

Note: ce document contient des conseils quant à la rédaction de rapports de laboratoire, longs et courts. Libre à vous de l'utiliser comme guide de rédaction, MAIS EN TOUT TEMPS, L'AVIS DU CORRECTEUR OU DE LA CORRECTRICE DU TP A PRÉSÉANCE SUR CE QUI EST ÉCRIT ICI. Demandez donc si ces spécifications lui conviennent avant de vous y fier. N'hésitez pas à me faire part de tout commentaire par courriel à

jean-charles.forgues@usherbrooke.ca

Jean-Charles Forgues

1 Introduction

Ce texte contient d'abord un tableau délimitant approximativement le nombre de pages à écrire pour chaque section dans le cas des rapports courts et longs ainsi que des suggestions sur ce qui devrait être inclus dans la section. Par la suite, des conseils sur la présentation des rapports de laboratoire et des commentaires généraux s'appliquant à toute expérience scientifique (incluant les TP) sont mentionnés.

2 Division du rapport

Section	Rapport court	Rapport long
Tables	– Demander au chargé s'il en veut ou pas	– Il est nécessaire d'avoir une table des matières, une table des tableaux et une table des figures/graphiques.
Buts/Introduction: court: ~ 1/4 page long: ~ 1 page	– Présenter les buts sous forme de phrases complètes (faire un court paragraphe); – Il est acceptable (mais pas nécessaire) de faire une introduction générale (Motivation derrière l'expérience: utilité, applications dans la vie courante ou dans un milieu expérimental et/ou cadre historique).	– Faire une introduction historique sur le sujet de l'expérience: découvertes scientifiques importantes ayant mené aux découvertes, prix Nobels... – Faire une introduction sur la première réalisation de l'expérience et sur les scientifiques qui l'ont réalisée pour la première fois, les étapes importantes de la découverte, les versions et applications modernes de l'expérience... – Présenter les buts de l'expérience ainsi qu'un résumé des résultats qui seront observés sous forme de phrases complètes;

Section	Rapport court	Rapport long
<p>Théorie: court: ~ 3/4 page long: > 10 pages</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Inclure les équations (en annexe s'il y en a trop) et tout concept théorique important pour l'analyse. Si une approximation est nécessaire pour expliquer un résultat, il faut qu'elle soit présentée et justifiée dans la théorie. Si l'expérience ou l'analyse des résultats repose sur un concept théorique, il doit être mentionné dans la théorie; - Identifier TOUTES les variables des équations par leur nom et leur définition. Ne pas faire de listes mais inclure les définitions dans le paragraphe avant et/ou après l'équation. Si une variable est répétée d'une équation à l'autre, il est inutile de l'identifier à nouveau. Il est préférable que les équations soient numérotées. 	<ul style="list-style-type: none"> - Expliquer clairement et complètement les concepts théoriques et les équations impliqués dans l'expérience. Chaque équation importante à la compréhension des phénomènes traités doit être présentée et prouvée à partir des équations théoriques de base lorsque nécessaire. Il est important de conserver et d'expliquer les étapes principales trouvées dans la littérature. S'il ne s'agit que d'étapes mathématiques de simplification, de dérivation et autres, il est approprié de les mettre en annexe; - Il est d'autant plus important de bien identifier toutes les variables pour chaque équation, car elles sont bien plus nombreuses que dans le cas des TP courts. Si une variable est répétée d'une section à l'autre, il peut être approprié de l'identifier à nouveau. Il s'agit d'une question de jugement; - Il est maintenant essentiel de numéroter les nombreuses équations.
<p>Manipulations: court: ~ 1 page long: 2-5 pages</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Décrire les manipulations avec un court paragraphe par section. Référencer aux appareils par leur nom (multimètre, oscilloscope...) au moins une fois. Référencer en plus au modèle (Fluke 87V, Textronix CFG253...) est une bonne habitude à prendre. Si le même appareil est utilisé à nouveau, il est inutile de répéter son modèle, tant qu'il est clair qu'il s'agit du même appareil; - Ne pas oublier d'utiliser des schémas explicatifs pour les montages (les inclure en annexe si nécessaire) et d'y référencer. Garder les schémas clairs et simples: utiliser des noms courts, des chiffres ou des flèches pour identifier les différents appareils. Si le schéma est en annexe, répéter les noms et modèles des appareils près du schéma est approprié; - Un ordinateur est un appareil où le modèle importe peu. Ce qui importe, c'est le programme utilisé. Simple-ment dire "un programme Labview qui mesure ceci et retourne cela" suffit. 	<p>Un moyen simple de tout inclure est de diviser les manipulations en deux sous-sections:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Montage: Inclure un schéma du montage et le décrire en détails en prenant soin de mentionner les noms et modèles des appareils ainsi que les techniques de mesure et de contrôle environnemental. Un bon moyen de ne rien oublier est de commencer par décrire l'échantillon sondé, ce qui contrôle son environnement, les sondes utilisées pour la mesure de données puis les appareils servant à l'acquisition de ces données; - Manipulations: Décrire les conditions expérimentales contrôlées: valeurs de courant, tension, température, pression, temps d'acquisition de données, nombre de données acquises, etc. qui seront réglées au cours de l'expérience.

