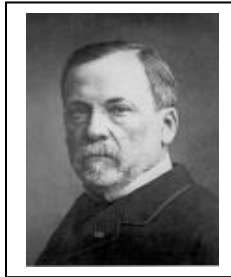
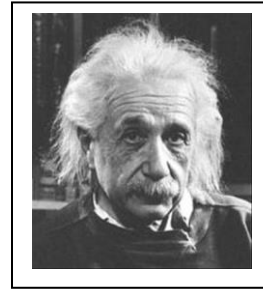


DÉPARTEMENT DE SCIENCES

GUIDE DE RÉDACTION DES RAPPORTS



«Les femmes et les hommes de sciences qui nous ont précédés avaient sans contredit le sens de la persévérance, de l'effort et de la rigueur et ils ne sont pas devenus des personnalités importantes en seulement quelques jours.»

Responsable de la gestion du document
Bruno Gilbert

REMERCIEMENTS

Un merci sincère à nos anciens à la retraite qui peuvent enfin se reposer après avoir travaillé consciencieusement à l'élaboration des cahiers de laboratoire et à implanter une démarche expérimentale rigoureuse. Bien des brassages d'idées, des discussions et des essais sont derrière ce que nous vivons en laboratoire aujourd'hui.

Merci à vous!

M. Louis-Denis Cliche (biologie)

M. Michel Morin (chimie)

M. André Boileau (biologie)

M. Jean Ouellet (physique)

M. Luc Paré (chimie)

M. Jean Couture (physique)

PRÉAMBULE

Ce document est le fruit d'un travail de longue haleine sur plusieurs années. Il y a de ça quelques années, plusieurs enseignants¹ du département de Sciences désiraient se doter d'un outil commun pour la rédaction des rapports. C'est grâce à la collaboration des enseignants retraités et actifs que nous sommes arrivés à la conception de ce guide.

L'objectif visé est de parler le même langage en ce qui a trait au travail demandé aux étudiants. Il va sans dire que chaque enseignant du département de Sciences au Cégep Beauce-Appalaches conserve son autonomie professionnelle devant cet ouvrage de référence. Les rapports peuvent être complets ou partiels selon ce qui vous est demandé et spécifié par l'enseignant. Souvent les rapports sont à remettre la semaine suivante, mais il peut arriver que l'enseignant vous demande de le remettre à la fin de la séance de laboratoire. C'est le cas lorsque vous avez des dessins à faire. Pour les expérimentations complexes, il se peut que le délai pour la remise soit plus long. Il faut donc noter et être attentif aux tâches et échéances que l'enseignant vous précise lors du laboratoire.

¹ Le genre masculin est utilisé ici que pour alléger le texte.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	2
PRÉAMBULE	2
LISTE ET ORDRE DE PRÉSENTATION DES SECTIONS D'UN RAPPORT.....	4
A) GÉNÉRALITÉ DE PRÉSENTATION	5
B) PRÉALABLE ET INTRODUCTION DU RAPPORT	5
DÉROULEMENT DE L'EXPÉRIENCE ET MODIFICATION	8
C) ANALYSE DES DONNÉES.....	8
D) PRÉSENTATION DES DESSINS	9
E) PRÉSENTATION DES TABLEAUX	10
i) EXEMPLE DE TABLEAU DANS UNE SITUATION EN PHYSIQUE:	12
ii) EXEMPLE DE TABLEAU DANS UNE SITUATION EN BIOLOGIE:.....	12
F) CALCUL D'UNE MOYENNE ET DE SON INCERTITUDE	13
G) COMPARAISON GRAPHIQUE DE DEUX QUANTITÉS	14
H) PRÉSENTATION DES GRAPHIQUES.....	20
DISCUSSION	26
CONCLUSION	29
MÉDIAGRAPHIE ET RÉFÉRENCES.....	30
ANNEXES	31

LISTE ET ORDRE DE PRÉSENTATION DES SECTIONS D'UN RAPPORT

1. Page titre
2. Table des matières
3. But
4. Hypothèse
5. Théorie
6. Schéma et photographies
 - A. Montage
 - B. Manipulation
 - C. Concepts
7. Liste du matériel
8. Modification du déroulement
9. Dessins
10. Tableaux (quantitatif et qualitatif)
11. Exemple de calcul
12. Méthode différentielle
13. Comparaison graphique de deux quantités
14. Graphiques
15. Discussion
 - A. Comparaison des résultats
 - i. Valeur expérimentale vs valeur théorique
 - ii. Graphique expérimental vs la théorie
 - B. Explication des divergences
 - i. Incertitudes absolues
 - a. Erreurs systématiques
 - b. Erreurs fortuites
 - C. Jugement de la méthode expérimentale
 - i. Incertitudes relatives
 - ii. Suggestion d'amélioration
 - D. Réponses aux questions
16. Conclusion
 - A. Atteinte du but
 - B. Confirmation de l'hypothèse
17. Médiagraphie et références
 - A. Notes de bas de page (tout au long du rapport)
 - B. Liste des ouvrages utilisés
18. Annexes

A) GÉNÉRALITÉ DE PRÉSENTATION

Le rapport d'expérience constitue souvent le seul lien entre l'expérimentateur et les gens intéressés à son travail. Il doit donc contenir toutes les informations nécessaires pour permettre à ces derniers de connaître le travail réalisé, les résultats obtenus et l'interprétation qui en est faite.

Le texte doit être concis, clair et précis. Il faut aussi accorder une attention particulière aux normes de présentation de ce document, notamment à la propreté et à la qualité du français. Vous devez utiliser du **papier blanc non ligné de format lettre** (8,5" × 11"). Vous devez minimalement écrire lisiblement au **recto** seulement et, sauf indication contraire, à l'**encre bleue**.

Lorsque le rapport (ou partie de rapport) est rédigé avec un traitement de texte (dactylographié), vous utilisez la police Times New Roman avec une grosseur de caractères 12 points à 1,5 interligne. Les rapports sont numérotés, au bas et à la droite des pages, à partir de la deuxième page (la page titre compte sans être numérotée). Lorsque le rapport compte 10 pages et plus, vous êtes tenu d'insérer une table des matières après la page titre.

B) PRÉALABLE ET INTRODUCTION DU RAPPORT

Tout ce qui précède la rédaction finale du rapport est capital. Nous faisons référence à la préparation à effectuer avant de se présenter au laboratoire et au déroulement de l'expérience. Il est de votre responsabilité de vous interroger sur la raison d'être de votre présence au laboratoire. Dans quel but je réalise cette expérience? Quel est le lien avec la théorie vue en classe? Quelles sont les grandes lignes de cette expérience. Quel matériel vais-je utiliser et comment je dois m'en servir? Quels sont les éléments de sécurité à tenir compte? Pour obtenir les réponses à vos questions, vous devez vous mettre à la recherche d'informations et non attendre que l'enseignant vous dicte quoi faire. Pour y arriver, il est primordial de vous engager dans un travail d'équipe honnête et dans une quête d'autonomie. Une bonne préparation vous apporte, lors de l'expérience, une bonne gestion du temps, de l'efficacité, de la compréhension et un déroulement sécuritaire. Voici la liste des choses à faire avant de mettre votre pied dans le laboratoire.

- Lire le protocole de l'expérience dans un objectif de compréhension.
- La **page titre** de votre rapport en y incluant les éléments suivants.
 - a. Titre de l'expérience
 - b. Prénom et nom des expérimentateurs
 - c. Numéro du groupe laboratoire
 - d. Nom du professeur
 - e. Nom et numéro du cours
 - f. Nom du cégep ou le logo
 - g. Date d'expérimentation
 - h. Date de remise du rapportVoici un exemple ci-contre.

