Fiche Méthode sur l’exploitation des résultats expérimentaux

Toute étude expérimentale vise généralement à étudier ou à mettre en relation des données expérimentales.
Il y a toujours les mêmes étapes dans la démarche :

1) saisir les données expérimentales
2) les mettre en forme dans des tableaux de résultats
3) les exploiter par la mise en place de graphe(s) permettant de chercher à relier des données expérimentales deux à deux
4) tirer des conclusions des études précédentes par l’établissement de loi et/ou relation tout en prenant en compte les incertitudes expérimentales.

Le point 1) dépend du protocole et des matériels mis en œuvre dans la manipulation
On se limite ici aux points 2) et 3).

A) METTRE EN FORME LES DONNÉES EXPÉRIMENTALES

Les données expérimentales sont généralement présentées dans des tableaux de résultats. Pour chaque grandeur étudiée, il faut faire apparaître :

a) son nom
b) son unité
c) son facteur multiplicatif

Si la grandeur est calculée, à partir d’autres grandeurs mesurées, il faut faire apparaître la formule de calcul.

Les données peuvent être présentées soit en colonne, soit en ligne. et **<u>on fait apparaître clairement quels sont les paramètres maintenus fixes</u>** Par exemple, dans l’exemple ci-dessous de l’étude d’une chute libre , **m = Cste**

Exemple 1 en colonne : les grandeurs t et Y sont mesurées, la grandeur v est calculée

	t /s	Y / cm	Vy /m.s^{-1}
1	0	0	
2	0,034	-0,65	-0,41
3	0,068	-2,81	-0,73
4	0,102	-5,63	-0,987
5	0,136	-9,52	-1,37
6	0,170	-14,94	-1,72
7	0,204	-21,21	-2,04
8	0,238	-28,79	-2,45
9	0,272	-37,88	-2,71
10	0,306	-47,19	-3,06
11	0,340	-58,66	

Grandeurs étudiées

unités

Passage aux unités SI =>

t /s	Y /10^{-2} m	Vy /m.s^{-1}
0	0	
0,034	-0,65	-0,41
0,068	-2,81	-0,73
0,102	-5,63	-0,987
0,136	-9,52	-1,37
0,170	-14,94	-1,72
0,204	-21,21	-2,04
0,238	-28,79	-2,45
0,272	-37,88	-2,71
0,306	-47,19	-3,06
0,340	-58,66	

L’écriture **Y / cm** (règle de Guggenheim) pour la grandeur étudiée et son unité, signifie que, par exemple pour la deuxième case de la colonne correspondante : Y / cm = -0,65 donc Y = - 0,65 cm

Cette écriture des unités dans le tableau permet de faire apparaître de façon simple les facteurs multiplicatifs. Ainsi, si on veut passer aux unités SI, soit par exemple dans la deuxième colonne avoir pour unité le mètre au lieu du centimètre, il suffit de savoir que : 1 cm = 10^{-2} m donc de remplacer Y / cm par Y / 10^{-2} m et il est alors inutile de modifier les valeurs du tableau.

Il convient de plus de préciser comment la valeur v est calculée : par exemple dans le tableau ci- dessus : $V_i = \dfrac{Y_{i+1} - Y_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}}$

Et il convient de respecter les chiffres significatifs : par exemple dans les lignes 2 et 3 la moins précise des données pour calculer v a deux chiffres significatifs (t), il convient donc d’exprimer v en cohérence.
Dans le cas où la colonne v, est uniquement une colonne intermédiaire et sert ensuite à faire d’autres calculs, il faut garder **<u>plus de</u>** chiffres significatifs afin d’éviter une propagation d’erreurs d’arrondi.

Exemple 1 en ligne

C / mmol.L^{-1}	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00
σ / µS.cm^{-1}	….						

Le passage aux unités SI est évident en considérant que 1 mmol.L^{-1} = 10^{-3} mol.L^{-1}
Et pour σ: 1µS = 10^{-6} S et 1 cm = 10^{-2} m donc 1 µS.cm^{-1} = 1 µS. x 1 cm^{-1} = 10^{-6} S x 10^{2} m^{-1} = 10^{-4} S.m^{-1}
Et le tableau devient en unités SI, ***sans changer les valeurs numériques du tableau*** :

C /10^{-3} mol.L^{-1}	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00
σ / 10^{-4} S.m^{-1}	….						

