

# Notes Académiques de l'Académie d'agriculture de France

## Academic Notes of the French Academy of agriculture

### Authors

Hervé This

### Title of the work

Supplemental Material to the note 2017, 4(2) DSR: frameworks guiding experimental work in science

Year 2017, Volume 4, Number 3, pp. 1-39.

### Published online:

10 October 2017,

<https://www.academie-agriculture.fr/publications/notes-academiques/n3af-teaching-document-dsr-frameworks-guiding-experimental-work-0>

[Supplemental Material to the note 2017, 4\(2\) DSR: frameworks guiding experimental work in science](#) © 2017 by Hervé This is licensed under [Attribution 4.0 International](#) 

# **Supplemental Material to the note 2017, 4(2) DSR: frameworks guiding experimental work in science**

**Hervé This** <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *UMR Ingénierie Procédés Aliments, AgroParisTech, Inra, Université Paris-Saclay,  
91300 Massy, France*

<sup>2</sup> *Groupe de gastronomie moléculaire, Inra-AgroParisTech International Centre for  
Molecular Gastronomy, F-75005, Paris, France*

**Correspondance :**  
[herve.this@inrae.fr](mailto:herve.this@inrae.fr)

# DSR

(document structurant de recherche)

**A chaque ouverture de ce fichier, ne pas oublier de taper !!! (barre des tâches)**

## *Explication/Mode d'emploi*

Les DSR sont des documents qui regroupent TOUT à propos d'une **expérience à finalité scientifique ou technologique**.

Ils évitent notamment que, en cours d'expérience, on se retrouve à improviser (chercher un bécher, le laver, le sécher, alors qu'on en a un besoin urgent) et rater l'expérience, que l'on doit ensuite refaire (gênant quand elle prend un an !). Ils évitent aussi que l'on se perde dans mille documents différents, répartis dans des répertoires différents. C'est le seul fichier que tu auras besoin d'ouvrir pour ton travail, à l'exception des fichiers de données.

Attention à lire **TOUS** les mots : je ne compte plus le nombre d'erreurs qui sont survenues parce que les chercheurs/doctorants/étudiants sautaient des mots.

Tout cela doit être fait en se souvenant que **la science cherche les mécanismes des phénomènes**, à l'aide de la méthode -ici mise en oeuvre- suivante :

1. Identification d'un phénomène que l'on décide d'explorer, à la recherche de ses mécanismes, donc.
2. Caractérisation quantitative du phénomène (on fait des mesures).
3. Réunion des données de mesures en équations ("lois") ;
4. induction d'une théorie, qui regroupe les lois et introduit des concepts (quantitatifs, toujours quantitatifs). A noter qu'une théorie n'est jamais "exacte", parce que des modèles réduits de la réalité ne peuvent en aucun cas prétendre à être la réalité : autrement dit, nos théories sont et seront toujours approchées.
5. Recherche de conséquences testables de la théorie.
6. Tests expérimentaux de ces conséquences.
- 7 et suivant : Et ainsi de suite à l'infini ; la science n'aura jamais de fin.

En pratique, suivre mot à mot ce qui suit :

- commencer par ouvrir toutes les sections en allant dans affichage/sections
- remplir les champs les uns à la suite des autres en utilisant les conseils donnés en "explication" (ne pas changer les titres, mais écrire dans les sections et sous sections).

**Surtout ne pas sauter de section** : c'est la garantie quasi absolue d'erreurs, donc de fautes.

**Et PENSER à celle ou celui qui lira ton DSR dans un an** : cela implique qu'il faut **tout documenter**, ce qui signifie dire ce que l'on fait, précisément, et expliquer pourquoi on fait quelque chose.

(on peut utilement compléter cette explication en lisant le "Comment utiliser les DSR")

A noter, que pour chaque partie du DSR, il y a des "explications" : lis les bien, et, quand tu as fini, tu

peux les supprimer, si tu veux (ou bien les garder au cas où tu voudrais y revenir plus tard).

## Petit bout de code qui charge les paquets utiles

### *Explication*

Pour la bonne utilisation de Maple, il faut absolument nettoyer les mémoires, remettre les variables à zéro.

D'autre part, on charge des paquets spécifiques pour que les calculs se fassent bien (voir le Help de Maple).

A faire chaque fois qu'on ouvre le DSR ; exécuter la totalité en cliquant sur !!!, sans quoi les variables n'ont pas les valeurs qu'on leur a données lors d'une précédente ouverture du fichier.

Placer le curseur dans la liste d'instructions suivante, et taper Return (c'est-à-dire "Entrée") :

`gc( ) :`

`restart :`

`with(stats) :`

`with(plots) :`

`with(Statistics) :`

`with(plottools) :`

## 0. Pour préparer le travail

### Nom du fichier

#### *Explication*

Pour t'y retrouver dans tes fichiers, nomme svp ce fichier « DSR Boris k », où Boris est ton prénom et k le numéro de ton DSR.

J'y pense, aussi : n'oublie pas que ce DSR est destiné à être lu (sinon, ce n'est pas la peine de l'écrire ;-)).

Or on ne répétera jamais assez que si quelqu'un d'autre que toi ne parvient pas à lire ce document, toi-même n'y parviendra plus dans quelques mois (je rappelle qu'une thèse, c'est plus que quelques mois).

Remplacer ceci par le nom du fichier

### Titre du travail

#### *Explication*

Ici, on propose donc d'écrire un titre... mais sais-tu ce qu'est un « titre » ?

Puisque ce travail est destiné à être communiqué (rapport, publication...), cela vaut la peine de choisir un titre un peu « ronflant », très précis, sans être prétentieux toutefois.

C'est ainsi qu'on n'écrira pas « Cuisson d'un bouillon de carotte », car nous ne sommes pas en cuisine,

mais dans un laboratoire. Chaque mot doit appartenir au registre scientifique ou technologique, et la cuisson de bouillon de carotte précédente doit plutôt être « Analyse de la composition chimique de solutions aqueuses obtenues par traitement thermique de racines de *Daucus carota* L. dans l'eau à la température d'ébullition de cette dernière ».

Ici le titre

## 1. Préparation de l'expérience

### Nom du scientifique

#### *Explication*

Tout document doit être signé, surtout par ces temps d'échanges numériques. Connais tu l'anecdote de Leo Szilard discutant avec Hans Bethe : quand Bethe parlait, Szilard prenait des notes. Bethe lui demande s'il pille sa pensée, et Szilard répond : "Non, je note au contraire que ces idées sont de toi". D'ailleurs, tu verras que, en fin de fichier, il est proposé que tu signes ce fichier, pour des raisons d'antériorité et de propriété intellectuelle.

Ici le nom

### Date de création de ce fichier :

#### *Explication*

Cette indication (comme toutes les autres) a sa raison de figurer : notamment les travaux doivent être :

- de qualité
- traçable.

"De qualité" : on y reviendra. "Traçable" : cela signifie que l'on doit pouvoir refaire le chemin parcouru, non pas pour fliquer (seuls les médiocres ont des idées médiocres ; les gens de qualité ont des idées de qualité), mais pour comprendre d'éventuelles différences entre des répétitions d'une même expérience.

En outre, des indications telles que cette date permettent notamment de s'évaluer soi-même ultérieurement, de voir combien de temps on met à effectuer un travail, en vue de mieux prévoir, pour la prochaine fois.

### Estimation du temps total du travail

#### *Explication*

C'est une bonne chose de comparer un temps estimé avec un temps réel : ça permet plus tard, dans un environnement professionnel, de bien savoir ce que l'on peut faire raisonnablement, donc de discuter avec une hiérarchie ou une équipe que l'on dirige.

Ici, ce sont des ordres de grandeurs que l'on donne sur la base d'une estimation "analytique" : on détaille chaque grande série de travaux, et on leur attribue une estimation de temps (on peut même diviser ces grands travaux en plus petits pour donner des temps plus fiables).

## Objectifs du travail

### *Explication*

Une expérience a un - ou mieux- plusieurs objectif. Quels résultats vises-tu ?

Ce n'est pas un titre qu'il faut donner ici, mais une explication claire des objectifs. Bien sûr, il y a un recouvrement, mais on veut surtout que tout soit bien clair.

A propos du pluriel choisi pour "objectifs" : il est bon d'avoir un objectif clair, mais il faut aussi savoir qu'un projet qui a plusieurs objectifs simultanément peut avoir son intérêt, notamment au cas où l'objectif principal n'est pas atteint.

L'objectif principal est :

Les objectifs secondaires sont (mettre "aucun" s'il n'y en a pas) :

## Les raisons de cette expérience

### *Explication*

Je sais par expérience que beaucoup d'amis confondent l'objectif et les raisons de l'expérience. Oui, nous avons un objectif, mais pourquoi l'avons-nous ? C'est cela qu'il faut dire ici.

Autrement dit, il s'agit d'écrire ici :

1. pourquoi on fait l'expérience ;
2. pourquoi on veut atteindre les objectifs énoncés précédemment.

J'explique : on ne fait pas des expériences pour faire des expériences. Il y a certainement une raison de faire l'expérience. Ou des raisons.

Autrement dit, si tu veux faire une expérience, c'est parce que tu as des raisons de la faire. Lesquelles ? Cette case se distingue de la précédente, en ce qu'elle permet de se mettre un pas en arrière de soi même : pourquoi as tu l'objectif que tu as affiché ci-dessus ?

- 1.
- 2.

## Etude bibliographique

### *Explication*

Quand on fait une étude bibliographique, c'est ici qu'il faut la faire. Pour un travail scientifique, la partie qui suit doit être très volumineuse : environ un an de travail pour se mettre à niveau (c'est-à-dire la première année des thèses).

Evidemment, quand on fait un stage court, il n'est pas possible de faire ce travail complet, mais il vaut mieux avoir été regarder (par exemple sur Google scholar ou Web of science) ce qui s'est publié sur le sujet dans les cinq dernières années.

Le dosage de ce travail doit être bien choisi. En parler, sans se lancer dans des jours de travail de "mine".

Sinon, dans le principe, il faut bien dire que cette étude bibliographique te permet de savoir ce qui a

déjà été fait, ce qui peut conduire à modifier éventuellement l'objectif initial d'un travail.

