

## Fiche technique révision olympiades de chimie (sécurité, verrerie, dosage, montages)

### I SECURITE :

On sera toujours attentif en premier lieu à la sécurité des produits et des matériels à manipuler :

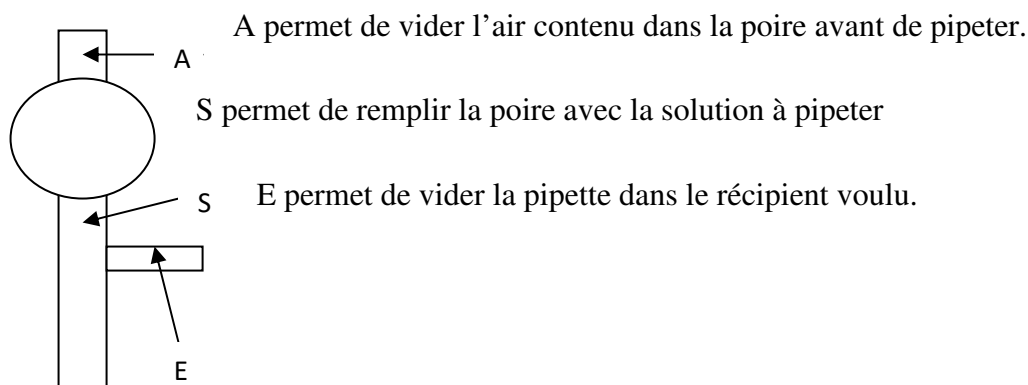
- Lire les pictogrammes des produits : identifier les risques et choisir les équipements de protection à utiliser :
- Blouse fermée, cheveux attachés, lunettes lors de toutes manipulations (qui pourraient entraîner des projections de produits ou de verre (casse d'un becher...)), gants si les produits sont corrosifs ou irritants par contact, sorbonne ou hotte ventilée pour les produits volatils ou irritant pour les voies respiratoires...,
- Garder la paillasse toujours rangée,
- Étiqueter (crayon à verre) les transvasements effectués....,
- Toujours comprendre ce que l'on fait....
- Gérer les déchets produits....

### II Verrerie

#### Système de pipetage :

##### 1. propipette :

Il s'agit d'une poire avec 3 orifices bouchés par des billes de verre. Il faut appuyer fermement pour pouvoir rompre l'étanchéité.



Attention il ne faut pas enfoncer la pipette trop profondément car sinon l'orifice E est bouché et on risque de se blesser.

Attention, ne jamais laisser une propipette branchée sur une pipette sinon du liquide risque de s'introduire dans la poire: il faut toujours débrancher le système de pipetage après utilisation et regonfler la poire (A ou S)

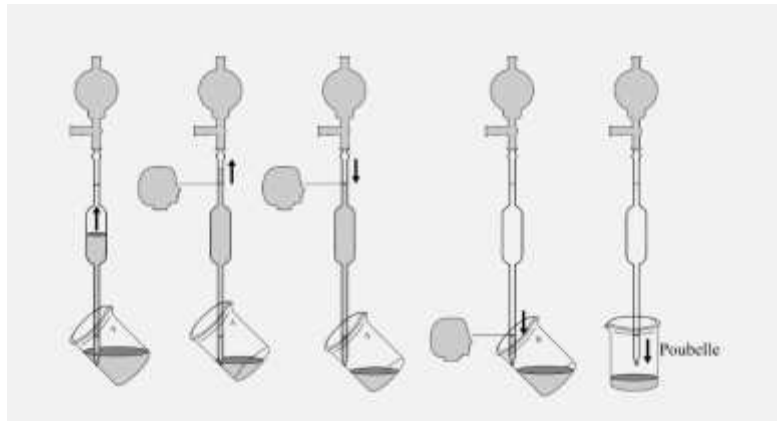
##### 2. pipeteur enrouleur:

Il faut fixer la pipette (pas trop profondément sinon elle casse quand on l'enlève), et faire tourner la molette pour aspirer le liquide.

On appuie sur le fermoir blanc pour faire s'écouler le liquide.

Ces deux systèmes de pipetage sont basés sur les différences de pression à l'extérieur et à l'intérieur.

**Pipette** : Quelque soit la pipette utilisée on procédera de la façon suivante :



- Préparer le matériel : bécher de prélèvement, pot poubelle, flacon (erlen, fiole, becher...) de destination, pipette et système de pipetage.
- Verser le produit à prélever dans un bécher propre et sec et en quantité correspondant à la quantité à prélever (juste un peu plus). Il ne faut jamais prélever directement dans un flacon sauf mention contraire.
- Rincer la pipette en aspirant (par le système de pipetage) un peu de produit.
- Incliner la pipette à l'horizontal
- Débrancher le système de pipetage
- Faire couler par des mouvements de rotation et d'inclinaison le liquide sur les parois de la pipette.
- Vider le produit de rinçage dans un pot poubelle.
- Pipeter ensuite le volume désiré et le verser dans le récipient choisi (erlenmeyer (dosage colorimétrique), bécher (pH, conductimétrie), fiole jaugée (dilution))
- On n'oublie pas de débrancher le système de pipetage et de regonfler la poire

