

# Utiliser le logarithme décimal et sa réciproque

## 1 Définition

Soit  $a$  un nombre réel strictement positif ( $a > 0$ ).

Le logarithme décimal de  $a$ , noté  $\log a$ , est l'unique réel  $x$  tel que  $a = 10^x$ .

Réiproquement,  $\log a$  est l'exposant de la puissance de 10 qui donne  $a$ .

$$a = 10^x \text{ équivaut à } x = \log a$$

## 2 Propriétés

$a$  et  $b$  sont des réels strictement positifs.

$$\log 1 = 0$$

$$\log 10 = 1$$

$$\log(10^a) = a$$

$$\log \frac{1}{a} = -\log a$$

$$\log(a \cdot b) = \log a + \log b$$

$$\log \frac{a}{b} = \log a - \log b$$

## 3 Utilisation en chimie

Le pH d'une solution aqueuse, grandeur sans unité, vaut :  $\text{pH} = -\log\left(\frac{[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]}{c^\circ}\right)$  où  $c^\circ = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

et  $[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]$  est la concentration en quantité de matière d'ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  (en  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ).

On a donc :  $[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})] = c^\circ \times 10^{-\text{pH}}$

### EXEMPLE

Si  $[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})] = 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  alors  $\text{pH} = 2$  ;  
pour  $\text{pH} = 8,5$ , on a  $[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})] = 10^{-8,5} = 3,2 \times 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

## 4 Utilisation en physique

Le niveau d'intensité sonore  $L$ , exprimé en dB, est défini par :  $L = 10 \log \frac{I}{I_0}$

où  $I$  est l'intensité sonore (en  $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ) et  $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  le seuil d'audibilité.

On a donc :  $I = I_0 \times 10^{\frac{L}{10}}$ .

### EXEMPLE

Si  $I = 5,9 \times 10^{-7} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  alors le niveau d'intensité sonore associé est  $L = 10 \log \frac{5,9 \times 10^{-7}}{1,0 \times 10^{-12}} = 58 \text{ dB}$  ;

pour un niveau d'intensité sonore  $L = 80 \text{ dB}$ , on a une intensité sonore  $I = 1,0 \times 10^{-12} \times 10^{\frac{80}{10}} = 1,0 \times 10^{-4} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

# Résoudre une équation différentielle linéaire du premier ordre à coefficients constants

## 1 Définition

On appelle équation différentielle linéaire du 1<sup>er</sup> ordre à coefficients constants sans second membre toute équation pouvant s'écrire sous la forme :

$$u' + ku = 0 \text{ ou } \frac{du}{dt} + ku = 0 \text{ où } k \text{ est une constante.}$$

Cette équation fait intervenir une fonction du temps  $u(t)$  et sa dérivée  $u'(t)$ .

Une équation différentielle de ce type admet pour solution la fonction :

$$u(t) = u_0 e^{-kt}$$

où  $u_0$  est une constante déterminée par la condition initiale donnée par l'énoncé ( $u(0) = u_0$ ).

### Note

La notation  $u'$  est utilisée en cours de mathématiques.

La notation  $\frac{du}{dt}$  est utilisée en sciences physiques

( FICHE MÉTHODE 4 ↪ p. 535 ).

### EXEMPLES

- Le nombre de noyaux radioactifs présents dans un échantillon à la date  $t$  vérifie l'équation différentielle  $\frac{dN(t)}{dt} = -\lambda \cdot N(t)$  soit  $\frac{dN}{dt} + \lambda \cdot N(t) = 0$ . Celle-ci admet pour solution  $N(t) = u_0 e^{-\lambda t}$ . À  $t = 0$  s, on a  $N(0) = N_0$ , alors  $u_0 = N_0$  et  $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ .

- L'équation différentielle vérifiée par la tension  $u_c(t)$  aux bornes d'un condensateur dans le cas de sa décharge, qui s'écrit :  $\frac{du_c(t)}{dt} + \frac{1}{RC} u_c(t) = 0$ , admet pour solution  $u_c(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$ .

## 2 Équation avec un second membre constant

L'équation différentielle précédente comporte un second membre constant si elle s'écrit sous la forme :

$$u' + ku = K \text{ ou } \frac{du}{dt} + ku = K \text{ où } k \text{ et } K \text{ sont des constantes.}$$

Une équation différentielle de ce type admet pour solution la fonction :

$$u(t) = U e^{-kt} + u_{\lim} \text{ où } U \text{ et } u_{\lim} \text{ sont des constantes.}$$

La constante  $u_{\lim}$  est la valeur de  $u(t)$  quand  $t$  tend vers l'infini ; la constante  $U$  est déterminée par la condition initiale donnée par l'énoncé ( $u(0) = U + u_{\lim}$ ).

### EXEMPLES

- La loi thermique de Newton est une équation différentielle qui s'écrit  $\frac{dT(t)}{dt} = -\gamma(T - T_{th})$  et dont la solution est :  $T(t) = U e^{-\gamma t} + u_{\lim}$ .

Quand  $t$  tend vers l'infini :  $T = T_{th} = u_{\lim}$ , et à  $t = 0$  s :  $T_0 = U + T_{th}$ , donc  $U = T_0 - T_{th}$  soit  $T(t) = (T_0 - T_{th})e^{-\gamma t} + T_{th}$ .

- L'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes d'un condensateur dans le cas de sa charge par une source idéale de tension s'écrit :  $\frac{du_c(t)}{dt} + \frac{1}{RC} u_c(t) = \frac{E}{RC}$ . Elle admet pour solution  $u_c(t) = E - E \cdot e^{-\frac{t}{RC}} = E \cdot (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$ .

# Résoudre une équation du second degré

## 1 Définition

Une équation du second degré est une équation qui peut s'écrire :

$$ax^2 + bx + c = 0 \text{ où } a, b \text{ et } c \text{ sont des réels, } a \text{ étant non nul.}$$

Son discriminant  $\Delta$  est le nombre  $\Delta = b^2 - 4ac$ .

## 2 Solutions

- Si  $\Delta > 0$

l'équation admet alors deux solutions distinctes :

$$x_1 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a} \text{ et } x_2 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a}$$

*Attention ! il arrive parfois en physique-chimie qu'une seule des 2 solutions ne soit possible.*

- Si  $\Delta = 0$

l'équation a une unique solution :

$$x_0 = -\frac{b}{2a}$$

- Si  $\Delta < 0$

l'équation n'a pas de solution.

## 3 Utilisation en chimie

Lors de l'étude d'un couple acide-base, à partir de la constante d'acidité du couple qui s'écrit

$$K_A = \frac{(c \cdot \tau)^2}{c \cdot (1 - \tau)}$$

on peut obtenir l'équation du second degré suivante :

$$c \cdot \tau^2 + K_A \cdot \tau - K_A = 0$$

Son discriminant vaut  $\Delta = k_A^2 + 4k_A \cdot c$ .

La solution  $\tau = \frac{-k_A + \sqrt{\Delta}}{2 \cdot c}$  étant négative, il n'existe qu'une seule solution donnant le taux

d'avancement final :  $\tau = \frac{-k_A + \sqrt{\Delta}}{2 \cdot c}$ .

# Dériver une fonction

En mécanique, en cinétique chimique et plus généralement dans les équations différentielles, la notion de dérivation de fonction est omniprésente.

## 1 Écriture conventionnelle d'une dérivée

- Exprimer la fonction dérivée d'une fonction  $f$  c'est calculer l'expression mathématique suivante :

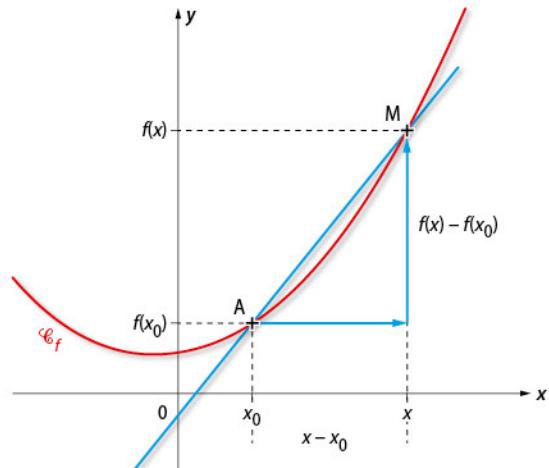
$$f'(x_0) = \lim_{\substack{x \rightarrow x_0 \\ x \neq x_0}} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0}$$

ce qui correspond, graphiquement, au coefficient directeur de la tangente à la courbe représentant  $f(x)$  en  $x_0$  (voir ci-contre).

En sciences physiques, la dérivée de  $f$  par rapport à  $x$  s'écrit  $\frac{df}{dx}$  («  $d$  » signifie différence infinitésimale).

La dérivée seconde de  $f$  par rapport à  $x$  s'écrit :  $\frac{d^2f}{dx^2}$

(la fonction  $f$  est dérivée deux fois de suite par rapport à  $x$ ).



- En sciences physiques, il est fréquent de dériver par rapport au temps. Pour alléger l'écriture, plutôt que d'écrire  $\frac{df}{dt}$  ou  $\frac{d^2f}{dt^2}$ , on utilisera parfois la notation de Newton : respectivement  $\dot{f}$  et  $\ddot{f}$  (qui se lisent «  $f$  point » et «  $f$  point point »).
- Lorsqu'il s'agira de dériver dans l'espace, on utilisera parfois les écritures  $f'$  et  $f''$ , déjà utilisées en cours de mathématiques.

## 2 Quelques exemples « usuels » de dérivation de fonctions en sciences physiques

$f(t)$	$a \cdot t^2$	$a \cdot t$	$a$	$k \cdot \sin(t)$	$k \cdot \cos(t)$	$\ln(t)$	$e^t$
$f'(t)$	$2a \cdot t$	$a$	$0$	$k \cdot \cos(t)$	$-k \cdot \sin(t)$	$\frac{1}{t}$	$e^t$

## 3 Dérivation de vecteurs

La dérivation d'un vecteur est utilisée notamment en mécanique, pour exprimer les vecteurs vitesse et accélération. Si on admet que l'on peut dériver les coordonnées d'un vecteur  $\vec{u}'$ , alors les coordonnées du vecteur  $\vec{u}'$  sont simplement les dérivées des coordonnées du vecteur  $\vec{u}$ .

### EXEMPLE

Si  $\overrightarrow{OM} = x \vec{i} + y \vec{j} + z \vec{k}$  alors  $\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt} = \frac{dx}{dt} \vec{i} + \frac{dy}{dt} \vec{j} + \frac{dz}{dt} \vec{k} = \dot{x} \vec{i} + \dot{y} \vec{j} + \dot{z} \vec{k}$

# Représentation paramétrique d'une courbe

## 1 Comment établir les équations horaires du mouvement d'un système ?

Pour décrire le mouvement d'un système, on exprime ses vecteurs position  $\vec{OM}(t)$  et vitesse  $\vec{v}(t)$  dans un repère. Les équations des coordonnées de  $\vec{OM}(t)$  et  $\vec{v}(t)$  sont appelées **équations horaires** ; ce sont des équations **paramétriques fonction du temps t**.

### Quel repère utiliser ?

(Si le repère n'est pas imposé). Choisir un repère cartésien ( $O, x, y, z$ ) direct tel que l'axe  $z$  soit vertical et que le vecteur vitesse initiale  $\vec{v}_0$  ait au moins une composante nulle selon l'un des axes  $Ox$  ou  $Oy$ . Choisir la position initiale du système en tant qu'origine  $O$  du repère.

### Équations horaires du vecteur vitesse $\vec{v}(t)$

1. Appliquer la 1<sup>re</sup> ou la 2<sup>e</sup> loi de Newton dans un **référentiel galiléen** et exprimer le vecteur accélération  $\vec{a}(t)$ .
2. Écrire dans le repère cartésien les expressions des coordonnées du vecteur  $\vec{a}(a_x, a_y, a_z)$ .
3. Écrire la 1<sup>re</sup> équation différentielle :  $\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}}{dt}$ . Par **intégration**, exprimer  $\vec{v}$  en un jeu de trois  **primitives**   $v_x(t), v_y(t)$  et  $v_z(t)$  définies chacune à une constante près.
4. Utiliser les **conditions** de l'énoncé pour identifier chaque constante : le plus souvent à partir des coordonnées du vecteur vitesse initial  $\vec{v}_0$  obtenues par projection.

5. Écrire l'expression finale des coordonnées de  $\vec{v}(t)$  dans le repère.

### Équations horaires du vecteur position $\vec{OM}(t)$

6. Écrire la 2<sup>de</sup> équation différentielle :

$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{OM}}{dt}$$

7. Par une 2<sup>de</sup> intégration, exprimer les coordonnées de  $\vec{OM}(t)$  en trouvant un jeu de trois primitives  $x(t), y(t)$  et  $z(t)$  définies chacune à une constante près.
8. Utiliser les **conditions** de l'énoncé pour déterminer chacune des constantes : le plus souvent la **position initiale** de coordonnées  $x(0), y(0)$  et  $z(0)$ .
9. Écrire l'expression finale des coordonnées  $x(t), y(t)$  et  $z(t)$  du vecteur position  $\vec{OM}(t)$  dans le repère.

## 2 Comment déterminer une primitive ?

Dérivée	$\frac{df}{dt} = 0$	$\frac{df}{dt} = D$ (avec $D$ constante)	$\frac{df}{dt} = F \cdot t$ (avec $F$ constante)
Primitive	$f(t) = C$ (avec $C$ constante)	$f(t) = D \cdot t + E$ (avec $E$ constante)	$f(t) = \frac{1}{2} \cdot F \cdot t^2 + G$ (avec $G$ constante)

## 3 Comment utiliser la représentation paramétrique d'une courbe ?

Selon l'énoncé, il faut :

- à partir des équations horaires  $x(t), y(t)$  ou  $z(t)$ , « éliminer » la variable  $t$  en faisant une substitution dans l'une des équations pour établir l'**équation de la courbe trajectoire** en fonction de  $x, y$  ou  $z$  ;
- résoudre l'équation  $z(t) = h$  pour déterminer l'instant  $t$  auquel le système atteint l'**altitude h**. Puis en déduire la position correspondante de coordonnées  $x(t), y(t)$  ou  $z(t)$  ;
- résoudre l'équation  $v_z(t) = 0$  pour déterminer l'**instant t correspondant au sommet de la trajectoire**. Puis obtenir les caractéristiques du mouvement en ce point à l'aide des expressions  $\vec{OM}(t)$  et  $\vec{v}(t)$ .

# Utiliser les puissances de 10 et la notation scientifique

Pour exprimer les dimensions des objets infiniment petits (comme l'atome) ou infiniment grands (comme une galaxie), on a recours aux puissances de 10.

## 1 Multiples et sous-multiples des unités

On peut traduire les puissances de 10 par des multiples et des sous-multiples des unités du Système international.

**EXEMPLE** Multiples et sous-multiples du mètre.

Préfixe	Symbol	Puissance de 10
tera	T	$\times 10^{12}$
		$\times 10^{11}$
		$\times 10^{10}$
giga	G	$\times 10^9$
		$\times 10^8$
		$\times 10^7$
méga	M	$\times 10^6$
		$\times 10^5$
		$\times 10^4$
kilo	k	$\times 10^3$
hecto	h	$\times 10^2$
déca	da	$\times 10^1$
		$\times 10^0$
déci	d	$\times 10^{-1}$
centi	c	$\times 10^{-2}$
milli	m	$\times 10^{-3}$
		$\times 10^{-4}$
		$\times 10^{-5}$
micro	$\mu$	$\times 10^{-6}$
		$\times 10^{-7}$
		$\times 10^{-8}$
nano	n	$\times 10^{-9}$
		$\times 10^{-10}$
		$\times 10^{-11}$
pico	p	$\times 10^{-12}$
		$\times 10^{-13}$
		$\times 10^{-14}$
femto	f	$\times 10^{-15}$

Unité	Symbol	Conversion en m	
téramètre	Tm	$\times 10^{12}$ m	1 000 000 000 000 m
		$\times 10^{11}$ m	100 000 000 000 m
		$\times 10^{10}$ m	10 000 000 000 m
gigamètre	Gm	$\times 10^9$ m	1 000 000 000 m
		$\times 10^8$ m	100 000 000 m
		$\times 10^7$ m	10 000 000 m
mégamètre	Mm	$\times 10^6$ m	1 000 000 m
		$\times 10^5$ m	100 000 m
		$\times 10^4$ m	10 000 m
kilomètre	km	$\times 10^3$ m	1 000 m
hectomètre	hm	$\times 10^2$ m	100 m
décamètre	dam	$\times 10^1$ m	10 m
mètre	m	$\times 10^0$ m	1 m
décimètre	dm	$\times 10^{-1}$ m	0,1 m
centimètre	cm	$\times 10^{-2}$ m	0,01 m
millimètre	mm	$\times 10^{-3}$ m	0,001 m
		$\times 10^{-4}$ m	0,000 1 m
		$\times 10^{-5}$ m	0,000 01 m
micromètre	$\mu$ m	$\times 10^{-6}$ m	0,000 001 m
		$\times 10^{-7}$ m	0,000 000 1 m
		$\times 10^{-8}$ m	0,000 000 01 m
nanomètre	nm	$\times 10^{-9}$ m	0,000 000 001 m
		$\times 10^{-10}$ m	0,000 000 000 1 m
		$\times 10^{-11}$ m	0,000 000 000 01 m
picomètre	pm	$\times 10^{-12}$ m	0,000 000 000 001 m
		$\times 10^{-13}$ m	0,000 000 000 000 1 m
		$\times 10^{-14}$ m	0,000 000 000 000 01 m
femtomètre	fm	$\times 10^{-15}$ m	0,000 000 000 000 001 m

## 2 Écriture scientifique d'un nombre

En écriture scientifique, tout nombre s'écrit comme le produit d'un nombre compris entre 1 et 10 (10 exclu) et d'une puissance de 10.

**EXEMPLE** L'écriture scientifique du nombre 0,000 027 est  $2,7 \times 10^{-5}$ .

$a \times 10^n$  avec  $1 \leq a < 10$  et  $n$  entier positif ou négatif

# Exprimer les incertitudes de mesure



## 1 Écrire un résultat de mesure

### a. Variabilité d'une mesure physique

Une mesure ne peut jamais conduire à une valeur vraie, rigoureusement certaine, mais seulement à des valeurs approchées. On parle de **variabilité** ou de **dispersion** d'une mesure.

Pour évaluer la dispersion d'une mesure, on utilise une grandeur appelée **incertitude-type**. Elle traduit le doute qui existe entre le résultat de cette mesure et la valeur vraie.

L'incertitude-type définit un **interval** dans lequel la valeur « vraie » se trouve probablement.

L'incertitude-type est généralement notée  $u$  et elle est arrondie en conservant généralement 1 chiffre significatif. Le résultat de la mesure est alors arrondi à la même décimale.

### b. Valeur mesurée et valeur de référence

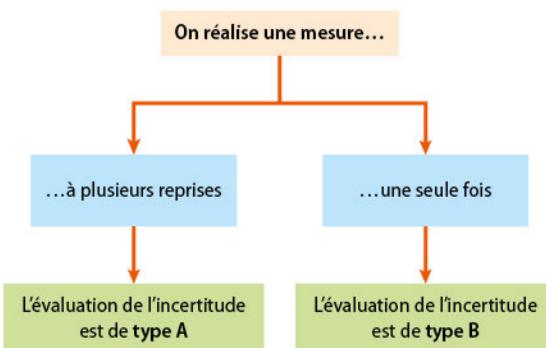
Lorsque l'on dispose du résultat  $x_{\text{mes}}$  d'une mesure et de son incertitude-type  $u(x)$ , il est possible de comparer ce résultat à une valeur de référence  $x_{\text{ref}}$ . Cette valeur peut être par exemple prévue théoriquement, indiquée par le fabricant ou extraite de travaux scientifiques.

Pour comparer quantitativement ces valeurs, on calcule le rapport  $Q$  suivant :

$$Q = \frac{|x_{\text{mes}} - x_{\text{ref}}|}{u(x)}$$

À partir de ce calcul on pourra dire que la valeur mesurée et la valeur de référence sont compatibles à  $Q \cdot u(x)$  près.

### c. Deux méthodes d'évaluation de l'incertitude-type



## 2 Exploiter une série de plusieurs mesures : évaluation de type A

### a. Série de mesures

La variabilité d'une mesure apparaît lorsque l'on répète plusieurs fois la mesure d'une même grandeur dans les mêmes conditions expérimentales.

#### EXEMPLE

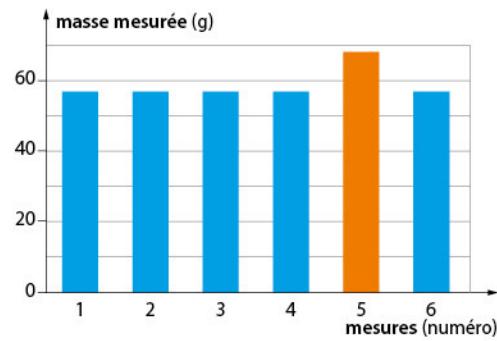
Si l'on mesure à plusieurs reprises la masse d'un échantillon, le résultat affiché par la balance peut varier. Cela s'explique par de nombreux paramètres :  
 - fonctionnement de l'instrument,  
 - position de l'échantillon sur le plateau,  
 - limite de l'affichage,  
 - température de la pièce,  
 - etc.

Mesure n°	1	2	3	4	5	6
Masse (g)	57,2	57,2	56,8	57,4	58,2	57,0

### b. Analyse qualitative : l'histogramme

À l'aide d'un tableur, on illustrera la variabilité d'une mesure en réalisant un **histogramme**. Un histogramme donne la fréquence d'occurrence pour chaque valeur mesurée. Il permet de se rendre compte de l'ampleur de la dispersion des valeurs des mesures effectuées.

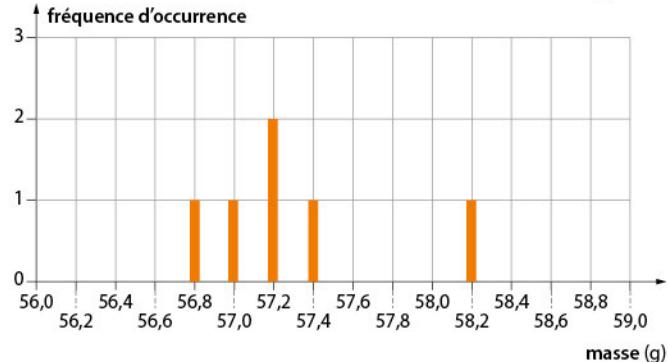
Quand un résultat dans une série de mesures est très éloigné des autres, on dit qu'il est aberrant. Il devra être écarté afin de réduire la dispersion.



