

# Laboratoire de Physique II

*"The principle of science, the definition, almost, is the following: the test of all knowledge is experiment. Experiment is the sole judge of scientific "truth". But what is the source of knowledge? Where do the laws that are to be tested come from? Experiment, itself, helps to produce these laws, in the sense that it gives us hints.*

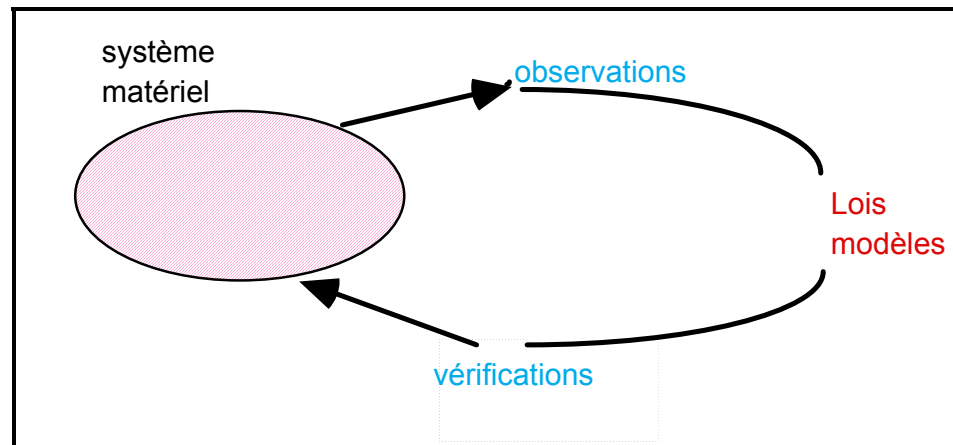
*But also needed is imagination to create from these hints the great generalizations - to guess at the wonderful, simple, but very strange patterns beneath them all, and then to experiment to check again whether we have made the right guess."*

Richard Feynman, The Feynman Lectures on Physics

# Démarche du physicien

**Physique**: science qui étudie les propriétés de la matière, de l'espace et du temps, et qui établit les lois qui rendent compte des phénomènes naturels

(Larousse)



- observation d'un système – mesures, quantification
  - observables, paramètres, grandeurs physiques
- description mathématique
  - les modèles mathématiques, les lois de comportement
- vérification expérimentale

# Objectifs des travaux pratiques

- développer des compétences expérimentales - techniques de mesure
  - manipulation des appareils et instruments
  - acquisition des données
  - analyse de données
- visualiser les phénomènes et les concepts de base en physique (dans les différentes domaines)
- communiquer les résultats
  - cahier de laboratoire
  - rapports
  - présentations orales
- développer des "compétences transversales"
  - apprendre à travailler en équipe
- développer le sens de l'initiative et de la créativité

# Travaux pratiques en deux parties

- **Physique** - tout le semestre
  - mercredi
- **Électronique** – 5 semaines
  - lundi, vendredi

## Où?

Travaux pratiques de physique (Centre Est)

## Quand?

Mercredi de 8:15 à 12:00

Présence obligatoire

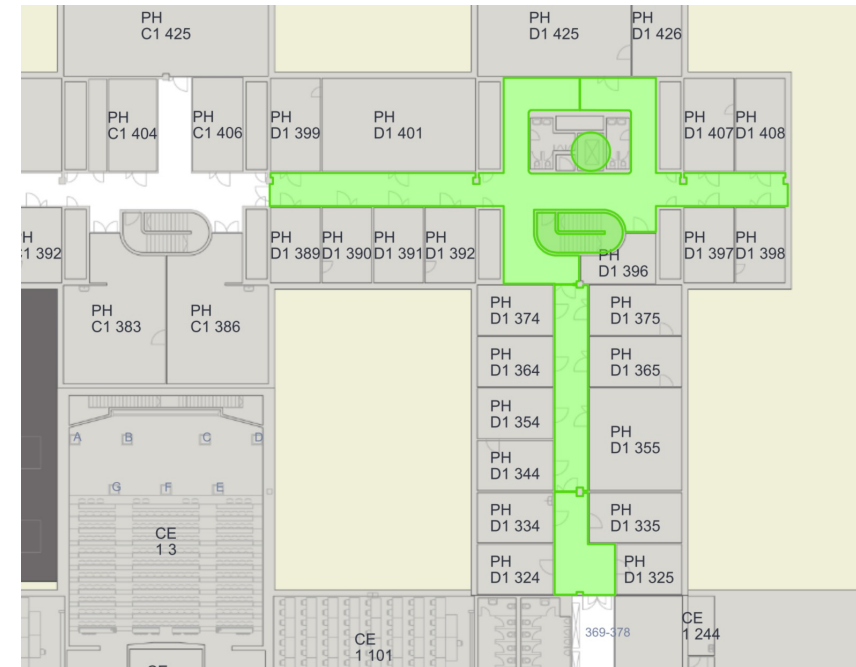
**Binômes:** lien google.docs sur moodle, à remplir avant demain jeudi 10h

## Ordre

Manteaux et parapluies dans le couloir

Pas de consommation (ni boisson, ni nourriture) dans le laboratoire

Pause-café 15 min



**Aide:** Un assistant pour 3 - 4 groupes de 2 étudiants  
(corrige le rapport et donne le feedback)

Notices d'introduction à la page web (FR/EN):

<https://www.epfl.ch/schools/sb/sph/physiquetp/tp2/tp2-exp/>

**Les étudiants doivent se préparer sérieusement avant la séance!**

La préparation sera contrôlée par l'assistant.