#### Choix des pipettes :

1. Pipette jaugée à 2 traits : C'est le système le plus précis existant au lycée pour prélever des volumes de 1, 2, 5, 10, 20 ou 25mL.
  - Il faut ajuster le bas du ménisque (vérifier en plaçant les yeux à la hauteur du ménisque (problème de parallaxe) sur le trait supérieur, lorsque l'on remplit la pipette ..
  - Il faut vider la pipette dans le récipient choisi jusqu'à ce que le bas du ménisque soit sur le trait inférieur.
  - On vide dans le pot poubelle le liquide restant dans la pipette et on enlève le système de pipetage.
2. Pipette jaugée 1 trait : il y a un seul trait supérieur par rapport à celle décrite ci-dessus. On vide la pipette dans le bécher en mettant la pipette au contact de la paroi et en inclinant le bécher à 45°. Il est normal qu'il reste quelques gouttes dans la pipette.
3. Pipette graduée : elle permet le prélèvement de volume non commun. Il faut ajuster le bas du ménisque sur la graduation désirée, et vider la pipette avec contact sur la paroi du bécher incliné à 45°, jusqu'à la graduation désirée.
4. Pipette pasteur : utilisée avec un bouchon de prélèvement pour prélever une petite quantité (non précise, de l'ordre du mL) d'un solvant ou d'un mélange, par exemple pour ajouter du solvant dans une fiole jaugée

#### **Fiole jaugée :**

- on la rince avec le solvant de dilution ;
- on y place la quantité nécessaire de solution à diluer ou le solide à dissoudre via un entonnoir avec rinçage par le solvant de la coupelle et de l'entonnoir dans la fiole;
- on ajoute du solvant jusqu'aux 2/3 de la fiole ;
- on homogénéise le contenu de la fiole ;
- on ajuste la quantité de solvant jusqu'au trait de jauge.
- on homogénéise le contenu de la fiole ;(le trait de jauge devrait varier c'est normal !!)

**Burette :**

- on la rince avec la solution qui sera placée dedans ensuite ;
- on y place la solution au-delà de la graduation la plus haute, en plaçant un béccher poubelle au-dessous ;
- on vide la burette jusqu'à ce que le bas du ménisque soit au niveau de la graduation la plus haute. (on vérifie qu'il n'y a pas de bulles d'air dans le robinet)

**Éprouvette :** utilisée pour mesurer une quantité peu précise de solvant par exemple.

**Erlenmeyer :** utilisé pour réaliser un dosage colorimétrique par exemple, afin que les projections qui ont lieu au cours du dosage retombent systématiquement à l'intérieur ;

utilisé pour mélanger à la main deux constituants liquides sans en renverser.

Questions :

**Classer les éléments précédents en fonction de leur précision.**

Du plus précis au moins précis : pipette jaugée, fiole jaugée > burette, pipette graduée > éprouvette > béccher, erlenmeyer.

**Qu'utilise-t-on pour prélever un solvant, un réactif ultra-majoritaire solide, un réactif ultra majoritaire liquide, un réactif liquide ?**

Solvant : pipette ou éprouvette ;

réactif solide : une coupelle de pesée ;

réactif liquide ultra majoritaire : éprouvette ;

réactif minoritaire (en défaut, qui servira pour le calcul d'un rendement ou d'une équivalence) : pipette jaugée ou graduée.

### III Chimie inorganique ou minérale

#### III.1 Dosages

**Qu'appelle-t-on l'équivalence ?**

Moment du dosage où les réactifs de la réaction de dosage ont été introduits en quantité stœchiométrique.

**Quelles doivent être les caractéristiques d'une réaction de dosage ?**

Elle doit être totale, rapide et univoque (non parasitée par une autre réaction impliquant les réactifs)

**Qu'est-ce qu'un indicateur coloré ? Quelles doivent être ses caractéristiques ?**

C'est une espèce chimique dont la couleur dépend de la présence ou absence d'un des réactifs limitants de la réaction de dosage. Attention à ne pas trop mettre d'indicateur qui réagit avec le réactif titrant (cela fausse le volume équivalent)

#### III.2 pHmétrie : précision des appareils (tolérance à +/- 0.05pH)

**Comment étalonne-t-on un pHmètre ?**

Le pH-mètre est un voltmètre qui mesure la différence de potentiel entre une électrode de verre dont le potentiel est une fonction affine du pH ( $E_{\text{verre}} = A + B \cdot \text{pH}$ ) et une électrode de référence de potentiel  $E_{\text{ref}}$  est fixé. La ddp vaut donc  $\text{ddp} = E_{\text{verre}} - E_{\text{ref}} = A' + B \cdot \text{pH}$ . L'étalonnage permet de à l'appareil de déterminer  $A'$  et  $B$  et d'en déduire le  $\text{pH} = (\text{ddp} - A')/B$ .

On étalonne avec des solutions tampon de pH 7 puis 10 si on fait l'étude d'une solution basique ou 7 puis 4 si étude d'une solution acide.

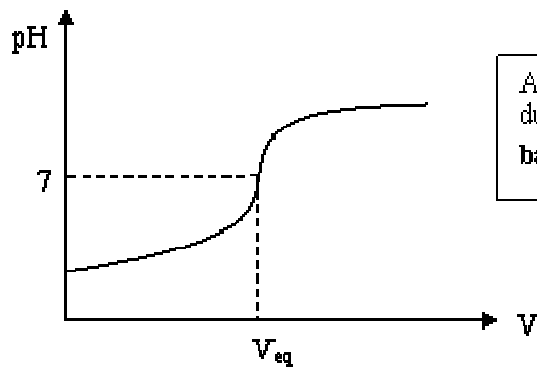
On commence avec la solution de pH 7 puis avec la 2<sup>nde</sup>.

Pour vérifier le bon fonctionnement des électrodes, on étalonne toujours un pHmètre.

