

# **Fiches technique et théorique**

## **Sommaire**

**I – Les grandeurs indispensables**

**II – Le tableau d'avancement, les conditions stœchiométriques et l'énergie de réaction**

**III – La réactions d'oxydoréduction**

**IV – Les réactions acido-basiques**

**V – Réaliser une dissolution**

**VI – Réaliser une dilution**

**VII – Réaliser un titrage**

**VIII – Réaliser un dosage par étalonnage**

**IX – Brancher un ampèremètre et un voltmètre**

**X – Caractéristique d'un élément électrique**

**XI – Énergie et puissance électriques**

**XII - Réactions nucléaires spontanées**

**XIII – Extraire une espèce chimique d'un liquide**

**XIV – Séparer deux phases liquides**

**XV – Séparer et identifier les constituants d'un mélange**

## I – Les grandeurs indispensables

La **quantité de matière (mol)**  $n(A)$  se calcule à partir :

- de la masse  $m(A)$  en g d'un échantillon,  $M(A)$  est la masse molaire de l'espèce en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;
- d'un volume  $V(A)$  en L d'un échantillon,  $V_m$  est le volume molaire d'un gaz dans les conditions de température et de pression de l'expérience (volume occupé par une mole de gaz) en  $\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

$$n(A) = \frac{m(A)}{M(A)} \qquad n(A) = \frac{V(A)}{V_m}$$

La **concentration molaire d'une solution ( $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )** est la quantité de matière de soluté dissoute par litre de solution.

La **concentration massique d'une solution ( $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )** est la masse de soluté dissoute par litre de solution.

$$C(A) = \frac{n(A)}{V(A)} \qquad Cm(A) = \frac{m(A)}{V(A)} \quad V(A) : \text{volume de solution en L}$$

La **masse volumique**  $\rho$  d'un corps est le rapport de la masse  $m$  de ce liquide sur le volume  $V$  qu'il occupe. Pour les solides :  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$  ou  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , pour les liquides :  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  ou  $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$

La **densité** d'un corps se calcule comme le rapport de deux masses volumiques, celle du corps et celle du corps de référence, l'eau. C'est un nombre sans unité.

Masse volumique de l'eau :  $\rho_e = 1 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1} = 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

$$\rho = \frac{m}{v} \qquad d = \frac{\rho}{\rho_e}$$

La **conductivité**  $\sigma$  ( $\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$ ) d'une solution est liée à la concentration des espèces ioniques en solution, conductrices de l'électricité. Elle se mesure directement à l'aide d'un conductimètre étalonné, muni d'une sonde, en commençant par la solution la plus diluée vers la plus concentrée.

**Attention !** Entre chaque mesure de conductivité, la sonde conductimétrique doit être rincée et séchée.

### Calculer une conductivité

La relation de Kohlrausch permet de déterminer l'expression de la conductivité d'une solution suffisamment diluée :

$$\sigma = \lambda_1 [X_1] + \lambda_2 [X_2] + \lambda_3 [X_3] + \dots = \sum \lambda_i \times [X_i]$$

avec  $[X_1]$  de la concentration en ions  $X_1$  présents dans cette solution en  $\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$

$\lambda_i$  la conductivité molaire ionique de l'ion  $X_i$  en  $\text{S}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}$

**Conversion utile**  $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 10^3 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-3}$

La quantité dans  $1 \text{ m}^3$  est 1000 x plus grande que dans 1 L ( $1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ L}$ ).

Le **rendement**  $r$  d'une réaction chimique se définit comme le rapport de la quantité expérimentale sur la quantité obtenue si la réaction était totale.

## II – Le tableau d'avancement, les conditions stœchiométriques et l'énergie de réaction

Un **réactif** est une espèce qui disparaît au cours de la réaction (sa quantité de matière décroît).

Un **produit** est une espèce qui apparaît au cours de la réaction (sa quantité de matière augmente).