D'autre part, je renvoie vers le "Comment faire une étude bibliographique", mais, en gros :

**1. prendre chaque mot du titre du travail, et faire une section avec ce mot.**

Par exemple, si le titre est "Dosage par spectroscopie d'absorption atomique des ions métalliques passés en solution aqueuse après traitement thermique de tissus végétaux en présence du saccharose ("confiture"). Influence du *pH*.", on fera d'emblée la structure suivante :

*dosage*

*absorption atomique*

*tissus végétaux*

*traitement thermique des tissus végétaux*

*saccharose*

*confiture*

*pH des confitures*

Puis, dans chacune de ces sections, les nouvelles notions seront elles-mêmes à l'origine de sous-section. Par exemple si l'on a mis le mot "pectine" dans la section "tissus végétaux", on fera une sous-section "pectine".

2. puis, dans chaque section ou sous-section, introduire une sous-sous section pour chaque article.

Mon conseil, le titre de cette sous-sous section gagne à être du type : numéro (qui sera utilisé dans toute la suite) entre crochets, nom général de sujet, mot particularisant, auteur, date :

*[Numero]pectine gelation Wehr 04*

Alkali hydroxide-induced gelation of pectin

J. Bernhard Wehr\*, N.W. Menzies, F.P.C. Blamey 1

Food Hydrocolloids 18 (2004) 375–378

Dans cette sous sous section, faire **copier coller des phrases du texte** avec les références données par le texte.

Par exemple :

"

Pectin can undergo gelation, forming a network comprising the pectin backbone and trapping solute molecules within the network (BeMiller, 1986).

BeMiller, J. N. (1986). An introduction to pectins: structure and properties. In M. L. Fishman, & J. J. Jen (Eds.), *Chemistry and function of pectins* (pp. 2– 12). Washington: American Chemical Society.

Cette section du DSR a un autre intérêt : souviens-toi que ce DSR est la base d'une publication ou d'un rapport. En réalité, ces raisons sont l'introduction de la publication ou du rapport. Voilà pourquoi, ici, il est bon de discuter les raisons de l'expérience, notamment à l'aide de la bibliographie qui aura été réunie.

Plus précisément, le déroulé du texte qui figure ici doit généralement être :

- initialement, il y a une question posée
- pour éclairer cette question, on cherche des publications scientifiques qui se rapportent aux divers aspects de la question : on cherche sur internet ou dans des bases de données scientifiques en anglais, au pire sur **Google scholar (jamais des sites grand public : nous faisons un travail scientifique ou technologique, pas du baratin de vulgarisation), et on récupère une série d'articles, les plus récents possible. Notons que les données doivent être récentes et "officielles" : par exemple, pour des données moléculaires on pourra utiliser PubChem (du NIH).**
- chaque article récupéré doit être « lu » : « lire », toutefois, ne consiste pas à lire ; il faut lire scientifiquement, ce qui consiste à faire une série aussi abondante que possible de copier/coller des parties des articles récupérés. Il faut tout préparer, et si l'on a besoin d'articles complémentaires, on fait de même avec les articles complémentaires ;
- puis on repose la question un peu différemment, à la lueur des articles lus.

J'y pense : il est utile de lire tous les mots du moule DSR vide : il y a des indications importantes. Ici, par exemple, il faut répéter que **cette partie bibliographique doit généralement comporter plusieurs pages, ou dizaines de pages.** Un article qu'on lit bien livre une montagne d'informations... d'autant que pour chaque phrase de l'article, on doit ajouter les références que cite l'article.

D'ailleurs, ajoutons que l'on doit se procurer les articles référencés par l'article qu'on lit, et les « lire » ensuite, de la même façon, crayon à la main (ou, plus exactement, ordinateur sous les doigts), en prenant le plus de notes possible.

Bref, lire scientifiquement, ce n'est pas lire, mais écrire très abondamment !

Et, enfin, il faut absolument dire si l'article cité est bon ou pas : voir le "Comment évaluer article".

## *Estimation du temps de bibliographie*

### *Explication*

C'est une bonne chose de comparer un temps estimé avec un temps réel : ça permet plus tard, dans un environnement professionnel, de bien savoir ce que l'on peut faire raisonnablement, donc de discuter avec une hiérarchie ou une équipe que l'on dirige.

Ici, ce sont des ordres de grandeurs que l'on donne sur la base d'une estimation "analytique" : on détaille chaque grande série de travaux, et on leur attribue une estimation de temps (on peut même diviser ces grands travaux en plus petits pour donner des temps plus fiables).



*Ici, répète le titre de ton travail*

*Explication*

Comme indiqué plus haut, c'est en utilisant chaque mot du titre complet que l'on peut faire une bibliographie complète.

*Et maintenant, fais une sous section pour chaque mot du titre, et fais la bibliographie pour chaque mot, afin de connaître l'état de l'art*

...

**Observations faites lors d'expériences personnelles préliminaires ou observations expérimentales faites par autrui, notamment lors d'expériences préliminaires (en se souvenant que la vie est trop courte pour mettre les brouillons au net, et qu'il vaut donc mieux faire des "brouillons nets")**

*Explication*

Il s'agit d'évoquer ici des expériences qui ont été faites (par toi ou par des membres du groupe) avant que ne commence ce DSR.

Fréquemment, les expériences sont faites pour suivre d'autres expériences, faites auparavant, qui ont ouvert de pistes ou appelé des précisions, des études complémentaires.

D'autre part, certaines observations guident la méthode choisie, parce qu'elles conduisent à des hypothèses théoriques que l'on veut tester (voir case suivante)

Attention : si cette case figure ici, après la bibliographie, c'est qu'il s'agit d'indiquer ici autre chose que les résultats de la bibliographie : des expériences personnelles (ou celles de proches) faites de façon préliminaire.

S'impose enfin une discussion concernant la dernière phrase "en se souvenant que la vie est trop courte pour mettre les brouillons au net, et qu'il vaut donc mieux faire des brouillons nets" : parfois, on peut avoir envie de faire une expérience préliminaire où l'on ne fera pas de mesures précises, où l'on aura seulement une idée du déroulement expérimental. Pourquoi pas... mais seulement si cette expérience prend très peu de temps (disons une ou deux heures maximum).

## Quelle hypothèse théorique est testée par cette expérience ?

### *Explication*

Pour un travail scientifique ou pour un travail technologique, c'est bien d'avoir une idée théorique, afin de la confronter à l'expérience : au minimum, l'expérience donnera des données et une confirmation ou une réfutation de nos idées théoriques.

Ici, ne pas le faire sous cette section, mais le répartir dans les sections à cet effet : "L'analyse théorique est la suivante", puis "De ce fait, on prévoit que"

## *L'analyse théorique est la suivante*

### *Explication*

Ici, il s'agit d'écrire une analyse théorique du phénomène que l'on explore. Tout ce que tu as appris dans tes études supérieures peut enfin servir !

### *Exemple*

Par exemple, si tu étudies la libération des sucres par une carotte que l'on cuit dans l'eau, tu peux écrire :

On place dans l'eau des racines de carotte

Ces racines sont des organes végétaux qui captent la sève brute, et stockent les produits du métabolisme foliaire (essentiellement sucres et acides aminés).

La sève (brute ou élaborée) circule dans les tissus conducteurs (canaux du xylème et du phloème).

Quand on coupe la carotte en rondelles, les canaux sont ouverts et en communication avec le liquide.

De sorte que les métabolites foliaires peuvent sortir par diffusion.

## *De ce fait, on prévoit que :*

### *Explication*

C'est ici qu'il faut faire une hypothèse que l'on peut tester par l'expérience.

### *Exemple*

Avec l'exemple du bouillon de carottes, on en vient à prévoir que l'analyse du liquide montrera des sucres et des acides aminés, qui augmenteront jusqu'à un équilibre.

On pourra aussi prévoir une modification chimique des composés qui auront diffusé.

De ce fait, on prévoit que :

## **Calcul sur lequel l'expérience envisagée est fondée :**

### *Explication*

Cette section sert notamment à s'assurer que l'on fera une expérience qui n'est pas vouée à l'échec. Ici, faire un soliloque et utiliser le "squelette de calcul" (voir ce document).

En science, les théories et les modèles ne sont pas de la poésie, mais des groupes d'idées étayées par des calculs. Voici pourquoi un calcul s'impose avant toute expérience.

Dans le fond, cette case doit contenir l'expression quantitative de l'hypothèse théorique précédente.

Comme cela est difficile, on te guide, en détaillant, avec des sous parties.

**(ici ne rien écrire, passer directement à la sous-section "Ici, la question...")**

**Ici, la question étudiée est répétée, abstraite, remachée, ruminée (laisser les scores)...**

### *Explication*

On reprend la question que l'on se pose, on la réécrit, afin de bien l'avoir sous les yeux.

Puis on examine les mots, et on cherche quelque chose de plus abstrait que la petite question que l'on considèrerait initialement.

On cherche à généraliser.

La question que l'on se pose est :

On examine les mots :

**Et un modèle théorique**

### *Explication*

Un modèle, c'est une description en termes d'équations, une schématisation de l'expérience, voir le "squelette de calcul" et le podcast sur le calcul du volume de mayonnaise).

Avec cette rumination, on arrive à une description théorique, générale.

N'hésite pas à faire un schéma !

**On introduit des paramètres et des symboles (des lettres pour un calcul formel) pour décrire complètement -et quantitativement!- le modèle :**

### *Explication*

Nous étions arrivés à une description en mots. Il faut maintenant passer à une description en termes de variables, d'inconnues, de paramètres formels.

Ce n'est pas une étape difficile : on prend chaque mot (ça chauffe, du courant passe...) et l'on cherche à quantifier le phénomène décrit (température, intensité ou potentiel...).

**Enfin, on cherche les relations entre les paramètres, en relation avec la question :**

### *Explication*

Par exemple, si l'on chauffe une masse d'eau, on tire de sa besace un  $Q = M c (T_2 - T_1)$ . Si l'on a un courant et une tension, on écrit un  $U = RI \dots$

## Prévision du temps de préparation de l'expérience

### La méthode générale d'étude envisagée

#### *Explication*

**Une phrase seulement** : ici, on décrit la méthode générale, pas les détails de la méthode, qui seront donnés plus bas.

Je répète : ne pas donner la méthode étape par étape (qui viendra ensuite), mais la description générale du chemin qui sera suivi, l'idée dont la méthode détaillée donnée plus loin sera l'explicitation.

