

Méthodologie

Support de cours

Responsable : Emmanuelle Rio emmanuelle.rio@u-psud.fr

Equipe enseignante :

MPI	Groupe A1	Astrid Decoene	astrid.decoene@u-psud.fr
	Groupe A3	Mikael Frosini	mikael.frosini@cea.fr
	Groupe A4	Mikael Frosini	mikael.frosini@cea.fr
	Groupe A5	Vincent Daruvar	v.daruvar@gmail.com
	Groupe A7	Marcello Civelli	marcello.civelli@u-psud.fr
	Groupe A8	Claude Pasquier	claudio.pasquier@u-psud.fr
	Groupe B1	Julien Basset	julien.basset@u-psud.fr
	Groupe B2	Marcello Civelli	marcello.civelli@u-psud.fr
	Groupe B3	Laura Munteanu	laura.munteanu@cea.fr
	Groupe B4	Charis Quay	charis.quay@u-psud.fr
Groupe B5	Claude Pasquier	claudio.pasquier@u-psud.fr	
PCST	Groupe A1	Emmanuelle Rio	emmanuelle.rio@u-psud.fr
	Groupe A2	Samrit Mainali	samrit.mainali@u-psud.fr
	Groupe A3	Carole Vouille	carole.vouille@u-psud.fr
	Groupe A4	Vincent Jeudy	vincent.jeudy@u-psud.fr
	Groupe A5	Frédéric Bouquet	frédéric.bouquet@u-psud.fr
	Groupe A6	Marie-Joëlle Ramage	marie.ramage@u-psud.fr
	Groupe A7	Emmanuelle Rio	emmanuelle.rio@u-psud.fr
	Groupe A8	Charis Quay	charis.quay@u-psud.fr

Introduction

Principes

La méthode scientifique est un mélange de conventions utilisées par les scientifiques, d'outils utilisés par les scientifiques et d'organisation propres à chacun. Le but de l'UE est

- De donner les conventions (ce qu'on s'attend à trouver dans un CR de TP, dans la rédaction d'un exercice...)
- De travailler les outils scientifiques (tracé de courbes et traitement des données, dimensions et ordre de grandeur, notions de programmation)
- De travailler sur votre propre organisation. Là, pas de recette miracle. Chacun est différent. L'idée est d'optimiser la manière de travailler de chacun, de voir ce qui marche...

Déroulement de l'UE

10 séances faites pour travailler sur des compétences liées à la méthodologie scientifique et au métier d'étudiant :

- Ordres de grandeur
- Résolution de problème
- Travaux pratiques
- Programmation et traitement de données

Evaluation

Travaux de groupes (coefficient 0,4)

Il y aura des travaux à rendre par groupe concernant les ordres de grandeur et la résolution de problème.

Compte rendu de TP (coefficient 0,6)

Il y a une séance sur machine et un CR de TP virtuel à rendre. Le résultat des séances sur machine sont à rendre par mail à l'enseignant, deux jours après la séance. La communication par mail fait expressément partie de la note.

- Premier compte rendu de TP coefficient **0.2**.
- Second compte rendu de TP coefficient **0.4**.

Une démarche scientifique

L'objectif de cette séance est de présenter un exemple de démarche scientifique et des outils à notre disposition pour critiquer et mettre en œuvre une telle démarche. L'exemple que nous avons choisi est celui de la question du changement climatique.

Partons de la citation suivante, extraite de BBC News (06/07/2004, un média institutionnel puisqu'il s'agit du service public de radio-télévision britannique) : " Au cours des cent dernières années, il y a eu une augmentation constante du nombre de taches solaires, en même temps que la Terre se réchauffait. Les données suggèrent que l'activité solaire influence le climat de la planète et provoque un réchauffement »

Discuter par petits groupes sur les courbes ci-après : que peut-on conclure de chaque courbe ? Que pensez-vous de la citation de la BBC ?

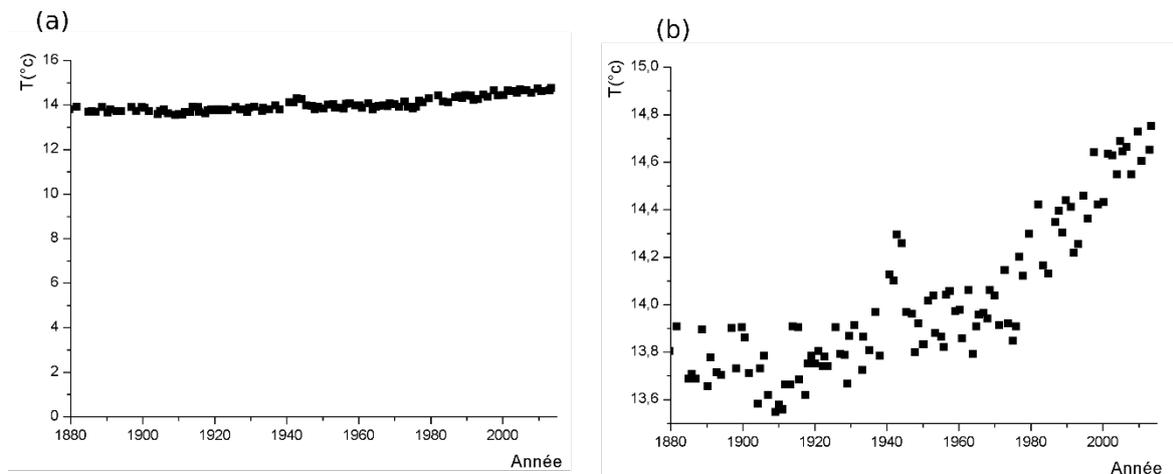


Fig 1 : Température moyenne annuelle (°C) sur la période 1880-2015 (a) avec apparition du zéro sur l'axe des ordonnées et (b) avec un zoom sur les données.

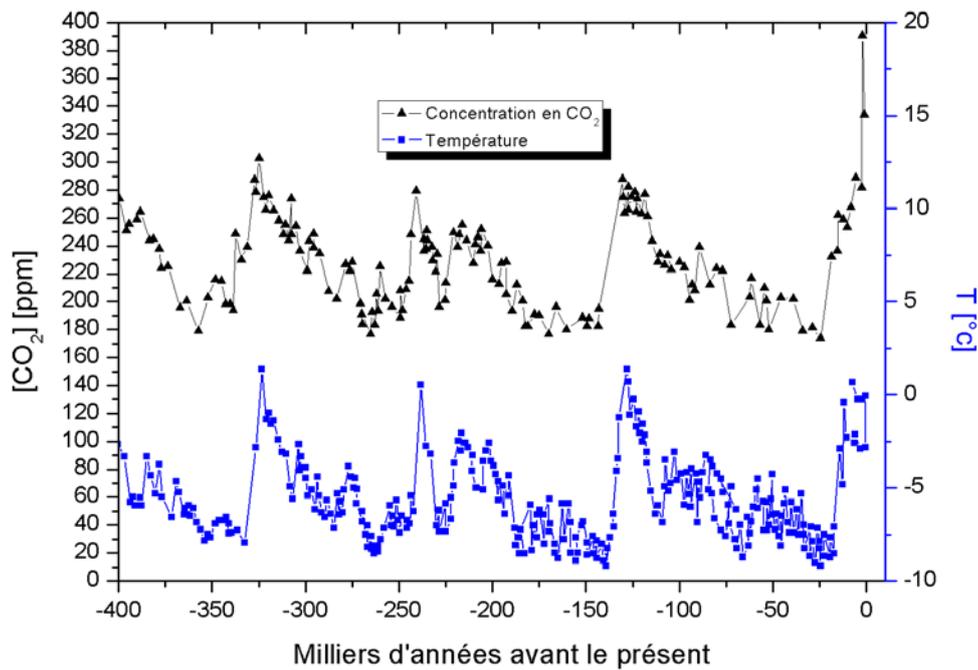


Fig 2 : Courbe de température moyenne (le 0 est placé à la température actuelle) et de concentration en CO₂ atmosphérique sur les 400 000 dernières années, d'après Petit et al., « Climate and atmospheric history of past 420 000 years from the Vostok ice core , Antarctica », Nature (1999), 399, p. 429-436

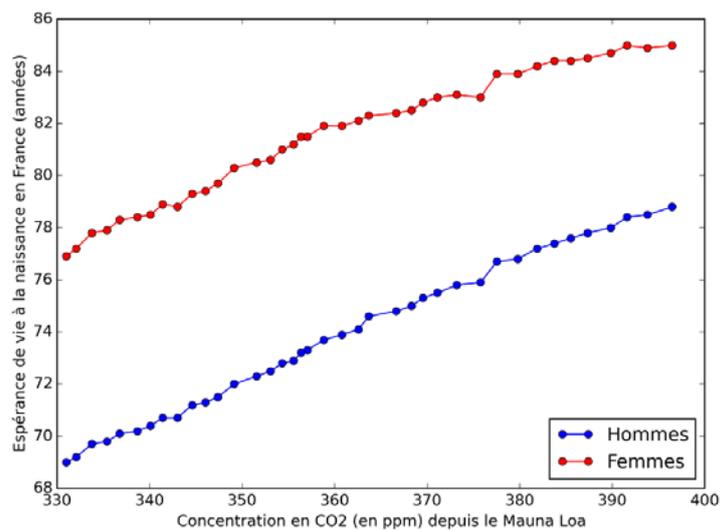


Fig 3 : espérance de vie à la naissance en France, pour les femmes et pour les hommes, en fonction de la concentration en CO₂ dans l'atmosphère

