك مزدوجتان  $AH/A^-$  و  $BH^+/B$  ، حيث يتفاعل حمض إحدى المزدوجتين مع قاعدة المزدوجة الأخرى.  
يتم كتابة معادلة التفاعل باتباع الخطوات التالية :

نكتب نصفي المعادلة المقرونتين بكل من المزدوجتين :



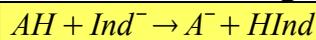
ثم نجمع المجموع :



### 4. الكواشف الملونة

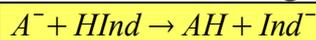
#### 1. تعريف

الكاشف الملون هو حمض عضوي ضعيف أو قاعدة عضوية ضعيفة بحيث يأخذ الحمض أو القاعدة المرافقة له لونين مختلفين حسب طبيعة المحلول الذي يوجد فيه. نرمز لمزدوجة الكاشف الملون :  $HInd / Ind^-$   
بحضور حمض  $AH$  تتفاعل قاعدة مزدوجة الكاشف الملون  $Ind^-$  مع الحمض  $AH$  فتتحول إلى الحمض المرافق لها  $HInd$  وفق معادلة التفاعل :



فيأخذ خليط المحلول لون الشكل الحمضي للكاشف.

بوجود قاعدة  $A^-$  يتفاعل حمض مزدوجة الكاشف الملون  $HInd$  مع القاعدة  $A^-$  فيتحول إلى القاعدة المرافقة له  $Ind^-$  وفق معادلة التفاعل :



فيأخذ خليط المحلول لون الشكل القاعدي للكاشف.

#### 2. منطقة انعطاف الكاشف الملون

**أ - اللون الحساس أو اللونة الحساسة :** نسمي لونية حساسة لكاشف ملون، اللونة المحصل عليها عندما يكون :  $[Ind^-] = [HInd]$  أي اللون الذي يتوسط لون الصيغتين الحمضية و القاعدية للكاشف الملون.

**ب - منطقة الإنعطاف :** عند تغير قيمة  $pH$  المحلول فإن تركيزي الصيغتين الحمضية و القاعدية للكاشف تتغير كذلك وبالتالي ترى العين لون الصيغة الحمضية أو القاعدية للكاشف حسب قيمة  $pH$ .

#### 3. استعمال الكواشف الملونة :

من أهم استعمالات الكواشف الملونة :

\* التعيين التقريبي لقيمة  $pH$  المحلول المائي وذلك باستعمال ورق  $pH$  مبلل بكاشف عام يحتوي على عدة كواشف ملونة.

\* مقارنة قوة الأحماض والقواعد بالنسبة لمحاليل لها نفس التركيز ونفس الحجم.

\* معايرة حمض قاعدة بحيث يجب اختيار الكاشف الملائم حيث تكون منطقة انعطافه تُوَظَر نقطة التكافؤ.

الكاشف الملون	$pK_a$	لون الصيغة الحمضية $HInd$	منطقة الانعطاف	لون الصيغة القاعدية $Ind^-$
الهيليانتين	3,6	أحمر	3,2 4,4	أصفر
أحمر المينيل	5,0	أحمر	4,2 6,2	أصفر
أصفر النترازين	6,4	أصفر	6,0 7,0	أزرق بنفسجي
أزرق البروموتيمول	7,2	أصفر	6,0 7,6	أزرق
أحمر الفينول	8,0	أصفر	6,8 8,4	أحمر

# الدورة الثانية أولى بكالوريا

## الجزء الثاني : الكهرباء التحريكية

### الوحدة 1 : المجال المغناطيسي *Champ magnétique*

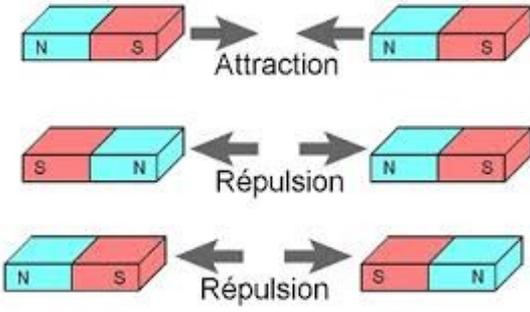
#### 1. المغناط

##### 1.1. تعريف

المغناطيس هو كل جسم قادر على جذب بعض الأجسام كالحديد، كوبالت، Nickel، نيكيل، وتُصنف المواد إلى مواد مغناطيسية (*materiaux ferromagnétiques*) وأخرى غير مغناطيسية (المسؤول عن هذه الميزة هي حركة الإلكترونات حول نفسها).

##### 1.2. قطبا المغناطيس

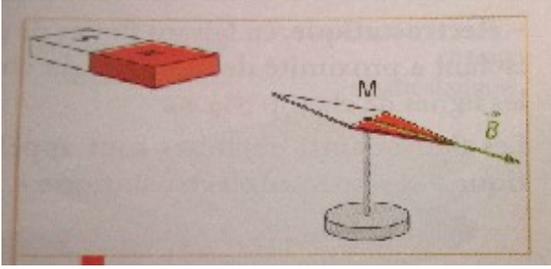
يتوفر كل مغناطيس على قطبين : قطب شمالي وقطب جنوبي ولا يمكن فصلهما. عند تقريب مغناطيس من بعضهما البعض نلاحظ أن القطبين المتشابهين يتنافران والقطبين المختلفين يتجاذبان.



#### 2. تأثير مغناطيس وتأثير تيار كهربائي مستمر على إبرة ممغنطة

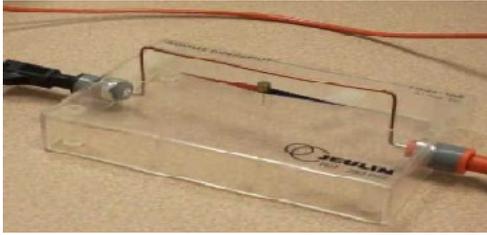
##### 2.1. تأثير مغناطيس على إبرة ممغنطة

عندما نضع مغناطيس على مقربة من إبرة ممغنطة نلاحظ أنها تخضع إلى تأثير ميكانيكي حيث تقوم بتذبذبات حول وضع معين قبل أن تستقر به. يقع تجاذب بين القطب الجنوبي للمغناطيس والقطب الشمالي للإبرة الممغنطة.



##### 2.2. تأثير تيار كهربائي مستمر على إبرة ممغنطة

تتحرف إبرة ممغنطة عندما توجد بالقرب من موصل يمر فيه تيار كهربائي. **خلاصة :** المغناطيس والدارات الكهربائية هي أصل المجال المغناطيسي وذلك لأنها تغير خاصيات الفضاء المحيط بها وتجعله يؤثر على الشحن الكهربائية المتحركة و على الإبر الممغنطة.



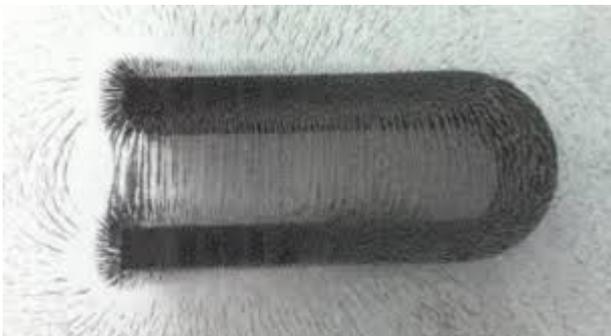
#### 3. الأقطاب المغناطيسية

##### تعريف الطيف المغناطيسي

عند إدخال مغناطيس داخل برادة الحديد *Limaille de fer* ، تتمغنط حبات الحديد فتتوجه أو تصطف حسب خطوط تسمى : خطوط المجال المغناطيسي هذه الخطوط تسمى طيف المجال.

##### ب - طيف المجال المغناطيسي لمغناطيس على شكل U

##### شكل U

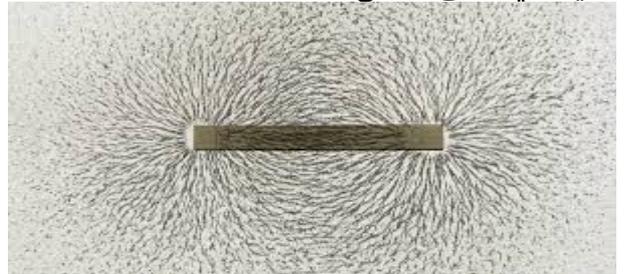


داخل المغناطيس يكون طيف المجال المغناطيسي عبارة عن خطوط مستقيمة متوازية فيما بينها، في هذه الحالة نقول أن المجال المغناطيسي منتظم.

##### أ - طيف المجال المغناطيسي لقضيب مغناطيسي

##### مغناطيسي

عند استعمال برادة الحديد ، تكون خطوط المجال المغناطيسي على شكل :



مسار خطوط المجال يتشابه عند القطبين N و S للقضيب المغناطيسي

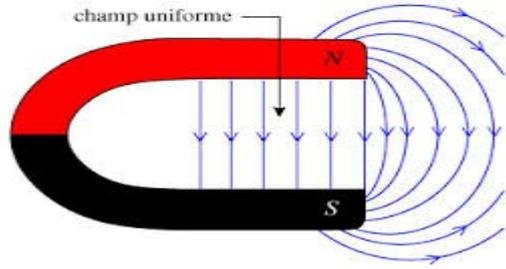
#### 4. متجهة المجال المغناطيسي

##### 1. اتجاه ومنحى $\vec{B}$

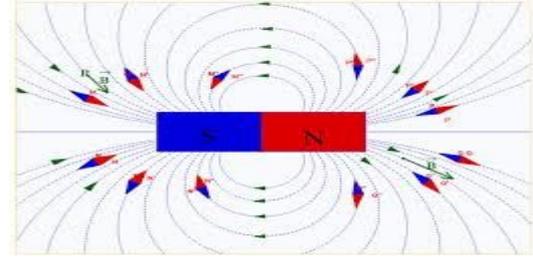
يحدد المجال المغناطيسي بالاتجاه والمنحى، اللذين تأخذهما إبرة ممغنطة موضوعة في نقطة  $M$  وقابلة للتوجه في الفضاء و يمثل بمتجهة نرمل له بـ :  $\vec{B}$  تسمى متجهة المجال المغناطيسي و لها المميزات التالية :

- **الاتجاه** : هو اتجاه الإبرة ممغنطة وضعت داخل هذا المجال في النقطة  $M$ .
- **المنحى** : من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي للآبرة.

##### 2 مثال حالة قضيب مغناطيسي على شكل U

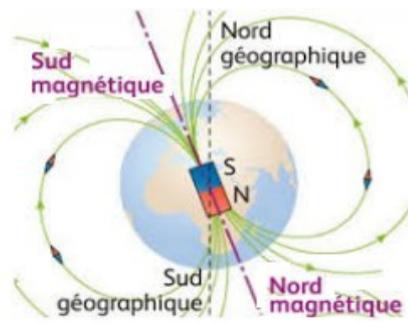
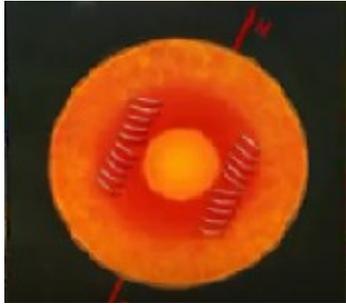


##### 1 مثال حالة قضيب مغناطيسي



#### 4. 2. شدة المجال المغناطيسي

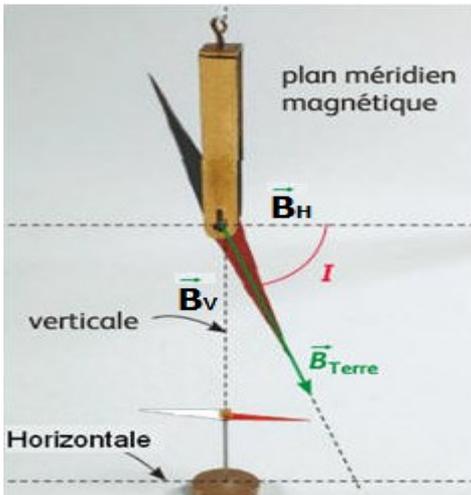
في النظام العالمي للوحدات ، يعبر عن شدة المجال المغناطيسي بـ التسلا  $Tesla$  رمزها  $T$  . لقياس شدة المجال المغناطيسي يستعمل جهاز التسلامتر الذي يتكون من مكشاف متصل بفولط متر حيث يشير الصانع إلى التحويل الواجب أخذه بعين الاعتبار للمرور من التوتر إلى شدة المجال. يثبت عند أحد طرفي المكشاف مسطرة مدرجة للتعرف عن موضع المكشاف بالنسبة لنقطة من المجال المغناطيسي عند كل قياس.



#### 5. المجال المغناطيسي الأرضي

##### إبراز المجال المغناطيسي الأرضي

عندما نبعث إبرة ممغنطة عن كل مغناطيس أو جسم حديدي أو دائرة كهربائية يمر فيها تيار كهربائي، نلاحظ أنها تأخذ اتجاهها معيناً يتجه قطبها نحو سطح الأرض ( في النصف الشمالي للكرة الأرضية )، إذن تعتبر الأرض مصدراً للمجال المغناطيسي نرمل له بـ  $B_T$  .



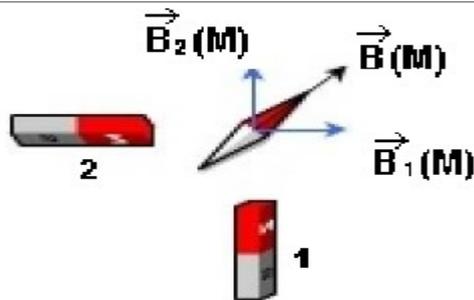
نسمى المستوى الرأسى الذي توجد فيه المتجهة  $B_T$  : مستوى خط الزوال المغناطيسي.  
نسمى زاوية الميل  $I$  ، الزاوية التي يكونها اتجاه المتجهة للمجال المغناطيسي الأرضي مع المستوى الأفقي.  
لدينا :

$$\vec{B}_T = \vec{B}_V + \vec{B}_H$$

$$B_T^2 = B_V^2 + B_H^2$$

$$\cos I = \frac{B_H}{B_T} \Rightarrow B_T = \frac{B_H}{\cos I} \quad \tan I = \frac{B_V}{B_H}$$

تكون شدة المجال الأرضي ضعيفة ( $B_T \approx 10^{-3} T$ ) أمام المجالات المغناطيسية المتولدة بواسطة الأجسام المغناطيسية أو دراة كهربائية يمر فيها تيار كهربائي.



#### 6. تراكب مجالين

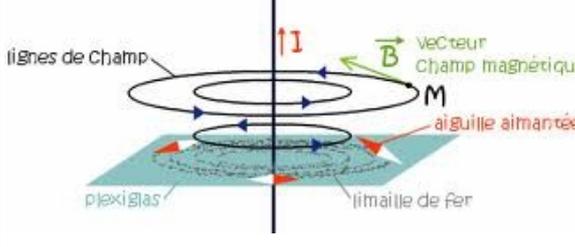
المجال المغناطيسي المحدث من طرف عدة مصادر هو المجموع المتجهي للمجالات المغناطيسية المحدثة من طرف كل مصدر على حدة.  
مثال :

$$\vec{B}(M) = \vec{B}_1(M) + \vec{B}_2(M)$$

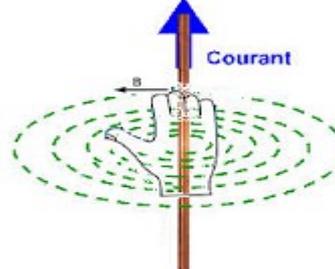
## الجزء الثاني : الكهرباء التحريكية

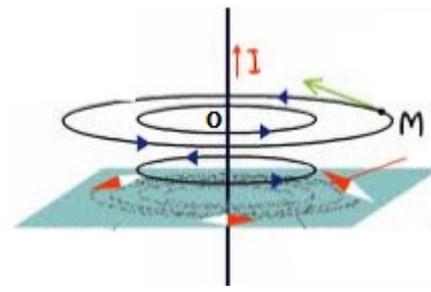
### الوحدة 7 : المجال المغناطيسي المحدث من طرف التيار الكهربائي Champ magnétique crée par un courant électrique

يعتبر التيار الكهربائي المار في الموصلات مصدرا من مصادر المجال المغناطيسي ، غير أن مميزات متجهة المجال المغناطيسي تتعلق بشكل هذه الموصلات وبشدة التيار الكهربائي المار بها ، وهكذا فإن المجال المغناطيسي المحدث من طرف موصل مستقيمي يختلف تماما عن المجال المغناطيسي المحدث من طرف تيار كهربائي يمر في ملف لولبي.

	<p><b>1. المجال المغناطيسي المحدث من طرف تيار كهربائي مستمر ومار في موصل مستقيمي</b> <b>1.1. إبراز وجود المجال المغناطيسي</b></p> <p>يحدث مرور التيار الكهربائي في الموصل المستقيمي مجالا مغناطيسيا يؤثر على برادة الحديد. تكون خطوط المجال المغناطيسي عبارة عن اسطوانة محورها منطبق مع السلك الموصل.</p>
--	---

**1.2. منحى متجهة المجال المغناطيسي المحدث بواسطة تيار كهربائي**  
لتحديد اتجاه ومنحى متجهة المجال المغناطيسي  $\vec{B}$  المحدث من طرف أسلاك موصلة يمر فيها تيار كهربائي ، نستعمل إحدى القواعد التالية :

<p><b>* قاعدة اليد اليمنى :</b></p> <p>توضع اليد اليمنى على الوشيعه ، بحيث يخرج التيار الكهربائي من أطراف الأصابع فيشير الإبهام إلى منحى و اتجاه متجهة المجال المغناطيسي <math>\vec{B}</math> .</p> 	<p><b>* قاعدة ملاحظ أمير</b></p> <p>نعتبر ملاحظ ممدودا على طول السلك الموصل بحيث يجتازه التيار الكهربائي من رجليه إلى رأسه. عندما ينظر هذا الملاحظ إلى نقطة M من المجال المغناطيسي ، تشير ذراعه اليسرى إلى منحى واتجاه متجهة المجال المغناطيسي <math>\vec{B}</math> في هذه النقطة.</p> 
--	---

	<p><b>1.3. شدة المجال المغناطيسي <math>\vec{B}</math> المحدث من طرف تيار كهربائي مستمر ومار في موصل مستقيمي</b></p> <p>لحساب شدة المجال المغناطيسي المحدث من طرف سلك موصل في نقطة M نطبق العلاقة التالية :</p> $B(M) = \frac{\mu_0}{2\pi} \times \frac{I}{d} \quad (d = OM)$ <p><math>\mu_0</math> وهي ثابتة عالمية تسمى نفاذية الفراغ ، قيمتها تساوي تقريبا قيمة نفاذية الهواء <math>\mu</math> . (<math>\mu_0 = \mu = 4\pi \cdot 10^{-7} S.I</math>)</p>
--	--

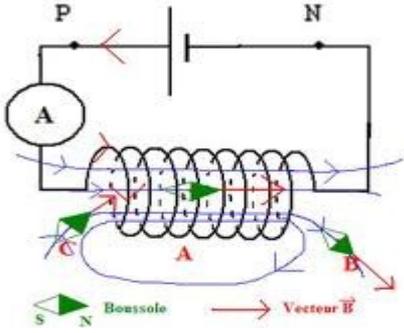
**ملحوظة :** إن هذه العلاقة لا تكون صحيحة إلا بالنسبة لسلك لامتناه في الطول. وتبقى صالحة بالنسبة لنقط قريبة من سلك ذي طول محدود.

### 2. المجال المغناطيسي المحدث من طرف تيار كهربائي يمر في موصل دائري ( الوشيعه ) 1.1. تعريف

	<p>تتكون الوشيعه من سلك موصل ( مغلف بمادة عازلة ) ملفوف بانتظام حول جسم أسطواناني عازل. للوشيعه مربطان وهما طرفا السلك ووجهان وهما طرفا الأسطوانة. تتميز الوشيعه بطولها <math>l</math> وشعاعها <math>R</math> وعدد لفاتها <math>N</math> ومقاومتها <math>r</math> . توجد أنواع مختلفة للوشيعات :</p> <p>* الوشيعه المسطحة : يكون شعاعها <math>R</math> كبيرا بالنسبة لطولها <math>l</math> . * الملف اللولبي : يكون طولها <math>l</math> كبير بالمقارنة مع شعاعها <math>R</math> ، <math>L \ll R</math> .</p>
--	---

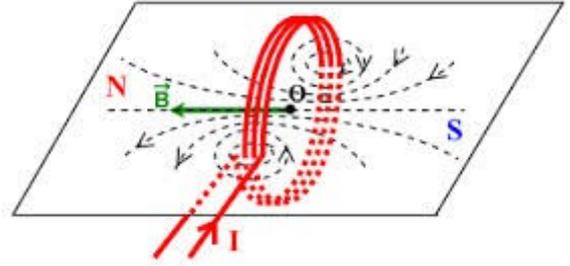
## 2.2. الإبراز التجريبي للمجال المغناطيسي المحدث من طرف وشيعة - الأقطاب المغناطيسية

### ب - الطيف المغناطيسي لملف لولبي



يكون المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي منتظما. خارج الملف اللولبي يكون طيف المجال المغناطيسي شبيها بطيف القضيب المغناطيسي.

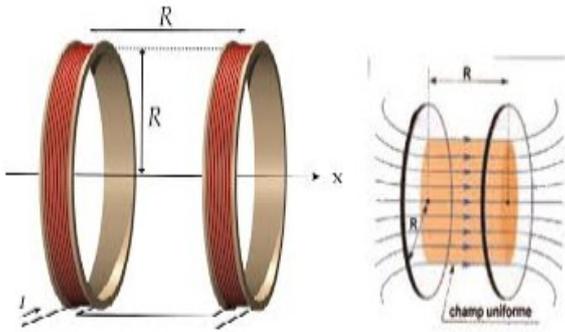
### أ - الطيف المغناطيسي لوشيعة مسطحة دائرية



تكون خطوط المجال مستقيمة قرب مركز الوشيعة ، ومنحنية عندما تبعد عن مركزها لتصبح دائرية تقريبا بجوار السلك الموصل.

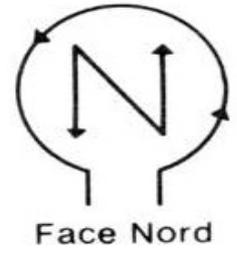
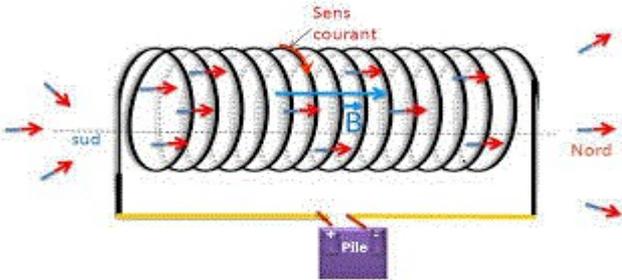
### ج - الطيف المغناطيسي لوشيعتي هيلمولتز

نسمي الجهاز المتكون من وشيعتين مسطحتين متمحورتين ومركبتين على التوالي ولهما نفس الشعاع  $R$  وتفصل مركزيهما المسافة  $R$  : وشيعتي هيلمولتز Bobine d'Helmoltz .  
يمثل الشكل أعلاه طيف المجال المغناطيسي المحدث من طرف وشيعتي هيلمولتز يمر فيها تيار كهربائي مستمر.  
① لقد تم إحداث هذا الطيف في مستوى متعامد مع مستوى الوشيعتين ويمر بمركزيهما.  
② خطوط المجال المغناطيسي متوازية فيما بينها ، نقول أن المجال المغناطيسي منتظم.



## 2.3. وجهها الوشيعة

عندما نقرب إبرة ممغنطة aiguille aimantée بأحد وجهي وشيعة يمر فيها تيار كهربائي مستمر ، نلاحظ أن الإبرة الممغنطة تتوجه بكيفية مختلفة ، وذلك حسب منحى التيار الكهربائي المار في الوشيعة.  
نسمي وجه الوشيعة الذي يخرج منه خطوط المجال المغناطيسي بالوجه الشمالي ، ووجه الوشيعة الذي يدخل منه هذه الخطوط بالوجه الجنوبي.