Section	Rapport court	Rapport long
<p>Discussion/Analyse: Partie la plus importante court: $\sim 3\frac{1}{2}$ pages long: > 10 pages</p>	<ul style="list-style-type: none"> – RÉPONDRE À TOUTES LES QUESTIONS DU PROTOCOLE¹; – Discuter de tous les résultats, qu'ils aient le comportement attendu ou pas; – Commenter les résultats obtenus et expliquer la différence ou la concordance entre la théorie et les résultats de l'expérience. Si aucune donnée comparative n'est disponible, faire une analyse qualitative du résultat. Mettre des schémas explicatifs en annexe est souvent une bonne idée²; – Extraire le maximum d'information des mesures en considérant les barres d'erreurs lors de la confrontation des résultats avec la théorie. Les valeurs ne concordant pas avec la théorie doivent être sondées et expliquées (même si ce sont des erreurs de l'expérimentateur); – S'assurer que tous les résultats discutés soient facilement accessibles (référer à un tableau de résultats, un graphique ou un résultat situé dans le texte ou en annexe); – Justifier l'obtention des résultats: si un calcul est nécessaire pour obtenir un résultat, les étapes de calcul nécessaires pour arriver à ce résultat doivent être décrites en théorie ou en annexe. Il est fort pratique d'inclure un exemple de calcul avec les chiffres et les unités. Une analyse des unités peut souvent aider à comprendre une erreur de logique ou de calcul (ordre de grandeur, cm vs m, CGS vs MKS, cm^{-1} vs eV vs J, etc). Si vous utilisez un logiciel de calcul pour trouver un résultat comme une dérivée, il faut le mentionner. 	<ul style="list-style-type: none"> – Faire une section résultats séparée pour les tableaux de résultats et graphiques types est approprié. Mettre les graphiques supplémentaires et tableaux de données en annexe; ¹Il n'y en a pas souvent, alors ne les manquez pas!; ²Si aucune donnée comparative n'est disponible, faire une recherche approfondie (articles scientifiques, livres de référence) pour essayer de trouver une analyse qualitative des données. Référer à la théorie, surtout aux équations (numérotées) pour les explications et résultats;
<p>Conclusion: court: $\sim 1/4$ page long: ~ 1 page</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Revenir brièvement sur les buts et les comportements observés; – Commenter les résultats; – Mentionner des modifications à faire pour améliorer l'expérience, suggérer des avenues d'exploration visant à approfondir le sujet. 	<ul style="list-style-type: none"> – Revenir brièvement sur les comportements observés et commenter les résultats; – Mentionner des modifications à faire pour améliorer l'expérience, suggérer des avenues d'exploration visant à approfondir le sujet; – Faire une ouverture générale sur les applications possibles, les découvertes futures, etc.

Section	Rapport court	Rapport long
Bibliographie	<ul style="list-style-type: none"> – Tout résultat pris d'une source externe comme les propriétés d'un matériau doit être référé au texte source. Il peut suffire d'inclure la référence en bas de page si un seul document fait partie de la bibliographie. 	<ul style="list-style-type: none"> – Il est essentiel d'avoir une bibliographie. Tout résultat, toute notion théorique, toute démarche expérimentale doit être référé à une source bibliographique fiable (article, livre, éviter Wikipedia et sites internet non-scientifiques si possible); – Il est essentiel de référer aux ressources tout le long du texte. Si vous n'utilisez pas une référence, il est inutile de la mentionner dans la bibliographie; – Garder la bibliographie simple avec un style constant. – NE PAS SE FIER AU STYLE DE BIBLIOGRAPHIE PRÉSENT DANS LE PROTOCOLE! – Inclure toutes les informations nécessaires pour retrouver l'ouvrage. (Regarder les bibliographies dans les articles pour avoir une idée).
Annexes	<ul style="list-style-type: none"> – Mettre en annexe tout ce qui fait que le rapport dépasse 5 pages; – Inclure des exemples de calculs au besoin (si le chargé le demande, par exemple); – Inclure les démonstrations trop longues pour la théorie (validité des approximations); – Tableaux de données, graphiques et schémas explicatifs supplémentaires; – Éviter les excès (si les annexes représentent les 3/4 du rapport, il y a un problème). 	<ul style="list-style-type: none"> – Inclure des exemples de calculs; – Inclure les démonstrations trop longues pour la théorie; – Graphiques – Tableaux de données (si un graphique ne peut pas représenter les résultats).