**EXEMPLE**

Dans l'exemple précédent, les mesures sont assez peu dispersées sauf la mesure n° 5.

On dira que le résultat de la mesure n° 5, qui est très éloigné des autres, est aberrant.

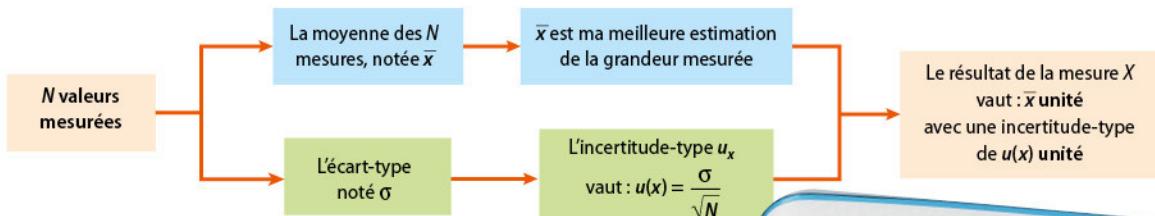


Il est souvent possible de réduire la dispersion des mesures :

- en respectant les règles d'utilisation optimale de l'instrument ;
- en utilisant un instrument de mesure plus performant ;
- en améliorant la précision du protocole expérimental.

**a. Calculer l'incertitude-type sur une série de mesures**

Lorsque l'on réalise plusieurs mesures d'une même grandeur, il est possible de calculer la meilleure estimation du résultat ainsi que la valeur de l'incertitude-type associée. Pour cela, on utilise les outils statistiques des calculatrices scientifiques de la façon suivante :



Au lycée, on écrit les incertitudes en respectant les règles suivantes :

- l'incertitude-type d'une mesure est écrite avec **un ou deux chiffres significatifs** ;
- l'incertitude-type est **arrondie**, par excès, **à la même décimale que la valeur mesurée**.

**EXEMPLE**

Sur l'exemple précédent où l'on mesure une masse  $m$ , on a conservé cinq valeurs. On a donc  $N = 5$ .

On calcule la moyenne  $\bar{m}$  et l'écart-type expérimental  $s_m$  en utilisant le menu statistique de la calculatrice (figure ci-contre) :

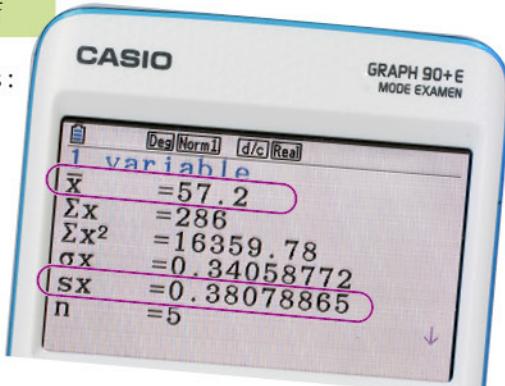
$$\bar{m} = 57,2 \text{ et } s_m = 0,38078\dots$$

On calcule l'incertitude-type :

$$u(m) = \frac{s_m}{\sqrt{N}}$$

$$\text{soit } u(m) = \frac{0,38078}{\sqrt{5}} = 0,17029\dots$$

On écrit le résultat final : la masse vaut  $m = 57,2 \text{ g}$  avec une incertitude-type de  $0,2 \text{ g}$ .

**VERS L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR...**

Dans le domaine scientifique, les incertitudes sont généralement données pour garantir un niveau de confiance se rapprochant de 100 %. Pour atteindre cet objectif, les incertitudes-types  $u_X$  sont remplacées par les **incertitudes élargies  $U(X)$** .

Ces deux grandeurs sont reliées par un coefficient  $k$  appelé coefficient de Student :

$$U(X) = k \times u(X)$$

Pour un niveau de confiance de 95 %,  $k = 2$ .

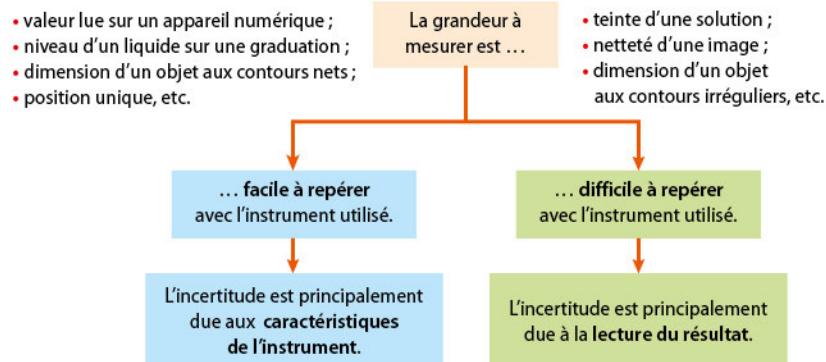


### 3 Exploiter une mesure unique : évaluation de type B

#### a. Principales sources d'incertitude sur le résultat d'une mesure

Dans de nombreuses activités expérimentales, il n'est pas possible de réaliser plusieurs fois la mesure d'une grandeur pour observer sa variabilité. Par exemple, lorsqu'on ne dispose pas de matériel suffisant ou quand la réalisation d'une mesure demande trop de temps pour être répétée.

Dans ces conditions, il faut se contenter d'une mesure unique de la grandeur étudiée pour laquelle il est néanmoins possible d'obtenir une estimation d'une incertitude-type. Deux cas sont possibles dans les activités expérimentales du lycée :



#### b. Évaluer l'incertitude-type lorsque la grandeur est facile à repérer

Souvent, la grandeur mesurée est suffisamment nette et stable pour être repérée sans difficulté. Dans ce cas, on considère que l'incertitude sur la mesure est principalement due à la précision avec laquelle l'instrument permet de lire le résultat.

En première approximation, il est donc possible d'estimer l'incertitude type de la façon suivante :

Pour un **instrument gradué** (règle, thermomètre, pipette, etc.), l'utilisateur identifie la plus petite graduation visible.

L'incertitude-type est égale à la moitié de la plus petite graduation visible :

$$u = \frac{\text{graduation}}{2}$$

Pour un instrument à **affichage numérique** (multimètre, conductimètre, balance, etc.), on identifie le dernier chiffre affiché (digit).

L'incertitude-type est égale à la moitié du dernier chiffre affiché :

$$u = \frac{\text{digit}}{2}$$

#### c. Évaluer l'incertitude-type lorsque la grandeur est difficile à repérer

Lors de la réalisation d'expériences, il est courant de ne pas pouvoir donner un résultat unique pour une mesure. Par exemple, lorsque la valeur affichée par l'instrument varie ou quand la grandeur mesurée n'a pas de limites nettes, etc. Il est alors seulement possible d'estimer **un intervalle** dans lequel le résultat se trouve très probablement.

Dans ce cas, on considère que l'incertitude est principalement due à l'impossibilité de l'observateur à réduire cet intervalle.

En première approximation, il est donc possible d'estimer l'incertitude-type de la façon suivante :

• L'utilisateur identifie la valeur la plus petite  $X_{\min}$  et la plus grande  $X_{\max}$  entre lesquelles le résultat de la mesure peut être raisonnablement encadré.

• Le **résultat X** de la mesure est égal au milieu de l'intervalle :

$$X = \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2}$$

• L'incertitude-type  $u(x)$  est égale à la moitié de la largeur de l'intervalle :

$$u(x) = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{2}$$

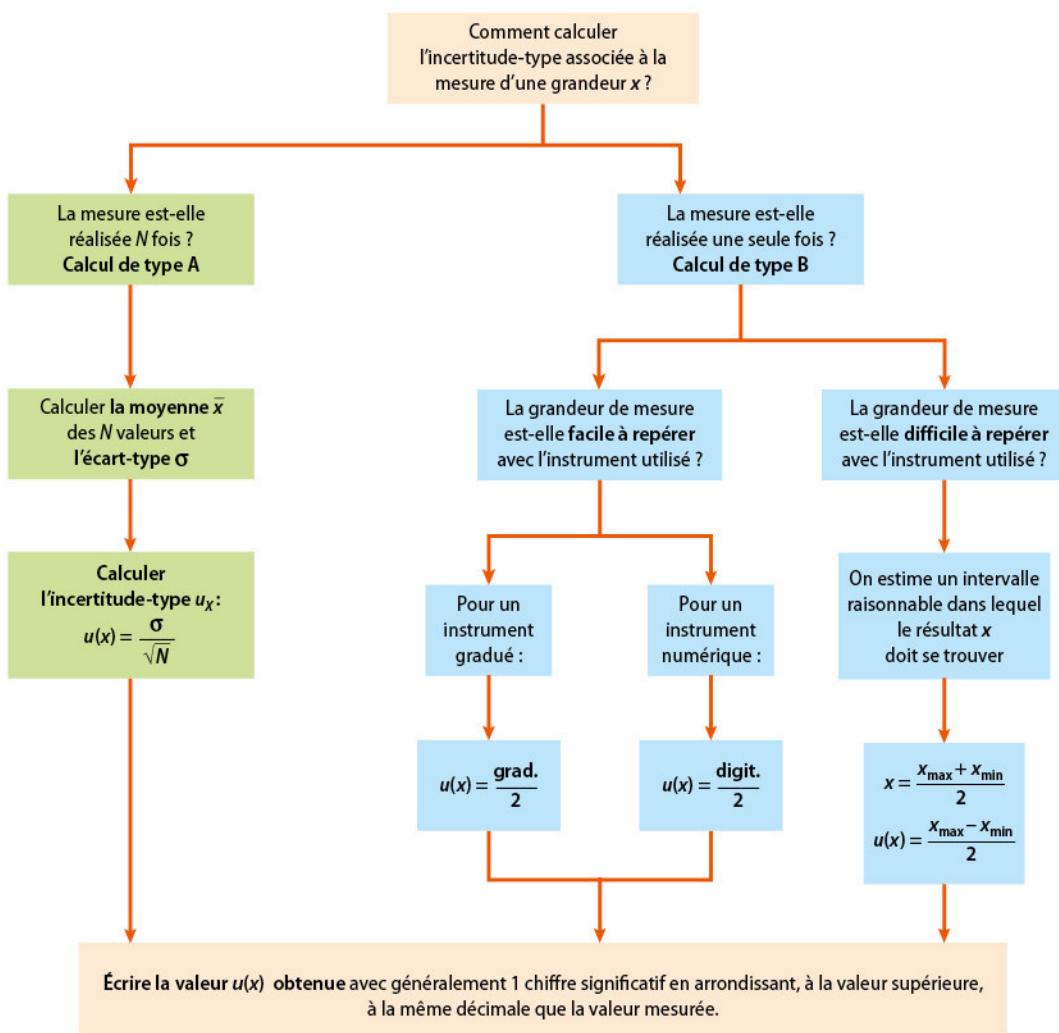


#### 4 Incertitudes-types composées

Lorsqu'une grandeur est déterminée par un calcul à partir d'autres grandeurs mesurées, son incertitude-type se calcule de la manière suivante :

La grandeur $X$ se calcule ...	Calcul de l'incertitude-type
... comme la somme algébrique de grandeurs $A$ et $B$ : $X = A \pm B$	Pour une somme ou une différence les carrés des incertitudes-types s'ajoutent. $u(x)^2 = u(A)^2 + u(B)^2$
... comme le produit ou le quotient de grandeurs $A$ , $B$ et $C$ : $X = \frac{A \cdot B}{C}$	Pour un produit ou un quotient les carrés des incertitudes-types divisées par la valeur s'ajoutent. $\left(\frac{u(x)}{x}\right)^2 = \left(\frac{u(A)}{A}\right)^2 + \left(\frac{u(B)}{B}\right)^2 + \left(\frac{u(C)}{C}\right)^2$

#### 5 Pour réussir à calculer une incertitude-type





# Gérer les chiffres significatifs et la notation scientifique

**En physique, toute grandeur numérique est une grandeur mesurée. Cette mesure est effectuée avec une certaine précision. Cela a une conséquence sur l'écriture du résultat.**

## 1 Nombre de chiffres significatifs

Le nombre de chiffres significatifs indique la précision d'une mesure. Les chiffres significatifs sont les chiffres connus avec certitude et le premier chiffre incertain.

### EXEMPLE

La mesure « 1,32 m » comporte 3 chiffres significatifs. Les chiffres 1 et 3 sont connus avec certitude. Le chiffre 2 est incertain.

## 2 Particularité du « zéro »

Lorsque le premier chiffre de gauche est un zéro, ce zéro n'est pas significatif.

Lorsque le dernier chiffre de droite est un zéro, ce zéro est significatif.

### EXEMPLE

La mesure « 0,42 m » ne comporte que 2 chiffres significatifs.

La mesure « 2,30 m » comporte 3 chiffres significatifs.

## 3 Calcul et chiffres significatifs

### a. Multiplication et division

Le résultat d'une multiplication ou d'une division a autant de chiffres significatifs que la mesure la moins précise utilisée dans le calcul.

### EXEMPLE

On donne une vitesse  $v$  et une distance parcourue  $d$ :  $v = 3,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;  $d = 10,2 \text{ m}$ .

$$\text{La durée du déplacement s'écrit : } \Delta t = \frac{d}{v}$$

$d$  est connu avec 3 chiffres significatifs ;  $v$ , avec seulement 2 chiffres significatifs. La mesure la moins précise est celle de  $v$ .

Le résultat de  $\Delta t$  ne sera donc donné qu'avec 2 chiffres significatifs :  $\frac{10,2}{3,2} = 3,1875$ , que l'on arrondit donc à 3,2 :  $\Delta t = 3,2 \text{ s}$ .

### b. Addition et soustraction

Le résultat d'une addition ou d'une soustraction a autant de décimales que la mesure présente dans le calcul qui en a le moins.

### EXEMPLE

On donne deux longueurs  $L = 23,12 \text{ m}$  et  $\ell = 0,821 \text{ m}$ . La mesure qui a le moins de décimales est 23,12 (2 décimales).

$$L - \ell = 23,12 - 0,821 = 22,299, \text{ que l'on arrondit donc à } 22,30 : L - \ell = 22,30 \text{ m.}$$

## 4 La notation scientifique

- La notation scientifique consiste à exprimer un nombre sous la forme :

$$a \times 10^b \quad \text{avec } 1 \leq a < 10 \quad \text{et } b \text{ entier relatif non nul}$$

### EXEMPLE

En notation scientifique, 0,0025 s'écrit :  $2,5 \times 10^{-3}$ .

- $a$  doit être compris entre 1 (inclus) et 10 (exclu).

### EXEMPLE

La valeur 1,5 est déjà une notation scientifique. On n'écrira pas :  $1,5 \times 10^0$ .

- Pour exprimer un nombre en puissance de 10, la relation mathématique suivante peut être utile :

$$10^n \times 10^m = 10^{n+m}$$

### EXEMPLE

Pour convertir 100 mm en m et utiliser la notation scientifique, on écrit :

$$100 \text{ mm} = 1 \times 10^2 \text{ mm} = 1 \times 10^2 \times 10^{-3} \text{ m} = 1 \times 10^{-1} \text{ m}$$

- Dans l'écriture scientifique  $a \times 10^b$ , c'est le nombre de chiffres de  $a$  qui donne le nombre de chiffres significatifs.

### EXEMPLE

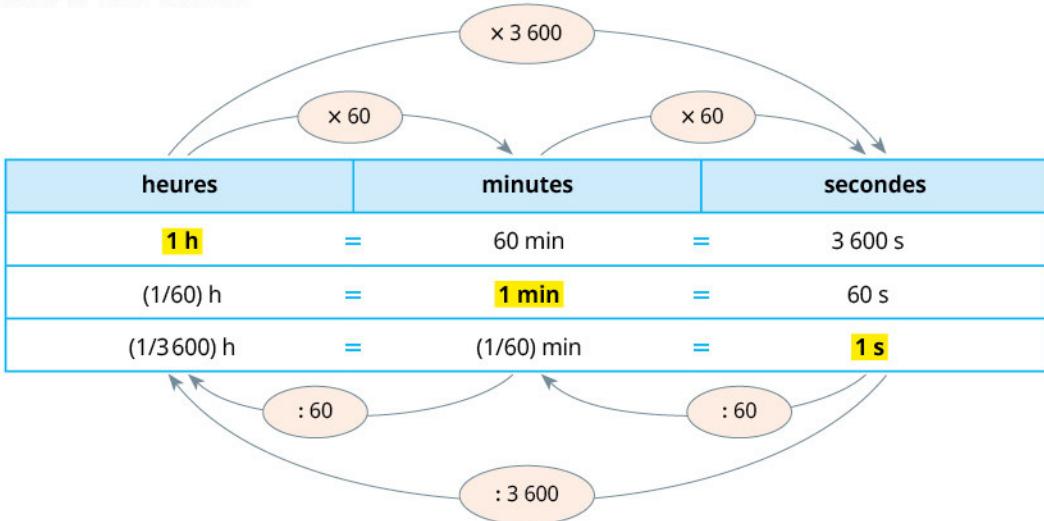
$3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  comporte 3 chiffres significatifs.

# Convertir des grandeurs

## 1 Convertir des volumes

mètre cube			décimètre cube			centimètre cube			millimètre cube		
m <sup>3</sup>			dm <sup>3</sup>			cm <sup>3</sup>			mm <sup>3</sup>		
100	10	1	100	10	1	100	10	1	100	10	1
									1 000 mm <sup>3</sup>	100 mm <sup>3</sup>	10 mm <sup>3</sup>
					1 000 cm <sup>3</sup>	100 cm <sup>3</sup>	10 cm <sup>3</sup>	1 cm <sup>3</sup>	0,1 cm <sup>3</sup>	0,01 cm <sup>3</sup>	0,001 cm <sup>3</sup>
		1 000 dm <sup>3</sup>	100 dm <sup>3</sup>	10 dm <sup>3</sup>	1 dm <sup>3</sup>	0,1 dm <sup>3</sup>	0,01 dm <sup>3</sup>	0,001 dm <sup>3</sup>			
100 m <sup>3</sup>	10 m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup>	0,1 m <sup>3</sup>	0,01 m <sup>3</sup>	0,001 m <sup>3</sup>						
			hectolitre	décalitre	litre	décilitre	centilitre	millilitre			
			hL	daL	L	dL	cL	mL			
			100 L	10 L	1 L	0,1 L	0,01 L	0,001 L			

## 2 Convertir des durées



## 3 Convertir des vitesses

$$1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} = (1000 \text{ m}) : (3600 \text{ s}) = 0,28 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$\times 1000$   
 $: 3600$

$\times 3600$   
 $: 1000$

## 4 Convertir des énergies

$$1 \text{ kWh} = (1000 \text{ W}) \times (3600 \text{ s}) = 3 600 000 \text{ J}$$

$\times 3 600 000$   
 $: 3 600 000$

# Réaliser une analyse dimensionnelle

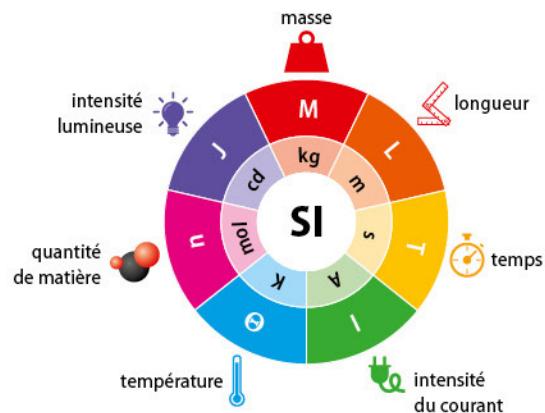
*En science, l'analyse dimensionnelle est une méthode qualitative permettant de relier toute grandeur à un ensemble de sept grandeurs indépendantes appelées dimensions.*

## 1 Les unités du système international (SI)

Le Système international d'unités, aussi appelé « unités SI » est le système d'unités de mesure adopté à l'échelle mondiale pour toutes les activités humaines aussi bien scientifiques qu'économiques.

Ce système repose sur sept **dimensions** indépendantes les unes des autres.

Il est possible d'exprimer toutes les grandeurs physiques à partir de ces dimensions de base.



Dimension		Unité
Grandeur	Symbol	
temps	T	seconde (s)
longueur	L	mètre (m)
masse	M	kilogramme (kg)
intensité du courant électrique	I	ampère (A)
température	Θ	kelvin (K)
quantité de matière	N	mole (mol)
intensité lumineuse	J	candela (cd)

## 2 Homogénéité et analyse dimensionnelle

En science, deux grandeurs sont dites **homogènes** lorsqu'elles ont la **même dimension**.

Cela implique donc deux conséquences pratiques :

- les deux membres d'une équation doivent avoir la même dimension ;
- il n'est possible d'ajouter ou de soustraire que des grandeurs de même dimension.

Le raisonnement qui exploite ces contraintes ou qui permet de s'assurer qu'elles sont respectées s'appelle **l'analyse dimensionnelle**.

Lorsque l'on réalise une analyse dimensionnelle, la dimension d'une grandeur X s'écrit **dim X**.



Il ne faut pas confondre la dimension d'une grandeur et son unité.

### EXEMPLE

La vitesse moyenne  $v$  est égale au rapport de la distance parcourue  $D$  sur la durée du parcours  $\tau$  :

$$v = \frac{D}{\tau}.$$

La dimension de  $v$  s'écrit :

$$\dim v = \frac{\dim D}{\dim \tau} = \frac{L}{T} = L \cdot T^{-1}.$$

La vitesse à la dimension d'une longueur par unité de temps.

### EXEMPLE

L'expression du poids permet de connaître la dimension d'une force :

$$P = m \cdot g \text{ donc } \dim P = \dim m \cdot \dim g \\ \dim P = M \cdot L \cdot T^{-2}.$$

L'unité newton (N) est donc associée à une masse multipliée par une longueur divisée par une durée au carré.

# Suivre l'évolution d'une transformation chimique

*Le tableau d'avancement constitue un outil pratique pour suivre le déroulement d'une réaction chimique.*

## 1 Avancement chimique

Au cours de la réaction, des réactifs disparaissent et des produits apparaissent.

L'évolution du système chimique est caractérisée par l'**avancement** de la réaction, noté  $x$ , et exprimé en mole.

C'est une grandeur qui décrit l'état du système chimique au cours de la transformation. L'avancement passe de la valeur 0 à l'instant initial à  $x_f$  sa valeur **finale**.