Pour te faciliter le travail, ne faire que compléter la phrase qui commence ci dessous.

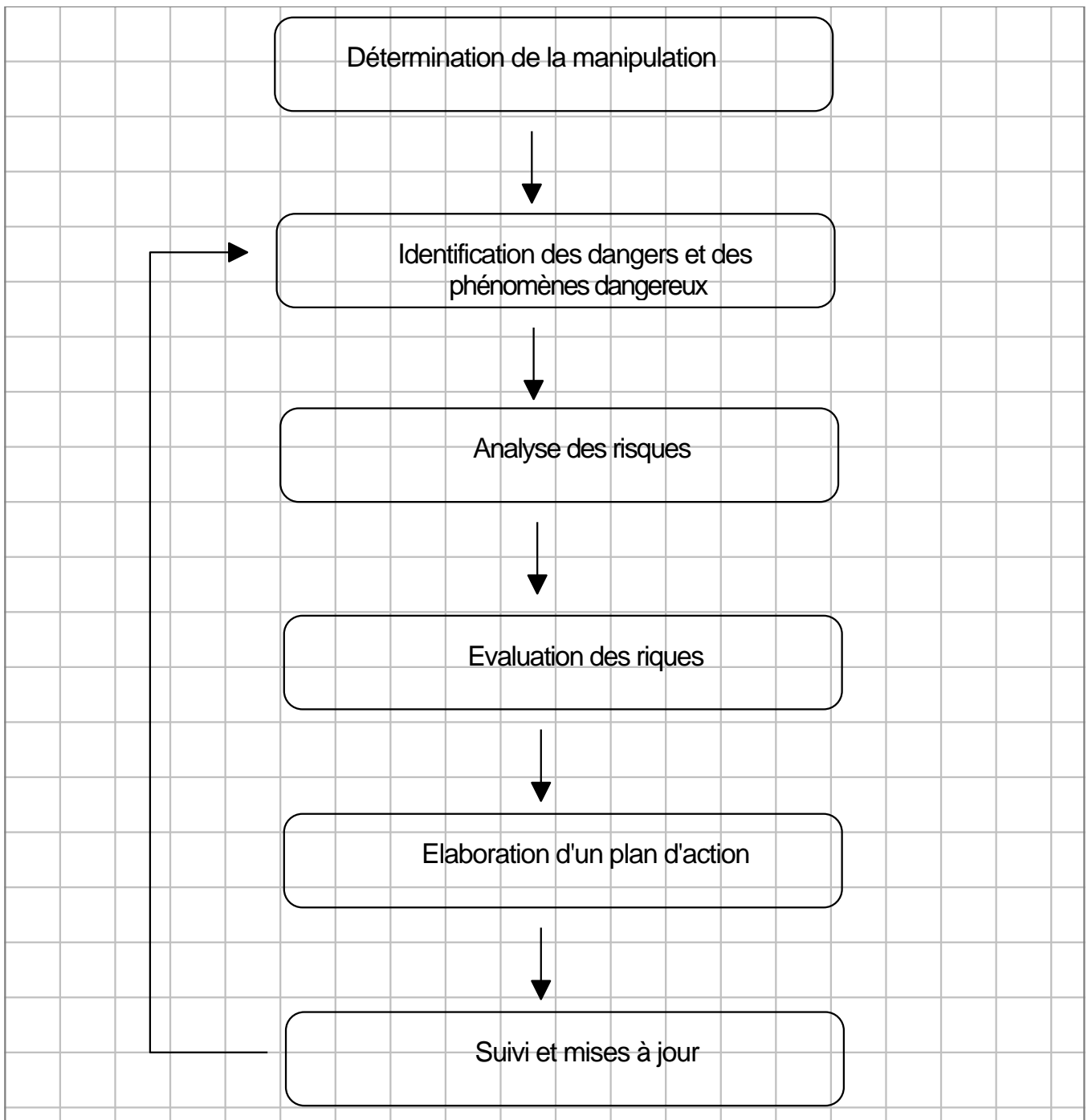
L'idée générale de la méthode est ...

### La question de la sécurité

#### *Explication*

On ne fait pas d'expérience sans envisager les risques. Non seulement pour soi, mais aussi pour les autres, et l'on se souvient que les maîtres mots d'un bon travail de chimiste sont "sécurité, qualité, traçabilité".

Voici le schéma général à appliquer :



Ci dessous, on suit donc ce schéma.

### *Identification des dangers et des phénomènes dangereux*

#### *explication*

On imagine bien la méthode, pour identifier les dangers : on considère chaque geste expérimental, et on cherche les dangers afférents.

Mais comme on n'est pas encore arrivé à la méthode détaillée, on se dit que c'est peut-être plus tard que

l'on doit faire ce travail. Oui et non. Oui, on peut très bien reprendre toute cette partie Sécurité après que le schéma détaillé a été fait. Mais le faire a priori n'est pas inutile, car cela peut nous conduire parfois à changer de méthode, si l'on détecte des dangers excessifs.

### *Analyse des risques*

#### *explication*

Ici, il faut savoir que tout est dangereux, et que c'est le risque qui est à réduire. Et ce dernier dépend à la fois du danger intrinsèque (du cyanure, c'est plus dangereux que du sucre) et de l'exposition (le cyanure dans un tube que personne ne manipule, c'est avec peu de risque).

### *Elaboration du plan d'action*

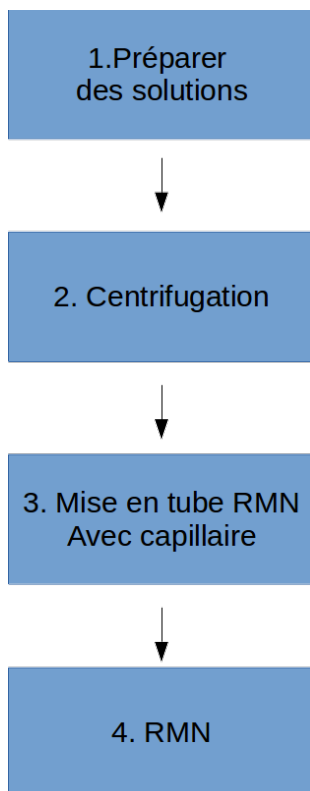
#### *explication*

Il faut évidemment réduire les risques.

### **Schéma général de l'étude (fonctionnel !)**

#### *Explication*

Attention : il ne s'agit pas de faire des images, ce qui est idiot.  
Il s'agit d'énumérer les étapes de l'étude (liste numérotée).



Le BUT, c'est d'identifier les principaux paramètres expérimentaux (par exemple température) et d'introduire des SYMBOLES.

Puis, on introduit des données numériques (représentées par des symboles) exprimées en unités du Système international d'unités.

L'idée est de MONTRER LES ETAPES ET D'INTRODUIRE LES PARAMETRES QUANTITATIFS (symboles) utiles.

Il faut expliquer que les schémas sont des œuvres de dessinateurs, pas de scientifiques. On se moque de la représentation des colonnes à reflux, et la raison pour laquelle on veut ici un schéma qui soit plutôt un organigramme, c'est seulement parce que l'on veut une sorte de garde fou, qui permette d'éviter les calculs numériques foireux, et qui rappelle que les calculs doivent toujours être formels (d'où Maple –par exemple, mais n'importe quel autre logiciel de calcul formel convient- en outil permanent sur ton bureau).

Répetons : tout calcul doit être formel, et c'est seulement quand on obtient une formule finale que l'on remplace les lettres par des valeurs numériques, exprimées en unités du Système international d'unités. Mieux encore, on peut, si l'on veut, commencer par introduire les divers paramètres numériques, en les désignant par des lettres. Par exemple, si l'on impose un courant de  $5 \mu\text{A}$ , ou si l'on utilise une masse de  $250 \text{ mg}$ , on écrira ici  $I = 5\text{E-}6 \text{ A}$ ,  $m = 2.50\text{E-}4 \text{ kg}$ .

## La méthode détaillée

### *Explication*

Dans ce qui suit, il faudra fermer les yeux et imaginer tous les gestes qui seront faits : cela permettra de bien lister les produits, matériels...

**Attention à l'usage des indices qui a planté plein de monde (voir le des bases maple) ! Surtout pas de tarabiscotage, mais seulement, des numéros d'ordre : 1, 2, 3... A noter qu'il y a un document "C indices" à ce propos : c'est le moment de le lire.**

Et une seule opération par ligne, avec une case vide que l'on coche, comme dans une check-list.

**Toutes les étapes bien décrites en pratique, avec les matériels, les produits, les gestes, tout !**

### *Explication*

Puisque nous sommes dans la partie "préparation", et pas la partie "expérience", c'est seulement la préparation de l'expérience que l'on fait.

Première chose : faire de petits tableaux pour les diverses étapes de l'expérience, et, pour chaque étape, bien détailler tous les gestes, en numérotant. **A cette fin, partir des étapes représentées dans la section précédentes "Méthode générale" et inscrites dans des sections.**

Et pour chaque section (il y en a 3 de préparées ci dessous, mais en faire évidemment autant que nécessaire), avoir un tableau à deux colonnes.

L'idée, c'est de mettre TOUS les gestes dans la colonne de gauche, et leurs justifications dans la colonne de droite.

Ici, se donner de l'air avec autant de lignes de blanc que possible, et, mieux encore, numéroter TOUS les gestes (étapes) séparément, **en évitant de mettre plusieurs gestes avec le même numéro : faire le plus d'étapes élémentaires possibles et ajouter des cases à cocher**

Ce tableau, quand il sera fini, peut être discuté avant qu'on se lance dans l'expérience pratique.

Mais surtout, quand on fera l'expérience, on ne sera plus dans la partie "préparation", mais dans la partie 2. Autrement, il faudra prendre seulement la colonne de gauche, faire copier, et aller faire coller dans la partie. Ce tableau de la partie 2 ("expérience"), une fois qu'on aura éliminé les lignes de blanc, sera imprimée, et collée dans le cahier de laboratoire. C'est dans le cahier de laboratoire que l'on suivra le protocole, et c'est dans ce même cahier de laboratoire que l'on écrira les valeurs des mesures, et autres (par exemple, le nom d'un fichier d'un spectre RMN, assorti du chemin informatique pour le trouver). Autrement dit, aucune valeur de mesure, aucun résultat, dans cette partie préparation.