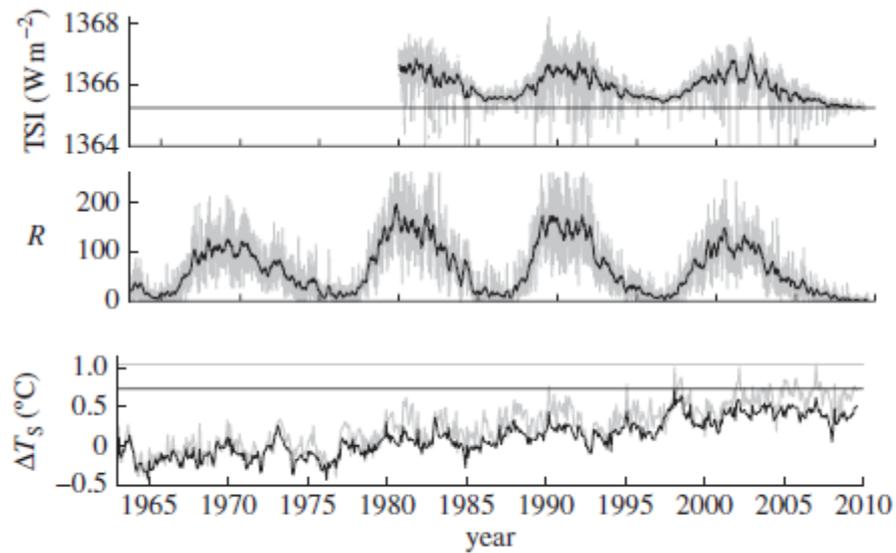


Fig 4 : TSI = Total Solar Irradiance : puissance reçue de la part du Soleil par unité de surface terrestre ; R = nombre de taches solaires observées ; ΔT_s = Global Mean Air Surface Temperature = écart de la température moyenne par rapport à la moyenne sur 1961-1990, prise comme référence ; source : Lockwood, « Solar change and climate : an update in the light of the current exceptional solar minimum », Proc. R. Soc. A (2010), 466, 303-329

Estimations

Ordres de grandeur

Questions de Fermi

Le but de ce chapitre est de vous présenter des façons de faire de la physique utilisant le raisonnement, les dimensions, des estimations et finalement très peu d'équations. Ces méthodes peuvent donner l'impression d'être floues, non rigoureuses et imprécises, mais ce n'est pas le cas. Simplement leur objectif n'est pas de donner un résultat chiffré précis, mais de donner un ordre de grandeur du résultat, ce qui est parfois suffisant. Ces façons de faire sont souvent utilisées, soit quand on aborde un problème pour la première fois et qu'on veut avoir une idée rapide de sa réponse, soit après avoir résolu un problème en ayant obtenu un résultat après de longs calculs, afin d'en vérifier rapidement la validité. Attention, contrairement à ce que l'on pourrait croire, cela ne veut pas dire que c'est facile !

Cette séance devrait donc vous aider à acquérir des outils qui sont utiles dans tous les domaines scientifiques afin :

- D'aborder un problème à partir de rien, y compris quand le raisonnement n'est pas dirigé par des questions très détaillées ;
- De réfléchir sur les ordres de grandeurs ce qui permet de ne pas faire des erreurs de plusieurs facteurs 10 sur un résultat, par exemple.

Méthodes

Dans chaque exercice nous vous demandons avant toutes choses (et en particulier avant de répondre à vos questions) :

- De faire un **schéma**
- De lister les **grandeurs pertinentes** et de leur **donner un nom**
- De donner **leur dimension** et de **les estimer** (il ne s'agit pas de savoir exactement combien elles valent mais d'avoir une idée de leur ordre de grandeur).

Estimations

- 1- Combien y a-t-il de grains de riz dans un paquet d'un kilogramme ?
- 2- Combien y a-t-il de litres d'eau dans la mer méditerranée ?
- 3- Si on dénoyaute des mirabelles pendant les matches d'une coupe du monde de foot, combien cela fait-il confiture ?
- 4- Quel est le nombre de conducteurs de TGV en France ?

Annexe 1 Rédaction de votre réponse

- **Introduisez succinctement le problème**

Quelle est la question que l'on vous pose ?

- **Faire un schéma**

Le schéma doit être suffisamment grand et clair. Il doit modéliser le problème. Il ne s'agit pas d'une œuvre d'art mais d'un dessin qui permet de représenter votre modélisation. Il doit donc comporter les grandeurs pertinentes (avec leur nom et sans leur valeur).

- **Lister les grandeurs pertinentes, les nommer, les estimer**

Il s'agit ici de faire une liste des grandeurs pertinentes contenant leur nom (c'est-à-dire une lettre), leur signification, leur estimation quand c'est nécessaire et leur unité.

- **Présenter votre démarche**

Il s'agit ici d'expliquer succinctement comment vous allez résoudre le problème. Il s'agit de donner les grandes lignes de la résolution. Des équations peuvent illustrer cette partie.

- **Obtenir une expression littérale**

- **Effectuer l'application numérique**

- **Présenter le calcul de propagation des incertitudes**

- **Conclure sur votre résultat.**

Il faut tout d'abord formuler la réponse à la question puis commenter le résultat, éventuellement en le comparant à une deuxième source (internet...).

Annexe 2 : barème

Présentation

Nom des étudiants, titre, présentation générale (1 pt)

Appropriation du problème

Schéma (3 pt)

1 pt pour la propreté, taille, clarté

1 pt pour la modélisation

1 pt pour la présence des paramètres pertinents sur le schéma

Liste des paramètres (1 pt)

Nommer les paramètres (1 pt)

Estimer les paramètres (1 pt)

Résolution du problème

Formule littérale (3 pt)

Application numérique (1 pt) avec les unités (1 pt)

Calcul de la propagation des incertitudes (2 pt)

Rédaction de la solution

Introduire le problème (2 pt)

Expliquer la démarche (2 pt)

Commenter la réponse et conclure (2 pt)

Annexe 3 : Méthodes de calcul pour une grandeur fonction de plusieurs variables

(tirées du poly de Phys102)

a) Cas général

De façon générale, connaissant les mesures x_{exp} et y_{exp} des grandeurs x et y , et connaissant les incertitudes δx et δy de ces mesures, on cherche à connaître l'incertitude sur la grandeur dérivée $G(x,y)$. La méthode par encadrement est toujours applicable, mais fastidieuse.

Soit G une fonction de 2 grandeurs x et y . L'incertitude absolue δG se calcule à partir des incertitudes absolues de mesure δx et δy , et des dérivées partielles de la fonction G aux points de mesure x_{exp} et y_{exp} :

$$\delta G = \left| \frac{\partial G}{\partial x}(x_{exp}, y_{exp}) \right| \delta x + \left| \frac{\partial G}{\partial y}(x_{exp}, y_{exp}) \right| \delta y$$

La dérivée partielle de G par rapport à x s'obtient en considérant que y , ou plus généralement, toutes les variables autres que x , sont constantes.

b) Cas d'une loi de puissance : dérivée logarithmique

Si la grandeur G s'exprime sous forme d'un produit de puissances de x et y , $G = k x^m y^n$, il est plus facile de calculer l'incertitude relative $\delta G/|G|$ que l'incertitude absolue δG .

L'incertitude relative $\delta G/|G|$ s'écrit simplement comme la somme des incertitudes relatives des grandeurs mesurées, pondérée par les puissances :

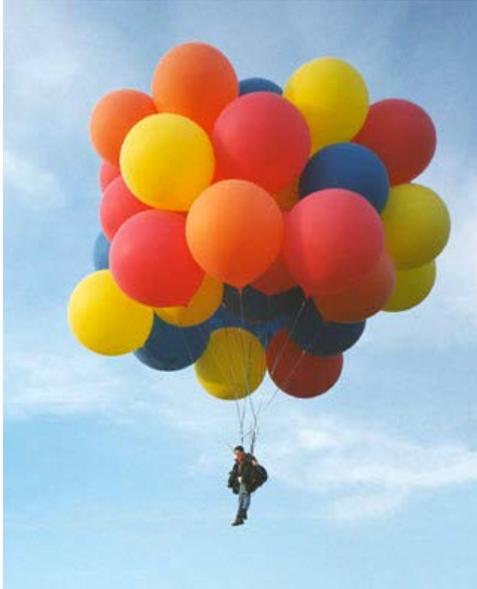
$$\frac{\delta G}{|G|} = m \frac{\delta x}{|x|} + n \frac{\delta y}{|y|}$$

Elle est indépendante de la constante k .

Résolution de problèmes

Problème 1 : et si on volait ?