3 Commentaires généraux

- Vous devez essayer de vous approcher du style d'un article scientifique:
 - Vous devez surtout viser ceci: si quelqu'un lit l'introduction et la conclusion de votre rapport, il ou elle doit savoir de quoi vous parlez et quels sont les résultats finaux que vous en tirez;
 - La théorie doit suffire pour expliquer les résultats observés;
 - Les manipulations doivent traiter du montage et de ce qui est fait en laboratoire. Cette section doit suffire si la personne désire reproduire exactement votre expérience;
 - La section résultats et analyse est ce qui lie tout le texte: elle réfère à la théorie pour justifier les explications, aux résultats (en annexe ou dans une autre section) pour avoir des données à traiter et aux calculs (en annexe ou dans la théorie) pour justifier les valeurs obtenues;
 - Les graphiques doivent parler d'eux-mêmes ET INCLURE LES BARRES D'ERREUR (voir point suivant);

- Une image vaut mille mots. Quand vous faites un graphique:
 - Incluez toutes les informations pertinentes (comportement attendu, conditions expérimentales, données et équations de lissage, résultats tirés du calcul, barres d’erreur si possible);
 - Présentez le graphique à l’aide d’une légende du genre “Détermination de ... à partir de la relation entre ... et ...”. Il est inutile d’inclure un titre lorsqu’il y a une légende complète;
 - Les conditions expérimentales peuvent être incluses dans la légende ou sur le graphique. (L’idée est qu’une personne qui prend votre article/rapport n’a besoin que de l’équation et du graphique pour retrouver vos résultats);
 - Il ne faut pas relier les points expérimentaux à moins qu’ils ne soient si nombreux que les points eux-mêmes se recouper;
 - Si vous utilisez des traits pour guider l’œil, il faut les identifier comme tels. Il en va de même des droites de lissage: elles doivent être clairement identifiées;
 - Ne laissez pas d’aire colorée ou de quadrillage afin que les données d’analyse (lissage, calculs) soient lisibles et en évidence;
- Analysez vos données. Toutes vos données. S’il vous en manque, essayez de les retrouver. Il est toujours mieux de prendre une mesure comme la température de la pièce et de ne pas l’utiliser que d’analyser ses données sans une information cruciale qu’il est impossible de remesurer par la suite. Si des données s’écartent du comportement général ou de la théorie, il faut les isoler et en identifier la cause (théorie erronée, erreurs de manipulations ...).
- Commencez votre rapport en avance, surtout pour les rapports longs. C’est en essayant d’analyser les données que vous allez voir si vous devez reprendre des mesures ou essayer de sonder une nouvelle propriété le lendemain (ou la semaine suivante). Si l’analyse peut se faire au cours des manipulations, il est plus facile d’identifier les paramètres pertinents et nécessaires.
- Ce n’est pas parce que le protocole ne stipule pas de faire certaines mesures ou d’analyser certaines données qu’il ne faut pas y penser soi-même.
- Pareillement, ce n’est pas parce qu’un élément ne fait pas partie de ce document que vous ne pouvez pas l’inclure dans votre rapport. C’est l’originalité qui fait ressortir un rapport de la foule (pour le meilleur ou pour le pire).
- Si vous n’êtes pas certains de la validité de certaines mesures, parlez-en au moniteur et reprenez-les si nécessaire.
- Quand vous faites des lissages de données, analysez tous les paramètres du lissage et essayez de les expliquer (correctement de préférence) et de les commenter.
- Si vous n’êtes pas certains d’une explication, émettez-la sous forme d’hypothèse. C’est mieux que de ne pas essayer du tout.
- Si vous mettez quelque chose en annexe, personne ne le lira à moins que vous n’y référerez. Un bon moyen de déterminer si vous avez bien référé à un objet est de faire une recherche de texte du type “graphique 1” ou “tableau 3”. Si ces éléments ne se trouvent pas dans le texte principal, c’est comme s’ils n’existaient pas.
- Lorsque vous utilisez des informations ou des schémas venant de sources extérieures, IL EST PRIMORDIAL de faire référence aux sources clairement, sinon c’est du plagiat pur et simple.
- Dans le milieu expérimental, la prise de mesures vise souvent à choisir entre deux théories concurrentes. C’est à ce point que les barres d’erreur entrent en jeu. C’est le travail de tout expérimentateur que de