On y va. Dans le tableau ci dessous :

◦ Introduis les paramètres indiqués plus hauts, et laisse un blanc après, de sorte que, quand tu auras imprimé cette partie et que tu l'auras collée dans le cahier de laboratoire, il te suffira de noter les valeurs mesurées dans les cases toutes prêtes (il faut qu'il y ait assez de place).



- Pense dès maintenant qu'une expérience doit être répétée trois fois au moins.
- A noter que cette sous-section, une fois finie, devra être donc copiée-collée dans la partie "Résultats".
- N'oublie pas que tous les gestes, matériels, méthodes doivent être JUSTIFIES par des références méthodologiques, tel le livre de l'AOAC ou une publication.
- Pense MICROCHIMIE : ce n'est qu'exceptionnellement que l'on utilise des quantités aussi EXAGEREES que le gramme. Normalement, c'est du mg.
- Enfin, n'oublie pas que CE N'EST PAS ce tableau qu'il faudra remplir quand tu feras l'expérience : ce sera la copie de celui-ci, qui aura été mise dans la partie Résultats. Aucun résultat d'expérience ici svp.

A propos des réactifs, il faudra donner le nom, les caractéristiques physico-chimiques, les constantes, les références fabricant, les règles de sécurité à appliquer... Attention : les notices de sécurité doivent être données maintenant en annexe ; ne pas Ici, il faut le maximum d'information. Un mois après, il sera trop tard pour remplir cette case, et l'expérience prouve que l'on s'en mordra les doigts, parce que l'on ne saura pas répondre aux questions légitimes des rapporteurs !

D'autre part, les informations sur les réactifs sont indispensables pour comprendre les résultats, envisager des interprétations, prévoir de nouvelles expériences.

Bien sûr, il faut donner les noms IUPAC des composés (sais-tu ce que c'est que l'IUPAC ?), des solvants, leur grade, leur pureté, etc. Mais il faut surtout se poser des questions de sécurité : c'est ici que l'on évite de mettre en danger les autres et soi-même. Il est interdit d'utiliser un solvant dont on ne connaît pas le danger.

Ici, c'est la méthode détaillée que l'on décrit, et c'est une bonne chose que de la décrire en utilisant des numéros d'ordre, d'où leur présence dans la case.

Le détail doit être suffisant pour que quelqu'un refasse l'expérience à partir de cette description, de sorte que tous les paramètres, toutes les actions doivent être indiqués.

Cette description sera notamment utile pour remplir les cases précédentes (matériels, produits) : il suffira de savoir lire.

Par exemple, si l'on lit : « peser avec une balance à 0,001 g », on saura qu'il faudra indiquer plus bas : « Balance OHAUS, précision 0.001 g ».

Cela étant, c'est la justification qui est importante : chaque étape doit pouvoir être justifiée, soit par une référence bibliographique, soit par référence à un travail expérimental qui a déterminé le choix des paramètres, matériels, produits...

Et finalement, peut-être qu'avoir l'organigramme sous les yeux est une bonne chose.

J'y pense : fais le plus de lignes (étapes numérotées possible), en mettant des lignes de blanc dessus et derrière, afin d'avoir de l'air, et de penser de façon lente. Puis, quand tu copieras ce tableau dans la partie 2, tu enlèveras ces lignes de blanc (seulement dans la partie 2) afin de ne pas gâcher de cahier de laboratoire.

*Tableau à copier et coller dans chaque sous section de la méthode détaillée*

--	--

Les étapes	La justification des opérations, des matériels, des réactifs, les dangers éventuels ... Ajoute des commentaires
1. Noter : <input type="checkbox"/> Date : <input type="checkbox"/> Heure : <input type="checkbox"/> Température : <input type="checkbox"/> Hygrométrie :	
2. <input type="checkbox"/> Tarer	On utilise la balance XXXX, de caractéristiques xxxxx.
3. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Peser trois fois un bécher de 50 mL : $m_1 := [ \quad , \quad , \quad ]$	On choisit un bécher parce que ...
4. <input type="checkbox"/>	

Ici, la méthode générale que l'on va développer

### *Explication*

Attention : ce tableau est un tableau préparatif seulement. Une fois qu'on l'a fait, on le copie et on le colle plus loin, dans la partie expérimentale (ici, on est seulement dans la partie de préparation de l'expérience)

## Récapitulation de la liste complète des réactifs, produits... :

### *Explication*

Ici, on va donner toutes les indications expérimentales ultérieurement nécessaires pour un rapport, une publication...

### *Réactifs :*

### *Explication*

Pour chacun, donner :

- le nom,
- les caractéristiques physiques,
- les caractéristiques chimiques,
- les données de sécurité,
- la pureté (a-t-elle été contrôlée, notamment par RMN ?),
- le fournisseur,
- le numéro de lot,
- et d'autres informations supplémentaires, spécifiques de l'étude . Error, missing operator or `;`

Ici, il faut le maximum d'information. Un mois après, il sera trop tard pour remplir cette case, et l'expérience prouve que l'on s'en mordra les doigts, parce que l'on ne saura pas répondre aux questions légitimes des rapporteurs !

D'autre part, les informations sur les réactifs sont indispensables pour comprendre les résultats, envisager des interprétations, prévoir de nouvelles expériences.

Bien sûr, il faut donner les noms IUPAC (sais-tu ce que c'est que l'IUPAC ?) des solvants, leur grade, leur pureté, etc. Mais il faut surtout se poser des questions de sécurité : c'est ici que l'on évite de mettre en danger les autres et soi-même.

**Il est interdit d'utiliser un solvant dont on ne connaît pas le danger : ce serait comme de traverser une route en ignorant si c'est une route de campagne déserte ou le périphérique !**

La question de la pureté est également terrible : je ne raconterai jamais assez que, étudiant les vins bouchonnés, nous avons acheté du trichloroanisole chez Sigma Aldrich, pureté 99,9%, mais que, après des essais étonnants, un passage du produit en RMN nous a montré que 50 % du produit n'était pas celui marqué sur l'étiquette!!!!!!

Idem : l'équipe de Jean Marie Lehn a eu des résultats incohérents pendant un an parce que le produit vendu n'avait rien à voir avec le produit acheté. Méfiance : ce qui est écrit n'est pas toujours juste!

## ***Divers produits utilisés lors des expériences :***

### ***Explication***

Par exemple, les produits alimentaires.

Pour chacun, donner le plus d'information possible (si on achète ces produits chez un commerçant local, demander l'origine, la date de production, le producteur, le lot, etc.

Il faut savoir que, dans une publication, le choix de chaque détail expérimental doit être expliqué.

Anticipe donc les questions des rapporteurs de la publication, et indique les variétés, marques, numéro de lot, etc. Le plus possible, du quantitatif svp.

## ***Matériels utilisés (donner tous les détails!) :***

### ***Explication***

Il s'agit ici de dire quel matériel est utilisé. Mettre TOUS les détails de TOUS les appareils.

Si tu veux éviter de tout retaper, tu peux aller chercher dans la liste des matériels du groupe, et faire un copié-collé.

Bien tout noter, comme par exemple :

Balance: type, précision, dérive, date du dernier contrôle, utilisation éventuelle (conseillée !) d'un étalon secondaire pour le contrôle, etc.

## ***Matériels :***

## ***Logiciels :***

### ***Explication***

Regarde une publi pour savoir ce que l'on a besoin d'écrire ! Tu y verras par exemple "Maple 18.1, Waterloo Maple Inc, Toronto, Canada".

## ***Estimation du temps nécessaire pour faire l'expérience :***

### ***Explication***

Dans ta vie professionnelle, tu auras besoin de dire à ton patron de combien de temps tu as besoin pour un travail donné, et, si tu diriges une équipe, tu devras savoir comment fixer des objectifs réalistes, ou évaluer les propositions qui te seront faites.

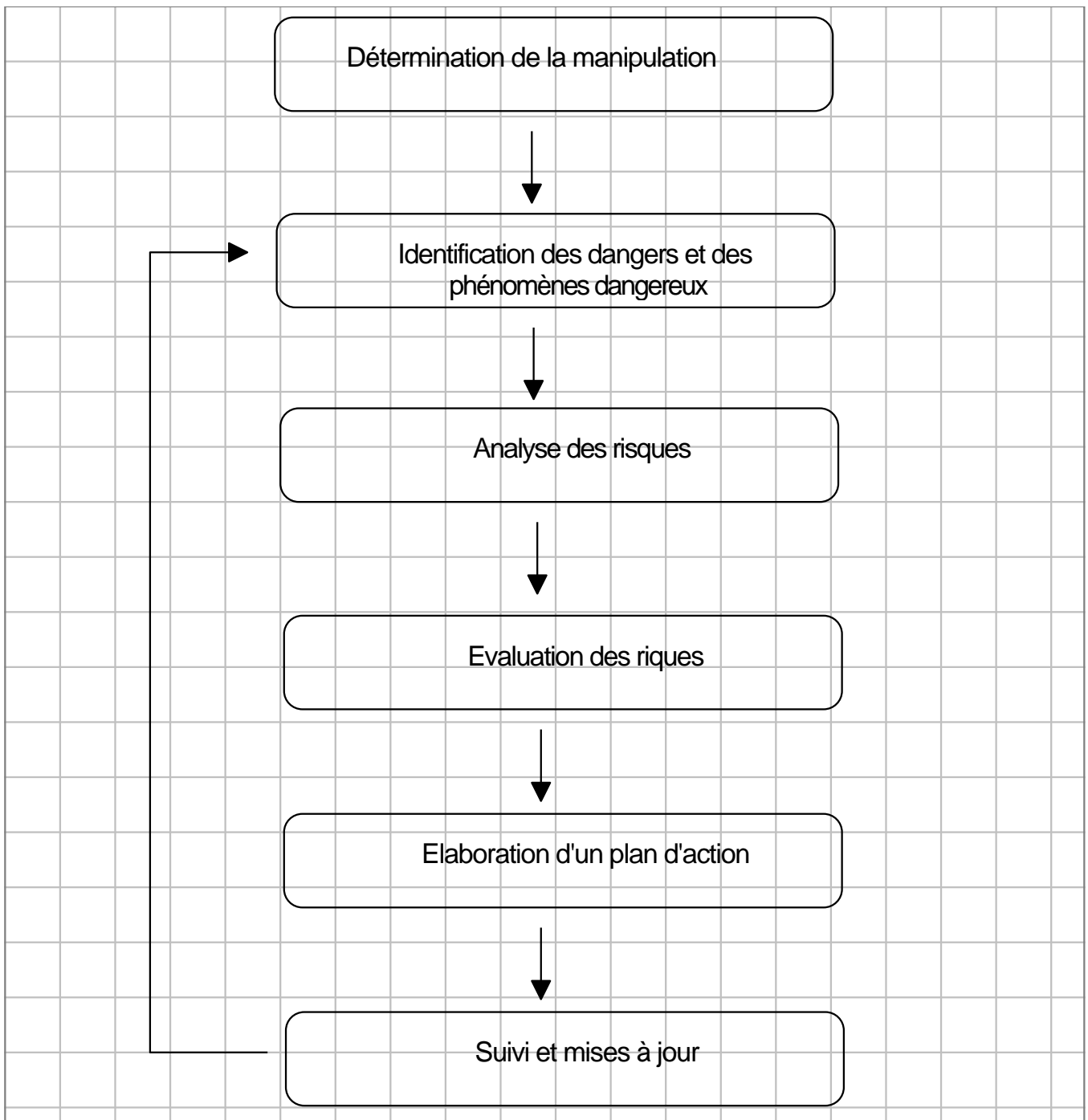
Il faut donc t'entraîner à connaître les temps nécessaires pour les travaux. Error, missing operator or `;`

## **La question de la sécurité, après la méthode détaillée**

### *Explication*

Cette fois, nous disposons de la méthode détaillée, de sorte que nous pouvons réviser notre plan a priori.