Rappelons la loi d'Archimède : "Tout corps plongé dans un fluide reçoit de celui-ci une force dirigée vers le haut et égale au poids de fluide déplacé"



1 : Un pratiquant du "balloon clustering"



2 : Une image du film d'animation "UP"

Les pratiquants du "balloon clustering" volent grâce à une grappe de ballons gonflés à l'Hélium. L'objectif de l'exercice est de répondre aux deux questions suivantes :

1. Combien de ballons faut-il pour soulever un être humain ?
2. Soulever une maison à l'aide de ballons de baudruche comme dans le film "Là-haut" est-il inconcevable, réaliste ou entre les deux ?

Comme pour toutes les « résolutions de problèmes » nous vous invitons vivement à commencer par :

- Représenter la situation physique par un schéma qui modélise la situation physique et fait apparaître les grandeurs pertinentes.
- Identifier les grandeurs physiques qui vous paraissent importantes pour répondre à la question.
- Donner leurs dimensions, leur donner un nom et estimer leurs valeurs.
- Énoncer les lois physiques qui vous paraissent pertinentes (nom, énoncé, équation).

Problème 2 : Les chaises suspendues



Figure 1 : Photo d'un manège de chaises suspendues en régime stationnaire.

Question : Quelle est la vitesse de rotation du manège ?

Rappel : on rappelle l'accélération dans un mouvement circulaire

$$\vec{a} = -R\omega^2\vec{u}_r + R\dot{\omega}\vec{u}_\theta$$

où R est le rayon du mouvement circulaire, ω la vitesse angulaire, \vec{u}_r la direction radiale et \vec{u}_θ la direction orthoradiale.

Comme pour toutes les "résolution de problème » nous vous invitons vivement à commencer par :

- à représenter la situation physique par un dessin/schéma,
- identifier les grandeurs physiques qui vous paraissent importantes pour répondre à la question,
- donner leur dimension, leur donner un nom et estimer leur valeur.
- énoncer les lois physiques qui vous paraissent pertinentes (nom, énoncé, équation).

Problème 3 : sauter du Viaduc des Fauvettes à Bures sur Yvette



Figure 2 : Photo du pont des fauvettes

Question : On veut sauter du pont des fauvettes (voir photo ci-dessus) en utilisant un long ressort. Proposer une longueur et une constante de raideur raisonnables pour que le sauteur ne risque pas l'écrasement en bas du viaduc.

Rappel : la longueur d'un ressort sous traction est égale à sa constante de raideur multipliée par son allongement.

Comme pour toutes les "résolution de problème » nous vous invitons vivement à commencer par :

- à représenter la situation physique par un dessin/schéma,
- identifier les grandeurs physiques qui vous paraissent importantes pour répondre à la question,
- donner leur dimension, leur donner un nom et estimer leur valeur.
- énoncer les lois physiques qui vous paraissent pertinentes (nom, énoncé, équation).

Barème : Résolution de problèmes

Présentation

Nom des étudiants, titre, présentation générale (1 pt)

Appropriation du problème

Schéma (2.5 pt)

0.5 pt pour la propreté, taille, clarté

1 pt pour la modélisation

1 pt pour la présence des paramètres pertinents sur le schéma

Liste des paramètres (0.5 pt)

Nommer les paramètres (0.5 pt)

Estimer les paramètres (0.5 pt)

Résolution du problème

Formuler les lois de la physique qui seront nécessaires à votre calcul. (1 pt)

Formule littérale (2 pt)

Application numérique (1 pt) avec les unités (0.5 pt)

Calcul de la propagation d'erreur (1.5 pts)

Rédaction de la solution

Introduire le problème (2 pt)

Expliquer la démarche (2 pt)

Présenter la propagation d'incertitudes (1 pt)

Commenter la réponse et conclure (2 pt)

Structure et clarté des explications (2 pt)

TRAVAUX PRATIQUES

Caractérisation d'un appareil photo

Préambule

La problématique de ce travail est la question suivante : « Comment mesurer la longueur focale de son appareil photo ? ».

Le travail a lieu en trois séances et un travail chez soi:

- Séance 1 : travail théorique. Faire le lien entre la longueur focale d'un appareil photo et les photos prises.
- Séance 2 : travail expérimental. Mesure de la longueur focale de l'appareil photo de votre smartphone. Après avoir identifié les caractéristiques à mesurer, mettre en place l'expérience et la faire.
- Séance 3 : Traitement informatique des données obtenues en séance 2 et rédaction du CR de TP. Le traitement de données se fait de manière individuelle.

Lors des séances 1 et 2, vous prendrez des notes dans les espaces prévus à cet effet dans ce poly. Ce sont des notes personnelles mais elles vous seront indispensables pour effectuer le compte rendu final.

A la fin de la séance 1 : vous n'avez rien à rendre. Vous devez conserver précieusement vos résultats qui serviront à la séance 2.

A la fin de la séance 2 : vous n'avez rien à rendre. Vous devez conserver précieusement vos données pour les traiter à la séance 3.

A la fin de la séance 3 : vous devez envoyer par e-mail votre fichier de traitement de données à votre enseignant. 2 points sont attribués pour l'écriture d'un mail professionnel (voir **Annexe 6**).

Le Compte-Rendu de TP est un travail personnel. Il doit être envoyé par e-mail à votre enseignant. Des conseils de rédaction sont données en **Annexe 4** et une grille de notation en **Annexe 5**.

Séance 1 : Modélisation

La cascade de Yellowstone



Figure 1 : Photographie de la cascade de Yellowstone.



Figure 2 : Vue d'ensemble incluant la position du photographe (croix blanche) et la cascade de Yellowstone.

Question : Quelle est la hauteur de la cascade ?

Rappel :

En optique géométrique, la distance \overline{OA} entre une lentille convergente et un objet est reliée à la distance $\overline{OA'}$ entre la lentille et l'image de cet objet par sa focale $\overline{OF'}$:

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$$

On donne aussi la définition du grandissement γ qui relie la taille h d'un objet à la taille h' de son image:

$$\gamma = \frac{h'}{h} = \frac{d'}{d}$$

Séance 2 : le TP

Mesurer la focale de l'appareil photo de votre « smartphone »

I- Le modèle et la prédiction

Le modèle que vous avez développé lors de la résolution de problème vous permet de faire un lien entre la focale de l'appareil photographique de votre smartphone et une longueur connue sur les photographies que vous prenez. Rappelez la formule littérale qui fait ce lien.

Proposer une expérience permettant de vérifier cette loi. Faire un schéma. Quel(s) paramètre(s) pouvez-vous faire varier ? Que pouvez-vous mesurer ?

Vous allez avoir besoin de la taille du capteur en mm² de votre smartphone. Pour la plupart des modèles, on peut le trouver sur ce site : <https://www.devicespecifications.com/fr/>.

II- L'expérience

Comment peut-on évaluer les incertitudes de mesure sur chacun des paramètres (voir **Annexe 1**) ? Faites le...

Noter vos données brutes dans un tableau ci-dessous.

Séance 3 : Traitement de données

Les données seront traitées sur Gnuplot. C'est un logiciel qui peut paraître peu convivial dans un premier temps mais l'investissement s'avère utile sur le long terme. Le travail effectué peut en effet être réutilisé presque tel quel pour d'autres traitements de données. Par ailleurs, il faut de jolis graphiques et ne bugue jamais contrairement à ses cousins éloignés (Open Office, Excel, Regressi...). La notice d'utilisation est disponible en **Annexes 2 et 3**.

I- Tableaux de données

Vous disposez de données acquises avec votre smartphone, en l'occurrence, sauf exception, la distance L entre votre smartphone et l'objet photographié d'une part et la taille t de cet objet sur l'écran de votre smartphone d'autre part. Créer un fichier texte contenant ces données brutes dans des colonnes. En haut de la colonne, une ligne contenant le nom des colonnes et l'unité dans laquelle sont données les valeurs est indispensable.

II- Représentation des données brutes

Représenter les données brutes, c'est-à-dire, sauf exception, la longueur L qui sépare votre téléphone de l'objet photographié en fonction de la taille t de l'objet sur l'écran du téléphone. Votre graphique doit contenir :

- Les barres d'incertitude
- Les titres et les unités des différents axes
- Pas de titre ou un titre utile (qui ne soit pas « graphique de x en fonction de y »)

III- Comparaison au modèle théorique

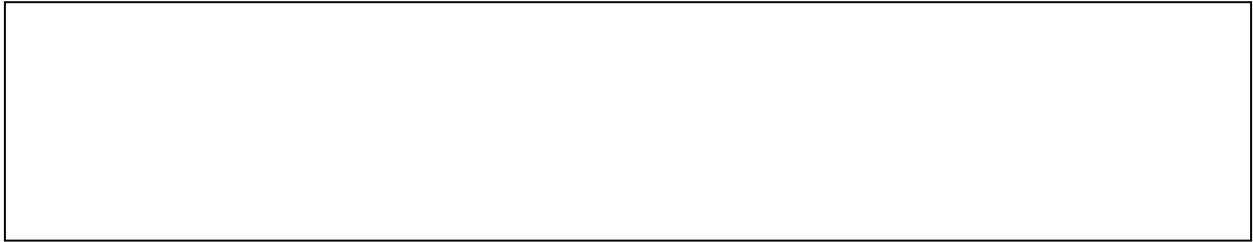
Quelle est la prédiction du modèle ?