**Laboratoire de  
physique IIa  
2023-2024**

Laboratoire de physique IIa 2023-2024		SEMESTRE D'AUTOMNE													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		20 sept.	27 sept.	4 oct.	11 oct.	18 oct.	25 oct.	1 nov.	8 nov.	15 nov.	22 nov.	29 nov.	6 déc.	13 déc.	20 déc.
1		I	C <sub>1</sub> <sup>c</sup>		C <sub>2</sub> <sup>c</sup>		H <sub>7</sub> <sup>j</sup>		K <sub>14</sub> <sup>k</sup>		H <sub>6</sub> <sup>g</sup>		G <sub>1</sub> <sup>g</sup>	PO <sub>1</sub>	
2		N		C <sub>1</sub> <sup>c</sup>		C <sub>2</sub> <sup>c</sup>		H <sub>7</sub> <sup>j</sup>	PO <sub>1</sub>	K <sub>15</sub> <sup>k</sup>		H <sub>6</sub> <sup>g</sup>		G <sub>1</sub> <sup>g</sup>	
3		T	G <sub>1</sub> <sup>g</sup>		C <sub>1</sub> <sup>c</sup>		C <sub>2</sub> <sup>c</sup>		H <sub>7</sub> <sup>j</sup>	PO <sub>1</sub>	K <sub>15</sub> <sup>k</sup>		H <sub>6</sub> <sup>g</sup>		
4		R		H <sub>4</sub> <sup>g</sup>		D <sub>1</sub> <sup>i</sup>		C <sub>4</sub> <sup>d</sup>		H <sub>9</sub> <sup>j</sup>	PO <sub>1</sub>	H <sub>2</sub> <sup>h</sup>		H <sub>3</sub> <sup>g</sup>	
5		O	H <sub>3</sub> <sup>g</sup>		H <sub>4</sub> <sup>g</sup>		D <sub>1</sub> <sup>i</sup>		C <sub>4</sub> <sup>d</sup>		H <sub>9</sub> <sup>j</sup>	PO <sub>1</sub>	H <sub>2</sub> <sup>h</sup>		
6		D		H <sub>3</sub> <sup>g</sup>		H <sub>4</sub> <sup>g</sup>		D <sub>1</sub> <sup>i</sup>		C <sub>4</sub> <sup>d</sup>		H <sub>9</sub> <sup>j</sup>	PO <sub>1</sub>	H <sub>2</sub> <sup>h</sup>	
7		U	K <sub>15</sub> <sup>k</sup>		H <sub>6</sub> <sup>g</sup>		G <sub>1</sub> <sup>g</sup>		C <sub>1</sub> <sup>c</sup>		C <sub>2</sub> <sup>c</sup>		H <sub>7</sub> <sup>j</sup>	PO <sub>2</sub>	
8		C		K <sub>14</sub> <sup>k</sup>		H <sub>6</sub> <sup>g</sup>		G <sub>1</sub> <sup>g</sup>	PO <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> <sup>c</sup>		C <sub>2</sub> <sup>c</sup>		H <sub>7</sub> <sup>j</sup>	
9		T	H <sub>7</sub> <sup>j</sup>		K <sub>14</sub> <sup>k</sup>		H <sub>6</sub> <sup>g</sup>		G <sub>1</sub> <sup>g</sup>	PO <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> <sup>c</sup>		C <sub>2</sub> <sup>c</sup>		
10		I		H <sub>9</sub> <sup>j</sup>		H <sub>2</sub> <sup>h</sup>		H <sub>3</sub> <sup>g</sup>		H <sub>4</sub> <sup>g</sup>	PO <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> <sup>i</sup>		C <sub>4</sub> <sup>d</sup>	
11		O	C <sub>4</sub> <sup>d</sup>		H <sub>9</sub> <sup>j</sup>		H <sub>4</sub> <sup>g</sup>		H <sub>3</sub> <sup>g</sup>		H <sub>2</sub> <sup>h</sup>	PO <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> <sup>i</sup>		
12		N		C <sub>4</sub> <sup>d</sup>		H <sub>9</sub> <sup>j</sup>		H <sub>2</sub> <sup>h</sup>		H <sub>3</sub> <sup>g</sup>		H <sub>4</sub> <sup>g</sup>	PO <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> <sup>i</sup>	

**ASSISTANTS:**

a) Yan Crevoisier	g) Clément Bardagi
b) Bruno Wuensch	h) Maeva Thiévent
c) Yanis Le Fur	i) Max Lo Conte
d) Eugène Mettraux	j) Zoé Medaric
e) Florian Cottier	k) Emiliano Cruz Aranda
f) Luca Hartman	l) Mathieu Hursin

## PROJET I: PHYSIQUE DU BATIMENT

1. Cellules photovoltaïques sur le toit ou vitrage?  
J7 Energie solaire
2. Energie solaire: capteurs passifs  
J10 Corps noir
3. Contrôle et régulation des températures  
C7 Mesures des températures
4. Chauffage efficace et non polluant  
C4 Pompe à chaleur
5. Isolation du bâtiment  
C5 Transmission de chaleur
6. Condensation dans les murs et isolations, pare-vapeur (point de rosée)  
K14 Point triple de l'azote
7. Apport d'énergie électrique complémentaire  
J8 Energie nucléaire



## PROJET II: PHYSIQUE DES TRANSPORTS, VEL (Véhicule Electrique Léger)

### 1. Motorisation électrique

G4 Moteurs électriques

### 2. Source d'énergie

J9 Piles à combustible

### 3. Choix de matériaux métalliques légers à bonnes propriétés mécaniques

D3 Essais de traction

### 4. Minimiser les forces de frottement, diminuer le Cx.

B1 Aérodynamique

### 5. Climatisation du véhicule

C1 Cycle de Stirling

### 6. Sécurité en conduite, détecteurs à ultrasons

G7 Ultrasons

### 7. Sécurité des passagers

A5 Essai de choc

### 8. Recharge des batteries

J8 Energie nucléaire

## PROJET III: ECOLOGIE, santé de forêts et glaciologie

### 1. Analyse des l'air, composition

F9 Spectroscopie optique à l'aide d'un réseau

### 2. Viscosité de la sève des arbres malades

B2 Mesure du coefficient de viscosité d'un liquide

### 3. Propriétés élastiques du bois sain

D1 Torsion élastique

### 4. Utiliser le bois comme combustible

C2 Pouvoir calorifique

### 5. Mouvement des glaciers

C8 Expérience du regel

### 6. Climatologie, équilibres solide – liquide - gaz

K14 Point triple de l'azote

### 7. Transfère de chaleur par radiation

J10 Corps noir

## PROJET IV: PHYSIQUE ATOMIQUE et ACCELERATEURS DE PARTICULES

1. Mesure des caractéristiques dynamiques de la particule  
H2 Rapport  $e/m$  des électrons
2. Quantification de la charge des électrons  
H3 Expérience de Millikan
3. Quantification des niveaux d'énergie des électrons  
H4 Expérience de Frank-Hertz
4. Mesure du champ magnétique par déviation des charges  
H6 Effet Hall
5. Faire le vide dans l'accélérateur  
K14 / K15 Technique du vide
6. Efficacité des électroaimants de guidage  
G1 Cycle d'hystérèse

## PROJET V: BIOPHYSIQUE, imagerie et implants

### 1. Imagerie par méthodes ultrasonores

G7 Ultrasons

### 2. Imagerie par rayons X

H5 Rayons X

### 3. Filtrage et mise en forme du signal électrique

G3 Circuits RCL

### 4. Propriétés élastiques des os et des implants.

D1 Torsion élastique

### 5. Propriétés du collagène, viscosité du sang

B2 Mesures du coefficient de viscosité des liquides

### 6. Analyse du contenu en carbone d'un acier biomédical

D2 Anélasticité

### 7. Observations par le microscope

F10 Optique de Fourier

## PROJET VI: MICROELECTRONIQUE

1. Elaboration des semiconducteurs, dopage sous vide, couches minces  
K15 Technique du vide et évaporation sous vide
2. Observation de la microstructure au microscope  
F10 Optique de Fourier
3. Structure des cristaux, orientation cristallographique  
H5 Rayons X
4. Analyse de faibles déformations dues aux dilatations thermiques aux jonctions  
F7 Interférométrie
5. Filtrage du signal électrique  
G3 Circuits RCL