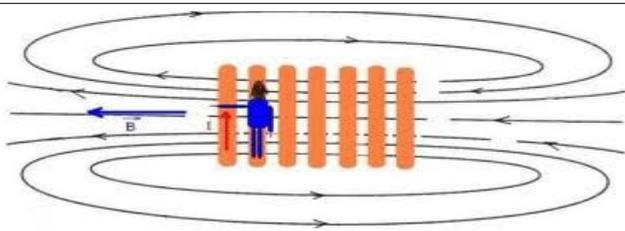
## 2.4. شدة المجال المغناطيسي في مركز الوشيعة

إن شدة المجال المغناطيسي  $B$  الذي تحدثه وشيعة مسطحة دائرية ذات شعاع  $R$  في مركزها تتناسب إطرادا مع شدة التيار  $I$  المار فيها ومع عدد لفات الوشيعة  $N$  وتتناسب عكسيا مع شعاعها  $R$  .  
ويعبر عن الشدة  $B$  بالعلاقة :

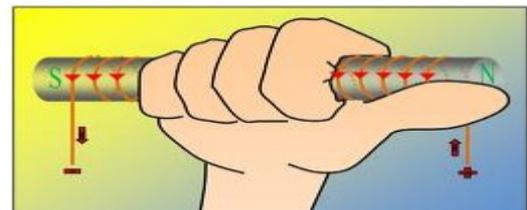
$$B = 2 \Pi \cdot 10^{-7} \frac{N \cdot I}{R}$$

## 2.5. تحديد منحى متجهة المجال $\vec{B}$ بتطبيق القواعد السالفة

### \* قاعدة ملاحظ أمير

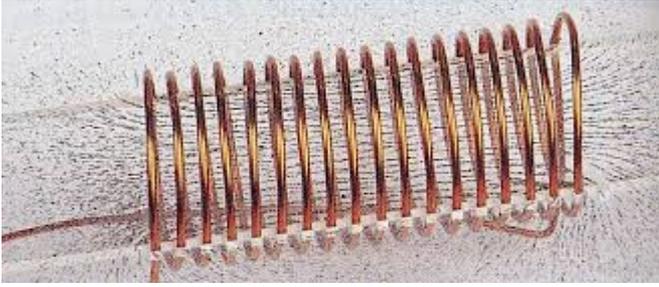


### \* قاعدة اليد اليمنى :



### 3. المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي

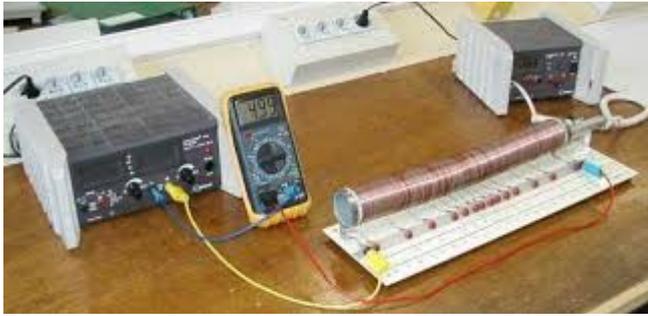
3. 1. اتجاه ومنحى متجهة المجال المغناطيسي  $\vec{B}$  داخل ملف لولبي يمر فيه تيار كهربائي مستمر



يوجد داخل ملف لولبي مجال مغناطيسي  $\vec{B}$  منتظم ، له نفس المميزات في كل نقطة. خطوط المجال المغناطيسي مستقيمة متوازيات مع محور الملف اللولبي.  
اتجاه  $\vec{B}$  موازي لمحور الملف اللولبي ، منحاه من الوجه الجنوبي نحو الوجه الشمالي.

### 3. 2. شدة المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي

أ - تأثير شدة التيار المار في الملف اللولبي

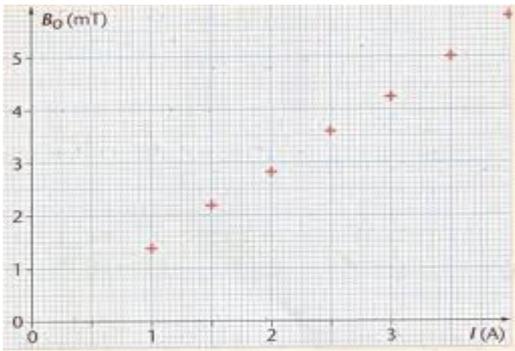


#### ① تجربة :

نجز التركيب التجريبي التالي :  
نغير في كل مرة شدة التيار الكهربائي  $I$  المار في الملف اللولبي ، ونقيس شدة المجال المغناطيسي  $B$  المحدث داخله ( مع عدد اللفات  $N$  وطول الملف اللولبي  $l$  ثابتان ).

#### ② جدول القياسات

I (A)	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
B (mT)	0,65	1,10	1,30	1,70	2,10	2,40	2,80	3,10	3,40



#### ③ التمثيل المباني $B = f(I)$

نلاحظ أن الدالة  $B = f(I)$  عبارة عن مستقيم مار من أصل المعلم معادلته هي :  
 $B = K \times I (K > 0)$

#### ④ استنتاج

تناسب شدة المجال المغناطيسي  $B$  داخل الملف اللولبي إطرادا مع شدة التيار الكهربائي المار فيه.

### ب - تأثير عدد اللفات

بالنسبة لنفس الشدة  $I$  ، نغير عدد اللفات  $n$  في وحدة الطول  $(l = cste)$  ، ونقيس شدة المجال المغناطيسي  $B$  المحدث داخل الملف اللولبي.

#### ① جدول القياسات

$n_2 = 200$	$n_1 = 100$	عدد اللفات في وحدة الطول
2,60	1,30	شدة المجال المغناطيسي $B$ (mT)

نلاحظ أن عند مضاعفة عدد اللفات في وحدة الطول بالنسبة لنفس شدة التيار الكهربائي المار في الملف اللولبي أن شدة المجال المغناطيسي  $B$  داخل الملف اللولبي يتضاعف أيضا.

#### ② استنتاج

تناسب شدة المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي إطرادا مع عدد لفات الملف في وحدة الطول  
 $B = K' \times n$

#### خلاصة :

تناسب شدة المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي إطرادا مع جداء  $n \times I$   
 $B = K'' \times n \times I$

$K''$  : ثابتة التناسب تكتب على شكل  $\mu_0$  وهي ثابتة عالمية تسمى نفاذية الفراغ ، قيمتها تساوي تقريبا قيمة نفاذية الهواء  $\mu$  .

$$\mu_0 = \mu = 4 \pi 10^{-7} S.I$$

نكتب صيغة المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي :

$$B = \mu_0 \times n \times I = \mu_0 \frac{N}{l} \cdot I$$

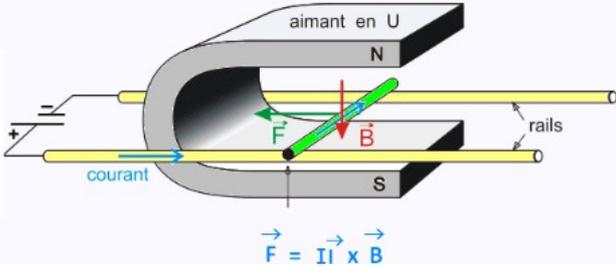
## الجزء الثاني: الكهرباء التحريكية

### الوحدة 8 : القوى الكهرومغناطيسية " قانون لابلاص " Forces électro-magnétiques - loi de Laplace

#### 1. الإبراز التحريسي لقوة لابلاص

##### النشاط التحريسي 1 :

أنجز الدارة الكهربائية الممثلة في الشكل التالي :



##### استثمار :

- 1 - أغلق قاطع التيار. ماذا تلاحظ ؟
  - 2 - نفتح قاطع التيار ونضيف مغناطيسا على شكل U بحيث تمر الساق لسلك الموصل في تفرجته. ماذا تلاحظ ؟
  - 3 - نغلق قاطع التيار ، ماذا تلاحظ ؟
- نلاحظ أن السلك الموصل ينزاح عن موضعه في منحنى معين وذلك حسب متجهة المجال المغناطيسي المحداث من طرف المغناطيس.

##### استنتاج :

نستنتج أن الساق ( السلك الموصل ) عندما يوجد جزء منها داخل المجال المغناطيسي المحداث من طرف المغناطيس على شكل U ويمر فيها تيار كهربائي مستمر تنحرف عن موضع توازنها نقول إنها تخضع إلى تأثير يسمى بقوة لابلاص.

#### 2. قوة لابلاص

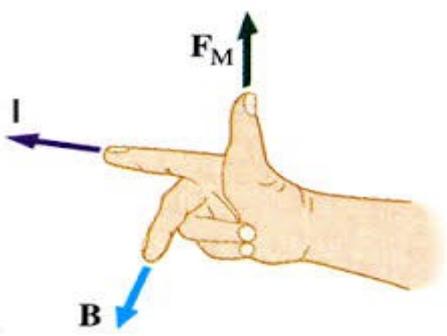
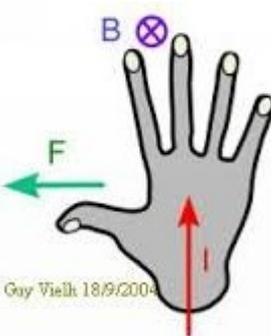
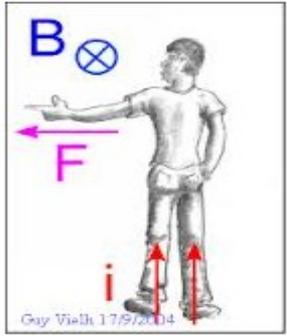
##### 1. 2. نص قانون لابلاص

عندما يوجد جزء مستقيمي من دائرة كهربائية طوله  $L$  ، ويمر فيه تيار كهربائي مستمر شدته  $I$  ، في مجال مغناطيسي منتظم متجهته  $\vec{B}$  فإنه يخضع لقوة كهرومغناطيسية  $\vec{F}$  تسمى قوة لابلاص.

##### 2. 2. مميزات قوة لابلاص

لقوة لابلاص المميزات التالية :

- \* نقطة التأثير : منتصف الجزء المستقيمي الذي يوجد فيه المجال المغناطيسي.
- \* الإتجاه : متعامد مع المستوى الذي يحدده الموصل المستقيمي والمتجهة  $\vec{B}$  .
- \* المنحنى : نحصل على منحنى  $\vec{F}$  وذلك بتطبيق إحدى القواعد التالية :

قاعدة الأصابع الثلاثة لليد اليمنى	قاعدة اليد اليمنى	قاعدة ملاحظ أمبير
<p>تكون الأصابع الثلاثة لليد اليمنى، السبابة و الوسطى ثلاثي مباشر حيث : يقابل الإبهام ( Force Pouce : pousser ) القوة المغناطيسية <math>\vec{F}</math> . يقابل السبابة منحنى <math>I</math>. يقابل الوسطى متجهة المجال المغناطيسي <math>\vec{B}</math> .</p> 	<p>قاعدة اليد اليمنى</p>  <p style="font-size: small;">Guy Vielh 18/9/2004</p>	<p>يتمدد ملاحظ أمبير على الموصل الكهربائي بحيث يجتازه التيار الكهربائي من رجليه نحو الرأس. وينظر في اتجاه ومنحنى متجهة المجال المغناطيسي <math>\vec{B}</math> . عندما يطلق يده اليسرى في اتجاه متعامد مع المستوى الذي يحدده الموصل والمتجهة <math>\vec{B}</math> ، تشير يده إلى منحنى متجهة قوة لابلاص <math>\vec{F}</math></p>  <p style="font-size: small;">Guy Vielh 17/9/2004</p>

\* الشدة : تحسب بالعلاقة التالية :

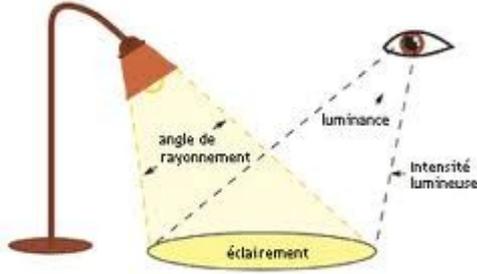
$$\vec{F} = I \vec{L} \wedge \vec{B} = I.L.B.\sin\alpha$$

$\alpha$  الزاوية الموجودة بين المتجهة  $\vec{B}$  و المتجهة  $\vec{L}$

#### 3. استعمال قانون لابلاص لتفسير بعض التجارب

## الجزء الثالث: البصريات

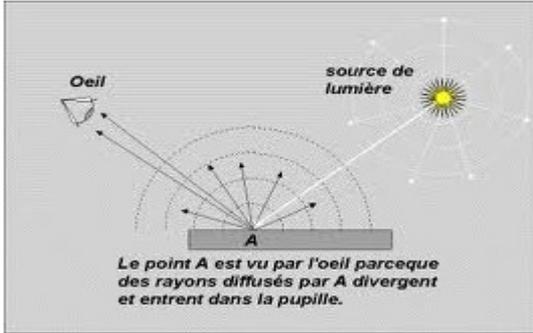
### الوحدة 1 : شروط قابلية رؤية شيء Conditions de visibilité d'un objet



#### 1. شروط الرؤية

##### 1.1. مفهوم الشيء الضوئي

كل شيء ينبعث منه الضوء يسمى شيئا ضوئيا. وتصنف الأشياء الضوئية إلى صنفين :  
\* المنابع الضوئية : وهي الأشياء التي تنتج الضوء مثل الشمس ، مصباح التوهج ، لهب شمعة ، لآزر ...  
\* الأشياء المضاءة : وهي الأشياء التي لا يمكن رؤيتها إلا إذا سلط عليها الضوء مثل القمر ، الورق ....



كما هو الشأن بالنسبة للشمس ، فإن النجوم والمصابيح الضوئية المتوهجة تبعث الضوء ، وتسمى :  
المنابع الضوئية أو الأجسام الضوئية.  
وتجدر الإشارة إلى أن أغلبية الأجسام المحيطة بنا لا يمكن رؤيتها إلا إذا تمت إضاءتها بمنبع ضوئي ، فترسل أشعتها إلى عين المشاهد وفي كل اتجاه ، نقول إنها تشتت الضوء.

##### 1.2. هل يمكن رؤية الضوء

لا يرى الضوء ولكن ترى الأشياء بشرط أن يصل الضوء المنبعث إلى عين المشاهد.

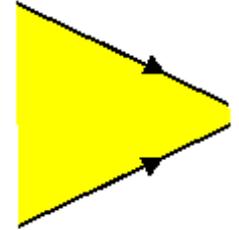
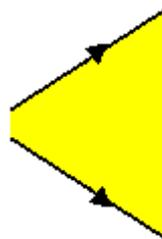
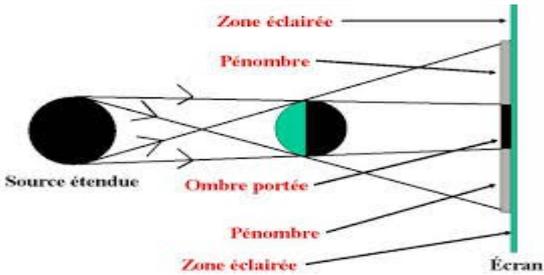
يمكن رؤية شيء إذا تحققت الشروط التالية :

\* أن يكون الشيء باعث للضوء.

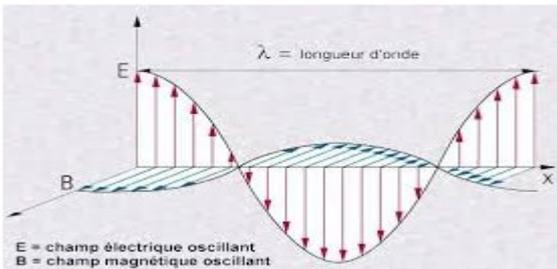
\* أن يصل الضوء من الشيء إلى العين.

##### 1.3. انتشار الضوء

لتسهيل دراسة الظواهر البصرية نمثل بواسطة نموذج المسار الذي يتبعه الضوء إنه الشعاع الضوئي. بينت عدة تجارب أن الضوء ينتشر في أوساط شفافة ومتجانسة وفق خطوط مستقيمة بين المنبع الضوئي والمستقبل وهذا يسمى بمبدأ الانتشار المستقيمي للضوء. ونشير إلى أن المنابع الضوئية ترسل حزما ضوئية مكونة من عدد غير محدود من الأشعة الضوئية ، حيث يستحيل عزل شعاع ضوئي تجريبيا.



بينما يصطلح على تمثيله بخط مستقيم يحمل سهمًا يدل على منحى انتشار الضوء.



#### 2. الدورية المزدوجة للموجة الضوئية

إن الموجات الضوئية تتميز بدورية الزمانية  $T$  (الدور) ودورية المكانية  $\lambda$  (طول الموجة) حيث :

$$\lambda = V \times T = \frac{V}{N}$$



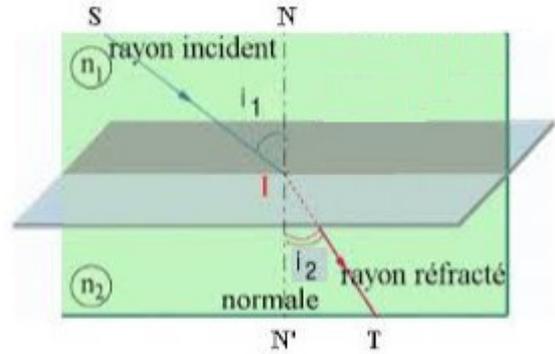
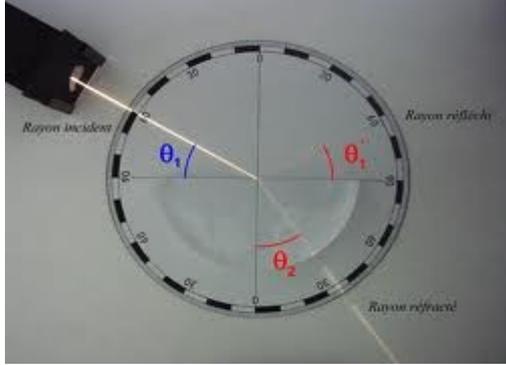
### 3. انكسار الضوء على سطح فاصل مستويين شفافين

#### 3.1. ظاهرة الانكسار

عندما ترد حزمة ضوئية على حد فاصل للوسطين فإنها تنتقل إلى الوسط الثاني في اتجاه معين ، نقول إن الحزمة الضوئية تنكسر أو تنتقل.

#### 3.2. قانون ديكارت للانكسار

نعتبر شعاع ضوئي ينتقل من الهواء إلى الزجاج ونقيس في كل مرة قيم الزاوية  $i_1$  و  $i_2$  .



40	30	20	10	0	$i_1$
26	20	13	6,5	0	$i_2$
1,5	1,5	1,5	1,5	-	$\frac{\sin i_1}{\sin i_2}$

نلاحظ أن النسبة  $\frac{\sin i_1}{\sin i_2}$  تبقى ثابتة.

أعطت تجارب أخرى لقياس سرعة الضوء بين الوسطين 1 و 2 حيث  $V_1$  سرعة الضوء في الوسط 1 وهو الهواء و  $V_2$  سرعة الضوء في الوسط 2 وهو الزجاج حيث :  $\frac{V_1}{V_2} = 1,5$  نستنتج أن :

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

وبما أن الشعاع الوارد هو نفس الشعاع المنكسر ( أحادي اللون ) ، فإن الشعاع الضوئي له نفس التردد في الوسطين أي :

$$N_1 = N_2 \Rightarrow \frac{V_1}{\lambda_1} = \frac{V_2}{\lambda_2}$$

معامل الانكسار	الوسط
1	الفراغ
1,0003	الهواء
1,33	الماء
1,50 à 1,80	الزجاج
1,49	البليكسيكلاص
2,43	ألماس

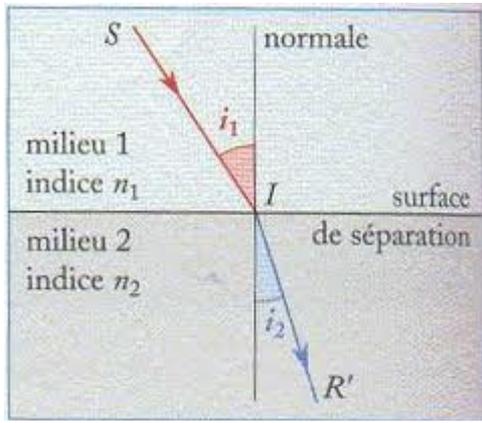
**ب - سرعة انتشار الضوء في وسط مادي شفاف - معامل الانكسار**  
تنتشر الموجة الضوئية في وسط مادي بسرعة  $V$  أقل من  $c$  .  
نعرف معامل الانكسار  $n$  لوسط شفاف، بالنسبة لضوء أحادي اللون بالعلاقة :

$$n = \frac{c}{V}$$

هذا المقدار بدون وحدة و يمثل النسبة بين سرعة انتشار  $c$  للضوء الأحادي اللون في الفراغ ( $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ) وسرعة انتشاره  $V$  في الوسط الشفاف.

ملحوظة :

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\frac{c}{n_1}}{\frac{c}{n_2}} = \frac{n_2}{n_1}$$



### قوانين ديكارت للانكسار

\* القانون الأول : الشعاع الوارد والشعاع المنكسر يوجدان في مستوى واحد.  
\* القانون الثاني :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

- . 1 : معامل انكسار الوسط  $n_1$
- . 2 : معامل انكسار الوسط  $n_2$
- . زاوية الورد :  $i_1$
- . زاوية الإنكسار :  $i_2$

### 3.3. معامل الانكسار

تختلف الأوساط الشفافة حسب تأثيرها على مسير Trajet الذي يسلكه الضوء. إذا كانت سرعة انتشار الضوء في الوسط 1 هي  $V_1$  ، و سرعة انتشار الضوء في الوسط 2 هي  $V_2$  ، فإن معامل الإنكسار النسبي للوسط الثاني للوسط الأول يعبر عنه بالعلاقة :

$$n_{2/1} = \frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

### 4. الانكسار الحدي والانكسار الكلي

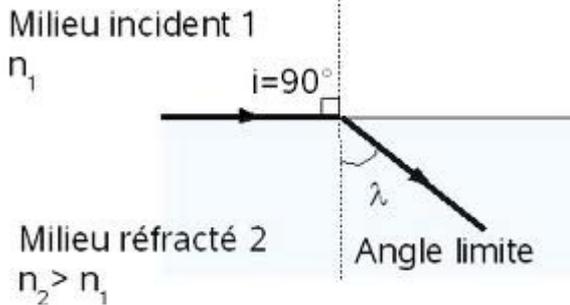
أ - حالة  $n_2 > n_1$

في هذه الحالة تبقى دائما  $i_1 > i_2$  وبالتالي عند تغيير زاوية الورد من  $0^\circ$  إلى  $90^\circ$  نلاحظ دائما ظاهرة الانتقال بحيث تتغير زاوية الانتقال  $i_2$  من  $0^\circ$  إلى  $i_l$  حيث :

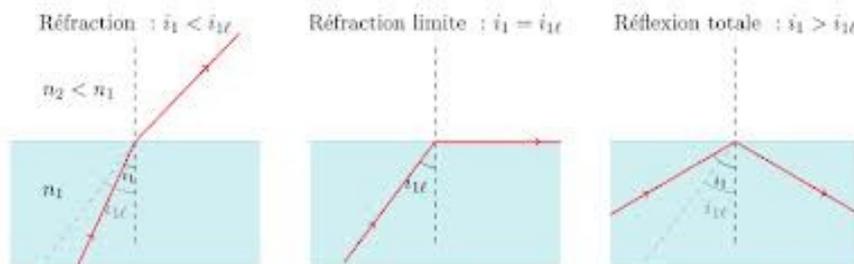
$i_l$  : تسمى زاوية الانكسار الحدية ونحسبها بالعلاقة :

$$\sin i_l = \frac{n_1 \sin 90^\circ}{n_2}$$

مثال : انتقال الشعاع الضوئي من الهواء إلى الزجاج  $i_l = 42^\circ$



ب - حالة  $n_1 > n_2$  :



نعتبر حالة انتقال شعاع ضوئي من وسط 1 وهو الزجاج إلى وسط 2 وهو الهواء ، في هذه الحالة تبقى دائما  $i_2 > i_1$  وبالتالي فعندما تتغير  $i_1$  من  $0^\circ$  إلى  $i_l$  زاوية الانكسار الحدية أو زاوية الورد الحدية فإن قيمة  $i_2$  تتغير من  $0^\circ$  إلى  $90^\circ$  وبالتالي :

- ◊ عندما تكون  $i_1 < i_l$  فإنه في هذه الحالة تحدث ظاهرة انكسار.
  - ◊ عندما تكون  $i_1 > i_l$  فإنه في هذه الحالة تحدث ظاهرة الانكسار الكلي
- حساب القيمة الحدية  $i_l$  :

$$\sin i_l = \frac{n_2 \sin 90^\circ}{n_1}$$

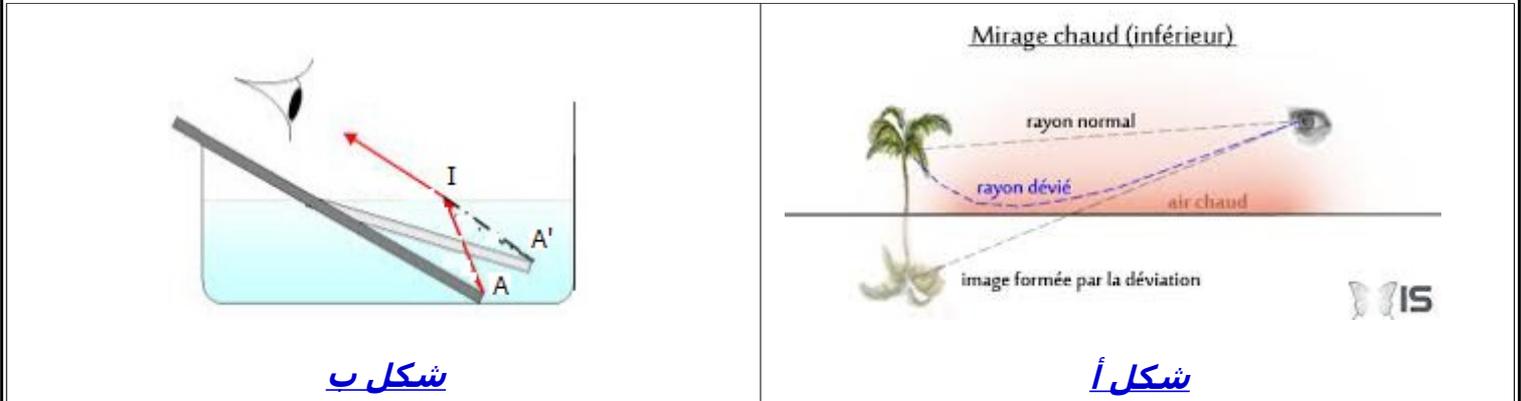
في حالة انتقال الشعاع الضوئي من الزجاج 1 إلى الهواء فإن :  $i_l = 42^\circ$

## 5. رؤية الأشياء

يمكن تشبيه العين بجهاز بصري يتكون من : سطوح كاسرة، البؤبؤ، السائل الزجاجي، الشبكية. ويمكن تمثيل العين بعدسة مجمعة مسافتها البؤرية الصورة  $F'$  . يسمى هذا النموذج بالعين البسيطة. عند رؤية الأشياء تصل الأشعة الضوئية الواردة منها إلى العين و تتكون الصورة على الشبكية. تنبعث سيالة عصبية من الشبكية نحو الدماغ بواسطة العصب البصري فيؤول الدماغ المعلومات التي توصل بها إلى إحساس بصري.