Titre
Noms des étudiants Groupe laboratoire
Professeur Nom du cours Numéro du cours
Nom du cégep Date de l'expérimentation Date de remise du rapport

- Lire la théorie en lien avec cette expérience de manière à cerner la problématique à rencontrer dans cette expérience. Cela permet de trouver le but et l'hypothèse.
- Rédiger le **but** ou les buts de cette expérience en une courte phrase.
 - Ex 1 : Vérifier la constante de l'accélération gravitationnelle.
 - Ex 2 : Vérifier la concentration d'un élément chimique dans une solution commerciale à l'aide du titrage.
 - Ex 3 : Vérifier la qualité de l'eau du lac Titicaca
- Rédiger l'**hypothèse** qui est le résultat attendu de l'expérience.
 - Ex 1 : Un objet prendra ''X'' minutes à atteindre le sol lorsqu'il est placé à une distance ''Y'' de son point d'arrivée.
 - Ex 2 : Une quantité de ''X'' millilitres de solution de titrage sera nécessaire pour ''Y'' millilitre de solution commerciale de concentration connue selon les spécifications du fabricant.
 - Ex 3 : Selon les normes de X bactéries par millilitre, l'eau du lac Titicaca est propre à la baignade, mais impropre à la consommation.
- Faire une courte synthèse de la **théorie** en quelques lignes en y incluant : les points clés liés à la compréhension de l'expérience, la méthodologie (les grandes lignes des techniques utilisées et des manipulations) et l'approche expérimentale à exploiter (types d'analyse des résultats).
- - Ex : En faisant varier la résistance du rhéostat, plusieurs différences de potentiel distinctes (V) seront appliquées aux bornes du résistor (R). Pour chaque cas, la différence de potentiel et le courant (I) circulant dans le résistor seront mesurés. Un graphique de V en fonction de I sera tracé sur papier millimétrique. On vérifiera que la courbe obtenue est bien une droite passant par l'origine. La valeur de la pente de cette droite représente la valeur de la résistance. Elle sera évaluée et comparée avec la valeur fournie par le fabricant.

➤ **Les schémas et photographies.**

Ils peuvent servir à exposer des éléments de la théorie.

a. Du montage

Il est requis pour l'expérience, dans lequel les différentes composantes sont représentées par des symboles dont la signification est précisée dans la légende qui accompagne le schéma. Voyons l'exemple d'un schéma de montage utilisé pour vérifier la relation $V=RI$

A : ampèremètre

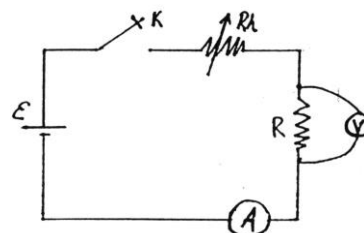
E: pile

D: interrupteur

R: résistance

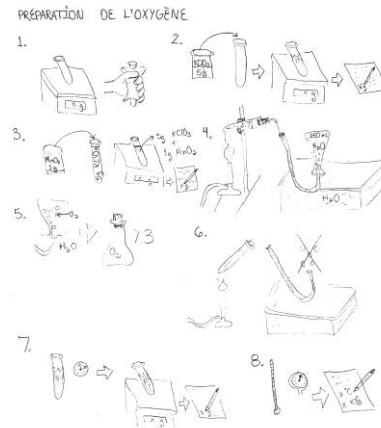
Rh: rhéostat

V: voltmètre



b. Des manipulations

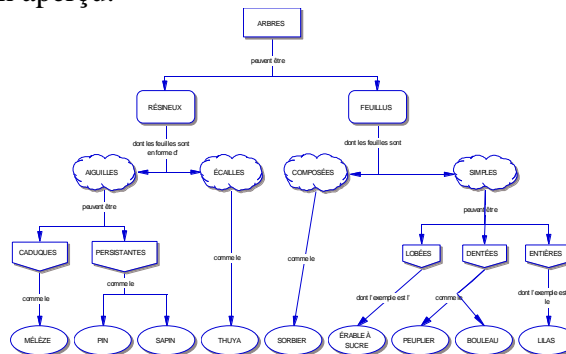
Consiste en un résumé schématisé des manipulations.
En voici un aperçu avec la légende en bas à droite.



c. Des concepts

C'est un outil de traitement de l'information et d'organisation des connaissances. La schématisation des concepts peut être utilisée pour faire la synthèse de la théorie liée à l'expérience et/ou le déroulement d'une partie ou de l'ensemble de l'expérience.

En voici un aperçu.



- **On dresse la liste du matériel utilisé pour réaliser l'expérience.** Celle-ci doit être suffisamment complète et détaillée pour permettre de continuer ou de refaire l'expérience avec les mêmes appareils ou des appareils équivalents. Elle doit donc fournir l'identification des appareils et de leurs fabricants ainsi que leur précision (lorsque les informations précédentes ne suffisent pas pour la connaître).

Voici un exemple :

1 Pile: 12 volts, Burgess, Zinc-carbon, lantern battery

1 Ampèremètre: Multimètre Fluke, modèle 83

1 Voltmètre: Multimètre Keithley, modèle 179.

- Construire des tableaux de cueillette de données. Ces outils vous sont utiles pour inscrire les données recueillies lors de l'expérience. Si vous refaites au propre vos tableaux, les brouillons sont placés en annexe à la fin du rapport.

DÉROULEMENT DE L'EXPÉRIENCE ET MODIFICATION

Cette partie du rapport est requise seulement lorsqu'il y a, entre le déroulement réel de votre expérience et celui planifié dans le protocole d'expérience, des différences susceptibles d'avoir un impact sur les résultats et/ou sur leur précision.

Supposons, par exemple, que vous êtes obligés pour faire une mesure quelconque d'employer une procédure qui n'était pas précisée dans le protocole, ou bien une procédure différente de celle qui y était prévue. Il faudrait alors mentionner ce fait et détailler cette procédure.

C) ANALYSE DES DONNÉES

Les résultats de mesures et de calculs seront présentés sous forme de dessins de tableaux et de graphiques. Les règles à suivre dans la construction de ceux-ci vous sont exposées plus loin.

C'est dans cette section que vous donnez un exemple de calcul d'incertitude pour chaque résultat quantitatif escompté.

Enfin c'est également dans cette section que vous présentez les barres de comparaison demandées selon les règles précisées dans le texte «Comparaison graphique de deux quantités».

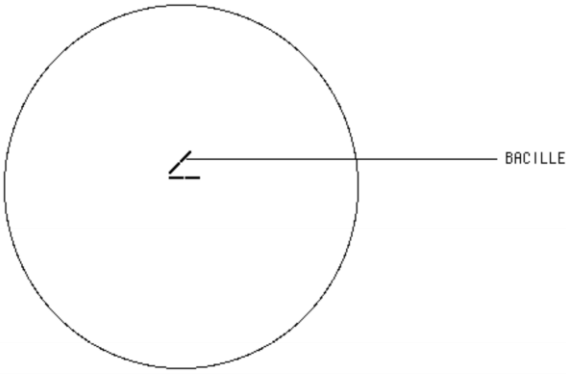
D) PRÉSENTATION DES DESSINS

Dans le cas d'observations microscopiques, **chacun** doit faire ses propres dessins. Une qualité indispensable que doit posséder tout dessin, c'est l'**exactitude**, il faut donc éviter de schématiser. Donc ils doivent obligatoirement se faire au laboratoire d'après la préparation ou le matériel à étudier.

Tu produis un seul dessin par feuille. Le dessin et la légende sont exécutés au crayon de **plomb**. Dispose ton dessin au centre et à gauche de la feuille. La légende, à droite de ton dessin et en lettres **majuscules**, constitue la liste de noms des structures dessinées. Chaque nom est relié à une structure correspondante du dessin par un **trait régulier** qui est tracé à la **règle** (et non à main levée) et qui **ne se croisent pas** les uns et les autres. L'espace disponible utilisé pour le dessin est une surface **10 cm à 14 cm de diamètre**. Lorsque tu observes des objets à l'aide du microscope, tu dessines le **champ microscopique** comme référence. Dans cette situation tu portes une attention particulière au respect des **proportions**. Dans les cas où l'observation se fait à l'œil nu le champ microscopique est absent. Par exemple, tu pourrais avoir à dessiner le résultat d'une réaction chimique en éprouvette.

Voici les informations que doit contenir chaque feuille ainsi qu'un exemple format réduit :

1. Coin supérieur gauche: Titre, numéro de la lame ou matériel utilisé ainsi que le grossissement total.
2. Coin supérieur droit: nom du dessinateur (écrit en caractères d'impression).
3. Au bas de la feuille: Observations (couleur, forme, regroupement, teintes, activité ...).
4. Dans le coin inférieur droit de la feuille: la signature de l'auteur du dessin.