## PROJET VII: ENERGIES RENOUVELABLES

### 1. Photo-électricité

J7 Energie solaire

### 2. Utilisation de l'énergie stockée sous forme d'hydrogène

J9 Piles à combustible

### 3. Propriétés mécaniques des pâles d'une éolienne

D1 Torsion élastique

### 4. Utiliser le biogaz ou le bio-éthanol comme combustibles

C2 Pouvoir calorifique des combustibles liquides

### 5. Machine thermique solaire

C1 Cycle de Stirling

### 6. Chauffage des habitations sans émission de CO<sub>2</sub>

C4 Pompe à chaleur

### 7. Energie alternative

J8 Energie nucléaire

## PROJET VIII: METRO A HAUTE VITESSE (MHV) - SWISSMETRO

1. Diminuer les forces de frottement
  - B5 Effet « piston »
  - B1 Aérodynamique
2. Accélération et vitesse sur un rail à suspension magnétique ou coussin d'air
  - A1 Banc mécanique
3. Analyse des vibrations et résonances des structures.
  - A4 Oscillations libres et forcées
4. Choix des matériaux à faibles densité et bonnes propriétés mécaniques
  - D3 Essais de traction
5. Motorisation électrique (moteur linéaire)
  - G4 Moteurs électriques
6. Energie sans émission de gaz à effet de serre
  - J8 Energie nucléaire
7. Sécurité des passagers
  - A5 Essai de choc

**Laboratoire de  
physique IIa  
2023-2024**

Laboratoire de physique IIa 2023-2024		SEMESTRE D'AUTOMNE													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		20 sept.	27 sept.	4 oct.	11 oct.	18 oct.	25 oct.	1 nov.	8 nov.	15 nov.	22 nov.	29 nov.	6 déc.	13 déc.	20 déc.
1		I	C <sub>1</sub> <sup>c</sup>		C <sub>2</sub> <sup>c</sup>		H <sub>7</sub> <sup>j</sup>		K <sub>14</sub> <sup>k</sup>		H <sub>6</sub> <sup>g</sup>		G <sub>1</sub> <sup>g</sup>	PO <sub>1</sub>	
2		N		C <sub>1</sub> <sup>c</sup>		C <sub>2</sub> <sup>c</sup>		H <sub>7</sub> <sup>j</sup>	PO <sub>1</sub>	K <sub>15</sub> <sup>k</sup>		H <sub>6</sub> <sup>g</sup>		G <sub>1</sub> <sup>g</sup>	
3		T	G <sub>1</sub> <sup>g</sup>		C <sub>1</sub> <sup>c</sup>		C <sub>2</sub> <sup>c</sup>		H <sub>7</sub> <sup>j</sup>	PO <sub>1</sub>	K <sub>15</sub> <sup>k</sup>		H <sub>6</sub> <sup>g</sup>		
4		R		H <sub>4</sub> <sup>g</sup>		D <sub>1</sub> <sup>i</sup>		C <sub>4</sub> <sup>d</sup>		H <sub>9</sub> <sup>j</sup>	PO <sub>1</sub>	H <sub>2</sub> <sup>h</sup>		H <sub>3</sub> <sup>g</sup>	
5		O	H <sub>3</sub> <sup>g</sup>		H <sub>4</sub> <sup>g</sup>		D <sub>1</sub> <sup>i</sup>		C <sub>4</sub> <sup>d</sup>		H <sub>9</sub> <sup>j</sup>	PO <sub>1</sub>	H <sub>2</sub> <sup>h</sup>		
6		D		H <sub>3</sub> <sup>g</sup>		H <sub>4</sub> <sup>g</sup>		D <sub>1</sub> <sup>i</sup>		C <sub>4</sub> <sup>d</sup>		H <sub>9</sub> <sup>j</sup>	PO <sub>1</sub>	H <sub>2</sub> <sup>h</sup>	
7		U	K <sub>15</sub> <sup>k</sup>		H <sub>6</sub> <sup>g</sup>		G <sub>1</sub> <sup>g</sup>		C <sub>1</sub> <sup>c</sup>		C <sub>2</sub> <sup>c</sup>		H <sub>7</sub> <sup>j</sup>	PO <sub>2</sub>	
8		C		K <sub>14</sub> <sup>k</sup>		H <sub>6</sub> <sup>g</sup>		G <sub>1</sub> <sup>g</sup>	PO <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> <sup>c</sup>		C <sub>2</sub> <sup>c</sup>		H <sub>7</sub> <sup>j</sup>	
9		T	H <sub>7</sub> <sup>j</sup>		K <sub>14</sub> <sup>k</sup>		H <sub>6</sub> <sup>g</sup>		G <sub>1</sub> <sup>g</sup>	PO <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> <sup>c</sup>		C <sub>2</sub> <sup>c</sup>		
10		I		H <sub>9</sub> <sup>j</sup>		H <sub>2</sub> <sup>h</sup>		H <sub>3</sub> <sup>g</sup>		H <sub>4</sub> <sup>g</sup>	PO <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> <sup>i</sup>		C <sub>4</sub> <sup>d</sup>	
11		O	C <sub>4</sub> <sup>d</sup>		H <sub>9</sub> <sup>j</sup>		H <sub>4</sub> <sup>g</sup>		H <sub>3</sub> <sup>g</sup>		H <sub>2</sub> <sup>h</sup>	PO <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> <sup>i</sup>		
12		N		C <sub>4</sub> <sup>d</sup>		H <sub>9</sub> <sup>j</sup>		H <sub>2</sub> <sup>h</sup>		H <sub>3</sub> <sup>g</sup>		H <sub>4</sub> <sup>g</sup>	PO <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> <sup>i</sup>	

**ASSISTANTS:**

a) Yan Crevoisier	g) Clément Bardagi
b) Bruno Wuensch	h) Maeva Thiévent
c) Yanis Le Fur	i) Max Lo Conte
d) Eugène Mettraux	j) Zoé Medaric
e) Florian Cottier	k) Emiliano Cruz Aranda
f) Luca Hartman	l) Mathieu Hursin



## ***RAPPORT D'EXPERIENCE***

*(6 pages du texte maximum)*

Le rapport rend compte du travail fait au laboratoire,  
**rendu au plus tard jeudi la semaine suivante à 10h**

- document imprimé dans les cassiers des assistants  
(sortie CE, une fourre officielle fournie par les TP)

**et**

- version électronique .pdf sur **moodle**

The image shows the front cover of a report form from EPFL. The top left corner features the EPFL logo. The center of the page has the title 'TRAVAUX PRATIQUES DE PHYSIQUE' and 'SECTION DE PHYSIQUE'. Below this is a form with several fields for student information: Date, Section, Groupe No., Noms, Manipulation, and Assistant. The bottom left corner has a small square icon followed by the word 'PHYSIQUE'.

Date	:
Section	:
Groupe No.	:
Noms	:
Manipulation	:
Assistant	:

■ PHYSIQUE

## ***RAPPORT D'EXPERIENCE***

(6 pages)

***Introduction*** (1/2 page) :

***Motivation et objectifs*** du travail.

Situer les phénomènes étudiés dans un contexte plus général. Essayer de convaincre le lecteur de l'importance du sujet (**applications**, projet, ...).

Présenter quelques exemples dans la littérature (**références**).

Donner **les buts précis** de l'expérience.

***Démarche expérimentale*** (1 page) :

Décrire de manière succincte la méthode et l'appareillage utilisés. Citer les schémas si repris. Toutes les formules utilisées pour calculer les résultats doivent être énoncés clairement.

Préciser les conditions expérimentales: toutes les valeurs utilisées pour le calcul doivent être mentionnées at leur valeurs fournies.