## أمثلة لتكيف الدماغ على الإنتشار المستقيمي للضوء



### في الشكل أ :

تحدث ظاهرة السراب عندما تكون درجة حرارة الجو مرتفعة. حيث تؤثر الحرارة على معامل انكسار طبقات الهواء المجاورة لسطح الأرض. كلما اقتربنا من سطح الأرض تزداد درجة الحرارة، وتنقص قيمة معامل الانكسار، مما يؤدي إلى ظهور السراب نتيجة سلسلة الانكسارات عند انتقال الضوء من طبقة إلى أخرى، إلى أن تنتهي بانعكاس كلي.

### في الشكل ب :

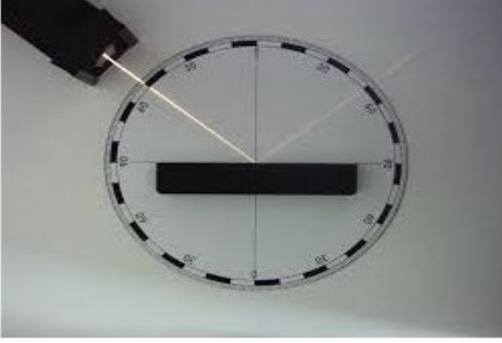
تنبعث الأشعة الضوئية من النقطة  $A$  ثم تنكسر في النقطة  $I$  . المشاهد تبدو له النقطة  $A$  وكأن موضعها يوجد في النقطة  $A'$  ، وهذا ليس حقيقيا لأن ذلك مرتبط بتكيف الدماغ على الإنتشار المستقيمي للضوء.

الوحدة 2 : الصورة المحصل عليها بواسطة المرآة المستوية *L'image donnée par le miroir plan*

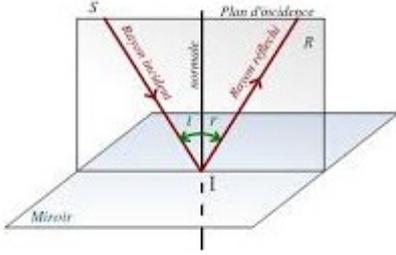
1. الصورة المحصل عليها بواسطة مرآة مستوية

المرآة المستوية هي عبارة عن سطح مستو مصقول عاكس للضوء، وهو عموما سطح فلزي أو زجاجي أحد وجهيه مكسو بطبقة رقيقة من الفضة.

1.1. ظاهرة انعكاس الضوء



عندما ترد حزمة ضوئية من اللازر مائلة بزاوية معينة على المنظمي لسطح المرآة نلاحظ أنها تنحرف وتأخذ اتجاهها آخر في نفس الوسط. نقول أن الحزمة الضوئية انعكست على سطح المرآة، ونسمي هذه الظاهرة بانعكاس الضوء.



1.2. قوانين ديكارت للانعكاس

نص قوانين ديكارت

القانون الأول :

يوجد الشعاع الوارد والشعاع المنكسر والمنظمي على المرآة في مستوى واحد وهو مستوى الورود.

القانون الثاني :

زاوية الورود  $i$  تساوي زاوية الإنعكاس  $r$

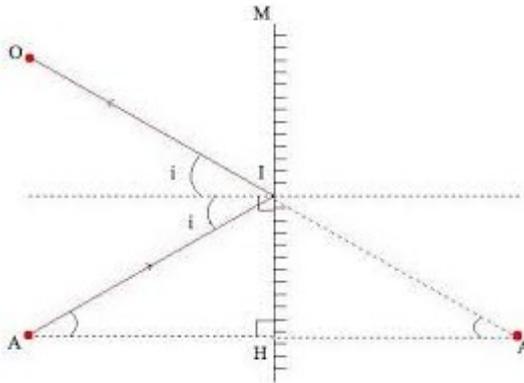
$$i = r$$

1.3. التماثل بالنسبة لمرآة مستوية

تعطي المرآة المستوية MN بالانعكاس لشيء نقطي صورة نقطية ممتثلة لها بالنسبة للمرآة. كل الأشعة المنبعثة من  $A$  تبدو وكأنها واردة من  $A'$  بعد انعكاسها على المرآة. النقطة الصورة  $A'$  هي التماثل العمودي للنقطة الشيء  $A$  بالنسبة لمستوى المرآة حيث :

$$HA = HA'$$

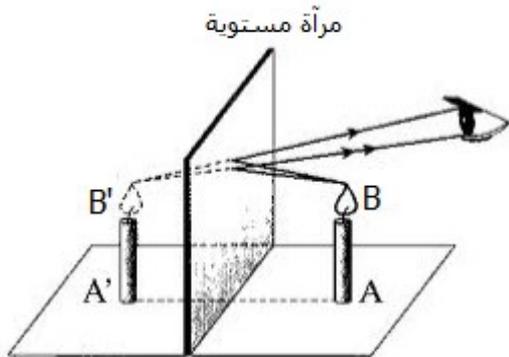
المثلثين  $AHI$  و  $A'HI$  متساويين وبالتالي النقطة  $A'$  ممتثلة للنقطة  $A$  بالنسبة لمستوى المرآة.



أبعاد صورة شيء مستو

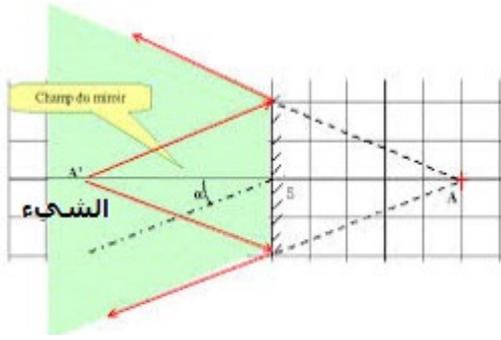
إذا كان  $AB$  هو الشيء الضوئي المستوي، فإن لصورته بواسطة المرآة المستوية نفس أبعاد الشيء بحيث أن :

$$AB = A'B'$$

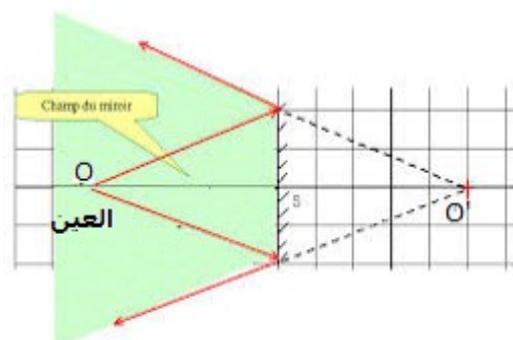


### 1. 4. مجال الرؤية لمرآة مستوية

#### مجال الرؤية بالنسبة لموضع محدد للشيء



#### مجال الرؤية بالنسبة لموضع محدد للعين

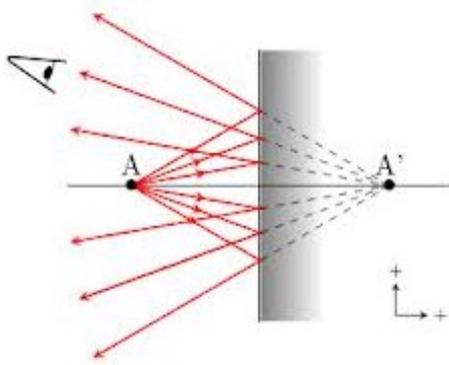


لكي ترى العين الصورة يجب أن تتواجد في المنطقة الملونة.

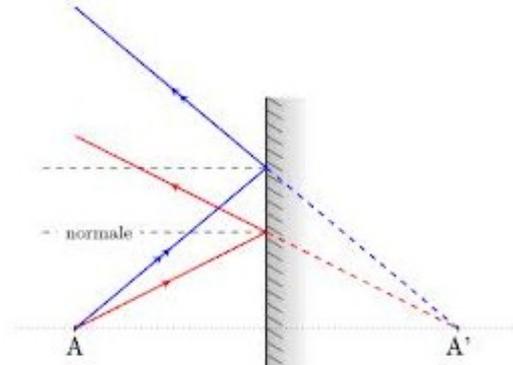
$O'$  متماثلة النقطة  $O$  . و العين ترى كل الأشياء التي توجد في المنطقة الملونة.

### 1. 5. مبدأ الرجوع العكسي للضوء

#### الحالة الثانية



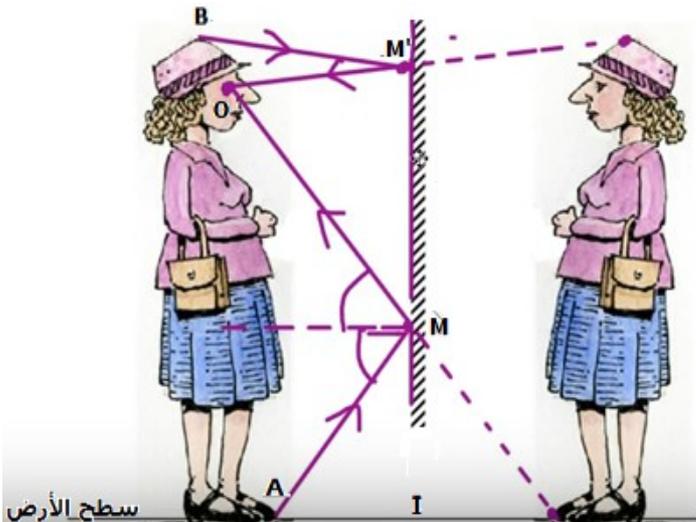
#### الحالة الأولى



في الحالتين الضوء يسلك نفس المسير، ولكن بمنحى معاكس، وهذا يتوافق مع ما يسمى بالرجوع العكسي للضوء.

#### تطبيق :

تري مشاهدة في مرآة مستوية ارتفاعها  $h$  ، و توجد على مسافة  $IM$  من سطح الأرض.  
توجد عينا المشاهدة على مسافة  $1,60m$  من سطح الأرض، والمسافة بين منبث شعرها وعينيها تساوي  $10cm$  .  
1 - مثل ميانيا صورة المشاهدة بواسطة المرآة.  
2 - أحسب المسافة  $IM$  بين سطح الأرض و الحافة الأفقية السفلى للمرآة لكي ترى المشاهدة رجليها في المرآة.  
3 - ما هو الإرتفاع الدينيوي  $MM'$  للمرآة المستوية لكي ترى المشاهدة رجليها وعينيها.

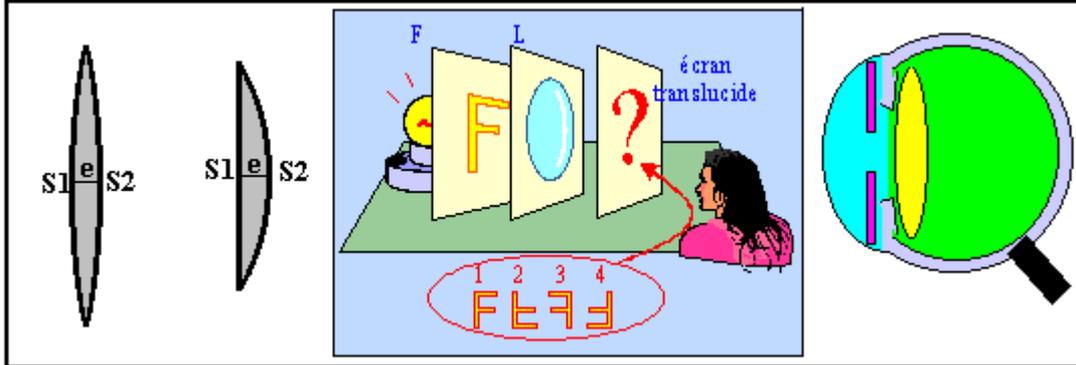


الوحدة 3 : الصورة المتكونة بواسطة العدسة المجمعة *Images formées par une lentille convergente*

1. عموميات حول العدسات

1.1. تعريف العدسة الكروية

العدسة الكروية وسط شفاف ( transparent ) متجانس ( homogène ) محدود بوجهين كرويين أو وجه كروي والآخر مستوي.



نقول أن العدسة رقيقة إذا كان السمك  $e = S_1 S_2$  صغيرا بحيث يمكن اعتباره نقطة واحدة تسمى بالمركز البصري للعدسة ونرمز له بـ :  $O$

1.2. نوعا العدسة

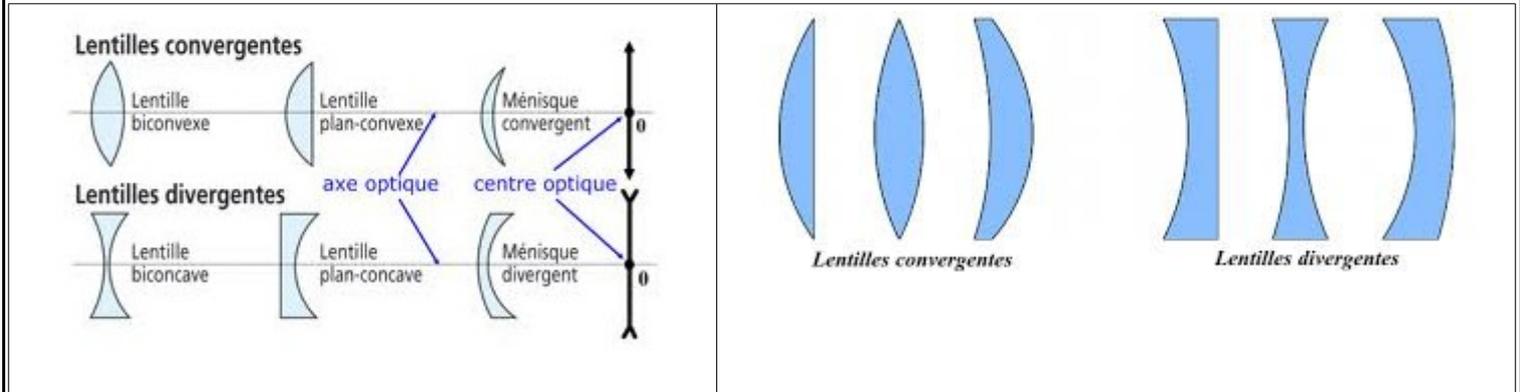
نميز نوعين من العدسات الكروية الرقيقة.

\* العدسات الرقيقة المجمعة

تتميز العدسات الرقيقة المجمعة بحافة رقيقة يزداد سمكها في الوسط

\* العدسات الرقيقة المفرقة

تتميز العدسات الرقيقة المفرقة بحافة سميكة ينقص سمكها في الوسط

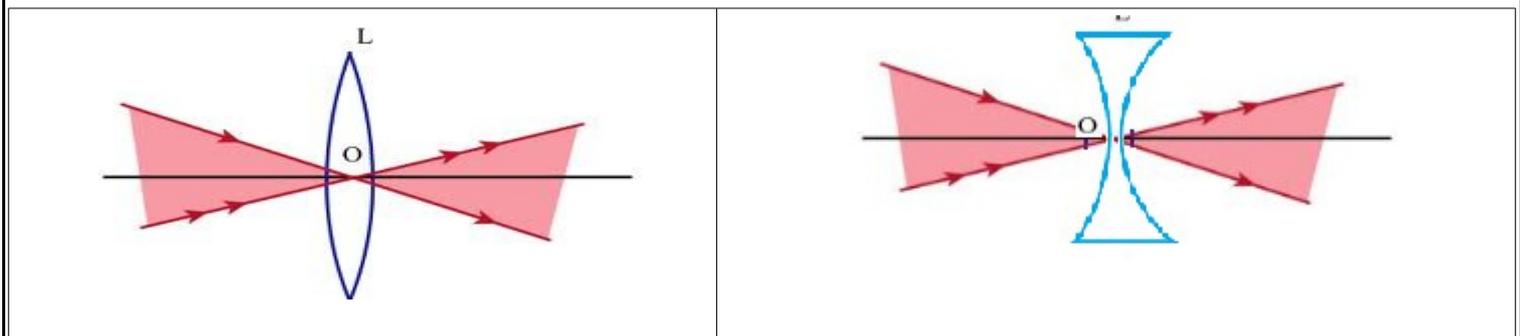


2. مميزات العدسة الرقيقة المجمعة

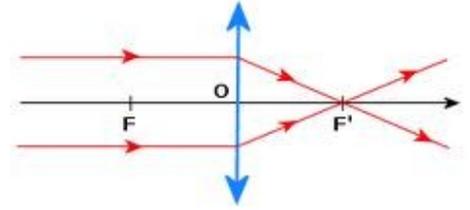
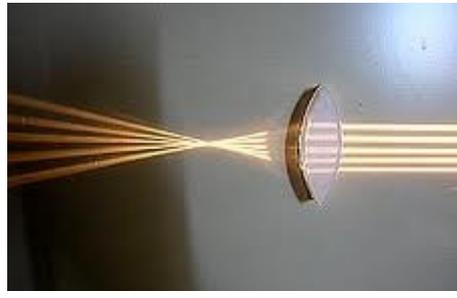
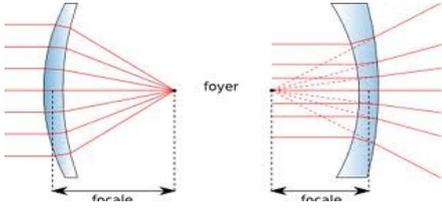
1.2. المركز البصري

عندما نرسل شعاعا ضوئيا على عدسة مجمعة أو مفرقة من مركزها البصري  $O$  نلاحظ أن الشعاع الضوئي يجتاز العدسة دون انحراف.

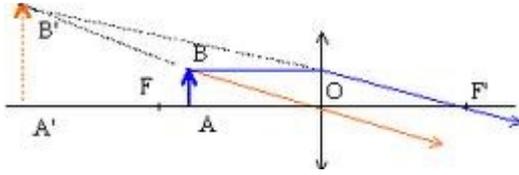
خاصية 1 : كل شعاع ضوئي يمر من المركز البصري لعدسة رقيقة يجتازها دون انحراف.



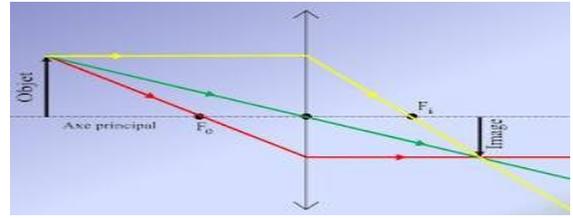
## 3.2. البؤرة الصورة و المسافة البؤرية



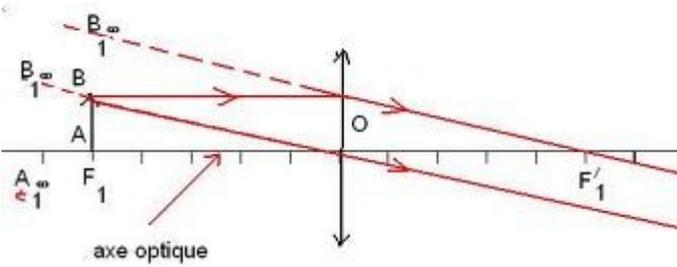
ب - الشيء يوجد بعد البؤرة الشيء  $F$



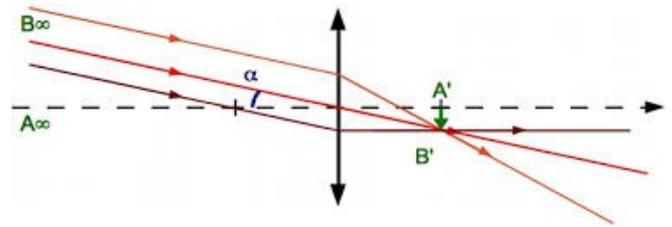
أ - الشيء يوجد قبل البؤرة الشيء  $F$



د - الشيء يوجد في المستوى البؤري الشيء

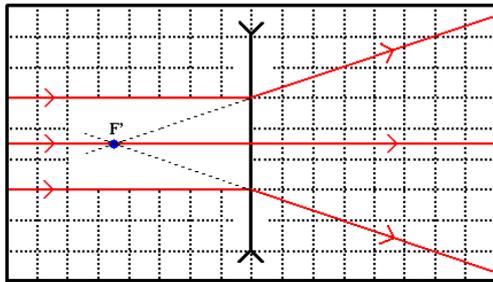


ج - الشيء يوجد في اللانهاية بالنسبة للعدسة



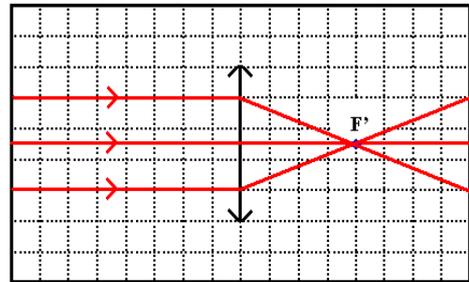
## مميزات العدسات الكروية الرقيقة البؤرة الرئيسية الصورة - البعد البؤري الصورة

بالنسبة لعدسة رقيقة مفرقة



**خاصية 3 :** كل شعاع ضوئي مار من عدسة مفرقة ينبثق منها وكأنه يرد من البؤرة الرئيسية الصورة  $F'$  و هي نقطة وهمية.  
تسمى المسافة بين المركز البصري للعدسة و النقطة  $F'$  بالمسافة البؤرية الصورة لعدسة رقيقة مفرقة.  
 $f' = OF' (OF' < 0)$

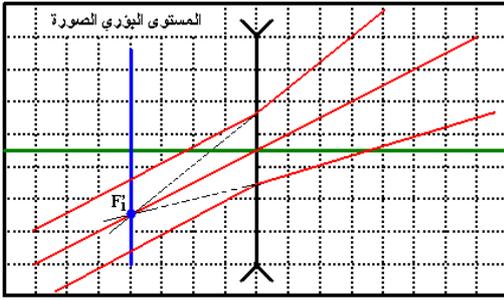
بالنسبة لعدسة رقيقة مجمعة



**خاصية 2 :** كل شعاع ضوئي يرد موازيا للمحور البصري الرئيسي لعدسة مجمعة يجتاها مارا من البؤرة الرئيسية الصورة  $F'$ .  
تسمى المسافة بين المركز البصري للعدسة و البؤرة الرئيسية الصورة بالمسافة البؤرية الصورة.  
 $f' = OF' (OF' > 0)$

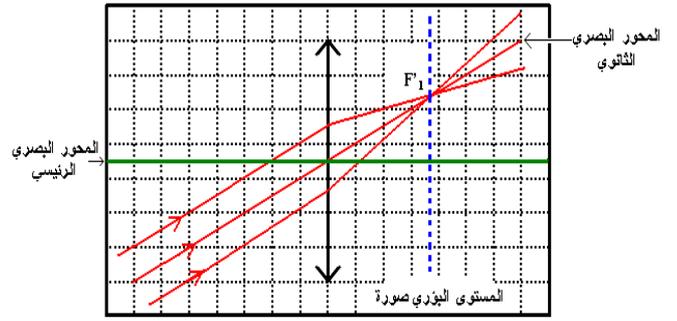
## البؤرة الثانوية الصورة - المستوى البؤري الصورة

### بالنسبة لعدسة مفرقة



**خاصة 5 :** كل شعاع وارد موازيا للمحور البصري الثانوي لعدسة مفرقة يجتاها وكأنه يرد من نقطة تنتمي إلى المستوى البؤري الشيء للعدسة

### بالنسبة لعدسة مجمعة



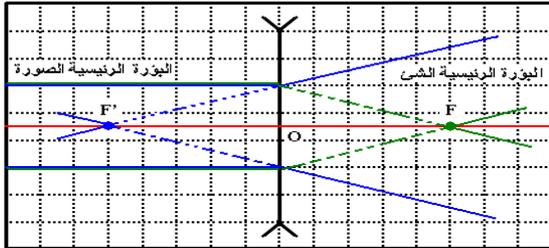
**خاصة 4 :** كل شعاع وارد موازيا للمحور البصري الثانوي لعدسة مجمعة يجتاها ويمر من البؤرة الثانوية الصورة. نسمي المستوى البؤري الصورة، المستوى العمودي على المحور البصري الرئيسي للعدسة والذي يضم البؤرة الرئيسية الصورة والبؤرة الثانوية الصورة.