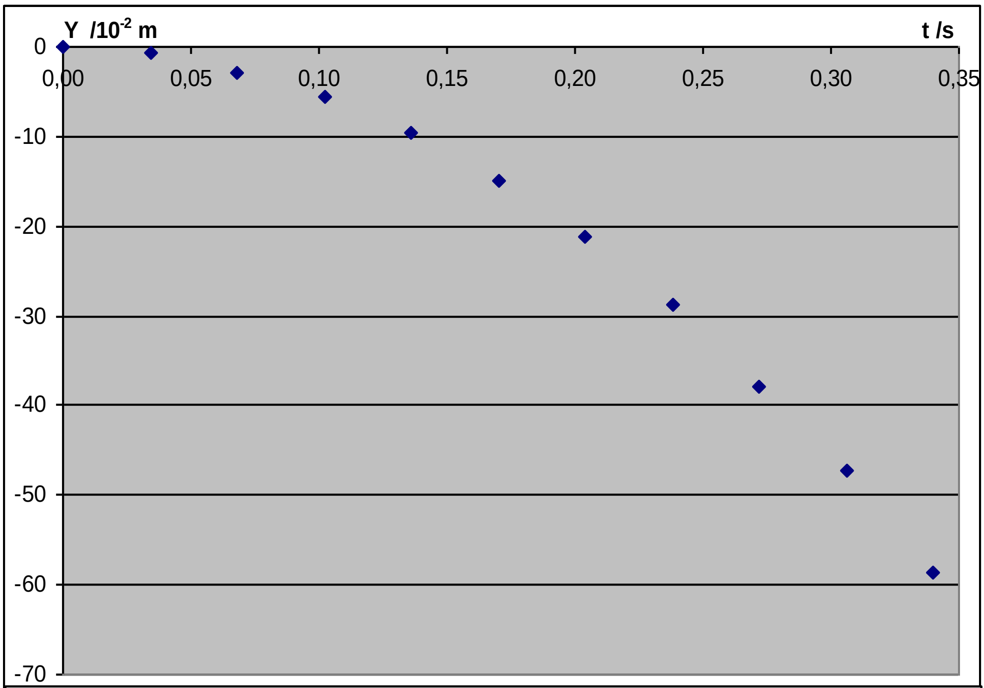
B) FAIRE DES GRAPHES

Règles de présentation d'un graphe (***quelque soit le mode de représentation : papier millimétré, ou avec Excel par ex***)

Doivent apparaître clairement :

- Les grandeurs en abscisse et ordonnée
- Leurs unités respectives
- L'échelle de chaque axe : il convient de prendre pour chaque unité d'échelle choisie, une puissance de 10 de la grandeur représentée ou un sous multiple simple (2, 5 par ex).
  Ne pas hésiter à utiliser les facteurs multiplicatifs dans l'expression des unités pour avoir des valeurs simples dans les échelles (cf l'exemple ci-dessous)