### **Résultats** (3 – 4 pages)

Présentation des résultats des mesures avec conditions dans lesquelles les mesures ont été effectuées, calculs des grandeurs dérivées et des incertitudes.

Tableaux et graphiques avec légendes incorporés au texte, unités physiques, rectangles d'erreurs.

### **Discussion** (1 page)

Dans quelle mesure les résultats obtenus sont utilisables, éventuellement proposer des améliorations.

### **Conclusion** (1/2 page)

Résumé, dense, du travail. Réponse claire à l'introduction. *Objectifs atteints?*

### **Références**

### **Annexes, Données brutes**

## Comment écrire les rapports?

### LONGUEUR

La longueur d'un rapport ne devrait pas excéder 6 pages de texte. Les journaux scientifiques limitent souvent la longueur des articles à quelques pages, il faut apprendre à s'exprimer d'une manière concise et si nécessaire ne conserver que les résultats les plus intéressants.

N'utilisez pas une trop petite taille de la police (<12pt) pour réduire le nombre des pages ni un espacement trop petit entre les lignes. Il y a un modèle (template)!

Il ne faut pas introduire la table des matières pour un article ou un rapport court. Il ne faut pas utiliser trop de sous-sections.

## **Comment écrire les rapports?**

### INTRODUCTION

Essayer de convaincre le lecteur de l'importance du sujet (projet, applications, ...). Donner les buts précis de l'expérience.

Trouvez et citez les sources!

Vous pouvez vous inspirer d'articles scientifiques publiés. Via une connexion par VPN au réseau de l'EPFL, vous pouvez accéder à un grand nombre de publications en utilisant le Web of Science:

<https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search>

## Comment écrire les rapports?

### THEORIE

Seulement les équations importantes et nécessaires dans la suite de votre rapport sont attendues. Un duplicata de la notice n'est pas utile et augmente la longueur de votre rapport.

Citez les sources!

### DEMARCHE EXPERIMENTALE

Pas de liste du matériel!

Dans un article scientifique, toute la théorie et la description de la démarche expérimentale pour toutes les méthodes précèdent tous les résultats, puis une discussion donne la synthèse.

Citer les schémas si repris (aussi si vous utilisez les illustrations faites par vos collègues).

Préciser toutes les conditions expérimentales: toutes les valeurs utilisées pour le calcul du résultat final doivent être quantifiées.

## Comment écrire les rapports?

### EQUATIONS

Toutes les formules utilisées pour calculer les résultats doivent être énoncées clairement. Il faut expliquer la signification des tous les symboles utilisés dans une formule :

"La loi d'Ohm permet de calculer la tension  $U$  :

$$U = I \cdot R \quad (8)$$

où  $I$  est le courant et  $R$  la résistance électrique"

## Comment écrire les rapports?

### EQUATIONS

"La loi d'Ohm ~~e~~. (8) permet de calculer la tension  $U$  :

$$U = I \cdot R [\text{X}] \quad (8)$$

où  $I$  [~~X~~] est ..."

Il ne faut pas citer les équations par leur numéro avant de les présenter (contrairement aux figures).

Il ne faut pas spécifier les unités SI, éventuellement les autres (mbar, Torr...)

Il ne faut pas utiliser les unités dans les équations sans les valeurs numériques.

Par convention, les grandeurs physiques sont écrites en italique dans les équations.



## **Comment écrire les rapports?**

### RESULTATS

La section résultats est purement descriptive: elle liste clairement les résultats obtenus : graphiques/tableaux avec les paramètres utilisés pour leur obtention (un externe doit pouvoir reproduire toutes vos mesures avec votre rapport).

Si certains points ne sont pas pris en compte, pour une raison justifiée, cela doit aussi être précisé.

## Comment écrire les rapports?

### VALEURS, UNITES

Par convention, les unités qui suivent une valeur ne sont pas en italique ni dans les crochets.

$$P = 101325 \text{ Pa} \quad \text{X}$$

$$P = 101325 [Pa] \quad \text{X}$$

Les crochets avec l'unité viennent après le symbole pour la grandeur physique dans le tableau ou sur le graphique:

$$P [\text{Pa}]$$

$$P = 101325 \text{ Pa}$$

N'utilisez pas les crochets vides pour les grandeurs sans unités.

$$\text{L'indice de réfraction } n [] \quad \text{X}$$

## Comment écrire les rapports?

### NOTATION SCIENTIFIQUE

Augmente la clarté pour les chiffres très grands ou très petits.

Les préfixes SI (nano, micro, mili, kilo, mega...) sont encore plus clairs.

$$0.0000123 \text{ m} = 1.23 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 12.3 \text{ }\mu\text{m}$$

$$12300000 \text{ Pa} = 1.23 \cdot 10^7 \text{ Pa} = 12.3 \text{ MPa}$$

Pour comparer les valeurs, utilisez le même exposant ou préfixe.

Il ne faut pas exagérer:  $62 \pm 3$  est plus clair que  $(0.62 \pm 0.03) \cdot 10^2$

Soyez cohérent avec les séparateurs décimaux (, ou .).

## Comment écrire les rapports?

### FIGURES ET LES TABLEAUX

Numérotez toutes les figures et les tableaux par ordre d'introduction (Fig. x) et présentez les avec le texte. N'utilisez pas les expressions "sur la figure suivante", "la figure ci-dessous", "les résultats sont présentés ici".

Indiquez les grandeurs et les unités sur chaque axe des graphes. Par convention, sur l'axe x on présente la grandeur indépendante et sur l'axe y la grandeur dépendante. Choisissez entre le symbole et la description, il ne faut pas utiliser les deux (Température ~~T~~ [K])

Choisissez les axes XY des graphes de la manière la plus adéquate possible: centrez les données. Un axe ne doit pas nécessairement commencer à une valeur arrondie.

Adaptez la taille de la police utilisée pour rendre les chiffres et les textes bien visibles (min 9 pt dans l'échelle imprimée). Essayez de garder la même taille de police pour tous les graphiques.

## Comment écrire les rapports?

### FIGURES ET LES TABLEAUX

Adaptez les symboles sur les graphiques à une impression noir et blanc. Pour faciliter la comparaison et économiser l'espace, regroupez plusieurs courbes sur le même graphique avec une légende.

Evitez les graphiques avec les lignes entre (ou pire au lieu de) les points de mesure. C'est souvent non-physique et en tout cas vous ne prenez pas les mesures en continu mais vous mesurez les valeurs discrètes, aussi de préférence avec les estimations d'incertitude (barres d'erreur). Vous pouvez utiliser les lignes comme guide pour l'œil si ça facilite la lecture.

Si certains points ne sont pas pris en compte, pour une raison justifiée, cela doit aussi être précisé.

## Comment écrire les rapports?

### LEGENDES SOUS LES FIGURES

Commentez les figures et tableaux avec des phrases courtes descriptives. N'utilisez pas les titres de graphiques dans un rapport.

Expliquer les axes, conditions de la mesure. Il ne faut pas écrire seulement  $y$  en fonction de  $x$ , c'est évident.

Eviter les légendes sous la figure répétitives. Si vous avez presque le même texte pour deux figures, mieux d'utiliser a) et b) et une seule légende et éviter la répétition. Dans ce cas, l'explication pour a) et b) doit figurer après le numéro de figure.