## البؤرة الرئيسية الشيء - المسافة البؤرية الشيء

### بالنسبة لعدسة مفرقة

توجد البؤرة الرئيسية الشيء  $F$  والمركز البصري  $O$  والبؤرة الرئيسية الصورة لعدسة رقيقة مجمعة على استقامة واحدة.

$$\overline{OF} = -\overline{OF'} \text{ ou } f = -f' (\overline{OF} = f > 0)$$

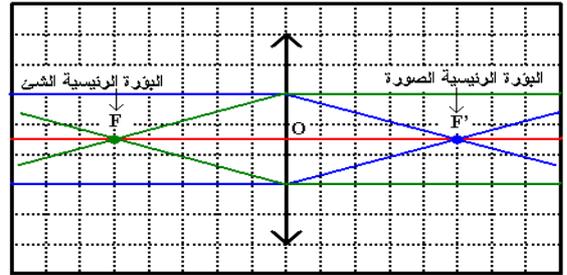


**خاصة 7 :** كل شعاع ضوئي يرد على عدسة مفرقة ويمر امتداده من البؤرة الرئيسية الشيء، ينبثق من العدسة موازيا لمحورها البصري الرئيسي.

### بالنسبة لعدسة مجمعة

توجد البؤرة الرئيسية الشيء  $F$  والمركز البصري  $O$  والبؤرة الرئيسية الصورة لعدسة رقيقة مجمعة على استقامة واحدة.

$$\overline{OF} = -\overline{OF'} \text{ ou } f = -f' (\overline{OF} = f < 0)$$



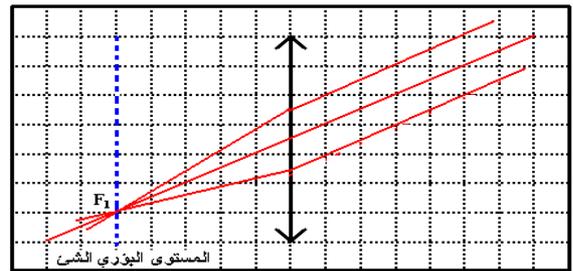
**خاصة 6 :** كل شعاع ضوئي وارد من البؤرة الرئيسية الشيء لعدسة مجمعة يجتاها موازيا لمحورها البصري الرئيسي.

## البؤرة الثانوية الشيء - المستوى البؤري الشيء

### العدسة المفرقة

**خاصة 9 :** كل شعاع ضوئي يرد على عدسة رقيقة مفرقة ويمر لامتداده من البؤرة الثانوية الشيء، عند اجتيازه للعدسة المفرقة يصير موازيا للمحور البصري الثانوي.

### بالنسبة لعدسة مجمعة

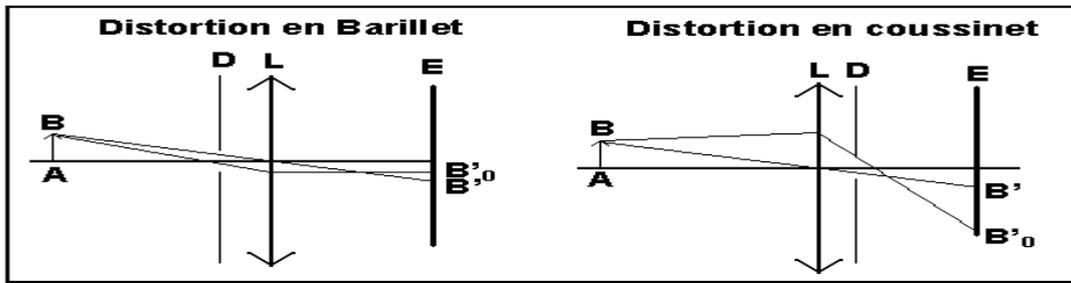


**خاصة 8 :** كل شعاع ضوئي وارد من البؤرة الثانوية الشيء، عند اجتيازه للعدسة الرقيقة المجمعة يصبح موازيا للمحور البصري الثانوي المار من نفس البؤرة الثانوية الشيء.

## جودة الصور المحصل عليها بواسطة العدسات الكروية الرقيقة ( شروط كوص )

للحصول على صورة واضحة باستعمال عدسات رقيقة يجب احترام الشروط التالية :

- \* يجب أن ترد الحزمة الضوئية على العدسة قريبة من مركزها البصري، لذلك يجب استعمال حجاب بين العدسة والمنبع الضوئي.
  - \* يجب أن ترد الحزمة الضوئية متوازية مع المحور الرئيسي أو مائلة قليلا وأن يكون الشيء متعامد مع المحور البصري الرئيسي للعدسة.
  - \* يجب وضع الشيء والعدسة على استقامة واحدة.
- بالإضافة إلى شروط كوص يجب أن تكون العدسة اللالونية.



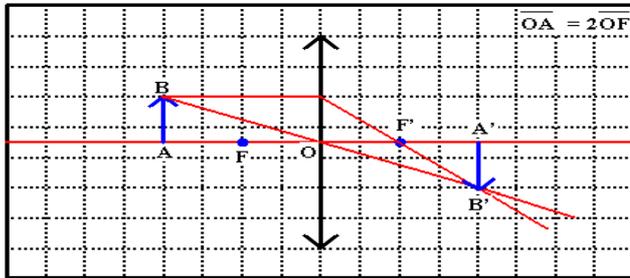
**VI. الحصول التجريبي على صورة شئ بواسطة عدسة رقيقة**  
**VI. 1. الحصول التجريبي على صورة شئ بواسطة عدسة رقيقة مجمعة**  
**أ - الحصول على صورة حقيقية لشئ حقيقي**

للحصول على موضع البؤرة الرئيسية الصورة أو البعد البؤري لعدسة مجمعة نبعد العدسة عن الشئ بمسافة  $D$  حيث نحصل على الشاشة على صورة تقياس الشئ، بتطبيق علاقة سيلبرمان نحصل على :

$$f = \frac{D}{4}$$

نضع عدسة مجمعة بين جسم مضيء (P) والشاشة. نغير في كل مرة المسافة بين العدسة والشاشة وندرس مميزات الصورة المحصل عليها.

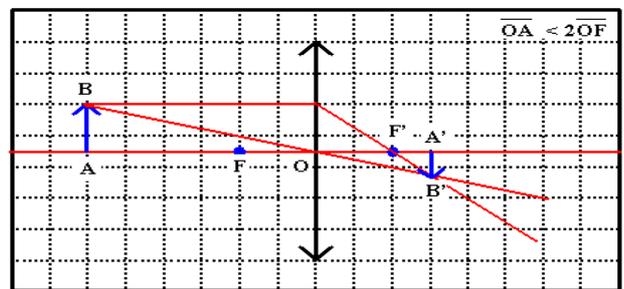
**الحالة 2**



نحصل في هذه الحالة على صورة حقيقية مقلوبة طولها يقياس طول الشئ وبعدها من العدسة يساوي بعد الشئ عن العدسة.

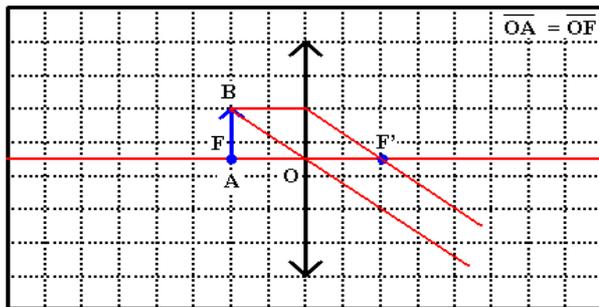
$$\overline{OA'} = -\overline{OA}$$

**الحالة 1**



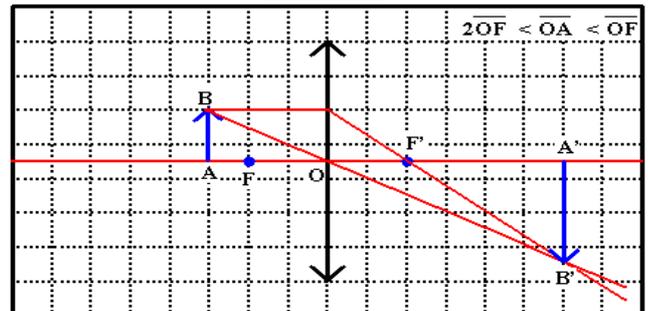
نحصل في هذه الحالة على صورة حقيقية مقلوبة، طولها أصغر من طول الشئ و قريبة من البؤرة الرئيسية الصورة.

**الحالة 4**



لا نحصل على أي صورة على الشاشة كيفما كان وضعها. هندسيا نلاحظ أن الأشعة الضوئية الواردة من الشئ AB تنبثق من العدسة متوازية فيما بينها، نقول أن الصورة تنشأ فيما لانهاية.

**الحالة 3**



نحصل في هذه الحالة على صورة حقيقية مقلوبة طولها أكبر من طول الشئ وتبعد عن العدسة بمسافة أكبر من بعد العدسة عن الشئ

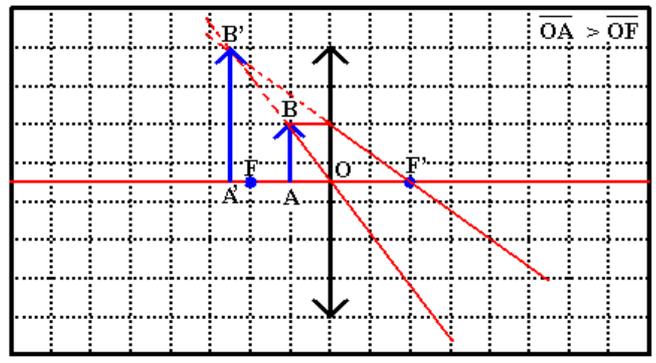
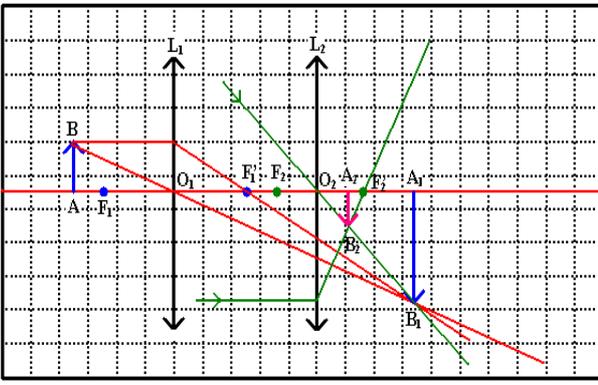
**الحصول على صورة حقيقية لشئ وهمي**

نستعمل عدستين مجتمعتين  $L_1$  و  $L_2$ . العدسة  $L_1$  تكون أقل تجمعا من العدسة  $L_2$ . تعطي العدسة  $L_1$  لشئ حقيقي (P) صورة حقيقية  $A_1B_1$ . عندما نضع العدسة  $L_2$  بين  $L_1$  والشاشة، تلعب هذه الصورة بالنسبة للعدسة  $L_2$  دور صورة حقيقية لشئ وهمي.

**الحصول على صورة وهمية لشئ حقيقي**

عندما نستمر في تقريب العدسة من الشئ  $\overline{OA} > \overline{OF}$  نلاحظ عدم تكون صورة على الشاشة التي توجد خلف العدسة.

عند استبدال الشاشة بعين الملاحظ نرى صورة وهمية من جهة الشئ مكبرة و لها نفس منحى الشئ عندما نستمر في تقريب العدسة من الشئ.

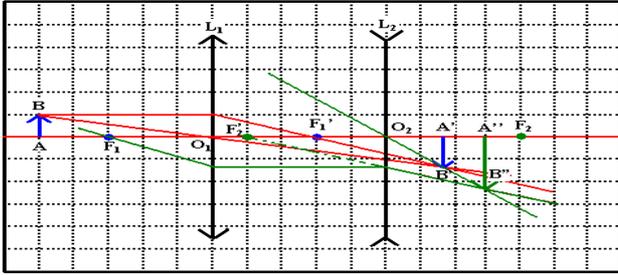


( الصورة  $A'B'$  وهمية معتدلة طولها أكبر من طول الشيء  $AB$  )

### الحصول التجريبي على صورة بواسطة عدسة رقيقة مفرفة

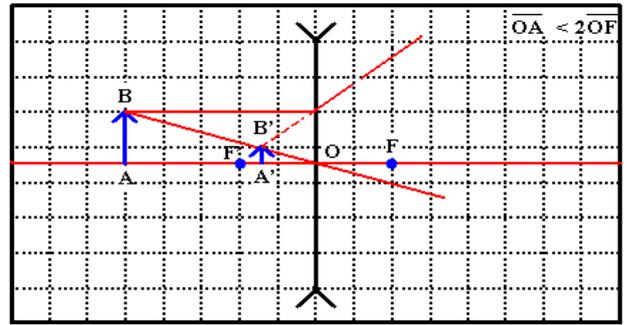
#### الحصول على صورة حقيقية لشيء وهمي

نستعمل عدستين رقيقتين، عدسة مجمعة  $L_1$  تعطي لشيء حقيقي صورة حقيقية. نضع عدسة مفرفة بين العدسة المجمعة و الصورة المحصل عليها بواسطة العدسة المجمعة. تلعب هذه الصورة دور الشيء الوهمي بالنسبة للعدسة المفرفة  $L_2$ .



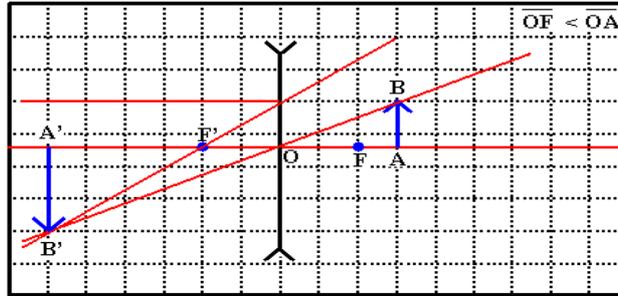
#### الحصول على صورة وهمية لشيء حقيقي

نضع عدسة مفرفة بين شيء حقيقي  $(P)$  والشاشة. نلاحظ كيفما كان وضع الشيء بالنسبة للشاشة لا نحصل على أي صورة على الشاشة.



#### الحصول على صورة وهمية لشيء وهمي

عندما نضع عدسة مفرفة عن شيء وهمي، بحيث تصبح  $\overline{OF} < \overline{OA}$  نحصل على صورة وهمية مقلوبة طولها أكبر من الشيء الوهمي.



### علاقا التوافق والتكبير

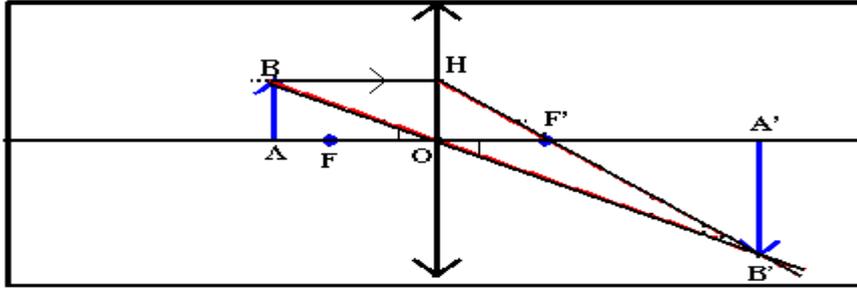
#### تكبير العدسة

نسمي تكبير العدسة المقدار :

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \text{ ou } \gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

تميز هذه العلاقة أبعاد الصورة ومنحائها :

- \*  $\gamma > 0$  : تكون الصورة  $A'B'$  معتدلة بالنسبة للشيء  $AB$ .
- \*  $\gamma < 0$  : تكون الصورة  $A'B'$  مقلوبة بالنسبة للشيء  $AB$ .
- \*  $\gamma < 1$  : تكون الصورة  $A'B'$  أصغر من للشيء  $AB$ .
- \*  $\gamma > 1$  : تكون الصورة  $A'B'$  أكبر من للشيء  $AB$ .
- \*  $\gamma = 1$  : تكون طول الصورة  $A'B'$  يقايس طول للشيء  $AB$ .



نعلم أن :

نستعمل  $\widehat{AOB}$  و  $\widehat{A'O'B'}$

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$$

لدينا  $AB=OH$  و بالتالي :

$$\frac{A'B'}{OH} = \frac{OA'}{OA}$$

نستعمل  $\widehat{OF'H}$  و  $\widehat{A'F'B'}$

$$\frac{OH}{A'B'} = \frac{F'O}{F'A'}$$

إذن :

$$\frac{OA'}{OA} = \frac{F'A'}{F'O} = \frac{F'O + OA'}{F'O} = 1 + \frac{OA'}{F'O} = 1 - \frac{OA'}{OF'}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{OF'} = \frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA}$$

نضع :

$$\overline{OF'} = f' \text{ et } \overline{OA'} = p' \text{ et } \overline{OA} = p$$

وبالتالي نكتب :

$$\Rightarrow \frac{1}{f'} = \frac{1}{p'} - \frac{1}{p}$$

$f'$  : البعد البؤري للعدسة.

$p'$  : موضع الصورة بالنسبة للمركز البصري  $O$  للعدسة.

$p$  : موضع الشيء بالنسبة للمركز البصري  $O$  للعدسة.

نستعمل هذه العلاقة سواء كانت العدسة مفرقة أو مجمعة. وتبين هذه العلاقة طبيعة العدسة المستعملة، طبيعة الشيء و طبيعة الصورة المحصل عليها.

\*  $f' > 0$  : العدسة مجمعة.

\*  $f' < 0$  : العدسة مفرقة.

\*  $p' > 0$  : الصورة حقيقية.

\*  $p' < 0$  : الصورة وهمية.

\*  $p > 0$  : الشيء وهمي.

\*  $p < 0$  : الشيء حقيقي.

### قوة العدسة الرقيقة

#### تعريف

نسمي قوة عدسة رقيقة المقدار الذي نرمز له بالحرف  $C$  الذي يساوي :  $C = \frac{1}{f'} = \frac{1}{p'} - \frac{1}{p}$

في النظام العالمي للوحدات  $C$  بـ الديوبتري، ونرمز لها بالحرف  $\delta$ .

تتعلق قوة العدسة بقيمة شعاع وجهها الكروي وكذلك بقيمة معامل انكسار وسطها الشفاف.

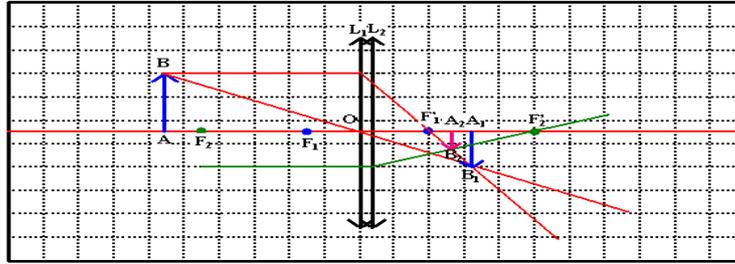
يرهن على أن قوة عدسة كروية رقيقة يحيط بها الهواء تكتب على الشكل :

$$C = (n-1) \times \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}$$

$n$  : معامل انكسار الوسط الشفاف للعدسة.

$R_1$  و  $R_2$  شعاعي الوجهين الكرويين للعدسة.

## قوة مجموعة بصرية مكونة من عدستين رقتين مجتمعين وملتصقتين



نعتبر عدستين مجتمعين  $L_1$  و  $L_2$  لهما نفس المحور البصري ونفس المركز البصري. قوتهما على التوالي  $C_1$  و  $C_2$ .

\* إذا اعتبرنا العدسة  $L_1$  وحدها نحصل على  $A_1$  لنقطة ضوئية  $A$  بحيث :

$$C_1 = \frac{1}{OA_1} - \frac{1}{OA} \quad (1)$$

\* عند استعمال المجموعة البصرية  $\{L_1; L_2\}$ ، تصبح الصورة  $A_1$  شيئاً وهمياً بالنسبة للعدسة  $L_2$  فنحصل على صورة حقيقية  $A_2$  بواسطة المجموعة البصرية المكونة من العدستين الملتصقتين حيث :

$$C_2 = \frac{1}{OA_2} - \frac{1}{OA_1} \quad (2)$$

و بجمع العلاقتين (1) و (2) نحصل على :

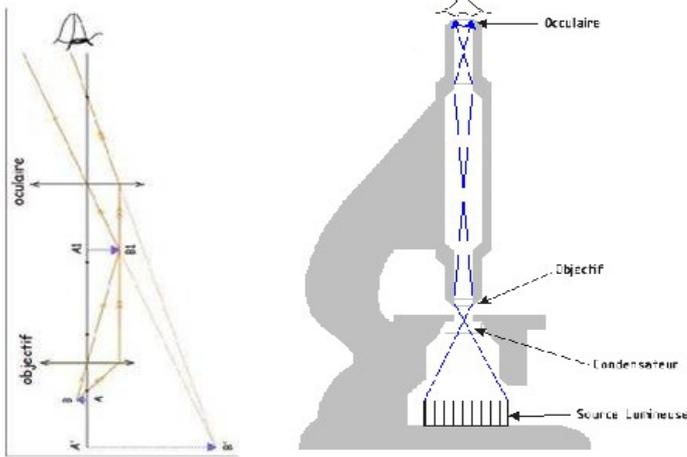
$$C_1 + C_2 = \frac{1}{OA_1} - \frac{1}{OA} + \frac{1}{OA_2} - \frac{1}{OA_1} = \frac{1}{OA_2} - \frac{1}{OA}$$

هذه العلاقة هي علاقة التوافق للمجموعة البصرية  $\{L_1; L_2\}$  ذات القوة :

$$C = C_1 + C_2$$

### + مبرهنة قوة العدسة :

تعتبر العدسة الرقيقة المكافئة لعدستين ملتصقتين  $L_1$  و  $L_2$  لهما نفس المركز البصري  $O$  قوتها  $C$  تساوي مجموع القوتين  $C_1$  و  $C_2$  للعدستين  $L_1$  و  $L_2$ .



### مداد المجهر

يمكن المجهر من رؤية أجسام صغيرة جداً تصعب رؤيتها بالعين المجردة لأنه يمكن رؤية هذه الأجسام بزاوية أكبر. ويتكون المجهر من نظامين بصريين مجتمعين لهما نفس المحور البصري.

\* **النظام الشمسي :** يتكون من عدسة مجمعة بعدها البؤري صغير جداً ( $mm$ ) تعطي صورة حقيقية مكبرة لشيء حقيقي صغير جداً.

\* **النظام العيني :** يكون قريب من العين وله وظيفة عدسة مكبرة (مجمعة بعدها البؤري يساوي بعض  $cm$ )، وهو يحول النظام العيني الصورة التي النظام الشيئي إلى صورة وهمية مكبرة.

