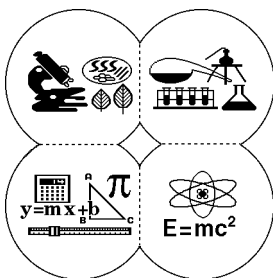


Cégep  
André-Laurendeau

# Guide méthodologique des Sciences de la Nature

Comité  
programme  
de  
Sciences



août 1997



## TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	1
LÉGENDE.....	2
SECTION 1. GUIDE DE RÉOLUTION DE PROBLÈMES.....	3
1.1 Définir la mise en situation.....	3
1.2 Organiser ses idées.....	4
1.3 Réaliser les étapes du plan.....	4
1.4 Revenir sur la solution et la réponse.....	5
1.5 Exemple de problème résolu (Biologie).....	6
1.6 Exemple de problème résolu (Chimie).....	10
1.7 Exemple de problème résolu (Mathématiques).....	12
1.8 Exemple de problème résolu (Physique).....	16
SECTION 2. SCHÈME DE LA MÉTHODE EXPÉRIMENTALE.....	22
2.1 Observations préliminaires.....	24
2.2 Perception de la question ou du problème.....	24
2.3 Formulation d'une hypothèse.....	25
2.4 Détermination du meilleur mode de vérification de l'hypothèse.....	26
2.5 Accumulation et interprétation des résultats.....	28
2.6 Reprise.....	28
2.7 Formulation de théories ou de principes généraux.....	29
2.8 Applications pratiques de l'hypothèse concernée.....	29
SECTION 3. LE RAPPORT DE LABORATOIRE.....	30
3.1 Page de titre.....	31
3.2 Introduction.....	31
3.3 Matériel et appareils.....	31
3.4 Méthode.....	32
3.5 Données.....	32
3.6 Traitement des données.....	33
3.7 Analyse et discussion.....	36
3.8 Conclusion.....	36
3.9 Médiagraphie (s'il y a lieu).....	36
SECTION 4. LES TABLEAUX ET LES GRAPHIQUES.....	37
SECTION 5. ERREURS ET INCERTITUDES.....	41
5.1 Incertitudes.....	41
5.2 Les chiffres significatifs.....	42



## INTRODUCTION

Ce Guide méthodologique des Sciences de la Nature constitue un complément au Guide méthodologique<sup>1</sup> et s'adresse à toutes les étudiantes et à tous les étudiants du programme des Sciences de la nature. Bien que faisant ressortir plusieurs objectifs communs des quatre disciplines de ce programme (Biologie, Chimie, Mathématiques et Physique), il respecte certaines particularités disciplinaires.

Ce guide comprend quatre sections: un guide de résolution de problèmes pour vous dépanner si vous avez des difficultés à résoudre un problème, une aide à la rédaction des rapports de laboratoire , un ensemble de recommandations à suivre pour construire adéquatement des graphiques ou des tableaux et finalement, un aide-mémoire portant sur les erreurs et les incertitudes .

Même s'il peut être très utile de lire attentivement les pages qui suivent avant d'être confronté à des difficultés, vous pouvez également vous en servir comme outil de dépannage si vous rencontrez des problèmes relatifs à l'un ou l'autre des sujets traités.

Nous espérons que vous trouverez, dans ce guide, les réponses qui vous permettront de résoudre plusieurs de vos problèmes.

le comité « programme de Sciences »  
Louise Bibeau, Robert Bradley, Lise Dallaire  
Sophie Dorais, Guy Décarie, Renée Lamy,  
Royal Lévesque et Pierre Lussier

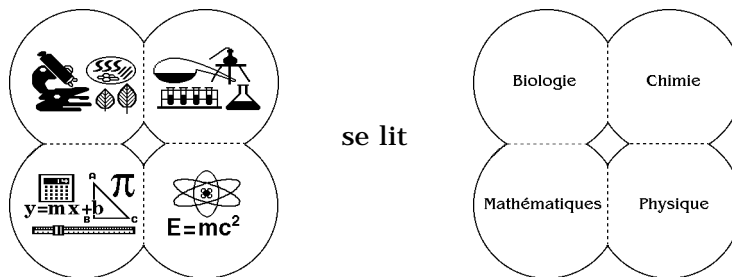
---

<sup>1</sup> Guide méthodologique ; Sylvie Charbonneau et Johanne Mongeon; Cégep André-Laurendeau; 1988

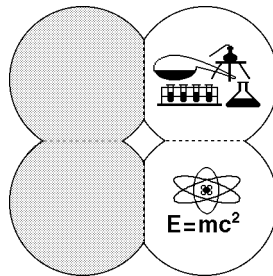
## LÉGENDE

Ce guide s'adresse à des étudiantes et à des étudiants de quatre disciplines distinctes et certains éléments du présent texte sont plus particulièrement appropriés à quelques unes seulement de ces disciplines. Ainsi, chaque partie du guide sera identifiée par un sigle indiquant quelles disciplines sont plus spécifiquement concernées.

Par exemple, le sigle suivant indiquera que toutes les disciplines sont concernées:



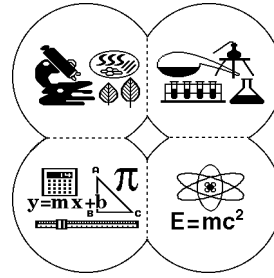
De façon analogue, le sigle suivant indiquera que seules les disciplines chimie et physique sont concernées:



Vous pourrez, nous l'espérons, aller ainsi directement vers l'information la plus pertinente.

## SECTION 1.

### GUIDE DE RÉOLUTION DE PROBLÈMES



En sciences, les exercices et les examens ne sont généralement pas de type objectif; la majorité des questions sont des questions à développement. Nous avons choisi cette forme de questions parce que nous croyons celle-ci nécessaire à l'amélioration de vos habiletés d'écriture et de raisonnements scientifiques. Ne soyez donc pas surpris si ce n'est pas seulement la réponse qui est évaluée, mais bien l'ensemble de votre raisonnement. En ce sens, nous insistons sur le fait que vous devriez toujours écrire des solutions claires et détaillées .

#### QU'EST-CE QU'UN PROBLÈME?

Un problème est une situation idéale où tous les éléments et leurs rapports sont bien identifiés et bien définis. On peut comparer un problème à un roman policier où les personnages, les lieux et les circonstances du crime sont bien définis et où la tâche du détective est de découvrir le coupable.

Il y a quatre (4) étapes principales dans la résolution d'un problème:

##### 1.1 Définir la mise en situation

À cette étape, il faut:

- a) rester calme; si on vous donne un problème à résoudre, c'est justement parce qu'on sait que vous pouvez le résoudre;
- b) lire attentivement le problème;
- c) identifier les différents éléments du problème: identifier les mots-clés, distinguer les données pertinentes et les données non pertinentes, déterminer ce que l'on cherche;
- d) faire dans certains cas un dessin, un diagramme ou un schéma où seront représentés les différents éléments du problème identifié en c);
- e) identifier à quelle loi, à quel concept se réfère le problème, et lire les sections du volume de base qui se réfèrent à cette loi, à ce concept;
- f) formuler certaines questions comme: Ai-je déjà résolu un problème semblable? Puis-je utiliser sa solution ou une partie de celle-ci pour résoudre le problème?

## 1.2 Organiser ses idées

Pour résoudre un problème, il faut établir un lien entre les données et l'inconnue. Si le problème est complexe, de sorte que le lien n'est pas évident, il faut concevoir un plan en se posant des questions comme: Puis-je morceler le problème? Puis-je le séparer en plusieurs parties plus faciles à résoudre? Qu'est-ce que je peux déjà déduire des données identifiées à l'étape précédente? Un plan c'est simplement une liste de choses à faire pour trouver le lien. Il est important de voir qu'à ce stade les étapes du plan n'ont pas encore été réalisées. On s'est contenté de planifier l'ensemble des opérations à effectuer.

## 1.3 Réaliser les étapes du plan

Au moment de la réalisation, il peut arriver que des étapes prévues dans le plan pour la résolution du problème ne produisent pas les résultats escomptés, qu'elles n'apparaissent pas dans le bon ordre ou encore, qu'elles soient trop longues ou complexes. Le moment de la réalisation est donc aussi celui de l'adaptation du plan, le moment où on replace les étapes dans un ordre plus logique ou fonctionnel, où on sépare en nouvelles étapes les étapes trop longues ou trop complexes, etc.

### Les problèmes comportant deux parties:

Lors d'un examen, avez-vous déjà été pénalisé deux fois pour une seule erreur dans le même problème? Cette possibilité survient dans tout problème où le résultat de la première partie est utilisé dans la deuxième. Si vous constatez que vous ne pouvez compléter la deuxième partie d'un problème parce que vous êtes incapable de terminer la première partie, vous pouvez écrire cette note:

« Je ne peux compléter la première partie du problème. Je suppose une réponse plausible pour la première partie de telle sorte que je puisse faire la deuxième partie en utilisant cette donnée.»

Le professeur pourra alors juger si vous savez comment faire la deuxième partie et ainsi, vous octroyer une fraction des points.

#### 1.4 Revenir sur la solution et la réponse

Après avoir complété la solution d'un problème, vous devez toujours revenir sur la solution et la réponse afin de savoir si la solution est correcte et si la réponse est plausible ou vraisemblable et aussi, pour savoir si elle pourrait servir pour un autre problème.

En sciences, plusieurs problèmes font référence à des situations réelles où les réponses doivent être «plausibles» ou «vraisemblables». Par exemple, une mesure de longueur, de temps ou de pH ne peut être négative ou encore, un nombre d'objets ne peut être fractionnaire. Dans ce sens, vérifiez avant toute chose si votre réponse est plausible ou vraisemblable.

Si elle ne l'est pas, vous devriez procéder comme suit:

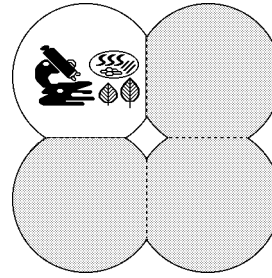
Si, dans un examen, vous n'avez pas le temps de vérifier vos calculs ou la logique de votre démonstration, vous devriez mentionner: «Je sais que ma réponse n'est pas plausible parce que..., toutefois, je n'ai pas le temps de trouver mon erreur.»