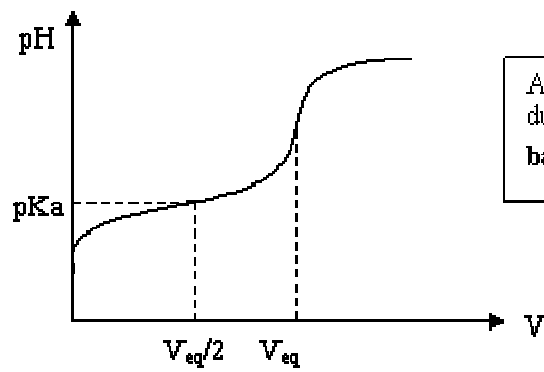
**Qu'est-ce qu'une cellule de pHmétrie ?**

Ensemble des deux électrodes de verre et de référence.

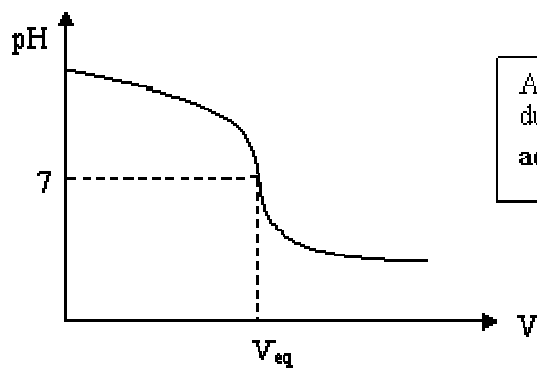
**Allure d'une courbe de dosage ?**



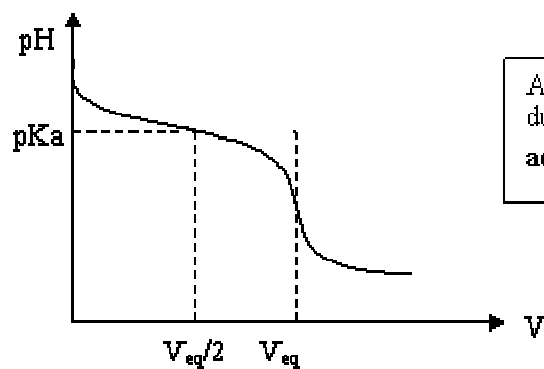
Allure du suivi pH métrique au cours du dosage d'un **acide fort par une base forte**



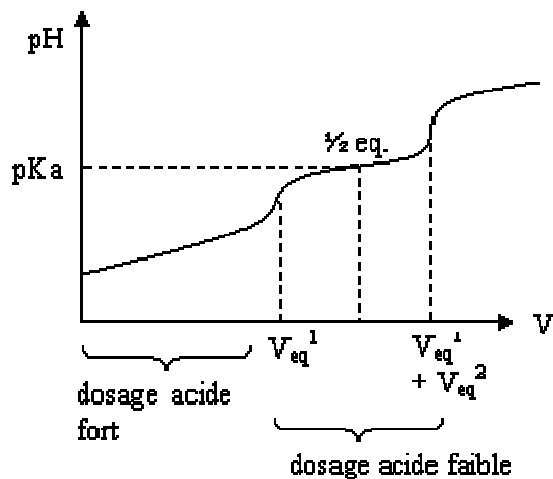
Allure du suivi pH métrique au cours du dosage d'un **acide faible par une base forte**



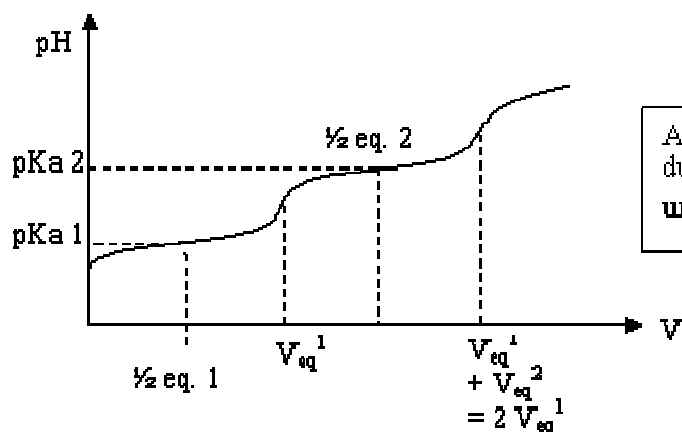
Allure du suivi pH métrique au cours du dosage d'une **base forte par un acide fort**



Allure du suivi pH métrique au cours du dosage d'une **base faible par un acide fort**



Allure du suivi pH métrique au cours du dosage d'un **acide faible** et d'un **acide fort** par une base forte



Allure du suivi pH métrique au cours du dosage d'un **diacide faible** par une base forte

### Obtention de l'équivalence ?

Méthode des tangentes : on trace deux droites parallèles tangentes à la courbe juste avant et juste après l'équivalence. La médiatrice de ces deux droites coupe la courbe de dosage au volume équivalent.  
Méthode de la dérivée  $dPH/dV=f(V)$  qui présente un maximum à l'équivalence ou de la dérivée seconde qui s'annule à l'équivalence.

**Attention il est nécessaire de resserrer les mesures autour de l'équivalence.**

### Obtention du pKa d'un acide faible dosé ?

À la demi-équivalence du dosage de cet acide faible.

Attention ce n'est pas toujours le cas : il faut vérifier avec un logiciel de simulation la répartition des espèces. Le pKa est le pH d'une solution contenant autant d'acide que de base conjuguée.