### القطر الظاهري الشيء و القطر الظاهري الصورة

نسمي القطر الظاهري الشيء الزاوي  $\alpha$  التي ترى العين من خلالها الشيء  $AB$  في غياب المجهر :

$$\alpha \text{ rad} = \tan \alpha = \frac{AB}{AF'_2}$$

نسمي القطر الظاهري الصورة الزاوية  $\alpha'$  التي ترى العين من خلالها الصورة النهائية  $A_2B_2$  الوهمية

المكبرة بواسطة المجهر :

$$\alpha' \text{ rad} = \tan \alpha' = \frac{A_2B_2}{A_2F'_1}$$

**ب - تكبير المجهر - قوة تكبير المجهر**

نسمي تكبير المجهر : المقدار  $\gamma = \frac{A_2 B_2}{AB}$  ، نسمي قوة تكبير المجهر المقدار :  $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$

**ج - قدرة المجهر**

نسمي قدرة المجهر المقدار  $P = \frac{\alpha'}{AB}$  وحدتها ديوبتري  $\delta$  .

**د - قوة التكبير التحاري للمجهر**

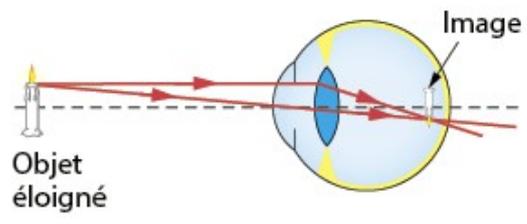
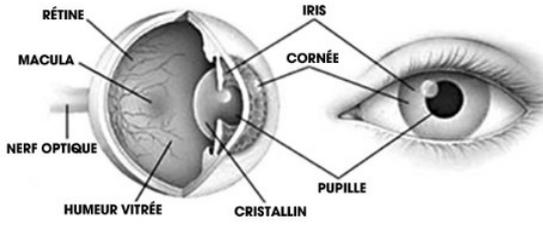
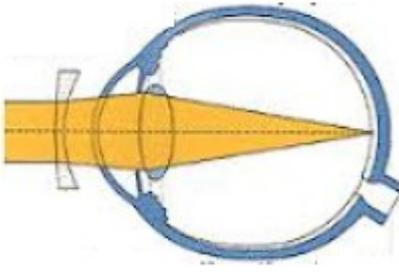
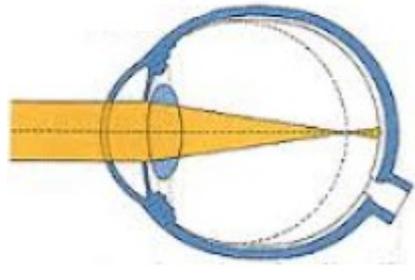
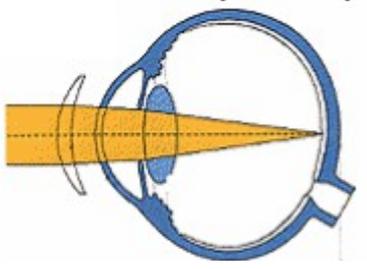
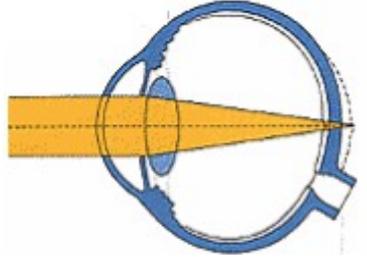
هو المقدار  $G = \frac{P}{4}$  بدون وحدة

**هـ - قدرة تمييز المجهر**

نسمي قدرة تمييز المجهر أدنى مسافة  $AB$  تفصل نقطتين  $A$  و  $B$  لشيء  $AB$  يمكن ملاحظته بالعين بواسطة المجهر. يبرهن أن

$$AB_{min} = \frac{0,3}{\sin \beta}$$

**ملحوظة :**

		<p>Œil Normal</p>
		<p>Myopie</p>
		<p>Hypermetropie</p>

## الجزء 1 : القياس في الكيمياء La mesure en chimie

### الوحدة 7 : التفاعلات أكسدة - اختزال Réactions d'oxydoréduction

في الفصل السابق رأينا نوع من أنواع التفاعلات الكيميائية التي تحدث في المحاليل المائية وهي التفاعلات الحمضية القاعدية (acido-base) التي تنتج عن تبادل البروتونات  $H^+$  بين الحمض و القاعدة. في هذا الفصل سنتطرق لنوع آخر من التفاعلات : التفاعلات الأكسدة و الاختزال.

#### 1. التفاعل أكسدة - اختزال

تعريف

#### أ - الأكسدة و الاختزال

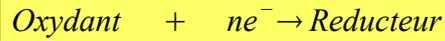
بالمماثلة نكتب :

نوع التفاعل	تعريف بالمماثلة	خلال التفاعل يتم
حمض - قاعدة	حمض = تحرير	تبادل بروتونات $H^+$
أكسدة - اختزال	أكسدة = تحرير	تبادل إلكترونات $e^-$

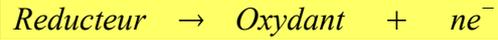
⇒ الأكسدة هي فقدان إلكترونات من طرف نوع كيميائي  
⇒ الإختزال هو اكتساب إلكترونات من طرف نوع كيميائي.

#### ب - المؤكسد و المختزل :

⇒ المؤكسد هو كل نوع كيميائي قادر على اكتساب إلكترونات. وفق المعادلة التالية :



⇒ المختزل هو كل نوع كيميائي قادر على فقدان إلكترونات. وفق المعادلة التالية :



#### ج - تفاعل الأكسدة - اختزال

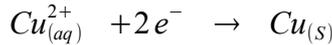
⇒ التفاعل أكسدة - اختزال هو تبادل إلكتروني بين مؤكسد ومختزل، حيث يفقد المختزل إلكترونات بينما يكتسبها المؤكسد.

#### 2. المزدوجات مؤكسد - مختزل

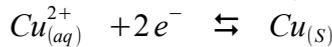
**مثال :** خلال التفاعل الكيميائي بين أيونات الفضة و فلز النحاس، هذا الأخير تأكسد إلى أيونات النحاس II



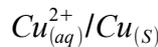
كما لاحظنا من قبل ، خلال التفاعل الكيميائي بين أيونات النحاس II و فلز الزنك ، أن الأيونات  $Cu_{(aq)}^{2+}$  اختزلت لتعطي فلز النحاس :



نستنتج إذا أنه في بعض الظروف التجريبية يحدث التحول (1) ، بينما في ظروف أخرى يحدث التحول (2) . وللتعبير عن إمكانية وجود هاتين الظاهرتين نكتب :



نقول إن النوعين الكيميائيين  $Cu_{(aq)}^{2+}$  و  $Cu_{(s)}$  يكونان مزدوجة مؤكسد-مختزل التي نرمز لها بالكتابة :



#### 1.2. تعريف :

عموما يكونان نوعان كيميائيان مزدوجة مؤكسد - مختزل  $Ox/Redd$  إذا كان بالإمكان التحول من نوع إلى آخر باكتساب أو فقدان إلكترون أو أكثر.

#### 2.2. نصف المعادلة أكسدة - اختزال :

نعتبر المزدوجة مؤكسد-مختزل العامة :  $Ox/Redd$  . للتعبير عن التحولين الممكنين نستعمل الكتابة التالية :



حيث  $n$  يمثل عدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة و نسمي هذه الكتابة : نصف المعادلة الإلكترونية أو نصف المعادلة أكسدة - اختزال.

#### 2.3. أمثلة لمزدوجات مؤكسد - مختزل

أمثلة لبعض المزدوجات مؤكسد - مختزل :

أكتب نصف المعادلة الإلكترونية للمزدوجات التالية :



## ملحوظة :

هناك مزدوجات مؤكسد - مختزل أخرى تتطلب كتابة أنصاف المعادلات المقرونة بها وموازنتها تتبع الخطوات التالية :

مثال المزدوجة  $MnO_4^- / Mn^{2+}$

$MnO_4^- (aq) = Mn^{2+} (aq)$	<b>الخطوة الأولى :</b> نكتب صيغة المؤكسد على يسار نصف المعادلة الإلكترونية وصيغة المختزل المرافق على يمينها.
$MnO_4^- (aq) = Mn^{2+} (aq)$	<b>الخطوة الثانية :</b> نوازن عنصر المنغنيز بين المؤكسد و المختزل.
$MnO_4^- (aq) = Mn^{2+} (aq) + 4H_2O(l)$	<b>الخطوة الثالثة :</b> نوازن عنصر الأوكسجين بإضافة جزيئة الماء.
$MnO_4^- (aq) + 8H^+ = Mn^{2+} (aq) + 4H_2O(l)$	<b>الخطوة الرابعة :</b> نوازن عنصر الهيدروجين بإضافة بروتونات $H^+$ .
$MnO_4^- (aq) + 8H^+ + 5e^- = Mn^{2+} (aq) + 4H_2O(l)$	<b>الخطوة الخامسة :</b> نوازن الشحن الكهربائية بإضافة الإلكترونات.

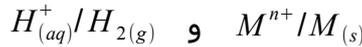
تطبق أكتب نصف المعادلة الإلكترونية للمزدوجات  $Cr_2O_7^{2-} / Cr^{3+}$   $S_4O_6^{2-} / S_2O_3^{2-}$

$n_2 \times (Ox_1 + n_1 e^- = red_1)$ $n_1 \times (red_2 = ox_2 + n_2 e^-)$ <hr/> $n_2 \times Ox_1 + n_1 \times red_2 \longrightarrow n_1 \times ox_2 + n_2 \times red_1$	<b>3. معادلة التفاعل أكسدة - اختزال :</b> يشارك في تفاعل أكسدة - اختزال مزدوجتين $ox_1 / red_1$ و $ox_2 / red_2$ الإلكترونات المتبادلة تنتقل مباشرة من مختزل إحدى المزدوجتين إلى مؤكسد المزدوجة الثانية، لذا يجب موازنة عدد الإلكترونات عند كتابة معادلة التفاعل.
---	--

## 4. أمثلة لبعض تفاعلات أكسدة - اختزال :

### عموميات : تأثير الأحماض على الفلزات

التفاعل بين المحاليل المخففة لحمض الكبريت أو حمض الكلوريدريك تحدث مع فلز الألومينيوم ، الحديد ، الزنك ، المغنيزيوم ، لكن لا تأثر على فلز النحاس ، الفضة ، الزئبق ، الذهب ، البلاتين.  
أثناء التفاعل ينطلق دائما غاز الهيدروجين  $H_{2(g)}$  وتكون أيون الفلز  $M^{n+}$  . المزدوجتين اللتان تدخلان في التفاعل هما :



هذه النواتج تكون مختلفة تماما عند إضافة محلول مركز لحمض الكبريت أو حمض النتريك لأن المزدوجة مؤكسد / مختزل التي تدخل في التفاعل ليست  $H^+ / H_{2(g)}$  بل مؤكسدات أخرى هي  $NO_3^-$  أو  $SO_4^{2-}$

## 5. تفاعلات بين مؤكسدات ومختزلات توجد في المواد المستعملة في الحياة اليومية

### \* ماء جافيل

ماء جافيل هو محلول مائي يحتوي على إيبوكلورات الصوديوم hypochlorate de sodium ( $Na^+ + ClO^-$ ) و كلورور الصوديوم ( $Na^+ + Cl^-$ ) . يمنع إضافة محلول مجهول على ماء جافيل. حيث إذا كان هذا المحلول حمضي يحدث تفاعل يؤدي إلى انطلاق غاز جد مهيج irritant وهو غاز الكلور.



معادلة التفاعل هي :

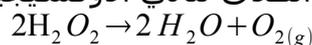
### " نشاط :

1 - أثبت معادلة التفاعل لتحضير ثنائي الكلور انطلاقا من نصفي المعادلات الإلكترونية علما أن المزدوجات مؤكسد مختزل المتداخلتان هما :  $ClO^- / Cl_2 (g)$  و  $Cl^- / Cl_2 (g)$  ؟

2 - ماهو دور ثنائي الكلور في كل مزدوجة ؟

### \* الماء الأوكسيجيني

الماء الأوكسيجيني هو محلول مائي لبيروكسيد الهيدروجين  $H_2O_2$  peroxyde d'hydrogène . يستعمل الماء الأوكسيجيني  $H_2O_2$  في الكثير من عمليات التطهير كتنظيف الجروح ( تحت تأثير enzyme توجد في الدم ) يتفكك الماء الأوكسيجيني مع انطلاق ثنائي الأوكسيجين. معادلة التفاعل هي :



1. مفهوم المعايرة

1.1. المبدأ :

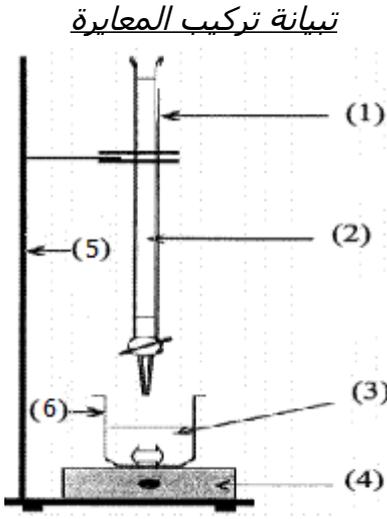
الهدف من المعايرة هو تحديد التركيز المولي لنوع كيميائي ( أيون أو جزيئة ) مذاب في محلول. المعايرة المباشرة لنوع كيميائي A ذو تركيز مجهول هي المعايرة باعتماد تفاعل كيميائي يحدث بينه وبين نوع كيميائي B يأتي به محلول آخر ذو تركيز معروف.

1.2. تعاريف

\* يسمى المحلول الذي يحتوي على النوع الكيميائي A المجهول التركيز بالمحلول المعاير réactif dosé.  
\* يسمى النوع الكيميائي A بالمتفاعل المعاير و النوع الكيميائي B بالمتفاعل المعاير.

1.3. تفاعل المعايرة réaction du dosage

التفاعل الحاصل بين النوعين الكيميائيين A و B يسمى تفاعل المعايرة.  
و لكي يكون التفاعل صالحا لإنجاز المعايرة يجب أن تتوفر الشروط التالية :  
⊖ أن يكون التفاعل سريع réaction rapide.  
⊖ أن يكون التفاعل تام réaction totale.  
⊖ أن يكون التفاعل مميزا réaction univoque عدم تشويش تفاعل المعايرة بتفاعل آخر تستهلك فيه نفس المتفاعلات



1.4. التكافؤ équivalence

عند التكافؤ يستهلك المتفاعلات ( المعاير و المعاير ) معا بشكل تام. يتم تتبع تطور تفاعل المعايرة بطرق مختلفة منها :

- \* طريقة قياس الموصلية : تتبع مواصلة جزء من الخليط المتفاعل .suivi conductimétrique
- \* الطريقة الملوانية : تتبع تغيرات لون الخليط المتفاعل .suivi colorimétrique

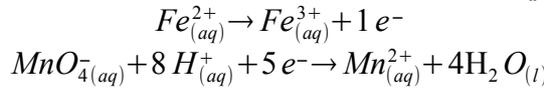
2. أنشطة تجريبية

1.2. المعايرة المباشرة - تتبع الملوانية

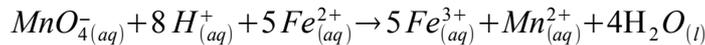
أ - مثال تفاعل أكسدة اختزال

نعاير محلول كبريتات الحديد II ذا تركيز مجهول  $C_1$  ، حجمه  $V_1=20,0\text{ mL}$  بواسطة محلول مائي لبرمنغنات البوتاسيوم ذي تركيز معروف  $C_2=4,0 \cdot 10^{-2}\text{ mol/L}$  . ( نقوم بـ 5mL من حمض الكبريت تركيزه  $C=5\text{ mol/L}$  : الوسط حمضي ).

يتم تتبع تطور التفاعل بملاحظة التغيرات التي تطرأ على لون الخليط المتفاعل.  
المزدوجتين المتدخلتين في التفاعل هي :  $Fe^{2+}_{(aq)}/Fe^{3+}_{(aq)}$  و  $MnO^{-}_{4(aq)}/Mn^{2+}_{(aq)}$   
أنصاف المعادلات الإلكترونية هي :



معادلة التفاعل هي :



لتتبع هذا التفاعل نقوم بإنشاء الجدول الوصفي لتقدم التفاعل.

إنشاء الجدول الوصفي :

$MnO^{-}_{4(aq)} + 8H^{+}_{(aq)} + 5Fe^{2+}_{(aq)} \rightarrow 5Fe^{3+}_{(aq)} + Mn^{2+}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}$						المعادلة الكيميائية	
كمية المادة (mol)						تقدم التفاعل	حالة التفاعل
$n_i(MnO^{-}_4)$	وفير	$n_i(Fe^{2+})$	0	0	وفير	0	الحالة البدئية
$n_i(MnO^{-}_4) - x$	وفير	$n_i(Fe^{2+}) - 5x$	5x	x	وفير	x	حالة مرحلية
$n_i(MnO^{-}_4) - x_{max}$	وفير	$Fe^{2+} - 5x_{max}$	$5x_{max}$	$x_{max}$	وفير	$x_{max}$	الحالة النهائية

في الحالة النهائية ( التكافؤ ) يستهلك المتفاعلات بشكل تام وبالتالي نكتب :

$$n_i(MnO_4^-) - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = n_i(MnO_4^-)$$

$$n_i(Fe^{2+}) - 5x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = \frac{n_i(Fe^{2+})}{5}$$

$$n_i(MnO_4^-) = \frac{n_i(Fe^{2+})}{5} \Leftrightarrow C_2 V_{eq} = \frac{C_1 V_1}{5} \Leftrightarrow C_1 = \frac{5 C_2 V_{eq}}{V_1} \quad \text{إذن :}$$

$V_{eq} = 10 \text{ mL}$  تجريبيا نحصل على التكافؤ عند

$$\Rightarrow C_1 = 0,1 \text{ mol/L}$$

لإبراز مبدأ المعايرة نقبل أن تركيز المحلول المعاير هو  $C_1 = 0,1 \text{ mol/L}$  لدينا الجدولين التاليين :  
**الجدول الوصفي لنقدم التفاعل :**

$MnO_4^- (aq) + 8H^+ (aq) + 5Fe^{2+} (aq) \rightarrow 5Fe^{3+} (aq) + MnO_4^- (aq) + 4H_2O (l)$						المعادلة الكيميائية	
كمية المادة (mol)						تقدم التفاعل	حالة التفاعل
0	وفير	$C_1 V_1$	0	0	مذيب	0	الحالة البدئية
$n_{\text{dans le mélange}}(MnO_4^-) = C_2 \times (V_{\text{versé}} - V_{\text{eq}})$	وفير	$C_1 V_1 - 5x$	$5x$	$x$	مذيب	$x$	حالة مرحلية
$n_{\text{dans le mélange}}(MnO_4^-) = C_2 \times (V_{\text{versé}} - V_{\text{eq}})$	وفير	$C_1 V_1 - 5x_{max}$	$5x_{max}$	$x_{max}$	مذيب	$x_{max}$	الحالة النهائية

بالنسبة لمختلف قيم الحجم  $V_2$  ننشئ جدول تتبع تطور التفاعل حيث :

18	16	14	12	10	8	6	4	2	$V_2 (mL)$
3,2	2,4	1,6	0,8	0	0	0	0	0	$n_f(MnO_4^-) \times 10^{-4} (mol)$
0	0	0	0	0	4,0	8,0	12	16	$n_f(Fe^{2+}) \times 10^{-4} (mol)$
أيون الحديد II				لا أحد	أيون البرمنغنات				المتفاعل المحد
4	4	4	4	4	3,2	2,4	1,6	0,8	$x_{max} \times 10^{-4} (mol)$
اللون البنفسجي				عديم اللون				اللون	

**تفسير النتائج الملاحظة :**

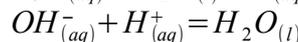
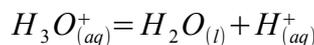
$Fe^{2+}$	$MnO_4^- (aq)$
$n_{\text{dans le mélange}}(Fe^{2+}) = n_{\text{initial}}(Fe^{2+}) - n_{\text{Reagit}}(Fe^{2+}) = n_{\text{initial}}(Fe^{2+}) - 5 \times n_{\text{Reagit}}(MnO_4^-)$ $n_{\text{initial}}(Fe^{2+}) = C_1 \times V_1 = 20 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ $n_{\text{dans le mélange}}(Fe^{2+}) = 20 \cdot 10^{-4} \text{ mol} - n_{\text{Reagit}}(Fe^{2+}) = 20 \cdot 10^{-4} - 5 \times 0,8 \cdot 10^{-4} = 16 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ $n_{\text{dans le mélange}}(Fe^{2+}) = 20 \cdot 10^{-4} \text{ mol} - n_{\text{Reagit}}(Fe^{2+}) = 20 \cdot 10^{-4} - 5 \times 1,6 \cdot 10^{-4} = 12 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ $n_{\text{dans le mélange}}(Fe^{2+}) = 20 \cdot 10^{-4} \text{ mol} - n_{\text{Reagit}}(Fe^{2+}) = 20 \cdot 10^{-4} - 5 \times 2,4 \cdot 10^{-4} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ $n_{\text{dans le mélange}}(Fe^{2+}) = 20 \cdot 10^{-4} \text{ mol} - n_{\text{Reagit}}(Fe^{2+}) = 20 \cdot 10^{-4} - 5 \times 3,2 \cdot 10^{-4} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$	$n_{\text{dans le mélange}}(MnO_4^-) = C_2 \times (V_{\text{versé}} - V_{\text{eq}})$ $n_{\text{dans le mélange}}(MnO_4^-) = C_2 \times (V_{\text{versé}} - V_{\text{eq}}) = 4 \cdot 10^{-3} \times 2 \cdot 10^{-3} = 0,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ $n_{\text{dans le mélange}}(MnO_4^-) = C_2 \times (V_{\text{versé}} - V_{\text{eq}}) = 4 \cdot 10^{-3} \times 4 \cdot 10^{-3} = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ $n_{\text{dans le mélange}}(MnO_4^-) = C_2 \times (V_{\text{versé}} - V_{\text{eq}}) = 4 \cdot 10^{-3} \times 6 \cdot 10^{-3} = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ $n_{\text{dans le mélange}}(MnO_4^-) = C_2 \times (V_{\text{versé}} - V_{\text{eq}}) = 4 \cdot 10^{-3} \times 8 \cdot 10^{-3} = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

في بداية المعايرة ، يختفي اللون البنفسجي بمجرد اختلاط المحلول المضاف بمحلول كبريتات الحديد II ، ويرجع ذلك إلى تحول أيونات البرمنغنات  $MnO_4^- (aq)$  المسؤولة عن اللون البنفسجي إلى أيونات المنغنيز  $Mn^{2+} (aq)$  العديمة اللون ، بسبب تفاعل المعايرة ( تفاعل أكسدة - اختزال ).

**ب - مثال تفاعل حمض - قاعدة**

\* باستعمال طريقة المعايرة الملوانية ( استعمال كاشف ملون أزرق البروموتيمول ) نقوم بمعايرة تركيزه  $V_A = 10,0 \text{ mL}$  من محلول حمض الكلوريدريك  $HCl$  ذا تركيز  $C_A$  مجهول . بمحلول هيدروكسيد الصوديوم  $C_B = 0,1 \text{ mol/L}$  فنحصل على التكافؤ عند إضافة  $V_{BE} = 10 \text{ mL}$ . يتم تتبع تطور التفاعل بملاحظة التغيرات التي تطرأ على لون الخليط المتفاعل. المزدوجتين المتدخلتين في التفاعل هي :  $H_3O^+ / H_2O (l)$  و  $OH^- / H_2O (l)$ .