Exemple avec Excel

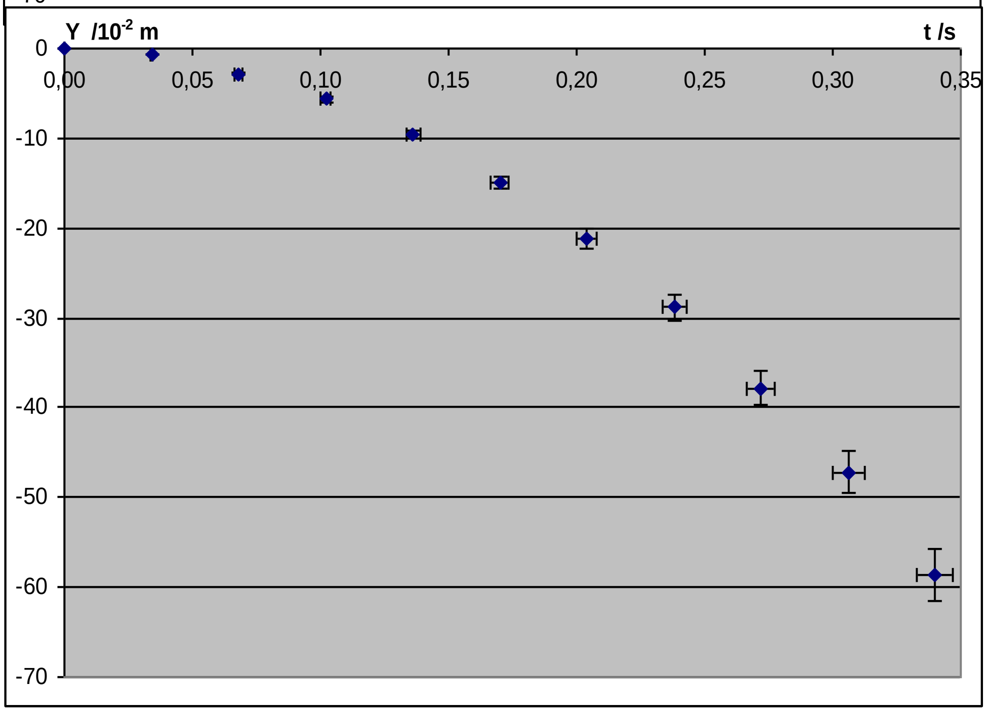


- Utiliser comme : « Type de graphique »
=> nuage de points
sans relier les points

- Ne pas faire des graphes « ticket de métro » de trop petit format.

Un graphe doit occuper au minimum 1/3 de page.

- Si plusieurs grandeurs sont représentées sur le même graphe, bien légender les points (couleur ou forme différente) correspondant à chaque grandeur



- Si on dispose des incertitudes sur chacune des grandeurs représentées, faire apparaître les « rectangles d'incertitudes »

Par exemple dans l'exemple ci-contre, on a une incertitude de 2% sur t et de 5% sur Y

Pour tracer ces rectangles dans Excel, une fois, le graphe tracé uniquement avec les points, double cliquer sur un point quelconque
=> une fenêtre apparaît intitulée : « ***Format de série de données*** » : il suffit de paramétrer les rectangles d'incertitudes en x ou en y

- en pourcentage
- en valeur absolue
- ou à partir de données en ligne et/ou colonne

Attention de prendre en compte que l'origine fait souvent partie du graphe, alors que les valeurs (0,0) ne sont pas dans le tableau de mesures ; il convient d'être attentif aux grandeurs représentées pour voir les relations simples obtenues par un simple raisonnement qualitatif : que se passe-t-il quand la grandeur en abscisse tend vers zéro ? vers l'infini ? etc.

C) EXPLOITER UN GRAPHE

En mathématiques, on dispose de relation de la forme y = f(x) et on cherche quelle est la représentation graphique de la relation.
En sciences expérimentales, la démarche est inverse : on dispose de points expérimentaux associant deux grandeurs (***que nous appellerons Y et X***) et on cherche généralement la relation Y = f(X) entre ces deux grandeurs.

1) premier cas : le graphe Y = f(X) est une droite

C'est la situation la plus simple car la relation est simple à déduire du graphe

a) la droite passe par l'origine (*c'est souvent le cas, car le point (0,0) fait implicitement partie du graphe et il convient de tenir compte de ce point évident qui n'est pas nécessairement dans le tableau de mesures)*

➢ le graphe est sur papier millimétré :

- on détermine « à l'œil », la droite moyenne qui passe par l'ensemble des points
- on prend **un** point éloigné de l'origine appartenant à cette droite moyenne soit M (X_M, Y_M)
- on a donc la relation Y = a.X avec la pente a = $\frac{Y_M}{X_M}$

en précisant l'unité de a qui se déduit de celles de X et Y

➢ le graphe est obtenu avec la calculette

- on exécute le programme de régression linéaire **en n'oubliant pas le point (0,0) à ajouter éventuellement dans le tableau de mesures**

➢ le graphe est obtenu avec Excel

- on exécute le programme de régression linéaire
  en cliquant sur un point du graphe puis clic droit de souris
  « Ajouter une courbe de tendance »
  « régression linéaire »
  2 Menu « Options » activer :
  « coupe l'axe horizontal à » 0…. *Pour forcer à passer par l'origine*
  « afficher l'équation sur le graphique »
  « afficher le coefficient de détermination R^2 »

En première approche, on estimera que plus R^2 est proche de 1, mieux les points sont alignés

b) la droite ne passe pas par l'origine

➢ le graphe est sur papier millimétré :