## III.3 Conductimétrie tolérance de l'ordre de 0,5%

### Que mesure-t-on ?

La conductance  $G$  ou la conductivité  $\sigma = G // S = \sum_{ions i} [ion i] \cdot \lambda_i$

ATTENTION : la loi de Kohlrausch n'est valable que pour des solutions diluées ( $10^{-2}$  mol/L). La conductivité d'une solution dépend fortement de la température (2% par °C)

### Quand doit-on étalonner un conductimètre ?

On ne connaît pas précisément la surface  $S$  ni la distance  $l$  entre les deux plaques de la cellule. Etalonner permet de relier la conductance  $G$  aux concentrations. Lors d'un simple dosage (sans détermination de constante) on n'étalonne pas un conductimètre. Par contre ne pas oublier d'étalonner (attention à la température) dans le cas de mesure de  $K_s$  par exemple....

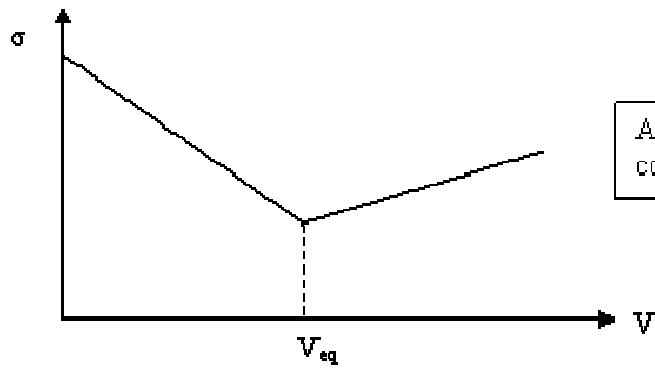
### Comment étalonne-t-on un conductimètre ?

On utilise une solution de conductivité connue. On en mesure  $G$ , et on obtient  $//S = \sigma_{connue} / G_{mesurée}$ .

### Comment fonctionne la cellule ?

Elle est constituée de deux plaques de platines platiné (ie recouvert de fines particules de platine mélangé à du graphite) en vis-à-vis. L'appareil (conductimètre) fait passer entre les plaques un courant (quelques  $\mu A$ ) alternatif (pour éviter la polarisation des plaques) et mesure la différence de potentiel qui en résulte. Il en déduit  $G = 1/R = i/ddp$ .

## Allure d'un dosage conductimétrique ?



Allure du suivi conductimétrique au cours du dosage

### Condition pour obtenir des droites affines ?

Il faut que la dilution soit négligeable (on rajoute un grand volume de solvant), sinon il faut prendre en compte le facteur de dilution et tracer la conductivité réduite  $\sigma' = \sigma \times (V_0 + V) / V_0$  ou  $\sigma \times (V_0 + V)$

### Obtention de l'équivalence ?

L'intersection des droites donne l'équivalence.

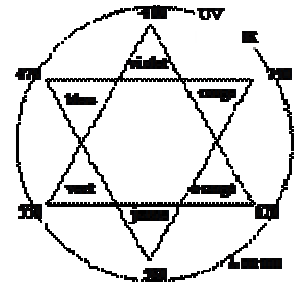
### A quoi est reliée la pente des droites ?

La pente est reliée aux conductivités limites molaires des ions apparaissant et des ions disparaissant au cours du dosage. Ne pas oublier de prendre en compte les ions spectateurs

## III.4 Spectrophotométrie tolérance de l'ordre de 0,5% en T et de +/- 3nm en longueur d'onde

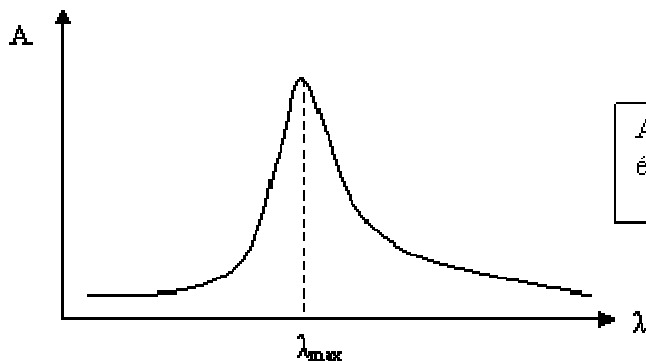
### Loi de Beer-Lambert et condition d'application ?

$A = \epsilon \cdot l \cdot C$  avec  $A$  absorbance sans unité,  $A = \log(I_0/I) = -\log(T)$  où  $I_0$  est l'intensité du rayon incident monochromatique dirigé vers l'échantillon d'épaisseur  $l$  (en cm) et de concentration  $C$  (en mol.L<sup>-1</sup>), et  $I_t$  l'intensité du rayon transmis après passage par l'échantillon, et  $\epsilon$  le coefficient d'extinction molaire ou coefficient d'absorption molaire en L.mol<sup>-1</sup>.cm<sup>-1</sup>,  $T$  est la transmittance et vaut  $I/I_0$ . Il est donc nécessaire d'effectuer la mesure de  $I_0$  en effectuant le zéro sur le solvant avec la même cuve ( $l$  identique). Il faut aussi penser au fait que  $I_0$  doit être constant, donc pour les lampes thermiques il faut laisser chauffer pour être à l'équilibre thermique. On prendra soin de bien rincer la cuve avec la solution à étudier et de vérifier que celle-ci ne porte pas de traces de doigts...