Titre Numéro de la lame ou matériel utilisé Grossissement total : Numéro du microscope	Nom du dessinateur
(Espace réservé au dessin)	(Espace réservé à la légende)
	
Observations:	Signature

E) PRÉSENTATION DES TABLEAUX

TITRE:

Le titre doit être **clair, descriptif** et selon la situation il peut être court ou plus long. Le tableau étant comme une photo de l'expérience; le titre nous renseigne avec précision sur son contenu. Nous pouvons y retrouver l'objet d'expérimentation, les conditions expérimentales, les dates, les heures, les sujets (sexe, taille, poids et âge), les endroits, les instruments et le nombre de mesures effectuées pour chaque valeur obtenue (indicateur de la valeur statistique de l'expérience, $n=1$ ou $n=2$ ou ...).

Le titre est placé **au-dessus du tableau** et **aligné à gauche**. Enfin, le titre du tableau doit être **numéroté** par un chiffre arabe. Vous pouvez consulter les deux exemples situés plus loin dans le texte.

CADRE:

Le contenu du tableau est encadré. Généralement, le tableau prend la forme d'une suite de colonnes. Elles contiennent souvent des quantités spécifiques où la colonne de gauche est utilisée pour les mesures et la suivante pour leur incertitude. De plus l'ordre de disposition des quantités suit la règle suivante : la variable indépendante précède la variable dépendante comme dans l'exemple du tableau 1 plus loin dans ce texte. Il est cependant possible de construire le tableau en sens inverse. Il faudrait alors intervertir les termes ligne et colonne dans le texte qui suit.

Les données expérimentales pourront être insérées dans des tableaux à l'aide du tableur Excel. Il arrivera, occasionnellement, où l'étudiant aura à faire de la programmation Excel ou Maple afin d'effectuer des calculs à partir des données inscrites.

Il faut noter qu'une incertitude invariable pour toutes les valeurs d'une même quantité peut être inscrite sous le tableau pour alléger sont contenu. Si vous avez un doute, validez auprès de votre enseignant.

Dans certaines expérimentations on y collecte des observations qualitatives telles des couleurs, des formes et autres. Il peut même être efficient d'utiliser une colonne pour y inscrire des caractéristiques donnant des précisions dans la lecture du tableau (voir l'exemple du tableau 2).

a) PREMIÈRE LIGNE DE CHAQUE COLONNE:

La première ligne de chaque colonne est utilisée pour identifier son contenu. Cette identification des données qualitatives ou quantitatives se fait par des **termes ou symboles**. En physique, seul le symbole est accepté. Voyez les deux exemples.

b) DEUXIÈME LIGNE DE CHAQUE COLONNE:

La seconde ligne indique, s'il y a lieu, les **unités** (voir les tableaux).

c) AUTRES LIGNES:

Sur chacune des autres lignes sont inscrites la valeur qualitative ou la valeur quantitative et son incertitude. Les valeurs numériques respectent les normes de présentation selon les conventions établies pour les chiffres significatifs.

HORS CADRE:

Toutes les légendes, remarques et notes doivent se retrouver sous le tableau. Il se peut même que l'on vous demande de placer les observations qualitatives (peu nombreuses) en lien avec la même expérience à la suite du tableau (voir l'exemple du tableau 2). Sauf indication contraire, dans le cas où les observations qualitatives sont nombreuses, nous les plaçons dans un autre tableau distinct.

Les constantes (observations, remarques ou quantités dont la valeur demeure la même pour tous les essais) sont indiquées sous le tableau.

a) JUSTIFICATION DES INCERTITUDES:

La justification des incertitudes et les formules d'incertitude s'inscrivent sous le tableau. On justifie la valeur que l'on a choisie pour l'incertitude absolue de chacune des quantités mesurées. Pour cela, il faut identifier et évaluer chacune des contributions à cette incertitude.

On doit spécifier l'instrument utilisé pour justifier une incertitude. Avez-vous utilisé votre rapporteur d'angle personnel ou celui du laboratoire de physique? L'impact du choix de l'instrument est sur la précision de la mesure effectuée! Par exemple : votre rapporteur d'angle personnel est gradué à tous les 1 degré. Le rapporteur d'angle fourni au laboratoire de physique est gradué à tous les 0,5 degré. Il en va de même pour l'utilisation d'une règle en millimètre, chronomètre, etc.

b) ABRÉVIATIONS OU SYMBOLES NON-USUELS:

Une légende doit être faite lors de l'utilisation d'abréviations ou symboles **non usuels**.

c) NOTES AU BAS DU TABLEAU:

Les notes au bas du tableau (telle une note de bas de page) doivent être identifiées par un numéro dans le tableau et défini ensuite sous le tableau.

i) Exemple de tableau dans une situation en physique:

Tableau 1: Mesures de la force appliquée et de l'allongement du ressort.

F	ΔF	X	ΔX
N	N	m	m
2,86	0,03	0,05	0,01
5,02	0,05	0,11	0,02

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta g = 0,01 \text{ m/s}^2$$

Justification des incertitudes:

$$\Delta F = g \Delta m + m \Delta g$$

ΔX = la règle millimétrique fournie au laboratoire a été utilisée pour effectuer des mesures.

La moitié de la plus petite division pour le point de départ de la mesure (correspondant à 0 m) + la moitié de la plus petite division pour le point d'arrivée de la mesure (correspondant à 0,05 m, par exemple).

ii) Exemple de tableau dans une situation en biologie:

Tableau 2: Mesures de pH sanguin chez deux sujets, à jeun depuis douze heures, dans des conditions de repos et de stress provoqué par une activité physique intense de cinq minutes. Le sujet 1 est : de sexe masculin, âgé de 19 ans, de 1,85m et de 82kg. Le sujet 2 est : de sexe féminin, âgé de 18 ans, de 1,75m et de 62kg. Chaque donnée obtenue est issue d'une seule prise de mesure. Les prélèvements sanguins de 1ml effectués à l'aide capillaires sont analysés avec une sonde à électrodes de type Merlan.

Conditions	Temps	pH ¹	
	min.	Sujet 1	Sujet 2
Repos	0	6,40 ²	6,42
	1 ²	6,36	6,40
Stress	2	6,30	6,36
	3	6,24	6,32
	4	6,18	6,26
	5	6,15	6,22
Repos	6	6,22	6,30
	7	6,34	6,40

1. Les valeurs normales de pH se situent entre 6,35 et 6,45

2. La colonne d'incertitude est absente ici. Vous travaillerez le concept d'incertitude surtout en physique et en chimie.

Observations qualitatives:

Sujet 1	du temps 4 à 7 min: transpiration
	du temps 5 à 6 min: peau rouge sombre
Sujet 2	du temps 5 à 6 min: transpiration

F) Calcul d'une moyenne et de son incertitude

Calcul d'une moyenne:

Soit les mesures suivantes :

$$\begin{aligned}x_1 &= 1,37 \text{ cm} & x_4 &= 1,34 \text{ cm} \\x_2 &= 1,35 \text{ cm} & x_5 &= 1,38 \text{ cm} \\x_3 &= 1,36 \text{ cm}\end{aligned}$$

La valeur moyenne de ces mesures est:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1,37 + 1,35 + 1,36 + 1,34 + 1,38}{5}$$
$$\bar{x} = 1,36 \text{ cm}$$

Calcul de l'incertitude sur la moyenne:

1°) Si l'incertitude sur chaque mesure est inconnue:

Nous considérons que l'incertitude sur la valeur moyenne est la valeur maximale parmi : l'écart entre \bar{x} et la valeur minimale des x_i ou l'écart entre \bar{x} et la valeur maximale des x_i ou la précision de l'appareil de mesure:

$$\Delta \bar{x} = \max \{ x_{i\max} - \bar{x} ; \bar{x} - x_{i\min} ; \text{précision de l'appareil} \}$$

Exemple:

$$\Delta \bar{x} = \max \{ 1,38 - 1,36; 1,36 - 1,34; 0,01 \} = 0,02 \text{ cm}$$

Donc la valeur moyenne des x_i est:

$$\bar{x} \pm \Delta \bar{x} = (1,36 \pm 0,02) \text{ cm}$$

2°) Si l'incertitude sur chaque mesure est connue :

L'application de la **méthode différentielle** à l'expression de \bar{x} donne :

$$\Delta \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i}{n}$$

G) COMPARAISON GRAPHIQUE DE DEUX QUANTITÉS

Pour déterminer s'il est raisonnable d'affirmer que des quantités (valeurs de référence, théorique, de littérature, expérimentale...) sont égales, il faut procéder à une analyse de la comparaison à faire. On représente de façon visuelle les valeurs à comparer dans un graphique qu'on appelle COMPARAISON GRAPHIQUE.