## 2 Composition du système chimique

Pour connaître la composition du système chimique à différents moments au cours de la transformation, on peut établir un **tableau d'avancement** dans lequel figurent les **quantités de matière** des réactifs et des produits.

		$\text{CH}_4(\text{g})$	+	$2 \text{ O}_2(\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$\text{CO}_2(\text{g})$	+	$2 \text{ H}_2\text{O}(\text{g})$
État	Avancement	Quantités de matière (mol)						
initial	$x = 0$	$n_1$		$n_2$		$n_3$		$n_4$
en cours de transformation	$x$	$n_1 - x$		$n_2 - 2x$		$n_3 + x$		$n_4 + 2x$
final	$x_f$	$n_1 - x_f$		$n_2 - 2x_f$		$n_3 + x_f$		$n_4 + 2x_f$

On atteint l'état final du système chimique lorsque les quantités de matière des réactifs et des produits de la réaction n'évoluent plus : on a alors  $x = x_f$ .

## 3 Transformation totale

Lors d'une transformation chimique totale, l'état final est atteint lorsqu'un des réactifs, le **réactif limitant**, est épuisé. Dans ce cas,  $x_f = x_{\max}$ , où  $x_{\max}$  est l'avancement **maximal**.

Les quantités de matière des réactifs diminuent jusqu'à ce que l'une d'elles s'annule, ce qui permet de déterminer  $x_{\max}$  et le réactif limitant.

		$\text{CH}_4(\text{g})$	+	$2 \text{ O}_2(\text{g})$	$\rightarrow$	$\text{CO}_2(\text{g})$	+	$2 \text{ H}_2\text{O}(\text{g})$
État	Avancement	Quantités de matière (mol)						
initial	$x = 0$	2		3		0		0
en cours de transformation	$x$	$2 - x$		$3 - 2x$		$x$		$2x$
final	$x_{\max}$	$2 - x_{\max}$		$3 - 2x_{\max}$		$x_{\max}$		$2x_{\max}$

*Remarque :* Il existe un état final particulier pour lequel tous les réactifs initialement introduits sont consommés. Il correspond à un mélange des réactifs dans les proportions qui sont celles des nombres stœchiométriques.

# Ajuster une équation chimique

L'écriture de l'équation chimique d'une réaction doit respecter à la fois les lois de conservation des éléments et de conservation de la charge électrique.

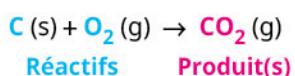
## 1 Qu'est-ce qu'une équation chimique ?

Une équation chimique est l'écriture symbolique de la réaction chimique.

Pour l'établir :

- on place les **réactifs** à gauche et les **produits** à droite d'une **flèche** qui indique le sens d'évolution du système lors de la réaction ;
- les réactifs et les produits sont représentés par leurs **formules brutes**, qui ne peuvent être modifiées ;
- on précise l'**état physique** de chaque espèce chimique : solide (s), liquide (l), gazeux (g) ou en solution aqueuse (aq).

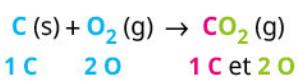
### EXEMPLE



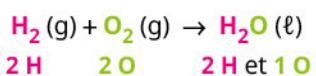
## 2 Conservation des éléments

- Pour chaque type d'atome, on doit retrouver le même nombre d'atomes dans les réactifs et les produits. On dit alors que l'**équation est ajustée**.
- Sinon, il faut placer, devant les formules des réactifs et/ou des produits, des  **nombres stœchiométriques** afin d'ajuster l'équation. Ces nombres doivent être entiers.

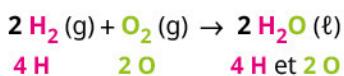
### EXEMPLE



### EXEMPLES



équation non ajustée



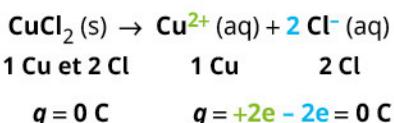
équation ajustée

*Remarque : les nombres stœchiométriques égaux à 1 ne sont pas écrits.*

## 3 Conservation de la charge électrique

Si des ions sont mis en jeu, comme lors de la dissolution d'un solide ionique dans l'eau, la conservation de la charge électrique est aussi vérifiée.

### EXEMPLE



conservation des atomes

conservation de la charge

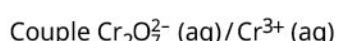
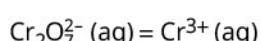
# Écrire l'équation d'une réaction d'oxydoréduction

Une réaction d'oxydoréduction met en jeu un transfert d'électrons entre les réactifs, qui appartiennent à deux couples oxydant-réducteur  $Ox_1/Red_1$  et  $Ox_2/Red_2$ .

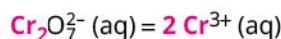
## 1 Demi-équations électroniques

Comme pour l'écriture d'une équation de réaction, il est nécessaire d'ajuster les demi-équations électroniques de façon à respecter la conservation des éléments et de la charge électrique.

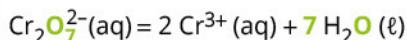
- Placer les 2 espèces chimiques du couple à gauche et à droite d'un signe égal :



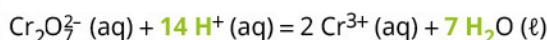
- A l'aide des nombres stœchiométriques, assurer la conservation des éléments autres que H et O :



- L'élément oxygène O se conserve par ajout de molécules d'eau  $\text{H}_2\text{O}$  (l) :



- L'élément hydrogène H se conserve par ajout d'ions  $\text{H}^+$  (aq) :



- La conservation de la charge est effectuée par ajout d'électrons  $e^-$  :

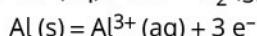
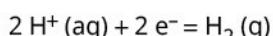


ajustée

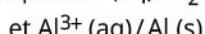
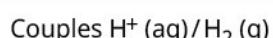
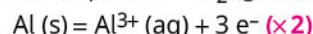
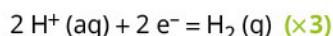
## 2 Équation-bilan

Pour obtenir l'équation de la réaction d'oxydoréduction :

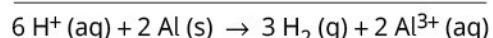
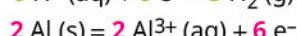
- Placer les 2 demi-équations l'une en dessous de l'autre en mettant l'oxydant et le réducteur de la réaction à gauche :



- Multiplier les demi-équations par un coefficient afin d'avoir le même nombre d'électrons de chaque côté :



- Additionner les 2 demi-équations électroniques et simplifier :



ajustée

# Représenter des molécules

Quelles représentations peuvent être utilisées pour rendre compte de la structure des molécules ?

## 1 Différentes formules

Elles ont l'avantage de permettre une représentation très simple des molécules, mais ne donnent pas toutes les informations sur leur géométrie.

Type de formule	Représentation des liaisons entre atomes	Exemple
Brute	Non	$\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$
Semi-développée	Oui, sauf celles de l'hydrogène	$\text{HC}\equiv\text{C}—\text{OH}$
Développée	Oui	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & & \text{O} \\   &   & & // \\ \text{H}—\text{C} & —\text{C} & —\text{C} & \backslash \\   &   & & \backslash \\ \text{H} & \text{H} & & \text{H} \end{array}$
Schéma de Lewis	Oui, et représentation des doublets non liants	$\begin{array}{c} \text{H} & \bar{\text{N}} & \text{H} \\ &   & \\ & \text{H} & \end{array}$

## 2 Modèles moléculaires

Les modèles moléculaires permettent de représenter les molécules afin de visualiser l'arrangement à trois dimensions des atomes qui les constituent.

Ce sont des représentations fondées sur un code de couleurs et de formes. Les atomes sont représentés par des sphères colorées.



carbone (C)



oxygène (O)



hydrogène (H)



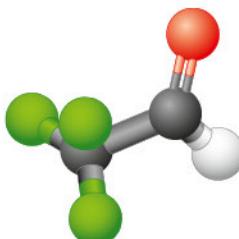
chlore (Cl)



soufre (S)



azote (N)



Les modèles éclatés permettent de bien visualiser la structure de la molécule, les liaisons chimiques et surtout l'orientation dans l'espace de ces liaisons.



Dans les modèles compacts, les sphères colorées représentent le volume total du cortège électronique des atomes. Ils sont donc plus proches de la réalité et rendent compte correctement de l'encombrement des atomes dans l'espace.

### 3 Logiciels de représentation moléculaire

Des logiciels de représentation permettent également de modéliser les molécules et de les faire tourner. On peut ainsi visualiser les molécules sous différents angles.

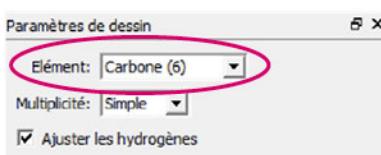
**Avogadro** est un de ces logiciels.

#### a. Construire une molécule

- Cliquer sur le crayon de la barre d'outils :



- Sélectionner l'élément à représenter dans les «Paramètres de dessin» :

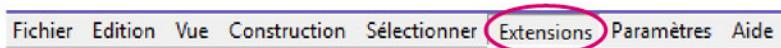


Remarque : pour représenter des ions polyatomiques, il faut décocher la case «Ajuster les hydrogènes» dans les «Paramètres de dessin».

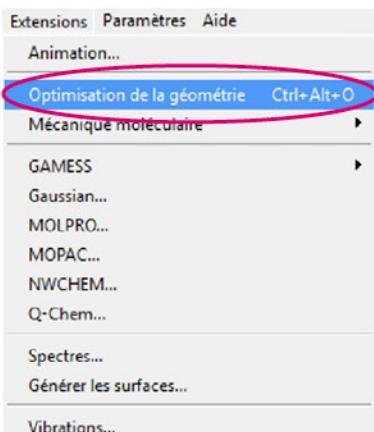
- Cliquer sur la zone de dessin.
- Pour représenter un deuxième élément de la molécule, le sélectionner dans les «Paramètres de dessin», puis cliquer-déplacer sur la zone de dessin à partir du premier élément représenté.
- On peut modifier la multiplicité de la liaison formée en cliquant dessus : elle devient double, puis triple, puis à nouveau simple.
- Et ainsi de suite jusqu'à représenter tous les atomes et toutes les liaisons de la molécule.

#### b. Optimiser la géométrie

- Cliquer sur «Extensions» dans la barre d'outils :



- Puis cliquer sur «Optimisation de la géométrie» :



- La molécule apparaît alors sous sa géométrie réelle.

#### c. Visualiser la molécule

- Cliquer sur l'étoile de la barre d'outils :



- Un clic gauche maintenu permet de faire tourner la molécule en déplaçant la souris.
- Un clic droit maintenu permet de faire translater la molécule en déplaçant la souris.
- Le bouton central de la souris permet de zoomer/dézoomer sur la molécule en faisant tourner la molette.

# Nommer les molécules organiques

**On estime à plus de 15 millions le nombre de composés organiques connus.**  
**Aussi l'Union internationale de chimie pure et appliquée (IUPAC)**  
**a-t-elle adopté des règles précises de nomenclature.**

## 1 Les alcanes

Formule des alcanes non cycliques  $C_nH_{2n+2}$

## Alcanes linéaires

Préfixe + terminaison  
**nombre d'atomes de carbone** *ane*

Formule	Nom
$\text{CH}_4$	méthane
$\text{C}_2\text{H}_6$	éthane
$\text{C}_3\text{H}_8$	propane
$\text{C}_4\text{H}_{10}$	butane
$\text{C}_5\text{H}_{12}$	pentane

Exemples  
d'alcanes linéaires

### Alcanes ramifiés

#### **1. Rechercher la chaîne principale.**

C'est la chaîne carbonée la plus longue dans la molécule. Cette chaîne sera nommée de la même façon que l'alcane linéaire ayant le même nombre d'atomes de carbone.

## 2 Repérer les ramifications

**2. Représenter les ramifications.**

Ce sont des groupes alkyles (groupes hydrocarbonés dérivés des alcanes) notés R.

### **3. Numéroter la chaîne principale.**

Les atomes de carbone portant des ramifications doivent avoir les numéros les plus petits possibles.

**4. Le nom est composé du nom de la chaîne principale, précédé du nom des groupes alkyles.**

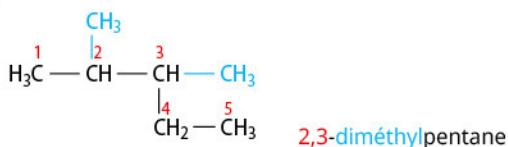
Lorsque le même groupe apparaît plusieurs fois, on lui ajoute un préfixe multiplicatif (di-, tri-, tétra-).

Les noms des groupes alkyles sont classés par ordre alphabétique, sans tenir compte du préfixe multiplicatif. Ils sont précédés du numéro de leur place sur la chaîne principale et le -e final de leur nom est supprimé.

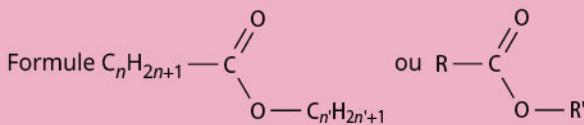
Formule	Nom
$-\text{CH}_3$	méthyle
$-\text{C}_2\text{H}_5$	éthyle
$-\text{C}_3\text{H}_7$	propyle
$-\text{C}_4\text{H}_9$	butyle
$-\text{C}_5\text{H}_{11}$	pentyle

### Exemples de groupes alkyles R

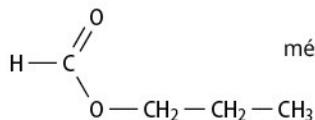
### EXEMPLE



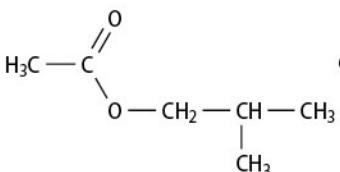
## 2 Les esters



### EXEMPLES



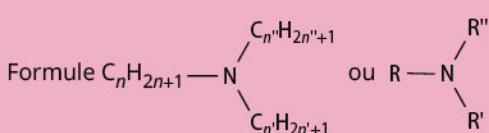
méthanoate de propyle



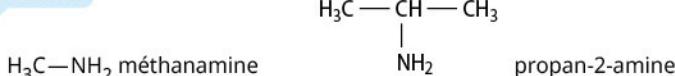
éthanoate de 2-méthylpropyle

1. Rechercher le nom de l'alcane ayant pour chaîne carbonée celle contenant le groupe ester.
2. Remplacer le -e final par la terminaison **oate de**.
3. Faire suivre cette terminaison par le nom du groupe **alkyle** lié à l'oxygène.

## 3 Les amines



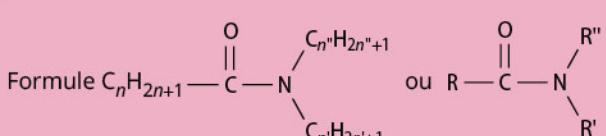
### EXEMPLES



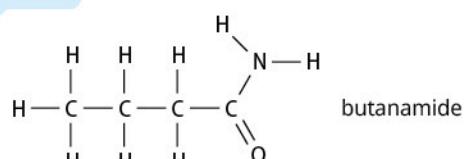
1. Les plus simples contiennent le groupe **NH<sub>2</sub>**. Rechercher alors le nom de l'alcane de même chaîne principale.
2. Remplacer le -e final par la terminaison **amine**.
3. Faire éventuellement précéder cette terminaison de l'indice de position du groupe NH<sub>2</sub>. Cet indice doit être le plus petit possible.

propan-2-amine

## 4 Les amides



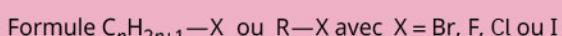
### EXEMPLE



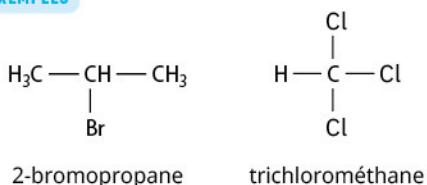
1. Les plus simples contiennent le groupe NH<sub>2</sub>. Rechercher alors le nom de l'acide carboxylique de même chaîne principale.

2. Supprimer le mot **acide** et remplacer la terminaison **oïque** par la terminaison **amide**.

## 5 Les halogénoalcanes



### EXEMPLES



1. Rechercher le nom de l'alcane de même **chaîne principale**.
2. Le faire précéder du nom du groupe **halogéno** (bromo pour Br, fluoro pour F, chloro pour Cl, iodo pour I).
3. Préciser éventuellement l'indice de position du groupe halogéno. Cet indice doit être le plus petit possible.
4. Lorsque le même groupe halogéno apparaît plusieurs fois, on lui ajoute un préfixe multiplicatif.

# Construire une représentation graphique

Un **graphique** est la représentation des variations d'une grandeur en fonction d'une autre grandeur. Il permet ainsi de mieux appréhender un phénomène.

Des couples de valeurs sont généralement trouvés expérimentalement, et sont consignés dans un tableau.

## EXEMPLE

On étudie l'évolution de la valeur de la tension aux bornes d'une lampe, en fonction de la valeur de l'intensité du courant électrique qui la traverse. On a relevé expérimentalement les points de fonctionnement du dipôle :

$U$ (en V)	0	0,1	0,4	0,8	1,3	1,9	2,6	3,5	4,6	5,7
$I$ (en mA)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90

## 1 Tracer et nommer les axes

- Tracer deux axes perpendiculaires sur une feuille (de préférence de papier millimétré), en utilisant un crayon à papier et une règle.
- Nommer chaque axe avec le nom de la grandeur (ou son symbole), et son unité. La grandeur qui est représentée en ordonnées, sur l'axe vertical, est celle dont on veut étudier l'évolution.

## EXEMPLE

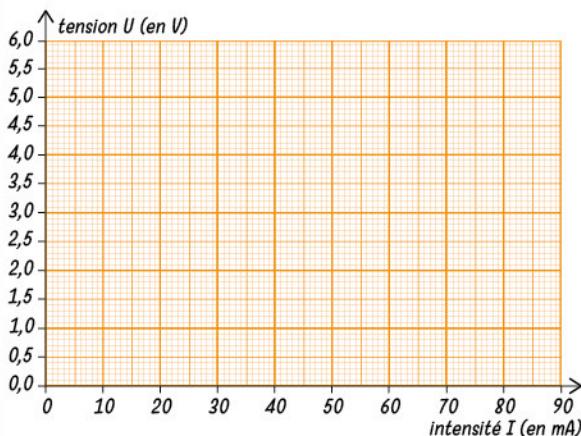
On trace un axe vertical pour la tension  $U$  (en V) et un axe horizontal pour l'intensité  $I$  (en mA).

## 2 Graduer les axes

- Graduer les axes, soit en utilisant l'échelle donnée, soit en choisissant une échelle adaptée. Celle-ci doit permettre d'obtenir un graphique suffisamment grand.

## EXEMPLE

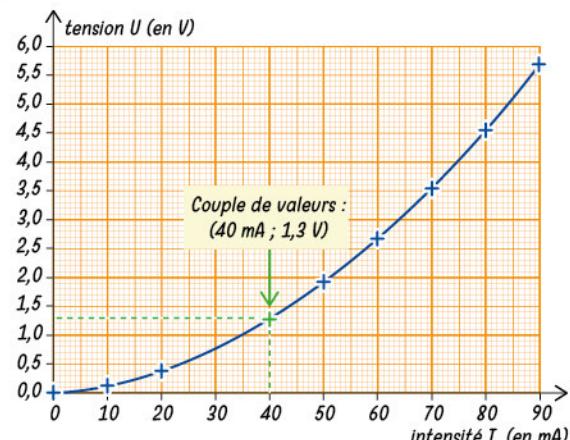
Ici, on peut prendre 1 cm pour 1,0 V en ordonnée, et 1 cm pour 10 mA en abscisse.



## 3 Placer les points et tracer la courbe

- Au crayon à papier, placer les couples de valeurs du tableau à l'aide de croix « + ».
- Si les points semblent alignés, les relier par une droite tracée à la règle : elle doit passer au plus près de ces points. Si les points ne sont pas alignés, les relier « à main levée ».

## EXEMPLE



## 4 Donner un titre au graphique

- Donner un titre au graphique en utilisant une formulation du type : « **évolution de... en fonction de...** ». Le premier terme correspond au nom de la grandeur représentée en ordonnée, et le second celui de la grandeur en abscisse.

## EXEMPLE

« Évolution de la valeur de la tension aux bornes d'une lampe en fonction de la valeur de l'intensité du courant électrique. »

## Représenter un vecteur vitesse

Pour décrire le mouvement d'un objet, il faut connaître sa trajectoire ainsi que l'évolution de sa vitesse.

### 1 Vecteur déplacement et vecteur vitesse moyenne

Soient  $M$  et  $M'$ , deux positions successives d'un point modélisant un système d'étude à des instants voisins séparés d'une durée  $\Delta t$ .

- Le **vecteur déplacement** est le vecteur :



- Le **vecteur vitesse moyenne** de ce point s'écrit à partir du vecteur déplacement :

$$\vec{v} = \frac{\overrightarrow{MM'}}{\Delta t}$$

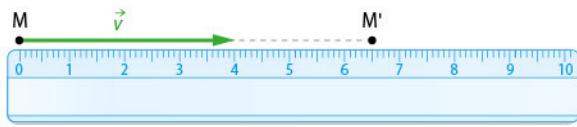
### 2 Vecteur vitesse en un point

Deux méthodes permettent de représenter le vecteur vitesse en un point modélisant un système d'étude.

Méthode n° 1 À partir du vecteur déplacement d'un point au point suivant	Méthode n° 2 Par encadrement d'un point par deux points proches
$M_i$ et $M_{i+1}$ sont deux positions successives d'un point à des instants voisins séparés d'une durée $\Delta t$ .	$M_{i-1}$ , $M_i$ , et $M_{i+1}$ sont des positions successives d'un point à des instants voisins séparés d'une durée $\Delta t$ . $M_{i-1}$ et $M_{i+1}$ encadrent la position $M_i$ et sont séparés d'une durée $2\Delta t$ .
$\vec{v}_i = \frac{\overrightarrow{M_i M_{i+1}}}{\Delta t}$	$\vec{v}_i = \frac{\overrightarrow{M_{i-1} M_{i+1}}}{2\Delta t}$

### 3 Représentation à l'échelle

Quelle que soit la méthode utilisée, le vecteur vitesse a une longueur proportionnelle à la valeur de la vitesse. Il est donc représenté à l'aide d'une échelle de longueur qui lui est propre, et qu'il convient de choisir afin qu'elle soit adaptée.



