

Les consignes de sécurité

La manipulation de produits chimiques peut être dangereuse. Les fabricants de produits chimiques doivent suivre une réglementation stricte pour informer les utilisateurs des risques et des mesures de prévention.

Nouveaux pictogrammes



Explosif



Inflammable



Comburant



Gaz sous pression



Corrosif



Toxicité aiguë
pour l'organisme



Dangereux
pour la santé



Toxicité spécifique
sur la santé : cancérigène,
mutagène, reprotoxique



Dangereux
pour l'environnement

Chaque pictogramme est accompagné de codes précisant les **mentions de danger** (dangers physiques, pour la santé ou pour l'environnement) et les **conseils de prudence** (prévention, intervention, stockage et élimination).

Mentions de danger

Dangers physiques

H224	Liquide et vapeurs extrêmement inflammables.
H225	Liquide et vapeurs très inflammables.
H226	Liquide et vapeurs inflammables.
H260	Dégage au contact de l'eau des gaz inflammables qui peuvent s'enflammer spontanément.
H272	Peut aggraver un incendie ; comburant.
H290	Peut être corrosif pour les métaux.

Dangers pour la santé

H300	Mortel en cas d'ingestion.
H301	Toxique en cas d'ingestion.
H302	Nocif en cas d'ingestion.
H304	Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires.
H310	Mortel par contact cutané.
H314	Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves.
H315/317	Provoque une irritation / une allergie cutanée.
H318	Provoque des lésions oculaires graves.
H319	Provoque une sévère irritation des yeux.
H330/331/332	Mortel / Toxique / Nocif par inhalation.
H334	Peut provoquer des symptômes allergiques ou d'asthme ou des difficultés respiratoires par inhalation.
H335	Peut irriter les voies respiratoires.
H336	Peut provoquer somnolence ou vertiges.
H351	Susceptible de provoquer le cancer.
H361d	Susceptible de nuire au fœtus.
H373	Risque présumé d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée.

Dangers pour l'environnement

H400	Très toxique pour les organismes aquatiques.
H410/411	Très toxique / Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.

Informations additionnelles : propriétés physiques, environnementales et sanitaires

EUH014	Réagit violemment au contact de l'eau.
EUH019	Peut former des peroxydes explosifs.

Conseils de prudence

Prévention

P210	Tenir à l'écart de la chaleur / des étincelles / des flammes nues / des surfaces.
P220	Tenir / stocker à l'écart des vêtements / matières combustibles.
P223	Éviter tout contact avec l'eau, à cause du risque de réaction violente et d'inflammation spontanée.
P261	Éviter de respirer les poussières / fumées / gaz / brouillards / vapeurs / aérosols.
P264	Se laver les mains soigneusement après manipulation.
P273	Éviter le rejet dans l'environnement.
P280	Porter des gants de protection / des vêtements de protection / un équipement de protection des yeux / du visage.
P284	Porter un équipement de protection respiratoire.

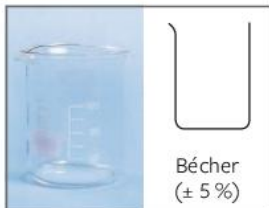
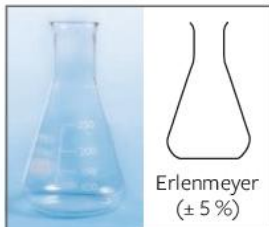
Intervention

P310	Appeler immédiatement un CENTRE ANTIPOISON ou un médecin.
P331	NE PAS faire vomir.
P302 + P350	EN CAS DE CONTACT AVEC LA PEAU laver avec précaution et abondamment à l'eau et au savon.
P301 + P310	EN CAS D'INGESTION appeler immédiatement un CENTRE ANTIPOISON ou un médecin.
P305 + P351 + P338	EN CAS DE CONTACT AVEC LES YEUX rincer avec précaution à l'eau pendant plusieurs minutes. Enlever les lentilles de contact si la victime en porte et si elles peuvent être facilement enlevées. Continuer à rincer.
P342 + P311	En cas de symptômes respiratoires : appeler un CENTRE ANTIPOISON ou un médecin.
P370 + P378	En cas d'incendie, utiliser du sable pour l'extinction.
P301 + P330 + P331	EN CAS D'INGESTION rincer la bouche. NE PAS faire vomir.

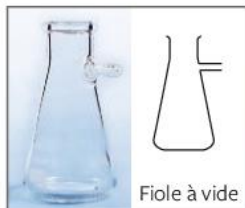
Élimination

P501	Éliminer le contenu / le conteneur dans une installation d'élimination des déchets agréée.
-------------	--

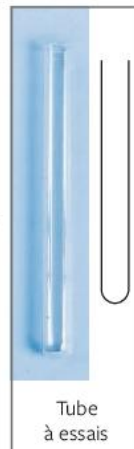
Utilisation courante



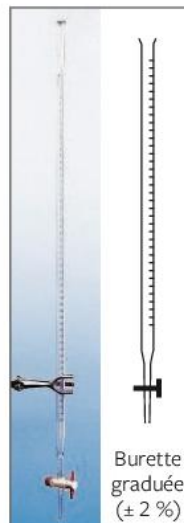
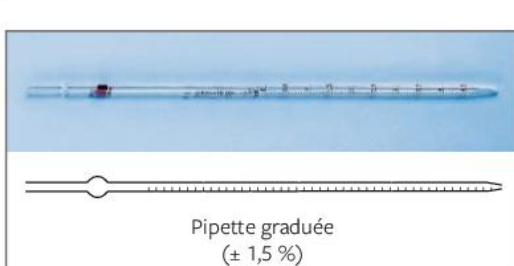
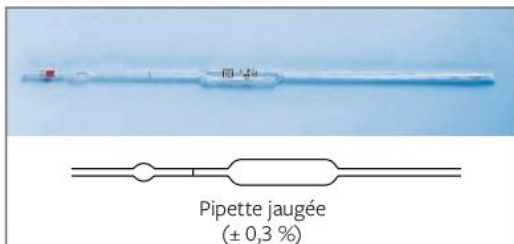
Réaliser une extraction ou une filtration



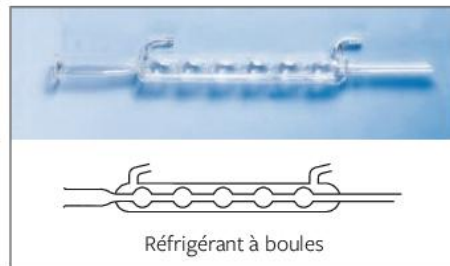
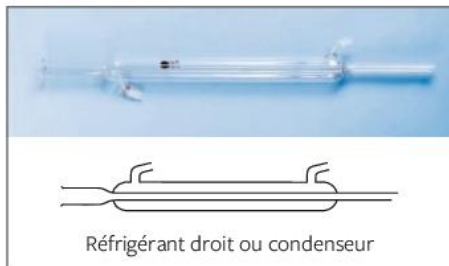
Divers



Mesurer un volume de liquide



Réaliser une synthèse ou une hydrodistillation



La précision de quelques pièces de verrerie est indiquée entre parenthèses. Cette précision est d'autant plus grande que le pourcentage est faible.

Le pourcentage (ici donné à 20 °C) est fourni à titre indicatif: il dépend du volume de la pièce de verrerie, du fabricant et de la température.

Extraction liquide-liquide

Principe

L'extraction liquide-liquide consiste à faire passer une espèce chimique qui se trouve dans un solvant donné, dans un autre solvant où elle est beaucoup plus soluble.