Pour cela, vous procédez comme dans l'exemple ci-dessous. Soit à comparer les deux accélérations gravitationnelles suivantes:

$$(g_{\text{théorique}} \pm \Delta g_{\text{théorique}}) = (9,81 \pm 0,01) \text{ m/s}^2$$

$$(g_{\text{expérimentale}} \pm \Delta g_{\text{expérimentale}}) = (9,84 \pm 0,09) \text{ m/s}^2$$

1- On effectue le calcul d'incertitude relative:

$$\left(\frac{\Delta g_{\text{théorique}}}{g_{\text{théorique}}} \right) \times 100 \% = \left(\frac{0,01}{9,81} \right) \times 100 \% = 0,1 \%$$

$$\left(\frac{\Delta g_{\text{expérimental}}}{g_{\text{expérimental}}} \right) \times 100 \% = \left(\frac{0,09}{9,84} \right) \times 100 \% = 0,9 \%$$

2- On effectue le calcul du % d'écart :

i) Si on a à calculer le % d'écart entre une valeur de référence (qui peut être théorique ou de littérature) et une valeur expérimentale. On effectue alors le calcul suivant :

$$\frac{| \text{Valeur expérimentale} - \text{Valeur référence} |}{\text{Valeur référence}} \times 100 \%$$

ii) Si on a à calculer le % d'écart entre 2 valeurs expérimentales, puisqu'il n'y a pas de valeur de référence dans ce cas, le calcul du % d'écart se fait en tenant compte de la moyenne des 2 valeurs expérimentales :

$$\frac{| \text{Valeur expérimentale \#1} - \text{Valeur expérimentale \#2} |}{\text{moyenne des 2 valeurs}} \times 100 \%$$

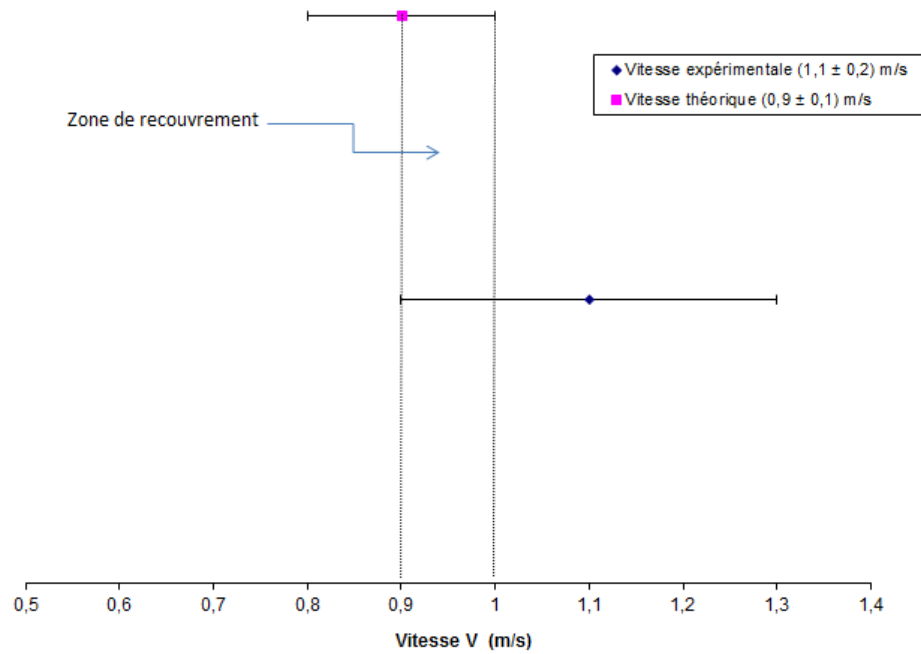
Exemple :

$$\frac{| 9,84 - 9,81 |}{9,81} \times 100 \% = 0,3058104 \%$$

La construction de la comparaison graphique complète se fait par la :

- 3- graduation d'un axe en identifiant la variable comparée, son symbole et les unités appropriées;
- 4- représentation d'un mince rectangle au-dessus de cet axe de la plage de toutes les valeurs possibles pour une valeur à comparer;
- 5- représentation d'un autre rectangle de la plage de toutes les valeurs possibles, d'une autre valeur à comparer;

Exemple:



Comparaison graphique #1: comparaison de la vitesse théorique et expérimentale

- 6- discussion de la comparaison graphique: (*On porte ici un jugement sur l'égalité des deux quantités à comparer*)

La discussion de la comparaison graphique comporte essentiellement un jugement sur l'égalité entre les valeurs à comparer.

S'il existe une zone de recouvrement (complète ou partielle) alors, les 2 valeurs à comparer sont considérées égales entre elles.

La discussion des résultats obtenus à la comparaison graphique se fait selon une analyse progressive et de plus en plus complète selon chaque cours de physique.

Pour le cours de Mécanique :

Les arguments de la discussion doivent permettre d'indiquer :

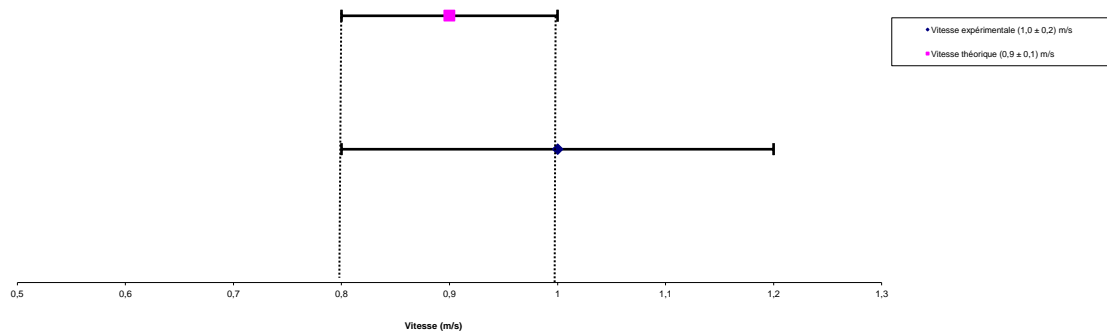
- . s'il existe une zone de recouvrement ;
- . si la zone de recouvrement est complète ou partielle;
- . en faisant un rappel des valeurs à comparer ;
- . s'il y a égalité entre les valeurs à comparer.

Exemple :

Puisqu'il existe une zone de recouvrement complète dans la comparaison graphique, les 2 valeurs de l'accélération gravitationnelle à comparer ($g_{\text{théorique}} \pm \Delta g_{\text{théorique}} = (9,81 \pm 0,01) \text{ m/s}^2$) et ($g_{\text{expérimentale}} \pm \Delta g_{\text{expérimentale}} = (9,84 \pm 0,09) \text{ m/s}^2$) sont considérées égales entre elles.

Les exemples suivants vous donnent des exemples d'argumentations pour des comparaisons graphiques ayant des zones de recouvrement complètes et partielles.