Comme précédemment, on applique le plan



Ci dessous, on suit donc ce schéma.

### *Identification des dangers et des phénomènes dangereux*

#### *explication*

On imagine bien la méthode, pour identifier les dangers : on considère chaque geste expérimental, et on cherche les dangers afférents.

Mais comme on n'est pas encore arrivé à la méthode détaillée, on se dit que c'est peut-être plus tard que

l'on doit faire ce travail. Oui et non. Oui, on peut très bien reprendre toute cette partie Sécurité après que le schéma détaillé a été fait. Mais le faire a priori n'est pas inutile, car cela peut nous conduire parfois à changer de méthode, si l'on détecte des dangers excessifs.

### *Analyse des risques*

#### *explication*

Ici, il faut savoir que tout est dangereux, et que c'est le risque qui est à réduire. Et ce dernier dépend à la fois du danger intrinsèque (du cyanure, c'est plus dangereux que du sucre) et de l'exposition (le cyanure dans un tube que personne ne manipule, c'est avec peu de risque).

### *Elaboration du plan d'action*

#### *explication*

Il faut évidemment réduire les risques.

**Combien as-tu mis de temps à préparer l'expérience ? Différence avec la prévision ?**

Maintenant, on se concentre sur les résultats expérimentaux.

## **2. L'expérience**

**Date:**

**Résultats, incluant des observations qualitatives (ici, on peut mettre des photographies prises pendant l'expérience, ou bien des phrases telles que "Ca jaunit") :**

*Explication*

C'est ici que tu colles la première colonne (**seulement la première colonne !**) du tableau précédent (méthode détaillée de la partie 1):

- copier ce tableau dans un nouveau document Maple
- supprimer la colonne de droite
- appliquer le programme de suppression des lignes blanches inutiles
- recoller le tableau dégraissé ci dessous
- l'imprimer et le coller dans le cahier de laboratoire.

Puis, tu rempliras le tableau avec les valeurs expérimentales (donc après l'expérience), mais nous verrons plus loin comment tu peux faciliter le travail en ne saisissant qu'une valeur dans la première partie de la variable, puis en ne saisissant dans les deux autres champs que ce qui change.

Par exemple, si tu as fait un tableau où apparaît :

$$m_{31} := [ \quad , \quad , \quad ]$$

et si tu as consigné dans ton cahier de laboratoire des valeurs :

$$m_{31} := [ 10.7277 , 10.7278 , 10.7276 ]$$

alors tu verras plus loin que nous utiliserons Maple pour que tu te limites à rentrer dans le DSR :

$$m_{31} := [ 10.7277 , 8 , 6 ]$$

Evidemment, il peut y avoir des cas plus tordus, comme si tu as dans ton cahier de laboratoire :

$$m_{31} := [ 10.0001 , 10.0002 , 9.9999 ]$$

Cette fois, la proposition est que tu entres dans la feuille :

$$m_{31} := [ 10.0001 , 2 , 9.9999 ]$$

Puis nous te proposons d'ajouter une seconde colonne, en faisant Format/Tableau/Insertion/Colonne à la droite.

C'est dans cette colonne que Maple qu'il est intéressant de consigner des observations, des commentaires, et aussi des 'références vers des dossiers qui contiennent des photos prises pendant l'expérience (afin de ne pas alourdir le fichier excessivement).

### Préparation générale

Les étapes	La justification des opérations, des matériels, des réactifs, les dangers éventuels .. . Ajoute des commentaires
1. Réunir le matériel et les produits : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Ici, on récapitule après avoir rempli le tableau.



<p>2. Laver et sécher (comment ?) tout le matériel</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p>	<p>On lave de la façon suivante (référence) :</p> <p>On sèche ainsi (référence) :</p>
<p>3. Noter :</p> <p><input type="checkbox"/> Date :</p> <p><input type="checkbox"/> Heure :</p> <p><input type="checkbox"/> Température :</p> <p><input type="checkbox"/> Hygrométrie :</p>	

Ici, donc, coller seulement la première colonne du tableau de préparation des expériences

Et maintenant, ajouter au tableau une colonne à droite, en faisant Format/Tableau/Insertion/Colonne à la droite.

Reporter les observations, commentaires, notes prises pendant l'expérience, etc.

A la suite de quoi on fait calculer par Maple les moyennes et les écart-types (ici pour les masses, mais si tu as d'autres données, tu peux le faire facilement en changeant les noms) :

### Explication

L'idée du calcul qui suit est de faire une boucle, avec autant de tours que de triplets de mesure  $m_i := [ \quad , \quad , \quad ]$ , et le calcul de la moyenne et de l'écart-type pour chaque triplet de mesure. Là, il faut se mettre dans le groupe de code qui suit et taper "Enter" (ou "Entrée", ou "Return") :

```

for i from 1 to nops(m) do
   $m_i[1] := m_i[1]$  :
  compteur := 0;
  for j from 1 to length(convert(m[1], string)) do
  if substring(convert(m[1], string), j)  $\neq$  substring((convert(m[2], string), j)) and compteur = 0
    then cat(substring(convert(m[1], string), 1..j), substring((convert(m[2], string), j + 1
      ..length(convert(m[2], string)))))) : compteur := compteur + 1 end if
  end do;

```

```

compteur := 0;
for j from 1 to length(convert(m[1], string)) do
if substring(convert(m[1], string), j) ≠ substring(convert(m[3], string), j) and compteur = 0
then cat(substring(convert(m[1], string), 1..j), substring(convert(m[3], string), j + 1
..length(convert(m[3], string)))) : compteur := compteur + 1 end if
end do;
end do;
for i from 1 to nops(m) do
mmoyi := Mean(mi[1], mi[2], mi[3]);
sdi := StandardDeviation[1](mi[1], mi[2], mi[3]);
end do;

```

**Resultats correctement exprimés : ici, transformer les tableaux de données en figures, diagrammes, histogrammes, courbes... (ici, aucune courbe ne doit relier des points expérimentaux ; cela sera fait plus loin) :**

### *Explication*

Dans l'étape précédente, on a obtenu des points de mesure, des spectres, etc.

C'est cela que l'on affiche maintenant, et, comme dit dans l'intitulé de cette rubrique, on ne met que le points de mesure, sans les incertitudes, et, surtout, sans relier les points entre eux !

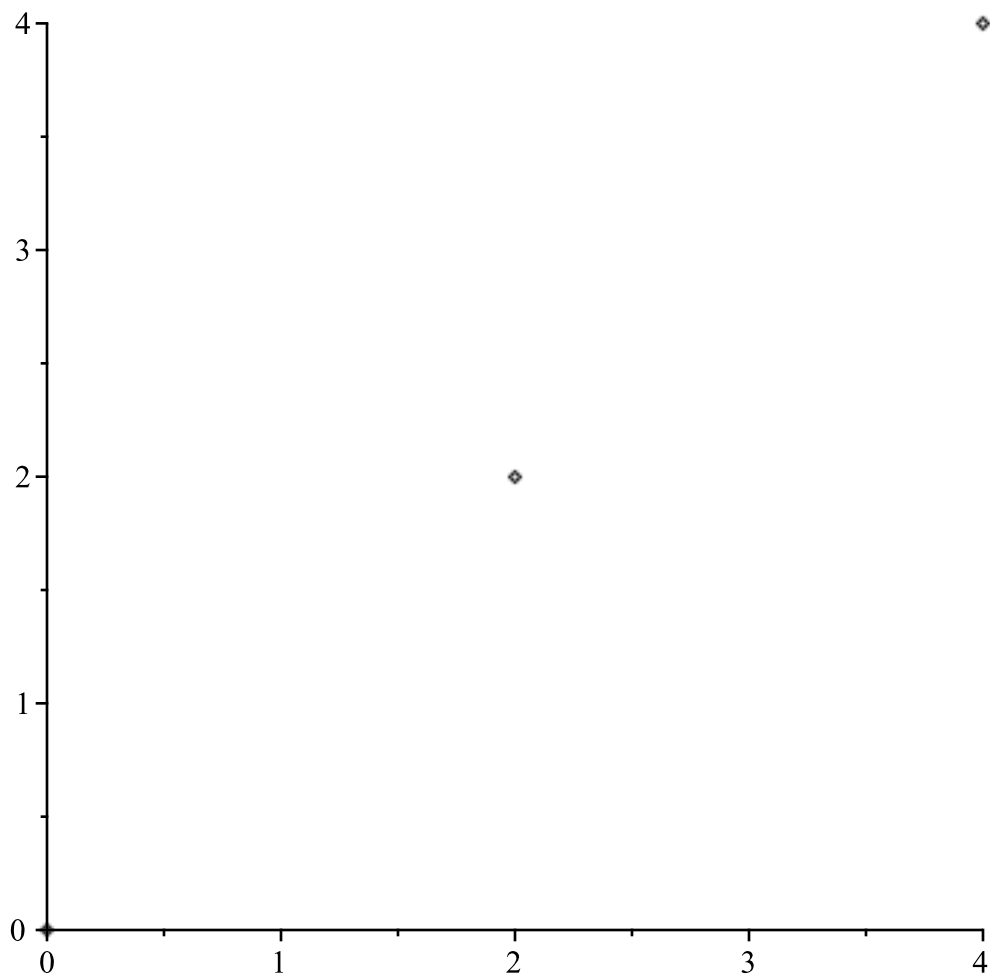
A noter que Maple a des options pour cela (voir plot/options), à savoir que, dans un affichage par un "pointplot", il y a l'option connect=true, ou style=line, ou encore style=pointline... A NE PAS UTILISER ici.