Équation		a A	+ b B	→ c C +	d D
État du système	Avancement de la réaction	$n(A)$	$n(B)$	$n(C)$	$n(D)$
E.I.	$x = 0 \text{ mol}$	$n_i(A)$	$n_i(B)$	$n_i(C) = 0$	$n_i(D) = 0$
E.C.T.	$x$	$n_i(A) - ax$	$n_i(B) - bx$	$cx$	$dx$
E.F.	$x_{\text{max}}$	$n_i(A) - ax_{\text{max}}$	$n_i(B) - bx_{\text{max}}$	$cx_{\text{max}}$	$dx_{\text{max}}$

Les conditions sont stœchiométriques quand les réactifs ont totalement disparu à la fin de la réaction, c'est-à-dire qu'ils sont dans les proportions données par l'équation de réaction :

$$x_{\text{max}} = \frac{n_i(A)}{a} = \frac{n_i(B)}{b}$$

L'**énergie fournie ou reçue lors d'une réaction** (J) est donnée par la relation :  $\Delta E = x_{\text{max}} \times \Delta E_r$   
 $\Delta E_r$  est l'énergie de réaction en  $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$  ; elle peut être  $> 0$  (endothermique) ou  $< 0$  (exothermique).

### III – La réactions d'oxydoréduction

L'**oxydant** est une espèce chimique susceptible de gagner un ou plusieurs électrons.

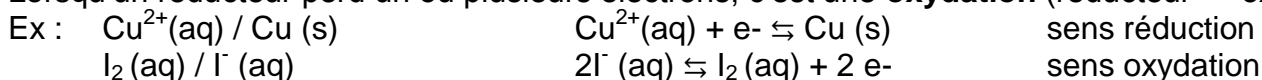
Le **réducteur** est une espèce chimique susceptible de perdre un ou plusieurs électrons.

Quand les deux espèces possèdent un élément commun\*, elles peuvent former un couple **ox/red**. Entre elles, il peut se produire un échange d'électrons modélisé par la **demi-équation du couple**.

\* pas toujours vrai pour les éléments H et O. Donc **vigilance**...

Lorsqu'un oxydant capte un ou plusieurs électrons, c'est une **réduction** (oxydant → réducteur).

Lorsqu'un réducteur perd un ou plusieurs électrons, c'est une **oxydation** (réducteur → oxydant).



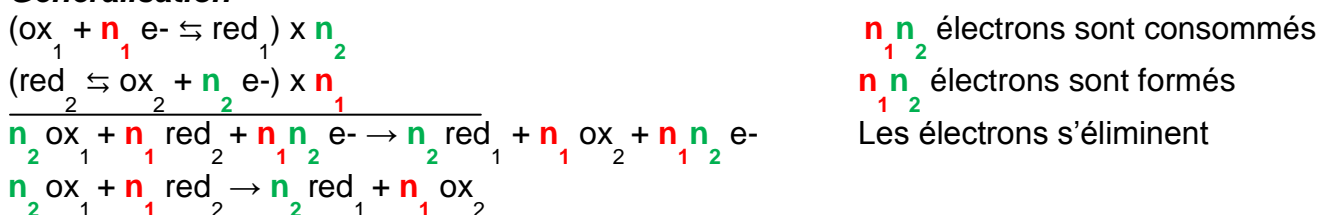
#### Réaction d'oxydoréduction

Elle associe deux réactions simultanées, une oxydation et une réduction, entre l'oxydant d'un premier couple et le réducteur d'un second. Les électrons cédés par le réducteur sont immédiatement captés par l'oxydant soit directement soit en transitant par un circuit extérieur.

L'**équation** modélisant cette réaction s'obtient :

- en écrivant les demi-équations dans le sens dans lequel elles se produisent (une oxydation et une réduction) ;
- en multipliant éventuellement l'une de ses demi-équations pour que le nombre d'électrons captés soit égal à celui des électrons cédés ;
- l'écriture finale de l'équation présente la réaction entre les réactifs, une flèche, les produits formés ; les électrons en sont absents. Ex :  $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

#### Généralisation



**Attention !** Dans le cas de couples contenant les éléments H et O, pour équilibrer la réaction, il faut utiliser  $\text{H}_2\text{O}$  et, en milieu acide,  $\text{H}^+$  et, en milieu basique,  $\text{HO}^-$ . À adapter aux réactions.