Si vous avez le temps de vérifier vos calculs, vous devriez envisager les différentes erreurs possibles qui suivent:

- Si la réponse est beaucoup trop grande ou beaucoup trop petite, vérifiez la position de la virgule dans les différents nombres décimaux employés.
- Si la réponse est négative alors qu'elle devrait être positive, vérifiez toutes les étapes de la solution où des nombres positifs et des nombres négatifs sont combinés au moyen des opérations arithmétiques d'addition, de soustraction, de division ou de multiplication.
- Finalement, vérifiez dans les formules si les différentes variables ont été remplacées par les bonnes valeurs.

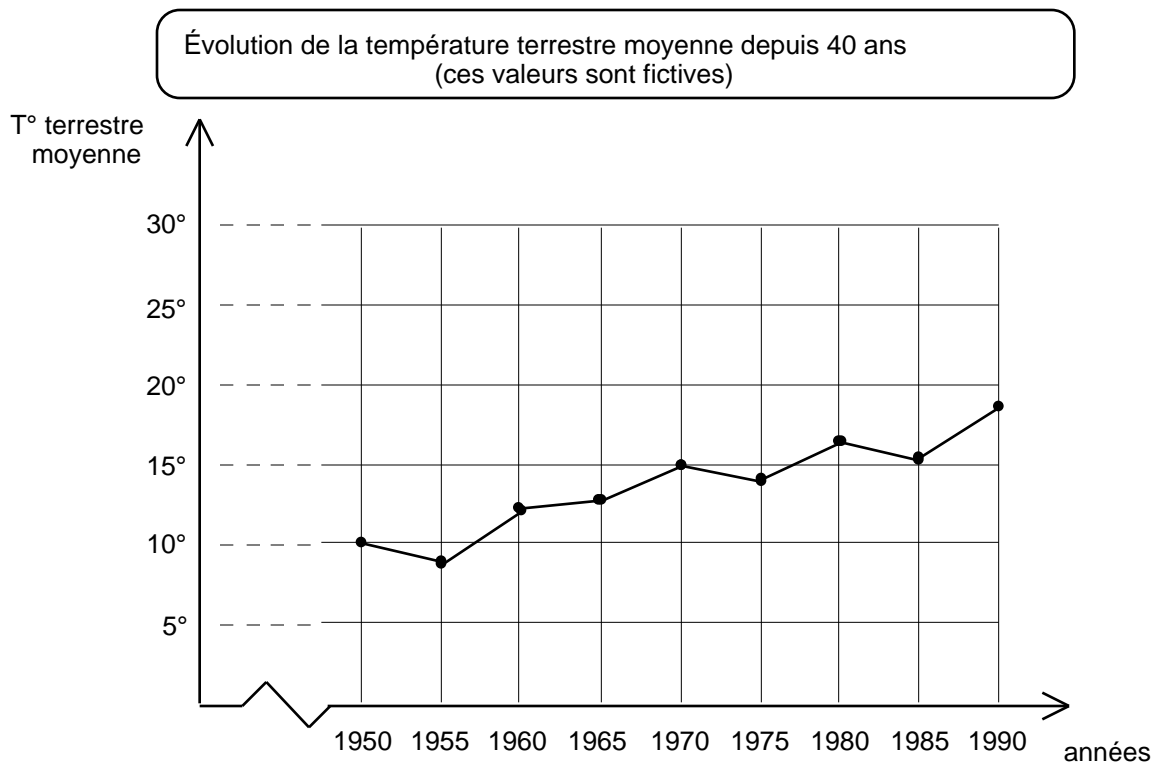
### 1.5 Exemple de problème résolu (Biologie)

Depuis le début du siècle, les forêts ont reculé de façon très importante sur tous les continents. De plus, le processus de déforestation s'accélère encore avec la destruction de la forêt tropicale et la coupe à blanc des grandes forêts boréales.



Pendant cette période, on a, de plus en plus, utilisé les combustibles fossiles à des fins industrielles et de transport.

Récemment, les scientifiques ont noté une augmentation significative de la température terrestre et on s'attend à une poursuite de ce phénomène dans les années à venir.



Comment expliquez-vous ce phénomène ?

## SOLUTION

### 1) Mise en situation

Mise en évidence des mots clés

Depuis le début du siècle, les forêts ont reculé de façon très importante sur tous les continents.

De plus, le processus de déforestation s'accélère encore avec la destruction de la forêt tropicale et la coupe à blanc des grandes forêts boréales.

Pendant cette période, on a, de plus en plus, utilisé les combustibles fossiles à des fins industrielles et de transport.

Récemment, les scientifiques ont noté une augmentation significative de la température terrestre et on s'attend à une poursuite de ce phénomène dans les années à venir.

Énumération des mots clés et commentaires

La déforestation

- se fait sur tous les continents;
- se fait par la destruction de la forêt tropicale;
- se fait par la coupe à blanc des forêts boréales.

Il y a augmentation de l'utilisation des combustibles fossiles.

Il y a une augmentation de la température terrestre.

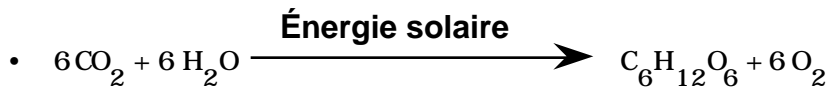
### 2) Organiser ses idées

- a) Qu'est-ce que je sais sur le rôle de la forêt et des arbres ?
- b) Quel est le résultat de la combustion ?
- c) Quels liens y a-t-il entre les combustibles fossiles et la forêt ?

### 3) Réaliser les étapes du plan

#### a) Le rôle de la forêt et des arbres

- Grande capacité de photosynthèse à cause d'une grande surface foliaire.

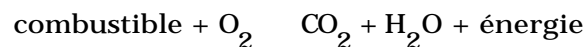


Donc, les feuilles de la forêt utilisent du  $\text{CO}_2$  et produisent de l' $\text{O}_2$ .

- Rôle important dans le cycle de l'eau: les feuilles font de l'évapotranspiration.
- Protège le sol contre l'assèchement.
- Retient le sol, empêche l'érosion.

#### b) Combustion

- Les combustibles fossiles sont d'anciens vivants partiellement décomposés (ex.: forêt qui s'est transformée en pétrole).
- La combustion libère du  $\text{CO}_2$  et nécessite de l' $\text{O}_2$ :



#### c) Liens entre les combustibles fossiles et la forêt

- Plus on brûle des combustibles fossiles, plus on libère du  $\text{CO}_2$ .
- L'accumulation de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère empêche les rayons solaires de retourner dans l'atmosphère.

C'est ce qu'on appelle l'effet de serre. Il y a alors une augmentation de la température.

- Si on enlève la forêt, il y a moins de photosynthèse et moins d'utilisation du  $\text{CO}_2$ .

4) Revenir sur la solution et la réponse

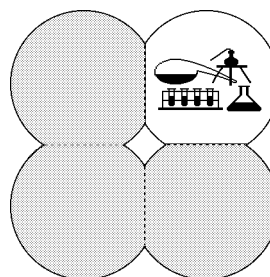
a) Le CO<sub>2</sub> augmente dans l'atmosphère parce que:

- il y a plus d'utilisation de combustibles fossiles;
- il y a moins de forêt; donc, il y a diminution de la photosynthèse et diminution de l'utilisation du CO<sub>2</sub>.

b) La conséquence de cette accumulation de CO<sub>2</sub> est l'effet de serre et donc une augmentation de la température terrestre.

### 1.6 Exemple de problème résolu (Chimie)

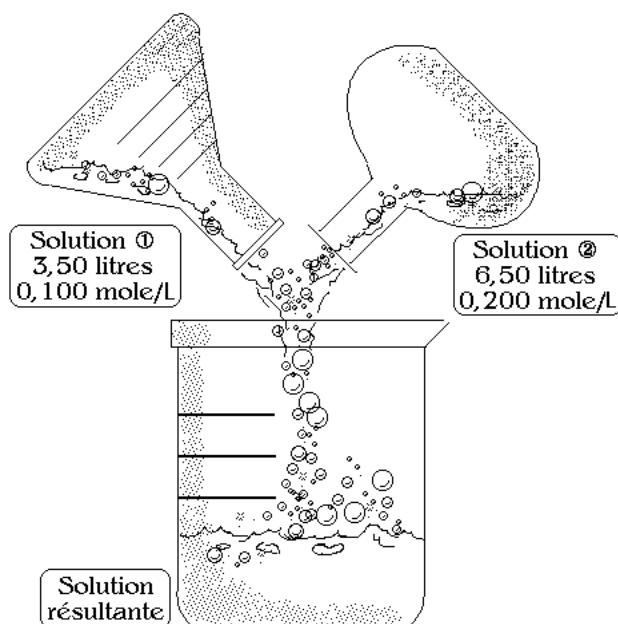
On mélange 3,50 litres de solution de NaCl 0,100 mole/litre et 6,50 litres de solution de NaCl 0,200 mole/litre. Calculez la concentration molaire volumique de la solution résultante.



#### SOLUTION

##### 1) Mise en situation

Soluté = NaCl  
Solvant = H<sub>2</sub>O  
Solution = NaCl dans H<sub>2</sub>O



Solution ① 3,50 litres à 0,100 mole/L

Solution ② 6,50 litres à 0,200 mole/L

Solution résultante = Solution ① + Solution ②

concentration molaire volumique =  $\frac{\text{nombre de moles}}{\text{volume en litres}}$

## 2) Organiser ses idées

J'ai donc besoin du nombre total de moles et du volume total dans la solution finale.

## 3) Réaliser les étapes du plan

- Calcul du nombre de moles dans chacune des solutions initiales:

$$\text{SLN } \textcircled{1} \quad \frac{0,100 \text{ mole}}{1 \text{ litre}} = \frac{n_{\textcircled{1}}}{3,50 \text{ litres}}$$

$$n_{\textcircled{1}} = 0,350 \text{ mole}$$

$$\text{SLN } \textcircled{2} \quad \frac{0,200 \text{ mole}}{1 \text{ litre}} = \frac{n_{\textcircled{2}}}{6,50 \text{ litres}}$$

$$n_{\textcircled{2}} = 1,30 \text{ mole}$$

- Calcul du nombre total de moles:

$$n_{\text{NaCl}} = 0,350 + 1,30 = 1,65 \text{ mole}$$

- Calcul du volume total:

$$3,50 \text{ L} + 6,50 \text{ L} = 10,00 \text{ L}$$

- Calcul de la concentration molaire volumique:

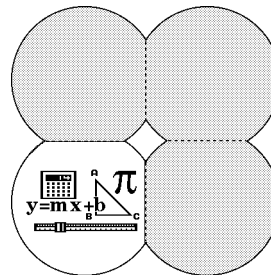
$$\frac{1,65 \text{ mole}}{10,00 \text{ litres}} = 0,165 \text{ mole/litre}$$

## 4) Revenir sur la solution et la réponse

Est-ce que c'est plausible? Oui, puisque la concentration résultante se situe entre la concentration la plus faible et la concentration la plus forte. Donc, la concentration de la solution résultante est de 0,165 mole/litre.