échelle : 1 cm  $\longleftrightarrow$   $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$   
 $v = 4 \times 2 = 8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

# Représenter un vecteur accélération

## 1 Caractéristiques du vecteur accélération

**EXEMPLE**

Caractéristiques du vecteur accélération  $\vec{a}_5$ .

Le vecteur accélération  $\vec{a}_5$  possède comme :

- **direction** : celle de  $\Delta \vec{v}_5$  ;
- **sens** : celui de  $\Delta \vec{v}_5$  ;
- **valeur** :  $a_5 = \Delta v_5 / 2 \Delta t$

$\Delta t$  est l'intervalle de temps constant entre deux points consécutifs.

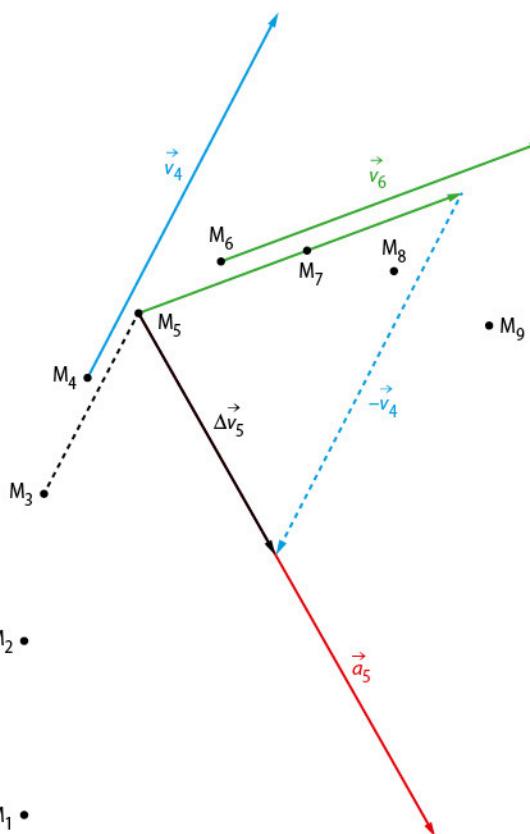
$a_5$  s'exprime en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

La longueur du vecteur se base sur une échelle choisie pour les accélérations.

## 2 Construction du vecteur accélération

**EXEMPLE**

Construction du vecteur accélération  $\vec{a}_5$ .

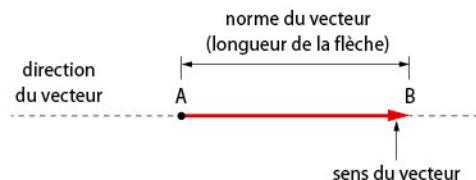


# Additionner des vecteurs/des forces

Une force, qui modélise une action mécanique, est représentée par un vecteur.

## 1 Caractéristiques et notations

Un **vecteur** est un segment orienté (une flèche), ayant pour extrémités un point de départ et un point d'arrivée. Il est caractérisé par une **direction**, un **sens** et une **norme**.



## 2 Vecteurs opposés

Deux vecteurs sont **opposés** s'ils ont la même direction, la même norme, et un sens opposé.

$$\vec{u} = -\vec{v}$$

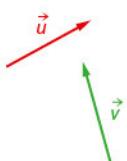
ou

$$\vec{u} + \vec{v} = \vec{0}$$



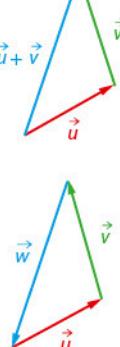
## 3 Addition de deux vecteurs

On doit additionner  $\vec{u}$  et  $\vec{v}$ .



### a. Méthode des triangles

Placer l'origine de  $\vec{v}$  au niveau de la flèche de  $\vec{u}$  puis relier l'origine de  $\vec{u}$  à la flèche de  $\vec{v}$  pour obtenir la somme.



### b. Conséquences

Si trois vecteurs mis bout à bout forment une boucle, on peut dire que :

$$\vec{u} + \vec{v} + \vec{w} = \vec{0}$$

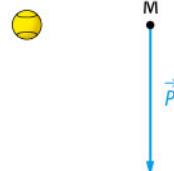
## 4 Cas des vecteurs forces

### a. Un exemple de force

Une balle de masse  $m$  qui chute est soumise à l'action de la Terre modélisée par son **poids**  $\vec{P}$  caractérisé par :

- sa direction : la verticale ;
  - son sens : vers le bas ;
  - sa norme :  $P = m \cdot g$ ,
- avec  $g$  l'intensité de pesanteur.

Réalité Modélisation

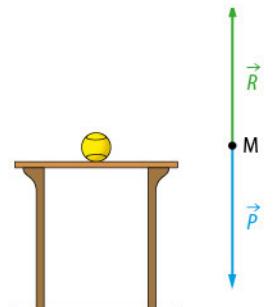


### b. Équilibre

Une balle posée sur une table est à l'**équilibre** : le poids  $\vec{P}$  qui modélise l'action de la Terre sur la balle et la force  $\vec{R}$  qui modélise l'action de la table sur la balle sont représentés par des **vecteurs opposés**.

On dit que les forces se **compensent** :  $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$ .

Réalité Modélisation



### c. Forces qui se compensent

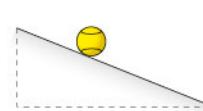
Une balle à l'équilibre sur un plan incliné est soumise à trois actions mécaniques :

- l'action de la Terre, modélisée par le poids  $\vec{P}$  ;
- l'action de la table, modélisée par la force  $\vec{R}$  ;
- les frottements, modélisés par la force  $\vec{F}$ .

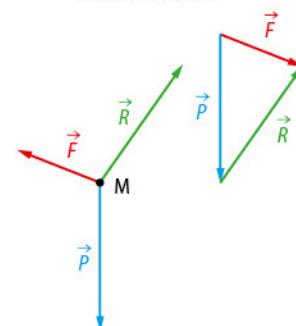
La balle est à l'équilibre, donc  $\vec{P} + \vec{F} + \vec{R} = \vec{0}$ , et  $\vec{P} + \vec{R} = -\vec{F}$ .

Pour déterminer  $\vec{F}$ , on utilise la **méthode des triangles** :

Réalité



Modélisation



# Utilisation de phyphox pour mesurer une vitesse par effet Doppler

## 1 Télécharger l'application Phyphox, puis l'ouvrir à l'écran de votre smartphone

Dans un premier temps, sélectionner le menu « Autocorrélation Audio ».

Cette fonction vous permettra d'obtenir la fréquence du son lorsque l'émetteur sonore est immobile. Noter la valeur de cette fréquence, notée  $f_0$ .



## 2 Lancer le menu « Effet Doppler »

Icône d'aide, de description des paramètres de l'expérience, d'exportation des données.



Entrer ici la valeur de la fréquence  $f_0$  obtenue lorsque l'émetteur est immobile

Estimer ici la valeur de la variation maximale du décalage Doppler  $\Delta f$ .

Pas de l'échantillonnage : il faut veiller à ce que la plage de fréquence soit nettement inférieure à l'inverse du pas en temps.

Un facteur  $\frac{1}{10}$  est conseillé.

Pour déterminer la vitesse d'un mobile, on peut soit :

- travailler directement avec l'émetteur en mouvement ;
- lire un enregistrement audio d'un émetteur en mouvement.

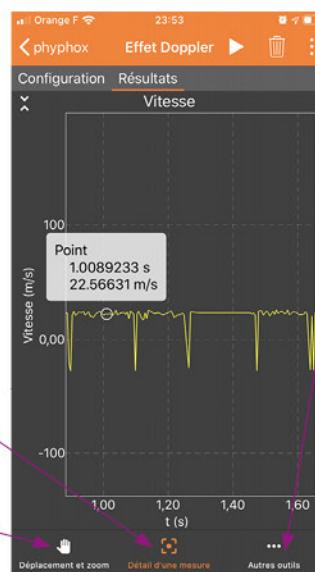
## 3 Lancer la mesure avec l'icône □

On peut recommencer l'acquisition en effaçant les données avec l'icône .

Les résultats s'affichent sous forme d'un graphique, on peut soit conserver les données en fréquences et utiliser le décalage Doppler pour calculer la vitesse ou bien obtenir directement la vitesse sur un autre graphique. Le smartphone étant particulièrement sensible, il est préférable de diminuer l'échelle, en utilisant le zoom, pour obtenir un résultat « lissé ».

L'icône permet de pointer une valeur.

L'icône permet de déplacer, agrandir ou réduire le graphique en faisant glisser ses deux doigts.



Grâce à cette icône , on peut exporter ses mesures au format CSV ou Excel, pour déterminer la moyenne de la vitesse, par exemple, en supprimant les valeurs aberrantes.

# Schématiser les principaux dipôles électriques

## 1 Connaître les symboles normalisés

Catégorie de dipôle	Nom	Symbolé normalisé
Générateurs	générateur	
	pile	
	cellule photovoltaïque	
Récepteurs	lampe	
	moteur	
	diode	
	diode électroluminescente (DEL)	
	résistance	
	condensateur	
Multimètre		 voltmètre ampèremètre ohmmètre

## 2 Dessiner un schéma électrique

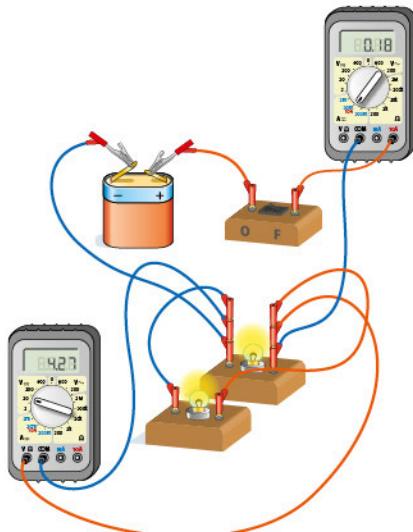
Afin de schématiser un circuit électrique, il est nécessaire de respecter des conventions de tracé :

- chaque maille du circuit est représentée par un rectangle ;
- chaque dipôle de la maille est ensuite représenté sur le rectangle en assurant une répartition équilibrée ;
- les nœuds du circuit doivent apparaître sur le schéma.

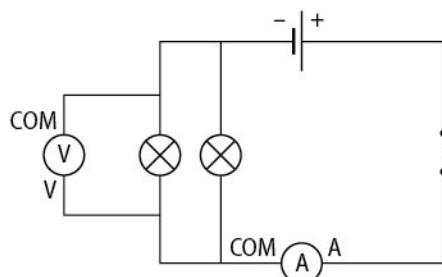
*Remarque :* plusieurs schémas peuvent correspondre à un même montage, car les positions des dipôles sur une maille peuvent varier.

### EXEMPLE

#### Réalité



#### Schéma



# La sécurité au laboratoire

## 1 Se préparer à l'activité expérimentale

**J'attends les indications du professeur**  
avant de toucher au matériel. Le matériel et les produits peuvent être fragiles ou dangereux.



**Je fais de la place.**  
Je travaille sur une paillasse bien dégagée.  
Je range les sacs dessous pour ne pas gêner la circulation.

**Je protège les affaires.**  
Les affaires personnelles inutiles comme les blousons sont éloignées.

**Je me protège.**  
Les cheveux longs sont attachés, les chaussures sont bien fermées. Je porte une blouse fermée en coton si le professeur l'estime nécessaire.

## 2 Les pictogrammes de sécurité à respecter

Les 9 pictogrammes de sécurité en chimie permettent de connaître les risques des produits.

### ANIMATION

Pictogrammes de sécurité en chimie



#### Corrosif

Peut provoquer brûlures de la peau et lésions oculaires



#### Nocif ou irritant

au contact de la peau, par ingestion ou inhalation



#### Toxique

au contact de la peau, par ingestion ou inhalation



**Danger pour la santé**  
(cancérogène, mutagène...)



#### Inflammable



**Comburant**  
Peut provoquer ou aggraver un incendie



**Gaz sous pression**  
Peut exploser et provoquer des brûlures



#### Explosif



**Dangereux pour l'environnement**

Il existe aussi des pictogrammes en physique



#### Attention ! Laser

Une exposition directe peut entraîner des lésions de la rétine

### 3 Pendant l'activité expérimentale

**Je reste calme et attentif**  
aux éventuelles indications  
données par le professeur.

**Je signale**  
**tout**  
**incident ou**  
**difficulté au**  
**professeur.**



**Je porte les lunettes et/ou les gants de protection** distribués par le professeur chaque fois que cela est nécessaire.

**Je respecte**  
**le matériel.**

Je manipule  
calmement et  
proprement.

**Je manipule**  
**debout.**

Je me déplace  
avec précaution.

#### CE QUE JE NE DOIS SURTOUT PAS FAIRE !



Gaspiller inutilement  
les produits mis à disposition.



Goûter les produits  
(certains sont toxiques).



Sentir les produits (certains  
sont toxiques par inhalation).



Aspirer un liquide à la bouche  
(certains sont toxiques).



Diriger un tube à essais  
que l'on chauffe vers quelqu'un.



Agiter les tubes à essais  
en les bouchant avec les doigts.

### 4 À la fin de l'activité expérimentale

- Je jette les produits usagés dans les récipients adaptés.
- J'éteins les appareils électriques.
- Je range ma paillasse et le matériel utilisé.
- Si j'ai utilisé de la verrerie, je fais la vaisselle en évitant toute projection.
- Je nettoie la paillasse.
- Je me lave les mains.

# Utiliser un langage de programmation

À l'aide d'un programme informatique, on peut traiter des données d'expérience, automatiser des calculs... Tout algorithme doit être rédigé dans un langage de programmation adapté, puis compilé pour être exécuté par l'ordinateur.

Python est un langage de programmation à la syntaxe simple. Il est multiplateforme (Windows, MacOS, Linux, Android, IOS). Le langage Python peut ainsi être utilisé sur n'importe quel ordinateur, smartphone et même sur les calculatrices Casio Graph 90+E, TI 83 Premium CE et Numworks. Les programmes présents dans ce manuel sont compatibles avec la version 3 de Python. Pour un usage scientifique, on choisira l'environnement de développement PyScripter, intégré à la distribution « EduPython ».



## 1 Exécuter des commandes dans la console

La console Python permet d'exécuter de simples lignes de commandes ou bien de lancer des programmes. La console est utile pour tester des commandes avant de les insérer dans un programme.

Toute commande écrite après le signe `>>>` peut être directement exécutée en appuyant sur la touche « entrée » du clavier.

```
Console Python
*** Python 3.4.5 | Continuum Analytics, Inc. |
(default, Jul 5 2016, 14:56:50) [MSC v.1600 32
bit (Intel)] on win32 ***
*** Remarque : le moteur Python est actif ***
>>> print("Hello")
Hello
>>> 4 * 5 - 3
17
>>> |
```

Voici trois astuces pratiques :

- **L'autocomplétion** : écrire la ou les premières lettres d'une commande. Un menu déroulant s'ouvre, proposant une liste des fonctions Python.
- **L'aide** : pour obtenir des détails sur une fonction, il suffit de se déplacer dans le menu déroulant.
- **Les couleurs de syntaxe** : dans la console et dans l'éditeur, des couleurs clarifient automatiquement la syntaxe des commandes. Par exemple, selon les réglages du logiciel, les chaînes de caractères s'afficheront en vert, les boucles `if` et `while` en bleu, les chiffres en rouge... Des erreurs de syntaxe sont donc visibles.



## 2 Manipuler les variables en Python

- Les variables ont un **type**, qui définit leurs propriétés et conditionne les fonctions que l'on peut leur appliquer. Voici quelques exemples de types en Python :

```
a = 5
b = 4.56
c = "Bonjour"
d = ["A", "B", "C", a, 34, "azerty"]
e = True
```

- ← **Entier** : entiers compris entre - 2 147 483 648 et 2 147 483 647.
- ← **Virgule flottante** : nombres réels, spécifiés avec un point, jusqu'à 12 chiffres significatifs.
- ← **Chaîne de caractères** : suite de caractères alphanumériques, spéciaux, accentués, etc.
- ← **Liste** : un ensemble contenant autant d'éléments voulus, de n'importe quel type.
- ← **Booléen** : variable prenant deux états seulement : Vrai (True) et Faux (False).

- Les mêmes opérations auront des effets différents selon le type de variable auquel elles sont appliquées.

### EXEMPLE

L'opérateur « + », appliqué à des entiers, correspond à une addition. Le même opérateur, appliqué à des chaînes de caractères ou des listes, effectue leur concaténation, c'est-à-dire leur mise bout à bout.

```
>>> 5 + 5
10
>>> |
```

addition

```
>>> "5" + "5"
'55'
>>> [5] + [5]
[5, 5]
>>>
```

concaténation

### 3 Éditer un programme

- Cliquer dans la fenêtre d'édition pour écrire un programme.
- Saisir les commandes, ligne par ligne. Une fois le programme écrit, le nommer et l'enregistrer sous forme de fichier .py.
- Appuyer sur les touches « ctrl » + « F9 » pour compiler le programme et l'exécuter dans la console.
- En cas d'erreur, la console renvoie un message. La ligne du programme concernée par le « bug » est indiquée.

```
for i in range(10):
    print("i = ", i)
print("Fin de la boucle")
```

#### Structure d'un programme Python

En Python, l'**indentation** (décalage du début de la ligne avec la touche « tabulation ») indique la structure des sous-programmes. En cas d'erreur d'indentation, le programme ne fonctionnera pas ou renverra des résultats erronés !

#### EXEMPLE

```
# Début du programme
compteur = 10
while compteur > 0 :
    if compteur == 2 :
        print("C'est presque la fin")
    elif compteur == 1 :
        print("Dernier tour")
    else :
        print("On n'est pas encore arrivé")
    compteur = compteur - 1
print("C'est fini !")
```

Les lignes précédées par `#` ne sont pas compilées.

Toutes ces lignes sont dans la boucle `while`.

Dans ce programme, la boucle `if` sera reprise 10 fois (`compteur = 10, 9, 8, ..., 0`) alors que la ligne `print("C'est fini !")` ne sera exécutée qu'une seule fois.

Les **arguments** des fonctions (variables) sont écrits entre parenthèses.

### 4 Pour aller plus loin

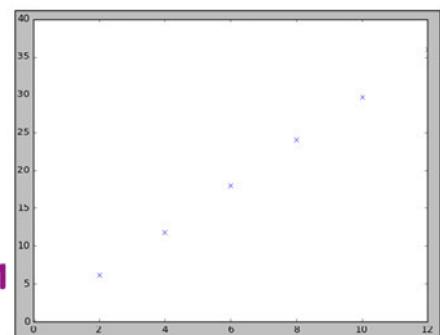
L'interpréteur Python sait faire des calculs simples, mais il est parfois nécessaire d'ajouter des fonctionnalités supplémentaires en important une **bibliothèque**.

En physique-chimie, on utilisera principalement les bibliothèques **math** pour manipuler des fonctions mathématiques usuelles ; **numpy** pour gérer des vecteurs ; **scipy** pour effectuer des calculs plus élaborés comme des régressions linéaires ; et **matplotlib** pour tracer des graphiques.

#### EXEMPLE

On lance la commande `from matplotlib.pyplot import *` pour pouvoir appeler ensuite toutes les fonctions du module `pyplot` de la bibliothèque `matplotlib`.

```
from matplotlib.pyplot import *
x = [0, 2, 4, 6, 8, 10, 12]
y = [0, 6, 2, 11, 8, 18, 24, 1, 29, 7, 36, 0]
plot(x, y, 'x')
show()
```



Pour créer une fonction, on utilise le mot clé « `def` » suivi du nom de la fonction et des parenthèses contenant les paramètres éventuels. Le mot clé « `return` » permet de renvoyer le résultat du calcul. Il suffira ensuite d'appeler la fonction dans la console pour afficher le résultat.

#### EXEMPLE

On crée une fonction `angle_refraction` qui prend comme arguments l'angle d'incidence d'un rayon, en radian, et les indices optiques des deux milieux :

```
from math import *
def angle_refraction(i, n1, n2):
    return asin(n1 * sin(i) / n2)
```

# Utiliser un microcontrôleur

*Grâce à des microcontrôleurs, on réalise des dispositifs technologiques capables d'interagir avec leur environnement.*

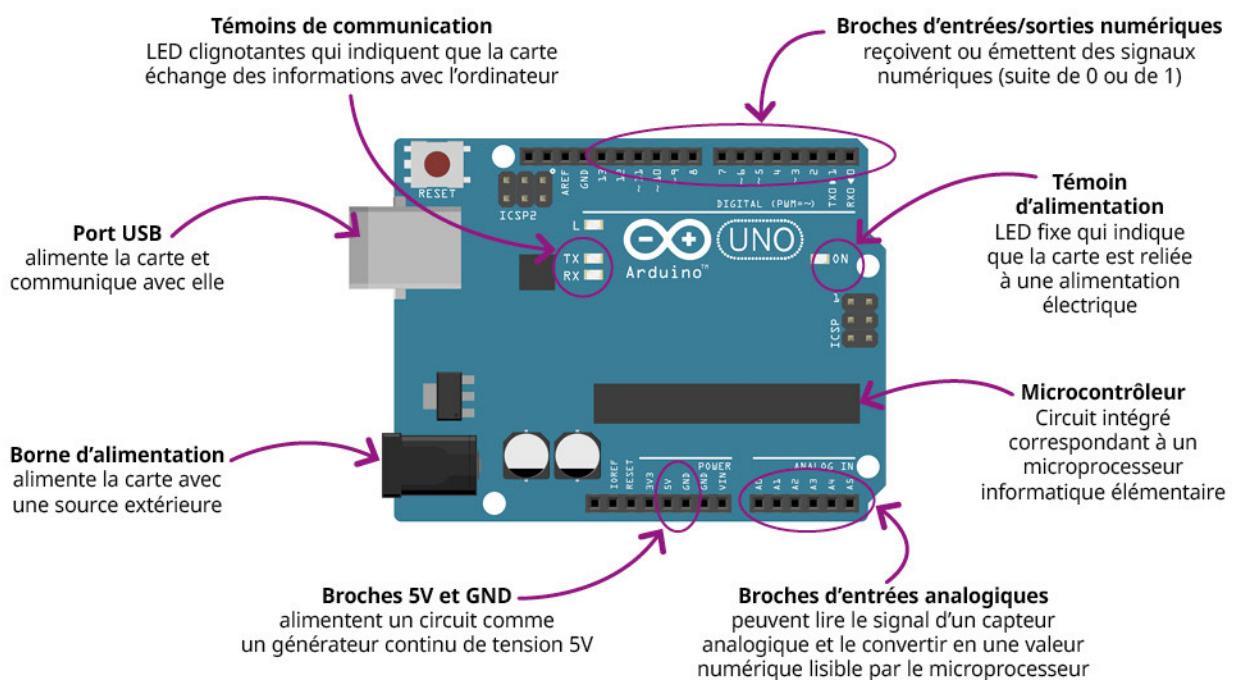


La carte Arduino Uno tient dans la main. Cet ordinateur simplifié est construit sur un circuit intégré unique contenant un **processeur**, une **mémoire** et des **périphériques programmables** d'entrée et de sortie.