### IV – Les réactions acido-basiques

L'**acide** est une espèce chimique susceptible de perdre un ou plusieurs protons  $\text{H}^+$ .

La **base** est une espèce chimique susceptible de gagner un ou plusieurs protons  $\text{H}^+$ .

Quand les deux espèces possèdent une partie commune, elles peuvent former un couple **acide/base**. Entre les deux espèces, il peut se produire un échange de protons  $\text{H}^+$  modélisé par la **demi-équation acido-basique** :  $\text{AH} \rightleftharpoons \text{A}^- + \text{H}^+$

Exemple :  $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$

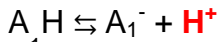
#### Réaction acido-basique

Elle associe deux réactions simultanées entre l'acide d'un premier couple et la base d'un second. Les protons cédés par l'acide sont immédiatement captés par la base.

L'**équation** modélisant cette réaction s'obtient :

- en écrivant les demi-équations dans le sens dans lequel elles se produisent (formation d'une base dans un cas, d'un acide dans l'autre) ;
- l'écriture finale de l'équation présente la réaction entre les réactifs, une flèche, les produits formés ; les protons en sont absents. Ex :  $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

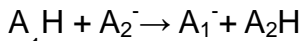
## Généralisation



sens : formation de la base



sens : formation de l'acide



Les électrons s'éliminent

## pH et constante d'acidité

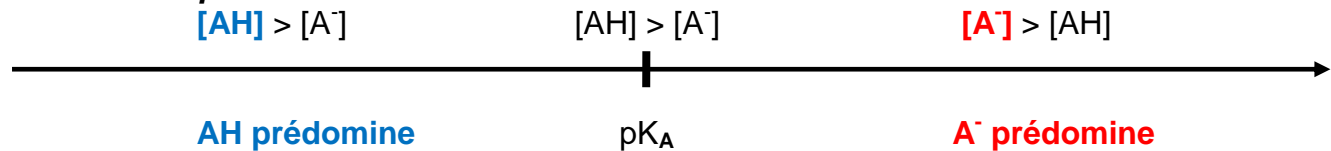
Par définition :  $pH = -\log [H_3O^+]$ , soit  $[H_3O^+] = 10^{-pH}$

Un couple acide base  $AH/A^-$  est caractérisé par sa **constante d'acidité  $K_A$**  définie par :

$$K_A = [H_3O^+] \times [A^-] / [AH]$$

Cette relation peut s'écrire :  $pH = pK_A + \log[A^-] / [AH]$  avec  $pK_A = -\log K_A$

## Domaine de prédominance



## V – Réaliser une dissolution

### Principe

Une dissolution permet d'obtenir une solution de volume  $V_s$  et de concentration  $C_s$  par mélange d'un soluté de masse molaire  $M_s$  dans un solvant.

### Que dissout-on ?

Il est possible de dissoudre des solides, des liquides ou des gaz.

### Le matériel

Il faut :

- une balance tarée avec la coupelle dans le cas des solides ;
- une fiole jaugée de volume  $V_s$  ;
- un entonnoir ;
- une pissette d'eau distillée / permutée ;
- une pipette souple et un bécher d'eau distillée ;
- un bouchon.

### Comment ?

Il faut :

- peser la masse du composé à dissoudre dans le cas des solides ;
- transvaser avec un entonnoir dans la fiole jaugée et bien rincer le matériel ;
- commencer à compléter le volume liquide dans la fiole avec la pissette d'eau distillée ;
- terminer avec la pipette souple en ajustant précisément le bas du ménisque sur le trait de jauge ;
- boucher la fiole et agiter.