### 1.7 Exemple de problème résolu (Mathématiques)

Paul et Jeanne discutent de leurs résultats d'examens dans un cours de la dernière session. Il y a eu, dans ce cours, quatre examens de pondération égale. Jeanne indique que ses notes aux trois premiers examens ont été de 92%, 74% et 80% ce qui a constitué une amélioration sensible par rapport au cours précédent dans lequel elle n'avait obtenu qu'une moyenne de 61%. Paul, pour sa part, affirme qu'il a obtenu 56%, 82% et 62% aux trois premiers examens ce qui est sensiblement inférieur à ses performances habituelles.



Sachant que la note de Paul au quatrième examen a été le double de celle de Jeanne et qu'ainsi, Paul et Jeanne ont obtenu la même note moyenne, déterminez quelle a été la note de Paul au quatrième examen.

#### SOLUTION

##### 1) Mise en situation

###### Étapes de la résolution

Certaines notes de Paul et de Jeanne sont données; certaines relations entre celles-ci sont établies; on cherche une note de Paul.

Paul et Jeanne discutent de leurs résultats d'examens dans un cours de la dernière session. Il y a eu dans ce cours quatre examens de pondération égale. Jeanne indique que ses notes aux trois premiers examens ont été de 92%, 74% et 80% ce qui a constitué une amélioration sensible par rapport au cours précédent dans lequel elle n'avait eu qu'une moyenne de 61%. Paul, pour sa part, affirme qu'il a obtenu 56%, 82% et 62% aux trois premiers examens ce qui est sensiblement inférieur à ses performances habituelles.

###### Commentaires

Une première lecture nous permet de nous familiariser avec le sujet, les données et ce qui est demandé.

Une deuxième lecture, plus détaillée, nous permet de souligner ou d'entourer les éléments clés. Ici, les données brutes ont été soulignées, les relations entre les données ont été doublement soulignées et le but de la question a été écrit en caractères gras. Remarquons que la donnée inutile (la moyenne de 61%) a été mise de côté.

Sachant que la note de Paul au quatrième examen a été le double de celle de Jeanne et qu'ainsi, Paul et Jeanne ont obtenu la même note moyenne, déterminer quelle a été la note de Paul au quatrième examen .

Soit x: note de Paul au 4<sup>ème</sup> examen

la note de Paul au quatrième examen a été le double de celle de Jeanne

Soit y: note de Jeanne au 4<sup>ème</sup> examen

Alors, on trouve:  
(1)  $y = 2x$

Paul et Jeanne ont obtenu la même note moyenne

Jeanne a déjà obtenu: 92%,  
74%, 80%  
Paul a déjà obtenu: 56%, 82%,  
62%

La moyenne de Jeanne est donc:  
$$\frac{92 + 74 + 80 + y}{4}$$

La moyenne de Paul est:  
$$\frac{56 + 82 + 62 + x}{4}$$

On peut se demander d'abord ce qu'on cherche et donner un «nom» à cette inconnue. Attention! Il ne faut pas écrire x: Paul ou x: Examen 4. On doit s'assurer que le nom choisi représente un nombre.

On peut, au besoin, définir d'autres variables si elles peuvent nous servir à obtenir plus facilement notre solution.

On anticipe ici sur l'étape 2 (Organiser ses idées)

On essaye de traduire sous forme d'équation(s) les relations entre les données apparaissant dans les éléments clés de la question. Ici, on utilise le fait que la moyenne arithmétique est obtenue en additionnant toutes les valeurs et en divisant le résultat par le nombre de valeurs.

## 2) Organiser ses idées

Comme on a  $y = 2x$ , on en déduit que:

$$\frac{92 + 74 + 80 + 2x}{4} = \frac{56 + 82 + 62 + x}{4}$$

## 3) Réaliser les étapes du plan

On a alors:

$$(2) \quad \frac{246 + 2x}{4} = \frac{200 + x}{4}$$

$$\begin{aligned} \text{Donc, } 246 + 2x &= 200 + x \\ 246 - 200 &= x - 2x \\ 46 &= -x \\ x &= -46 \end{aligned}$$

## 4) Revenir sur la solution et la réponse

Hum!... Bizarre!... Paul aurait obtenu la note de - 46% à un examen (était-ce un examen si difficile?...). Il y a donc manifestement une erreur. Révisons la solution pour la découvrir. On peut remarquer qu'à l'étape (1), on a écrit  $y = 2x$ . Or,  $y$  représente la note de Jeanne et  $x$  la note de Paul ce qui voudrait dire que, si Paul avait eu 40%, Jeanne aurait eu 80%. Ceci contredit l'hypothèse que Paul a obtenu une note deux fois supérieure à celle de Jeanne. On doit donc repartir de l'étape (1) avec  $y = \frac{x}{2}$

## 3) Réaliser les étapes du plan

Reprenons à partir de l'étape (1):

$$(1) y = \frac{x}{2}$$

L'équation (2) devient alors:

$$(2) \quad \frac{246 + \frac{x}{2}}{4} = \frac{200 + x}{4}$$

$$\text{Donc } 246 + \frac{x}{2} = 200 + x$$

$$246 - 200 = x - \frac{x}{2}$$

$$46 = \frac{x}{2}$$

$$x = 92$$

#### 4) Revenir sur la solution et la réponse

Ce résultat semble plus raisonnable: Paul aurait obtenu 92% à l'examen 4. Or, même si c'est une réponse plausible, est-ce la bonne réponse? Pour en être bien certain, effectuons à nouveau la vérification.

La note de Jeanne au 4<sup>ème</sup> examen devrait donc être 46% ( $92/2$ ).

La moyenne de Paul serait alors:  
$$\frac{56 + 82 + 62 + 92}{4} = 73(\%)$$

La moyenne de Jeanne serait alors:  
$$\frac{92 + 74 + 80 + 46}{4} = 73(\%)$$

Donc, la note de Paul au 4<sup>ème</sup> examen est bien de 92%.

Il ne faut pas oublier de répondre à la question. Bien sûr, le cheminement est l'aspect le plus important, mais la réponse doit également être transmise.

On peut maintenant «faire le ménage» dans notre solution.

#### Solution

Soientx: note de Paul au 4<sup>ème</sup> examen  
y: note de Jeanne au 4<sup>ème</sup> examen

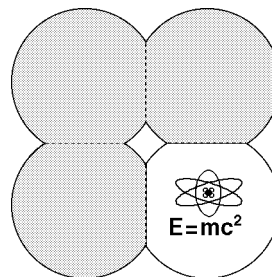
$$\text{On a } y = \frac{x}{2} \text{ d'où } \frac{56 + 82 + 62 + x}{4} = \frac{92 + 74 + 80 + \frac{x}{2}}{4}$$

$$\text{Donc, } 200 + x = 246 + \frac{x}{2} \quad \frac{x}{2} = 46 \quad x = 92$$

Par conséquent, Paul a obtenu 92% à son quatrième examen.

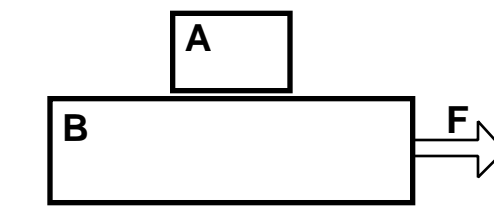
### 1.8 Exemple de problème résolu (Physique)

Vous avez probablement déjà vu la démonstration du magicien qui enlève la nappe d'une table mise sans faire tomber aucun des couverts qui s'y trouvent. Le problème suivant permet d'illustrer une version simplifiée de cette situation.



Note: Cet exemple fait appel à certaines notions qui ne seront vues qu'au premier cours de physique (Mécanique 101). Vous serez donc plus en mesure d'apprécier les méthodes illustrées ici après avoir suivi quelques semaines de ce cours.

Le bloc B a un poids de 30N et glisse sur une table horizontale. On le tire avec une force égale au tiers de son poids. Le bloc A a un poids de 10 N et est placé sur B. Le coefficient de frottement statique entre les deux blocs est de 0,2 et le coefficient de frottement cinétique entre la table et le bloc B est de 0,1.



Dans ce cas, le bloc A glisse-t-il sur le bloc B ? Quelle est la force de frottement entre les deux blocs ?

#### SOLUTION

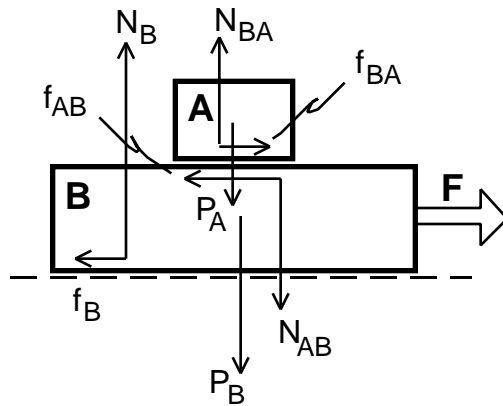
##### 1) Mise en situation

###### Étapes de la résolution

On a deux blocs. Une force de 10 N agit sur le bloc B (le tiers de son poids); il y a du frottement entre la table et le bloc B; il y a aussi du frottement entre les deux blocs. Le fait qu'il y ait glissement ou pas entre les deux blocs dépend du frottement entre les deux blocs.

###### Commentaires

Une première lecture nous permet de nous familiariser avec la situation et ce qui est demandé.



Une deuxième lecture nous permet de visualiser toutes les forces qui agissent sur chacun des blocs. Il sera ici nécessaire de faire un schéma simple et précis représentant chacune des forces avec des flèches correctement orientées et bien identifiées par un symbole approprié. Une liste de ces symboles avec une identification de ce qu'ils représentent est un exercice utile.

forces sur le bloc A

- $P_A$  : force de la Terre sur le bloc A (son poids);
- $N_{BA}$  : force normale du bloc B sur le dessous du bloc A;
- $f_{BA}$  : force de frottement du bloc B sur le bloc A;

forces sur le bloc B

- $P_B$  : force de la Terre sur le bloc B (son poids);
- $N_{AB}$  : force normale du bloc A sur le dessus du bloc B;
- $f_{AB}$  : force de frottement du bloc A sur le dessus du bloc B;
- $N_B$  : force normale de la table sur le dessous du bloc B;
- $f_B$  : force de frottement de la table sur le dessous du bloc B;
- $F$  : force motrice appliquée vers la droite sur le bloc B.