minimiser ses barres d'erreur en contrôlant un maximum de paramètres plutôt qu'en ignorant des causes d'erreurs.

– Ne gardez pas de chiffres significatifs au-delà des incertitudes à moins que l'incertitude ne soit d'ordre supérieur à la valeur: $1,3234521 \pm 0,1045$ n'a pas beaucoup de sens. Si on n'est pas sûr de la première décimale, on ne peut pas déclarer connaître les suivantes. Si vous avez des valeurs du style 35243 ± 121873 , vous ne gardez que deux chiffres significatifs, c'est-à-dire 30000 ± 120000 ou $(03 \pm 12) \times 10^4$. (Je n'ai pas mis d'unités, mais il ne faut surtout pas les oublier.)

– Gardez un style constant, surtout dans les notations: $(6,9 \pm 0,2) \times 10^2$ (ce qu'on voit habituellement dans les articles) est aussi bon (selon moi) que $6,9(2) \times 10^2$ (comme on le voit dans le Cohen-Tannoudji), mais il faut garder le même format pour tout le rapport.

– Assurez-vous aussi de choisir un style de rédaction constant, soit impersonnel (les expérimentateurs...), soit personnel (nous, on...). Certaines personnes dédaignent le style personnel. C'est du moins ce que reflètent les instructions données par Denis Morris.

– Évitez les listes d'épicerie et les recettes. Des phrases complètes sont plus plaisantes à lire et prennent moins de place en bout de ligne.

– Refaites les démonstrations étape par étape par vous-mêmes afin d'être sûr de comprendre chaque étape. Cela peut vous aider à cibler les étapes importantes et à expliquer certains comportements expérimentaux. Dans le cas des rapports longs, il est recommandé de retrouver la démonstration originale dans l'article-source car plusieurs étapes sont sautées et certaines erreurs de transcription se glissent parfois dans le guide de l'expérience. Les articles-source peuvent aussi présenter des erreurs, c'est pourquoi il ne faut rien croire aveuglément.

– Si vous avez le temps d'apprendre à utiliser \LaTeX pendant vos stages, il s'agit d'un outil puissant pour la rédaction de rapports. Tous les processus de référence à des équations, sections, graphiques sont très simples avec \LaTeX , tout comme la génération de bibliographies, tables des matières et figures et la numérotation de sections et d'équations. \LaTeX vous permettra de plus d'utiliser un fichier .bib qui sera appelé dans un document .tex, générant ainsi votre bibliographie sans aucun effort avec les références dans l'ordre où vous les avez appelées dans le texte (ou tout autre ordre que vous désirez, si vous voulez fouiller un peu).

– Il existe plusieurs outils de gestions de références permettant d'assister à la génération d'une bibliographie. Par exemple, en plus de pouvoir générer des fichiers .bib, le programme JabRef peut présenter les éléments de la bibliographie sous une forme donnée, qui sera la même pour tous les articles. Il est donc possible de copier/coller les références dans la bibliographie avec Word (il en revient toutefois à vous de gérer les éléments inclus dans la bibliographie).

4 Conclusion

Le travail d'expérimentateur se résume entre autres à créer des expériences, à prendre des mesures et à qualifier la finesse des résultats obtenus. Pour les rapports de TP, votre tâche sera d'analyser des données expérimentales ainsi que de quantifier et qualifier mathématiquement les résultats (par exemple, trouver le meilleur type de lissage d'un ensemble de données avec les paramètres les plus appropriés). Il faut toujours travailler dans l'optique que les théoriciens ont besoin, pour accomplir leur travail correctement, de données précises dont le comportement est clair. Ce texte a donc été rédigé dans le but de vous guider dans votre rédaction afin que vous puissiez vous concentrer sur l'analyse de vos données.