Pourquoi ne pas relier les points ? Parce que des résultats sont des résultats. Les lignes entre les points ne sont pas des résultats, mais des interprétations de ces derniers. Et puis, qu'est-ce qui nous prouve que l'on n'a pas des choses, entre les points, là où l'on n'est pas encore allé voir ? Par exemple, avec les points :

```

with(plots) :
with(plottools) :
pointplot( {[0, 0], [2, 2], [4, 4]})

```



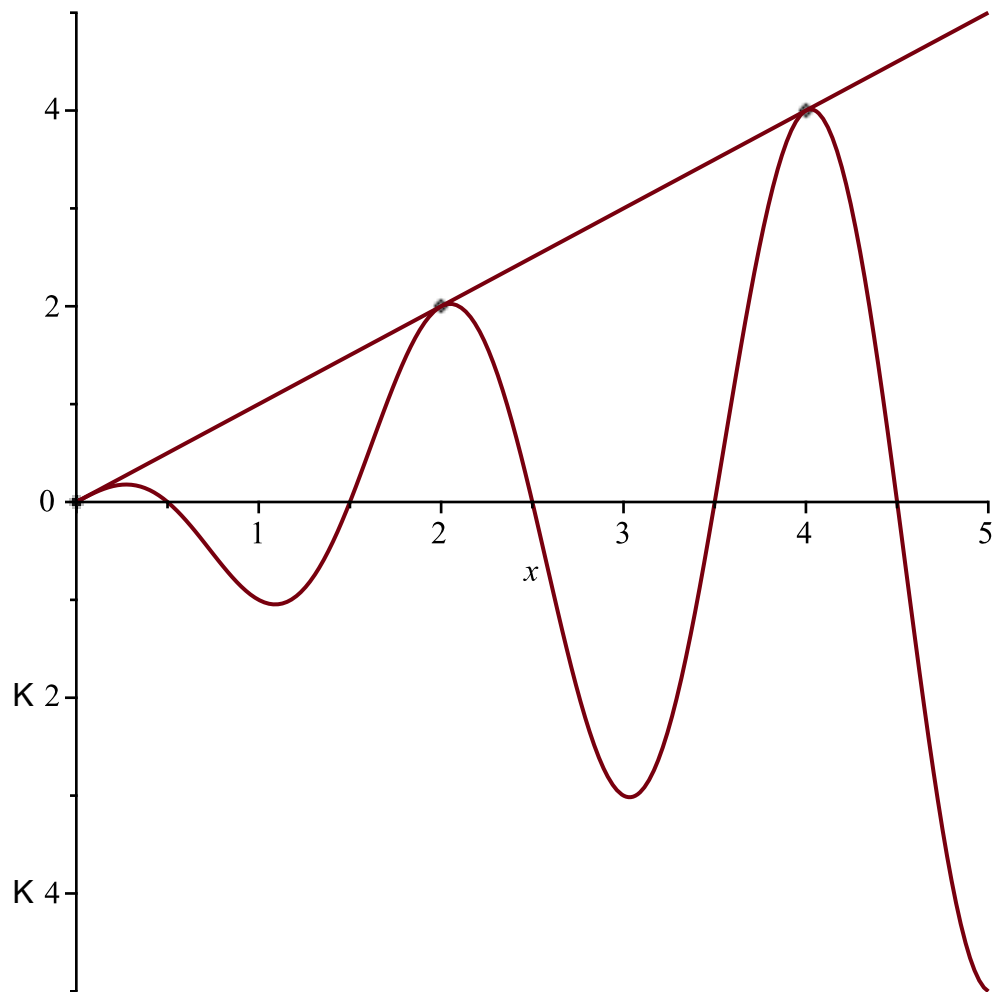
On peut tout aussi bien avoir une droite qu'une sinusoïde :

$a := \text{pointplot}(\{[0, 0], [2, 2], [4, 4]\}) :$

$b := \text{plot}(x, x=0..5) :$

$c := \text{plot}(x \cdot \cos(\pi \cdot x), x=0..5) :$

$\text{display}(a, b, c)$



### Autres observations effectuées durant l'expérience :

#### *Explication*

Quand on manipule, il y a une foule de choses à voir, d'observations à faire, de notes à prendre. Personnellement, je branche un dictaphone et je ne cesse de dicter des remarques. Ce sont ces informations complémentaires qu'il est proposé de consigner ici.

### Combien de temps as-tu mis ? Comparaison avec la prévision ?

#### *Explication*

Maintenant commence l'interprétation.

Attention : on fait généralement trop d'expériences, et bien trop peu d'interprétations!

### **3. Mise au propre des résultats, interprétations, conclusions, perspectives**

**Date**

**Prévision du temps nécessaire pour faire cette partie ?**

*Explication*

Comme précédemment. Attention de bien penser que patouiller avec Maple peut prendre du temps !

**Expression éventuelle des résultats en fonction de valeurs particulières (par exemple la masse de sodium par rapport à la masse séchée de carotte**

*Explication*

Là, ce n'est pas obligatoire, mais on part souvent de résultats d'analyse, et on doit les rapporter à des valeurs initiales d'échantillons.

Cela se fait pas à pas, en remontant la méthode détaillée vers le début de l'expérience

**Le schéma inversé de l'expérience**

**Puis les calculs, étape par étape, en partant de la fin**

**Estimation des incertitudes, des intervalles de confiance, etc. (quand c'est nécessaire ; sais-tu quand ça l'est ?) :**

*Explication*

Là, je sais d'expérience que beaucoup d'entre nous ont du mal à faire cela. Disons tout d'abord que des points de mesure sans incertitudes, c'est NUL ! (moi, professeur, je mets 0/20 à des gens qui affichent à autrui des valeurs sans incertitudes... sauf quand ils indiquent en légende que les incertitudes sont plus petites que les points, par exemple.

D'autre part, tu es invité/e à aller voir le "Comment incertitudes", qui dit comment faire ces calculs, et ces affichages.

En substance, il faut se souvenir qu'une valeur ne doit être affichée qu'avec ses chiffres SIGNIFICATIFS... lesquels dépendent des incertitudes.

Ensuite, il y a environ deux cas :

- soit l'incertitude est donnée par l'instrument de mesure (par exemple 1 g pour une balance (im)précise à

1 gprès

- soit l'incertitude est donnée -c'est une convention internationale- par l'écart-type de 3 mesures.

Mais il faut une méthodologie pour "propager" des incertitudes, ce qui signifie tenir compte de toutes les incertitudes sur toutes les opérations à toutes les étapes. La méthode est donnée ci dessous, pour être mise en oeuvre, mais elle tient en :

- représenter toutes les étapes
- indiquer les incertitudes à chaque étape
- partir du résultat final, et exprimer chaque résultat en fonction du précédent.

**Reproduis ici le schéma général (pour l'avoir sous les yeux)**

**Copie et colle ce schéma général. Puis, pour chaque étape, ajoute les incertitudes**

**Calcule les incertitudes en partant de la fin, et en remontant vers les premières opérations**

**Resultats amendés : les mêmes représentations que précédemment, mais avec les incertitudes**

### ***Explication***

Ici, c'est simple : il suffit de prendre les représentations trouvées en fin de deuxième partie, et d'ajouter les incertitudes.

Par exemple, sur un graphe ou sur un histogramme, tu ajoutes de petites barres correspondant aux incertitudes

**Description en mots des résultats obtenus juste (indiquer les tendances, les variations, etc. ; cette partie sera recopiée dans la partie Discussion) :**

### ***Explication***

Certes, un tableau de nombres est indigeste, mais une courbe, un graphe, un histogramme, etc. méritent mieux qu'un simple affichage.

Tu auras besoin plus loin, pour les interprétations, des résultats exprimés en langage naturel.

Pour cette description, pense à bien faire le gros avant le détail.

**Ajustements (les mêmes résultats que précédemment, mais les données expérimentales doivent être reliés par des courbes particulières, justifiées par des choix théoriques). Ne pas oublier d'afficher les résidus :**

### ***Explication***

Supposons que des points soient alignés : on aura tendance à tracer une droite qui passe au mieux par les points, et cela est un "ajustement", qui peut se faire -par exemple- par une régression linéaire. Les résidus sont les écarts des valeurs mesurées au modèle. Et cela vaut toujours la peine de s'assurer qu'ils sont aléatoires, qu'il n'y a pas de biais, notamment.

**Formalisation: introduction de nouvelles notions, concepts, paramètres quantitatifs**

### ***Explication***

Pour avoir une théorie, il faut "induire" (et non pas déduire) des notions, concepts nouveaux, quantitativement compatibles avec les équations produites par les ajustements.

**Recherche de relations ("lois") entre les paramètres (si tu vois une tendance, exprime la mathématiquement)**

### ***Explication***

**Applications numériques**

### ***Explication***

**Discussion (explications des résultats, à l'aide de la bibliographie, afin de répondre à la question "pourquoi").**

### ***Explication***

Contrairement à une idée largement répandue, les discussions ne doivent pas dire "nous trouvons telle valeur tout comme Untel" : cela ne serait pas de la science, mais simplement de la vérification.

*Ici, colle les résultats (en les prenant de plus haut) et ajoute une discussion : pour chaque phrase, fais une question du style "pourquoi est-ce ainsi et pas différemment?".*

### ***Explication***

*Puis, pour chaque phrase, utilise la bibliographie pour proposer une explication du résultat (pas d'inventions personnelles)*

### ***Explication***

*Puis teste l'explication quantitativement (en essayant plutôt de la réfuter que de la montrer)*

### ***Explication***

**Proposition de nouveaux concepts (chaque résultat expérimental peut être considéré comme un cas particulier des cas généraux qu'il faut inventer)**

### ***Explication***

Ici, on part donc de l'ensemble des équations théoriques, et il faut arriver à leur donner un cadre cohérent. En réalité, c'est ici l'essentiel du travail scientifique !