## 2) Organiser ses idées

On cherche à déterminer:

- la force de frottement statique maximum entre le bloc A et le bloc B,
- l'accélération des deux blocs en supposant que le bloc A ne glisse pas par rapport au bloc B.

On pourra ensuite comparer l'accélération des deux blocs ensemble et l'accélération maximum qu'on peut communiquer au bloc A via le frottement statique entre les deux blocs et déterminer ainsi si le bloc A glisse ou non sur le bloc B.

On veut finalement calculer la force de frottement entre les deux blocs.

## 3) Réaliser les étapes du plan

a) calcul de la force de frottement statique maximum entre le bloc A et le bloc B, i.e.  $f_{BA}$ :

Suivant l'axe des y, l'accélération du bloc A est nulle; par la suite, on aura:

$$\begin{aligned} F_y = N_{BA} - P_A &= 0 \quad \text{ou} \\ N_{BA} = P_A &= 10\text{N} \end{aligned}$$

Puisque  $f = \mu_s N$ , la valeur maximum du frottement entre les deux blocs est:

$$\begin{aligned} f_{BA} = \mu_s N_{BA} &= 0,2 \times 10\text{N} \\ &= 2,0\text{N} \end{aligned}$$

Est-ce bien le résultat cherché ?...

Il est important de procéder avec rigueur en s'appuyant sur les lois de la mécanique. Il est aussi nécessaire de reconnaître les limites d'application de la formule du frottement maximum: le frottement actuel peut être plus petit ou égal à  $\mu_c N_{RA}$ . Plusieurs choisiront le résultat de ce calcul simple comme solution. Il n'y a pas toujours de situation "piège" dans les problèmes, mais une solution trop facile devrait nous rendre soupçonneux.

Hum!...  $f_{BA}$  est la seule force qui puisse faire accélérer le petit bloc vers la droite: une petite accélération produite par une force faible éviterait le glissement entre les deux blocs. La force de frottement cherchée serait donc calculée à l'aide de la 2<sup>e</sup> loi de Newton une fois la valeur de l'accélération déterminée, i.e.

$$f_{BA} = m_A a_x.$$

- b) calcul de l'accélération des deux blocs en supposant que le bloc A ne glisse pas par rapport au bloc B.
- i) calcul de la force de frottement cinétique entre le bloc B et la table.

La 3<sup>e</sup> loi de Newton appliquée aux forces normales entre les deux blocs donne:

$$N_{AB} = N_{BA}$$

Pour le bloc B, on a aussi  $a_y = 0$ , nulle d'où:

$$\sum F_y = N_B - P_B - N_{AB} = 0$$

$$N_B = P_B + N_{AB}$$

$$= 30\text{N} + 10\text{N}$$

$$= 40\text{N}$$

$$f_c = \mu_c N_B = 0,1 \times 40\text{N}$$

$$= 4\text{N}$$

Une simulation est souvent utile pour mettre en évidence une autre solution. Une analyse de l'ensemble de la situation conduira à une valeur précise du frottement.

Cette force n'est pas encore déterminée et est indispensable pour obtenir l'accélération du système.

- ii) calcul de la force résultante agissant sur les deux blocs ensemble.

Suivant l'axe des x, la 2<sup>e</sup> loi de Newton donne:

$$\begin{aligned} \mu F_x &= F - f_B = 10\text{N} - 4\text{N} \\ &= 6\text{N} \end{aligned}$$

- iii) calcul des masses de chacun des blocs.

$$m_A = \frac{P_A}{g} = \frac{10\text{N}}{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 1,02 \text{ kg}$$

$$m_B = \frac{P_B}{g} = \frac{30\text{N}}{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 3,06 \text{ kg}$$

- iv) calcul de l'accélération des deux blocs ensemble.

$$\begin{aligned} F_x &= (m_A + m_B) a_x \\ 6\text{N} &= (1,02 \text{ kg} + 3,06 \text{ kg}) a_x \\ a_x &= \frac{6\text{N}}{4,08 \text{ kg}} = 1,47 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \end{aligned}$$

L'accélération maximum que l'on peut communiquer au bloc A via le frottement statique entre les deux blocs est:

$$a_x = \frac{2\text{N}}{1,02 \text{ kg}} = 1,96 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Le bloc A ne glisse donc pas sur le bloc B.

Le danger en calculant l'accélération est de ne tenir compte que de la force motrice appliquée.

Un manque d'attention amène parfois l'étudiante ou l'étudiant à prendre les poids pour les masses et vice-versa.

Il est évident maintenant que la force F appliquée sur le bloc B n'est pas suffisante pour faire glisser le bloc A et lui donne même une accélération inférieure à l'accélération maximum possible.

c) calcul de la force de frottement entre les deux blocs.

$$\begin{aligned} f_{BA} &= m_A a_x \\ f_{BA} &= 1,02 \text{ kg} \times 1,47 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\ &= 1,50\text{N} \end{aligned}$$

Ce n'est donc qu'après une analyse complète du problème que l'on parvient à la solution qui convient.

4) Revenir sur la solution et la réponse

On obtient, en résumé, que le bloc A ne glisse pas sur le bloc B et que la force de frottement entre les deux blocs est de 1,50N.

## SECTION 2.

### SCHÈME DE LA MÉTHODE SCIENTIFIQUE <sup>1</sup>

#### INTRODUCTION

Il existe plusieurs façons pour une personne d'entrer en relation avec son milieu en vue de mieux comprendre son environnement et de s'y situer. Nous pensons ici à différentes méthodes telle la méthode artistique, la méthode intuitive, la méthode expérientielle, la méthode médiatique, la méthode d'observation systématique et la méthode expérimentale.

Pour le biologiste dont l'objet d'étude est le vivant, les méthodes utilisées sont doubles : soit l'observation systématique et/ou la méthode expérimentale. Dans ce domaine de travail nous tenterons de caractériser avec exemple à l'appui ces deux instruments d'investigation dont dispose le scientifique, tout en insistant davantage sur la méthode expérimentale souvent surnommée «*expérimentation contrôlée*». F. Berthiaume et A. Lamoureux dans leur publication intitulée «*Initiation à la recherche en psychologie*» nous définissent ainsi la méthode expérimentale :

«Dans la méthode expérimentale, l'expérimentateur fait varier un facteur, maintient tous les autres constants et mesure l'effet de cette variation sur le comportement étudié. Si l'expérimentateur enregistre un changement dans le comportement, à la suite de cette variation, ce changement pourra être dit CAUSE par cette variation et par elle seule, dans cette situation, puisque tous les autres facteurs auront été contrôlés» <sup>2</sup>.

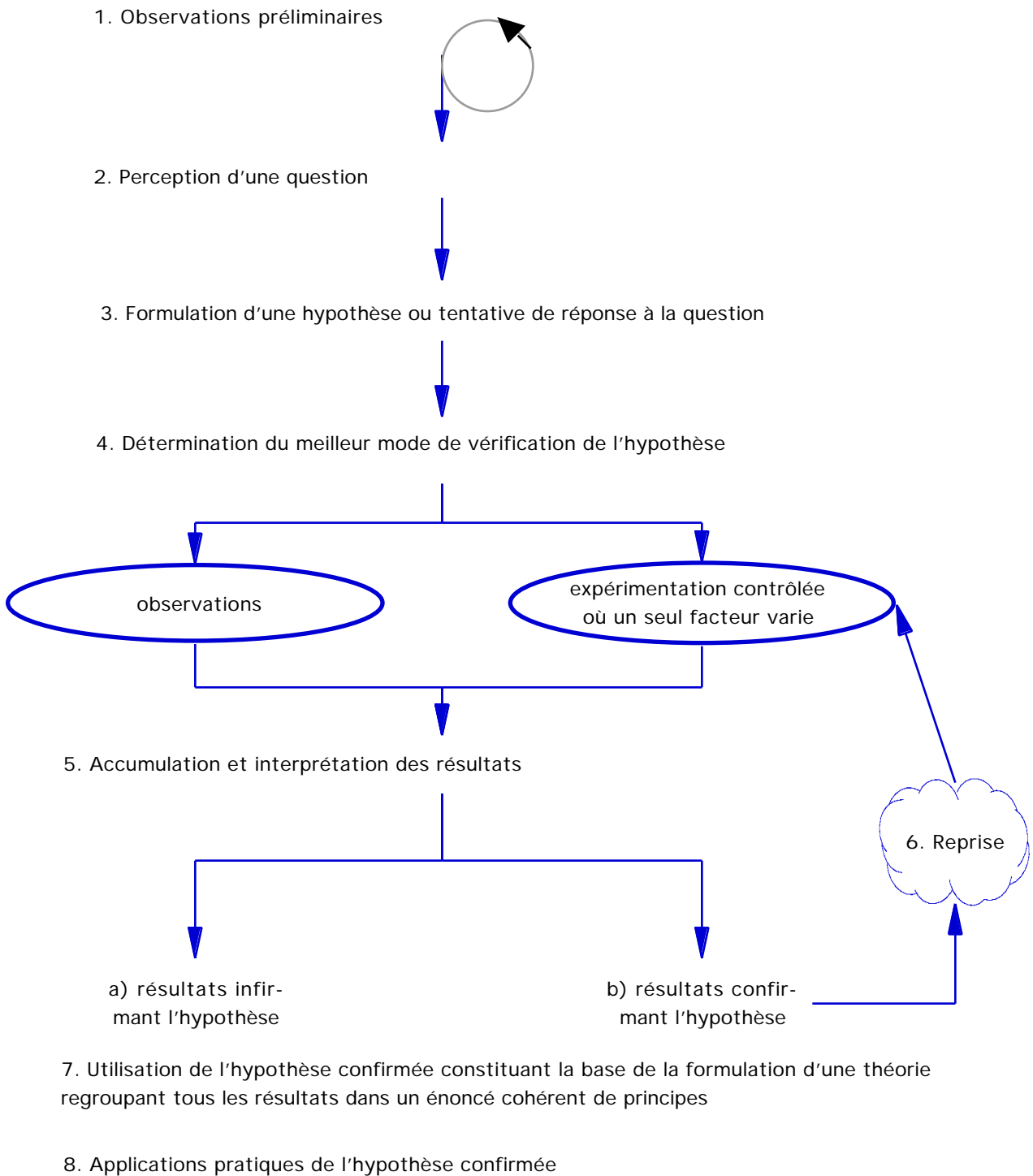
Parcourons donc ensemble la démarche du scientifique utilisant la méthode scientifique.