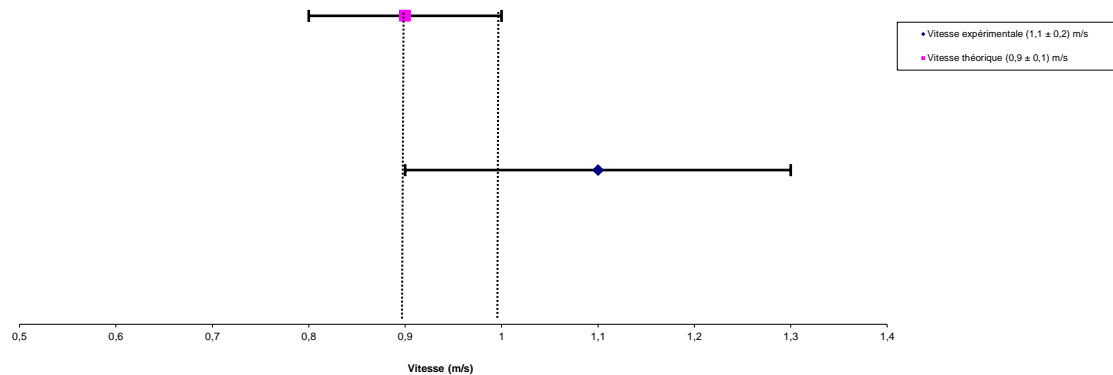
Exemple d'une zone de recouvrement complète :



Comparaison graphique #1: comparaison de la vitesse théorique et expérimentale

Dans cette comparaison graphique, nous remarquons que la valeur de référence (théorique) est totalement englobée à l'intérieur de la valeur expérimentale. Cela nous permet de conclure que la valeur expérimentale est très semblable à la valeur de référence (théorique).

Exemple d'une zone de recouvrement partielle:



Comparaison graphique #1: comparaison de la vitesse théorique et expérimentale

Dans cette comparaison graphique, nous remarquons que la valeur de référence (théorique) est partiellement englobée à l'intérieur de la valeur expérimentale. Cela nous permet d'affirmer que la valeur expérimentale est quand même semblable à la valeur de référence (théorique).

Pour le cours d'Électricité et magnétisme :

Les arguments de la discussion doivent inclure ceux du cours de Mécanique; en plus de:

- . la précision des valeurs (plus l'incertitude relative est faible, meilleure est la précision)
- . rappeler la valeur du % d'écart et indiquer si l'égalité est vérifiée ou non.

S'il existe une zone de recouvrement complète :

Dans cette comparaison graphique, nous remarquons que la valeur de référence (théorique) est totalement englobée à l'intérieur de la valeur expérimentale. Cela nous dit que la valeur expérimentale est très semblable à la valeur théorique.

L'incertitude relative de la valeur expérimentale est de 20% et celle de la valeur théorique est de 11%. Ce qui nous donne une valeur théorique relativement précise. Cependant, la donnée expérimentale nous donne une précision minimale.

Le % d'écart (11%), lui ne nous permet pas de conclure à une valeur expérimentale semblable à celle théorique. En effet, 11% est une valeur trop grande pour conclure à une similitude.

S'il existe une zone de recouvrement partielle :

Dans cette comparaison graphique, nous remarquons que la valeur théorique est partiellement englobée à l'intérieur de la valeur expérimentale. Cela nous dit que la valeur expérimentale est quand même semblable à la valeur théorique.

L'incertitude relative de la valeur expérimentale est de 18% et celle de la valeur théorique est de 11%. Ce qui nous donne une valeur théorique relativement précise. Cependant, la donnée expérimentale nous donne une précision minime.

Le % d'écart (22%), lui ne nous permet pas de conclure à une valeur expérimentale semblable à celle théorique. En effet, 22% est une valeur de beaucoup trop grande pour conclure à une similitude.

Pour le cours d'Optique :

En plus des arguments des cours de mécanique et d'électricité, on y retrouve

- . à savoir si les valeurs sont centrées ?
- . si les 2 valeurs comparées concordent ?

S'il existe une zone de recouvrement complète :

Dans cette comparaison graphique, nous remarquons que la valeur de référence (théorique) est totalement englobée à l'intérieur de la valeur expérimentale. Cela nous dit que la valeur expérimentale est très semblable à la valeur théorique.

L'incertitude relative de la valeur expérimentale est de 20% et celle de la valeur théorique est de 11%. Ce qui nous donne une valeur théorique relativement précise. Cependant, la donnée expérimentale nous donne une précision minime.

Le % d'écart (11%), lui ne nous permet pas de conclure à une valeur expérimentale semblable à celle théorique. En effet, 11% est une valeur trop grande pour conclure à une similitude.

Les deux valeurs ne sont pas centrées, car aucune des valeurs ne touchent l'incertitude de l'autre.

Avec les données que l'on a, nous ne pouvons pas affirmer que la valeur expérimentale concorde avec la valeur théorique. En effet, même si la zone de recouvrement est totale, elle n'est pas centrée. De plus, le % d'incertitude de la valeur expérimentale est, à 20%, trop grand. Il y a également le % d'écart qui, à 11%, dépasse les 10% acceptables².

² Valeur typique du niveau collégial.

S'il existe une zone de recouvrement partielle :

Dans cette comparaison graphique, nous remarquons que la valeur théorique est partiellement englobée à l'intérieur de la valeur expérimentale. Cela nous dit que la valeur expérimentale est quand même semblable à la valeur théorique.

L'incertitude relative de la valeur expérimentale est de 18% et celle de la valeur théorique est de 11%. Ce qui nous donne une valeur théorique relativement précise. Cependant, la donnée expérimentale nous donne une précision minime.

Le % d'écart (22%), lui ne nous permet pas de conclure à une valeur expérimentale semblable à celle théorique. En effet, 22% est une valeur de beaucoup trop grande pour conclure à une similitude.

Avec les données que l'on a, nous ne pouvons pas affirmer que la valeur expérimentale concorde avec la valeur théorique. En effet, même s'il y a une zone partielle de recouvrement, le % d'incertitude de la valeur expérimentale est, à 18%, trop grand. C'est pour cette raison qu'il y a une zone de recouvrement. Il y a eu surestimation de l'incertitude. Il y a également le % d'écart qui, à 22%, dépasse largement les 10% acceptables. C'est pour ces raisons que nous croyons qu'il est impossible que les 2 valeurs soient semblables.

H) PRÉSENTATION DES GRAPHIQUES

TITRE:

Le titre doit être **clair, descriptif** et selon la situation il peut être court ou plus long. Comme le graphique est lui aussi une photo de l'expérience; le titre nous renseigne avec précision sur son contenu. Nous pouvons y retrouver l'objet d'expérimentation, les conditions expérimentales, les dates, les heures, les sujets (sexe, taille, poids et âge), la pression atmosphérique, la température, les endroits, les instruments et le nombre de mesures effectuées par valeur obtenue (indicateur de la valeur statistique de l'expérience, $n=1$ ou $n=2$ ou ...).

Le titre est placé **au-dessous du graphique** et **aligné du côté gauche**. Enfin, le titre du graphique doit être **numéroté** par un chiffre arabe. Vous pouvez consulter l'exemple situé plus loin dans le texte.

CADRE:

Le graphique peut être fait à l'ordinateur. Si ce n'est pas votre cas, utilisez du papier millimétrique en respectant des dimensions minimales de 14cm pour les axes.

Tracer les axes horizontal et vertical. La variable indépendante est placée en abscisse (axe horizontal) et la variable dépendante en ordonnée (axe vertical).

Identifier clairement chaque axe: préciser la variable, en utilisant le symbole s'il en existe un, et ses unités. La variable doit être centrée et parallèle à l'axe. Les unités, s'il y a lieu, vont à la suite et sont écrites entre parenthèses.