### Relation pour calculer la masse à prélever

$$M_s = C_s \times V_s \times M_s$$

**Attention !** Les yeux doivent se situer face au trait de jauge pour ajuster.



## VI – Réaliser une dilution

### Principe

Une dilution permet d'obtenir une solution moins concentrée de volume  $V_f$  et de concentration  $C_f$  à partir d'un volume  $V_0$  d'une solution mère plus concentrée, de concentration  $C_0$ .

### Le matériel

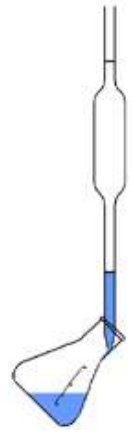
Il faut :

- une pipette jaugée du volume à prélever  $V_0$  ;
- une fiole jaugée de volume  $V_f$  ;
- une pissette d'eau distillée / permutée ;
- une pipette souple et un bécher d'eau distillée ;
- un bouchon.

### Comment ?

Il faut :

- pipeter le volume  $V_0$  en respectant les mêmes règles que pour la fiole plus une (voir attention !)
- transvaser dans la fiole jaugée en plaçant la pointe de la pipette sur la fiole pour obtenir un écoulement continu ;
- commencer à compléter le volume liquide dans la fiole avec la pissette d'eau distillée ;
- terminer avec la pipette souple en ajustant précisément le bas du ménisque sur le trait de jauge ;
- boucher la fiole et agiter.



### Relation pour calculer le volume à prélever dans la solution mère

$$V_0 = C_f \times V_f / C_0$$

**Attention !** Pour ajuster le niveau liquide dans la pipette :

- la pipette doit être verticale ;
- la pointe de cette dernière doit être hors liquide et les yeux face au trait de jauge.

## VII – Réaliser un titrage

### Principe

En chimie, un dosage est l'action qui consiste à déterminer la quantité d'une substance précise présente dans une autre ou dans un mélange.

Le titrage est une technique de dosage qui permet de déterminer la concentration d'une espèce en solution. Le plus souvent, c'est un titrage volumétrique. Cette technique utilise une réaction totale et rapide entre deux espèces, une espèce titrante B placée dans la burette et une espèce à titrer A placée dans un bécher.

À l'**équivalence**, les espèces titrante et titrée sont dans les **conditions stœchiométriques** données par l'équation de réaction.

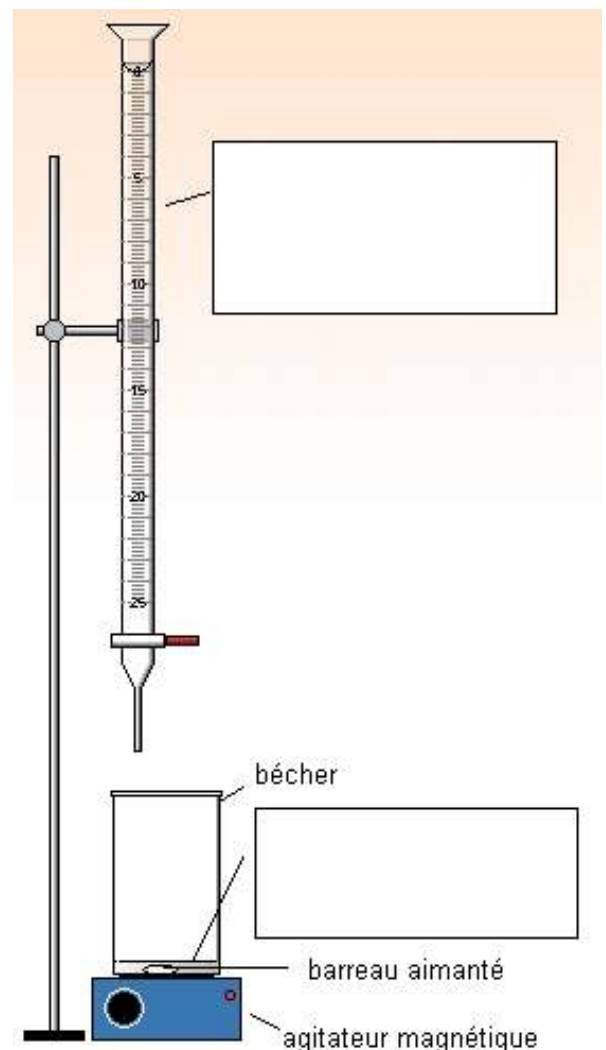
Selon la nature du dosage, l'équivalence peut être repérée par un changement de coloration (**dosage colorimétrique**), un changement de pente dans la courbe  $\sigma = f(V_{\text{versé}})$  (**dosage conductimétrique**).

