

# L'utilisation des incertitudes de mesure en licence

JOURNÉES « ENSEIGNER LA PHYSIQUE DANS LE SUPÉRIEUR », LYON 2016

AUDE CAUSSARIEU, ENS DE LYON



# Un constat de départ

- ▶ Pour beaucoup d'étudiants, les incertitudes de mesure :
  - ▶ « C'est chiant »
  - ▶ « On les calcule parce que sinon on n'aura pas le CAPES »
- ▶ Pour les enseignants de physique :
  - ▶ « Les incertitudes de mesures, c'est super important »
  - ▶ « C'est indispensable de les calculer en TP »



# L'enseignement des incertitudes de mesure en licence (ou prépa)

Dans le lieu où vous enseignez, les étudiants travaillent les incertitudes :

1. Uniquement en TP
2. En TP avec une introduction en CM ou en TD (<2h)
3. En TP et en cours en dehors des TPs (>2h)

# Etude d'une UE de TP de L1 (2014-2015)

- ▶ La question :
  - ▶ Quel usage des incertitudes en TP?
- ▶ Le terrain :
  - ▶ Une grosse UE de TP classique (2x400 étudiants, ~30 enseignants)
  - ▶ Avec 2 objectifs pédagogiques :
    - ▶ Faire le lien « entre théorie et pratique »
    - ▶ Enseigner les incertitudes
  - ▶ 3 TP d'élec + 3 TP d'optique de 3h chaque
- ▶ Les données :
  - ▶ Fascicules de TP
  - ▶ Entretiens avec 3 enseignants impliqués



# Usage des incertitudes : la règle explicite

- ▶ Quelle règle d'utilisation des incertitudes de mesure?
  - ▶ Introduction du fascicule de TP :

· Important : tout expérimentateur donne toujours ses résultats avec une incertitude. Faites de même : dans chaque TP prenez l'habitude de donner vos mesures et calculs de valeurs avec une incertitude. Ce dernier point est important pour les CC-TP.

- ▶ Entretiens avec les enseignants :

Je leur dis donner un résultat de mesure sans préciser avec quelle incertitude ce résultat est donné ça n'a pas de sens et je leur explique pourquoi

# Usage des incertitudes d'après le corps du fascicule

Pas d'incertitudes sur les données

Incertitudes sur toutes les mesures

Incertitudes sur la moitié des calculs

## 2.4 Influence de la capacité $C$ du condensateur

Prendre  $R = 50 \text{ k}\Omega$  et changer la valeur du condensateur  $C$  en maintenant  $E = 6 \text{ V}$  et  $f \sim 100 \text{ Hz}$ .

$C$ (nF)	1	22
$\tau_1 \pm \Delta\tau_1$ (préciser l'unité)		
$\tau_1/C$ (préciser l'unité)		

- Conclure

Deux causes principales :

- Une donnée est utilisée dans le calcul
- La formule pour avoir l'incertitude est très compliquée

# Est-ce que les incertitudes de mesure sont utilisées pour faire des comparaisons?

Des fois OUI

Mais ce n'est pas dit clairement

Mais on compare à une valeur sans incertitude

## 2.3 Influence de la résistance $R$ sur le temps de charge

Utiliser  $C = 10 \text{ nF}$  et donner à  $R$  les deux valeurs indiquées en revenant à  $E = 6 \text{ V}$  et  $f \sim 100 \text{ Hz}$ .

$R \text{ (k}\Omega\text{)}$	10	100
$\tau_1 \pm \Delta\tau_1$ (préciser l'unité)		
$\tau_1/R$ (préciser l'unité)		

- Conclure.

Ici, conclure, c'est comparer  $\frac{\tau_1}{R}$  à  $C$

## 3.2 Influence de la résistance et de la capacité sur le temps de charge

- Mesurer  $\tau_2$  dans les conditions imposées dans le tableau suivant avec  $E = 6 \text{ V}$  et  $f \sim 100 \text{ Hz}$ .