أنصاف المعادلات هي :



معادلة التفاعل هي :



لتتبع هذا التفاعل نقوم بإنشاء الجدول الوصفي لتقدم التفاعل.  
الجدول الوصفي لتقدم التفاعل :

$H_3O^+_{aq} + OH^-_{aq} \rightarrow 2H_2O_l$			المعادلة الكيميائية	
كمية المادة (mol)			تقدم التفاعل	
$C_A V_A$	0	مذيب	0	حالة البدئية
$C_A V_A - x$	$x$	مذيب	$x$	حالة مرحلية
$n_f(H_3O^+)$	$n_f(OH^-)$	مذيب	$x_{max}$	الحالة النهائية

في الحالة النهائية (التكافؤ) يستهلك المتفاعلات بشكل تام معا وبالتالي نكتب :

$$C_A \times V_A - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = C_A \times V_A$$

$$C_B \times V_{BE} - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = C_B \times V_{BE}$$

$$C_A V_A = C_B V_{BE} \Leftrightarrow C_A = \frac{C_B V_{BE}}{V_A} \Rightarrow C_A = 0,1 \text{ mol/L}$$

لإبراز مبدأ المعايرة نقبل أن تركيز المحلول المعيار هو  $C_A = 0,1 \text{ mol/L}$  لدينا الجدولين التاليين :  
بالنسبة لمختلف قيم الحجم  $V_2$  ننشئ جدول تتبع تطور التفاعل حيث :

18	16	14	12	10	8	6	4	2	$V_2 (mL)$
0	0	0	0	0	2	4	6	8	$n_f(H_3O^+) \times 10^{-4} (mol)$
2	6	4	2	0	0	0	0	0	$n_f(OH^-) \times 10^{-4} (mol)$
أيون الأوكسونيوم				لا أحد		أيون الهيدروكسيد			المتفاعل المحد
10	10	10	10	10	2	6	4	2	$x_{max} \times 10^{-4} (mol)$
اللون أزرق						اللون أصفر.			اللون

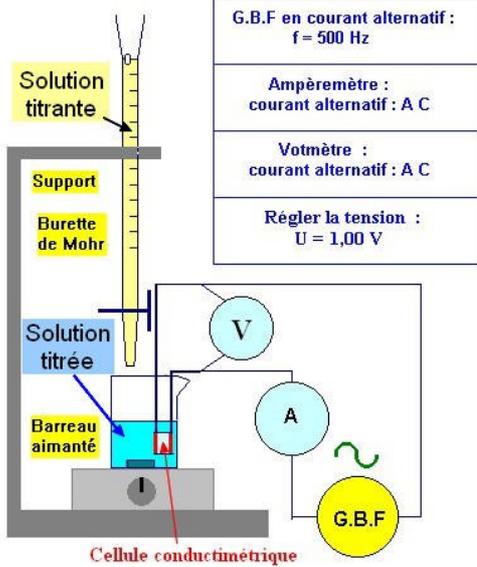
### 2.3. المعايرة المباشرة - تتبع المواصلة :

\* باستعمال طريقة المعايرة بقياس المواصلة نقوم بمعايرة  
من محلول حمض الكلوريدريك  $HCl$  ذا تركيز مجهول.  $V_A = 10,0 \text{ mL}$   
بمحلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه  $C_B = 0,1 \text{ mol/L}$ . لهذا الغرض نقوم  
بالتحريك التجريبي التالي :

نشغل المحرك ونقوم بقياس المواصلة  $G = \frac{I}{U}$  فنحصل على النتائج

التالية :

$V_B (mL)$	0	2	4	6	8	10	12	14	16
$G (mS)$	23,8	20,4	17,3	13,7	10,3	7,0	9,3	11,4	13,7



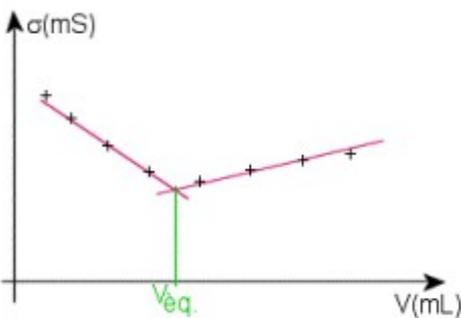
نخط المنحنى  $G = f(V_B)$  فنحصل على المنحنى الممثل

أسفله :

يتكون المنحنى من مستقيمين يتقاطعان في نقطة  $E$  توافق  
الحجم  $V_{BE}$  نسمي الحالة التي يكون عليها الخليط المتفاعل بحالة  
التكافؤ.

ومنه نكتب :

$$n_f(OH^-)_{(aq)} = n_f(H_3O^+)_{(aq)} \Leftrightarrow C_A V_A = C_B V_{BE} \Leftrightarrow C_A = \frac{C_B V_{BE}}{V_A}$$

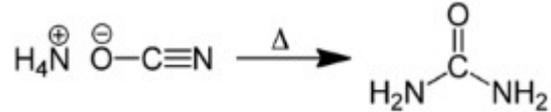




### 1. ما معنى الكيمياء العضوية

#### 1.1. 1. تقديم :

في الأصل ، اهتمت الكيمياء العضوية بدراسة المواد الطبيعية ذات مصدر كائنات حية. وكان الاعتقاد السائد في ذلك الحين أن هذه المواد تنشأ داخل الكائنات الحية بفعل قوة خفية Force mystérieuse وليس في قدرة الإنسان تركيبها. إلى أن تمكن الكيميائي الألماني فريدريك فوهلر Friedrich Wohler من تحضير مادة عضوية وهي اليوريا Uree وذلك بتسخين ملح معدني وهو سيانيد الأمونيوم cyanate d'ammonium :



فحطم بذلك الفكرة الفلسفية حول قوة الحياة Force vital vis vitalis وشكل في ذلك تطورا تاريخيا في تطور الكيمياء العضوية.

### 2. بعض المحطات التاريخية في الكيمياء العضوية

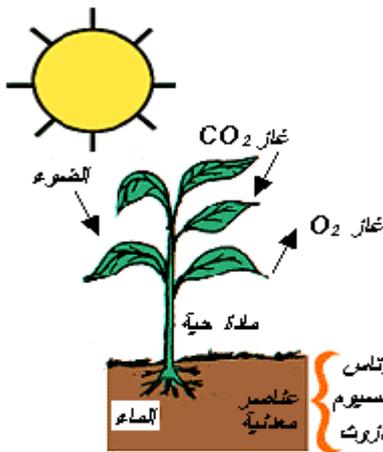
Démocrite	Structure de l'atome	IV <sup>e</sup> avant JC
	distillation de l'alcool	XIII <sup>e</sup> siècle
	Théorie de la combustion sur l'alchimie	XVII <sup>e</sup> siècle
Chevreuil	théorie de la saponification	1823
Wohler	synthèse de l'urée	1828
Kolbe	synthèse de l'acide acétique	1845
Berthelot	synthèse de l'ethanol	1854
Perkin	synthèse d'un colorant proche de la mauvéine	1856
Kékulé	structure du benzène	1866
Friedel et Crafts	synthèse des hydrocarbures	1877
Société Bayer	commercialisation de l'aspirine	1899
E.H.Fischer	synthèse de glucides	1902
Haber	synthèse de l'ammoniac	1913
H.Fischer	synthèse de l'hémoglobine	1930
société du Pont de Nemours	synthèse de nylon	1938
A.Fleming	fabrication de la pénicilline	1945
Woodward	synthèse de la vitamine B12	1973

#### 3. 1. تعريف :

الكيمياء العضوية هي الكيمياء التي تهتم بمركبات الكربون الطبيعية والاصطناعية وتسمى أيضا كيمياء مركبات الكربون.

### 4. 1. المصادر الطبيعية للمركبات العضوية ressources organiques naturelles

#### ① التركيب الضوئي La photosynthèse



تستعمل النباتات غاز  $\text{CO}_2$  الموجود في الهواء والماء لتكوين جزيئات تدعى السكريات glucides مع انطلاق غاز الأوكسيجين.

من بين هذه السكريات نذكر منها الكليكوز  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  glucose حيث يعبر عن هذا التحول بالمعادلة ( بفعل الكلوروفيل و الضوء ) :

$$6\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2(\text{g})$$

تحول الكليكوز يساهم في تكوين سكريات أخرى كالسكريات البسيطة مثل السكاروز  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  ( قصب السكر 17 في المائة من السكاروز ) أو سكريات معقدة وهي جزيئات عملاقة مثل النشا amidon أو السيليلوز.

التركيب الضوئي من أهم الرواكنز لوجود الحياة فوق الأرض ومن بين مزاياه :

- \* التركيب الضوئي يمددنا بالأوكسيجين الضروري للحياة.

- \* التركيب الضوئي ينتج مواد مغذية للإنسان والحيوان بصفة مباشرة ( الخضر - الفواكه - الحبوب ) أو بصفة غير مباشرة ( اللحوم و الأسماك ).

## ② التحضير البيوكيميائي *Synthèse biochimique*

تعتبر التحضير البيوكيميائي تحولا كيميائيا ينتج بفعل خلايا و أنسجة الكائن الحي اللذان يساعدان على تحضير مركبات عضوية أكثر تنوعا نذكر منها :

\* الدهون - lipides البروتينات - protides protéines

## ③ الهيدروكربورات المستحاثية *hydrocarbures fossiles*

تمثل الهيدروكربورات المستحاثية ( البترول والغاز الطبيعي ) المصدر الأساسي لصناعة المواد والمركبات العضوية. ويرجع تكون البترول والغاز الطبيعي إلى تحولات بطيئة لبقايا عضوية نباتية وحيوانية غطتها البحار قديما وخضعت خلال ملايين السنين إلى تأثير درجة الحرارة والضغط و بعض الباكثيريات.

## 2. الكربون ، العنصر الأساسي للكيمياء العضوية

تبين دراسة المركبات العضوية أنها تتكون من عدد محدود من العناصر الكيميائية ، فبالإضافة لعنصر الكربون نجد عنصر الهيدروجين  $H$  حيث يشكلان هذان العنصران المكونان الأساسيان للهيدروكربورات. كما نجد عنصر الأوكسيجين  $O$  في مركبات عضوية مثل الكحولات والسكريات والدهنيات. وعنصر الأزوت  $N$  في البروتينات. كما نجد مركبات عضوية تحتوي على عناصر أخرى مثل الكبريت  $S$  و الفوسفور  $P$  الهالوجينات.

### 1. 2. عدد الروابط الممكنة لذرات المركبات العضوية

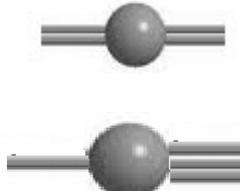
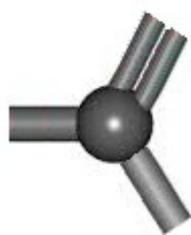
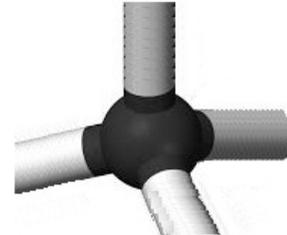
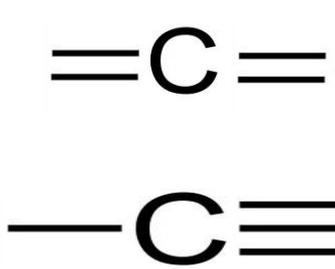
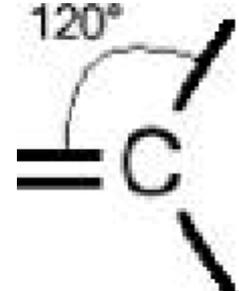
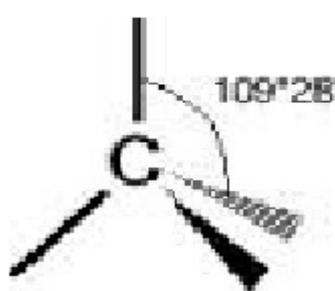
#### \* تذكير القاعدتان الثمانية و الثمانية :

خلال التحولات الكيميائية ، تسعى ذرات العناصر الكيميائية ( باستثناء الغازات النادرة ) إلى أن تكون طبققتها الإلكترونية الخارجية محتوية على :  
\* إلكترونين ( ثنائي ) بالنسبة للعناصر ذات العدد الذري الأقرب إلى العدد الذري للهيليوم ( $Z=2$ ).  
\* ثماني 8 إلكترونات ( ثماني ) بالنسبة لعدد كبير من العناصر الكيميائية الأخرى.

العنصر الكيميائي	البنية الإلكترونية للذرة	عدد الروابط التساهمية
$C$ الكربون	$(K)^2(L)^4$	4
$H$ الهيدروجين	$(K)^1$	1
$O$ الأوكسيجين	$(K)^2(L)^6$	2
$N$ الأزوت	$(K)^2(L)^5$	3
$P$ الفوسفور	$(K)^2(L)^8(M)^3$	5
$S$ الكبريت	$(K)^2(L)^8(M)^6$	2
الهالوجينات $F, Cl, Br, I$	$F:(K)^2(L)^7$ $Cl:(K)^2(L)^8(M)^7$	1

### 2. 2. روابط عنصر الكربون

يمكن أن تأخذ البنية الهندسية حول ذرة الكربون ثلاثة أشكال ممكنة حسب نوع الروابط التي تكونها ذرة الكربون مع الذرات الأخرى في الجزيئة.

		
		
شكل خطي	شكل مثلثي مستو	شكل رباعي أوجه منتظم

### لتمثيل الجزئيات :

عند تمثيل جزيئة حسب نموذج لويس يجب أن نبين الأزواج الإلكترونية الرابطة بين الذرات ( الروابط التساهمية ) و الأزواج غير الرابطة ( الأزواج الحرة ) قد تحملها بعض الذرات.

لتمثيل الجزئيات حسب نموذج لويس نتبع الخطوات التالية :

- كتابة البنية الإلكترونية لكل الذرات المكونة للجزيئة.

- تحديد العدد الإجمالي لمجموع الإلكترونات الحرة للطبقات الخارجية لكل البنيات الإلكترونية  $N_e$

- تحديد العدد الإجمالي  $L_T$  للأزواج الرابطة والأزواج غير الرابطة ( الحرة ) للجزيئة حيث :  $L_T = \frac{N_e}{2}$

- بالإعتماد على القاعدتان الثنائية و الثمانية نقوم بتحديد العدد الإجمالي  $L_{NL}$  للأزواج غير الرابطة للجزيئة.  
 - استنتاج العدد الإجمالي للأزواج الرابطة  $L_L$  للجزيئة حيث :  $L_L = L_T - L_{NL}$  .  
 مثال :

تمثيل لويس	إلكترونات الطبقة الخارجية	جزيئة
	O : 6 إلكترونات الطبقة الخارجية H : إلكترونات الطبقة الخارجية $N_e = (1) \times 2 + 6 = 8$ إلكترونات $L_T = \frac{N_e}{2} = 4$ و $L_{NL} = 2$ $L_L = L_T - L_{NL} = 2$	$H_2O$ الماء

تمثيل لويس	إلكترونات الطبقة الخارجية	جزيئة
	N : 5 إلكترونات الطبقة الخارجية H : إلكترونات الطبقة الخارجية $(1) \times 3 + 5 = 8$ إلكترونات 3 : أزواج رابطة و 1 : أزواج حرة	$NH_3$ الأمونياك
	C : 4 إلكترونات الطبقة الخارجية H : إلكترونات الطبقة الخارجية $(1) \times 4 + 4 = 8$ إلكترونات 4 : أزواج رابطة	$CH_4$ الميثان
	C : 4 إلكترونات الطبقة الخارجية O : 6 إلكترونات الطبقة الخارجية H : إلكترونات الطبقة الخارجية $(1) \times 2 + 4 + 6 = 12$ إلكترونات 4 : أزواج رابطة و 2 : أزواج حرة	$H_2CO$ الميثانال
	C : 4 إلكترونات الطبقة الخارجية O : 6 إلكترونات الطبقة الخارجية $(6) \times 2 + 4 = 16$ إلكترونات 4 : أزواج رابطة و 4 : أزواج حرة	$CO_2$ ثنائي أكسيد الكربون

### 3. إبراز وجود عنصر الكربون في المركبات العضوية

يمكن إبراز وجود عنصر الكربون في المركبات العضوية بواسطة تفاعلات الحل الحراري أو الأكسدة.

#### 3.1. الحل حراري

الحل حراري لمركب عضوي هو تحلله كيميائيا عند رفع درجة حرارته.

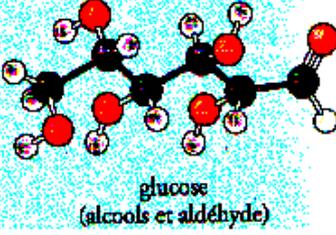
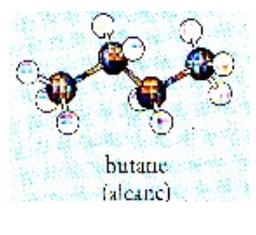
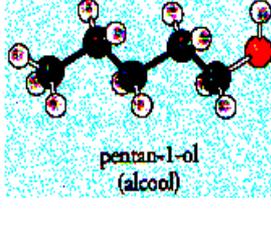
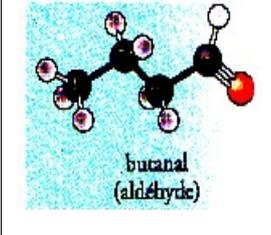
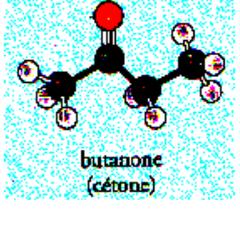
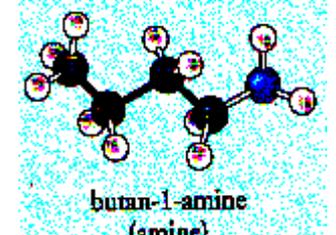
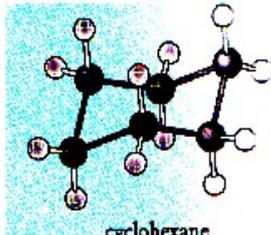
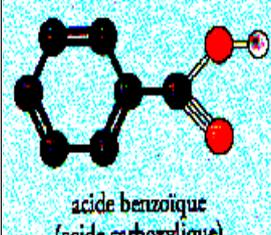
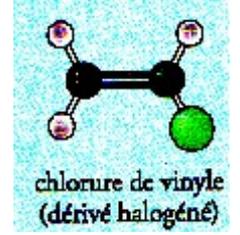
#### مثال :

الحل الحراري للسكر : عند تسخين قطعة من السكر ، نلاحظ انصهار السكر وتكون سائل أصفر يتحول تدريجيا إلى مادة لزجة لونها بني وهي الكراميل. وعند نهاية التجربة نحصل على حثالة سوداء هي فحم السكر ، إذن السكر يحتوي على عنصر الكربون.

#### 3.2. أكسدة المركبات العضوية

تتأكسد بعض المركبات العضوية بالاحتراق في أوكسجين الهواء مع تكون ثنائي أوكسيد الكربون والماء.

1. السلاسل الكربونية والمجموعات المميزة  
1.1. نشاط وثنائي

 glucose (alcools et aldéhyde)	 butane (alcane)	 pentan-1-ol (alcool)	 butanal (aldéhyde)	 butanone (cétone)
 butan-1-amine (amine)	 néthylpropane (alcane)	 cyclohexane (cycloane)	 acide benzoïque (acide carboxylique)	 chlorure de vinyle (dérivé halogéné)

- 1 - استثمر الأشكال الجزيئات ، ماذا تلاحظ ؟  
كل الجزيئات تتميز بسلسلة كربونية حيث ذرات الكربون مرتبطة بعضها بروابط تساهمية بسيطة أو روابط تساهمية ثنائية . هذا التسلسل يكون الهيكل الكربوني squelettes carbonés للجزيئة.  
2 - اعط أنواع السلاسل الكربونية ؟  
هناك سلاسل كربونية خطية وأخرى متفرعة وأخرى حلقة.  
3 - ماهو الفرق بين هذه الجزيئات ؟  
بعض هذه الجزيئات تحتوي على مجموعة مميزة أو مجموعات مميزة ( ذرات الأوكسجين ، الأزوت ، الكلور ... )  
هذه المجموعات هي المسؤولة عن بعض الخواص الجزيئة.

1.2. تعريف السلسلة الكربونية

في جزيئة عضوية نسمي سلسلة كربونية أو هيكل كربوني التسلسل لذرات الكربون مرتبطة فيما بينها بروابط تساهمية بسيطة أو ثنائية أو ثلاثية.

1.3. تنوع السلاسل الكربونية :

أ - السلاسل الكربونية المشعبة وغير المشعبة

السلسلة الكربونية التي تكون فيها ذرات الكربون مرتبطة بروابط تساهمية بسيطة فقط تسمى سلسلة كربونية مشعبة. في حالة احتواء السلسلة الكربونية على ذرتي كربون ، على الأقل ، ترتبطان فيما بينهما برابطة تساهمية ثنائية أو ثلاثية ، نقول إنها سلسلة كربونية غير مشعبة.

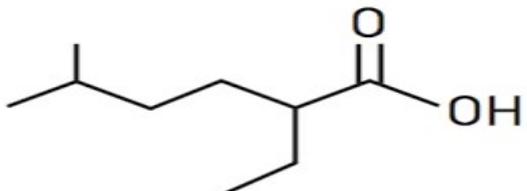
ب - السلاسل الكربونية الخطية والمتفرعة والحلقة

- \* تكون السلسلة الكربونية خطية linéaire عندما تكون ذرات الكربون مرتبطة فيما بينها ، الواحدة تلو الأخرى في خط واحد ، حيث تكون كل ذرة مرتبطة مع ذرتي كربون أخرى على الأكثر.
- \* تكون السلسلة الكربونية متفرعة ramifié عندما تكون محتوية على ذرة كربون واحدة ، على الأقل ، مرتبطة مع أكثر من ذرتي كربون أخرى.
- \* تكون السلسلة الكربونية حلقة cyclique عندما تكون بها حلقة مكونة من ذرات الكربون.

ج - الكتابة الطوبولوجية للجزيئات العضوية

نظرا لطول الجزيئات العضوية عموما ، فقد تم اعتماد كتابة تسمى الكتابة الطوبولوجية للجزيئة ، وتتميز بالخصائص التالية :  
تمثل السلسلة الكربونية بخط متكسر ، تمثل فيه كل قطعة رابطة تساهمية بسيطة C-C .

لا تتضمن الكتابة رموز ذرات الكربون وذرات الهيدروجين المرتبطة. تتم الإشارة إلى طبيعة الرابطة كربون - كربون إذا كانت ثنائية أو ثلاثية بقطعتين متوازيتين أو بثلاث قطع متوازية.

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{O}$	
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{C} = \text{O} \\   \quad   \\ \text{CH}_2 \quad \text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	

### د - تماكب التكوين

نسمي تماكبات التكوين كل الجزئيات التي لها نفس الصيغة الإجمالية، وتختلف من حيث ترتيب تركيب الذرات المكونة لها.

### 2. تأثير السلسلة الكربونية على الخصائص الفيزيائية للمركبات العضوية

#### 1. 2. تطور الخصائص الفيزيائية للمركبات العضوية

تتعلق الخصائص الفيزيائية للمركبات العضوية بطول السلسلة الكربونية للجزئية وبعدها الفروع التي تشتمل عليها.

#### أ - درجة حرارة الغليان ودرجة حرارة الانصهار

تحت ضغط ثابت، تزداد درجة حرارة غليان أو درجة حرارة انصهار المركبات العضوية المنتمية لنفس المجموعة مع ازدياد طول السلسلة الكربونية المكونة لها.

#### ب - الكثافة

تزداد كثافة المركبات العضوية السائلة بالنسبة للماء مع تزايد طول سلسلها الكربونية.

#### ج - الذوبانية في الماء

من المعروف أن الهيدروكربورات لا تذوب في الماء ، ولها كثافة أقل من كثافة الماء ، لذا تطفو فوق سطح الماء. ويرجع ذلك لكون جزئياتها لا قطبية. وفي حالة توفر الجزئية العضوية على مجموعة مميزة تكسيها ميزة ثنائية قطبية ، تصبح قابلة للذوبان في الماء.

### 2. 2. تطبيق : التقطير المجزأ

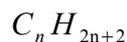
يتم استغلال اختلاف درجة حرارة غليان المركبات العضوية لفصلها عن بعضها البعض، باستعمال تقنية تسمى التقطير المجزأ distillation fractionnée.

### 3. بعض أصناف الجزئيات العضوية :

تصنف الجزئيات العضوية ( طبيعية أو إصطناعية ) إلى مجموعات نذكر منها :

#### 1. 3. الألكانات :

هي مركبات هيدروكربونية مشبعة ( هيدروكربونية : أي لا تتكون إلا من عنصر الكربون و الهيدروجين ) ، والتي تكون فيها ذرات الكربون المشكلة لسلسلها الكربونية أربع روابط تساهمية بسيطة. \* الصيغة العامة للألكانات هي :



مع  $n$  عدد صحيح طبيعي يدل على عدد ذرات الكربون و الهيدروجين بالجزئية.

#### ◆ الألكانات ذات السلسلة المستقيمة :

هي جزئيات تكون فيها كل ذرة كربون مرتبطة بذرتين من الكربون باستثناء كربوني الطرف حيث كل ذرة كربون تكون محاطة بذرة كربون واحد.

#### \* تسمية الألكانات ذات السلسلة المستقيمة :

نسمي الألكانات حسب عدد ذرات الكربون المكونة للسلسلة الكربونية المكونة للجزئية حيث يعبر عن هذا العدد بكلمة يونانية مضافا إلى آخرها المقطع ان (ane) .