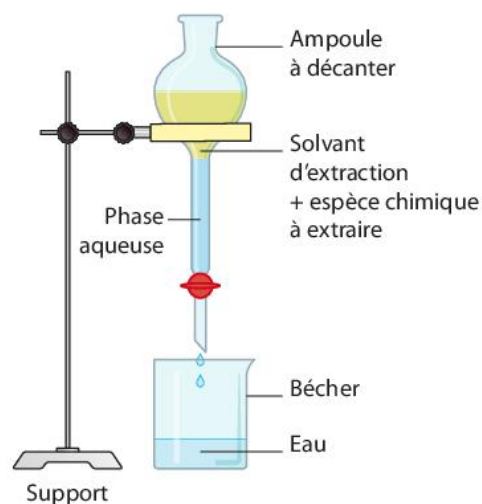
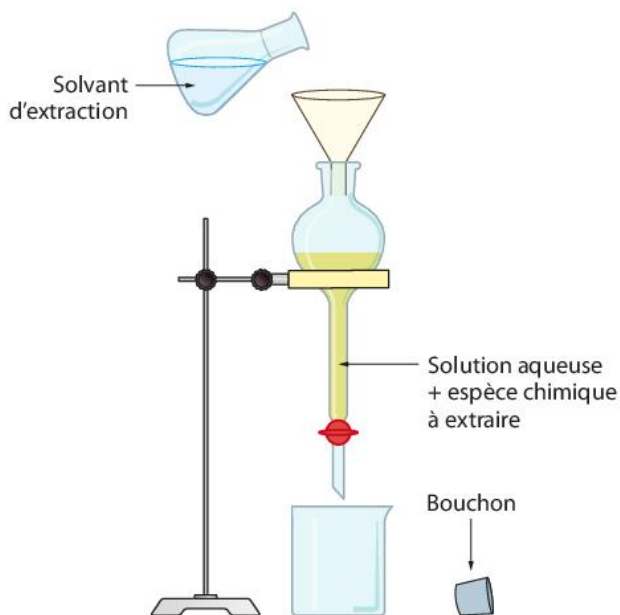
Le solvant d'extraction ne doit pas être miscible au solvant initial.

L'extraction doit être réalisée dans une ampoule à décanter.

Les étapes :

- 1 Vérifier** que le robinet de l'ampoule est fermé et **placer** un bécher sous l'ampoule à décanter.
- 2** À l'aide d'un entonnoir, **introduire le mélange** contenant l'espèce chimique à extraire dans l'ampoule à décanter et introduire le volume demandé du solvant d'extraction.
- 3 Boucher l'ampoule**, l'enlever de son support, la retourner en maintenant fermement le bouchon. La paume d'une main maintient le bouchon et l'autre main tient le robinet.
- 4 Agiter l'ampoule** pour favoriser le contact entre les deux liquides.
- 5 Dégazer en ouvrant le robinet** de manière à éviter toute surpression dans l'ampoule.
- 6 Fermer le robinet** et agiter une nouvelle fois puis dégazer de nouveau.
- 7 Replacer l'ampoule** sur son support, retirer le bouchon et laisser décanter le temps que les deux phases se séparent.
- 8 Ouvrir le robinet** et récupérer la phase inférieure dans le bécher. Fermer le robinet quand l'interface arrive à son niveau.
- 9 Utiliser un deuxième bécher** pour récupérer la seconde phase.

Remarque La phase aqueuse est en général plus dense que la phase organique et c'est donc elle que l'on récupère dans le bécher.



Mesure de la température d'ébullition d'un liquide à l'aide d'un montage de distillation simple

Principe

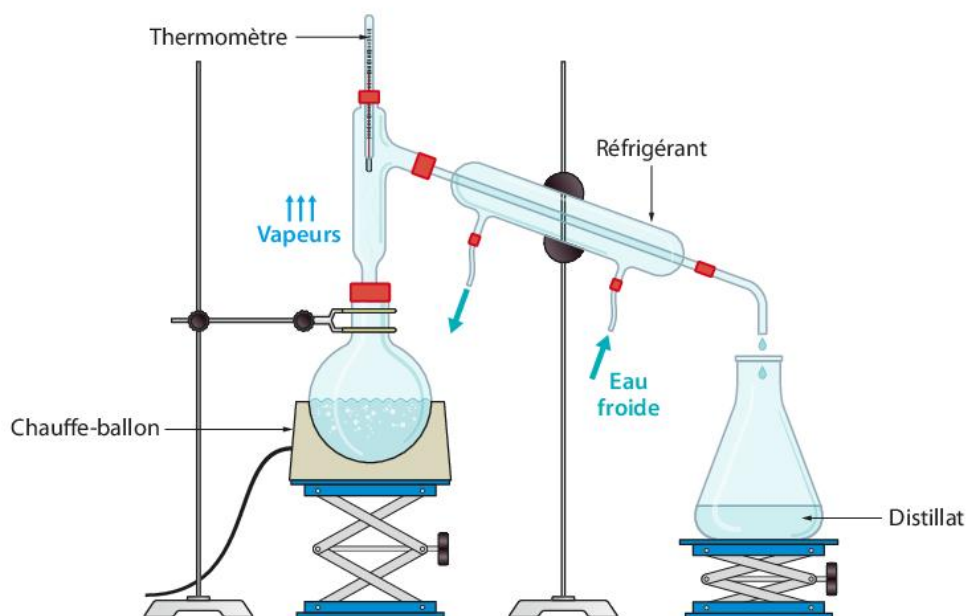
Lorsqu'un mélange de liquides est chauffé, c'est le liquide le plus volatil donc celui qui a la température d'ébullition la plus faible, qui entre d'abord en ébullition.

Les changements d'état se faisant à température constante, sous la pression atmosphérique (ou la pression fixée), le mélange va garder **la température d'ébullition du liquide le plus volatil** tant que celui-ci ne sera pas entièrement transformé en vapeur.

La vapeur sera ensuite condensée dans le réfrigérant droit ce qui donnera le distillat.

Schéma du montage

Application : montage de distillation simple



A Utiliser un réactif de test ou un papier indicateur

Réalisation On ajoute quelques gouttes de réactif dans un tube à essai contenant environ 1 mL de la solution à tester et on observe le résultat.

Ion à identifier (couleur en solution aqueuse)	Formule	Réactif utilisé	Ion réagissant dans le réactif	Test positif	Nom et formule du produit formé
Chlorure (incolore)	Cl^-	Solution de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$)	Argent Ag^+	Précipité blanc qui noircit à la lumière	Précipité de chlorure d'argent $\text{AgCl}(\text{s})$ $\text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{Ag}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{AgCl}(\text{s})$
Sulfate (incolore)	SO_4^{2-}	Solution de chlorure de baryum ($\text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{Cl}^-(\text{aq})$)	Baryum Ba^{2+}	Précipité blanc	Précipité de sulfate de baryum $\text{BaSO}_4(\text{s})$ $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{Ba}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{BaSO}_4(\text{s})$
Phosphate (incolore)	PO_4^{3-}	Solution de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$)	Argent Ag^+	Précipité jaune	Précipité de phosphate d'argent $\text{Ag}_3\text{PO}_4(\text{s})$ $\text{PO}_4^{3-}(\text{aq}) + 3 \text{Ag}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Ag}_3\text{PO}_4(\text{s})$
Carbonate (incolore)	CO_3^{2-}	Solution d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$)	Oxonium H_3O^+	Dégagement gazeux de dioxyde de carbone	$\text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) + 2 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\ell)$
Cuivre (II) (bleu)	Cu^{2+}	Solution d'hydroxyde de sodium ou soude ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$)	Hydroxyde OH^-	Précipité bleu	Précipité d'hydroxyde de cuivre(II) $\text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s})$ $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s})$
Fer (II) (vert pâle)	Fe^{2+}	Solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$)	Hydroxyde OH^-	Précipité vert	Précipité d'hydroxyde de fer (II) $\text{Fe}(\text{OH})_2(\text{s})$ $\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2(\text{s})$
Fer (III) (jaune orangé)	Fe^{3+}	Solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$)	Hydroxyde OH^-	Précipité rouille	Précipité d'hydroxyde de fer (III) $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$ $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$
Magnésium (incolore)	Mg^{2+}	Ajout d'une solution d'hydroxyde de sodium puis de quelques gouttes de jaune thiazole		Une coloration rouge apparaît (le précipité d'hydroxyde de magnésium formé adsorbe le jaune thiazole qui vire du jaune au rouge)	
Calcium (incolore)	Ca^{2+}	Solution d'oxalate d'ammonium ($2 \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}(\text{aq})$)	Oxalate $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	Précipité blanc	Précipité d'oxalate de calcium $\text{CaC}_2\text{O}_4(\text{s})$ $\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{CaC}_2\text{O}_4(\text{s})$

Réalisation On verse quelques gouttes de la solution à tester sur une bandelette de papier indicateur.