Les équations pour les fits peuvent figurer dans la légende sous la figure si elles prennent beaucoup de place. Dans ces équations utilisez soit  $y(x)$  sans unité ou les vraies grandeurs physiques ( $V(t)$ ) avec les unités.

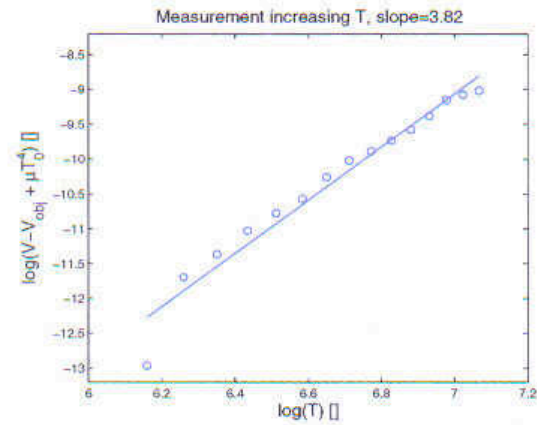


Figure 3: Verification of Stefan-Boltzmann law for increasing temperature ( $\mu = \frac{C_d S_1 S_d \sigma}{2\pi x_d^2}$ ).

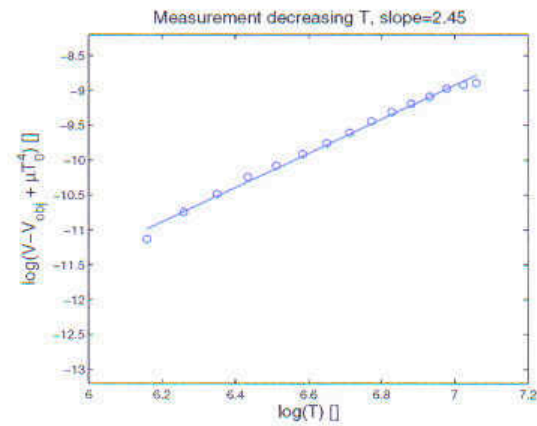
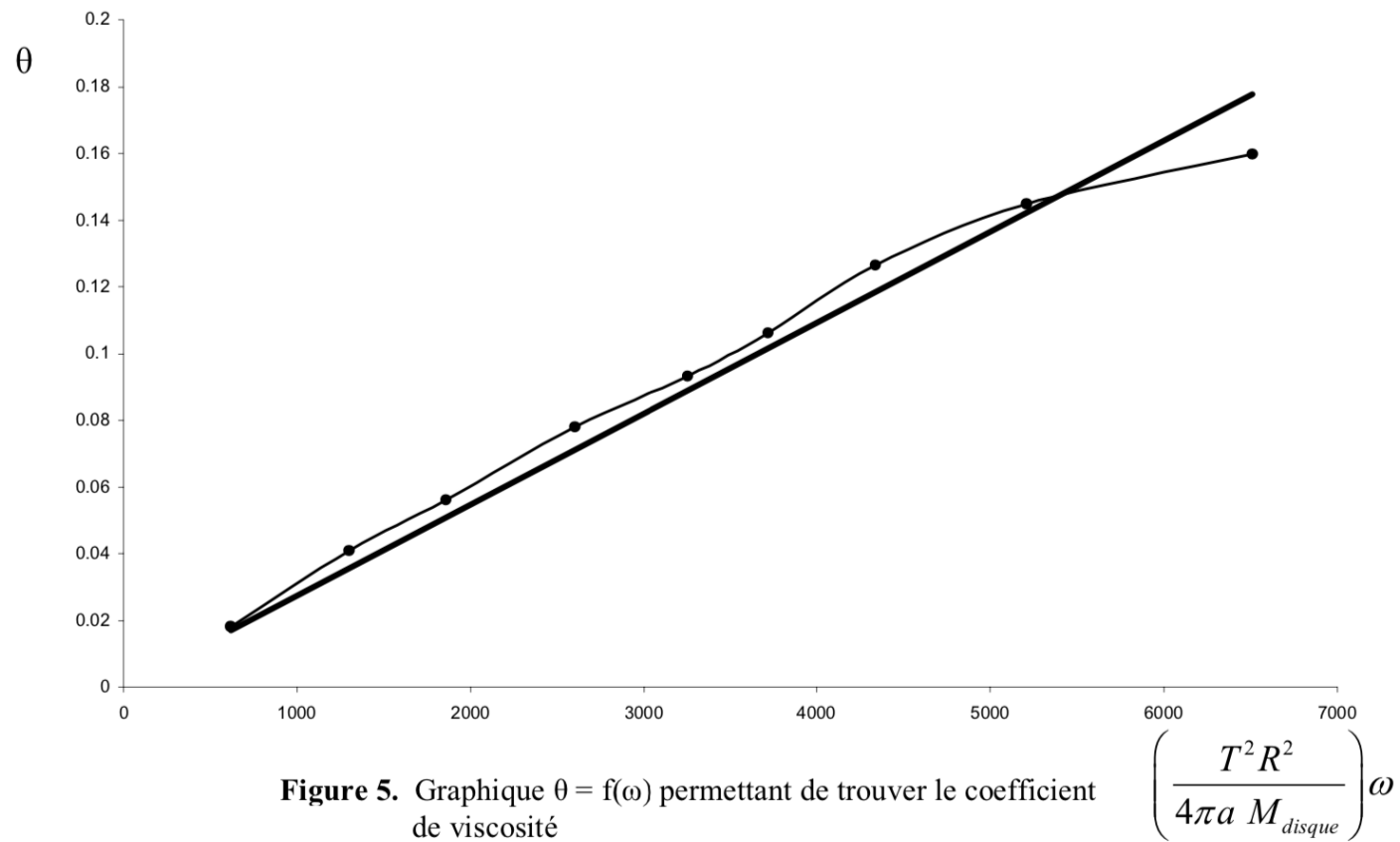


Figure 4: Verification of Stefan-Boltzmann law for decreasing temperature ( $\mu = \frac{C_d S_1 S_d \sigma}{2\pi x_d^2}$ ).