### Le matériel

Il faut :

- une pipette jaugée du volume à prélever  $V$  ;
- un bécher de volume  $V' \gg V$  ;
- une burette sur son support ;
- un agitateur et un barreau aimanté ;
- bécher de garde, pissette d'eau distillée, papier absorbant.

### Comment ?



Il faut :

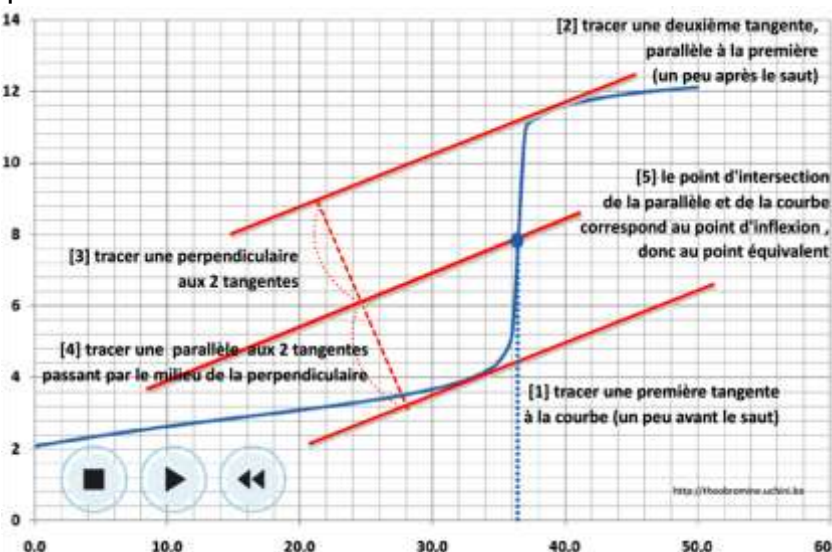
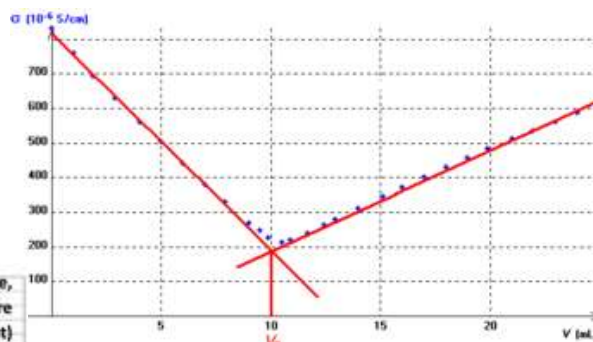
- pipeter le volume  $V$  et le transférer dans le bécher ;
- placer un bécher de garde sous la burette, rincer cette dernière à l'eau distillée puis avec un peu de la solution titrante ;
- remplir la burette avec un bécher contenant la solution titrante ;
- ajuster le zéro, bas du ménisque sur la graduation et yeux face à cette graduation en tournant délicatement le robinet à la base de la burette ;
- remplacer le bécher de garde par le bécher contenant la solution à titrer. Ajouter l'aimant dans ce dernier ;
- placer un papier blanc sous le bécher dans le cas d'un dosage colorimétrique ou plonger la sonde conductimétrique rincée à l'eau distillée dans le bécher dans le cas d'un dosage conductimétrique ;
- mettre en route l'agitation.