**Evaluation (as tu atteint l'objectif, etc.)**

### ***Explication***

C'est un automatisme à avoir : quand on fait un travail, il y a (1) une question, (2) le travail proprement



dit, (3) la solution trouvée et (4) l'évaluation. Il est toujours bon d'apprendre à s'évaluer, si l'on ne veut pas que les autres s'en chargent.

Attention : les gens biens s'évaluent toujours trop sévèrement, et les faibles avec trop d'indulgence.

## **Proposition d'améliorations de la techniques ou des résultats**

### ***Explication***

## **Conclusions**

### ***Explication***

Utile de se demander, finalement, si tout cela a quelque intérêt !

## **Autres perspectives**

### ***Explication***

Les conclusions, c'est une chose, mais rien de pire que les gens contents d'eux. La question n'est pas de savoir si la théorie décrit bien les résultats, mais, surtout, comment les résultats permettent (ou non) de réfuter, donc d'améliorer la théorie. On ne répétera pas assez que quand les résultats confirment une prévision, on a fait une vérification, mais quand ils sont contraires à ce que l'on imaginait, on a (peut-être) fait une découverte.

## **Combien de temps as-tu mis ? Comparaison avec les prévisions ?**

### ***Explication***

C'est ici que les précédentes estimations trouvent leur sens, leur intérêt : en comparant ce que l'on avait prévu avec ce qui a été fait, on apprend à mieux estimer, pour le futur.

## **Arbres et rameaux**

## *Explication*

Dans une expérience, on ne peut pas tout faire, et il y a lieu d'avoir un endroit où l'on conserve - précieusement- les idées expérimentales qui nous viennent et qu'il faudra faire un jour. Cela peut être fait ici.

A noter qu'il y a un "Comment arbres et rameaux", que l'on pourra utilement lire.

## **La touche finale**

### *Explication*

Quand un travail est terminé, il n'est pas "fini", et il s'agit donc de faire mieux. Ici, la question, au delà du respect que l'on se doit à soi même, est de bien s'assurer que quelqu'un qui reprendra le travail puisse comprendre quelque chose. La "touche finale", au delà des aspects matériels sans intérêt, vise aussi et surtout cela.

### **As tu vérifié :**

1. L'orthographe ?
2. La grammaire?
3. Reste-t-il des adjectifs et des adverbes, qui doivent être remplacés par des réponses à la question "combien?"
4. As tu validé les calculs (comment) ? Es tu prêt à parier une caisse de champagne qu'ils sont justes ?
5. Les diagrammes ont-ils tous les bonnes indications (unités, abscisses, ordonnées...)
6. Autres... Tiens, voici une petite liste :

### *Automatismes à avoir*

Initialement, la liste des "automatismes à avoir" était limitée à une vingtaine de recommandations, fondées sur des décennies d'observations de fautes à la revue Pour la Science, notamment comme éditeur et comme rédacteur en chef : je n'indiquais que les erreurs les plus courantes (connaissez-vous la différence entre une faute et une erreur ?).

Mais des relectures de textes scientifiques me montrent qu'il y a lieu de lier la pensée à l'écriture. Et la liste a grossi, de sorte qu'il a fallu la structurer.

Aujourd'hui, la liste est un peu longue, mais son existence reste un motif d'optimisme : il suffit de passer et repasser sur un texte pour écrire mieux que la très grande majorité de ceux qui doivent prendre la plume !

### **Des questions scientifiques :**

Un bon scientifique dit combien, donne des (bonnes) références, donne ou réclame les moyens de la preuve.

Pas d'adjectif : c'est du baratin. Remplacer par la réponse à la question "Combien?"

Idem pour les adverbes

Les chiffres sont-ils tous bien significatifs? Cela doit avoir été soit calculé (calculs d'incertitudes, affichés conformément au GUM du BIPM), soit mesuré par des écarts-types.

Parler des phénomènes avant de donner leur caractérisation. Par exemple, c'est parce que de l'eau chauffe que sa température augmente !

Une proportion est... une proportion (c'est l'objet). Si l'on souhaite, on peut éventuellement l'exprimer en %, mais pourquoi pas comme une proportion, simplement ?

L'abréviation de 1000, c'est k, et non pas K (kelvin)

Un flux n'est ni un courant ni un débit ; c'est un flux.

"qui varient" ne signifie pas "est compris entre xxxx et xxxx"

Quand on donne un résultat, il faut le protocole correspondant !

Cinétique et thermodynamique sont perpendiculaires.

"Des études antérieures" : lesquelles, au juste ?

"D'après certaines études" : lesquelles, au juste ?

Attentions aux mots de plus de trois syllabes... qui cachent souvent de l'ignorance, ou de l'idéologie, par exemple : dénaturation, agrégation, coagulation... Savez vous vraiment ce qu'ils signifient : par exemple, passez svp quelques secondes pour vous demander ce qu'est une agrégation.

Ecrire nombre (s.d ecart-type), et non pas nombre ( $\pm xxx$ ). Le " $\pm$ " est réservé aux incertitudes.

Les coefficients de corrélation expriment de la corrélation, pas nécessairement de la causalité (les attroupements sur les quais ne font pas venir les trains).

Attention au mot "diffusion", qui est utilisé à tort et à travers : une diffusion, c'est seulement une diffusion. Il y a à ce propos un très utile article de mon ami José Miguel Aguilera, et al. : Fat Migration in Chocolate: Diffusion or Capillary Flow in a Particulate Solid?—A Hypothesis Paper, Vol. 69, Nr. 7, 2004— Journal of food science R167-174.

On part de courbe d'étalonnage, pas de courbe de calibration

On parle d'étalon, ce qui n'est pas la même chose qu'un standard ou un calibre

Le mot "équivalent" ne signifie ni "égal", ni "du même ordre de grandeur"

Une masse sèche est une masse sèche, à ne pas confondre avec une masse séchée (dans des conditions à préciser)

Une déconvolution n'est pas une décomposition : n'utilisons pas de mot qui semble faire "chic", mais avec lesquels on se fait ramasser !

Vérifier que tous les "significativement" et les "significatif" correspondent bien à un calcul statistique.

Un code n'est ni un programme ni un logiciel

Avant de balancer une équation, dire ce que l'on calcule.

Pas de métaphore, pas d'usage métaphorique des termes ! Un impact, par exemple, n'est pas un effet.

Une masse est une masse, et pas seulement une "quantité"

Partout où il est écrit « augmente », « diminue », "est égal" ou "équivalent", chercher tout cela est bien significatif (sinon virer l'indication de tendance).

Pas de jargon : la clarté est la politesse de ceux qui s'expriment en public.

Toujours préciser la forme des sucres (D-glucose).

Une hypothèse doit être assortie d'un calcul, sans quoi c'est aussi nul que de se demander comment faire tenir Paris dans une bouteille.

Lipides : de quoi parle-t-on au juste, de triglycérides ? d'acides gras? de cholestérol?

Quand on évoque des petits sucres ou des acides gras, ou des acides aminés : parle-t-on de formes libres, ou bien de résidus d'acides gras, de résidus d'acides aminés et de résidus de sucres dans

(respectivement) des triglycérides, des protéines, des polysaccharides ?  
Quand on parle d'une molécule, en donner la structure moléculaire.  
Des axes de graphiques bien indiqués, avec éventuellement leurs unités.  
Une publication qui est invoquée : il faut dire précisément ce qui est dit, et ne pas en changer les phrases.  
D'ailleurs, un résultat de cette publication doit venir avec le protocole qui y a conduit.  
Attention au mot "expliquer", car la science n'explique pas : elle produit des descriptions quantitatives  
Ne surtout pas chercher à valider des hypothèses, mais au contraire chercher à les réfuter !  
Attention au mot "diffusion" : cf. l'article de José Aguilera.  
Les mots de plus de trois syllabes sont "interdits"  
Carbohydrate : dénomination pourrie, tout comme chlorophylle au singulier, par exemple, mais quand même pire, car on n'en est plus au temps où l'on croyait qu'une molécule d'eau était attachée à chaque atome de carbone ! ; utiliser saccharides  
Pas d'hypothèse sans calcul  
Attention aux mots "preuve", "démonstration", "vérité" : cela n'a pas sa place en sciences de la nature

### **Des questions de correction intellectuelle**

Commencer par donner l'objectif.  
Eviter les adverbes, c'est le commencement du style : recherche systématique de "ment", et suppression des adverbes inutiles.  
Attention à la différence entre « technologie » et « technique » (et « science »)  
"Complexe" : c'est un mot pourri, qui veut le plus souvent laisser penser que l'on est très savant parce que l'on étudie des choses difficiles (penser à "compliqué" ?)  
"Les deux types d'objets" ne signifie pas "les objets des deux types".  
"Selon Machin" : le mot "selon" introduit un doute... parce qu'il y a des connotations.  
Plus grand, plus petit, inférieur, significativement différent, etc : a-t-on calculé une ANOVA ? Que vaut  $F$  ?  
Une méthode n'est pas une technique  
Un modèle ?  
Une ACP n'"explique" pas ; en revanche, des groupes peuvent être séparés  
Les chiffres sont-ils tous significatifs (calcul d'incertitude, ou bien écart-type) ?  
Chaque phrase doit être assortie d'une référence à un bon texte qui établit l'idée de la phrase.

### **Des questions de clarté :**

Chaque phrase est-elle limitée à : Sujet verbe complément ? Si non, mon conseil est de diviser. Comme écrire par de telles phrases est souvent bien difficile par nos amis et par nous-même, pourquoi nous laisserions-nous aller à faire plus long ?  
Ce qui se dit en un mot est toujours plus clair que ce qui se dit en deux mots. Plus généralement, tout ce qui est superflu est gênant.  
Remplacer des "on va faire" par "on fera" : le futur n'est pas fait pour les chiens (à savoir : naguère, et encore aujourd'hui dans certains cercles, le futur est interdit, parce qu'il n'est pas sain intellectuellement, dans la mesure où il est imprévisible ; on disait "demain, je vais au marché... si Dieu le veut").  
Pas de "et/ou" qui ne signifient à personne, ni même à toi.  
Les métaphores compliquent parfois plus qu'elles n'expliquent.  
A-t-on annoncé la couleur : dans chaque début de paragraphe, a-t-on dit ce que l'on allait trouver dans le paragraphe ?  
Avant tous les intertitres, y a-t-il une phrase disant pourquoi on passe au passage suivant ?