## مثال :

n	الصيغة الإجمالية	الاسم	
1	CH <sub>4</sub>	ميثان	Méthane
2	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	إيثان	Ethane
3	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	بروبان	Propane
4	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	بوتان	Butane
5	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	بنتان	Pentane
6	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	هكسان	Hexane
7	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	هبتان	Heptane
8	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	أوكتان	Octane
9	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	نونان	Nonane
10	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	ديكان	décane

n	الصيغة الإجمالية	الاسم	
11	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>		Undécane
12	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>		Didécane
13	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>		Triodécane
14	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>		Tetradécane
15	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>		Pentadécane
16	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>		Hexadécane
17	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>		Heptadécane
18	C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>		Octadécane
19	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>		Nonadécane
20	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>		Eicoxane

### ♦ الألكانات ذات السلسلة المتفرعة :

تحتوي جزيئاتها على الأقل على ذرة كربون واحدة مرتبطة بثلاث ذرات كربون أو أربعة.

### \* تسمية الألكانات ذات السلسلة المتفرعة :

يجب تحديد أطول سلسلة كربونية وترقيمها من أحد الطرفين بحيث يكون للجذر أصغر رقم ممكن أو أصغر مجموع أرقام ممكن. يكون اسم أطول سلسلة في خاتمة الاسم، مسبقا باسم الجذور ورقم موضعه ومرتبة حسب ترتيب حرفها الأول في الحروف الأبجدية اللاتينية. لتسمية الجذر نستبدل المقطع ان بـ يل.

### 4. السيكلوالكانات

#### \* تعريف :

هي مركبات هيدروكربونية مشبعة ذات سلسلة كربونية مغلقة وصيغتها الإجمالية العامة هي :



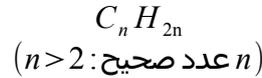
#### \* تسميتها :

نطبق القواعد السابقة الذكر مع تقديم كلمة سيكلو أمام اسم الألكان الذي يظم نفس عدد الكربون.

### 3. 2. الألكينات والمشتقات الإثيلية

#### أ - تعريف :

الألكينات هي هيدروكربورات غير مشبعة ذات سلاسل كربونية مفتوحة. وتحتوي جزيئاتها على ذرتي كربون تربط بينهما رابطة تساهمية ثنائية. الصيغة العامة هي :

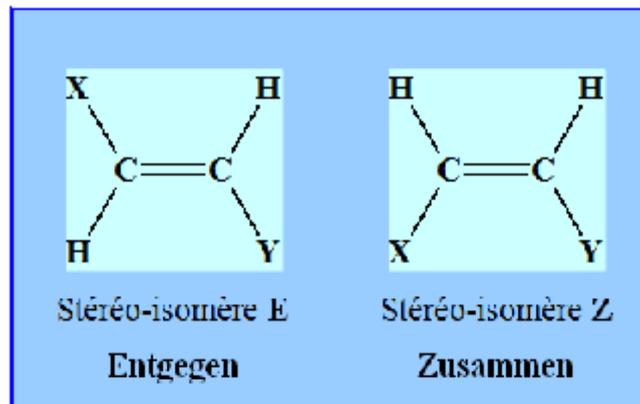


### ب - التسمية الألكينات

تتبع نفس الطريقة المستعملة سابقا لتسمية الألكانات ، مع إضافة :  
أطول سلسلة هي السلسلة من حيث ذرات الكربون وتحتوي على رابطة ثنائية. ترقيم السلسلة يكون من الجهة التي تعطي أصغر رقم ممكن للرابطة الثنائية. نسمي أطول سلسلة باسم الألكان الموافق مع تبديل المقطع ان بالحرف ن مع كسر الحرف الذي يسبق حرف النون ويكون الاسم متبوعا برقم الكربون الذي يحمل الرابطة الثنائية.

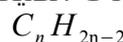
### ج - المتماكبات في الألكينات

بالإضافة إلى تماكب التكوين في الألكينات هناك تماكب يسمى التماكب الفراغي (E/Z) Stéréoisomères .



### ملحوظة :

بالنسبة للمركبات الهيدروكربونية : السيكلوالكينات الصيغة الإجمالية هي :



1. رأينا أن الهيدروكربونات هي جزيئات تحتوي فقط على الكربون والهيدروجين وعموما ما تكون درات الكربون مرتبطة في ما بينها بروابط مشبعة وروابط غير مشبعة وأن الهياكل الكربونية عبارة عن سلاسل كربونية خطية، أو متفرعة و لتغيير هذه السلاسل الكربونية هناك عدة طرق نذكر منها : تقصير السلسلة، الإطالة لسلسلة أو إعادة التكوين.

### 1. تقصير السلسلة Raccourcir la chaine

هناك عدة طرق لتقصير السلسلة الكربونية نذكر منها :

#### \* التكسير Craquage

التكسير طريقة صناعية يتم خلالها تفكيك جزيئات بعض الهيدروكربونات ذات السلاسل الكربونية الطويلة وتحويلها إلى سلاسل كربونية قصيرة، وقد يكون تكسيرا حفزيا أو تكسيرا بحضور بخار الماء.

#### أ - التكسير الحفزي craquage catalytique

يسمى التكسير تكسيرا حفزيا إذا كان يتم بحضور حفاز وغالبا ما يكون هذا الحفاز فلزي ودرجة الحرارة تقارب  $250^{\circ}C$ .

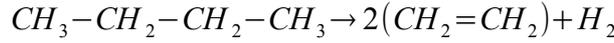
مثال :



#### ب - التكسير بوجود بخار الماء vapocraquage

يتم التكسير بوجود بخار الماء بدون وجود حفاز وعند درجة حرارة تقارب  $800^{\circ}C$  و هو موجه أساسا لتحضير الألكينات الخفيفة مثل الإيثين والبروبين.

مثال :



### 2. إطالة السلسلة Allongé la chaine

#### 1. 2. Alcination

مثال :

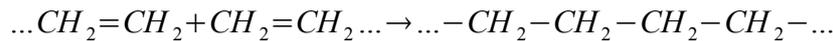


### 2.2. البلمرة Polymérisation

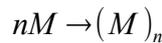
تتكون المواد البلاستيكية التي نستعملها في حياتنا اليومية من مركبات عضوية ذات جزيئات سلاسل كربونية طويلة جدا، تسمى البوليمرات polymères. ويتم الحصول على البوليمرات بواسطة تفاعل البلمرة polymérisation.

#### تفاعل البلمرة

البلمرة هي تفاعل تتحد فيه عدد كبير جدا من جزيئات من نفس النوع وتنتمي إلى مجموعة الألكينات لتعطي جزيئة ذات سلسلة كربونية طويلة. ونعبر عنها بالمعادلة التالية :



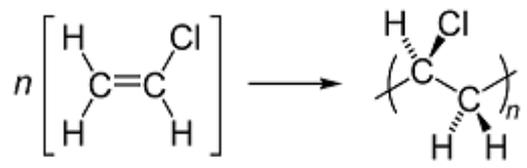
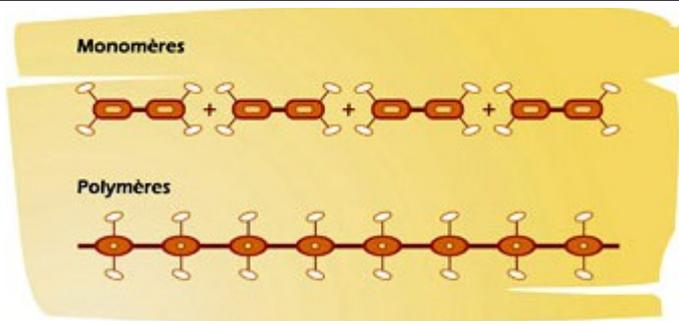
#### المعادلة العامة



حيث  $M$  الجزيئة الأصل أو الجزيئة الأم و  $n$  عدد جزيئات الأصل التي يحتوي عليها البوليمر ويسمى درجة البلمرة degré de polymérisation.

الجزيئة الناتجة (الماكروموليكيل) تكون الكتلتها المولية كبيرة جدا تصل حتى  $10^6 g mol^{-1}$  حيث يصل درجة البلمرة إلى 200 000 في بعض الحالات.

مثال :

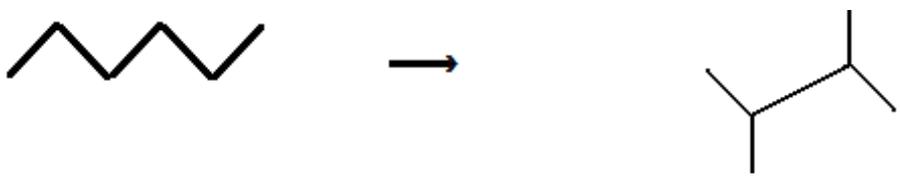


**3. إعادة التكوين réformage**

تمكن إعادة التكوين من تحسين جودة الأنواع الكيميائية وذلك بتغيير السلسلة الكربونية للألكانات وذلك بطرق مختلفة من أهمها نذكر :

**أ - التفرع ramification**

يمكن التفرع من تحويل ألكان خطي إلى ألكان متماكب متفرع.



**ب - التحليق cyclisation**

يمكن التحليق من تحويل ألكان خطي إلى ألكان حلقي مع تحرير ثنائي الهيدروجين.



**ج - إزالة الهيدروجين**

تمكن إزالة الهيدروجين من تحويل رابطة تساهمية بسيطة C-C إلى رابطة تساهمية ثنائية C=C .



1. مجموعات المركبات العضوية

1.1. المجموعة المميزة والكربون الوظيفي

نصف المركبات العضوية إلى مجموعات لها خصائص كيميائية متشابهة. و تتميز كل مجموعة باحتواء جزيئتها على نفس المجموعة المميزة (groupe caractéristique).  
نسمي ذرة الكربون التي تحمل المجموعة المميزة أو التي تشكل جزءا من المجموعة المميزة بالكربون الوظيفي.

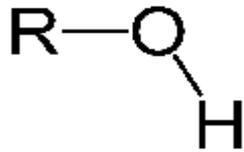
مثال :



1.2. المركبات العضوية الأوكسجينية

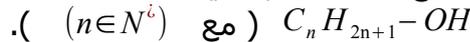
أ - الكحولات

المجموعة الوظيفية



تشمل جميع الكحولات على المجموعة الوظيفية :  
حيث مجموعة الهيدروكسيل  $\text{OH}^-$  مرتبطة بذرة كربون رباعي الأوجه الذي يسمى بالكربون الوظيفي.

♦ تتميز الكحولات المشتقة من الألكانات بالصيغة العامة :



♦ تتميز الكحولات بخواص كيميائية مشتركة نتيجة الوظيفة الكحولية للكربون الوظيفي.

بنية الكحولات

البنية الهندسية للكحولات شبيهة بالبنية الهندسية لجزيئة الماء مع استبدال ذرة  $\text{H}$  بجذر ألكيلي.

تسمية الكحولات

نسمي الكحول باسم الألكان الذي له نفس الهيكل الكربوني مع إضافة المقطع —ول —  $ol$  إلى نهاية الاسم وإتباعه برقم يدل على موضع الكربون الوظيفي في السلسلة الكربونية الرئيسية و يجب أن يكون أصغر رقم ممكن.

أصناف الكحولات :

تصنف الكحولات حسب الجذور الألكيلية المرتبطة بالكربون الوظيفي إلى ثلاث أصناف ذات خواص كيميائية مختلفة.

Les alcools primaires	Les alcools secondaires	Les alcools tertiaires
$\begin{array}{c} \text{R}-\text{CH}_2 \\   \\ \text{OH} \end{array}$ <p>L'atome de carbone fonctionnel n'est lié qu'à des atomes d'hydrogène ou à un seul atome de carbone</p>	$\begin{array}{c} \text{R}' \\   \\ \text{R}-\text{CH} \\   \\ \text{OH} \end{array}$ <p>L'atome de carbone fonctionnel est lié à deux atomes de carbone</p>	$\begin{array}{c} \text{R}' \\   \\ \text{R}-\text{C}-\text{R}'' \\   \\ \text{OH} \end{array}$ <p>L'atome de carbone fonctionnel est lié à trois atomes de carbone</p>

ب - الإثيرات

Ether



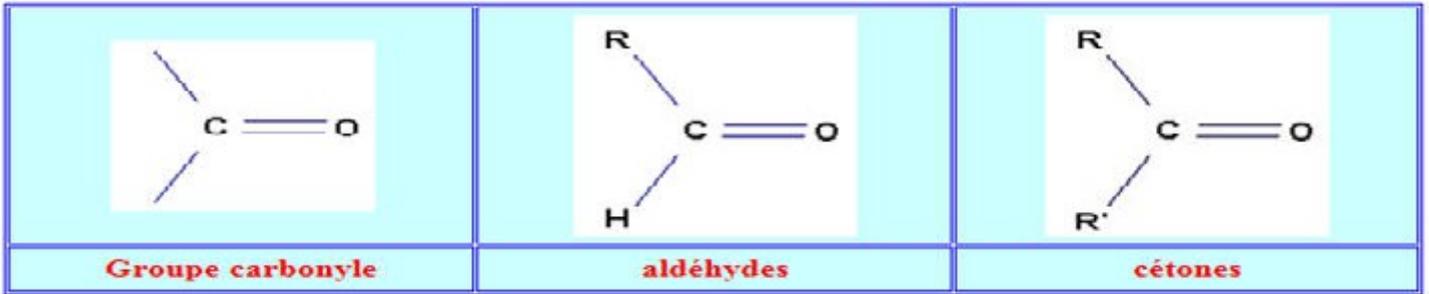
الصيغة العامة للإثيرات هي :

① تسميتها :

نسم الإيثر باسم الجدرين المرتبطين بذرة الأوكسيجين متبوعين بكلمة إيثر ether أو باسم أوكسيد متبوع باسم الجدرين.

## ج - المجموعة الوظيفية للألدهيدات و السيتونات

تعتبر الألدهيدات و السيتونات مركبات عضوية كربونيلية.



- \* يكون المركب ألدهيدا إذا كان الكربون الوظيفي مرتبط بذرة الهيدروجين.
- \* يكون المركب سيتونا إذا كان الكربون الوظيفي مرتبط بجدرين ألكيلين متشابهين أو مختلفين.

### ① التسمية

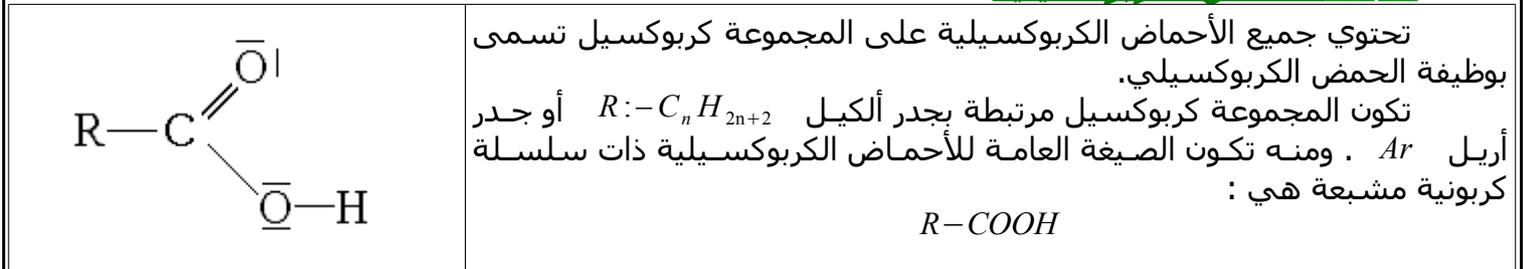
#### أ - الألدهيدات :

يشترك اسم الألدهيد من إسم الألكان الموافق له والذي يحتوي على أطول سلسلة كربونية ، مع إضافة المقطع *al* إلى نهاية الإسم و إعتبار ذرة الكربون الوظيفي أول ذرة في الترقيم للسلسلة الكربونية للألدهيد.

#### ب - السيتونات :

يشترك إسم السيتون من إسم الألكان الموافق له والذي يحتوي على أطول سلسلة كربونية ، مع إضافة المقطع *one* إلى نهاية الإسم و إعتبار ذرة الكربون الوظيفي أصغر رقم عند ترقيم للسلسلة الكربونية لسيتون.

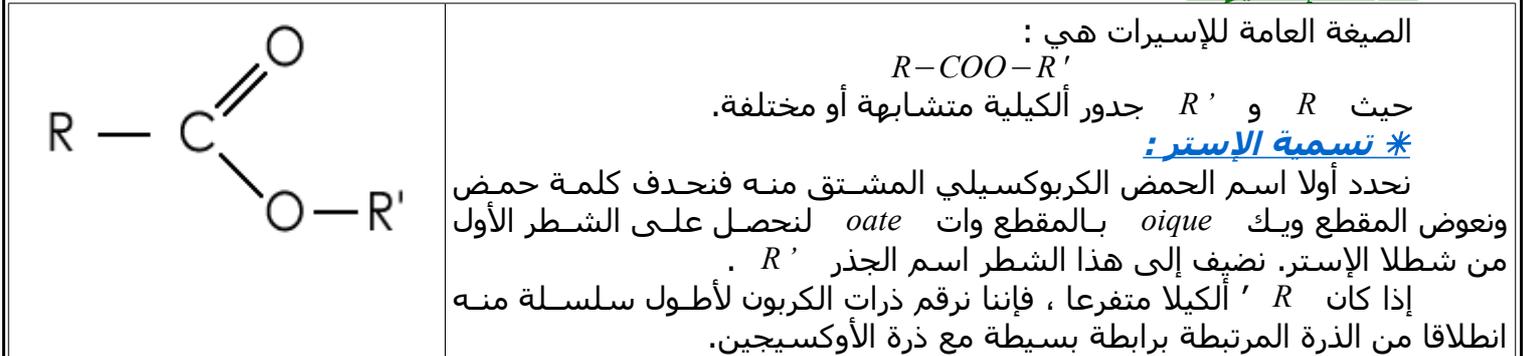
### 1.3. الأحماض الكربوكسيلية



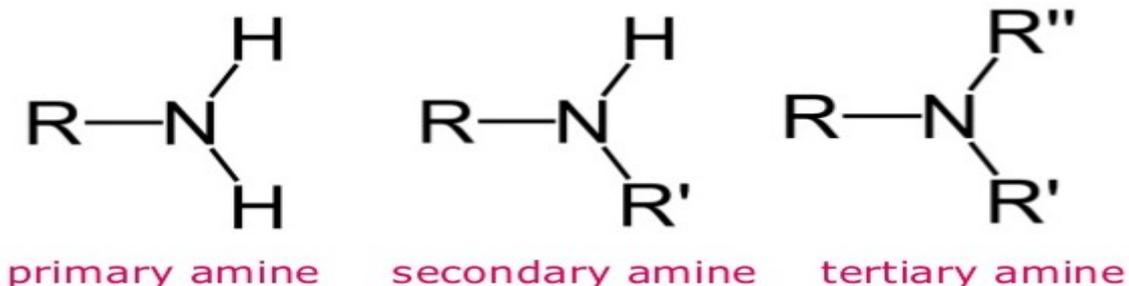
### تسمية الأحماض الكربوكسيلية

لتسمية الحمض الكربوكسيلي نقوم بترقيم أطول سلسلة كربونية انطلاقا من الكربون الموجود في المجموعة كربوكسيل ( الكربون الوظيفي ) ، ونبدأ الاسم بلفظ حمض ثم يتبعه اسم الهيدروكربون الموافق للسلسلة، ونضيف إلى نهاية الاسم المقطع " -ويك " .

### 1.4. الإستيرات



### 1.5. الأمينات :



## التسمية الرسمية

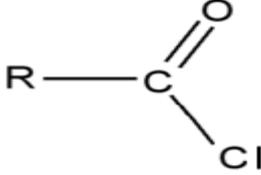
\* يشتق اسم الأمين الأولية من اسم المركب الهيدروكربوني الذي يطبقها في عدد ذرات الكربون، ويسبق بكلمة أمينو ( اسم الجذر  $-NH_2$  ) التي يضاف إليها أصغر رقم ممكن يدل على موضع أمينو في السلسلة الكربونية.

\* بالنسبة للأمينات الثانوية يسبق اسمها بحرف  $N$  و اسم جذر الألكيل المرتبط بذرة الأوت.

\* بالنسبة للأمينات الثالثية، يسبق اسمها بالحرفين  $N, N$  واسمي الجذرين المرتبطين بذرة الأوت.

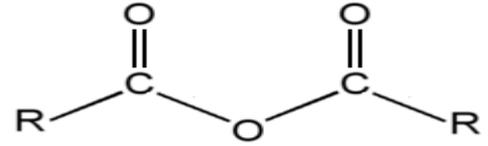
### 1.7. كلورور الأسيل

يشتق اسم كلورور الأسيل من اسم الحمض المرافق له مع تعويض لفظ حمض بلفظ كلورور وتعويض المقطع  $-ويك$  بـ  $-ويل$ .



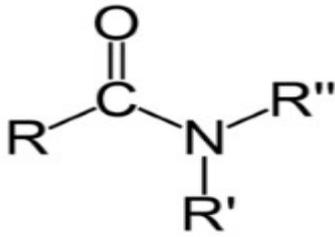
### 1.6. الأنديريد

يشتق اسم الأنديريد من اسم الحمض الكربوكسيلي الموافق له مع حذف لفظ حمض وتعويضه بلفظ أنديريد.

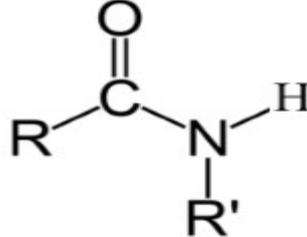


Anhydride d'acide

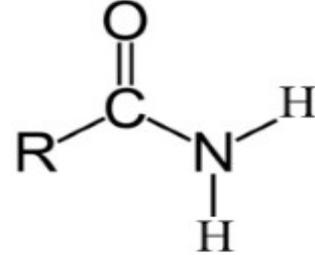
### 1.8. الأميدات :



أميد ثنائية الاستبدال



أميد أحادية الاستبدال

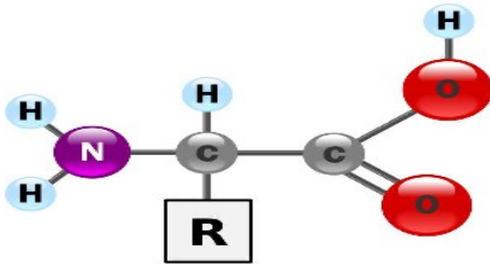


أميد غير متبادلة

يشتق اسم الأميد الغير المتبادلة من اسم الحمض الكربوكسيلي الموافق لها مع حذف كلمة حمض وتعويض المقطع النهائي  $-ويك$  بكلمة أميد.

بالنسبة للأميدات الأحادية الاستبدال أو ثنائية الاستبدال بسبق اسم الأيد بـ  $N$  متبوعا باسم الجذر المرتبط بذرة الأوت أو  $N, N$  بالنسبة للأميدات الثنائية الاستبدال متبوعا باسم الجذور المرتبطة بذرة الأوت.

### 1.9. تعريف الأحماض $\alpha$ -أمينية



الأحماض  $\alpha$ -أمينية أو أمينو أحماض مركبات متعددة الوظيفة الكيميائية حيث تجتمع على الأقل في نفس الجزيئة مجموعتا الكربوكسيل  $-COOH$  و الأمينو  $-NH_2$ . في الأحماض  $\alpha$ -أمينية تكون مجموعتا الكربوكسيل و الأمينو مرتبطتين بنفس ذرة الكربون.

فتكون الصيغة العامة للأحماض  $\alpha$ -أمينية هي :

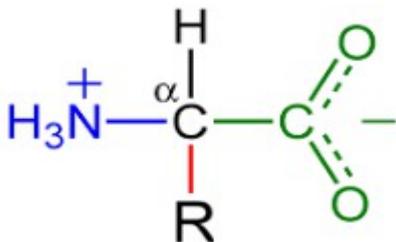
♦ **تسمية الحمض  $\alpha$ -أميني**

**التسمية الرسمية**

يبدأ اسم المركب بلفظ حمض أمينو و نهي الاسم بمقطع

$-ويك$ .

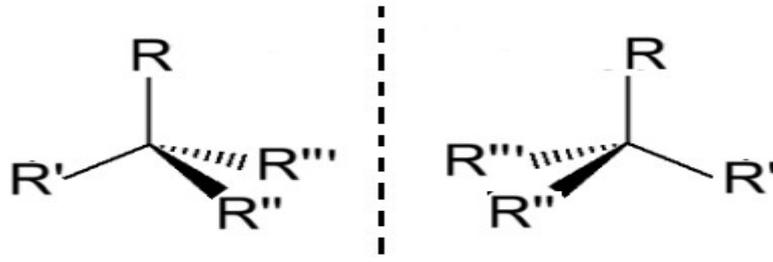
إذا كانت المجموعة  $R$  جذر ألكيلي، ترقم أطول سلسلة كربونية ابتداء من كربون مجموعة الكربوكسيل ونحدد أرقام مجموعة الأمينو و الألكيلات المتفرعة التي تدخل في تركيب الجزيئة.