Ion hydrogène	H^+	Papier pH	pH < 7
Ion hydroxyde	OH^-	Papier pH	pH > 7

B Test à la flamme

Réalisation On trempe un morceau de fil de fer décapé dans une solution contenant l'ion à tester, puis on le place dans une flamme.



Ion	Formule	Couleur
Lithium	Li^+	Rouge cramoisi
Sodium	Na^+	Jaune orangé
Potassium	K^+	Lavande
Césium	Cs^+	Bleu
Calcium	Ca^{2+}	Orange rougeâtre
Strontium	Sr^{2+}	Rouge vif
Baryum	Ba^{2+}	Vert jaunâtre
Cuivre	Cu^{2+}	Vert bleuâtre
Plomb	Pb^{2+}	Blanc bleuâtre

Mise en évidence de quelques espèces moléculaires

Espèce mise en évidence	Symbole chimique	Test / réactif utilisé pour le test	Résultat
Dihydrogène gazeux	H_2	Approche d'une allumette	Détonation
Dioxygène gazeux	O_2	Approche d'une bûchette incandescente	Ravive la flamme de la bûchette
Dioxyde de carbone gazeux	CO_2	Eau de chaux	Trouble de l'eau de chaux
Eau liquide	H_2O	Sulfate de cuivre anhydre (blanc)	Bleuissement du sulfate de cuivre en présence d'eau Test de reconnaissance de l'eau réalisé sur un solide

Réaliser une chromatographie sur couche mince (C.C.M)

Principe

La chromatographie est une technique d'analyse chimique utilisée pour séparer et identifier les substances chimiques présentes dans un mélange. Elle nécessite un support comme du papier ou une plaque à chromatographie et une phase liquide appelée éluant qui entraîne les espèces à analyser par capillarité.

1 Préparation de la cuve

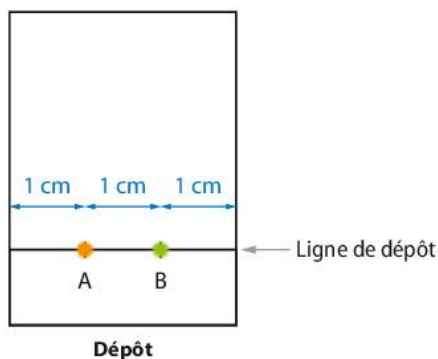
- ▶ Si besoin, préparer le mélange de solvants qui constituera l'éluant, puis en verser dans la cuve à chromatographie afin d'obtenir une hauteur de liquide d'environ 1 cm.
- ▶ Boucher la cuve afin d'éviter l'évaporation des solvants et de saturer l'atmosphère de la cuve en vapeur d'éluant.

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 de papier, à environ 1,5 cm du bord inférieur de la plaque, un trait qui constitue la ligne de dépôt.

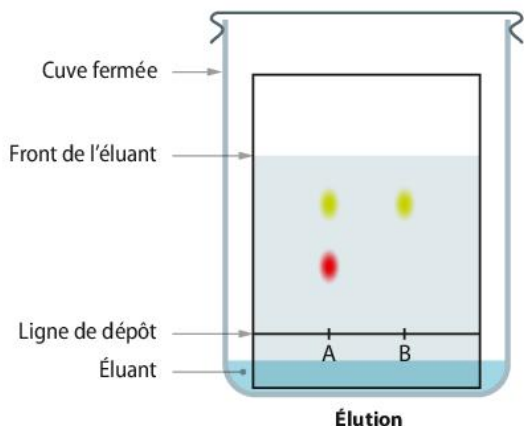
3 Dépôt des échantillons

À l'aide d'un cure-dent ou tube capillaire, déposer les échantillons sur la ligne de dépôt. Les dépôts doivent se faire à 1 cm des bords des plaques et doivent être espacés entre eux au minimum de 1 cm.
La tache de dépôt ne doit pas être trop grosse, et il faut changer de cure-dent ou de capillaire pour chaque échantillon.



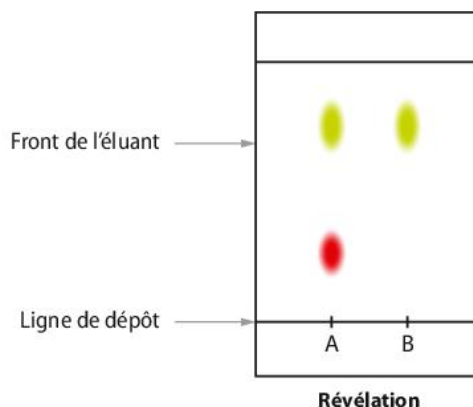
4 Éluion

- ▶ Introduire la plaque verticalement dans la cuve : la ligne de dépôt doit être au-dessus du niveau de l'éluant. Boucher la cuve.
- ▶ L'éluant contenu dans la cuve monte par capillarité le long de la plaque : c'est l'étape d'éluion. Attendre qu'il 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 composés 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.
- ▶ Entourer chaque tache au crayon et exploiter le chromatogramme obtenu.



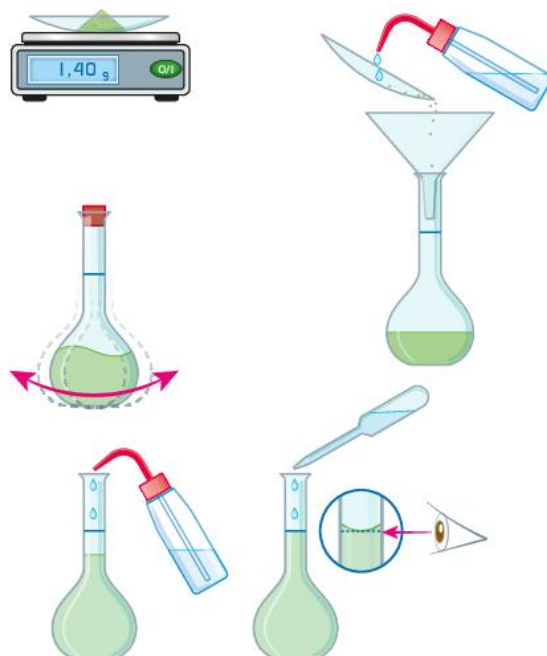
A Par dissolution

Remarque Pour préparer un volume V de solution de concentration en masse Cm , il faut peser une masse $m = Cm \times V$ de soluté solide.

- 1 Placer une coupelle de pesée sur la balance puis faire la tare. Peser très précisément la masse m de soluté à prélever à l'aide d'une spatule.
- 2 Verser un peu d'eau au fond de la fiole jaugée de volume V .
- 3 Transvaser le solide dans la fiole jaugée en utilisant éventuellement un entonnoir à solide. Rincer la coupelle de pesée et l'entonnoir pour récupérer tout le solide.
- 4 Ajouter de l'eau pour remplir la fiole aux trois-quarts.
- 5 Boucher et agiter la fiole pour dissoudre complètement le solide.
- 6 À l'aide d'une pissette puis d'une pipette Pasteur, ajouter de l'eau pour que le bas du ménisque soit tangent au trait de jauge de la fiole.
- 7 Boucher et agiter une dernière fois la fiole jaugée pour homogénéiser la solution obtenue.

Matériel

- Balance de précision • Coupelle de pesée • Spatule
- Fiole jaugée • Entonnoir à solide • Pipette Pasteur
- Pissette d'eau distillée • Soluté à dissoudre.