Ne pas craindre les répétitions naïvement

Un point suivi de "en effet" peut être avantageusement remplacé par deux points

La terrible faute du partitif : un niveau peut être d'énergie, mais pas énergétique ; et l'exemple le plus courant est le "cortège présidentiel", qui n'est le plus souvent que le cortège du président. Je critique très énergiquement le nom imbécile donné il y a peu à la Société française de chimie, qui est devenue (une faute) la Société chimique de France : société peut être française, mais pas chimique !

### **Des conventions :**

Ecrire les nombres entiers en lettres jusqu'à 10, et en chiffres au delà, sauf si l'on veut donner des nombres décimaux bien sûr.

Les noms d'unités sont en minuscules, sauf quand ce sont des noms de personnes, et seulement pour l'initiale, pas pour le nom complet : 1 K, mais 1 kelvin.

s est l'abréviation de secondes (pas sec). et min ne prend pas de s, quand il y en a plusieurs

### **Des questions de grammaire qui pourrissent la lecture :**

Un infinitif ou un participe présent doivent avoir le même sujet que celui de la principale. Chercher (fonction recherche) systématiquement les "ant" et les "er"

"Après que" est suivi de l'indicatif

### **Des questions de mots qui sont gênants ou fautifs :**

Chercher les "rendre" plus adjectif : "rendre possible" = "permettre" : recherche systématique de "rend"

Remplacer "semble probable" par "est probable" (pléonasme)

De même, « faire obstacle », c'est « gêner » ; etc.

Les "ils impersonnels poussent à la faute : "il semble qu'il fasse" = "il semble faire" : recherche systématique de "il semble", etc.

Pas de "mais" ni de conjonction de coordination (et, ou, car ...) en début de phrase : rechercher les "

Mais", ".Car", ".Et", ".Ou" et remplacer par des ", mais", ", car", ", et", ", ou"

Attention à l'inflation des "très" ; on peut généralement les éliminer

Rechercher le verbe pouvoir, et chercher à l'éliminer. Remplacer systématiquement (ou presque) les "a pu montrer", "a pu observer", etc. par « a montré, observé, etc » ; "pour pouvoir comparer" : pour comparer

Attention à "impliquer" (contamination de « to imply »)

« Sophistiqué » signifie « frelaté », mais pas « complexe » ni « évolué »

Plus haut n'est pas plus intense, ni plus grand

Significatif n'est pas notable

« Brutalement » n'est pas « brusquement »

Attention à "véritable" (« véritable révolution » !) : le plus souvent, ce n'est précisément pas véritable.

Attention à « influencer » sur et « influencer »

Attention aux anglicismes : les plus fréquents sont : « se baser sur », « des douzaines », « réaliser » n'est pas « comprendre » ; remplacer « contrôler » par « commander » ou « déterminer » (contrôler, c'est faire une vérification), « compléter » n'est pas « achever » ; rechercher « développer » au sens de « mettre au point » ; idem pour « développement »

Remplacer « par contre » par « en revanche »

Attention aux usages exagérés de « permettre »

Rechercher « suggérer » : normalement, la suggestion, c'est l'hypnose

Rechercher « affecter »

Rechercher « processus » : un processus n'est une réaction, ni une série de réactions, ni un procédé

Rechercher " induire " parce qu'il est souvent utilisé fautivement

Rechercher emmener/emporter

Ne pas chercher la rallonge : "dans lequel" peut souvent devenir "où".

On ne dit pas "débute" mais "commence" (sauf au théâtre)

On ne dit pas "en dessous de ", mais "au-dessous de" ;

On dit plutôt "chaque fois" que "à chaque fois" ;

Eviter "au niveau de" et très généralement faire attention au mot « niveau » (recherche automatique)

Quand on rencontre "entre eux", "entre elles", vérifier que c'est utile ; de même, « les uns des autres », « les uns aux autres », etc. sont souvent inutiles

« ceci » annonce alors que « cela » se rapporte à ce qui a déjà été énoncé (le plus souvent, on peut se débarrasser de ces mots faibles) ; idem pour "celui-ci", "celui-là", "celle-ci", "celle-là", "ceux-ci", "ceux-là", "celles-ci", "celles-là"...

Des chevilles comme "en fait", "en réalité", "effectivement", "Du coup" sont rarement utiles

« plus petit » est « inférieur », « plus grand » ou "plus élevé" est « supérieur »

« très inférieur » est fautif (il faut écrire « bien inférieur ») ; de même pour « très supérieur » ... mais de toute façon, la question, c'est "combien ?"

« être différent » donne « différencier » ;

Utiliser "second" (pour deux possibilités seulement) et "deuxième" pour plus de deux

Examiner si les "simples", "compliqués", "facile" sont indispensables.

Souvent remplacer « appelé » par « nommé »

Les verbes "présenter" et "constituer" peuvent souvent être remplacés par "être" ou "avoir"

Attention : "plus important" doit signifier qu'il y a une importance plus grande ; souvent on doit le

remplacer par supérieur. Plus généralement, chercher systématiquement le mot "important", et chercher à l'éradiquer.

Attention à la signification des mots (pas impact mais effet / répartition et distribution; méthode/technique)

Le mot "significatif" ne signifie pas notable (et vice versa)

La "littérature", c'est la littérature, pas des publications scientifiques

Un étalonnage n'est pas une calibration, et une référence n'est pas un standard

Une matière séchée n'est pas une matière sèche

Remplacer les mots "faibles" ou "convenus" par du contenu réel (le mot "introduction" est moins bien que la question posée)

"Dans le but" est fautif : si on est dans le but, celui-ci n'est plus un but (remplacer par : afin de, en vue de, dans le dessein de)

"celui obtenu" : en français, il est obligatoire de ne pas omettre le "qui est"

"sur" signifie "dessus"

"au niveau de" suppose un niveau

un "impact", c'est un impact, et pas un effet

"en fonction" signifie "en fonction", mais "selon" a un sens différent

"Nommer", c'est donner un nom ; "appeler", c'est faire un appel

"si" introduit une condition, alors que "quand" introduit une circonstance

"basé sur" est un anglicisme ; il faut écrire "fondé sur" (sauf quand on parle d'une base, bien sûr).

"dur", c'est dur, mais "difficile", c'est difficile ; et "délicat", c'est délicat !

Un ratio ? un rapport

Arrêtons avec ces drastiques, voire ces dramatiques, quand on veut dire beaucoup, ou considérablement

"développer" signifie développer, pas "mettre au point"

Une "problématique" ? Moi, ce que je sais, c'est que ce mot est souvent... problématique !  
"Est-ce que ... est" : Est-il  
On doit, il faut : interdit  
Au fur et à mesure de : lors de  
Éviter les termes étrangers : c'est prétentieux (un "shift", c'est un décalage)  
"survit" ne signifie pas "subsiste"  
"générer" : beuh ! produire ?  
La "manière" suppose la main ; c'est différent de la façon  
"donner naissance" : il faut une naissance  
"au bout de" : "après", sauf s'il y a un bout !  
Dans un exemple que l'on donne, "comme" n'est pas "tel"  
Attention à "débuter" : faire ses premiers pas d'artistes (donc différent de commencement, démarrage)  
"En d'autres mots" : "autrement dit"  
chance et risque : connoté ; dire probabilité  
Un groupe n'est pas un groupement  
Plus généralement, une bonne façon d'écrire plus précisément consiste à ne pas pisser les mots, mais les choisir. Et si l'on n'est pas capable de faire cela au premier jet, faire, après ce premier jet, un crible qui considère chaque mot ! Je rappelle que l'on peut s'interroger sur le sens des mots en consultant <http://atilf.atilf.fr/>. Aller surtout à la fin, pour l'origine et l'étymologie.

### **Des questions de typographie :**

Ne pas sauter de ligne, sauf 2 avant un intertitre, et 1 après celui-ci  
Les quantités sont en italiques, ainsi que les mots en langue étrangère, et de très rares items (noms de bateau, titre de livre...)  
Pas de souligné : c'était quand on n'avait pas d'italiques  
Quand on cite des gens, on doit citer le premier et le plus récent, pas arbitrairement au milieu.  
Partout des virgules décimales, pas des points  
Cf s'écrit "cf.", pas Cf  
Pas de maquette quand on écrit (ça vient après)  
Dans un nom propre, seul le premier substantif est en majuscule, sauf si adjectif avant : "Seconde Guerre mondiale"  
Dans les citations, ordre d'années (Toto et al., 1991; Titi et al., 1998)  
Usage AFNOR des dates : 2019-10-08.  
Les indices doivent venir en indices.  
Les symboles de quantités en italiques.  
Les vecteurs : du gras italique ou des flèches dessus.

### **Des questions de maquette**

Tout au fer à gauche pour commencer  
Pas de blancs bizarres. Seulement deux lignes de blanc avant un titre, et une ligne après  
Pas de ligne de blanc arbitraire.  
Une légende dit ce qu'il y a à voir (l'explication donnée dans le texte, et ainsi, pas de redondance)  
Devant les intertitres, deux lignes de blanc, et une ligne derrière  
Dernière phrase de chaque paragraphe, dire pourquoi on passe au paragraphe suivant (et pas seulement qu'on y passe)  
En début de paragraphe, dire ce qu'il y aura dans le paragraphe.  
Des points à la fin des légendes de figures et de tableaux.

Ce ne sont là que des fautes statistiquement courantes. Bien d'autre sont signalées dans les Difficultés de la langue française, qu'il n'est pas inutile de (re)lire.

Plus généralement, celui qui écrit devrait avoir quatre outils : un ordinateur équipé d'un traitement de texte avec correction orthographique, un dictionnaire (pour le vocabulaire, les Difficultés de la langue française (pour la grammaire), le Gradus (pour la rhétorique)

## **Signature pour des questions de propriétés intellectuelle**

### ***Explication***

Ici, c'est seulement un entraînement, car c'est en réalité le cahier de laboratoire qui doit être signé et contresigné, à chaque page (est-ce fait ?).