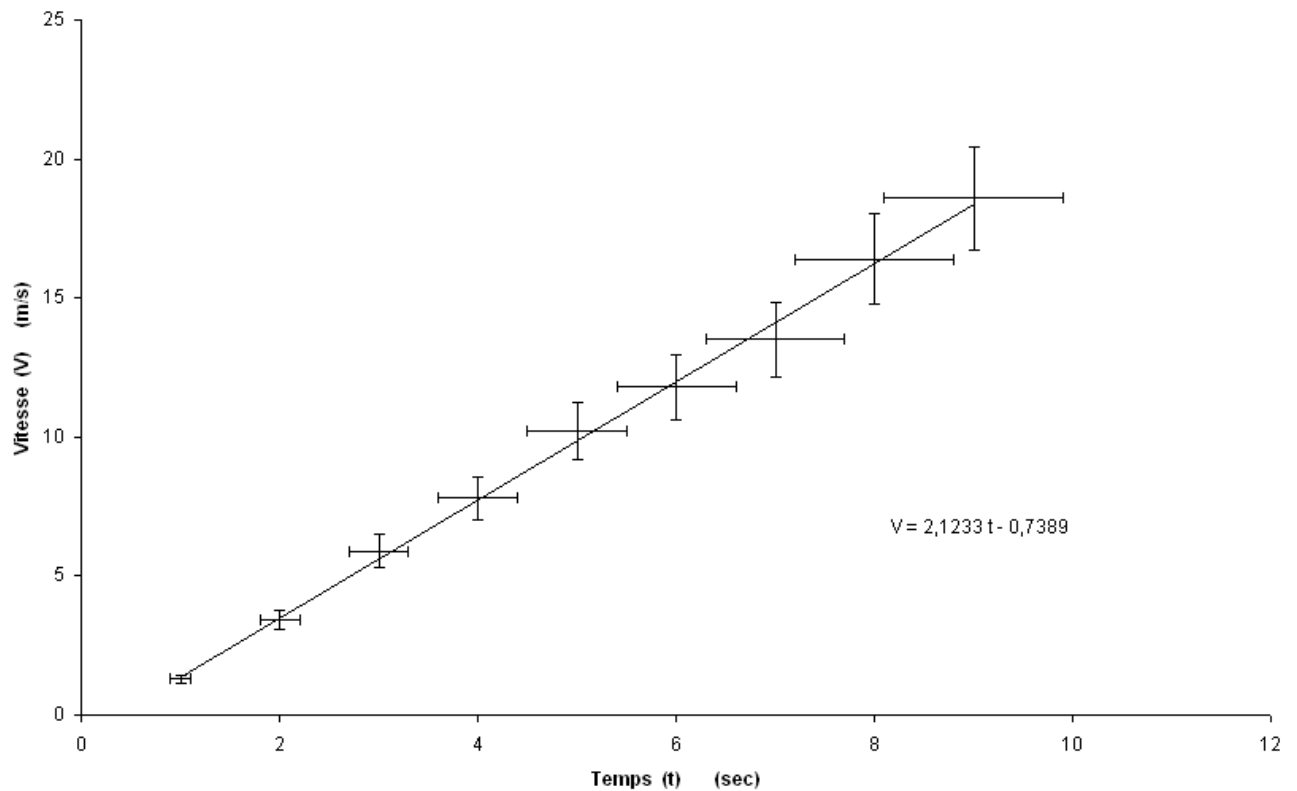
Grader les axes à l'aide de traits (perpendiculaires à l'axe) et de chiffres disposés à intervalle régulier en utilisant une échelle simple. En se basant sur les mesures recueillies, utiliser le maximum de l'espace disponible sur l'axe. Par exemple, il est inapproprié de débiter la graduation à zéro si les mesures sont contenues entre six et huit sauf s'il s'agit d'une fonction linéaire et que l'on détermine l'ordonnée à l'origine. (voir les exemples qui suivent).

Dans le cas où il n'est pas demandé de tenir compte des incertitudes, positionner correctement les points correspondant aux mesures, entourez-les et reliez-les. Si les mesures proviennent de plusieurs séries d'expériences, identifier les points de chaque série par un symbole différent et afficher une légende à droite (voir le deuxième exemple).

Dans le cas où il est demandé de tenir compte des incertitudes, tracer les **rectangles d'incertitude** pour chacun des points et la **meilleure courbe**. Si la fonction est linéaire, tracer à la main et identifier les **droites de pentes maximale et minimale**. Dans cette dernière situation, vous devez inscrire **l'équation de la meilleure droite** dans le coin inférieur droit du graphique.

Les graphiques tracés avec un ordinateur doivent respecter les critères de précision quant aux divisions du quadrillage. À cet effet, en chimie, il arrive que l'on vous demande d'extrapoler la valeur d'une variable directement à partir de la **courbe** du graphique; dans ce cas il est essentiel de faire afficher les divisions du quadrillage comme dans l'exemple du graphique 2.

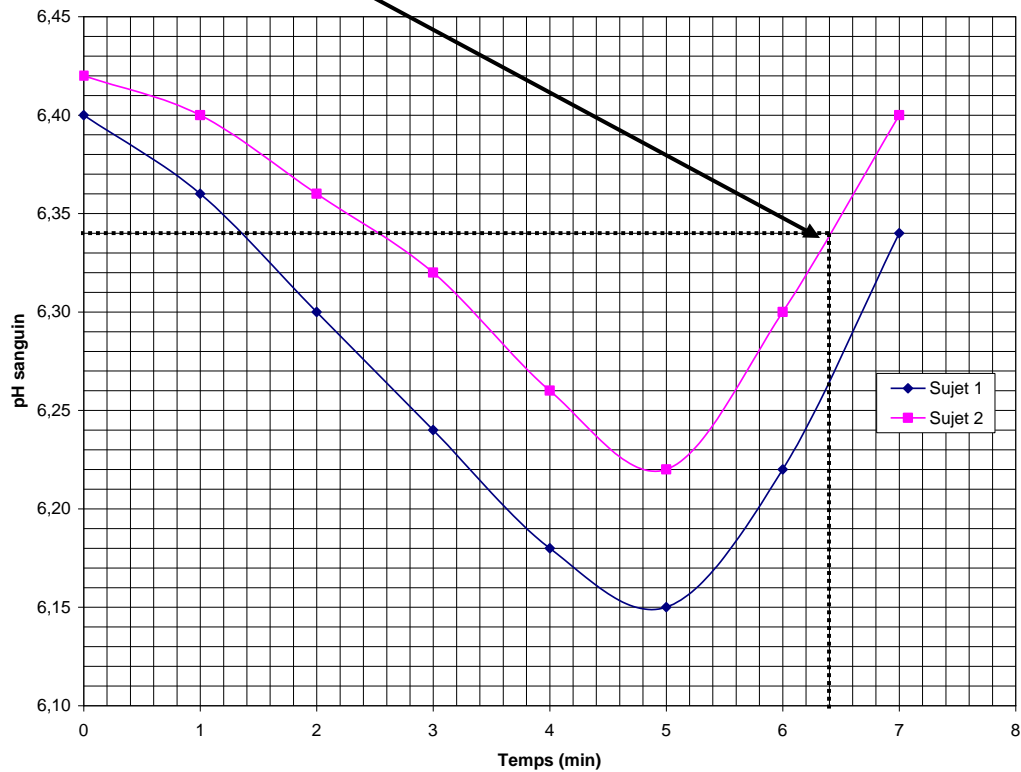
Exemple d'un graphique dans une situation en physique:



Graphique #1: vitesse en fonction du temps

Exemple d'un graphique dans une situation en biologie:

Note : Nous avons affiché le quadrillage pour vous illustrer ce qui peut être demandé en chimie. Dans d'autres circonstances, le quadrillage est absent pour ne pas surcharger inutilement l'aspect visuel du graphique. Nous pouvons donc voir par interpolation ou extrapolation de la courbe que le sujet 2 a atteint un pH de 6,34 au temps 6min 24sec.



Graphique 1 : Mesures de pH sanguin chez deux sujets, à jeun depuis douze heures, dans des conditions de repos et de stress provoqué par une activité physique intense de cinq minutes. Le sujet 1 est : de sexe masculin, âgé de 19 ans, de 1,85m et de 82Kg. Le sujet 2 est : de sexe féminin, âgé de 18 ans, de 1,75m et de 62Kg. Chaque donnée obtenue est issue d'une seule prise de mesure. Les prélèvements sanguins de 1ml effectués à l'aide capillaires sont analysés avec une sonde à électrodes de type Merlan.

INCERTITUDE SUR LA PENTE

- 1) Tracer la meilleure droite.
- 2) À chaque extrémité de l'intervalle des mesures, placer un point fictif (P_1 et P_2) situé sur la droite, avec son rectangle d'incertitude.

On lui attribue les mêmes incertitudes que le point le plus proche.

Pour le distinguer des points réels, on trace le rectangle d'incertitude en pointillé pour P_1 et P_2 .

Si on connaît l'équation de la meilleure droite:

$$P_1 = (x_1; y'_1)$$

avec x_1 : plus petite valeur «x» mesurée

y'_1 : est calculé en posant $x = x_1$ dans l'équation de la meilleure droite.

$$P_2 = (x_2; y'_2)$$

avec x_2 : plus grande valeur «x» mesurée

y'_2 : est calculé en posant $x = x_2$ dans l'équation de la meilleure droite.