B Par dilution

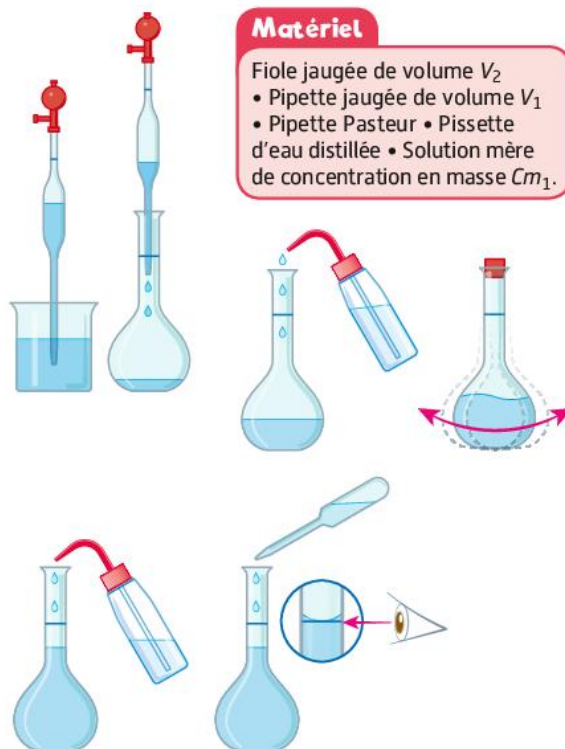
Remarque Pour préparer un volume V_2 de solution fille de concentration en masse Cm_2 , il faut prélever un volume V_1 de solution mère de concentration en masse Cm_1 .

Le volume à prélever V_1 se calcule par $V_1 = \frac{V_2 \times Cm_2}{Cm_1}$.

- 1 Prélever un volume V_1 de solution mère à la concentration en masse Cm_1 à l'aide d'une pipette jaugée (préalablement rincée à l'eau distillée puis avec la solution à prélever).
- 2 Verser le volume prélevé dans la fiole jaugée de volume V_2 .
- 3 Ajouter de l'eau pour remplir la fiole aux trois-quarts. Boucher et agiter la fiole.
- 4 À l'aide d'une pissette puis d'une pipette Pasteur, ajouter de l'eau pour que le bas du ménisque soit tangent au trait de jauge de la fiole.
- 5 Boucher et agiter une dernière fois la fiole jaugée pour homogénéiser la solution obtenue.

Matériel

- Fiole jaugée de volume V_2
- Pipette jaugée de volume V_1
- Pipette Pasteur • Pissette d'eau distillée • Solution mère de concentration en masse Cm_1 .



Réaliser un montage de chauffage à reflux

Principe

Un montage de chauffage à reflux est employé pour chauffer un milieu réactionnel afin d'accélérer la transformation chimique qui s'y déroule. La durée de la synthèse est ainsi réduite. Le chauffage permet également d'accroître la solubilité des réactifs dans le solvant. Cette technique expérimentale permet d'assurer le bon déroulement de la synthèse chimique sans perte de réactifs ni de produits. Le milieu réactionnel est porté à ébullition. Les vapeurs montent dans un réfrigérant à boules dont les parois sont refroidies par une circulation d'eau froide. Au contact avec les parois du réfrigérant, les vapeurs sont condensées et retombent goutte-à-goutte dans le milieu réactionnel : c'est le reflux.

1 Réaliser le montage

► Fixer le ballon à la barre de montage à l'aide d'une pince plate au niveau du col. Il doit être placé suffisamment haut pour ne pas qu'il touche le système de chauffage.

► Introduire les réactifs et le solvant dans le ballon.

Remarque L'agitation est assurée par l'ajout d'un barreau aimanté ou de quelques grains de pierre ponce au milieu réactionnel afin d'homogénéiser le mélange, et de réguler l'ébullition.

► Placer le réfrigérant bien vertical sur le ballon (en graissant si nécessaire) et l'attacher à l'aide d'une pince à trois doigts à la barre de montage.

► Placer un agitateur magnétique chauffant (ou chauffe-ballon) sur le support élévateur et le monter de façon à ce que le ballon soit au contact du système de chauffage.

Remarque Le support élévateur permet d'éloigner rapidement le système de chauffage du ballon dans le cas où la transformation chimique s'emballe.

► Vérifier que le montage est bien vertical.

2 Alimenter le réfrigérant en eau froide

avec un faible débit d'eau. L'arrivée d'eau se fait par le bas et la sortie d'eau par le haut du réfrigérant.

3 Brancher et allumer le dispositif de chauffage.

Le mélange est porté à ébullition. Le reflux démarre lorsque la température d'ébullition du solvant est atteinte et que les premières gouttes de vapeur condensées retombent dans le ballon.

Attention Les gants ne doivent pas être portés en manipulant le dispositif de chauffage.

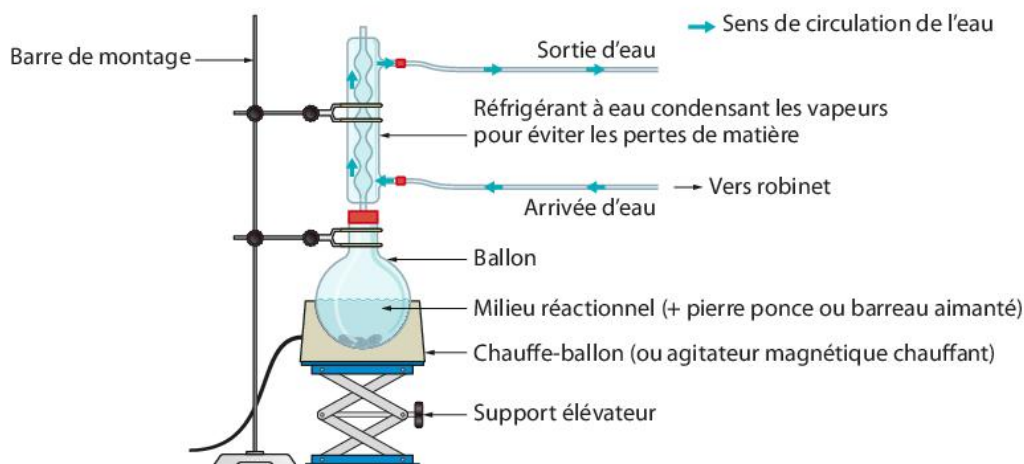
► Le reflux ne commence pas quand le système de chauffage est mis en marche.

► Les vapeurs produites ne doivent pas dépasser le tiers du réfrigérant.

► Ne jamais boucher le réfrigérant pour éviter les surpressions dans le montage.

4 À la fin de la synthèse, éteindre le chauffage et abaisser le support élévateur. Laisser circuler l'eau jusqu'à ce que le milieu réactionnel ait suffisamment refroidi. En effet, le ballon doit être à température ambiante pour pouvoir être manipulé en toute sécurité.

Remarque À la fin de la transformation chimique, le ballon contient le(s) produit(s) de la transformation chimique, le(s) réactif(s) en excès, le solvant ainsi que des éventuelles impuretés formées au cours du processus de synthèse. Il s'ensuit souvent des étapes d'isolement (filtration, extraction) et de purification afin de récupérer le(s) produit(s) d'intérêt.



Grandeurs et unités

Grandeurs		UNITÉ SI (et autres unités utilisées)	
Nom	Symbole	Nom	Symbole
Aire	S	mètre carré	m^2
Concentration massique	C_m	gramme par litre	$g \cdot L^{-1}$
Énergie	E	joule	J
Force	F	newton	N
Fréquence	f	hertz	Hz
Indice de réfraction	n	sans unité	
Intensité du courant	I	ampère	A
Longueur	ℓ	mètre	m
Longueur d'onde	λ	mètre	m
Masse	m	kilogramme (tonne)	kg (t où $1\text{ t} = 10^3\text{ kg}$)
Masse volumique	ρ	kilogramme par mètre cube (gramme par centimètre cube)	$kg \cdot m^{-3}$ ($g \cdot cm^{-3}$)
Période	T	seconde	s
Pression	p	pascal (bar) (atmosphère)	Pa (bar) (atm)
Quantité de matière	n	mole	mol
Résistance	R	ohm	Ω
Température Celsius	θ	degré Celsius	$^{\circ}C$
Temps	t	seconde	s
Tension électrique	U	volt	V
Vitesse	v	mètre par seconde	$m \cdot s^{-1}$
Volume	V	mètre cube (litre)	m^3 (L)

Multiples et sous-multiples

Facteur	10^{-15}	10^{-12}	10^{-9}	10^{-6}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^1	10^2	10^3	10^6	10^9	10^{12}
Préfixe	femto	pico	nano	micro	milli	centi	déci	déca	hecto	kilo	méga	giga	téra
Symbole	f	p	n	μ	m	c	d	da	h	k	M	G	T

Constantes

Nom	Symbole	Valeur
Vitesse de la lumière dans le vide	c	$299\,792\,458\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Charge élémentaire	e	$1,602 \times 10^{-19}\text{ C}$
Constante de gravitation	G	$6,67 \times 10^{-11}\text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
Masse du proton	m_p	$1,673 \times 10^{-27}\text{ kg}$
Masse du neutron	m_n	$1,675 \times 10^{-27}\text{ kg}$
Masse de l'électron	m_{e-}	$9,109 \times 10^{-31}\text{ kg}$
Intensité de pesanteur sur Terre	g	$9,81\text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

A Mesure et incertitude

Un opérateur qui répète N fois la mesure d'une grandeur X trouve dans la plupart des cas des valeurs différentes.