**On se place aux alentours de la longueur d'onde correspondante à un extremum d'absorption** (pour éviter les erreurs de mesure : le faisceau envoyé a en effet une largeur de 10nm : pour que ce faisceau soit globalement absorbé de la même manière il faut que l'extremum soit de l'ordre de 10nm) et pour des **absorbances inférieures à 2**. La tolérance est de l'ordre de 0.1% de 1 à 2 et de 2% à 0.5.

### Allure de la courbe A fonction de $\lambda$ ?



Allure du spectre d'absorption d'un échantillon de concentration donnée

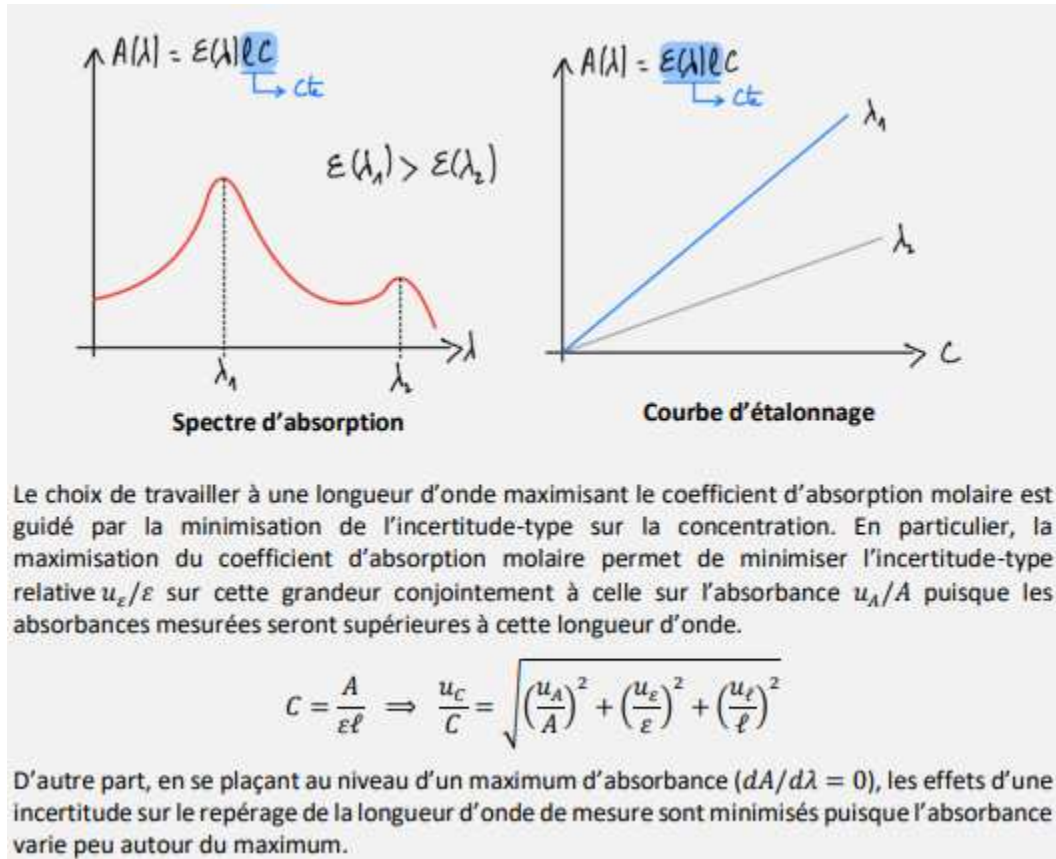
### Couleur d'une solution et correspondance avec $\lambda_{\max}$ ?

Dans le cas d'une substance colorée, lorsqu'elle est éclairée par une lumière blanche (soleil ou lampe blanche), elle reçoit l'ensemble des longueurs d'ondes, absorbe les rayons proches de la longueur d'onde de maximum d'absorption, conformément à son spectre d'absorption, et renvoie ou laisse passer la lumière blanche diminuée de la lumière absorbée.

Finalement, on la voit colorée de la couleur complémentaire à celle correspondant à la longueur d'onde du maximum d'absorption. (cas d'une seule longueur d'onde absorbée)

### Qu'est-ce qu'une courbe d'étalonnage ?

C'est la courbe donnant l'absorbance d'un constituant en fonction de sa concentration en solution aqueuse. Cette courbe, passant par l'origine, doit suivre la loi de Beer – Lambert et donc être une droite affine. Elle sert ensuite à déterminer la concentration d'une solution contenant ce constituant, après avoir mesuré son absorbance.  $A = kC$ . **k est d'autant plus grand que l'on est proche de  $\lambda_{\max}$ .** De ce fait, l'incertitude de C est minimisée par rapport à l'incertitude de la mesure de A



## IV Chimie organique :

### MONTAGES USUELS :

On commence toujours par la sécurité, du coup par le bas : c'est la pince du réacteur qui tient le montage. Ne pas oublier de légèrement graisser si les rodages ne coulissent pas. Le type de montage dépend du type de la réaction envisagée. Synthèse, purification....

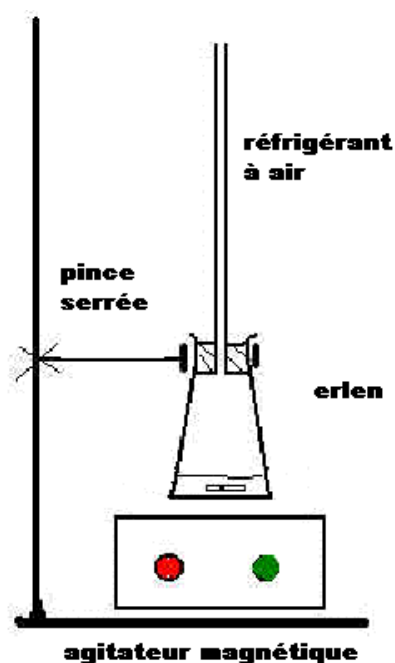
## IV 1 SYNTHÈSE

L'idée est de mettre en présence dans un réacteur (ballon, erlen...) les réactifs avec le solvant si nécessaire pour effectuer une réaction chimique. Après tout dépend de la réaction....