- 3) Tracer les droites de pente maximale et minimale comme illustré sur le schéma ci-après.
- 4) Calculer m_{\min} et m_{\max} .

Calculer les coordonnées des points A, B, C, D et calculer m_{\min} et m_{\max} ,

ou

- utiliser les formules suivantes, si la pente est positive :

$$m_{\max} = \frac{(y_2 + \Delta y_2) - (y_1 - \Delta y_1)}{(x_2 - \Delta x_2) - (x_1 + \Delta x_1)} = \frac{(y_2 - y_1) + (\Delta y_2 + \Delta y_1)}{(x_2 - x_1) - (\Delta x_2 + \Delta x_1)}$$

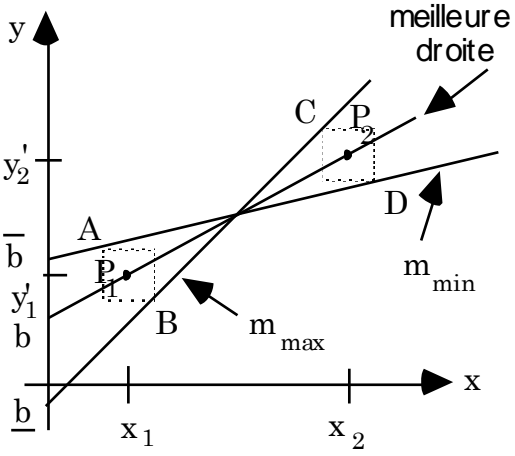
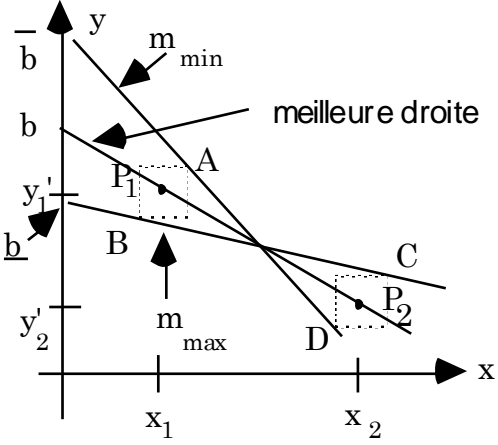
$$m_{\min} = \frac{(y_2 - \Delta y_2) - (y_1 + \Delta y_1)}{(x_2 + \Delta x_2) - (x_1 - \Delta x_1)} = \frac{(y_2 - y_1) - (\Delta y_2 + \Delta y_1)}{(x_2 - x_1) + (\Delta x_2 + \Delta x_1)}$$

- utiliser les formules suivantes, si la pente est négative :

$$m_{\max} = \frac{(y_2 + \Delta y_2) - (y_1 - \Delta y_1)}{(x_2 + \Delta x_2) - (x_1 - \Delta x_1)} = \frac{(y_2 - y_1) + (\Delta y_2 + \Delta y_1)}{(x_2 - x_1) + (\Delta x_2 + \Delta x_1)}$$

$$m_{\min} = \frac{(y_2 - \Delta y_2) - (y_1 + \Delta y_1)}{(x_2 - \Delta x_2) - (x_1 + \Delta x_1)} = \frac{(y_2 - y_1) - (\Delta y_2 + \Delta y_1)}{(x_2 - x_1) - (\Delta x_2 + \Delta x_1)}$$

5) Calculer $\Delta m = \frac{m_{\max} - m_{\min}}{2}$

Droite de pente positive	Droite de pente négative
	
$\begin{aligned} x_A &= x_1 - \Delta x_1, & y_A &= y_1 + \Delta y_1 \\ x_B &= x_1 + \Delta x_1, & y_B &= y_1 - \Delta y_1 \\ x_C &= x_2 - \Delta x_2, & y_C &= y_2 + \Delta y_2 \\ x_D &= x_2 + \Delta x_2, & y_D &= y_2 - \Delta y_2 \end{aligned}$	$\begin{aligned} x_A &= x_1 + \Delta x_1, & y_A &= y_1 + \Delta y_1 \\ x_B &= x_1 - \Delta x_1, & y_B &= y_1 - \Delta y_1 \\ x_C &= x_2 + \Delta x_2, & y_C &= y_2 + \Delta y_2 \\ x_D &= x_2 - \Delta x_2, & y_D &= y_2 - \Delta y_2 \end{aligned}$

DÉTERMINATION DE L'ORDONNÉE À L'ORIGINE ET DE SON INCERTITUDE

A) Détermination de l'ordonnée à l'origine de la meilleure droite

Méthode 1: Lorsque c'est possible, on peut lire sa valeur directement sur le graphique.

Méthode 2: Dans le cas contraire, on détermine les coordonnées d'un point appartenant à la meilleure droite (x_3, y_3) et on calcule l'ordonnée à l'origine: $b = y_3 - m x_3$.

Méthode 3: Sa valeur est donnée par l'équation de la droite de régression (fournie par Excel).

B) Détermination de l'incertitude sur l'ordonnée à l'origine

Méthode 1: Par lecture sur le graphique

On lit sur le graphique les valeurs \bar{b} et \underline{b} , comme sur le schéma suivant. On

calcule ensuite $\Delta b = \frac{|\bar{b} - \underline{b}|}{2}$

Méthode 2: Par lecture (s'il n'est pas possible de lire \bar{b} et \underline{b} sur le graphique ou si la lecture est trop imprécise).

Connaissant la pente de la droite de pente minimale et les coordonnées du point A qui appartient à cette droite, on peut calculer \bar{b} ainsi:

$$\bar{b} = y_A - m_{\min} x_A$$

De la même manière, on peut calculer \underline{b} :

$$\underline{b} = y_B - m_{\max} x_B$$

Et finalement $\Delta b = \frac{|\bar{b} - \underline{b}|}{2}$.

DISCUSSION

La discussion se divise en trois sections: la comparaison des résultats (analyse et synthèse), l'explication des divergences et l'analyse de la méthode expérimentale.

COMPARAISON DES RÉSULTATS

Dans la partie précédente, on a élaboré un certain nombre de résultats, à partir des mesures effectuées. Ce sont des valeurs calculées, des graphiques, des barres de comparaison, etc. Il faut maintenant procéder à l'étude (analyse et synthèse) de ceux-ci, afin de déterminer les conclusions que l'on peut en tirer. Avant de poursuivre, il est important de préciser que tous les résultats doivent être passés en revue dans la discussion.

Pour les expériences réalisées dans le cadre d'un cours, cela se réduit la plupart du temps à vérifier si ces différents résultats sont conformes à une prévision théorique déjà connue et qui prend habituellement la forme d'une relation mathématique. Les démarches de vérification les plus fréquentes consistent d'une part à comparer la valeur expérimentale d'un paramètre à une valeur théorique ou à une autre valeur expérimentale très précise fournie par des ouvrages de référence, et d'autre part à s'assurer que les caractéristiques d'un graphique correspondent bien à celles prévues par la relation. Les paragraphes suivants décrivent les différentes étapes de ces deux démarches.

Comparaison de deux valeurs:

La comparaison de deux valeurs nécessite tout d'abord la construction des barres de comparaison, ce qui a été fait dans la section « ANALYSE DES DONNÉES », mais elle ne s'arrête pas là.

Il faut ensuite en faire l'interprétation en répondant aux questions suivantes.

1. Y a-t-il intersection entre les deux plages de valeurs?
2. La probabilité d'une égalité entre les deux quantités est-elle grande? On en juge d'après la largeur de l'intersection.
3. Cette conclusion est-elle très significative? Plus l'incertitude sur les quantités est grande, plus larges sont les plages de valeurs possibles, plus il y a de chances qu'une intersection se produise, mais moins significative est la conclusion.

Il est intéressant de calculer le pourcentage d'écart entre les valeurs comparées et de souligner sa grandeur ou sa petitesse. Le pourcentage d'écart se calcule ainsi:

$$\frac{| \text{Valeur expérimentale} - \text{Valeur théorique} |}{\text{Valeur théorique}} \times 100\%$$

Comparaison d'un graphique avec la prévision «théorique»:

Lorsqu'on tente de vérifier une relation à l'aide d'un graphique, il faut répondre aux questions suivantes:

1. La forme de la courbe est-elle celle prévue?
Par exemple, si la relation prévoit une droite, est-il possible de tracer une droite qui intercepte la majorité des rectangles d'incertitude?
2. Les paramètres de l'équation décrivant la courbe correspondent-ils à ceux prévus?