Pour comparer le modèle et les expériences, vous allez vérifier successivement l'accord qualitatif et l'accord quantitatif entre les données et l'expérience.

1- Comparaison qualitative du modèle et des données

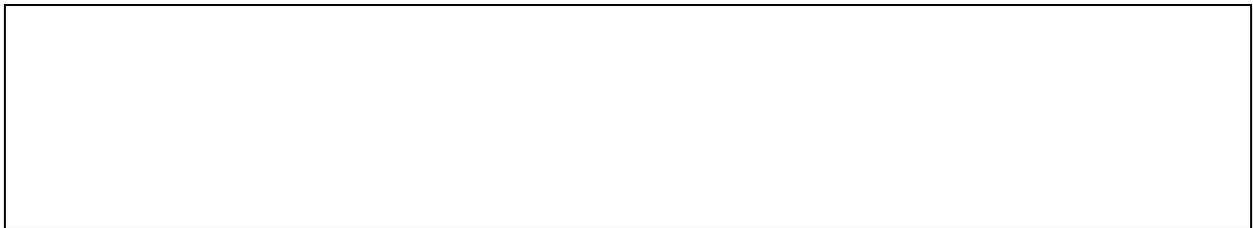
Pour comparer qualitativement modèle et expérience, il faut vérifier que la variation des paramètres les uns avec les autres correspond bien à celle prédite par le modèle. Pour cela, on va tracer des fonctions des paramètres les uns en fonction des autres. Ces fonctions sont choisies afin que, si le modèle théorique est vérifié on s'attende à observer une droite.

Ici, quelle fonction $f(L)$ faut-il tracer en fonction de quelle fonction $g(t)$ afin d'observer une droite si le modèle est bien vérifié ?



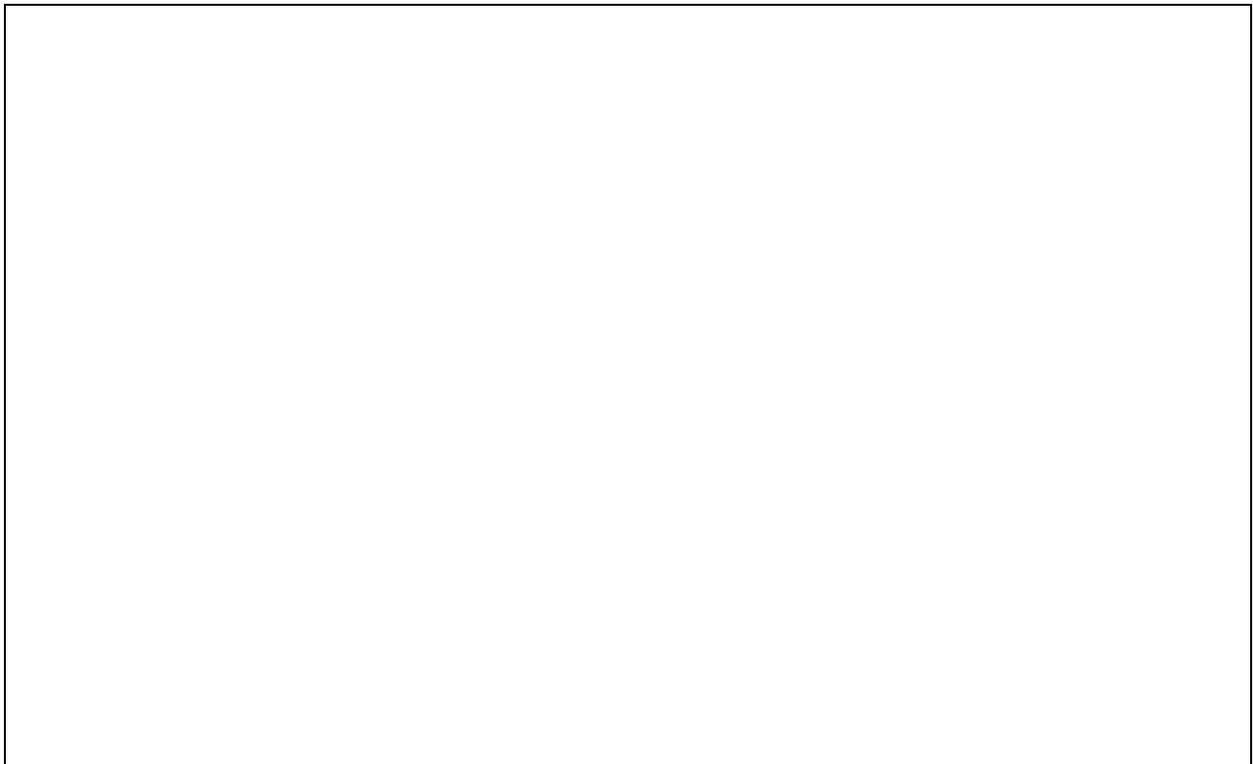
Tracer $f(L)$ en fonction de $g(t)$.

- Quelle est la forme de la courbe que vous observez ?
- Est-ce que le modèle décrit qualitativement les données ?



2- Comparaison quantitative du modèle et des données

- Que vaut théoriquement la pente de la droite tracée ?
- Faire un ajustement de vos données par le modèle et extraire la pente. Ainsi que l'incertitude sur la pente.



Discussion des résultats

- Discuter les incertitudes
- Discuter la validité du modèle pour décrire vos données.

TRAVAUX PRATIQUES

Description de la période d'un pendule

Préambule

La problématique de ce travail est la question suivante : « Comment peut-on modéliser la période d'un pendule ? ».

Le travail a lieu en trois séances et un travail chez soi:

- Séance 1 : travail théorique. Faire le lien entre la longueur période d'un pendule et sa longueur.
- Séance 2 : travail expérimental. Mesure de la période d'un pendule, en l'occurrence votre smartphone. Après avoir identifié les caractéristiques à mesurer, mettre en place l'expérience et la faire.
- Séance 3 : Traitement informatique des données obtenues en séance 2 et rédaction du CR de TP. Le traitement de données se fait de manière individuelle.

Lors des séances 1 et 2, vous prendrez des notes dans les espaces prévus à cet effet dans ce poly. Ce sont des notes personnelles mais elles vous seront indispensables pour effectuer le compte rendu final.

A la fin de la séance 1 : vous n'avez rien à rendre. Vous devez conserver précieusement vos résultats qui serviront à la séance 2.

A la fin de la séance 2 : vous n'avez rien à rendre. Vous devez conserver précieusement vos données pour les traiter à la séance 3.

A la fin de la séance 3 : vous devez envoyer par e-mail votre fichier de traitement de données à votre enseignant. 2 points sont attribués pour l'écriture d'un mail professionnel (voir **Annexe 6**).

Le Compte-Rendu de TP est un travail personnel. Il doit être envoyé par e-mail à votre enseignant. Des conseils de rédaction sont données en **Annexe 4** et une grille de notation en **Annexe 5**.

Séance 1 : Modélisation

Fabriquer une pendule



Figure 1 : Photographie d'une pendule à balancier.

Question : On veut fabriquer une pendule à balancier. Quelle doit être la longueur du balancier pour que celle-ci batte la seconde ?

Séance 2 : le TP

Mesurer la période d'un pendule, en l'occurrence votre « smartphone »

I- Le modèle et la prédiction

Le modèle que vous avez développé lors de la résolution de problème vous permet de faire un lien entre la longueur d'un pendule et sa période. Rappelez la formule littérale qui fait ce lien.

Rappeler les hypothèses dans lesquelles ce modèle est valable.

II- L'expérience

Télécharger l'application « phyphox » qui est une boîte à outils de physique permettant d'utiliser les capteurs de votre smartphone pour faire des mesures physiques.



Phyphox

Zoomer sur un des graphs

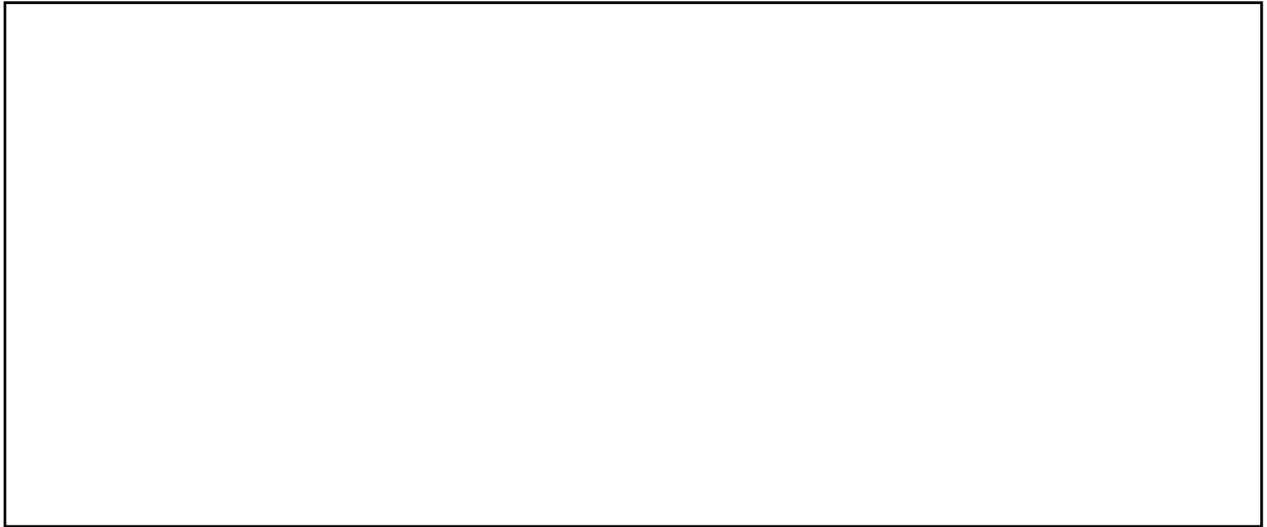
Lancer une acquisition

Exporter les données des graphiques

Prendre un point

Se déplacer

- Commencer par attribuer les 3 axes x , y et z de l'application phyphox aux trois directions de votre Smartphone et faire un schéma.