---

<sup>1</sup> MAYRAND, M. et F.M. Pépin, 1983 : La méthode scientifique en biologie, Fascicule théorique I du cours Bio. 101-301. Biologie Générale, CÉGEP André-Laurendeau, LaSalle.

<sup>2</sup> BERTHIAUME, F. et A. Lamoureux, 1981 : Initiation à la recherche en psychologie, Éditions HRW , Ltée, Montréal.

## DIAGRAMME DE LA MÉTHODE SCIENTIFIQUE<sup>1</sup>



<sup>1</sup>Modifié de Jessop, N.M., 1976, figures 1 et 2

## 2.1 Observation préliminaires

Souvent à la suite d'observation qualitatives préliminaires, une question ou un problème se pose au chercheur.

### Exemples

Alexandre Fleming a découvert la pénicilline en 1929, de façon purement accidentelle. Le bactériologiste s'aperçut qu'un de ses nombreux milieux de culture bactérienne était envahi par une moisissure (champignon) du nom de Penicillium. Avant de jeter le milieu de culture, comme beaucoup avaient fait avant lui, il prit le temps de l'observer. Il constata que la surface contaminée par la moisissure était entourée d'une zone où les bactéries se développaient très mal.

## 2.2 Perception de la question ou du problème

Fleming recommença plusieurs fois afin d'observer si le même processus se reproduisaient à chaque fois qu'il introduisait la moisissure ou si c'était le fruit du hasard. Fleming se posa la question suivante:

Quelle relation existe-t-il entre la moisissure et le milieu bactérien?

### 2.3 Formulation d'une hypothèse

Après avoir fait des observations qualitatives, l'étape suivante consiste à formuler l'hypothèse, qui est, en fait, une réponse pertinente à la perception de la question ou du problème.

Plusieurs hypothèses peuvent surgir en premier. La plus plausible est conservée : celle qui explique le mieux tous les faits observés.

Après avoir observé qu'à chaque fois que la moisissure Penicillium se développait, aucune colonie de bactéries n'était trouvée dans son entourage, Fleming émit l'hypothèse suivante:

Penicillium produit une substance qui inhibe la croissance des bactéries.

L'hypothèse de travail conservée doit mettre en relief la variable indépendante et la variable dépendante du sujet choisi.

#### Variable indépendante

Se dit de tout facteur expérimental dont les variations sont sous le contrôle de l'expérimentateur. Les fluctuations de la variable indépendante occasionnent des changements de réponse de la part de la variable dépendante. Les variations de la variable indépendante figurent généralement sur l'abscisse d'un graphique.

Dans l'hypothèse qui nous concerne ici, la variable dépendante serait la croissance des bactéries exprimées en nombre de bactéries et la variable indépendante serait les variations de concentrations de moisissures qui inhibe la croissance des bactéries.

#### Variable dépendante

Une variable est dite «dépendante» si ses variations sont liées directement ou indirectement aux fluctuations d'une variable indépendante. Elle représente la réponse (effet) du sujet expérimental aux conditions expérimentales fixées par l'expérimentateur. Elle occupe généralement l'ordonnée sur un graphique.

Notons enfin qu'une hypothèse peut être vraie ou fausse. Malgré son apparente logique et raisonnable, l'hypothèse doit être soumise à l'observation directe et/ou à l'expérimentation contrôlée.

## 2.4 Détermination du meilleur mode de vérification de l'hypothèse

Le scientifique dispose de deux (2) instruments pour vérifier (valider) son hypothèse. Il devra donc choisir, selon le cas, entre les observations directes quantifiées ou l'expérimentation contrôlée.

### 2.4.1 Observations directes quantifiées.

L'observation directe permet la mesure de phénomènes naturels non-manipulés par l'observateur et ne nécessitant aucune intervention expérimentale. On a souvent recours à des équipements spéciaux, utiles pour analyser des phénomènes naturels dépassant la portée de sens humains.

Microscope en biologie.

Télescope astronomie.

Enregistrement des cris aigus de chauve-souris qui sont ensuite reproduits à des fréquences plus basses pour être perçus par notre oreille.

### 2.4.2 Expérimentation contrôlée

La suite de ce document visera à caractériser particulièrement cette démarche du scientifique. Dans une expérimentation contrôlée, comme son nom l'indique, le chercheur contrôle (le plus souvent en maintenant constant) tous les facteurs susceptibles d'influencer l'expérimentation en cours. Pour ce faire, il identifie les facteurs déterminants puis en fait varier un (1) seul à la fois. Le reste des conditions expérimentales sont maintenues constantes chez tous les sujets passant l'expérience.

Un groupe de sujets dits «témoins», et un groupe de sujets dits «expérimentaux» sont alors formés.

Groupe témoin

Dans un groupe témoin, la variable indépendante est maintenue constante comme tous les autres facteurs contrôlés. Le nombre de sujets le composant devrait être fixé à un minimum de six (6).

Groupe expérimental

Dans un groupe expérimental, la variable indépendante varie selon les dispositions de l'expérimentateur alors que tous les autres facteurs contrôlés sont maintenus constants. Le nombre de sujets de composant devrait être fixé à un minimum de six (6).

Une fois les groupes témoin et expérimental formés, la démarche entreprise dans l'élaboration d'une expérience contrôlée suit deux (2) étapes distinctes : le schème expérimental et le protocole expérimental.

### Schème expérimental

Dans un schème expérimental, nous devons retrouver :

- a) Le nom de la variable indépendante ainsi que son mode de mesure.
- b) Le nom de la variable dépendante ainsi que son mode de mesure.
- c) L'énumération des facteurs contrôlés ainsi que leur mode de contrôle.
- d) L'énumération des facteurs non contrôlés mais dont la connaissance est pertinente à l'expérience en cours.

Dans notre exemple du départ concernant les travaux de Fleming, le schème expérimental pourrait être le suivant :

Variable indépendante:  
concentration de la substance inhibitrice produite par les moisissures du genre Penicillium.

mesure: quantité (en ml.) de liquide provenant d'une culture de Penicillium.

Variable dépendante:  
croissance bactérienne

mesure: nombre de colonies bactériennes/mm<sup>2</sup> de gélose.

Température: les géloses sont incubées à une T constante de 37°C.

Milieu nutritif: chaque gélose recevra le même milieu nutritif et la même quantité.

Temps d'incubation: le temps d'incubation sera le même pour chaque gélose

hérédité des sujets utilisés (variabilité génétique)

### Protocole expérimental

Cette section, souvent surnommée «Manipulations» ou «Méthode», élabore précisément toutes les étapes des manipulations à suivre afin d'obtenir des données spécifiques au sujet traité. La rédaction du protocole doit être faite de manière à ce que toute personne puisse réaliser l'expérience au complet sans autre documentation que celle fournie dans le protocole.

## 2.5 Accumulation et interprétation des résultats

### Accumulation des résultats

À partir d'observation directes quantifiées ou d'expérimentations contrôlées, le chercheur obtient des données qu'il compile et ordonne.

Il traite ses données au moyen de calculs de son choix et produit alors des résultats.

### Interprétation des résultats

À la lumière des résultats obtenus, l'expérimentateur porte un jugement subjectif sur ses résultats en regard de son hypothèse. Il interprète ses résultats en les comparant (si possible) aux résultats obtenus lors de d'autres expérimentations. Si les résultats contredisent l'hypothèse de départ, il faut alors réviser cette hypothèse et établir une critique constructive du schème expérimental et du protocole expérimental.

Fleming examina chacun des pétris-témoins et expérimentaux : il compta le nombre de colonies bactériennes. Dans les pétris expérimentaux, 95% de la surface du milieu de culture ne présentait pas de colonie bactérienne comparé à 1% dans les pétris-témoins.

## 2.6 Reprise

Si les résultats confirment l'hypothèse, le chercheur doit répéter son expérimentation ou ses observations plusieurs fois pour s'assurer de l'exactitude des résultats obtenus.

Si les résultats confirment à nouveau l'hypothèse, le chercheur peut alors conclure que son hypothèse de départ a été confirmée.

Fleming remarqua que les cultures «témoins» s'étaient bien développées. Les cultures expérimentales se développaient moins bien. Fleming reprit l'expérience plusieurs fois pour s'assurer que la conclusion était toujours la même.

Après avoir analysé ses résultats, Fleming proclama que c'était nécessairement le liquide dans lequel avait vécu Pénicillium qui comptait pour l'inhibition de la croissance des colonies bactériennes, ce liquide étant la seule variable de son expérimentation.

## 2.7 Formulation de théories ou de principes généraux

Si l'hypothèse est confirmée, cette dernière peut constituer la base de la formulation d'une théorie regroupant tous les résultats dans un énoncé cohérent de principes.

Il faudra alors tester la théorie pour voir si elle s'applique à la majorité des cas semblables.

Fleming énonça le principe suivant : «Penicillium a un effet inhibiteur sur la croissance des bactéries». Cette généralisation fut testée sur plusieurs espèces de bactéries différentes.

La réponse à la question ou au problème de départ n'implique pas la fin du processus d'observation directe ou d'expérimentation, mais suscite plutôt une foule de questions additionnelles.

- Quelle est la structure de Penicillium?
- Existe-t-il d'autres moisissures ayant la même action que Penicillium?
- Peut-on inoculer la substance produite par Penicillium à des gens atteints d'infections bactériennes?

## 2.8 Applications pratiques de l'hypothèse concernée

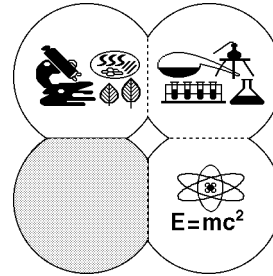
Une hypothèse confirmée ne conduit pas nécessairement ou immédiatement à des applications pratiques mais peut servir de base à l'élaboration de ressources concrètes pour la population humaine.

Grâce à la confirmation de l'hypothèse de Fleming, les chercheurs ont réussi à isoler, dans un deuxième temps, la substance inhibitrice de la croissance bactérienne. Cette substance nommée «pénicilline» est utilisée, aujourd'hui, dans le traitement d'infections d'origine bactérienne.