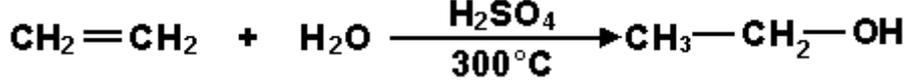
Ion bipolaire zwitterion

## 2. الكربون اللامتماثل

نسمي كربون اللامتماثل ذرة كربون رباعية الواجهه tétraèdre مرتبطة بأربع ذرات أو مجموعة ذرات مختلفة فيما بينها. نرسم للكربون اللامتماثل بـ :  $C^*$



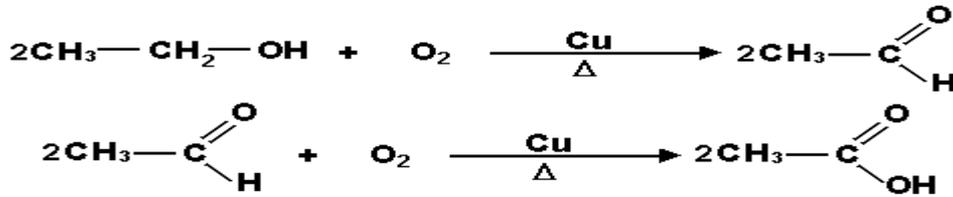
## 3. تحضير الإيثانول و الإيثانال انطلاقا من الإيثين



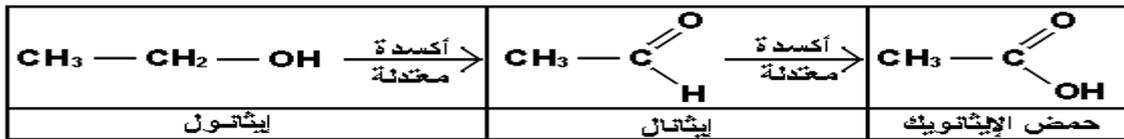
## 4. الأكسدة المعتدلة للكحولات : Oxydation ménagée des alcools

**أ - تعريف :**

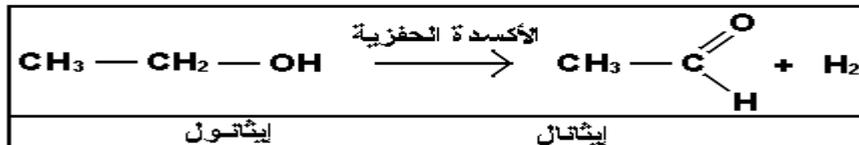
الأكسدة المعتدلة للكحولات هي الأكسدة التي تحدث دون تحطيم الهيكل الكربوني لجزيئة الكحول مثال



\* الأكسدة المعتدلة للإيثانول بالمركبات الأوكسيجينية مثل برمنغنات البوتاسيوم  $\text{KMnO}_4(\text{K}^+\text{MnO}_4^-)$  في محلول حمض أو ثنائي كرومات البوتاسيوم  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(2\text{K}^+\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$  فهي تعطي الإيثانال ( إذا كان المحلول المؤكسد بتفريط : défaut ) وتعطي حمض الإيثانويك ( إذا كان المحلول المؤكسد بإفراط : excès ). كما أن الأكسدة الحفزية بإزالة الهيدروجين تعطي فقط الإيثانال. يمكن تليخيص الأكسدة المعتدلة للإيثانول على الشكل التالي :



يمكن تليخيص الأكسدة الحفزية للإيثانول على الشكل التالي :



## ب - دراسة الأكسدة المعتدلة للإيثانول بمركبات أوكسيجينية :

نستعمل كمركبات أوكسيجينية :

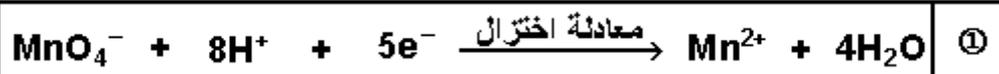
برمنغنات البوتاسيوم :  $\text{KMnO}_4(\text{K}^+\text{MnO}_4^-)$  بنفسجي اللون.

أو

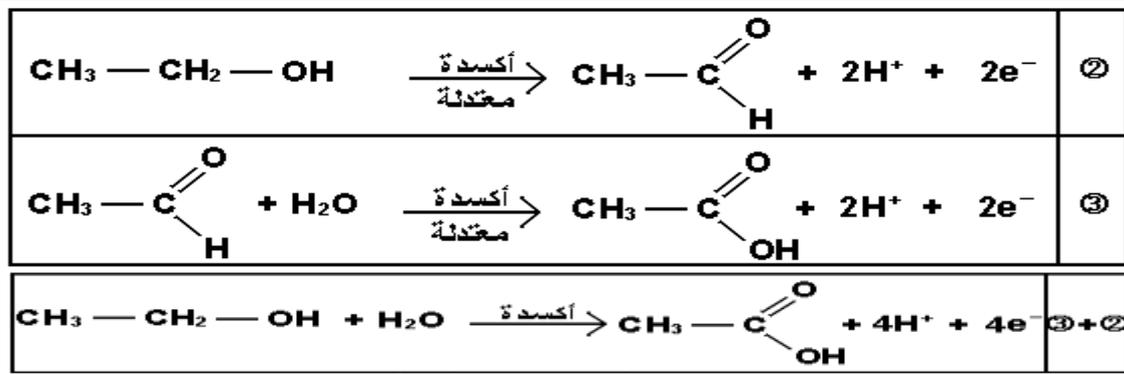
ثنائي كرومات البوتاسيوم :  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(2\text{K}^+\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$  برتقالي اللون

**خلال أكسدة الإيثانول :**

- تتحول الأيونات برمنغنات البنفسجية اللون إلى الأيونات منغنيز العديمة اللون وفق نصف المعادلة التالية :

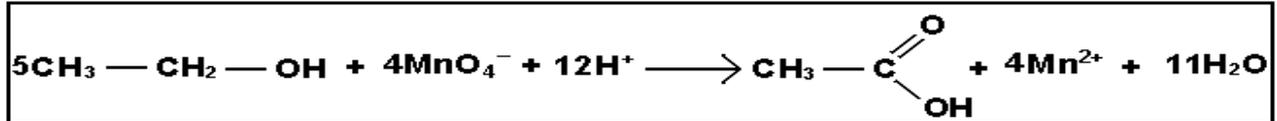


- أما الإيثانول فيتأكسد على النحو التالي :



\* عندما نقرب ورق مبلل بكاشف شيف من الأنبوب، نلاحظ أنه يأخذ لونا ورديا. مما يدل على وجود ألدهيد بالمحلول : إنه البوتانال.

\* يبرز ورق  $pH$  وجود حمض كربوكسيلي هو حمض الإيثانويك.  
نضيف المعادلة  $\varphi$  نحصل على :



**ملحوظة :**

إذا كانت كمية المؤكسد ( $\text{MnO}_4^-$ ) قليلة فإن الأكسدة المعتدلة للإيثانول تؤدي إلى تكون الإيثانال فقط.

**ملحوظة :**

تختلف الأكسدة المعتدلة للكحولات حسب صنفها. ونخلص ذلك في الجدول التالي :

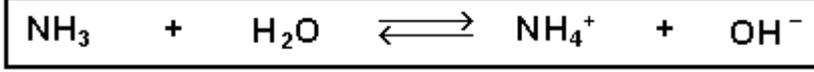
**أهم الجذور أو المجموعات المشتقة**

الجذر أو المجموعة	Groupe dérivé	الصيغة
ألكيل	alkyle	
مثيل	méthyle	$-\text{CH}_3$
إثيل	éthyle	$-\text{CH}_2 - \text{CH}_3$
بروبيل	propyle	$-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
إيزوبروبيل	isopropyle	$-\text{CH} \begin{array}{l} \text{CH}_3 \\ \diagup \\ \text{CH}_3 \end{array}$
بوتيل	butyle	$-\text{CH}_2 - (\text{CH}_2)_2 - \text{CH}_3$
إيزوبوتيل	isobutyle	$-\text{CH}_2 - \text{CH} \begin{array}{l} \text{CH}_3 \\ \diagup \\ \text{CH}_3 \end{array}$
ثلاثي بوتيل	tertiobutyle	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ -\text{C} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
فينيل أو إيثينيل	vinyle ou éthényl	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{C} = \text{C} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
هيدروكسيل	hydroxyle	$-\text{OH}$
فينيل	phényle	$-\text{C}_6\text{H}_5$
نترو	nitro	$-\text{NO}_2$
أمينو	amino	$-\text{NH}_2$
كربونيل	carbonyle	$\text{C} = \text{O}$
كربوكسيل	carboxyle	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \diagdown \\ \text{OH} \end{array}$
أسيل	acyle	$\text{R} - \text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \diagdown \end{array}$

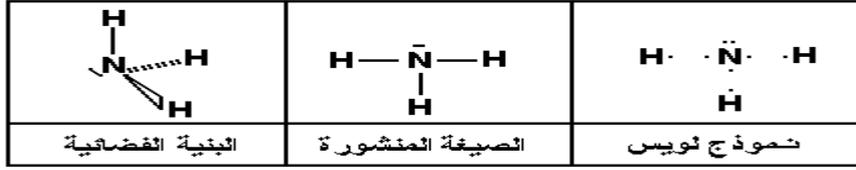
## الأمينات Amines

### I. الأمونياك

يعتبر غاز الأمونياك  $\text{NH}_3$  عند درجة الحرارة العادية  $T=25^\circ\text{C}$  والضغط الجوي  $P=1 \text{ atm}$  عديم اللون، له رائحة خانقة و سريع الذوبان في الماء.



الصيغة المنشورة هي :



البنية الهندسية للأمونياك تكون على شكل هرم. وجود الزوج الإلكتروني لذرة الآزوت هو المسؤول عن الخواص الكيميائية للأمونياك.

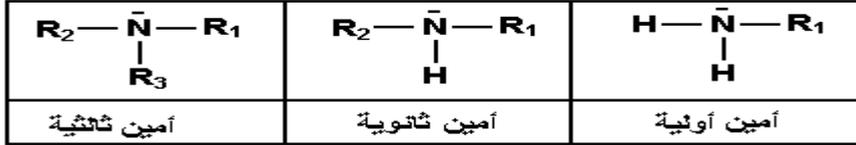
### II. الأمينات

#### 1. II. تعريف :

تنتج الأمينات عن تعويض ذرة هيدروجين أو أكثر في جزيئة الأمونياك بجذر الكيل R، أو جدر أريل Ar ( يحتوي على نواة بنزينية).

#### 2. II. الصيغة العامة للأمينات وأصنافها

تصنف الأمينات إلى ثلاث أصناف حسب المجموعات الكربونية المرتبطة بذرة الآزوت.



#### 3. II. تسمية الأمينات

##### أ - التسمية الشائعة

تسمى الأمينات بإضافة كلمة أمين إلى نهاية أسماء الجذور الألكيلية، وترقم أطول سلسلة كربونية ابتداء من الكربون المتصل مباشرة بذرة الآزوت.

##### ب - التسمية الرسمية

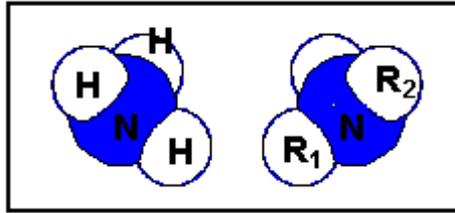
♦ يشتق اسم الأمين الأولية من اسم المركب الهيدروكربوني الذي يطابقها في عدد ذرات الكربون، ويسبق بكلمة أمينو ( اسم الجدر  $-\text{NH}_2$  ) التي يضاف إليها أصغر رقم ممكن يدل على موضع أمينو في السلسلة الكربونية.

♦ بالنسبة للأمينات الثانوية يسبق اسمها بحرف N و اسم جدر الألكيل المرتبط بذرة الآزوت.

♦ بالنسبة للأمينات الثالثة، يسبق اسمها بالحرفين N ، N واسمي الجدرين المرتبطين بذرة الآزوت. **II.**

#### 4. نية الأمينات :

للأمينات بنية هرمية شبيهة ببنية جزيئة الأمونياك.

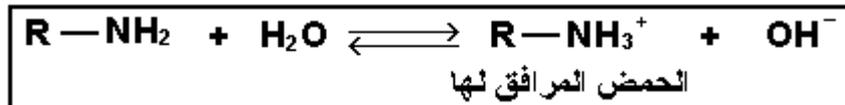


#### III. الخواص الكيميائية للأمينات

وجود الزوج الإلكتروني لذرة الآزوت في جزيئات الأمينات هو المسؤول عن خواصها الكيميائية.

#### 1. III. الميزة القاعدية للأمينات

تعتبر الأمينات قواعد ضعيفة تعطي عند تفككها في الماء أيونات الهيدروكسيد  $\text{OH}^-$  حسب تفاعل محدود يؤدي إلى توازن كيميائي. خلال هذا التفاعل، وجود الزوج الإلكتروني الحر لذرة الآزوت هو الذي يمكن من تثبيت البرتون  $\text{H}^+$  عند كسر جزيئة الماء. فنكتب بالنسبة للأمينات الأولية :

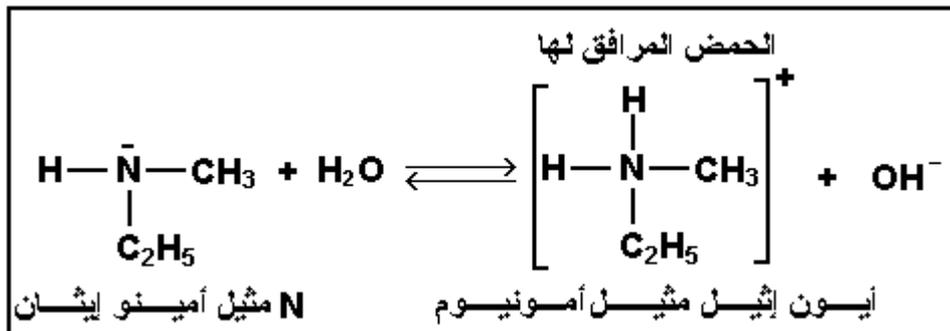


يمكن بشكل مماثل كتابة معادلات التفاعلات لكل من الأمينات الثانوية و الثالثية مع الماء.

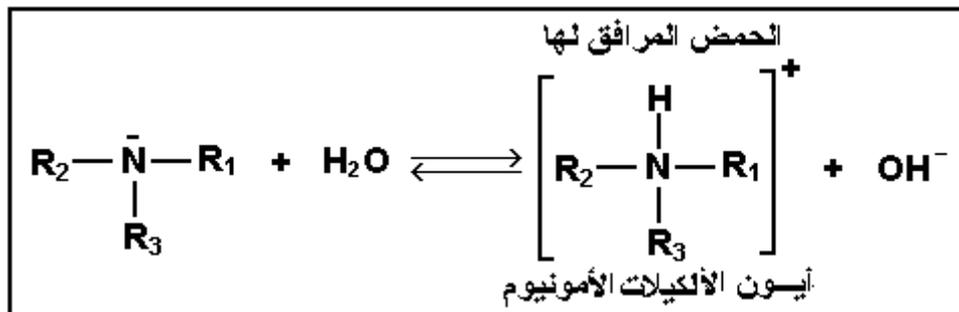
**مثال :**

التسمية الرسمية	التسمية الشائعة	مثال :
أمينو ميثان	مethyl أمين	${}^1\text{CH}_3\text{—NH}_2$
أمينو إيثنان	إثيل أمين	${}^2\text{CH}_3\text{—}{}^1\text{CH}_2\text{—NH}_2$
أمينو-2 بوتان	مethyl-1 بروبييل أمين	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH—NH}_2$   $\text{CH}_3$
N مethyl أمينو إيثنان	إثيل مethyl أمين	$\text{CH}_3\text{—N—CH}_2\text{—CH}_3$   $\text{H}$
N ثلاثي بوتيل أمينو-2 ثنائي مethyl-3، 3 بر وبان	ثلاثي بوتيل ثلاثي مethyl-2، 2، 1 بروبييل أمين	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \qquad \qquad \qquad \text{CH}_3 \\   \qquad \qquad \qquad   \\ \text{CH}_3\text{—C—CH—N—C—CH}_3 \\   \qquad   \qquad   \\ \text{CH}_3 \text{ CH}_3 \text{ H} \qquad \text{CH}_3 \end{array}$
N ، N ثنائي مethyl أمينو-1 بر وبان	ثنائي مethyl بروبييل أمين	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—N—CH}_3$   $\text{CH}_3$
N ، N إثيل مethyl أمينو-1 بر وبان	إثيل مethyl بروبييل أمين	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—N—CH}_2\text{—CH}_3$   $\text{CH}_3$

معادلة ذوبان N مethyl أمينو إيثنان ( أمين ثانوية ) في الماء :



بصفة عامة معادلة ذوبان الأمينات الثالثية في الماء :



### III. 2. الميزة النوكليوفيلية للأمينات :

الزوج الحر الذي تتوفر عليه ذرة الأزوت في الأمينات يجعل هذه الذرة مركزا غنيا بالشحنة الإلكترونية نقول أنه مركز نوكليوفيلي.

أما المراكز التي تفتقر إلى شحنة لإلكترونية تدعى مراكز إلكتروفيلية.

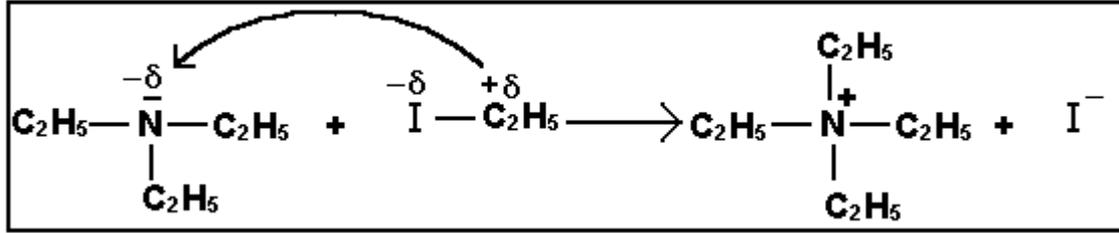
أثناء التفاعلات الكيميائية تتفاعل المراكز النوكليوفيلية مع المراكز الإلكترونية.

### III. 3. تأثير الأمين على المشتق الهالوجيني، تفاعلات هوفمان

#### أ - تأثير ثلاثي مثيل إيثيل الأمين على يودور الإيثيل :

نصب ببطء في محلول كحولي ليودور الإيثيل  $C_2H_5I$  أمينا ثلثية : ثلاثي إيثيل الأمين  $(C_2H_5)_3N$  فنحصل على راسب أبيض الذي يتكون من مركب أيوني هو يودور رباعي إيثيل أمونيوم.

المعادلة الحصيلة للتفاعل هي :



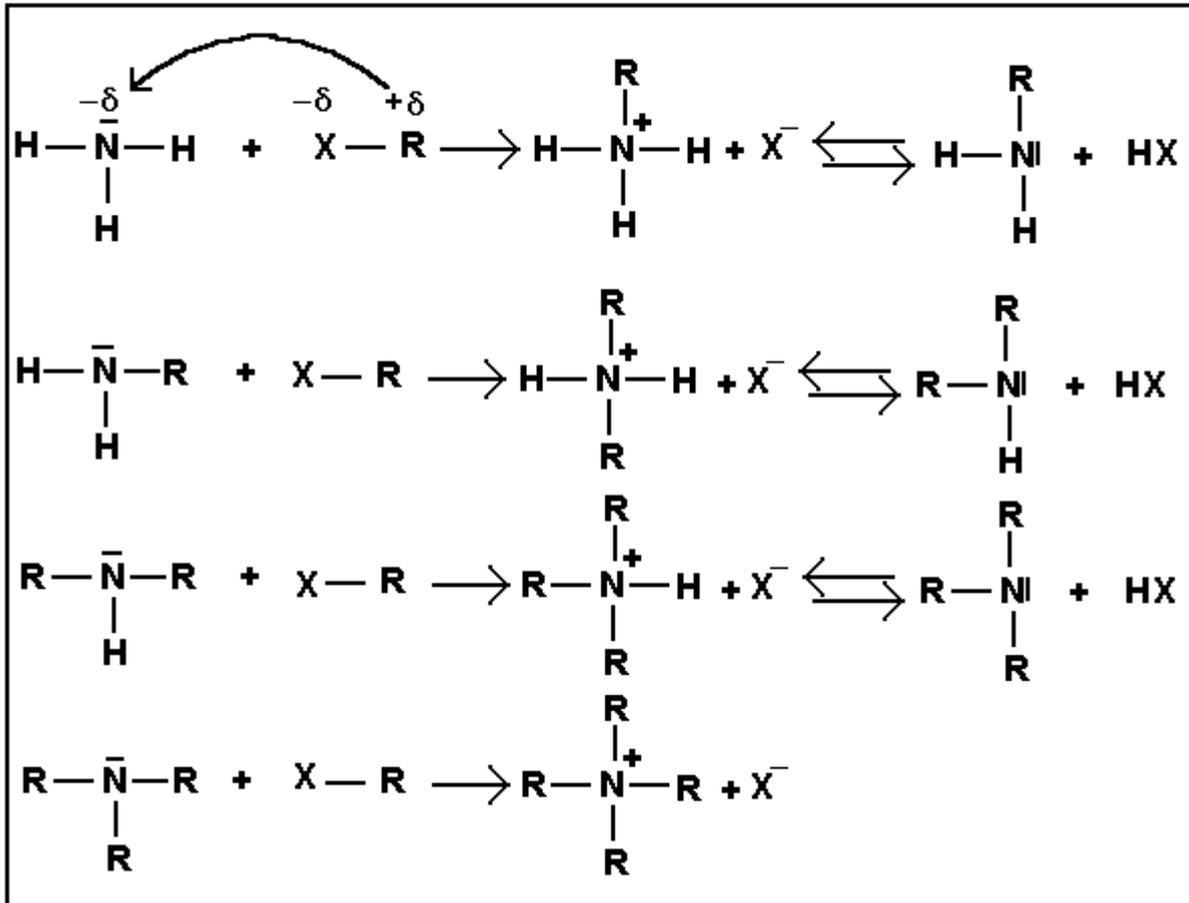
تتعلق تفاعلات هوفمان بتفاعل الأمونياك أو الأمين مع المشتق الهالوجيني  $R - X$  يتم التفاعل على مراحل (متسلسلة هوفمان) إلى أن نحصل على رباعي الكيل الأمونيوم، في آخر التفاعل.

#### بصفة عامة :

تؤثر الأمونياك على هالوجينور الألكيل  $(R - X, X = Cl, Br, I, \dots)$  لتعطي أمينا أولية. وتتفاعل الأمين الأولية (الثانوية) مع هالوجينور الألكيل لتعطي الأمين الثانوية (أو الثالثية)، كما تتفاعل الأمين الثالثية مع هالوجينور الألكيل لتعطي ملح الألكيل أمونيوم الرباعي.

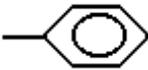
#### ملحوظة :

بالإضافة إلى التفاعلات النوكليوفيلية، يحدث تفاعل حمض قاعدة.



**أهم الحدودر أو المجموعات المشتقة**

الصيغة	Groupe dérivé	الحدور أو المجموعة
--------	---------------	--------------------

	alkyle	ألكيل
$-\text{CH}_3$	méthyle	مثيل
$-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	éthyle	إثيل
$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	propyle	بروبيل
$-\text{CH} \begin{array}{l} \text{CH}_3 \\ \text{CH}_3 \end{array}$	isopropyle	إيزوبروبيل
$-\text{CH}_2-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}_3$	butyle	بوتيل
$-\text{CH}_2-\text{CH} \begin{array}{l} \text{CH}_3 \\ \text{CH}_3 \end{array}$	isobutyle	إيزوبوتيل
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ -\text{C}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	tertiobutyle	ثلاثي بوتيل
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \diagup \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagdown \\ \text{H} \end{array}$	vinyle ou éthényle	فينيل أو إيثينيل
$-\text{OH}$	hydroxyle	هيدروكسيل
	phényle	فينيل
$-\text{NO}_2$	nitro	نترو
$-\text{NH}_2$	amino	أمينو
$\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagdown \end{array}$	carbonyle	كربونيل
$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ -\text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	carboxyle	كربوكسيل
$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{R}-\text{C} \\ \backslash \end{array}$	acyle	أسيل