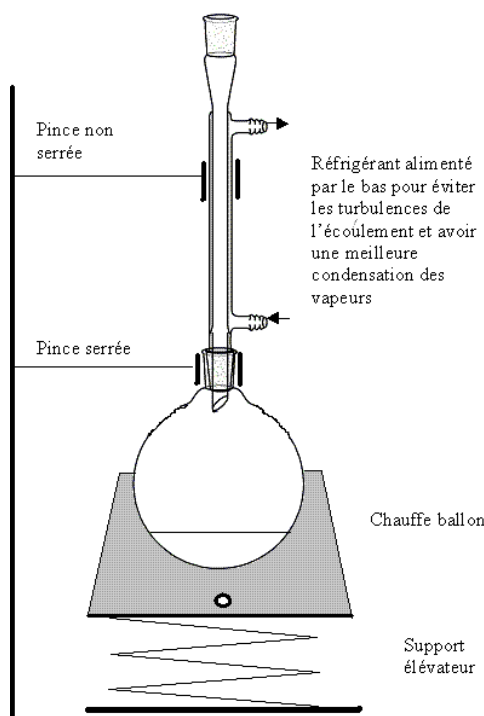
- Utilisation d'une ampoule de coulée (isobare si le réactif est volatil) si l'on veut contrôler l'ajout des réactifs (réactions exothermique par exemple).
- Utilisation d'un réfrigérant pour maintenir le système fermé chimiquement (pas de perte de composés chimiques par évaporation) tout en étant à pression constante (système en équilibre avec la pression extérieure)
- Utilisation d'un chauffe ballon ou d'un agitateur magnétique chauffant avec bain marie pour se placer à reflux ( $t^{\circ}$  ébullition du solvant) pour un aspect cinétique.
- Utilisation d'un balayage à l'argon, d'une garde à chlorure de calcium (éviter la présence d'eau dans le système).
- Utilisation d'un système permettant de déplacer thermodynamiquement l'équilibre de la synthèse par suppression d'un produit (distillation, dean-stark, ou soxhlet).

**Montage à reflux :** mettre en présence les réactifs (avec le solvant) et on chauffe à reflux (à la température d'ébullition du solvant ce qui accélère (cinétique) la réaction) avec un réfrigérant (pas de perte de réactifs ni de produits):

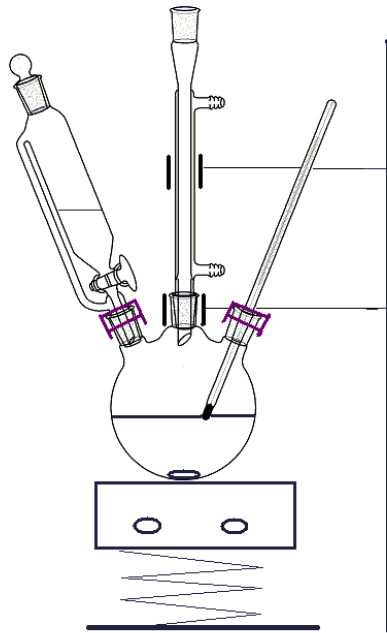
Réfrigérant à air



Réfrigérant à eau



On peut pour introduire un réactif utiliser une ampoule de coulée, et on peut vérifier la température du réacteur avec un thermomètre :



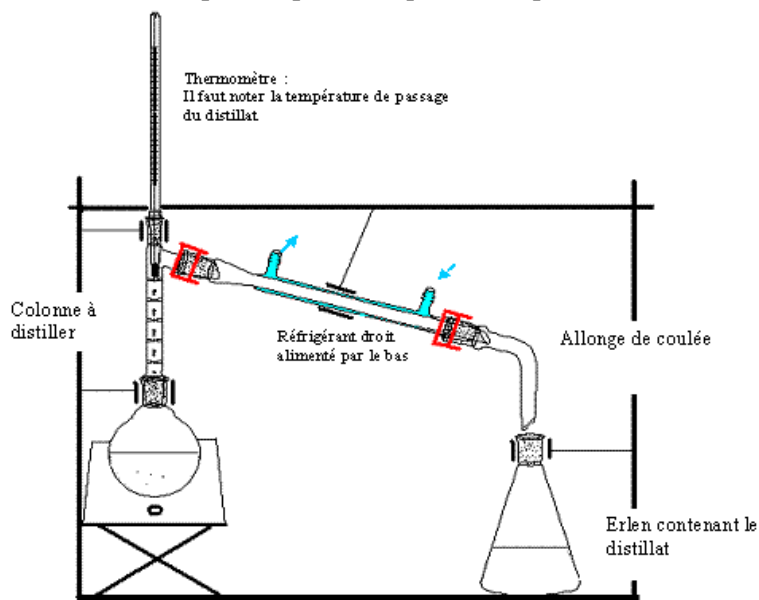
## IV 2 Séparation et Purification :

### Séparation de produits liquides miscibles (une phase) : La distillation :

- **Distillation fractionnée :**

utilisation d'une colonne à plateaux, ou à picots (Vigreux).