- Fabriquer un pendule avec votre smartphone. Pour cela deux solutions :
 - Utiliser le chargeur
 - Utiliser une ficelle et du ruban adhésif

Attention, pour la qualité de vos mesures, dans les deux cas, il est important que le point de fixation entre la ficelle/le chargeur d'une part et le téléphone d'autre part ne puisse tourner. Attention, pour la qualité de votre portefeuille, dans les deux cas, il est important que votre smartphone ne puisse pas tomber.

Utiliser votre smartphone comme pendule et phyphox pour mesurer la période. Pour chaque condition de mesure (au moins 10 différentes), utiliser l'application pour extraire les données expérimentales et envoyer par e-mail les courbes que vous voulez conserver. Elles seront utiles pour votre compte rendu.

- Comment peut-on évaluer les incertitudes de mesure sur chacun des paramètres (**Annexe 1**) ? Faites le...



- Notez vos données brutes dans un tableau ci-dessous.

--

Séance 3 : Traitement de données

Les données seront traitées sur Gnuplot. C'est un logiciel qui peut paraître peu convivial dans un premier temps mais l'investissement s'avère utile sur le long terme. Le travail effectué peut en effet être réutilisé presque tel quel pour d'autres traitements de données. Par ailleurs, il faut de jolis graphiques et ne bugue jamais contrairement à ses cousins éloignés (Open Office, Excel, Regressi...). La notice d'utilisation est disponible en **Annexes 2 et 3**.

I- Tableaux de données

Vous disposez de données acquises avec votre smartphone, en l'occurrence, sauf exception, la longueur du pendule qu'est votre smartphone d'une part et sa période d'oscillation d'autre part. Créer un fichier texte contenant ces données brutes dans des colonnes. En haut de la colonne, une ligne contenant le nom des colonnes et l'unité dans laquelle sont données les valeurs est indispensable.

II- Représentation des données brutes

Représenter les données brutes, c'est-à-dire, sauf exception, la période d'oscillation du pendule en fonction de sa longueur. Votre graphique doit contenir :

- Les barres d'incertitude
- Les titres et les unités des différents axes
- Pas de titre ou un titre utile (qui ne soit pas « graphique de x en fonction de y »)

III- Comparaison au modèle théorique

Quelle est la prédiction du modèle ?

Pour comparer le modèle et les expériences, vous allez vérifier successivement l'accord qualitatif et l'accord quantitatif entre les données et l'expérience.

1- Comparaison qualitative du modèle et des données

Pour comparer qualitativement modèle et expérience, il faut vérifier que la variation des paramètres les uns avec les autres correspond bien à celle prédite par le modèle. Pour cela, on va tracer des fonctions des paramètres les unes en fonction des autres. Ces fonctions sont choisies afin que, si le modèle théorique est vérifié on s'attende à observer une droite.

Ici, quelle fonction $f(L)$ faut-il tracer en fonction de quelle fonction $g(t)$ afin d'observer une droite si le modèle est bien vérifié ?

Tracer $f(L)$ en fonction de $g(t)$.

- Quelle est la forme de la courbe que vous observez ?
- Est-ce que le modèle décrit qualitativement les données ?

2- Comparaison quantitative du modèle et des données

- Que vaut théoriquement la pente de la droite tracée ?
- Faire un ajustement de vos données par le modèle et extraire la pente. Ainsi que l'incertitude sur la pente. Que vaut la pente extraite de vos données ?

Discussion des résultats

- Discuter les incertitudes
- Discuter la validité du modèle pour décrire vos données.

Annexe 1- Fiche outil d'estimation et de propagation des incertitudes

La physique expérimentale consiste beaucoup à comparer des modèles et des expériences. Il s'agit alors de s'assurer qu'un modèle décrit correctement des données expérimentales dans la limite des incertitudes de mesure. Cette comparaison nécessite donc d'estimer les incertitudes sur les grandeurs que l'on mesure mais aussi sur les grandeurs que l'on extrait lors du traitement de données.

Il s'agit bien d'estimation, c'est à dire d'une valeur un peu subjective, qui peut fluctuer un peu selon l'expérimentateur et la méthode de mesure mais va toujours avoir le même ordre de grandeur. Lors de l'estimation des incertitudes, le physicien essaie surtout de faire preuve de bon sens et de sens critique.

L'objectif de cette fiche est de rappeler les différents outils d'estimation de incertitudes et leur domaine d'application. Un cours détaillé est disponible dans le poly de Physique 102.

Estimation des incertitudes de mesure

Vous cherchez à mesurer une grandeur x et cherchez donc à estimer son incertitude absolue δx .

Méthode	Champs d'application	Technique
Estimation directe	Vous ne faites qu'une seule mesure	<ul style="list-style-type: none"> <u>Vous êtes limité par l'instrument de mesure :</u> δx est donné par la demi-graduation, le dernier chiffre affiché, la notice de l'instrument, ... <u>Vous êtes limité par la fluctuation de la mesure ou le jugement de l'expérimentateur :</u> Vous devez estimer des valeurs x_{min} et x_{max} de votre mesure $x = \frac{(x_{max} + x_{min})}{2}$ $\delta x = \frac{(x_{max} - x_{min})}{2}$
Estimation semi-directe	Vous avez fait quelques mesures de la même grandeur	$x = \frac{(x_{max} + x_{min})}{2} \quad \delta x = \frac{(x_{max} - x_{min})}{2}$
Méthode statistique	Vous avez effectué un nombre statistiquement représentatif de mesures	<p>Vous avez effectué N mesures $x^{(i)}$ de la variable x</p> $x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x^{(i)}$ $\delta x = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x^{(i)} - x)^2}$

On présente le résultat comme $x \pm \delta x$. N'oubliez pas l'unité et réfléchissez au nombre de chiffres significatifs qui doit être en adéquation avec δx .

Propagation des incertitudes

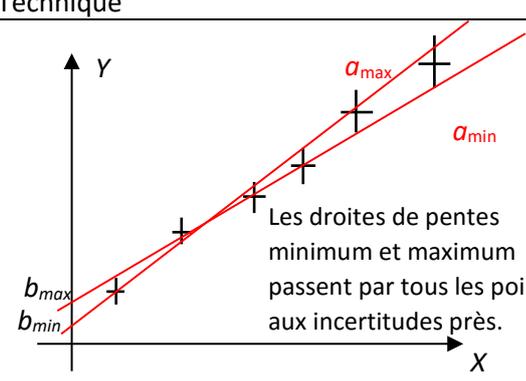
On veut estimer l'incertitude δy sur une variable y qui dépend d'une ou plusieurs variable(s) mesurée(s) :

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n).$$

Méthode		Champs d'application	Technique
Encadrement		Calcul simple dans le cas des fonctions à une variable, mais parfois très long à appliquer (préférer la méthode de la dérivée).	Calculer y_{min} et y_{max} à partir de x_{min} et x_{max} en utilisant la fonction f . $y = \frac{(y_{max} + y_{min})}{2}$ $\delta y = \frac{(y_{max} - y_{min})}{2}$
Dérivée	Formule générale	Si les incertitudes sont aléatoires et indépendantes	$\delta y = \sqrt{\left[\frac{\partial f}{\partial x_1}\right]^2 \delta x_1^2 + \dots + \left[\frac{\partial f}{\partial x_n}\right]^2 \delta x_n^2}$
	Formule simplifiée	En pratique, pour simplifier le calcul, ou si les incertitudes ne sont pas indépendantes	$\delta y = \left \frac{\partial f}{\partial x_1}\right \delta x_1 + \dots + \left \frac{\partial f}{\partial x_n}\right \delta x_n$
	Dérivée logarithmique	<u>Uniquement</u> lorsque la fonction f est une loi de puissance ou un produit (plus simple dans ce cas), c'est-à-dire $y = k x_1^\alpha x_2^\beta \dots x_n^\gamma$	$\left \frac{\delta y}{y}\right = \left \alpha \frac{\delta x_1}{x_1}\right + \left \beta \frac{\delta x_2}{x_2}\right + \dots + \left \gamma \frac{\delta x_n}{x_n}\right $

Incertainces sur un graphique

Vous avez tracé vos mesures (avec vos incertitudes sous forme de barres d'incertitudes) et vous cherchez à comparer l'expérience avec un modèle par ajustement de vos données. Les méthodes décrites ci-dessous permettent d'estimer l'incertitude sur les paramètres du modèle extraits par ajustement.