Attention à la lisibilité des graphiques, taille de police, échelles, unités, titres, légendes (clarté, éviter la répétition)



X

Attention à la taille de police, étiquettes (unités), lignes entre les points, légende, axe x trop compliqué



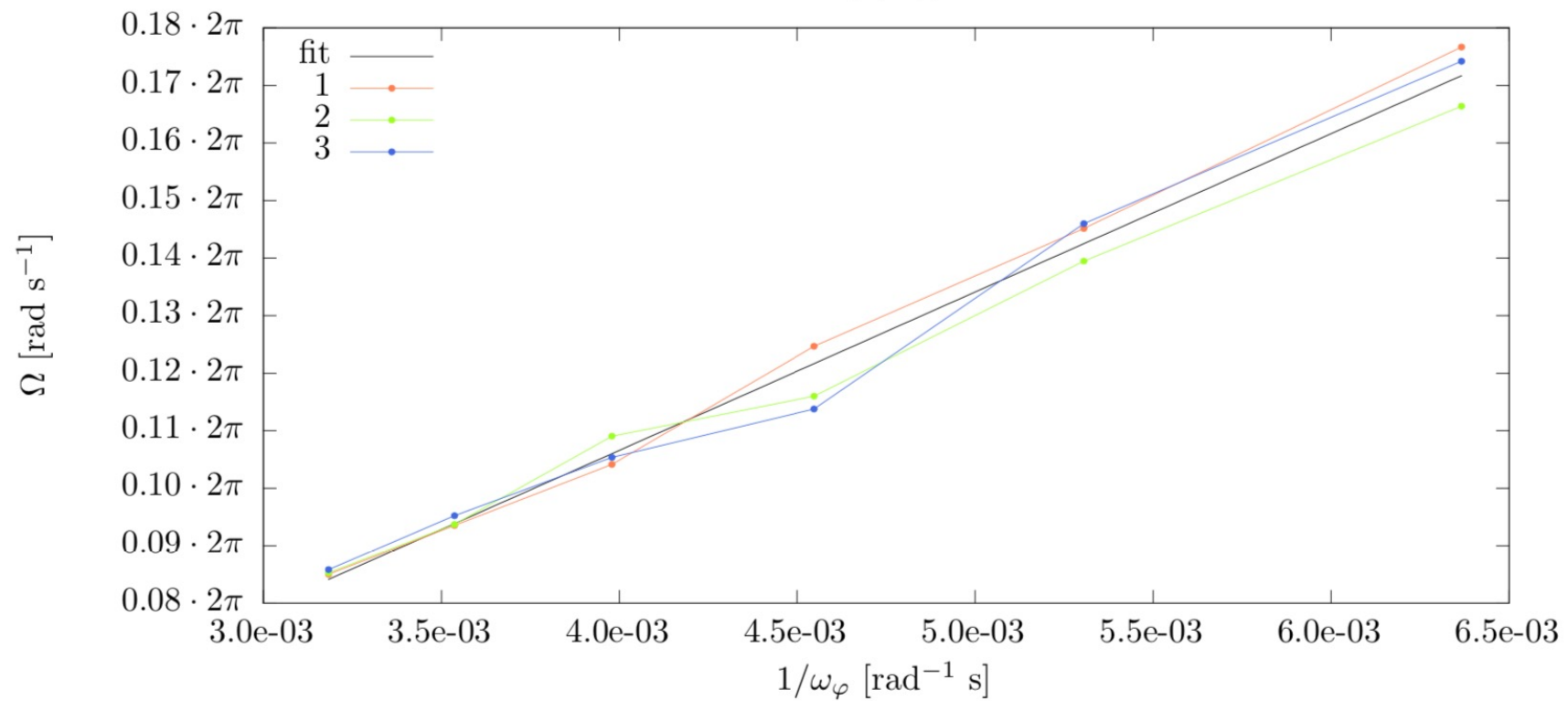


FIGURE 3 – Selon la théorie on devrait avoir une droite de pente  $\frac{Mgl}{I}$ .

X

Attention à la taille de symboles, lignes entre les points, les axes, légende

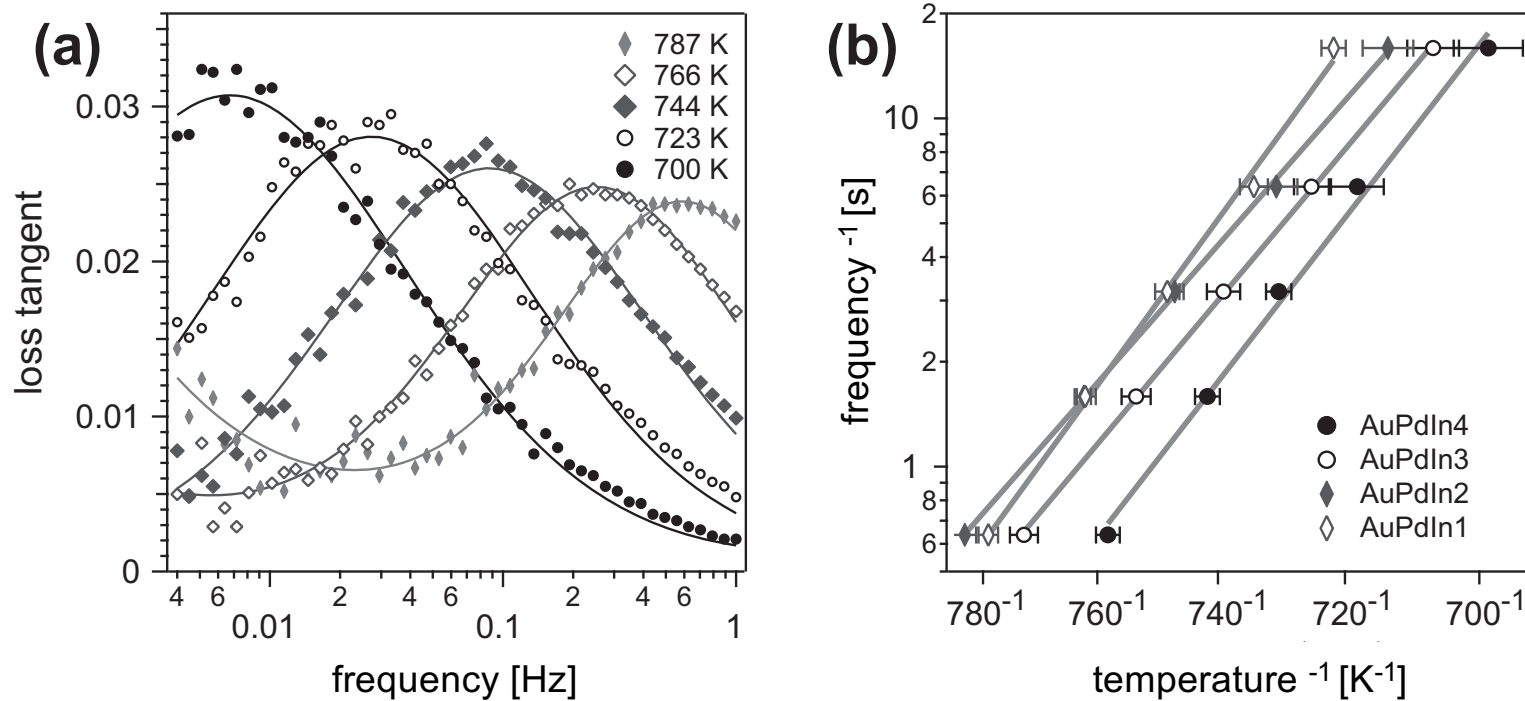


Fig. 3. (a) Isothermal measurements of loss tangent as a function of frequency in the alloy AuPdIn4. At lower temperatures, the peak shifts to lower frequencies and the peak height increases. (b) Inverse of the peak frequency as a function of the inverse peak temperature after background subtraction.

## Comment écrire les rapports?

### INCERTITUDES

Pour présenter les résultats avec leur incertitude, arrondissez d'abord l'incertitude à un ou deux (si le premier est égal à 1) chiffres significatifs et arrondissez le résultat en gardant le même nombre de décimales.