Il faudra utiliser d'autant plus de plateaux que les températures d'ébullition sont proches :



**NB** Si on n'utilise pas de colonne à distiller, la distillation est dite **simple**.

## • Evaporateur rotatif :

Séparation du solvant et du produit (principe d'une distillation simple à pression réduite)



Utilisation usuelle de l'évaporateur rotatif : Le but est de séparer « rapidement », sans dégradation, un produit peu volatil d'un solvant volatil.

La température d'ébullition du solvant doit être très inférieure à celle du produit (il n'y a pas de colonne à distiller !!). L'abaissement de la pression entraîne une diminution de la température d'ébullition du solvant (passage à une température d'ébullition voisine de la température ambiante). Du coup le solvant va s'évaporer sans chauffer (**évaporateur**) (cela évite par exemple les déshydratations).

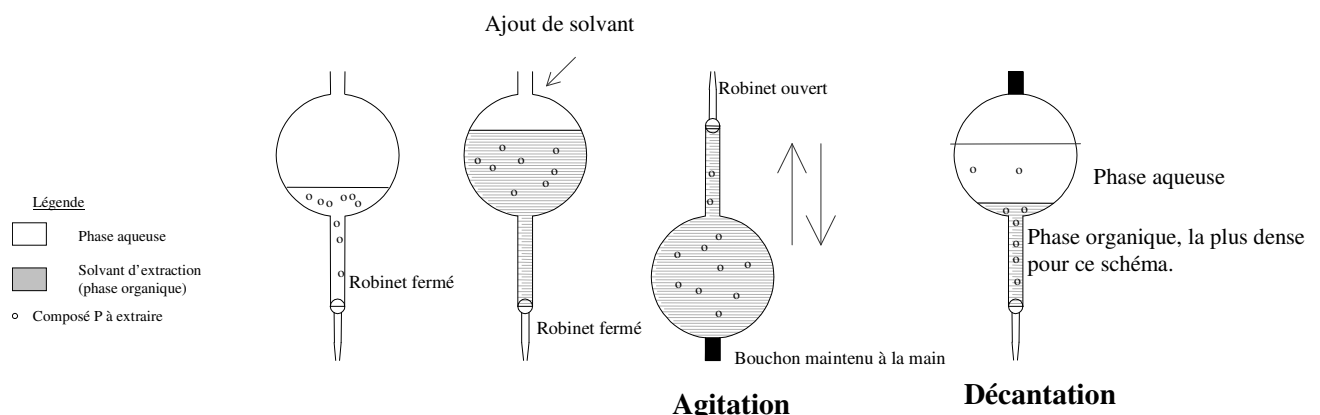
On utilise quand même un bain marie car l'évaporation est un phénomène endothermique !

Pour éviter des phénomènes métastables (formation d'une grosse bulle de vapeur au fond du ballon), et pour augmenter la surface de liquide en contact avec le « vide », on fait tourner le ballon (**rotatif**). Cela revient à l'utilisation de la pierre ponce dans les distillations fractionnées.

Les vapeurs du solvant sont condensées par le réfrigérant et recueillies dans un ballon. Cela permet de recycler les solvants et ainsi d'éviter une trop grande consommation dans les laboratoires. (principe de la chimie verte).

## Séparation de liquides non miscibles (deux phases) : AMPOULE A DECANTER. EXTRACTION AVEC UN SOLVANT

- **Etape a** : On place la solution aqueuse qui contient le produit P dans une ampoule à décanter.
- **Etape b** : On ajoute le solvant d'extraction (par exemple le dichlorométhane)
- **Etape c** : On **agite énergiquement l'ampoule à décanter**, robinet fermé et bouchon maintenu par la main. Le robinet est tourné vers le haut. Durant l'agitation on ouvre le robinet afin que les gaz volatils puissent s'échapper et éviter ainsi tout problème de surpression. Durant l'agitation on observe une émulsion.
- **Etape d** : On laisse **décanter**. Lorsque la séparation des 2 phases est nette, on peut récupérer la phase à étudier.
- **Etape e** : Pour récupérer les différentes phases, il faut enlever le bouchon. Puis on ouvre le robinet, la coulée doit être faite par intermittence en appliquant un léger mouvement de rotation à l'ampoule.



- **FILTRATION** : La filtration est la technique qui consiste à séparer les particules solides se trouvant dans un liquide.

### FILTRATION SIMPLE (sous pression atmosphérique).

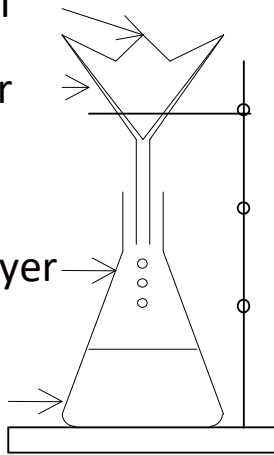
- Verser doucement le mélange hétérogène à filtrer le long d'un agitateur en verre.
- Rincer avec de l'eau distillée le bécher contenant la solution à filtrer pour recueillir tout le solide dans le papier filtre.

filtre à pli

entonnoir

erlenmeyer

filtrat



*Filtration*

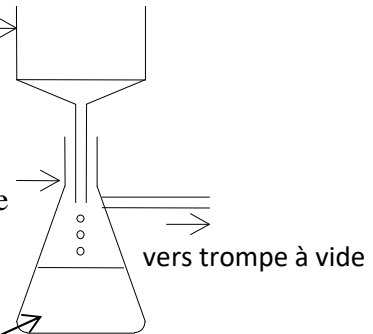
### FILTRATION SUR BÜCHNER (sous pression réduite).