Méthode	Champs d'application	Technique
Droites de pentes extrêmes	Graphique tracé à la main et modèle de droite affine.	 $a = \frac{(a_{max} + a_{min})}{2} \quad \delta a = \frac{(a_{max} - a_{min})}{2}$ $b = \frac{(b_{max} + b_{min})}{2} \quad \delta b = \frac{(b_{max} - b_{min})}{2}$
Utilisation d'un logiciel	Utilisation d'un logiciel de traitement de données	Si vous utilisez un logiciel de traitement de données, il peut souvent vous donner le résultat de l'ajustement des données en accompagnant les paramètres d'une incertitude que vous pouvez utiliser directement.

Annexe 2- Introduction à Gnuplot

1 Console et dossier de travail

Dans la suite, attention au choix des noms de fichiers et de dossiers. Il est indispensable d'éviter les espaces, les accents et les caractères spéciaux.

1. Créer un dossier (par exemple sur le bureau) et le renommer (par exemple "Dossier1"). C'est dans ce dossier qu'il faudra mettre vos fichiers de données ainsi qu'un fichier texte comprenant toutes les commandes à exécuter.
2. Créer un fichier texte (par exemple "script.txt") dans "Dossier1". Ce fichier contiendra toutes les commandes à faire exécuter par gnuplot. Vous pouvez le compléter et le modifier autant que vous voulez. Vous le lancerez ensuite à chaque fois à partir de la console en tapant

```
load "script.txt"
```
3. Ouvrir gnuplot via le menu démarrer ou en cliquant sur le raccourci bureau. Une fenêtre (appelée console) s'ouvre. C'est dans cette console que l'on va exécuter les commandes.
4. La première commande à taper dans cette console va permettre de vous placer dans votre répertoire de travail. Il faut donc taper 'cd' suivi de l'adresse de votre dossier de travail. Par exemple :

```
cd "C:/Users/Victor/Desktop/Dossier1"
```

Attention, en environnement LINUX, / doit être remplacé par \

5. La seconde commande à utiliser dans cette console permettra d'exécuter toutes les lignes contenues dans votre fichier "script.txt".

```
load "script.txt"
```

2 Fichier de données

Pour créer un fichier de données, créer un nouveau fichier texte dans "Dossier1". Vos données doivent être rentrées sous forme de colonnes de nombres. Par exemple, si vous voulez créer une colonne contenant le temps et une contenant la position mesurée, sur chaque ligne, vous devez écrire le temps suivi d'une tabulation (ou d'un espace) suivie de la valeur de la position à ce temps. On termine la ligne en appuyant sur la touche entrée. Sauvegarder le fichier sous le nom "data.txt"

Si vous débutez une ligne par #, elle est considérée comme commentée et ne sera pas prise en compte. Vous pouvez mettre le contenu de chaque colonne et l'unité. Entrez les valeurs de chaque colonne séparées par des tabulations (ou espaces).

3 Tracer des données

Tracer

Tracer des données

```
plot "data.txt" using ($1):($2)
```

Trace la colonne 2 (\$2) du fichier "data.txt" en fonction de la colonne 1 (\$1). L'échelle est automatiquement ajustée en abscisse et ordonnée.

La légende est automatique (nom du fichier et numéro de colonne tracée). Pour la modifier, il faut ajouter title "Nom de la courbe".

```
plot "data.txt" using ($1):($2) title "Données expérimentales"
```

Opérations sur les données Il est possible d'effectuer des opérations sur les colonnes que l'on appelle respectivement \$1 et \$2. Ainsi, pour tracer $\cos^2(\text{Colonne 2} \times \pi/180)$ en fonction de la colonne 1 divisée par 2 :

```
plot "data.txt" using ($1/2):(cos($2*pi/180)**2)
```

Attention le symbole ** représente la puissance. Ainsi, pour prendre la racine, il faut utiliser **0.5 ou sqrt(valeur à mettre en racine)

Tracer plusieurs courbes Pour tracer plusieurs courbes sur le même graphique, il faut séparer les

deux commandes par une virgule.

```
plot "data.txt" using ($1):($2),"data.txt" using ($1):($2**2)
```

Les incertitudes

```
plot "data.txt" using ($1):($2):($4) with yerrorbars
```

Spécifier une troisième colonne (ici \$4 : 4^{ème} colonne du fichier "data.txt") permet de prendre en compte cette colonne comme incertitude : soit suivant x si c'est suivi de with xerrorbars, : soit suivant y si c'est suivi de with yerrorbars

```
plot "data.txt" using ($1):($2):($3):($4) with xyerrorbars
```

Spécifier une troisième ET une quatrième colonne suivi de with xyerrorbars permet d'ajouter des incertitudes suivant x (colonne 3 : \$3) ET suivant y (colonne 4 : \$4).

```
plot "data.txt" using ($1):($2):(0.3) with xerrorbars
```

Indique que l'incertitude suivant x est constante pour tous les points et égale à 0.3. Il est possible de fixer une incertitude pour x ET y en indiquant using (\$1):(\$2):(0.3):(0.75) with xyerrorbars .

Personnaliser le graphique (échelle et allure des points)

```
plot[10:35][0:110] "data.txt" using ($1):($2)
```

Force l'échelle des abscisse entre 10 et 35 et l'échelle des ordonnées entre 0 et 110.

```
plot "data.txt" using ($1):($2) options
```

Il est possible de personnaliser les points en utilisant les options. Une liste non exhaustive figure dans le tableau ci dessous. Il suffit de les ajouter à la suite les unes des autres à la fin de la ligne.

Options	effet
Title « Légende 1 »	Remplace la légende automatique
Notitle	Aucune légende
pt 7	Change la forme des points en fonction de la valeur choisie
ps 2	Change la taille des points en fonction de la valeur choisie
Lc 2	Change la couleur des points en fonction de la valeur choisie

```
plot[-1:1][:]: "data.txt" u (sin($1*pi/180)):($2**2):($3):($4) with xyerrorbars "Points expérimentaux" pt 7 ps 1 lc 1
```

Cette ligne permet de tracer le carré de la colonne 2 en fonction du sinus de la colonne 1 (ramené en radian), en prenant la colonne 3 et 4 pour les barres d'erreur suivant x et y respectivement. L'axe des abscisse est limité entre -1 et 1, et l'axe des ordonnées est laissée automatique. La légende indiquera "Points expérimentaux", les points seront de type 7, de taille 1 et de couleur 1.

3.4 set : pour les axes, titre et légendes

Les commandes set permettent de spécifier les axes, la position des légende et se placent donc dans le script, sur les lignes précédent la commande plot.

```
set xlabel "Nom de l'axe x (unité)"
```

Spécifie le nom de l'axe des abscisses

```
set ylabel "Nom de l'axe y (unité)"
```

Spécifie le nom de l'axe des ordonnées

```
set title "Titre du graphique"
```

Spécifie un titre qui s'affiche au-dessus du graphique

```
set key top left
```

Spécifie la position de la légende : top ou bottom et left ou right.

3.5 fit : pour fitter

Pour fitter, il faut d'abord définir la fonction par laquelle on veut fitter. Dans la suite, cette fonction s'appelle f mais elle peut s'appeler n'importe comment. Il est possible de fixer une valeur initiale des paramètres de fit (pas toujours nécessaire) avant de fitter les données.

$$f(x)=a+b*x+c*x**2$$

Définit la fonction f(x) qui dépend de x et des 3 paramètres a,b et c. Ici un polynôme d'ordre 2.

$$a=2.2;b=1.2;c=0.01$$

Donne une valeur initiale aux paramètres utilisés (éviter 0). Cette ligne n'est pas toujours nécessaire. Dans un fit par une fonction simple, on peut en général commencer par ne pas la mettre.

$$\text{fit } f(x) \text{ "data.txt" using } (\$1):(\$2) \text{ via } a,b,c$$

Fit la colonne 2 en fonction de la colonne 1 du fichier "data.txt" en utilisant la fonction f(x) et en ajustant les paramètres spécifiés après via. Il est possible de ne fitter que a et c en fixant b à sa valeur initiale :

$$\text{fit } f(x) \text{ "data.txt" using } (\$1):(\$2) \text{ via } a,c.$$

Pour tracer la courbe correspondante, il suffit de taper plot f(x). Ainsi pour tracer les données et le fit obtenu précédemment, on tape :

$$\text{plot "data.txt" using } (\$1):(\$2),f(x)$$

Le résultat du fit est donné dans la console avec les incertitudes absolues et relatives après l'exécution.