$R \text{ (k}\Omega\text{)}$	10	100
$C \text{ (nF)}$	22	10
$\tau_2 \pm \Delta\tau_2$ (préciser l'unité)		
$RC$ (préciser l'unité)		

- Comparer  $\tau_2$  à  $RC$

# Est-ce que les incertitudes de mesure sont utilisées pour faire des comparaisons?

Des fois  
NON

## 1. Détermination des distances focales

○ Placer votre **lentille convergente**  $L_1$  sur un des bancs d'optique situés près des fenêtres et choisir l'objet le plus éloigné observable (le bâtiment **Double Mixte**). Déplacer l'écran vers vous jusqu'à obtenir l'image la plus nette de cet objet. Quel est le sens de cette image ?

Le plan où se forme l'image d'un objet à l'infini (ou très éloigné en pratique) est le **plan focal image** et le point d'intersection de ce plan avec l'axe optique est le **foyer image**  $F'$  de la lentille. La distance  $\overline{O_1F_1'} = f_1'$  est la **distance focale image (ou distance focale) de la lentille**  $L_1$ .

A partir des positions mesurées, avec leurs incertitudes

$$\overline{O_1} = ( \quad \pm \quad ) \text{ cm} \quad \text{et} \quad \overline{F_1'} = ( \quad \pm \quad ) \text{ cm},$$

déduire la distance focale  $\overline{O_1F_1'}$  de la lentille  $L_1$  :

$$\overline{O_1F_1'} = f_1' = ( \quad \pm \quad ) \text{ cm}$$

Que vaut alors la distance focale objet de la lentille  $L_1$  ?

$$\overline{O_1F_1} = f_1 = - \overline{O_1F_1'} = ( \quad \pm \quad ) \text{ cm}$$

○ **Rapporter ensuite votre lentille convergente  $L_1$  sur le banc initial.**

# Est-ce que les incertitudes de mesure sont utilisées pour faire des comparaisons?

Des fois  
OUI

Mais pour des  
expériences  
qualitatives...

Où le calcul  
d'incertitude  
n'apporte rien

## a) Etude selon le faisceau réfracté

En utilisant un objet ponctuel (objet trou) observer et représenter la forme du faisceau arrivant sur la lentille convergente pour un objet réel : mettre l'objet trou dans le porte-objet et placer la lentille  $L_1$  sur le banc optique **50 cm après l'objet**. **Attention l'objet n'est pas au 0 de la règle, faire le calcul.**

- Quelle est la nature (convergente ou divergente) du faisceau arrivant sur la lentille à partir de l'objet ? :
- Disposer l'écran près de  $L_1$  et le déplacer vers l'extrémité du banc (*on procède toujours ainsi : on place l'écran le plus près possible du système optique et on déplace l'écran jusqu'à l'extrémité du banc pour connaître entièrement le comportement du faisceau lumineux après le système*). Observer et décrire les variations de la tache lumineuse obtenues par transparence sur l'écran au cours de ce déplacement.
- Placer ensuite l'écran **10 cm** après la lentille et noter le **diamètre  $\phi_1$**  de la tache lumineuse sur l'écran :  

$$\phi_1 = ( \quad \pm \quad ) \text{ cm}$$
- Comparer  $\phi_1$  à  $\phi$  et conclure sur l'effet d'une lentille convergente sur un faisceau initialement divergent.

# Au final

- ▶ Pour l'étudiant :
  - ▶ Les incertitudes de mesure sont calculées **quand c'est possible**
  - ▶ **Il n'y a pas d'incertitude sur** les données de l'énoncé = **mesures des constructeurs ou des enseignants.**
- ▶ Conséquences
  - ▶ Ces TPs ne permettent pas de donner du sens aux incertitudes
  - ▶ Ces TPs risquent de renforcer le mythe des mesures possibles sans erreur (mythe de la vraie valeur)

## ATTENTION :

Conclusions à modérer :

Cette analyse ne tient pas compte de l'action de l'enseignant lors des TPs

# Et pourquoi?

## Entretiens avec les enseignants:

- ▶ l'idée c'est bah qu'ils voient **qu'une mesure n'est pas absolue**, qu'une expérience c'est pas absolue
- ▶ Je pense que notre intérêt c'est aussi de leur apprendre à faire des mesures et d'avoir conscience qu'une mesure dépend de l'appareillage et de l'expérimentateur qu'ils sachent qu'il y a toujours **quand tu fais des mesures il y a toujours une part d'erreur humaine et une part d'erreur liée au matériel**

## Objectif pédagogique et moyen pédagogique

- ▶ Convaincre les étudiants qu'il y a toujours une incertitude associée à toutes leurs mesures
- ▶ En faisant calculer systématiquement l'incertitude associée à la mesure faite par un étudiant

2 questions :

1. Est-ce que ça marche?
2. Peut-on trouver un autre moyen pédagogique qui marche au moins aussi bien, avec moins d'effets secondaires?