Ce type de filtration est plus rapide et permet d'obtenir un solide plus « sec » quand on s'intéresse au solide et non au filtrat.

Büchner

fiolle à vide

filtrat



**Filtration sur Büchner**

#### **Quelques remarques à propos de la filtration sur büchner**

- Fixer la fiolle à vide avec une pince et la relier au système d'aspiration Mouiller le papier filtre avec le solvant
- Verser le mélange hétérogène dans le büchner et mettre en route l'aspiration
- Lorsque toute la solution est écoulee, penser à « casser le vide » avant d'arrêter la filtration (pour éviter un retour d'eau)
- Laver le solide avec le solvant froid et remettre en route la filtration
- Récupérer le solide (le plus sec possible) dans une coupelle tarée et le mettre à l'étuve jusqu'à ce que la masse ne varie plus.

## Séparation de solides par recristallisation :

(montage à reflux et filtration sur Buchner) :

### Principe :

- on utilise la différence de solubilité d'un composé dans un solvant avec la température (la solubilité augmente avec la température) ;
- on va donc chercher un solvant dans lequel le produit et les impuretés sont solubles à chaud (température d'ébullition du solvant) mais dans lequel seul le produit est insoluble à froid (température ambiante ou 0 °C) ;
- il faudra utiliser le moins de solvant possible pour ne pas perdre de produit (qui reste malgré tout un peu soluble même à froid) ;
- on se place à ébullition du solvant car c'est la température maximale que l'on peut obtenir et que cela permet d'utiliser le moins de solvant possible

### Mise en œuvre

- on place le produit à purifier dans un montage à reflux avec un fond de solvant (il faut à peine recouvrir le solide) ;
- on se place au reflux du solvant ;
- si au reflux il reste du solide, on rajoute du solvant via le haut du réfrigérant (cas de l'eau) ou via une ampoule de coulée (solvant inflammable) ;
- on transfère à chaud le contenu du ballon dans un bécher, que l'on laisse reposer tranquille à température ambiante, sans le remuer ;
- on finit la cristallisation en plaçant le bécher dans un bain eau-glace ;
- on filtre le mélange solvant + produit recristallisé sur buchner en lavant les cristaux avec un peu de solvant glacé

## V Techniques de caractérisation :

### Température de fusion : Banc Köffler

Comment s'en sert-on ?

On place le produit (la plus petite quantité possible car sinon on refroidit le banc) à caractériser du côté froid du banc, et on forme un 'trait' à 45 ° ; on déplace ce trait vers les températures plus élevées ; dès qu'il y a fusion, on arrête et utilise le curseur pour lire la température de fusion sur les graduations. (précision à 2°C)

Consigne de sécurité ?

On enlève les gants en latex pour ne pas risquer de les voir fondre sur la peau par contact avec le banc brûlant.

Consigne de nettoyage ?

On enlève le maximum de solide que l'on récupère à part sur le côté, on essuie la partie liquide à l'aide d'un papier. A la fin des manipulations, on utilise un coton imbibé d'alcool, que l'on déplace rapidement du côté le plus chaud vers le côté le plus froid du banc.

### Indice de réfraction : Réfractomètre

Comment s'en sert-on ?

- on cherche la valeur théorique de l'indice de réfraction ;
- on place le curseur proche de cette valeur théorique ;
- on place quelques gouttes de composé liquide entre les deux plaques de mesure ;
- on fait en sorte (grâce à la molette) que la limite blanc-noir soit la plus nette possible (dans l'oculaire) ;
- avec l'autre molette, on place cette limite au niveau de la croix centrale (dans l'oculaire) ;
- on lit l'indice de réfraction.

Consigne de nettoyage ?

Avec un coton imbibé d'alcool, on nettoie les deux plaques.

De quoi dépend  $n_D^{20}$  ?

De la température, de la longueur d'onde de la lumière monochromatique considérée (souvent doublet du sodium).

## Chromatographie sur couche mince (CCM)

But ? Étudier qualitativement la composition d'un mélange solide ou liquide par comparaison avec des références.

Mise en œuvre ?

On utilise une plaque de silice placée verticalement et un récipient fermé, saturé en vapeur d'éluant, contenant un fond d'éluant liquide. Sur la plaque de silice, on place une très petite quantité (avec un capillaire) du mélange dissout dans un solvant à 1 cm du bas de la plaque, ainsi que des échantillons témoins. On place la plaque verticalement dans le récipient que l'on referme et on attend que l'éluant, par capillarité, monte dans la plaque, emportant plus ou moins les molécules. Lorsque l'éluant est arrivé à ½ cm du haut de la plaque, on sort cette dernière et on note la hauteur atteinte par l'éluant. Une révélation sous UV (si les produits contiennent des noyaux aromatiques), ou une révélation au permanganate (si les produits contiennent des fonctions oxydables) permet de mesurer la hauteur de migration des différentes molécules.

Principe ?

On utilise la différence d'affinité des molécules d'un mélange avec une phase fixe (plaque de silice ou d'alumine) et une phase mobile (éluant) qui migre par capillarité vers le haut de la plaque. Les molécules ayant davantage d'affinité (liaisons hydrogène, interaction de Van der Waals, moment polaire important) avec la phase fixe migreront moins que celles ayant davantage d'affinité avec la phase mobile.

Qu'est-ce que le rapport frontal ?

Le rapport de la hauteur de migration d'une molécule sur la hauteur de migration de l'éluant.