SECTION 3.

LE RAPPORT DE LABORATOIRE

Un rapport de laboratoire complet comprend les sections suivantes:



- |                                     |   |  |
|-------------------------------------|---|--|
| 1. Page de titre . . . . .          | { | Titre de l'expérience et numéro du laboratoire<br>Date de remise<br>Numéro du cours<br>Nom de l'étudiant ou de l'étudiante<br>Nom de la professeure ou du professeur |
| 2. Introduction . . . . .           | { | But et objectifs<br>Contexte théorique<br>Question<br>Hypothèse  |
| 3. Matériel et appareils . . . . .  | { | Matériel et appareils<br>Précision des instruments<br>Mesures de sécurité<br>Schéma du montage   |
| 4. Méthode . . . . .                | { | Schéma expérimental<br>Protocole expérimental  |
| 5. Données . . . . .                | { | Observations<br>Relève des données brutes<br>Lecture des mesures<br>Dessins  |
| 6. Traitement des données . . . . . | { | Calculs<br>Tableaux<br>Graphiques<br>Résultats   |
| 7. Analyse et discussion . . . . .  | { | Interprétation<br>Comparaison<br>Évaluation des causes d'erreur  |
| 8. Conclusion . . . . .             | { | Résumé succinct<br>Confirmation ou non de l'hypothèse<br>Élargissement du sujet traité   |
| 9. Médiagraphie (s'il y a lieu).    |   |  |

### 3.1 Page de titre

On y retrouve le sujet de l'expérience, le numéro du laboratoire, le numéro du cours, la date de remise du rapport, le nom des étudiantes et des étudiants ayant participé à la rédaction du rapport et le nom de la professeure ou du professeur. À ce sujet, vous pouvez consulter le Guide Méthodologique aux pages 42 et 43 .

Pour un rapport de laboratoire en Physique, une page de titre vous est fournie par le département.

### 3.2 Introduction

Dans cette partie vous devez donner dans vos propres mots une brève explication du but et des objectifs de votre expérience.

Vous devez ensuite donner un bref contexte théorique résumant les principales notions que vous utilisez ou que vous vérifiez dans votre hypothèse de travail.

De plus, lorsque l'expérience présente l'étude de deux variables reliées entre elles (par exemple, la distance en fonction du temps ou l'intensité lumineuse en fonction de la température), il faut formuler votre hypothèse de façon à mettre en relief la variable dépendante et la variable indépendante. Dites, par exemple:

« Nous vérifierons que le temps requis pour 20 oscillations d'un pendule est proportionnel à sa longueur. »,

plutôt que:

« Pour différentes longueurs de pendule, nous allons mesurer le temps de 20 oscillations. »

### 3.3 Matériel et appareils

Il vous faut ensuite faire la liste de tous les produits, du matériel et de tous les instruments de mesure utilisés lors de la réalisation de votre expérience. **POUR LES INSTRUMENTS DE MESURE, IL EST ESSENTIEL DE DONNER LA PRÉCISION DES INSTRUMENTS.**

En Chimie et en Biologie, il est important d'indiquer le matériel et les produits présentant un danger et aussi d'indiquer les mesures prises pour minimiser les risques. Au besoin, vous pouvez consulter les fiches signalétiques des produits utilisés.

S'il y a un montage à faire, donnez-en un schéma simple, clair et complet occupant une page entière.

### 3.4 Méthode

Parfois, si on vous le demande (en Biologie ou en Chimie), vous aurez à décrire de façon plus particulière les deux grandes étapes qui ont été suivies lors de l'élaboration de votre expérience: le schème expérimental et le protocole expérimental.

Rappelons que le schème expérimental doit faire ressortir les points suivants:

- le mode de mesure de la variable dépendante,
- le mode de mesure de la variable indépendante,
- le mode de contrôle de chacun des facteurs contrôlés,
- la liste des facteurs non contrôlés.

Dans le protocole expérimental, l'étudiante ou l'étudiant doit présenter, le plus clairement et le plus précisément possible, les principales étapes qu'il a suivies lors de son expérimentation. Il est important que le protocole soit le plus complet possible et présente les mesures, les contrôles, les concentrations, les délais, le nombre de sujets, etc., qui ont été effectués et/ou utilisés.

### 3.5 Données

Toutes les observations et les mesures obtenues directement lors de l'expérimentation constituent des données brutes qui, dans certains cas, pourront être placées en annexe du rapport.

Les dessins permettent de relater des observations de formes et structures, là où ces dernières constituent l'objectif principal d'apprentissage de la séance de laboratoire. C'est le cas, entre autres, de plusieurs expériences en biologie.

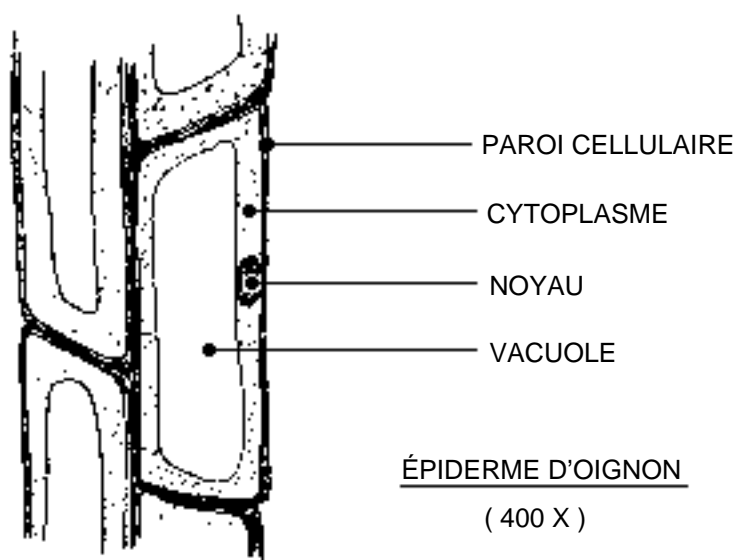
Quelques lignes directrices devraient vous guider dans l'élaboration d'un dessin:

1. Un dessin doit être une représentation de l'organisation de la cellule ou de l'organisme. On ne vise pas à reproduire exactement ce que l'on voit, mais à mettre en évidence les éléments importants. Dans ce sens, le dessin ...
  - doit être clair et ne représenter que l'essentiel;
  - ne tient pas compte des défauts de la préparation;
  - se limite aux principales caractéristiques à observer;
  - ne représente qu'une partie d'un ensemble lorsque les structures sont répétitives (ex. globules rouges du sang);
  - permet toutefois de souligner les relations avec d'autres structures.

2. Un dessin doit suivre certaines normes de présentation:

- utilisation du papier blanc , non-ligné;
- disposition sur une-demi page ou sur une page entière, selon ce qui est observé;
- utilisation d'une mine noire foncée (B) ou de couleurs lorsque suggéré;
- présentation d'une légende préférablement à droite, en lettres moulées;
- mention de l'identification (en bas à droite);
- indication du grossissement ou de l'échelle de grandeur sous l'identification;

Exemple d'un dessin:



### 3.6 Traitement des données

Dans cette section, l'étudiante ou l'étudiant doit présenter tous les traitements (exemples de calculs, descriptions de tests statistiques, exemples de calcul d'erreurs) qu'il a fait subir à ses données. Également, dans cette section, les données non significatives doivent être identifiées; l'expérimentatrice ou l'expérimentateur doit expliquer l'exclusion de chacune d'entre elles des résultats présentés. Il est important de respecter le nombre de chiffres significatifs.

En Chimie et en Physique particulièrement, les calculs d'incertitude sont très importants. En effet, souvent, le but d'une expérience n'est pas d'obtenir des valeurs aussi précises que celles des tables, mais de comparer les résultats obtenus aux résultats théoriques et ainsi de juger de la valeur de son travail. La section 4 traitera plus spécifiquement des erreurs et des incertitudes.

C'est aussi dans cette section que l'étudiante ou l'étudiant présente ses résultats, c'est-à-dire les moyennes, les graphiques, les tableaux, les schémas qu'il a obtenus par le traitement de ses données. Il est à noter qu'une brève description de chacun des résultats fournis doit être donnée. La section 3 traitera plus spécifiquement des graphiques et des tableaux.

Mesures statistiques:

Lorsque, suite à une expérience, on obtient un ensemble de données se rapportant à une même caractéristique observée d'un ensemble d'individus dans les mêmes conditions<sup>1</sup>, il peut être intéressant de trouver une valeur représentant le mieux possible l'ensemble des valeurs obtenues.

Pour obtenir une valeur unique qui représente le mieux un ensemble de données, on peut, entre autres, se servir de deux mesures: la médiane et la moyenne .

La médiane  $M_d$  est définie, pour des données rangées c'est-à-dire classées par ordre croissant, comme étant la donnée du milieu s'il y a un nombre impair de données et par la valeur à mi-chemin des deux données du milieu s'il y a un nombre pair de données.

La moyenne  $\mu_x$  est définie comme la somme des données divisée par le nombre de données.

$$\mu_x = \text{Erreur!}$$

La médiane indique la valeur placée au milieu des données. Elle ne tient pas compte de toutes les valeurs des données, mais plutôt de la position de celles-ci.

La moyenne , par contre, tient compte de toutes les valeurs des données, mais est influencée par les données extrêmes de la population, données qui, dans le cadre d'une expérience, peuvent être causées par une erreur de manipulation.

---

<sup>1</sup> Notons que ceci ne concerne pas les ensembles de données concernant l'évolution d'une variable dépendante relativement à une variable indépendante. Dans ce cas, on se servira plutôt d'un graphique pour décrire le lien entre les deux variables.

---

Par exemple, dans l'étude du rythme respiratoire d'un poisson, si un ensemble de mesures du mouvement des opercules notées en cycles/min et prises dans les mêmes conditions donne

11 12 14 15 18 19 58

la médiane vaudra 15 (la donnée du milieu) et la moyenne vaudra 21, car

$$\frac{11 + 12 + 14 + 15 + 18 + 19 + 58}{7} = 21.$$

Dans ce cas, la valeur 58, vraisemblablement causées par une erreur d'expérimentation, augmente artificiellement la moyenne. La médiane représente donc mieux l'ensemble des données.

Si on enlève la valeur problématique 58 de l'ensemble des données, la nouvelle médiane devient 14,5 (la valeur à mi-chemin de 14 et de 15) alors que la moyenne devient 14,8. Ces valeurs représentent assez bien l'ensemble des données.