### **Dosages rapide puis précis en colorimétrie**

Réaliser un premier dosage en versant la solution titrante mL par mL. Encadrer la valeur de l'équivalence (changement de coloration entre 10 et 11 mL par exemple). Recommencer l'expérience, versez goutte à goutte à partir de 1 mL avant la valeur inférieure de l'encadrement pour déterminer précisément le point d'équivalence. Noter la valeur du volume par lecture sur la burette.

### **Dosage en conductimétrie**

Noter la valeur de  $\sigma$  pour chaque mL versé de solution titrante. Tracer la courbe  $\sigma = f(V_{\text{versé}})$  et l'exploiter pour déterminer le volume équivalent correspondant au point de croisement des deux droites.



### **Dosage pH-métrique**

Noter la valeur du pH pour chaque mL versé de solution titrante. Tracer la courbe  $\text{pH} = f(V_{\text{versé}})$  et l'exploiter pour déterminer le volume équivalent par la méthode des tangentes.

<http://www.uchini.be/theobromine/animations/methode-tangente.swf>

## **VIII – Réaliser un dosage par étalonnage**

### **Réaliser un dosage par étalonnage**

Il consiste à déterminer la concentration d'une espèce en solution en comparant une grandeur physique, caractéristique de la solution, à la même grandeur physique mesurée pour des solutions étalon.

- La grandeur physique peut être l'absorbance, la conductivité électrique, etc.
- La détermination de la concentration se fait soit par lecture sur le graphe de la courbe d'étalonnage, soit par calcul à partir de l'équation modélisant le graphe.
- Le dosage par étalonnage est une méthode non destructive, car elle ne met pas en jeu de réaction chimique.

## Le matériel

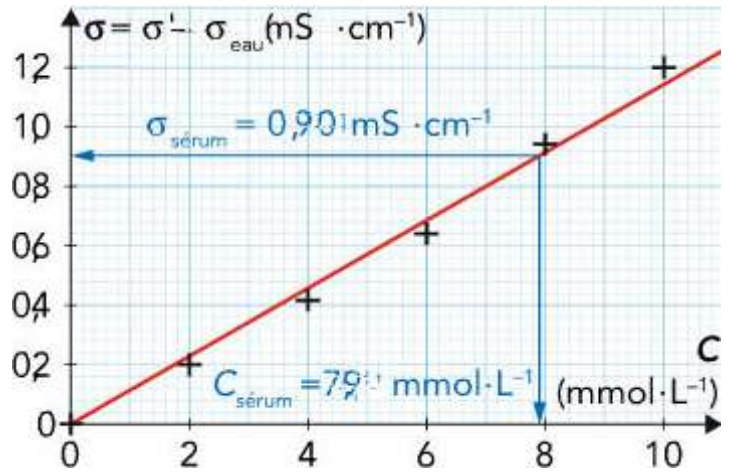
Il faut :

- des échantillons de solutions de concentrations différentes ;
- un conductimètre et sa sonde ou un spectrophotomètre ;
- pissette d'eau distillée, papier absorbant.



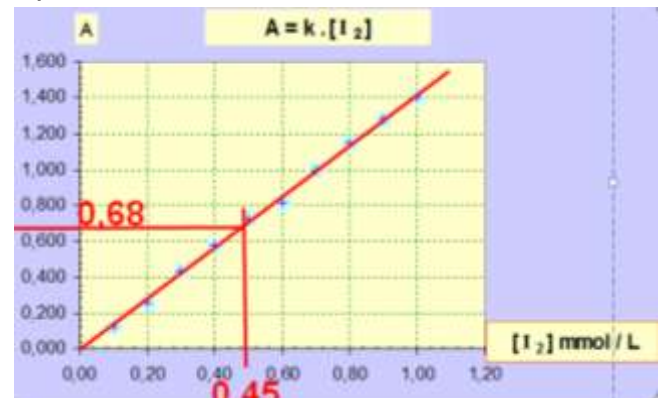
## Dosage par un conductimètre

- La mesure de la conductivité  $\sigma$  de chaque solution permet de tracer la courbe d'étalonnage  $\sigma = f(C)$ .
- Le graphe montre que la conductivité  $\sigma$  est proportionnelle à la concentration  $C$ .
- La mesure de la conductivité de la solution inconnue permet de déterminer sa concentration.
- Cette technique n'est valable que pour des solutions peu concentrées avec un seul soluté.