- on détermine « à l'œil », la droite moyenne qui passe par l'ensemble des points
- on prend **deux** points éloignés appartenant à cette droite moyenne soit M_1 (X_1, Y_1) et M_2 (X_2, Y_2)
- on a donc la relation Y = a.X+ b avec la pente a = $\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$ et l'ordonnée à l'origine b

en précisant les unités respectives de a et b qui se déduisent de celles de X et Y

➢ le graphe est obtenu avec la calculette

- on exécute le programme de régression linéaire

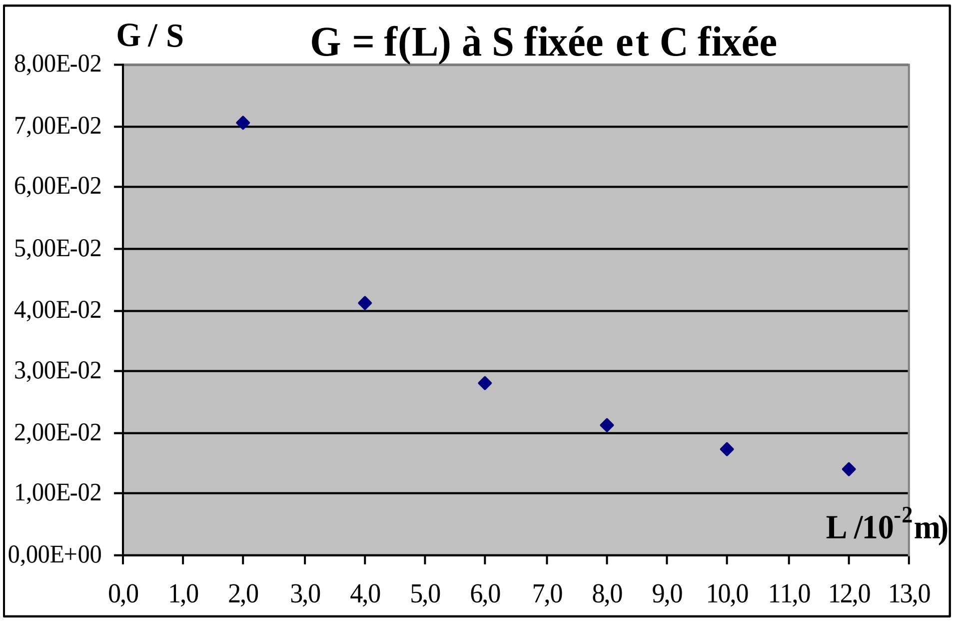
➢ le graphe est obtenu avec Excel

- on exécute le programme de régression linéaire
  en cliquant sur un point du graphe puis clic droit de souris
  « Ajouter une courbe de tendance »
  « régression linéaire »
  2 Menu « Options » activer :
  « afficher l'équation sur le graphique »
  « afficher le coefficient de détermination R^2 »

Une fois affichée l'équation après la régression linéaire, remplacer dans l''équation qui apparaît sous la forme y = a .x + b les variables x et y par les variables effectivement étudiées
Et , dans le compte rendu, écrire la relation déduite de l'étude graphique en n'oubliant pas de préciser les valeurs de a et , quand la droite ne passe pas par l'origine, celle de b en précisant bien les unités de ces grandeurs et éventuellement en discutant la précision avec laquelle ces grandeurs sont connues

2) **deuxième cas : le graphe Y = f(X) n'est pas une droite**

Dans ce cas, il n'y a pas de solution générale : la méthode la plus simple est d'essayer en raisonnant sur les informations propres au problème traité, de faire un changement de variable de façon à « linéariser » la relation entre Y et X



Exemple : dans l'étude de l'influence de la distance L entre les plaques de la cellule conductimétrique sur la conductance d'une solution, on obtient la figure ci-contre (***tirée des données faites en cours***)
La courbe obtenue est de forme, a priori quelconque.