Les écarts sont dus à des sources d'erreurs (conditions de l'expérience, appareils de mesure, erreurs de manipulation...).

Il lui est donc impossible de connaître sa valeur exacte.

Chaque mesure d'une grandeur X est donc associée à une incertitude de mesure noté $u(X)$.

La meilleure estimation de la grandeur mesurée est la moyenne des N mesures : $X_{\text{mes}} = \bar{X}$.

L'incertitude $u(X)$ est égale à l'écart-type expérimental des N mesures :

$$u(X) = S_{\text{exp}}$$

Remarque

Le menu statistique de la calculatrice Numworks permet de calculer très facilement la moyenne et l'écart type.

Remarque

Les valeurs aberrantes doivent être écartées du traitement statistique.

Attention

Les notations dépendent de la calculatrice, les calculatrices différencient l'écart-type et l'écart-type expérimental.

	S_{n-1} ou S_{exp}
Texas Instruments	S_X
Casio	$S\sigma_{n-1}$
HP	sX
Excel/LibreOffice (français)	=ECARTYPE(...)
Excel/LibreOffice (anglais)	=STDEV(...)

B Écriture du résultat et validation de la mesure

L'incertitude $u(X)$ est arrondie à la valeur la plus proche et exprimée avec un seul chiffre significatif.

La valeur de X_{mes} est écrite avec un nombre de chiffres significatifs compatible avec l'incertitude.

Exemple

$u(m) = 0,0683 \text{ g}$ s'écrit : $u(m) = 0,07 \text{ g}$ et $m_{\text{mes}} = m = 1,8243 \text{ g}$ s'écrit : $m_{\text{mes}} = 1,82 \text{ g}$.

Pour donner le résultat de la mesure, il faut rédiger une phrase.

Exemple

Dans les conditions de l'expérience, avec un échantillon de N mesures, la masse de l'échantillon est estimée à $1,82 \text{ g}$ avec une incertitude-type $u(m) = 0,07 \text{ g}$.

La valeur X_{mes} est comparée à une valeur de référence $X_{\text{réf}}$ pour valider ou invalider le résultat.

▶ La mesure est acceptable si X_{mes} appartient à l'intervalle $[X_{\text{réf}} - 2u(X); X_{\text{réf}} + 2u(X)]$ [Fig. 1].

▶ La mesure n'est pas acceptable si X_{mes} est hors de l'intervalle $[X_{\text{réf}} - 2u(X); X_{\text{réf}} + 2u(X)]$ [Fig. 2].

Dans ce cas le protocole suivi doit être analysé pour repérer les sources d'erreurs et y remédier.

C Interprétation d'un histogramme

Un histogramme représente la fréquence de mesures obtenues dans des classes (intervalles de valeurs).

Il est obtenu à l'aide d'un tableur ou par programmation en Python.

 Méthodes

▶ L'histogramme permet d'évaluer une méthode de mesure.

Exemple

La pesée de 50 mL d'eau réalisée 18 fois avec une éprouvette graduée [Fig. 3] est moins précise qu'avec une fiole jaugée [Fig. 4] bien que la valeur moyenne soit identique, l'étendue (la dispersion) et l'écart-type sont plus grands pour le protocole 1.

Fig. 1



Fig. 2

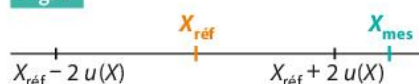


Fig. 3

Protocole 1 : $\bar{m} = 50 \text{ g}$ et $u(m) = 1 \text{ g}$

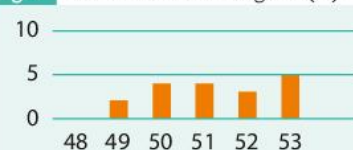
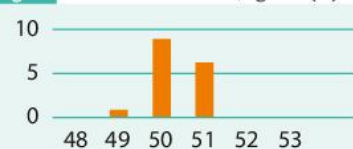


Fig. 4

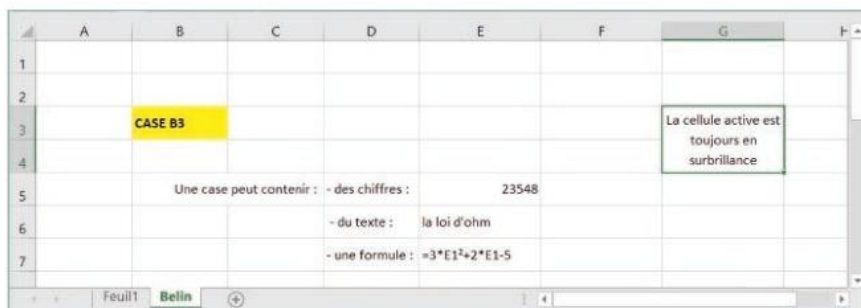
Protocole 2 : $\bar{m} = 50,0 \text{ g}$ et $u(m) = 0,4 \text{ g}$



A Tableur

1 Présentation d'une feuille de calcul

Un classeur se compose d'une ou plusieurs feuilles de calcul. Une feuille de calcul se divise en cases appelées **cellules**. Chaque cellule est repérée par sa lettre de colonne (A, B, C...) et son numéro de ligne (1, 2, 3...).



Cliquer sur l'onglet **Feuil1** pour renommer votre feuille.

Cliquer sur l'onglet **+** pour ajouter une feuille au classeur.

2 Saisir une formule

Double cliquer sur la cellule cible et taper «=». Saisir la formule en utilisant : des nombres, les symboles mathématiques (+, -, *, ...), le contenu d'autres cellules. Valider la saisie en appuyant sur la touche «entrée» du clavier.

3 Utiliser une fonction

Le tableur permet l'utilisation de fonctions de type Math et Trigo, Logique, Statistiques, Date et Heure... Sous le ruban, cliquer sur l'onglet «fx». Choisir sa fonction dans le menu déroulant.

1	Température (K)
2	378,2
3	381,2
4	380,6
5	379,6
6	382,1
7	=moyenne(A2:A6)

B Grapheur

1 Sélectionner la plage de cellules à représenter

Si les deux colonnes ne sont pas contiguës, sélectionner la colonne à représenter sur l'axe des abscisses, tout en appuyant sur la touche «Ctrl» du clavier, sélectionner la colonne à représenter sur l'axe des ordonnées. Les deux colonnes sélectionnées doivent comporter le même nombre de lignes.

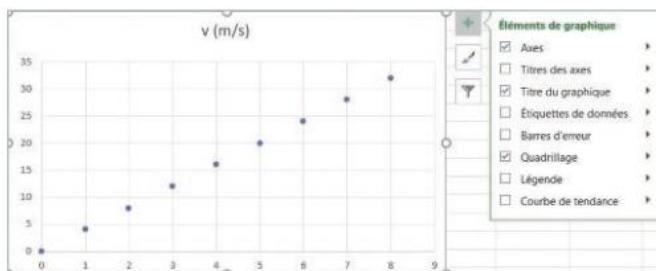
	A	B	C
1	t(s)	x (m)	v (m/s)
2	0	0	0
3	1	1	4
4	2	4	8
5	3	9	12
6	4	16	16
7	5	25	20
8	6	36	24

2 Choisir son type de représentation graphique

Dans le menu Insertion, sélectionner l'onglet **Nuage de points**. Le graphe s'affiche dans la feuille active.