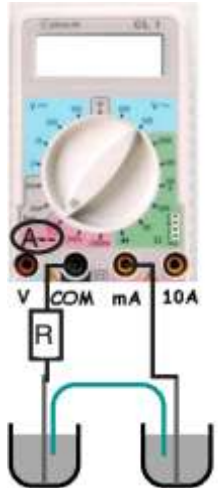
## Dosage spectrophotométrique

- La mesure de l'absorbance de chaque solution permet de tracer la courbe d'étalonnage  $A = f(C)$ .
- Le graphe montre que l'absorbance  $A$  est proportionnelle à la concentration  $C$  (loi de Beer-Lambert  $A = k \times C$ ).
- La mesure de l'absorbance de la solution inconnue permet de déterminer sa concentration.



## IX – Brancher un ampèremètre et un voltmètre

Norme commune : borne COM côté pôle – du générateur pour mesurer une valeur positive.



Un **ampèremètre** mesure de l'intensité du courant dans un circuit (ou une branche de ce circuit) et se branche en série dans ce circuit (ou cette branche).

Un **voltmètre** mesure la tension aux bornes d'un élément électrique se branche en dérivation aux bornes de cet élément.

### Les petits plus

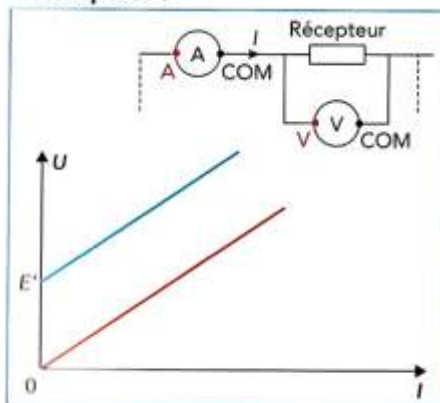
- penser à la sélection du calibre (on commence en général par le plus grand pour avoir un encadrement de la valeur à mesurer, puis on adapte) ;
- vérifier le choix du sélecteur continu ou alternatif ;
- vérifier le branchement A ou V.



## X – Caractéristique d'un élément électrique

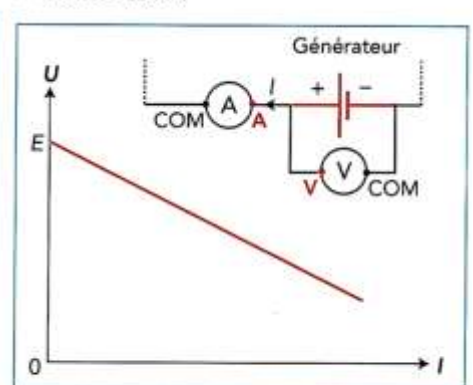
La caractéristique s'obtient en relevant les valeurs conjuguées de  $U$  et de  $I$ , puis en traçant la courbe  $U = f(I)$ . Cette courbe dépend de la nature de l'élément et permet de déterminer les caractéristiques de cet élément. Exemples :  $E$ ,  $E'$ ,  $r$ ,  $r'$  dans les schémas ci-contre.

