Est-il important de faire des expériences de démonstration en cours et en TD ?

Patrick Boissé, Bertrand Laforge, Catherine Schwob

Plan

- Motivations
- Exemples
- Remarques et conclusions

Faculté de Physique

UPMC SORBONNE UNIVERSITÉS

Motivations

- Point de départ de la physique : observation et caractérisation des phénomènes.

Mettre les étudiants en contact avec les racines de la discipline
Développer le « sens physique »

- « Vraie » expérience / vidéo :

Chaque expérience est unique, résultat pas connu à l'avance
Enjeu, risque → attention des étudiants, complicité

- Expériences belles, étonnantes voire paradoxales

Marquent les étudiants: longtemps après, ils en parlent …
« Vécu » commun, sur laquelle on va construire dans le cours

- Partager le plaisir et donner le goût d'expérimenter

La « nappe et le couvert » : une expérience « frappante »

Loi de Newton et principe de l'inertie

Paradoxe : action « violente » … sans effet !

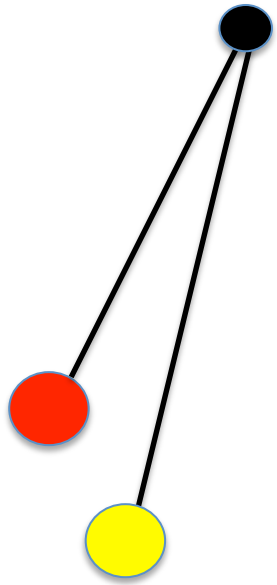
$$\vec{F} = m\ \vec{a} = m\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} \quad \rightarrow \quad \Delta\vec{v} = \frac{\vec{F}}{m}\ \Delta t$$

Action (F) très brève → Δv très petit

Deux pendules de L différents :
Petites variations relatives et différentielle logarithmique

Période du pendule simple :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \qquad \text{soit} \qquad \frac{dT}{T} = \frac{1}{2}\,\frac{dL}{L}$$



Compter N **tel que** $(N+1)\,T = N\,(T+\Delta T)$

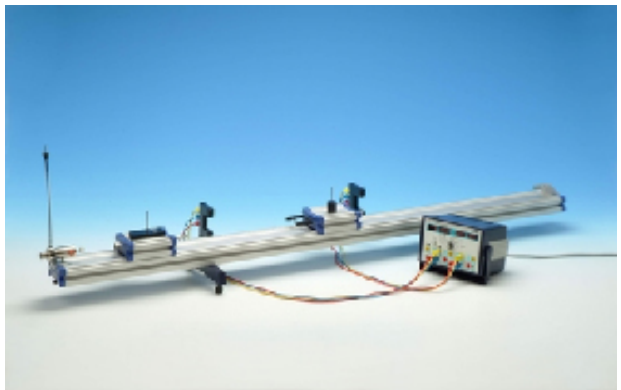
$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{1}{N} \ldots \overset{?}{=} \frac{1}{2}\,\frac{\Delta L}{L}$$

Collision de 2 mobiles : tester la prédiction d'un modèle

Choc élastique entre 2 mobiles pseudo-isolés

Lois de conservation :

- pour la quantité de mouvement
- pour l'énergie cinétique



si $v_2 = 0$

$$v'_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1 \qquad v'_2 = \frac{2 m_1}{m_1 + m_2} v_1$$

1) $m_1 = m_2$ → $v'_1 = 0$ (carreau !)

2) $m_1 \neq m_2$ → $v'_1 < 0$ si $m_1 < m_2$ et vice-versa

Fonte d'un glaçon posé sur du bois ou du métal : Analyser une situation physique

Glaçons identiques posés sur du bois ou métal
(équilibre thermique préalable)

1) Faire toucher les supports par un étudiant

sensation ? le métal semble plus froid !

2) Demander ce qui va se passer

→ vote 1, discussion entre voisins, vote 2

3) Poser les 2 glaçons et observer

Fonte d'un glaçon sur du bois ou métal : Analyser une situation physique

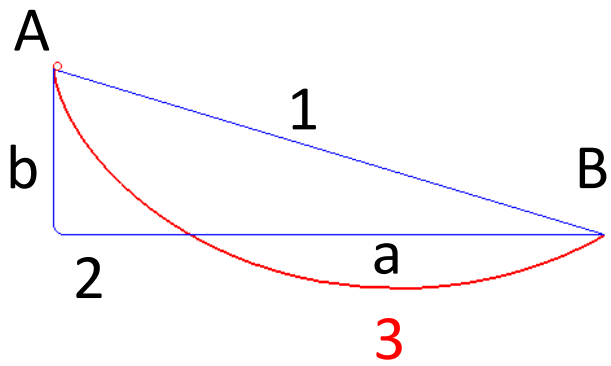
Glaçons identiques posés sur du bois ou métal
(équilibre thermique préalable)

1) Faire toucher les supports par un étudiant
   sensation ? le métal semble plus froid !
2) Demander ce qui va se passer
   → vote 1, discussion entre voisins, vote 2
3) Poser les 2 glaçons et observer
4) Analyser et modéliser
   chaleur fournie par le disque (épaisseur e) de rayon *r(t)* avec

$$r(t) = \sqrt{\alpha\, t} \qquad \Delta m(t) = \frac{\pi K e T_a}{L_f}\, t$$

La courbe brachistochrone : ouverture vers un problème complexe

Trajectoire pour laquelle T(A,B) est minimal ?



Problème « historique »

- solution de Galilée : cercle
- problème résolu (fin XVIIème) par Bernoulli, Newton … : cycloïde

→ calcul variationnel

$$T_1 = \sqrt{\frac{2}{g}}\sqrt{\frac{a^2+b^2}{b}} \qquad T_2 = \sqrt{\frac{2}{g}}\left(\sqrt{b}+\frac{a}{2\sqrt{b}}\right)$$

$T_3 < T_1$ et T_2

Autres expériences :

- Rebond de 2 balles (structures microscopiques différentes)
  conservation/transformations de l'énergie et structure de la matière
- Caméra thermique :
  rayonnement thermique à $\lambda \approx 10\ \mu m$
  opacité visible ou IR, effet de serre

- Rebond avec 2 ballons (choc élastique à 3 corps)
- Chute d'une chainette sur le rebord d'une table

…

Remarques

- Les expériences permettent de « rythmer » le cours

  Introduisent une « respiration », concentration renouvelée ensuite

  Fournit une motivation pour les développements formels

  Participent à construire une image « vivante » et équilibrée de la physique

- Les expériences se prêtent naturellement à l'interactivité

  Prévoir et interpréter le résultat (→ intuition et sens physique)

- Critères de choix

  Expériences bien démonstratives et visibles (filmer + projeter sinon)

  Simples à interpréter

- Règle d'or: ne jamais annoncer avant ce qu'on va/doit voir !

Conclusions

- Expériences faites « en direct » avec les élèves : situation très riche !

  Implication mutuelle → complicité, modestes « ensemble » devant les faits

  Autre exemple : tabouret tournant et conservation du moment cinétique

- Moyens requis importants

  Personne qualifiée pour développer, entretenir, assister les enseignants

  Amphi dédié, salles de rangement, crédits

  Temps de préparation → mutualiser l'effort entre enseignants

- Intérêt des petites expériences portables pour les TD

- Intérêt des expériences pour les conférences grand public