Ce type de microcontrôleur est capable de recueillir des informations à l'aide de capteurs, puis de les exploiter pour effectuer des actions. L'ensemble suit les commandes indiquées par l'utilisateur sous la forme de programmes écrits en langage informatique.

## 1 S'approprier la carte Arduino

Les principaux éléments suivants sont présents sur la carte Arduino Uno :



L'utilisation d'une carte à microcontrôleur nécessite systématiquement la réalisation de trois opérations successives :

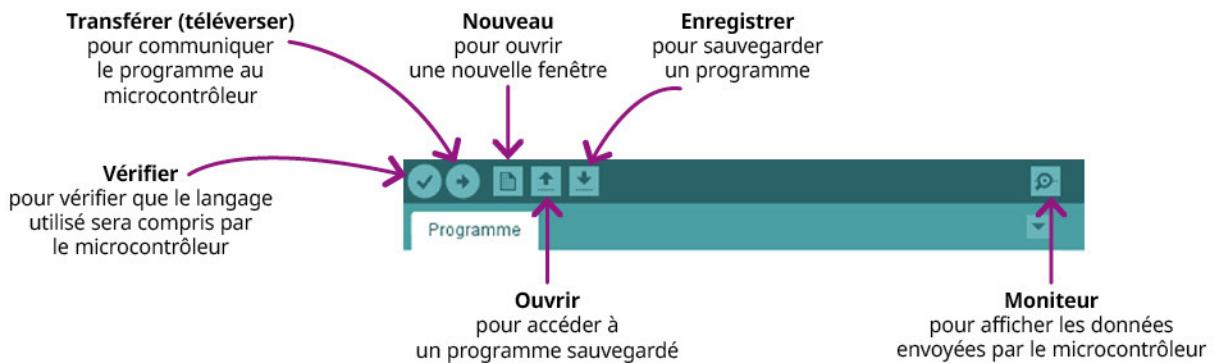
- connecter l'ordinateur à la carte, via un port USB, pour y transférer le programme qui donnera au microcontrôleur les instructions à suivre ;
- sur l'ordinateur disposant d'un logiciel adapté, écrire le programme en respectant le langage du microcontrôleur ;
- réaliser les circuits comportant les capteurs (photorésistance, thermistance, etc.) et les actionneurs (LED, moteur, haut-parleur, etc.).

## 2 Communiquer avec la carte Arduino

Afin de communiquer avec la carte Arduino, il convient d'utiliser le langage qu'elle est capable de comprendre en écrivant un ensemble d'instructions appelé **programme**.

Pour cela, ouvrir la **console Arduino** en cliquant sur l'icône :

Cette console comporte six icônes qui suffisent à communiquer avec le microcontrôleur :



Un programme Arduino comprend à minima deux parties :

- la **partie d'initialisation** dans laquelle tous les éléments qui vont jouer un rôle dans le programme sont définis ;
- la **partie de commande** qui va se réaliser de façon répétée.

*Dans un programme, le texte précédé de // est un commentaire qui ne sera pas lu par le microcontrôleur.*

```
Programme | Arduino 1.8.8
Fichier Édition Croquis Outils Aide
Programme
//Partie d'initialisation
void setup() {
  // PROGRAMME D'INITIALISATION
}

//Partie de commande
void loop() {
  // PROGRAMME DE COMMANDE
}
```

## 3 Écrire un premier programme

On exécute un programme simple, appelé Blink, pour vérifier que la communication entre l'ordinateur et la carte Arduino fonctionne.

Dans la partie d'initialisation, on indique au microcontrôleur que la LED (notée L sur la carte) va devoir agir en suivant une commande.

Dans la partie de commande, on demande successivement :

- à la LED de s'allumer ;
- d'attendre 1 000 ms, soit 1 seconde ;
- à la LED de s'éteindre ;
- d'attendre 1 000 ms avant de répéter le cycle.

La diode L clignote ainsi toutes les secondes.

En modifiant la valeur de `delay` (1000), on ajuste la période de ce clignotement.

```
Blink
// Partie d'initialisation
void setup() {
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}

// Partie de commande
void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
  delay(1000);
}
```

# Utiliser un tableur-grapheur

Un tableur-grapheur est un logiciel qui permet de classer des données dans des tableaux, d'effectuer des calculs à partir de ces données, et de créer des graphiques.

## 1 Utiliser le tableau

### a. Entrer des données

- Ouvrir un logiciel de tableur tel que Microsoft Excel ou LibreOffice Calc.

Une **feuille de calcul** s'affiche : il s'agit d'un tableau, constitué de **lignes** numérotées et de **colonnes** repérées par des lettres.

Chaque case, appelée **cellule**, est repérée par ses coordonnées.

c <sub>m</sub> (g/L)	ρ (g/L)
50	1016
100	1033
150	1053
200	1068
250	1080

#### EXEMPLE

On saisit des couples de mesure dans les colonnes A et B : en colonne A les concentrations en masse de solutions étalons en  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ , et en colonne B la masse volumique mesurée en  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ .

### b. Faire des calculs

- Pour effectuer des calculs, on entre une formule dans une nouvelle cellule en commençant par le signe =, puis on valide par la touche Entrée.  
Les opérations courantes s'effectuent avec les **opérateurs** + (somme) ; - (différence) ; \* (produit) ; / (quotient) et ^ (puissance).

A	B	C	D	E	F
c <sub>m</sub> (g/L)	ρ (g/L)	1016	1066		
50	1033				
100	1053				
150	1068				
200	1080				

La cellule C2 est la somme des cellules A2 et B2.

A	B	C	D	E	F
c <sub>m</sub> (g/L)	ρ (g/L)	1016	1066		
50	1033	1133			
100	1053	1203			
150	1068	1268			
200	1080	1330			

En tirant sur le bord inférieur droit de la cellule C2, on duplique la formule dans toute la colonne C.

- Les tableurs-grapheurs font également appel à des **bibliothèques de fonctions** où les principales fonctions mathématiques (sinus, cosinus, somme, moyenne, écart-type) sont disponibles.

Ces fonctions peuvent s'appliquer à une cellule ou à un ensemble de cellules.

SOMME	B	C	D	E	F
A	ρ (g/L)	1016			
50	1033				
100	1053				
150	1068				
200	1080				
=MOYENNE(A2:A6)					
	MOYENNE(nombre1; [nombre2]; ...)				

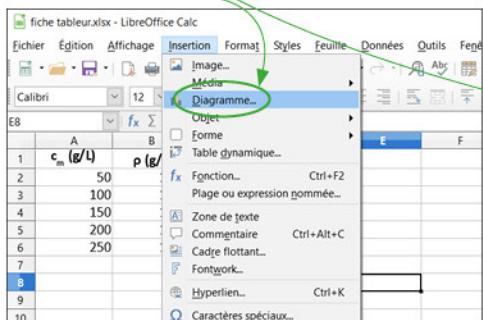
A	B	C	D	E	F
c <sub>m</sub> (g/L)	ρ (g/L)	1016			
50	1033	1053			
100	1053	1053			
150	1068	1068			
200	1080	1080			
250					
150					

Dans la cellule A7, la séquence « =MOYENNE/ sélectionner A2 à A6/ valider » calcule la moyenne des cinq premières valeurs de la colonne A.

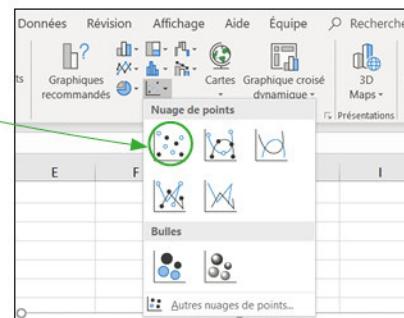
## 2 Utiliser le grapheur

### a. Construire un graphique

- Avec la souris, sélectionner la plage de cellules contenant les données à représenter, puis cliquer sur le menu permettant d'insérer un graphique.



Avec Libre Office Calc



Avec Microsoft Excel

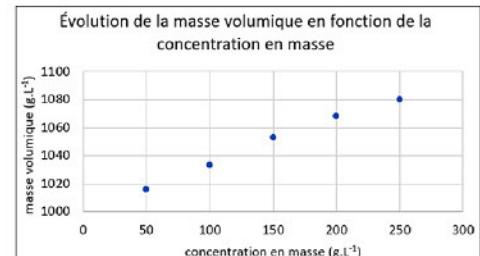
- Choisir le type de graphique souhaité : nuage de points, courbe, histogramme, secteur, etc.

Vérifier les paramètres de tracé : choix de la série de données à représenter sur l'axe X et sur l'axe Y, format des séries de données (en ligne ou en colonne), etc.

- Compléter le graphique en ajoutant le nom des grandeurs portées sur chacun des axes, avec leur unité, et le titre.

#### EXEMPLE

Pour étudier l'évolution de la masse volumique de solutions en fonction de la concentration en masse de soluté, on trace un nuage de points avec la masse volumique en ordonnée, et la concentration en masse en abscisse.



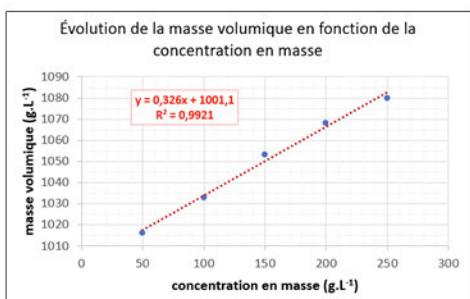
### b. Modéliser un ensemble de données

- Cliquer sur le menu permettant d'insérer une **courbe de tendance**.

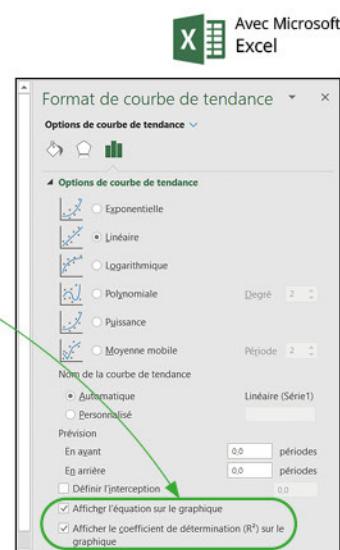
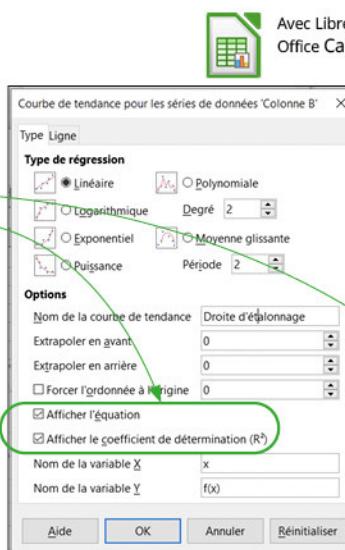
- Choisir le type de courbe (par exemple linéaire) afin de modéliser les données, et demander l'affichage de son **équation**.

Le logiciel minimise automatiquement l'écart entre les données et le modèle de courbe choisi.

- Le **coefficient de détermination R<sup>2</sup>** apprécie l'adéquation entre les valeurs et le modèle choisi. Plus ce coefficient est proche de 1, meilleure est la correspondance entre les deux.



L'équation de la courbe de régression linéaire est donnée avec le coefficient de détermination.



#### EXEMPLE

L'évolution de la masse volumique en fonction de la concentration en masse de soluté se modélise par une droite. Son équation permet par exemple de calculer la concentration en masse, inconnue, d'une solution à partir de la mesure de sa masse volumique.

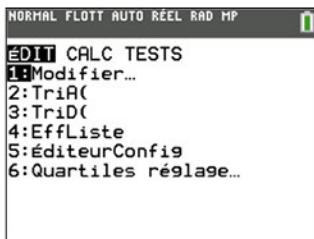
# Utiliser sa calculatrice TI (83 Premium CE)



## 1 Exploiter une série de mesures

Pour effectuer des calculs à partir d'un ensemble de données, on les saisit dans des listes.

- Entrer dans le mode Statistique en appuyant sur la touche **stats**, puis confirmer le choix 1 avec la touche **entrer**.



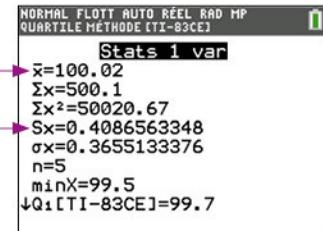
- Saisir les données, par exemple dans la liste L<sub>1</sub>, en appuyant sur la touche **entrer** après la saisie de chacune des valeurs.

NORMAL FLOTT AUTO RÉEL RAD MP					
L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>	<b>1</b>
100.5	-----	-----	-----	-----	
99.7	-----	-----	-----	-----	
100.2	-----	-----	-----	-----	
99.5	-----	-----	-----	-----	
100.2	-----	-----	-----	-----	
-----	-----	-----	-----	-----	
<b>L<sub>1</sub>(5)=100.2</b>					

- Appuyer successivement sur les touches **stats**, **▶** et **entrer**, puis valider trois fois pour lancer les calculs sur les *n* valeurs de la liste L<sub>1</sub>.



- La calculatrice affiche les résultats obtenus :



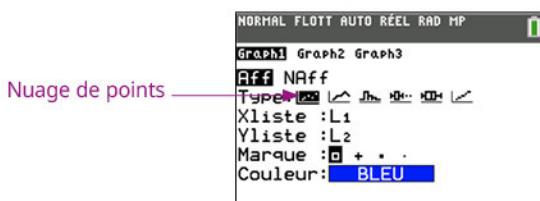
## 2 Construire un graphe

On veut représenter graphiquement les valeurs entrées dans une liste L<sub>2</sub> en fonction de celles présentes dans L<sub>1</sub>.

- Appuyer sur les touches **2nde** puis **f(x)** pour accéder au menu graphique.



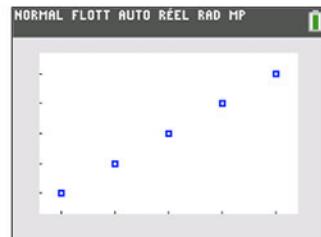
- Appuyer sur la touche **entrer**, sélectionner le 1<sup>er</sup> graphe en allant sur **Aff** puis choisir un type de graphe. La liste L<sub>1</sub> doit être en abscisse (Xliste), et la liste L<sub>2</sub> en ordonnée (Yliste).



- Pour ajuster la fenêtre d'affichage, presser la touche **zoom**. Puis choisir la commande « **9: ZoomStat** » en descendant avec **▼** et valider avec la touche **entrer**.



- Le graphe choisi s'affiche :



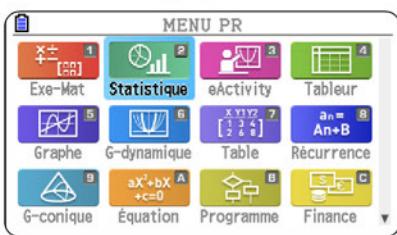
# Utiliser sa calculatrice Casio (Graph 90+E)



## 1 Exploiter une série de mesures

Pour effectuer des calculs à partir d'un ensemble de données, on les saisit dans des listes.

- 1 À l'aide du pavé directionnel, sélectionner le menu Statistique. Valider en appuyant sur la touche **EXE**.



- 2 Saisir les données dans la liste **List 1**, en validant chaque valeur avec la touche **EXE**.

	Rad	Norm1	d/c	Real
SUB	List 1	List 2	List 3	List 4
2	99.7			
3	100.2			
4	99.5			
5	100.2			
			100.2	

GRAPH CALC TEST INTR DIST ▶

- 3 Pour lancer les calculs statistiques sur les  $n$  valeurs de la liste **List 1**, appuyer sur la touche **F2** pour sélectionner **CALC** et choisir ensuite le menu **1-VAR** avec la touche **F1**.

	Rad	Norm1	d/c	Real
SUB	List 1	List 2	List 3	List 4
2	99.7			
3	100.2			
4	99.5			
5	100.2			
				100.2

1-VAR 2-VAR REG SET

- 4 La calculatrice affiche les résultats :

	Rad	Norm1	d/c	Real
1	variable			
moyenne	→	$\bar{x}$	=	100.02
$\sum x$	→	$\Sigma x$	=	500.1
$\sum x^2$	→	$\Sigma x^2$	=	50020.67
$\sigma x$	→	$\sigma x$	=	0.36551333
$s_x$	→	$s_x$	=	0.40865633
n	→	n	=	5

## 2 Construire un graphe

On veut représenter graphiquement les valeurs entrées dans « List 2 » en fonction de celles présentes dans « List 1 ».

- 1 Presser la touche **F1** pour choisir **GRAPH**.

	Rad	Norm1	d/c	Real
SUB	List 1	List 2	List 3	List 4
2	100	1033		
3	150	1053		
4	200	1068		
5	250	1080		
			1080	

GRAPH CALC TEST INTR DIST ▶

- 2 Presser la touche **F5** pour choisir **SET** et accéder aux paramètres du graphique.

	Rad	Norm1	d/c	Real
SUB	List 1	List 2	List 3	List 4
2	100	1033		
3	150	1053		
4	200	1068		
5	250	1080		
			1080	

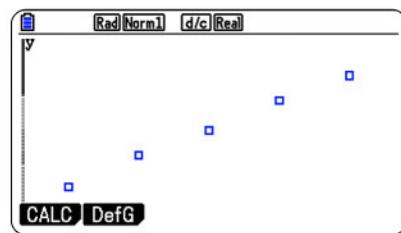
GRAPH1 GRAPH2 GRAPH3 SELECT SET

- 3 Choisir **List 1** en abscisse (XList), **List 2** en ordonnée (YList). Dans **Graph Type**, sélectionner le type de graphe voulu (**F1**) pour **Scatter**.

	Rad	Norm1	d/c	Real
<b>StatGraph1</b>				
<b>Graph Type</b>	:	<b>Scatter</b>		
XList	:	List1		
YList	:	List2		
Frequency	:	1		
Mark Type	:	□		
Color Link	:	Off		
Scatter	■	xyLine	NPPlot	Pie

Nuage de points

- 4 Valider avec **EXE** puis appuyer sur la touche **F1** pour afficher le graphe.



# Utiliser sa calculatrice Numworks

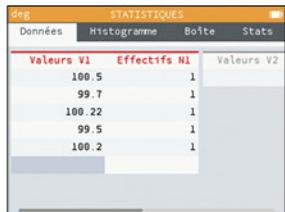
## 1 Exploiter une série de mesures

Pour effectuer des calculs à partir d'un ensemble de données, on les saisit dans des listes.

- À l'aide du pavé directionnel, sélectionner l'application Statistiques. Valider en appuyant sur la touche **EXE**.



- Saisir les données dans la liste **V1**, en validant chaque valeur avec la touche **EXE**.



- Utiliser le pavé directionnel pour sélectionner **stats**.



- Valider en appuyant sur la touche **EXE** et la calculatrice affiche les résultats :



écart-type →

## 2 Construire un graphe

On veut représenter graphiquement les valeurs **Y1** entrées en ordonnées en fonction de celles **X1** présentes en abscisse.

- À l'aide du pavé directionnel, sélectionner l'application Régressions. Valider en appuyant sur la touche **EXE**.



- Saisir les données en abscisses **X1** et ordonnées **Y1**, en validant chaque valeur avec la touche **EXE**.



- Utiliser le pavé directionnel pour sélectionner **Graphique**.



- Valider avec la touche **EXE** et le graphe s'affiche :



# Connaître la verrerie de laboratoire

## 1 Verrerie usuelle



Erlenmeyer



Ampoule à décanter



Ballon monocolor



Fiole à vide et entonnoir Büchner

## 2 Verrerie volumétrique



Éprouvette graduée



Pipette jaugée



Fioles jaugées



Burette graduée

## 3 Verrerie spécialisée



Réfrigérant à eau



Réfrigérant à eau



Colonne de Vigreux

# Préparer une solution de concentration donnée par dissolution

## 1 Détermination de la masse de soluté à prélever

- Pour préparer un volume  $V$  (en L) de solution de *concentration en masse* de soluté  $c_m$  (en  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ ), il faut prélever une masse de soluté  $m$  (en g) :

$$m = c_m \cdot V$$

- Pour préparer un volume  $V$  (en L) de solution de *concentration en quantité de matière* de soluté  $c$  (en  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) dont la masse molaire est  $M$  (en  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ), il faut prélever une masse de soluté  $m$  (en g) :

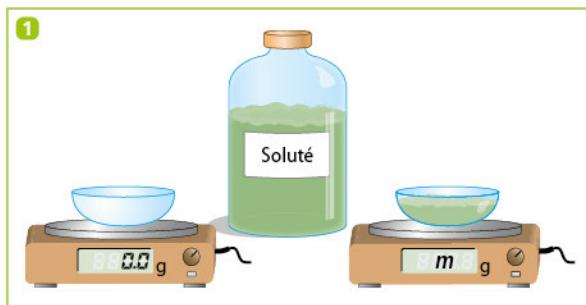
$$m = c \cdot V \cdot M$$

## 2 Matériel à utiliser

- Verrerie de contenance : **fiole jaugée de volume  $V$**  et son bouchon.
- Matériel complémentaire* : balance ; coupelle et spatule ; entonnoir ; compte-gouttes.



## 3 Étapes de la préparation de la solution



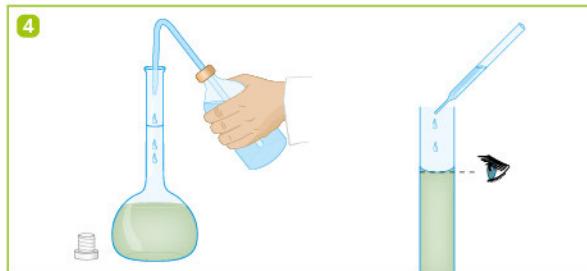
- Poser une coupelle sur la balance.
- Effectuer la tare de la balance, puis peser l'échantillon de soluté de masse  $m$ .