# Et après?

## Les réactions des enseignants

### Pragmatisme

- ▶ Utiliser les incertitudes dans des situations qui leur donnent du sens

vs

### Cohérence

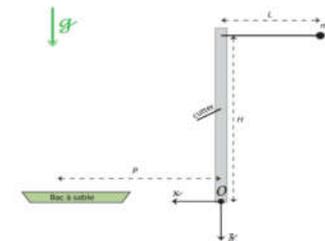
- ▶ Utiliser la même règle tout le temps => estimer systématiquement les incertitudes
  - ▶ Rajouter les incertitudes sur les données
  - ▶ Rajouter les incertitudes sur **tous** les résultats des calculs

# Pour conclure

- ▶ Mon constat :
  - ▶ Les situations de TP que l'on propose aux étudiants sont souvent artificielles et les calculs d'incertitude n'apportent rien
  - ▶ Ces situations forcent les enseignants à demander des calculs d'incertitude inutiles pour atteindre l'objectif : enseigner les incertitudes de mesure
  
- ▶ Quelques propositions :
  1. Prévoir un enseignement explicite des incertitudes si c'est un objectif d'enseignement
  2. Ne pas faire calculer les incertitudes lorsqu'elles sont inutiles, cela veut dire que la manip n'est pas faite pour enseigner les incertitudes
  3. Essayer de modifier les TPs pour leur donner du sens

# Quelques exemples (1)...

- ▶ Trouver le bon modèle pour interpréter une situation physique
  - ▶ Ex : prendre un pendule pesant, enlever le disque ou la masse en bas
    - ▶ Demander aux étudiants de modéliser la situation pour prédire la période
    - ▶ Choix entre pendule simple et pendule pesant
    - ▶ Nécessité de mener à bien le calcul d'incertitudes pour conclure
  
- ▶ Prédire avant de réaliser l'expérience
  - ▶ Ex : pendule lanceur (ou hauteur pour faire un looping sur un circuit)
    - ▶ Etudiants manipulent avec une seule longueur de fil
    - ▶ Doivent prédire le lieu de chute avec une cible pour une autre longueur donnée au dernier moment par l'enseignant



## Quelques exemples (2)

- ▶ Comparer et trouver les semblables :
  - ▶ Ex1 : des canettes métalliques pas remplies de la même manière
  - ▶ Ex2 : des piles cachées dans une boîte. Il faut mesurer la tension sans voltmètre, juste avec des AOP et des DELs.

# Quelques exemples (3)

- ▶ Des activités spécifiques pour les incertitudes de mesure
  - ▶ Ex : mesure au chrono de la course d'Usain Bolt
    - ▶ Expliquer la différence entre la valeur mesurée et celle du starter
    - ▶ Pourquoi aux JO de 1932 les résultats sont donnés au 10<sup>ème</sup> de seconde alors que les chronomètres sont précis au 100<sup>ème</sup> de seconde?
  - ▶ L'exemple des piles



Which battery lasts longer, Energizer or Duracell?  
 A student performs an experiment measuring the number of hours two AA batteries from each brand will run a tape player.  
 Her data is below.

	Trial 1:	Trial 2:	Trial 3:	Trial 4:	Trial 5:	Average:
Duracell (hours)	11.4	12.2	7.8	5.3	10.3	9.4
Energizer (hours)	11.6	7.0	10.6	11.9	9.0	10.0

# Merci de votre attention!

Des questions? Des remarques?



# Références

- ▶ Caussarieu & Tiberghien (2016), When and Why Are the Values of Physical Quantities Expressed with Uncertainties? A Case Study of a Physics Undergraduate Laboratory Course, *International Journal of Science and Mathematics Education*.
- ▶ Kung Lippman (2005), Teaching the concepts of measurement: An example of a concept-based laboratory course, *American Journal of Physics*, **73**, 771