Exemples:

$$P = (950 \pm 120) \text{ Pa}$$

$$T = (291.4 \pm 0.6) ^\circ \text{ C}$$

$$V = (5.04 \pm 0.08) \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ (garder la même puissance sur 10 pour faciliter la lecture)}$$

## Comment écrire les rapports?

### RÉGRESSIONS/FITS

Si la théorie prédit un certain comportement (linéaire, exponentiel, sinusoïdal, etc.) utilisez cette fonction là pour votre fit, même si une autre équation semble meilleure.

La fonction et les paramètres obtenus par régression doivent figurer sur la figure ou dans la légende sous la figure (seulement si utilisés/discutés). Si possible les présenter avec leur incertitude.

N'essayez pas d'obtenir la valeur finale voulue directement à partir un fit en compliquant les axes. Les axes de graphiques devraient être faciles à comprendre.

## Comment écrire les rapports?

### DISCUSSION/ANALYSE

Une fois les résultats énoncés et décrits, il reste à en tirer l'information de leur signification. C'est là que vous analysez en détail chaque résultat. Il est important de confronter vos observations aux prédictions théoriques et d'en déduire leur validité.

Avec des montages utilisés, les résultats peuvent ne pas paraître très convaincants (rendement ou efficacité faible, etc.), mais ce n'est pas pour autant que qualitativement ils ne sont pas intéressants! Restez donc positifs lorsque vous en discutez.

Pensez à la source d'erreur la plus probable ou qui a la plus forte influence, ne vous contentez pas de toutes les énumérer.

## Comment écrire les rapports?

### CONCLUSION

La conclusion doit remettre vos résultats dans le contexte mentionné dans l'introduction et montrer en quoi vos mesures sont importantes/utiles/intéressantes et applicables (dans le projet). N'hésitez pas à remettre les valeurs numériques d'intérêt dans le texte pour appuyer vos déductions.

Il ne faut pas commencer par "En conclusion, ... ", c'est évident du titre de la section.

## Comment écrire les rapports?

### LANGUE

Il ne faut pas trop souvent utiliser les mots "nous", "notre" (échantillon), "nos" (mesures), ... Vous avez le droit d'être fiers de votre bon travail, mais les articles scientifiques sont d'habitude rédigés d'une façon moins personnelle. Evitez aussi "on", utilisez la voix passive. Evitez les expressions comme "environ", "à peu près", "très grand" qui n'ont pas de sens physique.

Attention de pas utiliser l'expression "valeur théorique" pour les valeurs de référence (valeurs dans la littérature, valeurs tabulées, valeurs acceptées) qui proviennent aussi de l'expérience, mais pas la vôtre.

Attention français - anglais:

expérience – experiment

measure - measurement

## Comment écrire les rapports?

### REFERENCES

Une liste des références doit figurer à la fin (avant l'Annexe). Toutes les ressources doivent être numérotées dans l'ordre et vous devez vous référer à elles dans le texte [1]

Citez vos sources (Introduction, Figures,...)!

### DONEES BRUTES

Il est possible d'exporter les valeurs brutes obtenues par le programme PlotteurXY (Save Data) puis les traiter dans un autre programme (Excel, MATLAB, Gnuplot, KaleidaGraph, Origin, Igor, SigmaPlot....) pour obtenir les graphiques mieux adaptés aux rapports (taille de police, étalonnage des axes).

Prenez une clé USB!

**Il faut télécharger les données brutes sur Moodle!**



## **Comment écrire les rapports?**

### **ANNEXES**

L'annexe n'est utile que pour le matériel supplémentaire, notamment pour les tableaux des paramètres utilisés ou encore les calculs d'erreur (seulement dans les rapports, pas dans un article scientifique). Toutes les figures d'intérêt doivent figurer dans le corps du rapport. Tous les éléments figurant dans l'annexe doivent être cités à l'endroit opportun dans les sections précédentes.

# CRITERES D'EVALUATION

## I. TRAVAIL AU LABORATOIRE

Préparation, soin apporté au travail expérimental,  
qualité de mesures, esprit d'initiative

## II. RAPPORT

Fond et forme du rapport sont évalués.

Qualité de la présentation des résultats, graphiques, schémas,  
formules, erreurs...

Originalité de la discussion

Propositions, exploitation des résultats

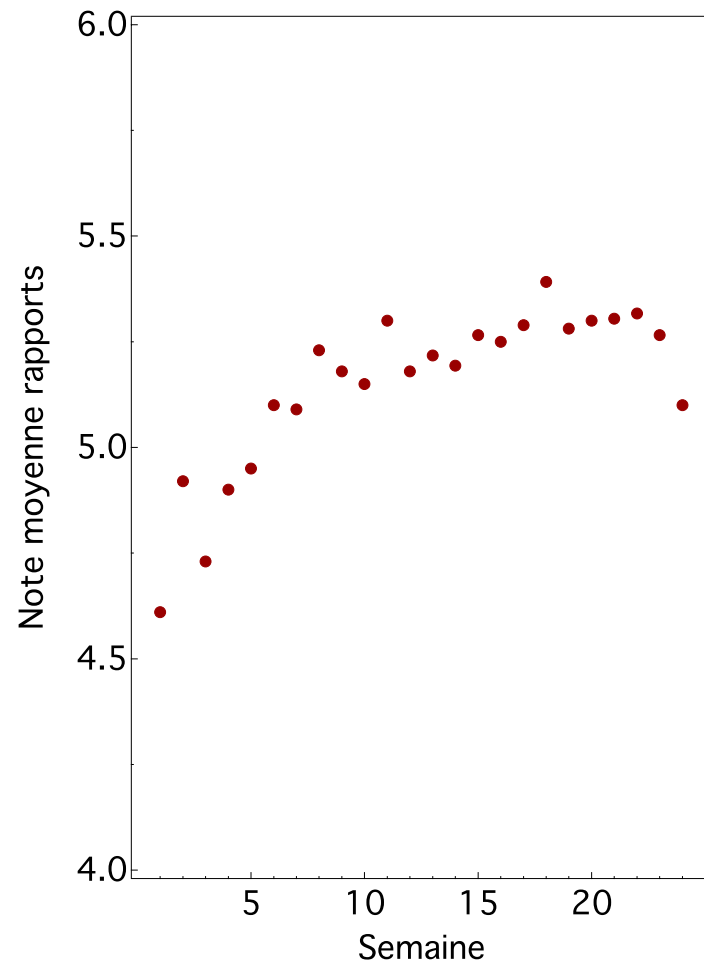
## CRITERES D'EVALUATION

Travail en laboratoire	Ponctualité		
	Préparation et discussions		
	Autonomie et initiative		
	Qualité des mesures		
	Gestion du temps		
Résultats	Tous les résultats sont présentés et les données sont correctes		
	Unités toujours utilisées et pas en italique ; pas de crochets après une valeur numérique		
	Les incertitudes sont arrondies à un ou deux chiffres significatifs et le résultat en conséquence ; notation scientifique		
	Estimation d'erreur		
	Les données brutes sont téléchargées sur Moodle		
Figures et tableaux	Numérotés dans l'ordre d'apparition et mentionnées dans le texte		
	Légendes (sous les figures) pertinentes et concises		
	Étiquettes ; échelle ; taille de police ; taille des symboles ; légende		

## CRITERES D'EVALUATION

Structure et style du rapport	L'introduction contient la motivation (lien avec le projet), les références et les objectifs de l'expérience		
	La méthode expérimentale est décrite brièvement		
	Toutes les formules et grandeurs physiques utilisées pour le(s) calcul(s) sont présentées		
	Les données et les figures provenant de sources externes sont référencées		
	Le rapport est clairement présenté et le langage est approprié		
	Le rapport est concis		
Analyse des données, discussion et conclusions	Si un modèle est ajusté aux données, la motivation est fournie		
	La discussion est pertinente		
	Les conclusions sont correctes		
Bonus	Approche ou idée particulièrement originale ; effort supplémentaire		

## Note moyenne de rapports



## **PRESENTATION**

*(temps limité à 10 minutes => ≈10 pages)*

Une conférence donnée à des personnes ne connaissant pas le sujet (vos collègues de classe) dans un contexte plus général et avec un esprit de synthèse motivé par le projet. Présenter au moins deux expériences sur trois dernières avant la présentation.