3 Améliorer la présentation de son graphique

En cliquant sur l'onglet «+» situé à droite du graphique, un menu s'affiche qui va permettre : de donner un titre à son graphe et à ses axes, d'orienter ses axes, de changer le format des nombres...

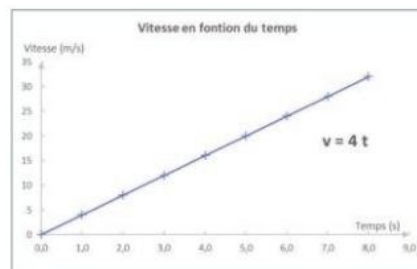


4 Ajouter une courbe de tendance

Dans le menu affiché précédemment, sélectionner **Courbe de tendance** puis **Autres Options**.

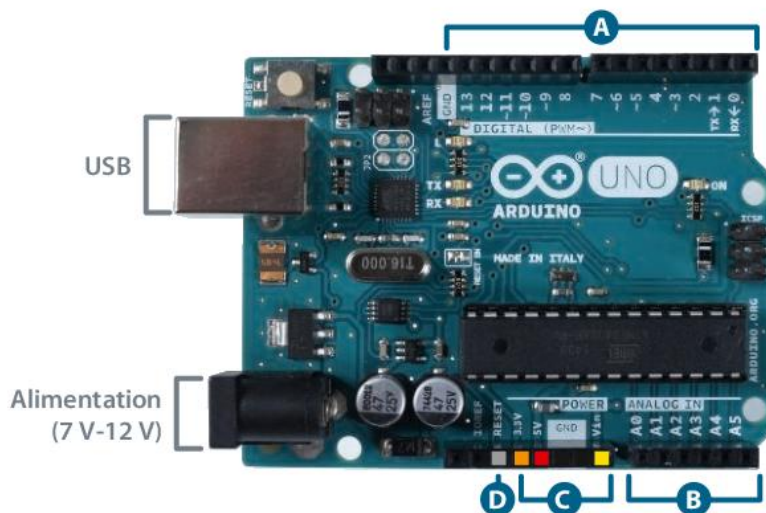
Choisir son modèle, demander à afficher l'équation sur le graphe.

Attention Par défaut, le tableur donne une équation du type $y = f(x)$. Il est possible de changer ces grandeurs physiques sur l'équation qui s'affiche.



A Le matériel

- ▶ Un microcontrôleur est un circuit intégré rassemblant sur une même carte un microprocesseur, plusieurs types de mémoires et des périphériques de communication (Entrées-Sorties).
- ▶ Il existe de nombreuses marques et de nombreux modèles de microcontrôleurs. Arduino est la plus connue d'entre elles.
- ▶ Il sera indispensable de l'équiper d'un boîtier de protection.



- A Broches dites numériques**
(HIGH ou LOW en anglais – tout ou rien en français – 0 ou 5 V).
- B Broches dites analogiques**
valeur entre 0 V et 5 V.
- C Broches d'alimentation :**
Rouge : sortie 5 V (+),
Orange : sortie 3,3 V (+),
Noire : les masses (–),
Jaune : entrée reliée à l'alimentation (7 V-12 V).
- D Reset**

B L'environnement de développement et le langage Arduino

1 Le logiciel pour écrire les programmes

- ▶ Le logiciel de développement Arduino est téléchargeable à l'adresse suivante : <https://www.arduino.cc/en/main/software>.

- ▶ Il propose un menu intuitif : vérifier, téléverser, nouveau, ouvrir et enregistrer.



- ▶ Les fichiers Arduino ont une extension .ino reconnue par l'application. Pour les ouvrir, il est nécessaire de les placer dans un répertoire portant le même nom que le fichier.

2 Le langage Arduino

- ▶ Seules quelques instructions sont nécessaires pour les activités de ce manuel et les deux fonctions indispensables sont automatiquement présentes lors de la création d'un nouveau fichier.
- ▶ Les variables doivent être déclarées en début de programme, le symbole de commentaire est le double slash «//», un point-virgule termine la ligne de code, des accolades sont utilisées pour ouvrir et terminer une série d'instructions.

3 Les problèmes classiques lors du téléversement

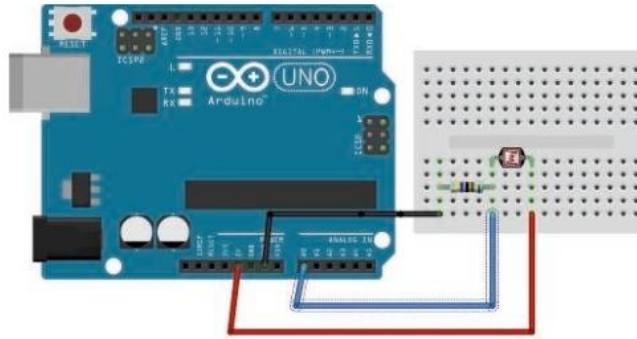
- ▶ Le téléversement est une étape indispensable mais parfois capricieuse, notamment sur les ordinateurs des réseaux pédagogiques où élèves et enseignants n'ont pas des droits d'administrateur.
- ▶ Dans un premier temps, il est indispensable de vérifier la justesse du programme avant de le téléverser.
- ▶ Les problèmes de téléversement proviennent souvent d'une erreur de port, avant de téléverser le programme, il est nécessaire de vérifier que le port choisi correspond bien à votre microcontrôleur. Aller dans le menu **Outils** ➤ **Port** pour vérifier la connexion.
- ▶ Pour téléverser un programme modifié ou un nouveau programme, il faut s'assurer que la fenêtre du Moniteur série est fermée.
- ▶ Si toutes les étapes précédentes ont été respectées et que le téléversement échoue malgré tout, fermer et rouvrir le logiciel puis essayer de nouveau.

C Quelques exemples d'utilisation

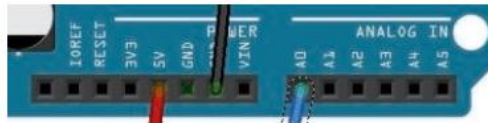
1 Mesure de la tension aux bornes d'un capteur résistif

► Pour les capteurs résistifs, le montage utilisé est un diviseur de tension. En fonction des grandeurs étudiées et de l'évolution de la résistance, on peut choisir de mesurer la tension aux bornes de la résistance fixe ou aux bornes du capteur.

Exemple de montage diviseur de tension :



Broches utilisées :



Programme Arduino correspondant :

```
// Initialise la variable valCapteur de type entier (integer)
int valCapteur = 0 ;
// Fonction appelée au démarrage de la carte Arduino
void setup() {
  // Initialise la communication avec le PC
  Serial.begin(9600);
}
// Fonction appelée en boucle tant que le microcontrôleur est alimenté
void loop() {
  // Mesure la tension entre A0 et GND, valeur variant de 0 à 1023
  valCapteur = analogRead(A0);
  // Envoie la mesure au PC pour affichage et attend 500 ms
  Serial.println(valCapteur);
  delay(500);
}
```

► Pour effectuer une mesure, il est possible d'utiliser les broches A0 à A5, la masse est notée GND. L'ensemble peut être alimenté sous 5 V, par le microcontrôleur lui-même.

► Il est nécessaire de définir le débit de transmission des données entre le microcontrôleur et l'ordinateur dans la fonction `setup()`.

Elle s'exprime en baud c'est-à-dire le nombre de caractères transmis par seconde. Les valeurs sont normalisées et varient entre 300 et 115 200 bauds.

► Pour effectuer une mesure sur une seule broche, un débit de 9 600 bauds est suffisant. En revanche, il peut être nécessaire de l'augmenter pour suivre l'évolution temporelle d'une grandeur.

Il est nécessaire d'indiquer une valeur identique de débit dans l'interface du logiciel de programmation Arduino, dans la fenêtre du moniteur série. Par défaut, les valeurs qui s'affichent dans la fenêtre du moniteur série sont des nombres compris entre 0 et 1 023, (1 023 correspondant à 5,00 V).