- Adapter un entonnoir sur la fiole jaugée de volume  $V$  et verser le contenu de la coupelle dans la fiole.
- Prendre soin d'entraîner tout le solide en rinçant la coupelle et l'entonnoir avec un peu d'eau distillée.



- Ajouter de l'eau distillée dans la fiole en ne la remplissant qu'à moitié.
- Boucher la fiole et agiter doucement jusqu'à dissolution complète du solide.



- À la pissette, ajouter de l'eau distillée jusqu'à 1 cm au-dessous du trait de jauge.
- Compléter au compte-gouttes et ajuster le niveau au trait de jauge en alignant le bas du ménisque sur le trait de jauge.
- Boucher et agiter doucement pour homogénéiser : la solution est prête.

# Préparer une solution de concentration donnée par dilution

## 1 Détermination du volume de solution-mère à prélever

Pour préparer un volume  $V_1$  (en L) de solution-fille de *concentration en masse*  $c_{m1}$  (en g · L<sup>-1</sup>), il faut prélever un échantillon de volume  $V_0$  (en L) de solution-mère de *concentration en masse*  $c_{m0}$  (en g · L<sup>-1</sup>) de valeur :

$$V_0 = \frac{c_{m1} \cdot V_1}{c_{m0}}$$

Pour préparer un volume  $V_1$  (en L) de solution-fille de *concentration en quantité de matière*  $c_1$  (en mol · L<sup>-1</sup>), il faut prélever un échantillon de volume  $V_0$  (en L) de solution-mère de *concentration en quantité de matière*  $c_0$  (en mol · L<sup>-1</sup>) de valeur :

$$V_0 = \frac{c_1 \cdot V_1}{c_0}$$



## 2 Matériel à utiliser

- La verrerie de prélèvement est **une pipette jaugée de contenance**  $V_0$ . La verrerie de contenance utilisée est une **fiole jaugée de volume**  $V_1$  et son bouchon.
- Matériel complémentaire** : un système de pipetage (pipeteur ou propipette) ; un bêcher pour prélever la solution-mère ; un compte-gouttes ou une pipette.

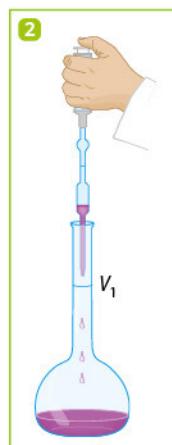
## 3 Étapes de la préparation de la solution



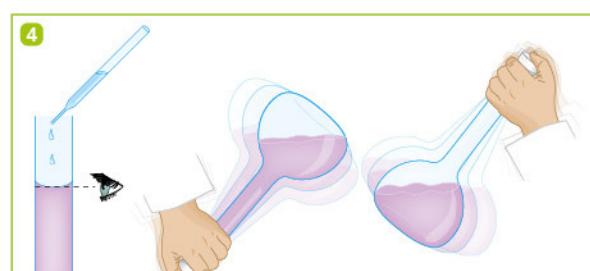
- Verser la solution à prélever dans un bêcher.
- Rincer la pipette jaugée avec un peu de cette solution.
- À l'aide de la pipette jaugée et de la propipette (ou pipeteur), prélever le volume  $V_0$  de solution-mère en alignant le bas du ménisque de la solution sur le trait de jauge.



- Ajouter de l'eau distillée dans la fiole en ne la remplissant qu'à moitié.
- Boucher la fiole et agiter doucement pour homogénéiser le mélange.



- Introduire le prélèvement dans une fiole jaugée de volume  $V_1$ .
- Ne pas souffler dans la pipette pour récupérer les dernières gouttes, leur volume n'est pas comptabilisé dans  $V_0$  !



- À la pissette, ajouter de l'eau distillée jusqu'à 1 cm au-dessous du trait de jauge. Compléter au compte-gouttes et ajuster le niveau au trait de jauge en alignant le bas du ménisque sur le trait de juge.
- Boucher et agiter doucement pour homogénéiser : la solution diluée (solution-fille) est prête.

# Utiliser un pH-mètre

*L'usage du pH-mètre nécessite un certain nombre de précautions, qu'il est important de respecter si l'on veut obtenir des résultats corrects.*

## 1 Description

- Le pH-mètre est un millivoltmètre électronique qui mesure la tension électrique entre deux électrodes en général réunies (sonde pH-métrique).
- Il se compose d'une sonde pH-métrique et d'un boîtier de mesure.
- La tension électrique entre les deux électrodes est une fonction affine de la valeur du pH et elle dépend de la température.
- L'appareil affiche les résultats directement en unités de pH.



## 2 Précaution d'emploi des électrodes

- Manipuler la sonde avec précaution.
- La rincer soigneusement sous un jet de pissette d'eau distillée avant et après chaque mesure.
- Entre deux lectures, plonger la sonde dans de l'eau distillée mais ne pas la laisser dans la solution ni à l'air libre.
- Remettre la sonde dans la solution de conservation entre chaque période d'utilisation.

## 3 Étalonnage

- La valeur du pH dépend de la température des solutions : en général il est nécessaire de la mesurer et l'enregistrer dans l'appareil.
- L'étalonnage s'effectue à l'aide de deux solutions au pH connu appelées solutions tampon.
- Immerger la sonde dans une solution tampon (les valeurs courantes étant pH = 4, 7 ou 10) puis valider la valeur du pH.
- Rincer la sonde à l'eau distillée.
- Immerger la sonde dans une seconde solution tampon puis valider à nouveau la valeur du pH (avec certains modèles il y a un ordre à suivre quant à l'utilisation des deux solutions tampons).



## 4 Mesure

- Plonger la sonde en réglant sa hauteur pour qu'elle soit bien immergée.
- Attendre la stabilisation de l'affichage (certains modèles proposent un mode automatique qui interrompt la mesure lorsque la valeur est stable) avant de noter le résultat qui n'est donné qu'à 0,1 unité de pH près.

# Utiliser un conductimètre

*L'usage du conductimètre nécessite un certain nombre de précautions qu'il est important de respecter si l'on veut obtenir des résultats corrects.*

## 1 Description

Un conductimètre du commerce mesure directement la conductivité  $\sigma$  (en  $S \cdot m^{-1}$ ). Il se compose d'une sonde conductimétrique et d'un boîtier de mesure.



## 2 Étalonnage

- Il doit être réalisé à l'aide d'une solution aqueuse étalon dont la conductivité est connue en fonction de la température, par exemple du chlorure de potassium ( $K^+$  (aq),  $Cl^-$  (aq)).
- Rincer la sonde de mesure à l'eau distillée et l'essuyer à l'aide de papier absorbant.
- Plonger la sonde du conductimètre et un thermomètre dans la solution et agiter (un capteur de température peut aussi être intégré à la sonde).
- Attendre que l'équilibre thermique soit atteint et noter la température (automatique sur certains modèles).
- En tenant compte de la température de la solution, ajuster la valeur affichée de la conductivité à la valeur donnée dans les tables (ci-contre).

Concentration de la solution étalon de chlorure de potassium (en  $mol \cdot L^{-1}$ )

Température (en °C)	Conductivité $\sigma$ (en $mS \cdot cm^{-1}$ )	Conductivité $\sigma$ (en $\mu S \cdot cm^{-1}$ )
20	11,700	1 279
21	11,960	1 305
22	12,220	1 331
23	12,470	1 359
24	12,730	1 387
25	12,970	1 412

## 3 Mesures

- Si on dispose de différentes solutions, on effectue les mesures de conductivité de la solution la plus diluée à la plus concentrée.
- Toujours rincer à l'eau distillée et sécher avec du papier absorbant la sonde conductimétrique entre deux mesures.
- Plonger la sonde en réglant sa hauteur pour qu'elle soit bien immergée.
- Attendre la stabilisation de la valeur affichée.



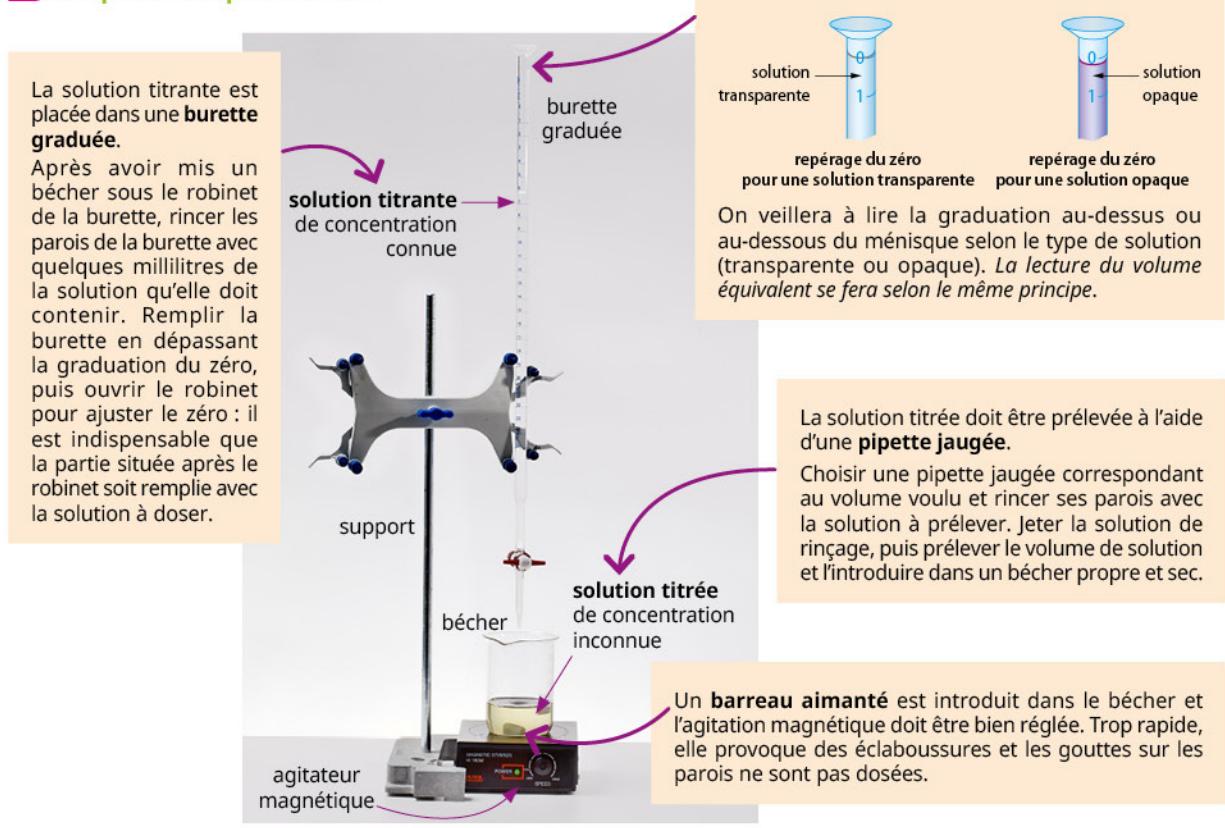


# Réaliser un titrage direct

## 1 Qu'est-ce qu'un titrage direct ?

Titrer une espèce chimique en solution, c'est déterminer sa concentration en quantité de matière à l'aide d'une réaction chimique. Lors d'un titrage direct, l'espèce chimique à doser (l'espèce titrée) réagit avec une espèce chimique de concentration en quantité de matière connue (l'espèce titrante). La réaction mise en jeu doit être totale et rapide. Le titrage direct est une méthode destructive : l'espèce titrée est consommée.

## 2 Dispositif expérimental



## 3 Équivalence

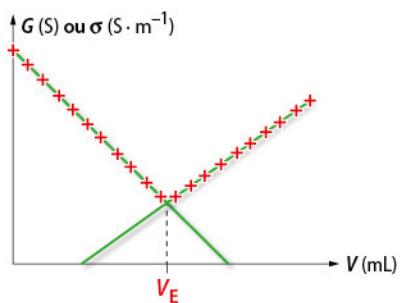
Au cours d'un titrage, l'espèce titrante est versée progressivement. Tant qu'il reste de l'espèce titrée, celle-ci réagit avec l'espèce titrante versée. L'espèce titrante est donc entièrement consommée : c'est le réactif limitant. Quand il ne reste plus de l'espèce titrée en solution, le réactif titrant versé ne peut plus réagir et reste en solution. C'est alors le réactif titré qui est le réactif limitant. Il existe donc un certain volume de solution titrante versée pour lequel aucun des réactifs titrant et titré ne reste en solution : c'est le volume équivalent.

L'équivalence d'un titrage est l'état final du système chimique pour lequel les réactifs ont été introduits en proportions stœchiométriques. C'est aussi l'état du système pour lequel il y a changement de réactif limitant.

Lors d'un titrage colorimétrique, l'équivalence peut se repérer par disparition d'une coloration ou apparition d'une coloration persistante, phénomène appelé « virage ».

#### 4 Titrage par conductimétrie

- La sonde conductimétrique doit être réglée en hauteur pour qu'elle soit bien immergée sans être frappée par le barreau aimanté, lors de l'agitation.
- Mesurer la conductance  $G$  ou la conductivité  $\sigma$  ([FICHE PRATIQUE p. 573](#)) en fonction du volume  $V$  de solution titrante versé.
- À partir des points expérimentaux, on trace une droite de régression avant l'équivalence, puis une seconde après l'équivalence. L'intersection de ces deux droites a pour abscisse le volume équivalent  $V_E$ .



#### 5 Titrage par pH-métrie

- La sonde pH-métrique doit être réglée en hauteur pour qu'elle soit bien immergée sans être frappée par le barreau aimanté, lors de l'agitation.
- Tracer la courbe représentant le pH mesuré ([FICHE PRATIQUE p. 572](#)) en fonction du volume  $V$  de solution titrante versé.
- L'équivalence est repérée par une variation brutale du pH sur la courbe. Deux méthodes permettent de la déterminer.

##### a. Méthode des tangentes

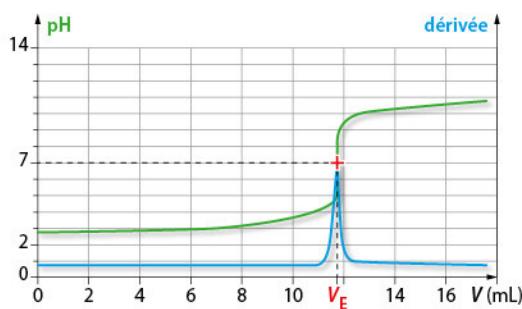
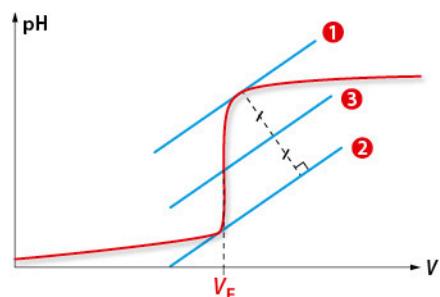
De part et d'autre de la zone de saut de pH, tracer deux tangentes à la courbe parallèles ① et ②, puis une droite ③ qui leur est parallèle et équidistante.

Cette droite coupe la courbe de titrage au point dont l'abscisse est le volume équivalent  $V_E$ .

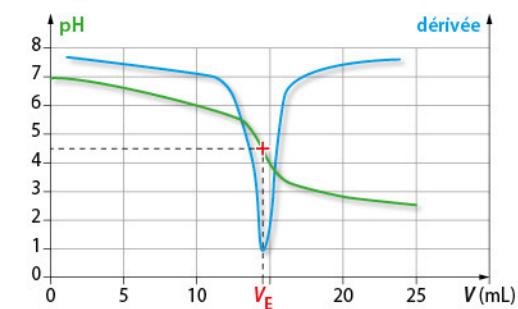
##### b. Méthode de la dérivée

À l'aide d'un logiciel, tracer la dérivée de la courbe  $pH = f(V)$ .

L'abscisse de l'extrémum de cette courbe est le volume équivalent  $V_E$ .



L'extrémum de la courbe dérivée est un maximum dans le cas du titrage d'un acide par une base.



L'extrémum de la courbe dérivée est un minimum dans le cas du titrage d'une base par un acide.

# Réaliser un dosage par étalonnage

*Comment déterminer la concentration en quantité de matière d'une espèce chimique à partir d'un ensemble de solutions étalons de concentrations connues ?*

## 1 Qu'est-ce qu'un dosage par étalonnage ?

Le dosage par étalonnage permet de déterminer la concentration en quantité de matière inconnue d'une espèce en solution sans que la nature ni la concentration de la solution analysée ne soient modifiées. Cette méthode est dite non destructive.

## 2 Préparation des solutions étalons

- Préparer un ensemble de solutions étalons contenant l'espèce chimique à doser et dont les concentrations en quantité de matière sont connues précisément. Si la solution est colorée, on réalise une échelle de teintes.
- Pour que la méthode soit fiable, il faut que les concentrations en quantité de matière des solutions étalons encadrent celles de la solution contenant l'espèce à doser.



## 3 Utilisation de la spectrophotométrie

### a. Validité du dosage

- Les mesures sont toutes réalisées à la même longueur d'onde et à la même température.
- L'épaisseur de la solution traversée reste la même.
- La solution est suffisamment diluée (inférieure à  $100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ), homogène (pas de précipité) et elle ne réagit pas à la lumière.
- L'espèce chimique étudiée est la seule à absorber la radiation de longueur d'onde considérée.
- La loi de Beer-Lambert établit une proportionnalité entre l'absorbance et la concentration d'une solution :

$$\begin{array}{c} \text{coefficient de proportionnalité} \\ (\text{en } \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}) \\ \downarrow \\ \text{absorbance (sans unité)} \longrightarrow A = k \cdot c \longleftarrow \text{concentration en quantité} \\ \text{de matière (en } \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{)} \end{array}$$

### b. Réalisation de la courbe d'étalonnage

- Mesurer l'absorbance de chacune des solutions étalons préparées (FICHE PRATIQUE p. 578).
- Reporter les mesures sur un graphique représentant l'absorbance en fonction de la concentration en quantité de matière.
- Les points de mesure reportés sur le graphique doivent être alignés (aux incertitudes expérimentales près) suivant une droite passant par l'origine.



## 4 Utilisation de la conductimétrie

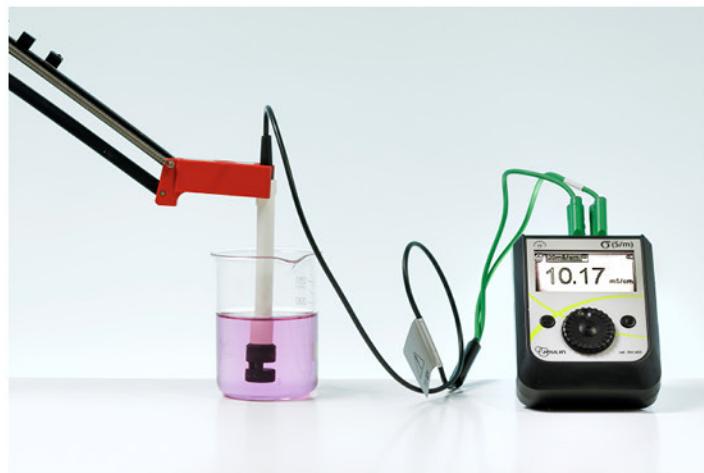
### a. Validité du dosage

- les mesures sont toutes réalisées à la même température ;
- la solution est suffisamment diluée : concentrations en quantité de matière inférieures à  $10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .
- dans ce cas la conductivité de la solution est proportionnelle à sa concentration en quantité de matière de soluté apporté. La loi de Kohlrausch établit cette proportionnalité :

$$\begin{array}{c} \text{conductivité molaire ionique} \\ \text{de l'ion } i \text{ (en } \text{s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}) \\ \downarrow \\ (\text{en } \text{s} \cdot \text{m}^{-1}) \longrightarrow \sigma = \sum \lambda_i \cdot c_i \longleftarrow \text{concentration de l'ion} \\ (\text{en } \text{mol} \cdot \text{m}^{-3}) \end{array}$$

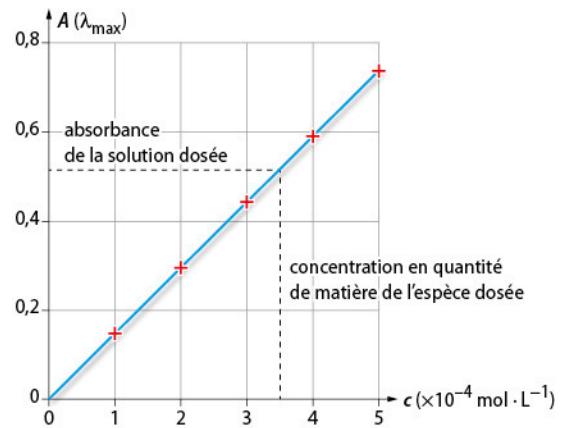
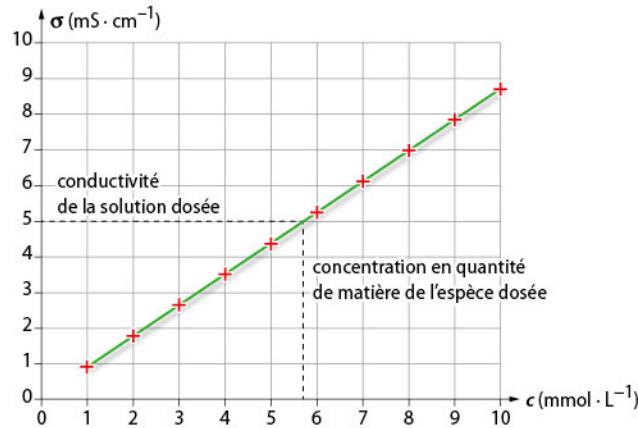
### b. Réalisation de la courbe d'étalonnage

- Mesurer la conductivité de chacune des solutions étalons préparées (FICHE PRATIQUE ➔ p. 573).
- Reporter les mesures sur un graphique représentant la conductivité en fonction de la concentration en quantité de matière.
- Les points de mesure reportés sur le graphique doivent être alignés (aux incertitudes expérimentales près) suivant une droite passant par l'origine.



## 5 Détermination de la concentration inconnue

- Mesurer l'absorbance ou la conductivité de la solution à doser.
- Déduire de la courbe d'étalonnage la concentration en quantité de matière de l'espèce chimique dosée.