Les 2 étudiants parlent (un étudiant introduit, l'autre conclut)

- **Titre et nom des auteurs** (1 slide)

- **Introduction:** motivation et objectifs (1 slide )

**POURQUOI?**

- **Corps de l'exposé:** techniques de mesures

**COMMENT?**

et résultats (4 - 8 slides)

**QOI?**

Pas besoin de présenter tous les résultats d'une expérience, vous pouvez choisir ceux qui sont intéressant dans le contexte

- **Discussion et conclusions:** l'idée de synthèse (1 – 2 slides)

## ***PRESENTATION***

### **CRITERES D'EVALUATION - qualité et originalité**

1. Qualité des slides: texte, graphiques, schémas, formules...  
(adapter les graphiques – police, symboles, couleurs, légendes)
2. Qualité des résultats
3. Expression orale:
  - logique du texte
  - transitions entre paragraphes
4. Originalité de la discussion
  - Propositions, exploitation des résultats

## ***PRESENTATION***

Salle de séminaires **PH D1 334**

### **HORAIRES:**

P01	8h40 – 9h00
P02	9h00 – 9h20
P03	9h20 – 9h40
P04	9h40 – 10h00
P05	10h00 – 10h20
P06	10h20 – 10h40
P07	10h40 – 11h00
P08	11h00 – 11h20
P09	11h20 – 11h40
P10	11h40 – 12h00



**Laboratoire de  
physique IIa  
2023-2024**

Laboratoire de physique IIa 2023-2024		SEMESTRE D'AUTOMNE													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		20 sept.	27 sept.	4 oct.	11 oct.	18 oct.	25 oct.	1 nov.	8 nov.	15 nov.	22 nov.	29 nov.	6 déc.	13 déc.	20 déc.
1		I	C <sub>1</sub> <sup>c</sup>		C <sub>2</sub> <sup>c</sup>		H <sub>7</sub> <sup>j</sup>		K <sub>14</sub> <sup>k</sup>		H <sub>6</sub> <sup>g</sup>		G <sub>1</sub> <sup>g</sup>	PO <sub>1</sub>	
2		N		C <sub>1</sub> <sup>c</sup>		C <sub>2</sub> <sup>c</sup>		H <sub>7</sub> <sup>j</sup>	PO <sub>1</sub>	K <sub>15</sub> <sup>k</sup>		H <sub>6</sub> <sup>g</sup>		G <sub>1</sub> <sup>g</sup>	
3		T	G <sub>1</sub> <sup>g</sup>		C <sub>1</sub> <sup>c</sup>		C <sub>2</sub> <sup>c</sup>		H <sub>7</sub> <sup>j</sup>	PO <sub>1</sub>	K <sub>15</sub> <sup>k</sup>		H <sub>6</sub> <sup>g</sup>		
4		R		H <sub>4</sub> <sup>g</sup>		D <sub>1</sub> <sup>i</sup>		C <sub>4</sub> <sup>d</sup>		H <sub>9</sub> <sup>j</sup>	PO <sub>1</sub>	H <sub>2</sub> <sup>h</sup>		H <sub>3</sub> <sup>g</sup>	
5		O	H <sub>3</sub> <sup>g</sup>		H <sub>4</sub> <sup>g</sup>		D <sub>1</sub> <sup>i</sup>		C <sub>4</sub> <sup>d</sup>		H <sub>9</sub> <sup>j</sup>	PO <sub>1</sub>	H <sub>2</sub> <sup>h</sup>		
6		D		H <sub>3</sub> <sup>g</sup>		H <sub>4</sub> <sup>g</sup>		D <sub>1</sub> <sup>i</sup>		C <sub>4</sub> <sup>d</sup>		H <sub>9</sub> <sup>j</sup>	PO <sub>1</sub>	H <sub>2</sub> <sup>h</sup>	
7		U	K <sub>15</sub> <sup>k</sup>		H <sub>6</sub> <sup>g</sup>		G <sub>1</sub> <sup>g</sup>		C <sub>1</sub> <sup>c</sup>		C <sub>2</sub> <sup>c</sup>		H <sub>7</sub> <sup>j</sup>	PO <sub>2</sub>	
8		C		K <sub>14</sub> <sup>k</sup>		H <sub>6</sub> <sup>g</sup>		G <sub>1</sub> <sup>g</sup>	PO <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> <sup>c</sup>		C <sub>2</sub> <sup>c</sup>		H <sub>7</sub> <sup>j</sup>	
9		T	H <sub>7</sub> <sup>j</sup>		K <sub>14</sub> <sup>k</sup>		H <sub>6</sub> <sup>g</sup>		G <sub>1</sub> <sup>g</sup>	PO <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> <sup>c</sup>		C <sub>2</sub> <sup>c</sup>		
10		I		H <sub>9</sub> <sup>j</sup>		H <sub>2</sub> <sup>h</sup>		H <sub>3</sub> <sup>g</sup>		H <sub>4</sub> <sup>g</sup>	PO <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> <sup>i</sup>		C <sub>4</sub> <sup>d</sup>	
11		O	C <sub>4</sub> <sup>d</sup>		H <sub>9</sub> <sup>j</sup>		H <sub>4</sub> <sup>g</sup>		H <sub>3</sub> <sup>g</sup>		H <sub>2</sub> <sup>h</sup>	PO <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> <sup>i</sup>		
12		N		C <sub>4</sub> <sup>d</sup>		H <sub>9</sub> <sup>j</sup>		H <sub>2</sub> <sup>h</sup>		H <sub>3</sub> <sup>g</sup>		H <sub>4</sub> <sup>g</sup>	PO <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> <sup>i</sup>	

**ASSISTANTS:**

a) Yan Crevoisier	g) Clément Bardagi
b) Bruno Wuensch	h) Maeva Thiévent
c) Yanis Le Fur	i) Max Lo Conte
d) Eugène Mettraux	j) Zoé Medaric
e) Florian Cottier	k) Emiliano Cruz Aranda
f) Luca Hartman	l) Mathieu Hursin

## ***NOTE FINALE***

moyenne sur 12 rapports 55%

moyenne des deux présentations 25%

TP électronique 20%