Dans le cas d'une droite, la pente (m) et son incertitude (Δm) de même que l'ordonnée à l'origine (b) et son incertitude (Δb) permettent-elles de vérifier les valeurs prévues?

La réponse à ces questions implique la comparaison de deux valeurs, laquelle se fait de la manière décrite au paragraphe précédent.

Dans des expériences plus «avancées», il se pourrait cependant que l'on cherche précisément à découvrir la forme d'une courbe, la valeur d'une constante ou la relation entre différentes quantités, pour lesquelles il n'existe pas de modèle théorique valable ou satisfaisant.

EXPLICATION DES DIVERGENCES.

Si l'on note des divergences entre les résultats obtenus et les prévisions théoriques, il faut s'appliquer à en découvrir les raisons. Différentes avenues de recherche sont possibles.

Il faut dans ce cas passer en revue la démarche expérimentale suivie afin de s'assurer tout d'abord que les conditions d'applicabilité de la théorie sont respectées et ensuite d'identifier de possibles erreurs de mesure pouvant expliquer les divergences.

En ce qui a trait aux conditions d'applicabilité de la théorie, voici quelques exemples de questions que l'on peut se poser, dans deux situations différentes. Considérons en premier lieu une expérience dans laquelle on tente de vérifier l'expression donnant la période d'un pendule $T = 2\pi \sqrt{L/g}$. Cette expression ayant été obtenue en supposant que l'angle maximum entre le pendule et la verticale est petit, il faut se demander si cette condition a été respectée dans l'expérience? Et quel est l'effet de lancer le pendule avec un angle trop grand? Cela augmente-t-il ou diminue-t-il la période? Cette variation permet-elle d'expliquer la divergence observée?

Dans une expérience réalisée avec des lentilles minces, on peut se demander si l'épaisseur des lentilles est réellement beaucoup plus petite que leur distance focale, si les éléments optiques sont centrés sur l'axe, si les rayons sont paraxiaux, etc.

La notion d'erreur de mesure a été développée lorsqu'on a présenté le texte «MESURES ET INCERTITUDES», en voici un bref rappel. Les erreurs de mesure peuvent être causées

par la méthode de mesure, par les appareils, par les expérimentateurs, ou par les conditions ambiantes. Elles se regroupent en deux catégories bien distinctes:

1. Les erreurs systématiques qui peuvent et doivent être éliminées,
Exemple : erreur instrumentale tel que la moitié de la plus petite division.
2. Les erreurs fortuites qui ne peuvent être éliminées et dont l'impact sur la mesure doit être pris en compte par l'incertitude.
Exemple : erreur aléatoire causé par agent externe tel que la fluctuation de la tension électrique d'Hydro-Québec.³

On doit donc chercher une ou des erreurs de mesure qui n'ont pas été convenablement traitées. Voici quelques questions que l'on peut se poser à cet effet. Existe-t-il une erreur systématique qui n'a pas été éliminée? Quelle peut être son influence sur le résultat? A-t-elle pour effet d'augmenter ou de diminuer sa valeur? Quel est l'ordre de grandeur de cette variation ? Cela peut-il expliquer la divergence?

Existe-t-il une erreur fortuite qui n'a pas été prise en compte dans l'évaluation de l'incertitude, ou dont on a sous-estimé l'influence? Comment peut-on justifier l'augmentation de son influence? Quelle devrait être l'incertitude? Cela ferait-il disparaître la divergence?

JUGEMENT DE LA MÉTHODE EXPÉRIMENTALE:

La discussion est aussi l'occasion de faire une réflexion sur la méthode expérimentale utilisée, les méthodes et les instruments de mesure, ceci dans le but de déterminer comment on pourrait les améliorer.

Il est utile de débiter par une analyse de l'incertitude relative des résultats intermédiaires et finaux, dans laquelle on identifie et évalue les différentes contributions. Habituellement, on concentre ensuite notre attention sur la mesure apportant la contribution la plus importante, sans négliger les autres.

À titre d'exemple, considérons une expérience dans laquelle on calcule l'énergie cinétique d'un corps à partir de la mesure de sa masse et de sa vitesse, la première obtenue avec une précision de 0,1 % et la seconde de 2 %. L'incertitude relative sur l'énergie cinétique est alors égale à

$$\frac{\Delta K}{K} = \frac{\Delta m}{m} + 2 \frac{\Delta v}{v}$$

$$\frac{\Delta K}{K} = 0,1\% + 2(2\%) = 4,1\% \approx 4\%.$$

³ Note : Au niveau collégial, les sources d'erreur tel que, erreur de lecture, erreur mesure, erreur de calcul...ne peuvent être considérées.

Il est évident qu'une amélioration de la mesure de la vitesse aura un impact beaucoup plus grand sur la qualité du résultat final qu'une amélioration de la mesure de la masse.

Pour terminer, l'auteur formule des suggestions concrètes et réalisables quant aux moyens à mettre en oeuvre pour obtenir les améliorations recherchées.

CONCLUSION

Dans un texte d'environ 5 lignes, l'auteur énonce les conclusions que la discussion des résultats lui a permis de formuler en rapport avec l'atteinte des buts de l'expérience. De plus on vérifie la justesse de l'hypothèse et on indique le degré de confiance que l'on peut leur accorder.

Exemple:

- 1) Le graphique obtenu nous permet d'affirmer que l'expérimentation vérifie la loi d'Ohm. Ce graphique montre une linéarité entre l'ordonnée et l'abscisse $V = RI$.
- 2) La valeur numérique de la pente et de son incertitude donne la valeur expérimentale de la résistance $(R \pm \Delta R) = (25 \pm 1) \Omega$. Enfin la comparaison graphique montre clairement que cette valeur expérimentale de R peut être considérée comme égale à celle du fabricant.

MÉDIAGRAPHIE ET RÉFÉRENCES

Une **référence** touche une information précise ex. une citation, une idée ou une valeur numérique tirée d'un volume, d'une revue, d'une rencontre avec une personne, d'une émission de télévision, etc. La référence est toujours suivie d'un appel de note ou renvoi⁴ (le chiffre qui renvoie au bas de la page pour la lecture de la référence. Cette référence doit être numérotée dans le texte et se trouver en bas de page ou à la fin du texte. La note de bas de page contient les informations suivantes : auteur (prénom nom, - minuscules), *Titre*, ville d'édition, maison d'édition, année d'édition, numéro de la page. Pour plus de détails, consulter la référence ci-dessous placée en note de bas de page.

Voici un exemple.

Jacques Tonneau, *Tables de chimie, un mémento pour le laboratoire*, Bruxelles, De Boeck-Wesnael, 1991, page 124.

La **médiagraphie** (bibliographie) est nécessaire pour renseigner le lecteur sur les sources (volumes, périodiques, handbooks, CD-Rom, internet...) utilisées de façon générale dans le travail. Elle se trouve à la fin du rapport. Elle contient les informations suivantes : auteur (NOM, prénom.) *Titre*, ville d'édition, maison d'édition, année d'édition, nombre de pages (dernière page numérotée par l'éditeur).

Voici un exemple.

MARIEB, Elaine. Anatomie et physiologie humaines, deuxième édition, Montréal, ERPI, 1999, 1194 pages.

⁴ CÉGEP BEAUCE-APPALACHES, Département de français, *Protocole de présentation d'un travail écrit*, Saint-Georges, 1994, p. 2.

ANNEXES

Vous présentez dans cette section la déduction **complète et détaillée** des formules de calcul d'incertitude en utilisant la méthode différentielle.

De plus, on retrouve dans cette partie un exemple de calcul pour chaque quantité obtenue de cette manière. Ceci s'applique aussi à l'incertitude sur ces quantités. Il faut d'abord écrire la formule utilisée, ensuite y substituer les valeurs (avec leurs unités) et finalement donner le résultat (avec ses unités). Lorsqu'on utilise les coordonnées d'un point tirées d'un graphique, il faut clairement les indiquer immédiatement avant l'exemple de calcul.