4 Fenêtre graphique

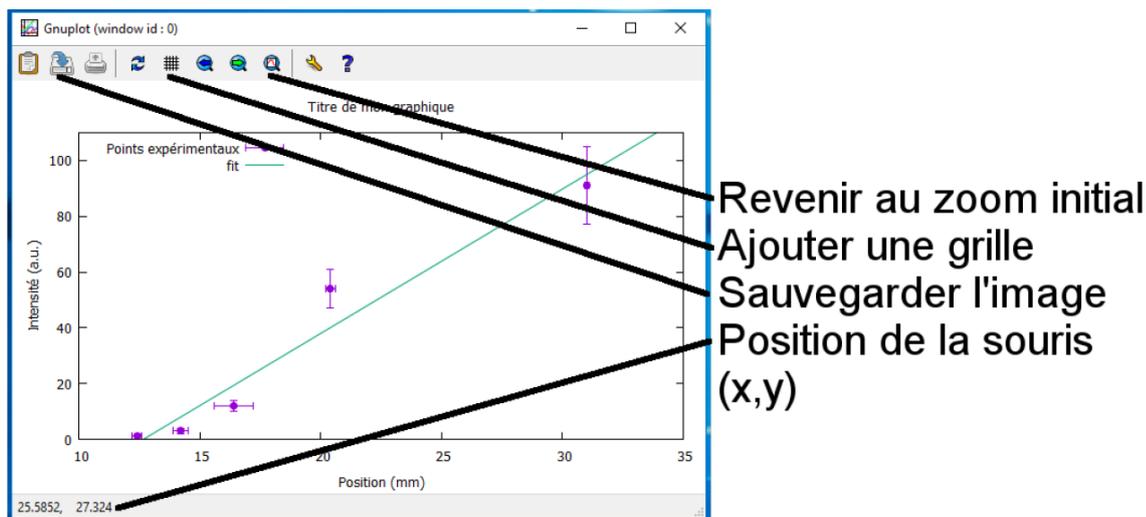


Figure 1 : Fenêtre s'ouvrant après l'exécution du code.

Sur la figure 1 sont indiquées les principaux outils de la fenêtre graphique. Pour zoomer, il suffit de cliquer sur les deux coins de la zone de zoom souhaitée. On peut enregistrer l'image finale à partir de la fenêtre graphique dans options>Save as bitmap.

5 Pour aller plus loin

Vous trouverez de l'aide sur les deux sites suivants :

<http://userpages.irap.omp.eu/~rbelmont/mypage/numerique/gnuplot.pdf>

<https://bdesgraupes.pagesperso-orange.fr/UPX/Tutoriels/presentationfignuplot.pdf>

Annexe 3- Installer gnuplot

1 Mac OSX

1. ouvrir un terminal (Taper⌘+Space, écrire Terminal et appuyer sur↵)
2. si brew n'est pas installé, l'installer en tapant dans le Terminal :

```
ruby -e "$(curl -fsSL  
https://raw.githubusercontent.com/Homebrew/install/master/install)"  
< /dev/null 2> /dev/null
```
3. taper `brew install gnuplot` et suivre les instructions (mots de passe etc...)
4. pour ouvrir gnuplot, il suffit de taper `gnuplot` dans un terminal
5. pour exécuter un script gnuplot, il suffit de taper `gnuplot script.txt` dans un terminal

2 Linux

Gnuplot est installé par défaut sur la plupart des distributions Linux (telles qu'Ubuntu...). Pour tester s'il est installé :

1. ouvrir un terminal (Applications > Accessoires > Terminal ou taper Ctrl+Alt+T+Space)
2. taper `gnuplot`

Si le terminal répond : `The program 'gnuplot' can be found in the following packages :` alors il faut installer gnuplot :

1. taper `sudo apt-get install gnuplot-x11`
2. taper votre mot de passe
3. taper `y` puis ↵ après la question `Do you want to continue`
4. pour ouvrir gnuplot, il suffit de taper `gnuplot` dans un terminal
5. pour exécuter un script gnuplot, il suffit de taper `gnuplot script.txt` dans un terminal

3 Windows

1. Télécharger l'exécutable à l'adresse :
<https://sourceforge.net/projects/gnuplot/files/gnuplot/5.2.7/gp527->
2. Exécuter le fichier et cliquer sur suivant. A la fin il crée un raccourci sur le bureau
3. Pour lancer gnuplot, double-cliquer sur le raccourci, la console s'ouvre.

Annexe 4- Rédaction d'un rapport

Le but d'un compte rendu de travaux pratiques est de présenter les différentes étapes d'une démarche expérimentale, qui permet de répondre intégralement ou en partie à un problème scientifique posé. Il s'agit d'un document scientifique. Cette méthodologie reste donc valable quel que soit le document scientifique rédigé (compte rendu, rapport de stage, article scientifique...).

<p>Introduction</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Contexte (quelques phrases) <i>ex/: Dans un référentiel supposé galiléen, la dynamique d'un point matériel est régie par trois lois fondamentales dites lois de Newton : (1) xxx, (2) xxx, (3) xxx.</i> • Objectif du TP (1 ou 2 phrases) <i>ex/: Dans ce travail, nous cherchons à vérifier expérimentalement la première loi de Newton.</i> • Description très succincte de l'approche expérimentale envisagée <i>ex/: Pour ce faire, nous étudierons le mouvement d'un mobile préparé de sorte qu'il ne subisse aucune force.</i>
<p>Bloc à reproduire autant de fois que nécessaire en fonction du TP (différentes expériences)</p> <p>Les points 1 et 2 peuvent être inversés.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Présentation du modèle Si votre expérience doit être comparée à un modèle théorique, rappelez : <ul style="list-style-type: none"> • les relations attendues entre les différentes grandeurs physiques d'après le modèle théorique • les hypothèses importantes 2. Présentation de la manipulation <ul style="list-style-type: none"> • Objectif de l'expérience • Présentation des conditions expérimentales : <ul style="list-style-type: none"> ○ Schéma de l'expérience ou référence à une figure de l'énoncé ○ Introduction des notations utilisées, sur le schéma ou dans le texte. <i>ex/: v_1 désigne la vitesse du mobile au point de mesure 1.</i> • Justification des conditions expérimentales en lien avec les hypothèses du modèle Expliquez en quoi les caractéristiques, les réglages et les conditions d'utilisation du montage expérimental permettent de se placer dans le cadre des hypothèses du modèle. • Présentation succincte des mesures et des analyses envisagées 3. Observations ou mesures <ul style="list-style-type: none"> • Identification des grandeurs : paramètres contrôlés et grandeurs mesurées. • Description de la méthode de mesure • Description de la méthode d'évaluation des incertitudes de mesure. • Report des résultats bruts* dans un tableau ou dans un graphique incluant les incertitudes de mesure. 4. Exploitation des mesures <ul style="list-style-type: none"> • Calcul des grandeurs physiques pertinentes et de leurs incertitudes à partir des grandeurs mesurées. <ul style="list-style-type: none"> ○ Indiquez les formules utilisées <u>sous forme littérale</u>, puis faites l'application numérique. ○ Présentation des grandeurs physiques calculées avec leurs incertitudes et le bon nombre de chiffres significatifs. <i>ex/: $X=32.56 \pm 0.02 \text{ mm}$</i> • Comparaison au modèle, éventuellement à l'aide d'un graphique. Discussion qualitative, puis quantitative. Conclusion en rapport avec l'objectif énoncé en début de partie.
<p>Conclusion</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Résumé de la démarche expérimentale, des résultats obtenus et de l'interprétation de ceux-ci. • Avis personnel concernant les expériences réalisées, la démarche scientifique et ses limites, les possibilités d'expériences complémentaires et d'applications.

* Par résultats bruts, on entend les valeurs de toutes les grandeurs mesurées, avant traitement des données.

Rendons à César ce qui est à César (1)

Indiquez votre nom sur le compte-rendu, ainsi que celui de votre binôme le cas échéant.

Votre texte doit être clair, court et précis

Structurez votre texte en paragraphes, chaque paragraphe correspondant à une idée. Privilégiez les phrases simples et courtes. Dès que possible, utilisez tableaux, graphes et schémas. Ceux-ci permettent de présenter une grande quantité d'informations sur peu d'espace, et offrent une vue globale sur un montage ou un ensemble de données expérimentales.

Détachez votre texte de l'énoncé

Si l'énoncé comporte des questions, ne vous contentez pas d'y répondre l'une après l'autre. Rédigez votre texte dans un tout cohérent qui s'enchaîne de manière fluide. Ne recopiez pas ce qui est déjà écrit par ailleurs, et privilégiez une référence en bonne et due forme (« d'après le protocole page 10 du guide,... »).

Les commentaires subjectifs sont à proscrire

Evitez les phrases telles que « Cette mesure est bizarre », ou bien « $n=1.2$, ceci semble assez faible ». Utilisez plutôt du vocabulaire précis comme « Cette mesure est très différente de la tendance observée sur les autres mesures. Il s'agit d'un point aberrant » ou « $n=1.2$, ce qui est 20% plus faible que la grandeur prédite par le modèle ou que la valeur tabulée... ».

Mettez en valeur les éléments importants de votre compte-rendu.

Vous pouvez par exemple encadrer les relations importantes, souligner vos résultats majeurs, dégager les parties importantes via l'usage de couleurs, puces, chiffres...

Un langage correct, une bonne orthographe ainsi qu'une écriture aérée et lisible seront toujours un plus.

Les **figures et les tableaux** doivent être numérotés puis appelés et commentés dans le texte. Sinon, cela signifie qu'ils ne sont pas nécessaires au raisonnement scientifique... Accompagnez ceux-ci d'une légende.