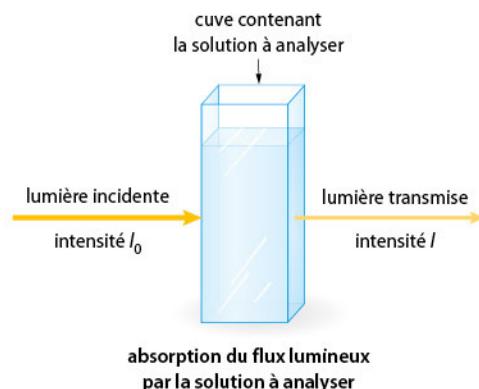


# Réaliser un spectre d'absorption UV-visible

## 1 Absorbance d'une solution

À l'aide d'un spectrophotomètre, on détermine l'absorbance d'une solution, c'est-à-dire sa capacité à absorber les radiations lumineuses de différentes longueurs d'ondes qui la traversent.

Pour un faisceau monochromatique de longueur d'onde donnée, l'appareil compare l'intensité de la lumière incidente  $I_0$  et l'intensité de la lumière transmise  $I$  et fournit une tension électrique qui varie comme l'absorbance  $A$  de la solution.



## 2 Dispositif expérimental

Le spectrophotomètre comporte un émetteur et un récepteur de lumière entre lesquels on place une cuve contenant un peu de solution à analyser.

### Étalonnage

- Une mesure de référence (le « blanc ») doit être réalisée avec une cuve contenant le solvant (en général de l'eau distillée), afin que la variation de l'intensité lumineuse ne dépende que de l'espèce chimique étudiée.
- Attention à respecter la position des fenêtres de la cuve lors de l'insertion de l'échantillon dans son porte-cuve !

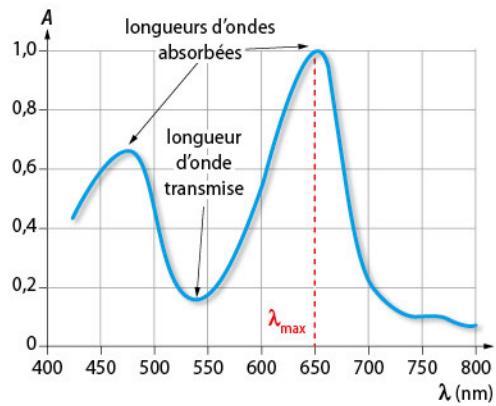


### Mesure

- On introduit la cuve contenant l'échantillon à analyser dans le porte-cuve.
- Les valeurs de l'absorbance s'affichent directement sur l'appareil ou sont enregistrées par un dispositif d'acquisition de mesures et de traitement de données.

### Spectre

- Ce graphique représente l'absorbance  $A$  de la solution en fonction de la longueur d'onde  $\lambda$ .



# Réaliser une distillation ou un chauffage à reflux

GESTE  
ECE  
n° 4



## 1 Principe et intérêt des montages

- Une **distillation** permet de séparer deux liquides miscibles dont les températures d'ébullition sont différentes. Lorsque le mélange est chauffé, le composé qui a la température d'ébullition la plus basse s'évapore le premier. Ses vapeurs se refroidissent dans le réfrigérant, elles se liquéfient : on peut alors recueillir ce liquide, séparé du reste du mélange.

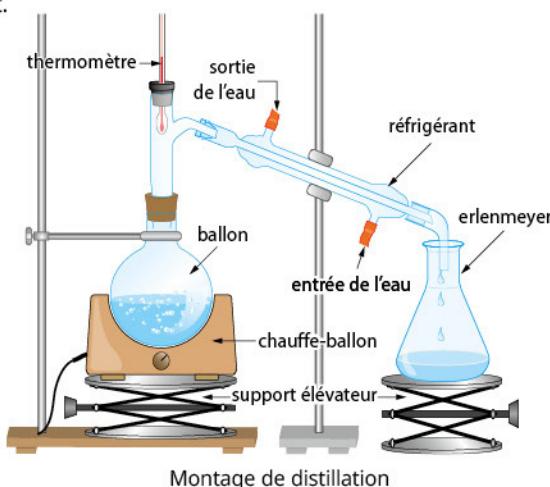
- Un **chauffage à reflux** est utilisé pour augmenter la vitesse des transformations chimiques lors des synthèses.

Le reflux permet d'éviter les pertes de matière en liquéfiant les vapeurs formées.

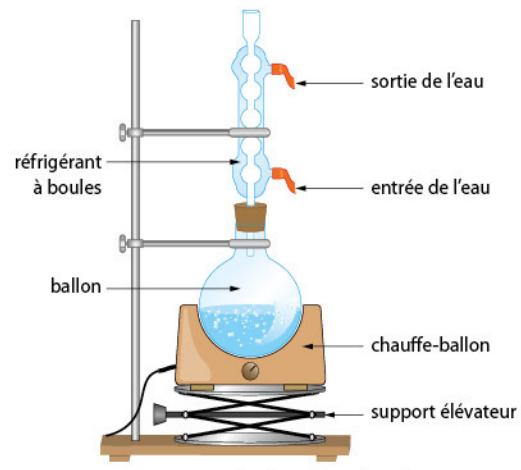
## 2 Mise en œuvre pratique des deux montages

- Introduire le mélange dans un ballon à fond rond et ajouter quelques grains de pierre ponce.
- Fixer le ballon au support par une pince et le placer dans le chauffe-ballon posé sur un support élévateur.
- Pour la distillation, placer sur le ballon l'allonge coulée puis le condenseur (ou réfrigérant), qui sera maintenu par une pince fixée à un support.
- Pour le chauffage à reflux, placer sur le ballon le réfrigérant.

- Relier le tuyau d'arrivée d'eau froide au robinet, puis au bas du condenseur.
- Placer une extrémité du tuyau de sortie d'eau en haut du condenseur, puis l'autre extrémité dans l'évier.
- Ouvrir avec précaution le robinet et régler un débit d'eau assez faible.
- Mettre en marche le chauffe-ballon, puis régler le thermostat de manière à obtenir une ébullition douce.



Montage de distillation



Montage de chauffage à reflux

## 3 Rôle des différents éléments

- Le **réfrigérant** (ou condenseur) permet d'éviter les pertes de matière (réactifs, produits, solvants, espèces spectatrices) par évaporation. Il est important que l'eau arrive par le bas du réfrigérant et ressorte par le haut.

**Attention !**

**Le haut du réfrigérant ne doit pas être bouché (risque de surpression dans le montage).**

- La **pierre ponce** permet de réguler l'ébullition en favorisant la formation de bulles d'air au sein du liquide.

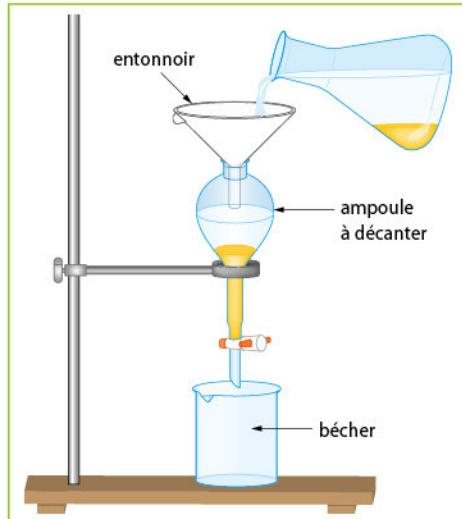
- Le **support élévateur** est un élément de sécurité : il permet de descendre rapidement le chauffe-ballon afin d'interrompre le chauffage en cas de besoin (emballement de la réaction).

## Utiliser une ampoule à décanter

Une ampoule à décanter permet de séparer deux liquides non miscibles. Elle permet également d'extraire une espèce chimique d'un mélange en utilisant un solvant (non miscible au mélange) dans lequel l'espèce est plus soluble que dans le milieu d'origine.

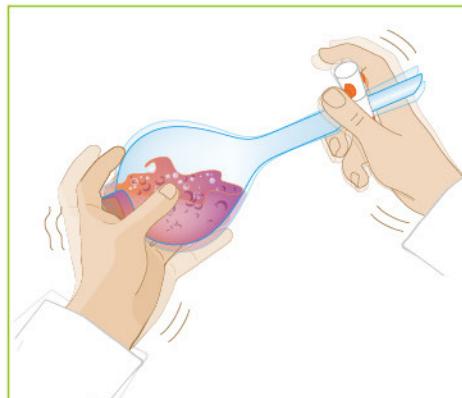
### 1 Introduction du mélange ▶

- Placer l'ampoule à décanter sur son support. Fermer le robinet et placer un bêcher en dessous.
- Introduire dans l'ampoule, à l'aide d'un entonnoir, le mélange des deux liquides non miscibles que l'on souhaite séparer (on prend ici l'exemple du cyclohexane et de l'eau iodée).



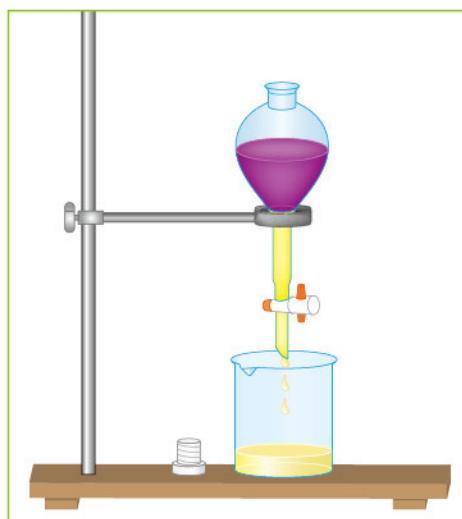
### 2 Extraction et dégazage ▶

- Placer le bouchon sur l'ampoule puis la sortir de son support.
- En tenant le bouchon avec une main, incliner l'ampoule, comme indiqué ci-contre. L'ouverture de l'ampoule doit être dirigée vers un espace inoccupé.
- En maintenant toujours le bouchon, agiter l'ampoule doucement. De temps en temps, ouvrir le robinet pour éviter des problèmes de surpression dans l'ampoule : c'est le **dégazage**.



### 3 Séparation des liquides ▶

- Replacer l'ampoule sur son support. Enlever le bouchon et attendre quelques instants que les deux liquides non miscibles se séparent.
- Ouvrir le robinet et recueillir le premier liquide qui s'écoule (le plus dense).
- Fermer le robinet quand le second liquide (ici le cyclohexane contenant le diiode) arrive au niveau du robinet et changer de récipient pour le recueillir si besoin.



# Réaliser une filtration

*La filtration permet de séparer un solide et un liquide.*

*Deux techniques de filtration peuvent être utilisées au laboratoire.*

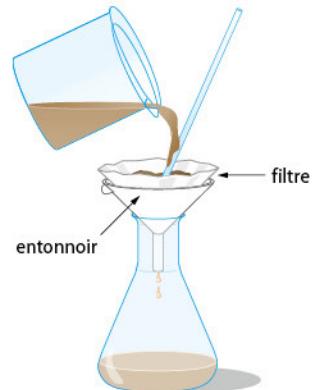
## 1 Filtration par gravité

### a. Principe

Dans la filtration par gravité, on utilise un filtre en papier à travers lequel le liquide s'écoule sous la seule action de son poids.

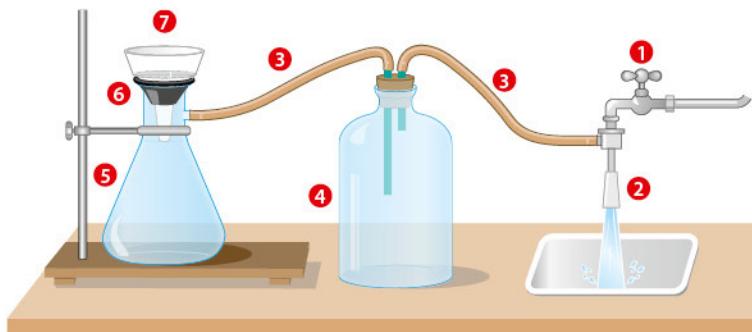
### b. Mise en œuvre expérimentale

- Placer un entonnoir sur un erlenmeyer. Mettre un papier-filtre de taille adaptée dans l'entonnoir.
- Afin de mettre le solide en suspension, agiter le mélange à filtrer contenu dans un bêcher. Le verser ensuite par petites portions dans l'entonnoir, le long d'un agitateur de verre, qui reste en contact avec le papier-filtre.
- Pour finir, le solide peut être rincé délicatement avec un solvant approprié dans lequel il n'est pas (ou très peu) soluble.



## 2 Filtration sous pression réduite

- ① robinet
- ② trompe à eau
- ③ tuyau de raccord
- ④ fiole de garde
- ⑤ fiole à vide où le filtrat est recueilli
- ⑥ joint
- ⑦ entonnoir Büchner muni d'un papier-filtre



### a. Principe

La filtration sous pression réduite est plus rapide et plus efficace que la filtration simple.

On utilise l'eau qui coule d'un robinet pour créer une dépression sous l'entonnoir et aspirer le liquide à filtrer. Un filtre posé sur le fond de l'entonnoir retient le solide et laisse passer le liquide.

La fiole de garde permet d'éviter que de l'eau n'arrive dans la fiole à vide en cas d'erreur de manipulation.

### b. Mise en œuvre expérimentale

- Fixer la fiole à vide à l'aide d'une pince sur un support de montage.
- Vérifier la présence d'un joint entre la fiole à vide et l'entonnoir Büchner.

- Placer un papier-filtre qui doit recouvrir les trous de l'entonnoir Büchner.

- Ouvrir à fond le robinet de la trompe à eau.
- Verser le mélange à séparer dans le Büchner. Afin d'améliorer le séchage du solide, on peut l'écraser (avec un bouchon retourné, par exemple).
- Avant de fermer le robinet à la fin de la filtration, débrancher le tuyau de la trompe à eau, pour éviter que la faible pression dans ce tuyau ne provoque une aspiration de l'eau dans la fiole de garde.
- Récupérer le solide dans le Büchner.

# Réaliser une chromatographie sur couche mince

La chromatographie sur couche mince (CCM) permet de séparer et d'identifier des espèces chimiques présentes dans un mélange.

## 1 Préparation de la cuve

- Si besoin, préparer le mélange de solvants qui constituera l'**éluant**, puis en verser dans la cuve à chromatographie afin d'obtenir une hauteur de liquide d'environ 1 cm.
- Boucher la cuve afin d'éviter l'évaporation des solvants.

## 2 Préparation de la plaque

### Attention !

Si la plaque utilisée est une plaque de silice, elle est très fragile. Éviter de la toucher avec les doigts.

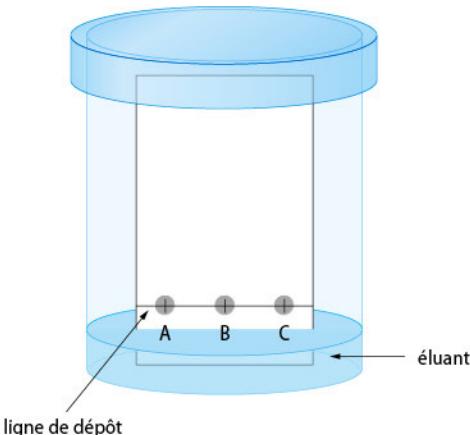
- Tracer au crayon gris, à environ 1,5 cm du bord inférieur de la plaque, un trait qui constitue la ligne de dépôt.
- Placer sur cette ligne des marques, régulièrement espacées, dont le nombre est égal à celui des échantillons à déposer.

## 3 Dépôt des échantillons

- À l'aide d'une pointe fine, déposer les échantillons sur leurs marques respectives. La tache de dépôt ne doit pas dépasser 3 mm, et il faut changer de pointe pour chaque échantillon.

## 4 Élution

- Introduire la plaque verticalement dans la cuve : la ligne de dépôt doit être au-dessus du niveau de l'éluant. Boucher la cuve.



Plaque préparée avec dépôts

- L'éluant contenu dans la cuve monte le long de la plaque : c'est l'étape d'**élution**. Attendre que l'éluant arrive à environ 1 cm du haut de la plaque, puis retirer la plaque et repérer par un trait la hauteur maximale atteinte par l'éluant (c'est la **ligne de front**). Sécher la plaque (à l'aide d'un sèche-cheveux par exemple).

## 5 Révélation du chromatogramme

- Dans le cas de composés colorés, le chromatogramme est directement exploitable.
- Pour les produits incolores, il est nécessaire de faire apparaître les taches : c'est l'étape de **révélation**. On peut pour cela utiliser une lampe à ultraviolet, des vapeurs de diiode ou une solution de permanganate de potassium.

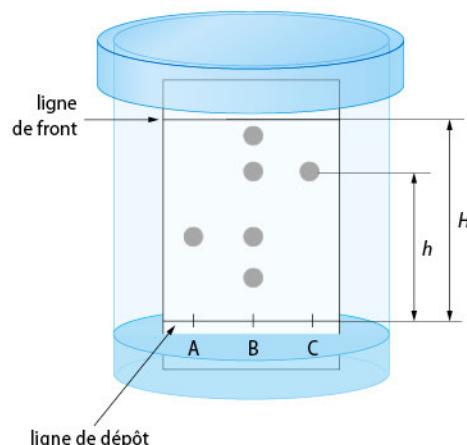
### Attention !

Ne pas regarder directement la lumière d'une lampe à ultraviolet.

- Entourer chaque tache au crayon.

## 6 Exploitation du chromatogramme

- Mesurer la hauteur parcourue par l'éluant entre les deux traits repérés sur la plaque. On la note  $H$ .
- Mesurer la hauteur parcourue par une tache, entre la ligne de dépôt et sa hauteur finale. On la note  $h$ .
- Le **rapport frontal**  $R$  de ce composé peut être calculé par la formule  $R = \frac{h}{H}$ .



Chromatogramme après élution

# Réaliser une recristallisation

## 1 Principe

À l'issue d'une synthèse, le produit brut obtenu n'est généralement pas pur. Ainsi la mesure de la température de fusion de ce solide brut donne une valeur souvent inférieure à celle indiquée dans les tables.

Il est alors possible de purifier le produit brut par recristallisation.

C'est la différence de solubilité dans un solvant du produit recherché et des impuretés, en fonction de la température, qui va permettre la séparation. En général, la solubilité d'un solide augmente avec la température du solvant.

Cette méthode, la plus courante pour éliminer la majorité des impuretés, est utilisée au laboratoire comme dans l'industrie.

## 2 Choix du solvant

Choisir un solvant dans lequel :

- le produit est peu soluble à froid et relativement soluble à chaud ;
- les impuretés sont solubles à froid.

L'eau ou l'alcool sont les solvants les plus souvent utilisés.

## 3 Mise en œuvre

On va dissoudre le produit brut dans le minimum de solvant chaud. Pour cela ajouter au solide le solvant porté à ébullition par petites quantités, jusqu'à le dissoudre entièrement.

Laisser ensuite refroidir la solution dans un bain d'eau glacée en agitant.



Le produit cristallise seul, les impuretés restant en solution dans le solvant.



En cas de « retard à la cristallisation », on peut favoriser la formation du premier cristal en grattant les parois internes du récipient à l'aide d'une baguette de verre ou en introduisant, si on en possède, un cristal du composé à recristalliser.

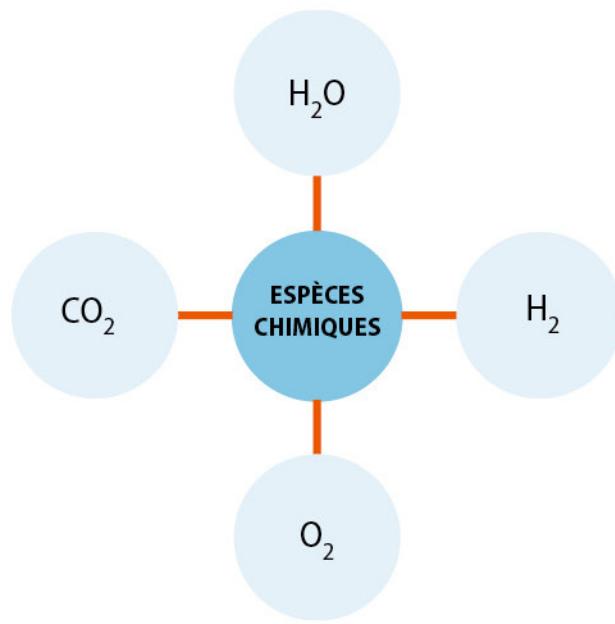
# Mettre en œuvre un test d'identification d'espèces chimiques

Comment vérifier la présence d'une espèce chimique courante ?

Quelques tests simples peuvent être mis en œuvre pour valider la présence d'espèces chimiques que l'on rencontre fréquemment en chimie.



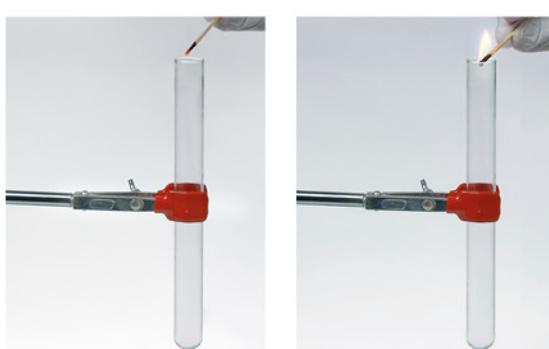
Bleuit le sulfate de cuivre anhydre.



Ravive une allumette incandescente.



Détone en présence d'une flamme.



# Mesurer une température de fusion

*La température de fusion est caractéristique d'une espèce chimique.  
Elle se mesure facilement à l'aide d'un banc Kofler.*

## 1 Principe



L'appareil, électrique, est muni d'une plaque chauffante dont la température augmente régulièrement d'un bout à l'autre, passant de 50 à 260 °C. Un **curseur** repère le passage de l'état solide à l'état liquide. L'**index** pointe la température de fusion recherchée sur une échelle graduée.

L'appareil nécessite un **étalonnage** à l'aide de **solides étalons** dont la température de fusion est connue.

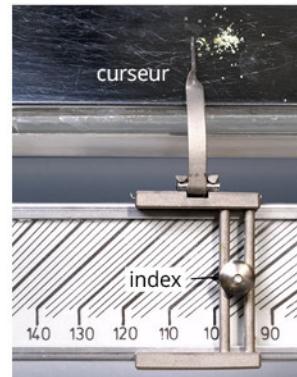
*Remarque :* un produit pur présente un point de fusion bien net, alors que le passage de l'état solide à l'état liquide est plus étalé lorsque des impuretés sont présentes. En ce cas, il faut prévoir une étape de purification (par exemple par recristallisation).