### • Récepteur :



Conducteur ohmique :  $U = R \cdot I$   
Électrolyseur :  $U = E' + r \cdot I$

### • Générateur :



Générateur :  $U = E - r \cdot I$

## XI – Énergie et puissance électriques, rendement.

La **puissance** électrique  $P$  (W) d'un appareil traversé par un courant d'intensité  $I$  (A), avec une tension à ses bornes  $U$  (V) s'exprime par la relation suivante :  **$P = U \times I$**

L'**énergie électrique**  $E$  (J) consommée ou produite par cet appareil dépend de sa puissance et de sa durée de fonctionnement  $\Delta t$  (s) :  **$E = P \times \Delta t$**

Le **rendement énergétique** se définit comme le rapport de la puissance reçue sur celle fournie :  
 **$r = P_r / P_f$**

## XII – Réactions nucléaires spontanées

Lors d'une désintégration spontanée, un noyau père se désintègre en un noyau fils par émission d'une particule. Cette réaction nucléaire respecte les **conservations de la charge électrique et du nombre de nucléons**.

- la charge du noyau père est égale à la somme des charges des noyaux fils et de la particule émise (nombre de protons) ;
- le nombre de nucléons du noyau père est égal à la somme de nombres de nucléons des noyaux fils et de la particule émise.

Les particules  $\alpha$  sont des noyaux d'hélium  ${}^4_2\text{He}$ .

Les particules  $\beta^-$  sont des électrons  ${}^0_{-1}e$ .

Les particules  $\beta^+$  sont des positons ou positrons  ${}^0_1e$ .

## XIII – Extraire une espèce chimique d'un liquide

**D'où ?** Il est possible d'extraire une espèce chimique d'un liquide.

**Avec quoi ?** Il faut utiliser un solvant extracteur.

### **Comment ?**

Ce solvant doit remplir deux conditions :

- l'espèce à extraire doit être plus soluble dans le solvant extracteur que dans le liquide ;
- le liquide et le solvant ne doivent pas être miscibles (ils forment donc deux phases séparées).

### **Les conditions de sécurité**

De nombreux solvants sont de nature organique et sont obligatoirement à utiliser sous la hotte. Il faut lire avec attention les pictogrammes sur l'étiquette avant toute manipulation.

## XIV – Séparer deux phases liquides

**Avec quoi ?** On utilise une ampoule à décanter.

### **Comment ?**

Les phases aqueuse et organique se placent selon leur densité. Dans la majorité des cas, la phase organique est moins dense que la phase aqueuse et se place au-dessus.

L'ampoule permet d'éliminer la phase inférieure et de récupérer la phase supérieure contenant l'espèce extraite.

Les solvants organiques étant volatils, il suffit donc d'attendre leur évaporation pour récupérer l'espèce à extraire.

## XV – Séparer et identifier les constituants d'un mélange

**Avec quoi ?** On utilise une plaque chromatographique, une cuve et un éluant adapté.

**Remarque :** l'éluant peut être un solvant unique ou un mélange de solvants.





### **Conditions expérimentales**

Elles sont définies par les natures de la plaque et de l'éluant ainsi que la température.

### **Principe**

L'éluant monte par capillarité sur la plaque chromatographique, entraînant avec lui les espèces qui y sont solubles d'autant plus haut que cette solubilité est importante.

*Remarque* : la cuve est fermée pour deux raisons, l'éluant est volatil et la cuve doit être saturée en vapeurs d'éluant.

### **Lecture des résultats**

Dans **les mêmes conditions expérimentales**, deux espèces identiques de la même façon. Donc :

- deux taches au même niveau représentent la même espèce et donc une espèce inconnue peut être identifiée par comparaison avec une espèce pure sur la même plaque ;
- sur deux plaques différentes, le rapport frontal d'une même espèce sera le même.

### **Rapport frontal**

$$R_f(A) = h_A / H$$

avec  $h_A$  : hauteur de migration du milieu de la tache d'une espèce A  
H : hauteur de migration de l'éluant

### **Attention !**

- la ligne de dépôt doit se situer au-dessus du niveau de l'éluant dans la cuve ;
- quand les espèces ne sont pas colorées, le résultat de l'élution doit être révélé autrement (lampe U.V., réaction chimique).