► Certains capteurs, comme les capteurs de pression, délivrent des tensions de l'ordre de quelques dizaines de mV : dans ce cas, il est possible de changer la tension de référence. L'instruction nécessaire et la valeur ainsi obtenue sont variables suivant les modèles.

Instruction à mettre dans la fonction `setup()` pour un microcontrôleur ArduinoTM Uno

```
// Permet de travailler entre 0 et 1,1 V (au lieu de 5 V)
// Dans ce cas tension = valeur × 1,1 / 1023
analogReference(INTERNAL) ;
```

2 Utilisation d'une sortie du microcontrôleur : émission d'un signal sonore

► Exemple de programme permettant d'émettre un signal sonore :

```
// Indiquer que le + du buzzer est branché sur la borne 7
// (le - est relié à GND)
char buzzer = 7 ;
// Fonction appelée au démarrage du microcontrôleur
void setup() {
}
// Fonction appelée en boucle tant que le microcontrôleur
// est alimenté
void loop() {
    // Émettre un signal de 500 Hz pendant 100 ms
    tone(buzzer, 500, 100) ;
    // Attendre 400 ms avant de recommencer
    delay(400) ;
}
```

3 Montage d'allumage du témoin « Hot » d'une plaque à induction

► Il est possible d'étalonner le capteur ou simplement de repérer la valeur renvoyée par le microcontrôleur lorsque la température dépasse 37 °C en réalisant la mesure de la tension aux bornes de la thermistance. On indique alors dans le programme Arduino cette valeur (800 dans notre exemple).

► Montage d'allumage du témoin « Hot ».

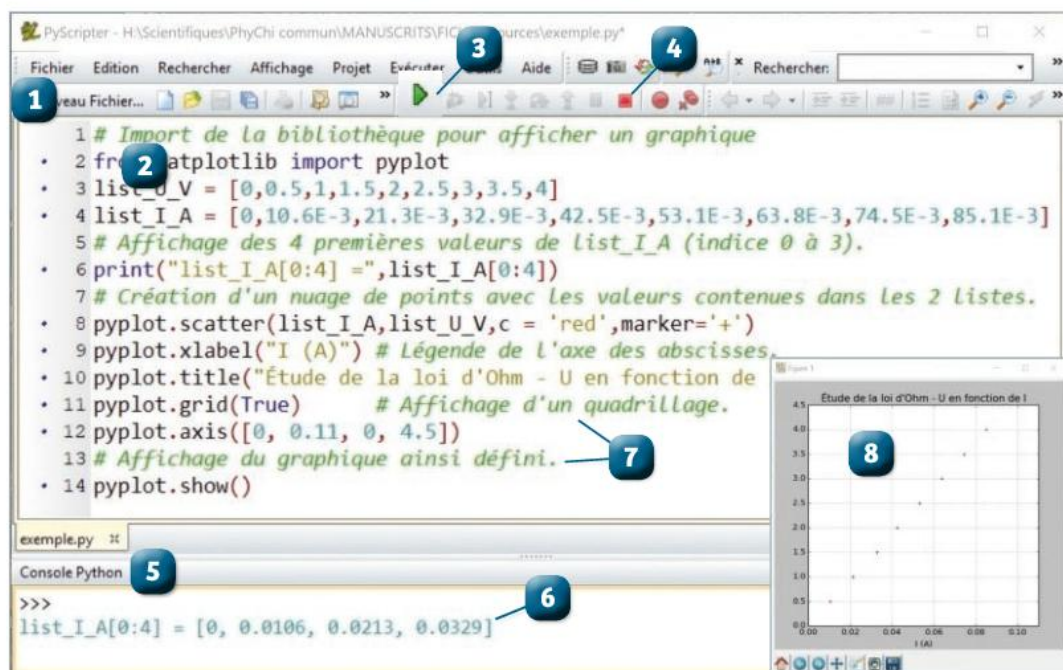
► Programme pour une thermistance de type CTN.

```
// Initialise la variable valCapteur de type entier (integer)
int valCapteur = 0;
// Fonction appelée au démarrage du microcontrôleur
void setup() {
    // Indique que la borne 13 est utilisée comme sortie
    pinMode(13,OUTPUT);
}
// Fonction appelée en boucle tant que le microcontrôleur est
// alimenté
void loop() {
    // Mesure la tension sur la broche A0, valeur variant de 0 à 1023
    valCapteur = analogRead(A0) ;
    if (valCapteur > 800) {
        // Délivre une tension entre les bornes GND et 13
        digitalWrite(13,HIGH);
    } else {
        // Ne délivre pas de tension entre les bornes GND et 13
        digitalWrite(13,LOW);
    }
    delay(500);
}
```



A Le logiciel de programmation

Edupython est un des logiciels libres qui permet d'écrire et d'exécuter des programmes en Python. Il est téléchargeable sur : <https://edupython.tuxfamily.org/>



- 1 Barre des outils
- 2 Zone d'écriture du programme
- 3 Pour exécuter le code
- 4 Pour arrêter une exécution en cours
- 5 Console : zone d'exécution du programme
- 6 Affichage des résultats de la fonction print()
- 7 Commentaires
- 8 Fenêtre de résultat de la fonction pyplot.show()

Pour créer un programme dans un fichier, dont l'extension sera .py, cliquer sur « Nouveau fichier ».

Éviter les erreurs

Le nom du fichier ne doit pas comporter d'espace, d'accent, de caractère spécial. Il commencera par une minuscule (Ex. : etudeLoiOhm.py).

B Quelques notions de programmation

1 Écrire des lignes de code

Python impose des mots clés réservés et une ponctuation précise.

La fenêtre de programmation associe automatiquement une couleur à certains éléments du programme, ce qui permet de se repérer dans le texte du programme.

L'indentation, c'est-à-dire l'ajout de quatre espaces ou d'une tabulation en début de ligne, est primordiale en Python : elle fait partie intégrante du langage.

Un commentaire commence par le symbole « # » : à partir de ce signe et jusqu'à la ligne suivante, le logiciel n'interprètera pas le code utilisé, afin de faciliter la compréhension du programme.

Éviter les erreurs

Il faut vérifier de ne pas insérer d'espace en début de ligne.

2 Les bibliothèques nécessaires

Une « bibliothèque » est un ensemble de fonctions classées en modules. Les fonctions sont des petits programmes déjà prêts à être utilisés. On « importe » les bibliothèques entières, ou certains de leurs modules, en début de programme, pour pouvoir utiliser leurs fonctions.

En physique-chimie, on utilise la bibliothèque :

- **math** pour les fonctions de calcul, le réel pi, les fonctions trigonométriques, les logarithmiques ;
- **scipy.stats** pour les fonctions statistiques notamment la régression linéaire ;
- **matplotlib** pour l'affichage graphique ;
- **serial** pour la gestion du microcontrôleur.

Exemple

```
# Import du module pyplot de La bibliothèque matplotlib
from matplotlib import pyplot
# Import de tous les modules de La bibliothèque math
from math import *
```

3 Les variables

▸ Elles stockent des valeurs et permettent d'exploiter les mesures, les paramètres, les valeurs initiales. Elles sont habituellement listées en début de programme.

Éviter les erreurs

Le nom des variables doit être explicite et compréhensible pour faciliter la lecture du code. Le nom d'une variable commence par une minuscule, et ne comporte pas d'espace ni d'accent.

▸ Le logiciel EduPython est doté de l'autocomplétion : en tapant les premières lettres d'une variable, son nom complet est accessible rapidement, il ne faut donc pas craindre d'utiliser des noms trop longs.

Éviter les erreurs

La virgule des nombres décimaux s'écrit avec un point.

Exemple

```
resistance = 220          # Un entier, de type int
intensite = 0.031         # Un nombre décimal, de type float
tension = resistance * intensite # tension sera de type float
```

4 Les listes de données

▸ Les listes sont indispensables pour l'étude des séries de mesures, les représentations graphiques.

▸ Chaque valeur d'une liste est séparée de la précédente par une virgule, et elle est repérée implicitement par

le logiciel par un indice commençant à 0. Pour atteindre la n ème valeur, il faut prendre l'habitude d'utiliser l'indice $n - 1$.