## 2 Préparation de la mesure



- Allumer le banc au moins 30 minutes avant la mesure.
- Déposer une petite quantité de solide sec (quelques cristaux) à l'extrême froide de la plaque.
- Avec la pointe d'une spatule, déplacer lentement le solide, en biais, vers l'extrême chaude.

- Dès que les premières gouttes de liquide apparaissent, abaisser le curseur entre le liquide et le solide restant.
- Lire la valeur indiquée par l'**index** : elle fournit une valeur approximative de la température de fusion recherchée.
- Nettoyer la plaque avec un coton imbibé d'un peu d'éthanol.



## 3 Étalonnage et mesure

- Recomencer l'opération avec un solide étalon dont la température de fusion est proche de la température mesurée précédemment.
- Après avoir abaissé le curseur, placer la pointe de l'**index** sur la température théorique de fusion du solide étalon. Le banc Kofler est alors étalonné.
- Nettoyer le banc en prenant garde à ne plus modifier la position de l'**index**. Refaire une mesure avec le solide étudié pour déterminer sa température de fusion.



# Utiliser un logiciel de traitement de vidéos



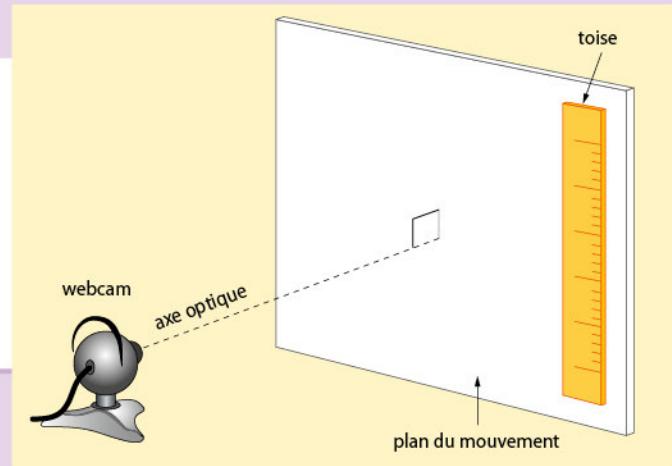
Enregistrer le mouvement d'un objet permet ensuite de l'analyser.

Un logiciel de traitement de vidéo (ou une application de smartphone dédiée) permet de décomposer l'enregistrement image par image, donc de décomposer le mouvement.

## 1 Enregistrement d'une vidéo

Pour que l'enregistrement vidéo du mouvement d'un objet soit exploitable, il faut s'assurer que :

- le mouvement ait lieu dans un **plan perpendiculaire** à l'axe optique du capteur de la caméra ;
- l'objet de dimensions connues ou la règle graduée ait été positionné dans le plan du mouvement (la règle permet l'**étalonnage** des longueurs).



## 2 Traitement de la vidéo

### a. Étalonnage

Il s'agit de faire correspondre les dimensions observées sur l'écran aux dimensions réelles. Pour cela, le logiciel propose de faire correspondre une valeur réelle à un segment à construire sur l'écran.

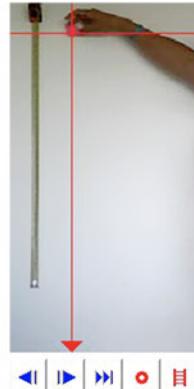
On choisit comme segment la longueur sur l'écran de l'objet de dimensions connues.



### b. Repère d'espace

Il s'agit d'identifier un repère d'espace avec une origine. Pour cela, le logiciel propose de cliquer sur un point de l'écran qui est choisi comme origine, puis oriente l'espace par deux axes.

On choisit généralement l'origine à la position de départ de l'objet dont on étudie le mouvement.



### c. Pointage

Il s'agit de repérer image par image les positions successives occupées par l'objet au cours du temps. Pour cela, le logiciel propose de cliquer image par image sur un point de l'écran.

On choisit généralement comme point d'étude le centre de l'objet dont on étudie le mouvement.



## 3 Exploitation

À l'aide d'un tableur-grapheur ou d'un logiciel de programmation, il est ensuite possible d'exploiter les coordonnées ( $t, X, Y$ ) des points.

Grd Unité	t s	X m	Y m
1	0,000	0,000	0,001
2	0,040	0,000	0,009
3	0,080	0,001	0,023
4	0,120	-0,001	0,045
5	0,160	0,000	0,073
6	0,200	0,000	0,105
7	0,240	0,000	0,137
8	0,280	0,000	0,169
9	0,320	0,001	0,193
10	0,360	0,000	0,215
11	0,400	0,000	0,239
12	0,440	-0,001	0,268
13	0,480	0,001	0,296

# Mesurer une pression

Pour mesurer la pression dans un gaz ou dans un liquide, on utilise un manomètre ou un capteur de pression (parfois nommé pressiomètre). Le baromètre mesure, quant à lui, la pression atmosphérique.

## 1 S'approprier l'instrument de mesure

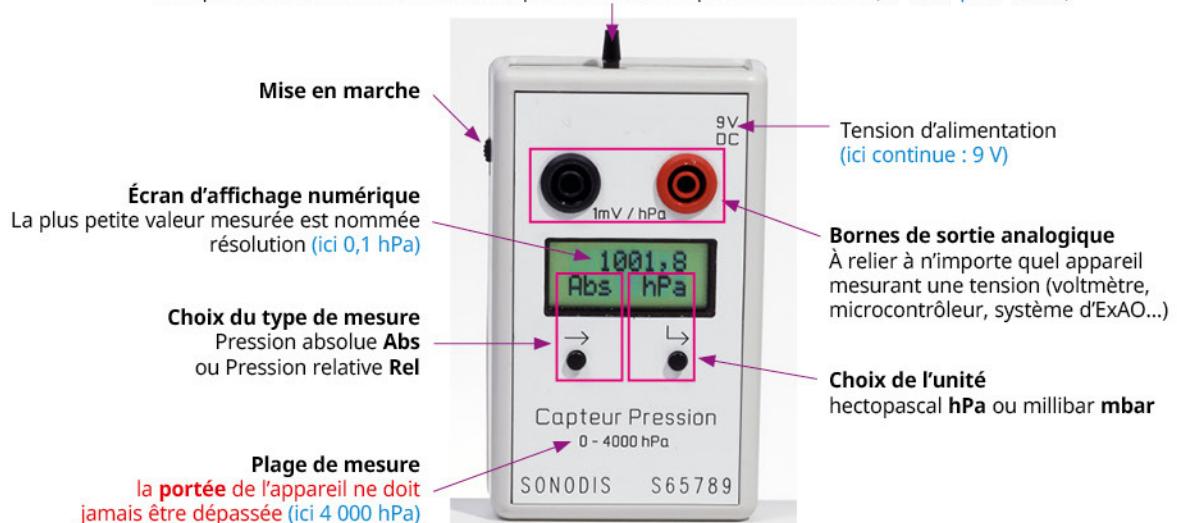
Quel que soit le modèle utilisé, les principaux éléments de l'appareil décrits ci-dessous sont présents.

### Entrée du capteur de pression

À relier au fluide par l'intermédiaire d'un tuyau, d'une seringue, d'une sonde.

**Ne jamais introduire de liquide dans le capteur.**

Le capteur convertit en tension électrique la valeur de la pression mesurée (ici 1 mV pour 1 hPa)



## 2 Réaliser des mesures

### a. Pression absolue ou pression relative

Une pression absolue ( $P_{abs}$ ) est mesurée à partir du vide ( $P = 0$  bar). Une pression relative ( $P_{rel}$ ) est mesurée par rapport à la pression atmosphérique ( $P_{atm} \approx 1$  bar).

### b. Mesure de pression

Un encadrement raisonnable de la valeur de la pression  $P$  mesurée est obtenu à partir d'une lecture sur l'écran d'affichage numérique (ou indiquée par la position de l'aiguille dans le cas d'un manomètre à aiguille).

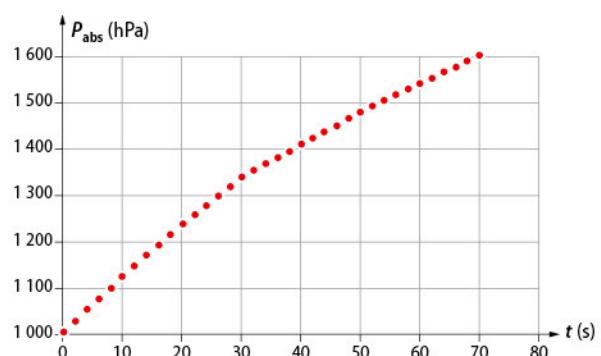
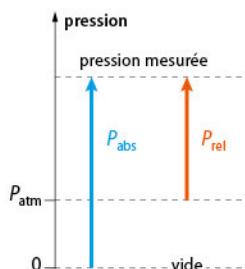
#### EXEMPLE

On estime  $P$  compris entre 1 001,3 hPa et 1 002,3 hPa.

Le meilleur estimateur de la pression  $P$  mesurée est le milieu de cet intervalle et l'incertitude-type  $u_p$  associée à cette mesure correspond à la demi-largueur de l'intervalle défini.

#### EXEMPLE

La pression est estimée à  $P = 1\ 001,8$  hPa avec une incertitude-type associée  $u_p = 0,5$  hPa.



# Mesurer un niveau d'intensité sonore

*Un sonomètre (ou décibelmètre) est un instrument de mesure du niveau sonore.*

## 1 Présentation

Un sonomètre est constitué d'un microphone relié à un boîtier numérique composé d'un écran d'affichage et de plusieurs fonctionnalités.



Un sonomètre mesure un niveau sonore L exprimé en décibel, de symbole dB.

## 2 Précautions de mesure

- Pour éviter que les réflexions sonores ne faussent la mesure, orienter le sonomètre avec le microphone dirigé face à la source. Pour cela, utiliser un support de fixation ou le tenir à bout de bras.
- Pour mesurer le niveau sonore d'une source, veiller à ce qu'aucune autre source ne vienne perturber la mesure (voix, bruit de déplacement du matériel, etc.).

## 3 Fonctions et réglages

Sur la majorité des sonomètres sont proposées les fonctions suivantes.

### a. Temps d'intégration : fast/slow ou F/S

La fonction temps d'intégration (fast/slow ou F/S) détermine le temps d'acquisition de la mesure.

- Pour les mesures effectuées au lycée, choisir le mode lent (slow ou S) et penser à attendre la stabilisation de la mesure.

### b. Filtres de pondération fréquentielle : A/C

Deux modes de pondération fréquentielle sont proposés : pondération A (mesures en dB(A)) ou pondération C (mesures en dB(C)).

La pondération A tient compte de la sensibilité de l'oreille, qui diffère selon les fréquences. On utilise la pondération A lorsqu'on évalue les risques d'une source pour l'appareil auditif humain.

La pondération C est utilisée pour contrôler le bruit des machines.

Pour les mesures effectuées au lycée, sélectionner la pondération A.

Les tables de pondération (A et C) sont données dans la notice de l'appareil. Elles permettent de retrouver, si nécessaire, le niveau sonore réel pour une fréquence donnée.

Caractéristiques des filtres A et C

Fréquence (Hz)	Filtre A (dB)	Filtre C (dB)	Précision
31,5 Hz	- 39,4 dB	± 3,0 dB	± 3,0 dB
63,0 Hz	- 26,2 dB	- 0,8 dB	± 2,0 dB
125 Hz	- 16,1 dB	- 0,2 dB	± 1,5 dB
250 Hz	- 8,6 dB	0,0 dB	± 1,5 dB
500 Hz	- 3,2 dB	0,0 dB	± 1,5 dB
1 kHz	0,0 dB	0,0 dB	± 1,5 dB
2 kHz	+ 1,2 dB	- 0,2 dB	± 2,0 dB
4 kHz	+ 1,0 dB	- 0,8 dB	± 3,0 dB
8 kHz	+ 1,1 dB	- 3,0 dB	± 5,0 dB

Extrait de notice d'un sonomètre.

### c. Réglage de la gamme de niveau sonore : RNG ou Hi/Lo

La fonction de réglage de la gamme de niveau sonore permet de choisir l'intervalle de niveau sonore des mesures.

- Évaluer par un premier test le niveau sonore de la source, puis choisir manuellement la gamme de niveau sonore la plus adaptée.

Ce réglage peut aussi se faire automatiquement, la mention « auto » s'affichant alors sur l'écran.

Un indicateur de dépassement de gamme s'activera sur l'écran si la gamme utilisée n'est pas adaptée.

## 4 Précision des mesures

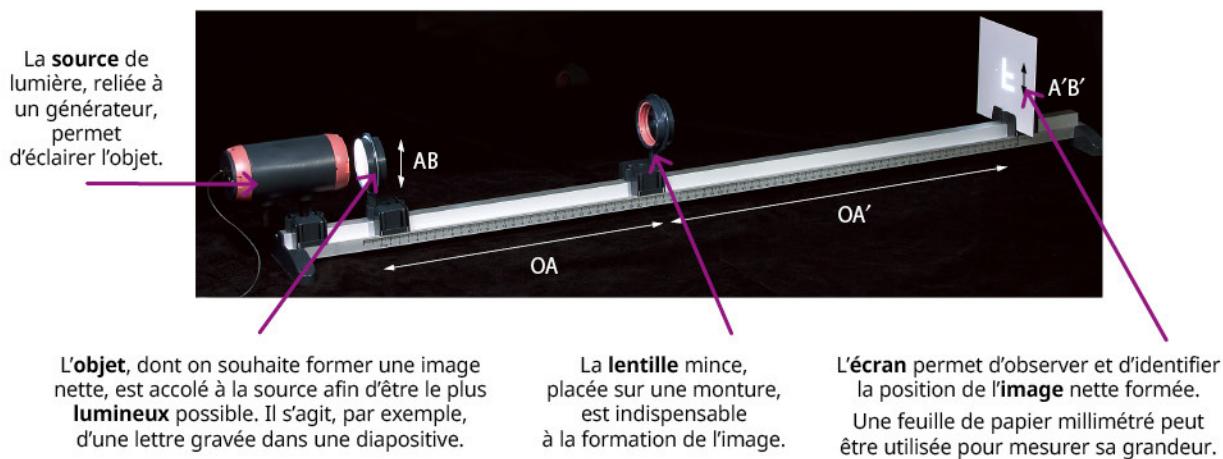
La précision des mesures effectuées dépend de la fréquence. L'intervalle de confiance pour chaque fréquence est indiqué sur la notice, dans les tables de pondération.

# Réaliser un montage d'optique

*Réaliser un montage d'optique consiste à placer les éléments optiques les uns par rapport aux autres, de manière à former l'image nette d'un objet lumineux.*

## 1 Les éléments du montage d'optique

Tout montage d'optique est constitué d'une **source de lumière**, d'un **objet**, d'une ou plusieurs **lentilles** et d'un **écran**. Ces éléments sont placés sur une monture. Ils sont disposés sur un support rectiligne, horizontal et gradué, sur lequel ils peuvent coulisser tout en restant alignés : le **banc d'optique**. Outre l'alignement des éléments d'optique, le banc d'optique permet, à partir d'un repérage des positions, la réalisation de mesures.

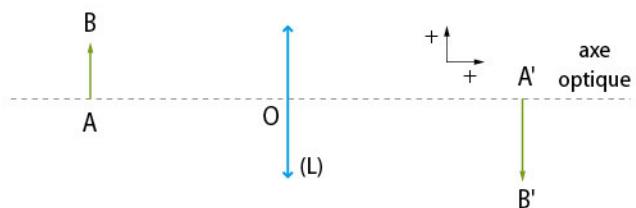


## 2 Alignement et réglage du dispositif expérimental

1. Placer la source de lumière sur le banc, l'allumer et y accolter l'objet.
  2. Se placer dans l'obscurité.
  3. Déplacer l'ensemble source-objet lumineux, de manière à positionner l'objet sur la graduation zéro du banc d'optique.
  4. Disposer la lentille convergente à une distance de l'objet supérieure à sa distance focale  $f$ .
  5. Déposer l'écran sur le banc d'optique. Le déplacer jusqu'à y faire apparaître une image nette de l'objet.
- À chaque étape, prendre soin de vérifier l'alignement vertical des éléments optiques.

## 3 Réalisation des mesures

- Tout montage d'optique est associé à un schéma optique. Sur la représentation ci-contre, A désigne la position de l'objet, O celle du centre optique de la lentille et A' la position de l'image formée.
- Les axes sont orientés et les longueurs algébriques :  $OA < 0$  ;  $AB > 0$  ;  $OA' > 0$  ;  $A'B' < 0$ .
- Sur le montage, l'axe optique de la lentille est parallèle au banc d'optique.



# Réaliser un circuit électrique

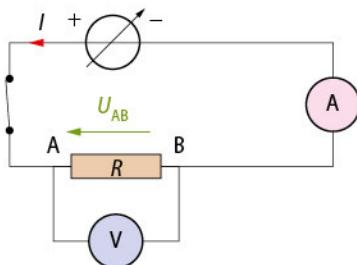
**Réaliser le montage d'un circuit consiste à relier entre eux les différents dipôles par des fils de connexion, en respectant les informations données par le schéma électrique.**

## 1 Préparation du matériel à partir du schéma électrique

Sur le plan de travail, disposer les composants électriques nécessaires à la réalisation du montage. Pour un montage clair, il est préférable d'espacer suffisamment les dipôles.

### EXEMPLE

Pour tracer la caractéristique d'une résistance  $R$ , on donne le schéma ci-dessous.



Le matériel nécessaire à la réalisation de ce circuit est : un générateur de tension réglable de 0 à 6 V ; un interrupteur ; 6 fils de connexion ; une résistance  $R$  ; un voltmètre ; un ampèremètre.

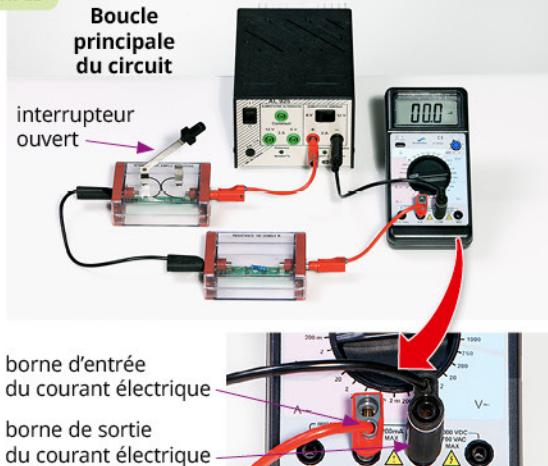


## 2 Réalisation du montage

Relier entre eux les éléments de la boucle principale du circuit, où les dipôles sont montés en série.

- On commence généralement en partant de la borne positive du générateur, et en utilisant préférentiellement un fil de connexion de couleur rouge. On termine en arrivant à la borne négative du générateur, en utilisant préférentiellement un fil de connexion de couleur noire.
- Repérer les dipôles polarisés (multimètre par exemple) et en déduire le sens de branchement par rapport au sens conventionnel du courant électrique.
- L'interrupteur doit être en position ouverte (ou le générateur éteint) durant toute la phase de réalisation du montage.

### EXEMPLE



- Terminer la réalisation du montage en reliant les dipôles ou les parties qui sont en dérivation sur la branche principale.

### EXEMPLE



- Ce circuit pourra alors être mis sous tension, en fermant l'interrupteur, une fois qu'il aura été vérifié.

# Utiliser un oscilloscope

L'oscilloscope est un outil d'observation et d'analyse de signaux électriques.

## 1 Principe et constitution

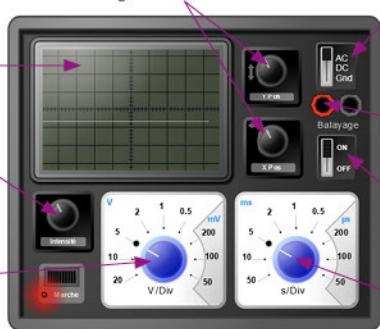
Un oscilloscope est un appareil qui permet de visualiser l'**évolution d'une tension électrique en fonction du temps**.

réglage du positionnement du signal à l'écran

écran gradué

réglage de l'intensité lumineuse du signal à écran

réglage de la sensibilité verticale  $V \cdot \text{div}^{-1}$



choix de visualisation :  
– tension alternative  
– tension continue  
– tension nulle

bornes d'entrée du signal électrique

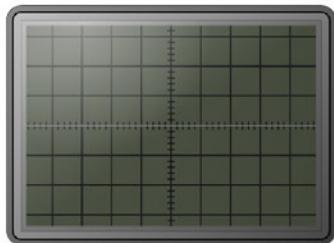
choix d'enclencher la base de temps

réglage de la base de temps  $\text{ms} \cdot \text{div}^{-1}$

Il se branche aux bornes d'un dipôle (générateur ou récepteur) dont on veut observer le signal de la tension.

## 2 Préréglages

En l'absence de signal à l'entrée et si la base de temps n'est pas enclenchée, un trait horizontal au centre de l'écran doit être observé (il correspond à une tension nulle) :



Pour centrer ce trait horizontal, agir sur les boutons de réglage « Y Pos » et « X Pos ».

## 3 Analyse d'un signal à l'oscilloscope

### a. À l'aide de la base de temps

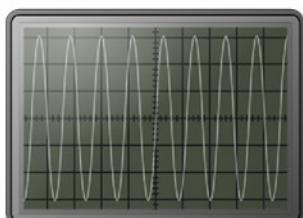
La **base de temps** permet de définir l'échelle horizontale de la représentation graphique sur l'écran.

Une **division** (div) représente un carreau de l'écran.

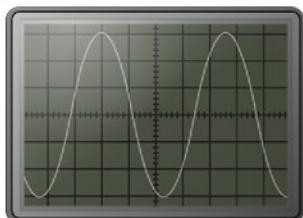
#### EXEMPLE

Mesure d'un signal de fréquence de 440 Hz.

Mauvais réglage



Bon réglage



### b. À l'aide de la sensibilité verticale

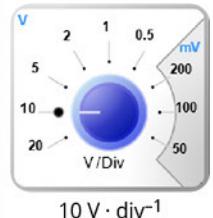
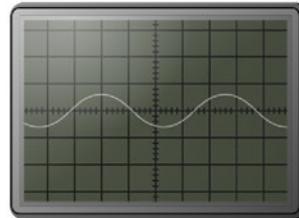
La **sensibilité verticale** permet de définir l'échelle verticale de la représentation graphique sur l'écran.

Une division (div) représente un carreau de l'écran. La représentation graphique doit occuper tout l'écran.

#### EXEMPLE

Mesure d'un signal d'amplitude 6 V.

Mauvais réglage



Bon réglage