[*ex/*: sous le tableau 1, une légende : Tableau 1 : Temps de passage du mobile sous chacune des quatre cellules photoélectriques + dans le texte « Les données brutes du temps de passage du mobile pour chaque cellule sont données dans le Tableau 1]

Sur les **graphiques**, écrivez ce qui est porté en x et en y avec les unités. Choisissez les échelles de sorte que votre courbe occupe le maximum d'espace disponible. S'il y a plusieurs courbes, indiquez dans une légende la correspondance entre les symboles et les grandeurs physiques représentées. Les graphiques sont des figures. Ils doivent être numérotés puis appelés et commentés dans le texte.

[*ex/*: sous le graphique 1, une légende : Graphique 1 : Vitesse du mobile en fonction de sa position + dans le texte « Sur le graphique 1, on a tracé la vitesse du mobile en fonction de sa position. On observe une courbe qui croît de plus en plus vite avec sa position. »]

Dans les **tableaux**, chaque ligne et/ou colonne comporte la quantité portée dans le tableau et son unité.

Dans les **équations ou formules**, tous les paramètres doivent être bien définis dans le texte.

Vos **mesures et résultats** doivent toujours être accompagnés de leurs incertitudes et écrits avec le bon nombre de chiffres significatifs. N'oubliez pas les unités. Donnez toujours les formules littérales qui vous ont permis de calculer grandeurs physiques et incertitudes.

----- Adopter une démarche scientifique pour écrire un bon compte-rendu -----

Lors du processus d'expérimentation, les pièges sont nombreux : matériel défectueux, erreurs de mesure, erreurs de calcul des grandeurs physiques et de leurs incertitudes... **Adoptez un regard critique**, demandez-vous à chaque étape de votre démarche si vos résultats ont un sens, s'ils sont cohérents avec ce qu'on peut attendre.

La présentation des mesures brutes et des conditions de mesure est une étape incontournable du travail d'un expérimentateur. Si l'interprétation des mesures s'avère fautive, il doit être possible de reprendre les données brutes et d'élaborer un meilleur raisonnement. Par ailleurs, en indiquant de façon claire et détaillée votre protocole de mesure, vous permettez à une personne à l'autre bout du monde de reproduire et d'éprouver vos résultats.

Au début des études en Physique, les expériences servent souvent à vérifier la validité de modèles théoriques bien établis. Aux frontières de la recherche, les expériences peuvent aussi apporter des données qu'il convient de reproduire avec une modélisation physique adéquate. Dans les deux cas, **la détermination des barres d'erreur et des incertitudes est indispensable**, car elle fixe la précision à laquelle l'accord théorie-expérience doit être vérifié.

En tant que jeune étudiant(e) en science, vous devez dès à présent exiger **l'intégrité scientifique** pour vous-même et pour vos collègues. Lors de vos TPs, ne cherchez pas à « modifier » vos résultats s'ils ne paraissent pas cohérents. Discutez plutôt les problèmes potentiels (montage, méthode de mesure, validité des différentes hypothèses...) que vous avez pu rencontrer. Si vous constatez des erreurs dans vos mesures, il est important de le souligner. Soyez conscients que l'équipe enseignante valorise au moins autant votre logique et votre démarche scientifique que vos résultats.

Rendons à César ce qui est à César (2). Si vous copiez du texte ou que vous utilisez d'autres données que les vôtres, citez vos sources. Sinon, on peut considérer cela comme du plagiat.

Annexe 5 – Grille d'évaluation d'un CR de TP

	Inacceptable	Insuffisant	Satisfaisant	Excellent
Forme générale	Incompréhensible ou illisible	Clarté ou orthographe qui laisse à désirer	Compte rendu clair et sans trop de fautes d'orthographe.	Satisfaisant + efforts de pédagogie particulier.
Introduction (I)	Pas d'introduction	Introduction peu claire ou qui ne présente que la problématique ou le contenu du TP (2 ou 3)	Introduction claire qui présente la problématique et le contenu du TP (2 et 3)	Satisfaisant + commentaires sur le contexte (1 et 2 et 3)
Modèle et équations (II-1)	Pas d'introduction du modèle et des équations pertinentes	Absence des principes physiques ou des hypothèses sous-tendant le modèle ou notations non introduits	Principes physiques et hypothèses sous-tendant le modèle clairement exposés et notations introduites	Satisfaisant + commentaires pertinents sur les modèles alternatifs ou les limites du modèle
Protocole expérimental (II-2)	Pas de protocole	Protocole peu clair ou incomplet (matériel, méthodes de mesure, schéma) (1 ou 2)	Protocole clair et complet (1 et 2)	Satisfaisant + discussions des limites du protocole et améliorations potentielles (1 et 2 et 3)
Observations mesures (II-3)	Pas de données brutes ou observations	Les données brutes sont trop peu nombreuses, mal présentées ou pas décrites	Les données brutes sont clairement présentées et décrites	Satisfaisant + données remarquables en qualité ou quantité et pertinentes
Incertitudes (II-3)	Pas d'incertitudes	Incertitudes sur les paramètres mesurés/calculés mais pas de description de la méthode de détermination	Incertitudes sur les paramètres mesurés/calculés et description de la méthode de détermination	Satisfaisant + propositions pour diminuer les incertitudes
Graphiques (II-3)	Pas de graphiques	Pas d'axes ou pas de légende ou graphiques illisibles	graphiques clairs et légendés et avec des axes et des unités.	Satisfaisant + ajouts d'éléments pour illustrer l'exploitation des données
Structuration d'un CR (II-3)	CR peu structuré	CR peu structuré ou Figures non numérotées ou figures non appelées dans le texte	CR structuré et figures numérotées et appelées dans le texte	Satisfaisant + effort particulier de clarté et d'illustration
Interprétation et Comparaison théorie expérience (II-4)	Pas d'interprétation	Interprétation partielle ou peu claire des observations, Comparaison exclusivement qualitative ou quantitative entre modèle et expérience	Interprétation des phénomènes et explications qualitatives, Comparaison qualitative et quantitative entre modèle et expérience	Satisfaisant + les conclusions replacent les résultats obtenus dans un contexte plus général.
Conclusion (III)	Pas de conclusion	Conclusion peu claire	Conclusion claire qui résume les résultats	Satisfaisant + perspectives et remarques sur l'utilisation des méthodes en dehors du TP

Annexe 6 : Rédiger un mail professionnel

- 1- **Utilisez votre adresse Paris Sud** ZozoLeToto@gmail.com ou Batman-theDarkKnight@aol.com est à proscrire pour un mail professionnel.
- 2- **L'objet du mail** : Il ne doit pas être vide. Il doit décrire l'information que contient le mail. Exemple « Traitement de données Nom Prénom ». Evitez les Re : Re : Tr :Re :...
- 3- **Les destinataires** : utilisez les copies à bon escient. Par exemple, lorsque vous cherchez un stage, vous avez le droit d'envoyer le même mail à plusieurs encadrants potentiels mais ils ne doivent pas le savoir ! Donc, envoyez plutôt 5 mails (dans l'idéal un peu personnalisés) que un seul mail avec 50 destinataires en copie (ce qui vous met en très mauvaise posture).
- 4- **L'entrée en matière** : Indispensable, elle permet de créer le lien. « Cher/Chère monsieur/madame » pour quelqu'un que vous ne connaissez pas (pour une recherche de stage, par exemple) ou « Bonjour », plus informel (pour un enseignant). Vous pouvez également commencer par le prénom de la personne, si elle vous est proche.
- 5- **Les fautes d'orthographe** : Il y a des fautes dans tous les mails, mais cela n'est pas une fatalité. Plus le mail aura de l'importance et plus elles seront impardonnables. Deux options s'offrent à vous : vous relire, faire un copié/collé sous un logiciel de traitement de texte ou vous faire relire !
- 6- **La pièce jointe** : La pièce jointe doit avoir un nom qui signifie quelque chose pour votre interlocuteur. Par exemple CV.pdf ou CRTP-V12.doc n'est pas adapté. CV_Jacques_Durand.pdf ou CRTP_SolangeVoisin.doc est mieux.

Vous avez oublié la pièce jointe ? Ce sont des choses qui arrivent. Le plus simple est de s'en rendre compte rapidement et d'envoyer un mail d'excuse en spécifiant dans l'objet que la pièce jointe est maintenant ajoutée.
- 7- **La ponctuation et le smiley** : Ils sont à utiliser avec parcimonie, la ponctuation a un sens. Le ton que vous utilisez sur votre mail peut être mal perçu si vous utilisez les points d'exclamations à outrance ou des majuscules (vous avez l'air de crier). Quant au smiley, il est à proscrire ou à réserver uniquement à vos collègues proches. Attention cependant au transfert de votre message. Vos écrits peuvent également vous décrédibiliser.
- 8- **La longueur du mail**: Attention au mail trop long, vous ne serez pas lu et les informations que vous donnez ne seront ni comprises ni traitées. Un mail, un message. Pour autant, évitez les abréviations.
- 9- **La formule de politesse** : Indispensable, elle permet de laisser une bonne impression. « Bien à vous » ou « (Bien) Cordialement ». « Sincères salutations » est plus formel.
- 10- **La signature** : La fin de votre mail doit comporter votre nom complet en signature.
- 11- **Relisez votre message** avant de l'envoyer.