La médiane et la moyenne donnent une description rapide d'un ensemble de données, mais cette description est bien souvent insuffisante. Il est presque toujours utile de connaître également le niveau de dispersion des données. La mesure la plus couramment employée pour décrire la dispersion des données est l'écart-type  $\sigma_x$ .

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{(x_1 - \mu_x)^2 + (x_2 - \mu_x)^2 + \dots + (x_N - \mu_x)^2}{N}}$$

Plus l'écart-type est grand, plus les données seront dispersées. Par exemple, les deux séries de données suivantes

2 4 5 6 8  $\sigma_x = 2,2$

1 1 5 9 9  $\sigma_x = 4,0$

ont la même médiane et la même moyenne, mais la première série a un écart-type inférieur à l'autre et ses données sont donc moins dispersées.

### 3.7 Analyse et discussion

Dans cette section, l'étudiante ou l'étudiant doit faire l'analyse de ses résultats, laquelle comporte en général trois (3) volets: l'interprétation, la comparaison et la critique.

L'expérimentatrice ou l'expérimentateur doit, dans un premier temps, porter un jugement subjectif sur ses résultats en regard de son hypothèse de départ. Il doit séparer les résultats pouvant être considérés comme significatifs de ceux qui ne le sont pas (ex.: Est-ce que la différence observée entre le groupe témoin et le groupe expérimental est assez grande pour ne pas être imputable uniquement au hasard ?). Il doit évaluer si les résultats jugés significatifs viennent infirmer (contredire) ou confirmer (appuyer) son hypothèse de départ.

Il doit ensuite comparer les résultats qu'il a obtenus avec les résultats présentés dans les documents de référence ou avec les résultats attendus (ex.: valeurs obtenues à partir de calculs théoriques). Il doit alors juger de la valeur de ces différences et/ou de ces ressemblances.

En Physique, cette discussion se fait en tenant compte des incertitudes et des écarts. L'étudiante ou l'étudiant peut alors évaluer si les mesures ont été faites correctement et si les incertitudes ont été estimées avec justesse ou encore, si des sources d'erreurs systématiques ont pu influencer les résultats.

À la lumière de l'interprétation et de la comparaison qu'il vient d'effectuer, l'expérimentatrice ou l'expérimentateur doit ensuite faire une critique de son expérience. Ici l'étudiante ou l'étudiant met en relief les points faibles de la méthode utilisée et des résultats obtenus. Il propose des solutions pour atténuer ces points faibles et précise les causes d'erreur. Les points forts de la méthode et des résultats obtenus doivent aussi être mentionnés et expliqués.

### 3.8 Conclusion

La conclusion est avant tout un résumé succinct des sept sections précédentes. Elle se termine généralement par une phrase soutenant que l'hypothèse de départ a été infirmée ou confirmée et par la formulation de questions élargissant l'implication du sujet traité.

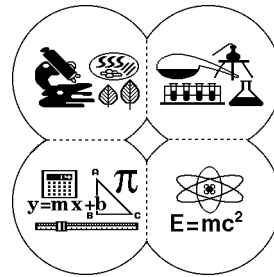
### 3.9 Médiagraphie (s'il y a lieu)

La médiagraphie dresse l'inventaire de tous les livres, articles et journaux qui ont servi directement à la réalisation du projet expérimental. À ce sujet, vous pouvez consulter le Guide Méthodologique aux pages 44 et 45 .

## SECTION 4.

### LES TABLEAUX ET LES GRAPHIQUES

Souvent, il est très utile de présenter des résultats expérimentaux, des données brutes ou des données obtenues par calcul à l'aide de graphiques ou de tableaux.



Un tableau permet, entre autres,

- de regrouper, de façon structurée, des données multiples dont il serait difficile autrement d'avoir une vue d'ensemble,
- de présenter, d'une manière non équivoque, des informations à interpréter (par exemple, les fréquences absolues (en nombres) et les fréquences relatives (en proportions) des diverses réalisations d'un tirage à la loterie),
- de classer des données afin de pouvoir les interpréter clairement et donc, d'être en mesure de les traiter correctement.

Un graphique permet, entre autres:

- d'illustrer clairement une tendance qui ne serait pas évidente dans un tableau et ce, même si tous les points ne sont pas sur la courbe,
- de vérifier une relation entre les deux variables d'une expérience (proportionnelle, inversement proportionnelle, logarithmique, exponentielle, etc.),
- d'interpoler pour un résultat compris entre la plus petite et la plus grande valeur,
- d'extrapoler pour prédire un résultat,
- de vérifier la linéarité d'une courbe,
- de déterminer la forme d'une distribution de données, regroupées ou non.

Un tableau, comme un graphique, doit être facilement interprétable. En fait, le tableau et le graphique sont deux moyens de «faire parler» ses résultats ou ses données. Vous devez donc, dans chacun des cas, privilégier la clarté.

Un tableau doit comporter:

- un titre,
- des rubriques (en-têtes de colonnes) clairement définies avec mention des unités
- des données écrites sous une forme semblable de façon à faciliter l'interprétation (ex.: des fréquences relatives à deux décimales ou en fractions à dénominateur commun).

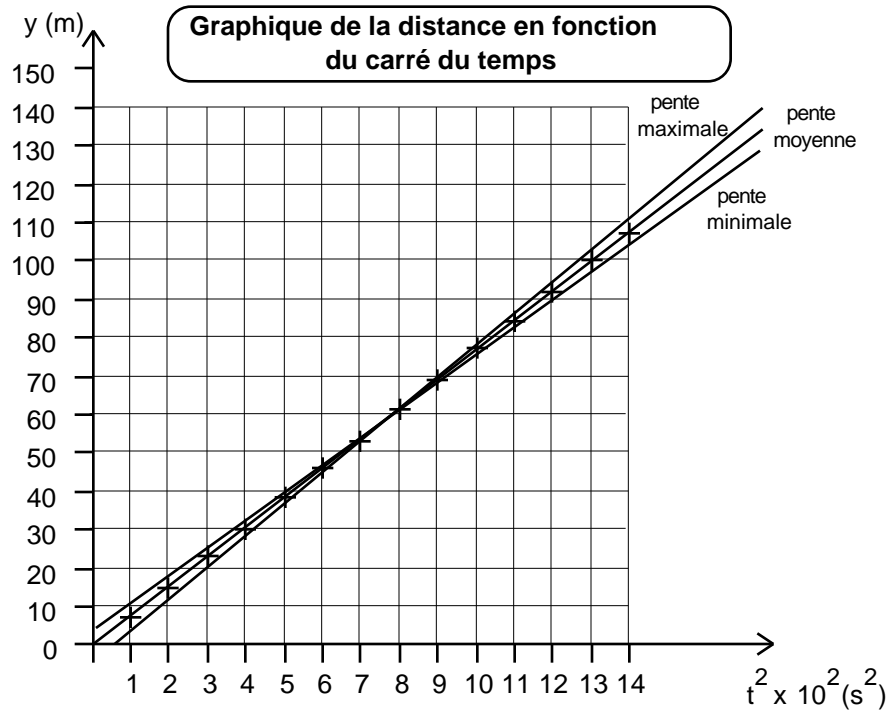
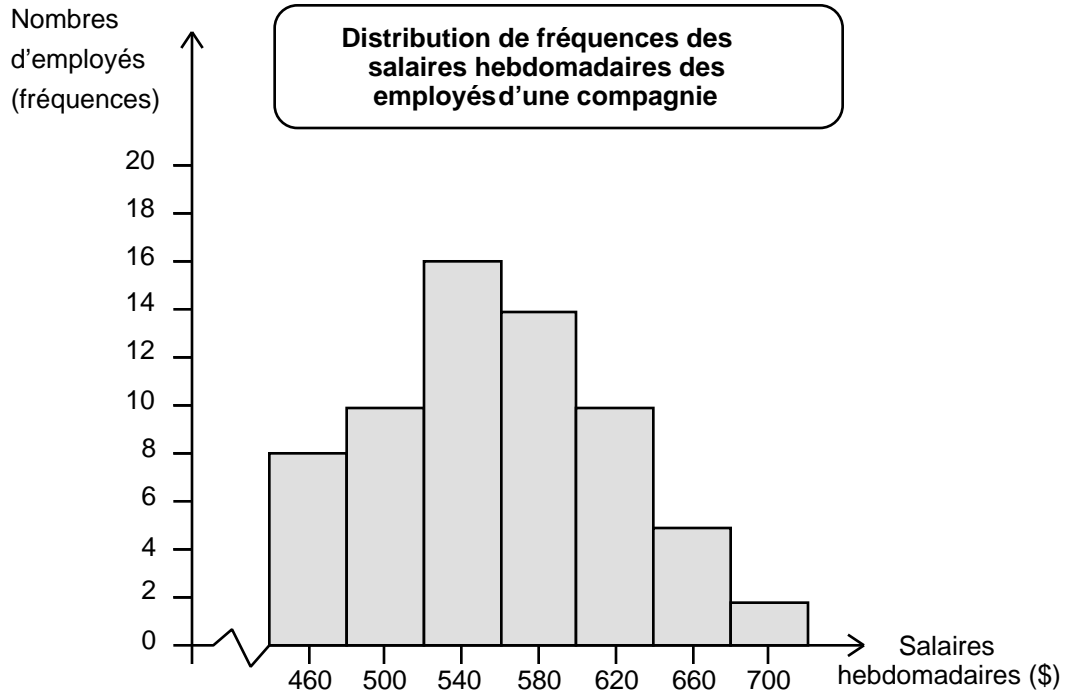
Un graphique:

- doit être tracé sur du papier millimétrique (sauf, peut-être, en mathématiques),
- doit comporter un titre (avec le numéro du graphe s'il y a lieu),
- doit comporter deux axes avec des échelles régulières, dont on précise les variables et les unités; la variable indépendante est habituellement disposée en abscisse et la variable dépendante en ordonnée,
- doit comporter des points clairement identifiés, s'il y a lieu,
- doit comporter les indications des incertitudes, s'il y a lieu,
- doit comporter une courbe habituellement régulière et continue, cette courbe devant occuper, pour plus de clarté, au moins 2/3 de la surface du papier,
- doit comporter des indications précises sur le calcul de la pente, s'il y a lieu.
- doit comporter, dans le cas des graphes multiples, une légende et des identifications différentes pour chacune des courbes.