Un raisonnement qualitatif montre que :

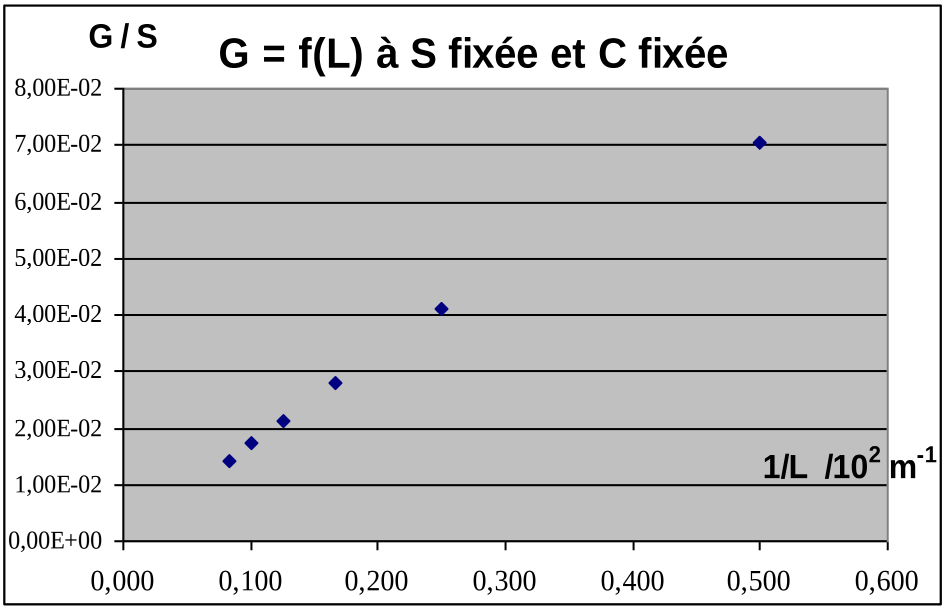
- si L tend vers zéro alors G tend vers l'infirni
- si L tend vers l'infini, G tend vers zéro.

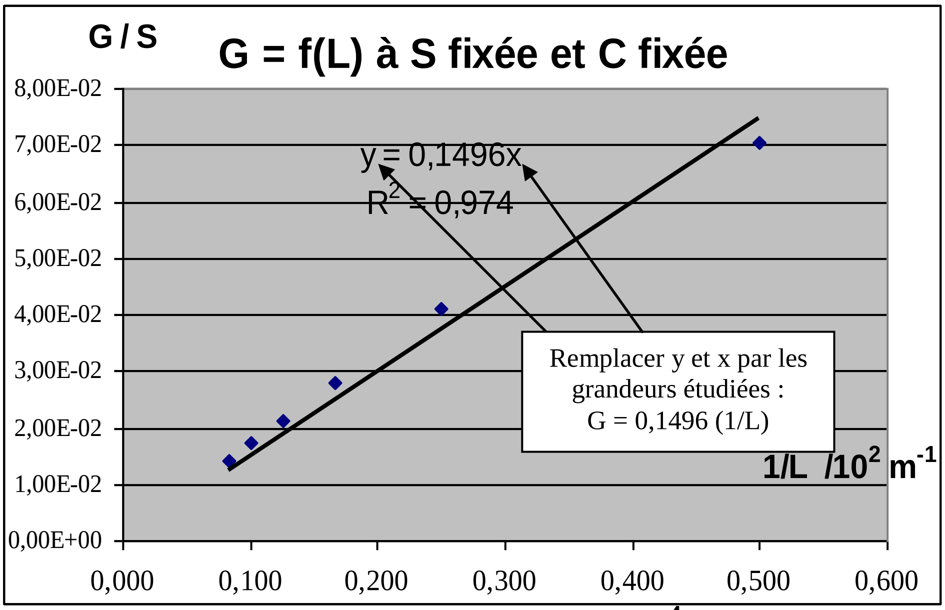
On peut avancer l'hypothèse que G et L sont inversement proportionnels
soit G = k/L

Pour confirmer cette hypothèse, on peut étudier :
G = f(X) avec X = 1/L

Si on obtient une droite passant par l'origine on pourra déduire que :

alors G = k X soit G = k/L et l'hypothèse sera vérifiée.





Le graphe corroborant l'hypothèse, il ne reste plus qu'à déterminer la relation exacte entre G et L en faisant le programme de régression linéaire

En conclusion, on peut donc écrire :

G = k (1/L)

Avec k = 0,15 $S.cm^{-1}$
Soit k = 15 $S.m^{-1}$ (en unités SI)

En précisant :

- **les unités correctes**

En prenant garde :

- **aux chiffres significatifs**