Exemple

```
list_x = []                # Crée une liste vide
list_U_V = [0, 0.5, 1.3, 1.5, 2] # Crée une liste de 5 valeurs
list_U_V[2] = 1           # La 3e valeur de list_U_V vaut maintenant 1
```

5 Les fonctions de base

▸ Une fonction est un petit programme. Son exécution peut nécessiter des paramètres, ou non, et elle peut renvoyer une valeur (par exemple le nombre de valeurs dans une liste), ou non (par exemple si elle modifie simplement une valeur dans une liste).

▸ Lorsqu'une fonction est appelée, ses paramètres sont fournis entre parenthèses, séparés d'une virgule. Certains paramètres peuvent être optionnels, d'autres obligatoires. Même s'il n'y a pas de paramètre, la fonction est appelée avec son nom et les parenthèses vides.

▸ `append()` ajoute une valeur à la fin d'une liste de valeurs.

Exemple

```
# Ajout de la valeur 3 à la fin de la liste list_U_V
list_U_V.append(3)
```

▸ `input()` exploite l'information qui a été saisie au clavier par l'utilisateur ou l'utilisatrice, suite à un affichage dans une fenêtre avec le message passé en paramètre de la fonction `input`.

Exemple

```
nom = input("Indiquer le nom du TP :")
poste = int(input("Préciser votre poste :")) # poste sera un entier
note = float(input("Indiquer votre note :")) # note sera un décimal
```

▸ `len()` renvoie le nombre d'éléments d'une liste.

Exemple

```
x = [0.96, 1.04, 1.12, 1.21]
nbrePoints = len(x) # Ici nbrePoints vaudra donc 4
```

▸ `print()` affiche du texte, ou des valeurs de variables, ou une suite de texte et de valeurs de variables.

Exemple

```
print("Valeur de la résistance : ")
print(resistance)
print("La tension est le produit de ", resistance, "par", intensite, "soit :", tension)
```

6 Les boucles

► La boucle itérative, ou boucle « for », exécute les instructions indentées qui suivent la ligne du « for » un nombre défini de fois. Ce nombre de répétitions est le nombre de valeurs que peut prendre un compteur automatique (souvent noté « i » pour « indice ») dans un intervalle « range ».

Exemple

```
# Pour chaque élément de la liste list_U_V, en allant de l'indice 0 à
# l'indice len(list_U_V)-1
for i in range(0, len(list_U_V)) :
    print("Pour U =", list_U_V[i], "V, on obtient I =", list_I_A[i], "A.")
```

Éviter les erreurs

Lorsque le compteur atteint la dernière valeur de l'intervalle range, alors on sort de la boucle sans exécuter son code. L'intervalle est de type [valeur de début, valeur de fin[.

► La boucle conditionnelle « si ... alors (... sinon) » n'exécute l'instruction des lignes indentées suivantes que si la condition est remplie.

Exemple

```
# Pour afficher le bon réactif limitant
if (xmax1 < xmax2) :
    print("Le réactif limitant est le diiode.")
    xmax = xmax1
else :
    print("Le réactif limitant est l'ion thiosulfate.")
    xmax = xmax2
```

C Les fonctions utiles en physique-chimie

► `linregress()` nécessite l'import du module `linregress` de la bibliothèque `scipy.stats`. Cette fonction renvoie une liste dont les 3 premiers éléments sont la pente, l'ordonnée à l'origine et le coefficient de corrélation.

Exemple

```
regression = linregress(list_I_A, list_U_V)
pente = regression[0]
```

Éviter les erreurs

Avant d'utiliser une fonction, vérifier que le module qui la contient est bien embarqué dans le programme. Toutes les fonctions dont le nom commence par `pyplot` nécessitent l'import du module `pyplot` de la bibliothèque `matplotlib`.

► `pyplot.arrow()` représente des vecteurs. Il est indispensable de choisir une échelle lorsque la norme du vecteur représente une autre grandeur que celles des axes, par exemple pour faire apparaître les vecteurs vitesse sur une trajectoire.

Exemple

```
# L'échelle est fournie par l'utilisateur ou l'utilisatrice :
echelle = float(input("Choisir une échelle : 1 m pour ... m/s.))
# Pour tous les points Mi, i allant de 0 au dernier des listes x et y
for i in range(0, nbrePoints-1) :
    # Trace le vecteur vitesse du point Mi
    pyplot.arrow(
        x[i], y[i],                               # coordonnées du point de départ
        vx[i]/echelle, vy[i]/echelle,             # longueur du vecteur sur chaque axe
        head_width = 0.01,                        # largeur de la flèche
        length_includes_head = True               # la longueur inclut la flèche
    )
```

► `pyplot.axis()` permet de fixer l'échelle des axes.

Exemple

```
# Pour fixer les valeurs minimale et maximale sur chaque axe
pyplot.axis([0, 0.11, 0, 5.5])
# Pour avoir un repère orthonormé
pyplot.axis('equal')
```

► `pyplot.grid()` commande l'affichage d'un quadrillage sur le graphique.

Exemple

```
# Pour afficher un quadrillage
pyplot.grid(True)
```

► `pyplot.pause()` permet de faire apparaître les éléments du graphique un à un, pour créer des animations, c'est utile notamment pour visualiser les ondes mécaniques.

Exemple

```
# Affichage progressif de La trajectoire de La balle
for i in range(0, nbrePoints) :
    pyplot.scatter(x[i], y[i], c='grey', marker='o')
    pyplot.pause(dt)
```

► `pyplot.plot()` crée un segment de droite pour relier les points passés en paramètre. Elle peut être utilisée dans une boucle pour créer une courbe en reliant des points de proche en proche.

Exemple

```
# Crée un segment rouge entre deux points de coordonnées (0 ;0) et (0,106 ;5)
pyplot.plot([0, 0.106], [0, 5], c = 'red')
```

► `pyplot.scatter()` crée un graphe de type nuage de points. La fonction a besoin des listes des abscisses et des ordonnées, et on peut aussi choisir la forme et la couleur des points qui apparaîtront dans le graphique.

Exemple

```
# Affichage simple
pyplot.scatter(list_I_A, list_U_V)
# Affichage customisé
pyplot.scatter(list_I_A, list_U_V, c = 'red', marker='+')
```

► `pyplot.show()` affiche le graphique à l'écran, tel qu'il a été défini à l'aide des autres fonctions de pyplot appelées avant elle. **Cette fonction doit donc toujours être appelée en dernier.**

Exemple

```
pyplot.show()
```

► `pyplot.text()` ajoute du texte sur le graphe. Il faut préciser l'abscisse et l'ordonnée du point de départ du texte puis le texte.

Exemple

```
# Affichage du nom de chaque point sur Le graphe à 0,03 au-dessous du point
for i in range(0, nbrePoints) :
    pyplot.text(x[i], y[i]-0.03, "M"+str(i), fontsize=7)
```

► `pyplot.title()` donne un titre au graphique.

Exemple

```
# Pour préciser un titre au graphique
pyplot.title("Étude de la loi d'Ohm - U en fonction de I")
```

► `pyplot.xlabel()` et `pyplot.ylabel()` définissent la légende de l'axe.

Exemple

```
# Pour indiquer Les grandeurs et unités en abscisse et ordonnée.
pyplot.xlabel("I (A)")
pyplot.ylabel("U (V)")
```

D La récupération de données

1 Avec des logiciels de pointage

► Pour éviter de saisir manuellement les coordonnées des points d'une trajectoire, il est possible de récupérer les données à partir d'un logiciel de pointage.  [Protocole](#)

2 Avec le microcontrôleur

► Il est possible de récupérer avec Python les valeurs envoyées par le microcontrôleur.

Exemple

```
import serial
# La variable serie avec Le numéro du port et Le début de transmission des données
serie = serial.Serial(port='COM5', baudrate=9600)
# Lecture de La valeur provenant du port série, transformation en nombre décimal, et
# enregistrement de La valeur dans La variable appelée nombre
nombre = float(serie.readline())
# fin d'utilisation : fermeture de La connexion
serie.close()
```