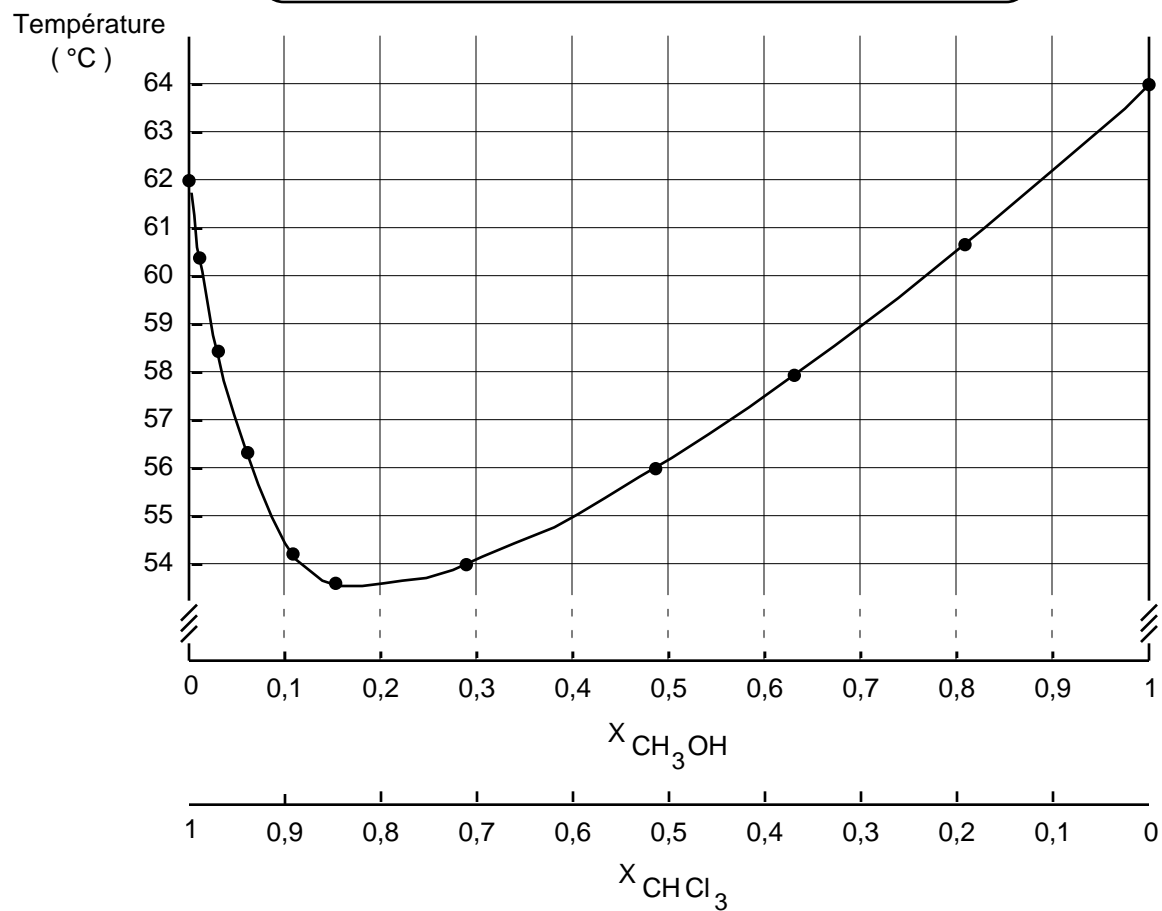
Voici quelques exemples de tableaux et de graphiques:

Tableau de distribution de fréquence des salaires hebdomadaires des employés d'une compagnie

Classes de salaires (\$)	Nombres d'employés (fréquences)	Fréquences relatives	Fréquences cumulées
[ 440, 480 [	8	0,12	0,12
[ 480, 520 [	10	0,15	0,28
[ 520, 560 [	16	0,25	0,52
[ 560, 600 [	14	0,22	0,74
[ 600, 640 [	10	0,15	0,89
[ 640, 680 [	5	0,08	0,97
[ 680, 720 [	2	0,03	1,00
<b>totaux</b>	<b>65</b>	<b>1,00</b>	<b>-</b>



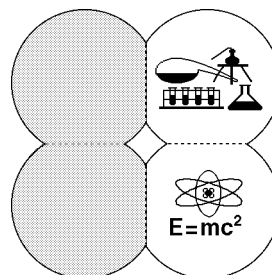
Température d'ébullition en fonction de la fraction molaire (X) pour un mélange chloroforme-méthanol



## SECTION 5.

### ERREURS ET INCERTITUDES

La valeur numérique issue d'une mesure ou d'une observation est toujours une approximation. Il faudra donc tenir compte de la précision des observations et des instruments utilisés de même que de son influence sur les résultats calculés à partir de ces données numériques.



#### 5.1 Incertitude

Lorsqu'on fait la mesure d'une grandeur (volume, masse, durée, etc.), il est impossible d'obtenir une valeur parfaitement exacte; il y aura toujours une certaine incertitude associée à la mesure.

##### a) Incertitude absolue

L'incertitude absolue est l'erreur maximum possible exprimée dans les mêmes unités que la valeur mesurée.

ex.:  $50,0 \text{ mL} \pm 0,5 \text{ mL}$   
incertitude absolue

L'incertitude absolue n'a généralement qu'un chiffre significatif.

Quand on utilise un instrument gradué, l'incertitude absolue est souvent égale à la moitié de la plus petite division. Dans le cas de mesures répétées, on calcule l'écart moyen.

##### b) Incertitude relative

L'incertitude relative est l'erreur maximum possible exprimée en fraction ou en pourcentage de la quantité mesurée ou calculée. On la calcule en faisant le rapport de l'incertitude absolue sur la valeur mesurée.

L'incertitude relative peut comprendre un ou deux chiffres significatifs.

ex.:  $5,00 \text{ sec} \pm 0,4 \%$   
incertitude relative

On pourra transformer facilement une incertitude absolue en incertitude relative ou une incertitude relative en incertitude absolue.

ex.:  $0,4 \% \times 5,00 \text{ sec} = 0,02 \text{ sec}$   
donc on peut écrire  
 $5,00 \text{ sec} \pm 0,02 \text{ sec} \qquad 5,00 \text{ sec} \pm 0,4 \%$

### c) Calcul d'erreur

Dans le cas d'une addition ou d'une soustraction, il suffit d'additionner les incertitudes absolues.

ex.:  $(2,0 \text{ mL} \pm 0,1 \text{ mL}) + (3,0 \text{ mL} \pm 0,4 \text{ mL})$   
 $= 5,0 \text{ mL} \pm 0,5 \text{ mL}$

Dans le cas d'une multiplication ou d'une division, il suffit de faire la somme des incertitudes relatives.

ex :  $\frac{(2,00 \text{ mL} \pm 1\%) \times (8,00 \text{ mL} \pm 2\%)}{16,00 \text{ mL} \pm 3\%} = 1,00 \text{ mL} \pm 6\%$

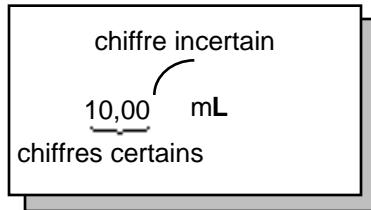
## 5.2 Les chiffres significatifs

Toute mesure expérimentale est entachée d'erreur; l'incertitude qui en découle nous permet de déterminer le nombre de chiffres significatifs.

Plus la précision d'une mesure est grande, plus le nombre de chiffres significatifs utilisés pourra être élevé; le nombre de chiffres significatifs est donc un bon indice de la précision de la mesure.

Les chiffres significatifs comprendront tous les chiffres connus avec certitude plus le premier chiffre incertain.

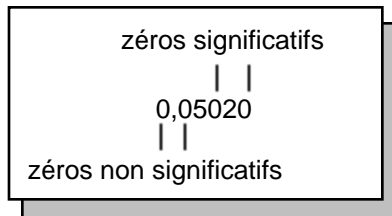
Par exemple, si on dit qu'on a mesuré un volume de 10,00 mL, on aura quatre chiffres significatifs comprenant trois chiffres connus avec certitude plus le premier chiffre incertain.



Le chiffre incertain sera déterminé à l'aide de l'incertitude absolue. Le chiffre incertain est du même ordre de grandeur que l'incertitude.

ex.: un volume de dix millilitres plus ou moins 0,05 mL s'écrira:  
 $10,00 \text{ mL} \pm 0,05 \text{ mL}$

Les zéros à droite du nombre sont significatifs. Les zéros à gauche du nombre sont non significatifs.



Lors de la présentation des résultats des calculs, il faudra tenir compte des chiffres significatifs. Le résultat et son incertitude doivent avoir le même nombre de décimales et une même puissance de dix.

Lors d'une addition ou d'une soustraction, il faudra considérer les chiffres incertains et n'en garder qu'un seul.

ex.: 
$$\begin{array}{r} 50,7 \text{ (incertitude au niveau des dixièmes)} \\ + 0,04 \text{ (incertitude au niveau des centièmes)} \\ \hline 50,7 \end{array}$$

Dans l'exemple qui précède, le résultat obtenu par calcul est 50,74. Les chiffres 7 et 4 étant incertains, on n'en garde qu'un (le 7).

Lors d'une multiplication ou d'une division, il faudra garder le plus petit nombre de chiffres significatifs rencontrés dans l'opération.

ex.:

4 chiffres significatifs	x	3 chiffres significatifs	=	4,1
100,0		2,00		
		49		
2 chiffres significatifs				2 chiffres significatifs

Lorsqu'une valeur est parfaitement exacte, par exemple un nombre d'objets, cette valeur n'influence pas le nombre de chiffres significatifs du résultat des opérations effectuées.

ex.: On veut calculer la moyenne de cinq mesures d'un même volume. Ces mesures ont donné 10,2 mL, 10,3 mL, 10,4 mL, 10,2 mL et 10,0 mL.

3 chiffres significatifs		3 chiffres significatifs		3 chiffres significatifs		3 chiffres significatifs		3 chiffres significatifs				
10,2	mL +	10,3	mL +	10,4	mL +	10,2	mL +	10,0	mL	=	10,2	mL
										5		
										pas d'influence	3 chiffres significatifs	

En utilisant adéquatement les calculs d'erreur et en respectant les chiffres significatifs, on a une idée du "degré de confiance" qu'on peut accorder à la mesure effectuée.

Pour plus d'information concernant les mesures, les incertitudes et les chiffres significatifs, consultez le site web suivant : <http://www.ccdmd.qc.ca/chiffres>

## NOTES

## NOTES

## NOTES