

Approche des incertitudes et démarche scientifique en seconde à l'aide de l'ordinateur

par Denis PICARD
Lycée Pilote, 86130 Jaunay Clan

Des logiciels professionnels courants, associés à une expérience permettant d'obtenir une série de mesures, servent à initier les élèves, dès la seconde, à la notion de domaine de confiance d'un résultat.

CONDITIONS DE L'EXPÉRIENCE

Voulant profiter de l'introduction de la quantité de mouvement pour faire prendre conscience aux élèves de la démarche d'exploitation des résultats d'une expérience, je me suis inspiré du travail de Blondel et ses collègues [4] que nous avons pu voir entre autres à Orléans aux journées de l'UdP, en novembre 1987.

Ne pouvant pas rédiger un logiciel équivalent au leur (écrit pour Thomson alors que je dispose d'un compatible IBM PC) j'ai utilisé des logiciels professionnels, Multiplan et Graph in the Box, tous deux disponibles en licence mixte.

Le support expérimental, comme pour Blondel, est l'éclatement sur banc à coussin d'air, comme le recommandent les instructions officielles [1], pour l'introduction de la quantité de mouvement.

Sur le banc horizontal, on relie deux mobiles de masses différentes par un fil de nylon bandant un ressort. On brûle le fil et le ressort sépare les deux mobiles. Chacun porte un drapeau qui coupe successivement les faisceaux de deux capteurs à cellules photoélectriques démarrant et arrêtant une horloge électronique. La distance des capteurs est fixe (10 cm), le relevé des temps sur les deux horloges permet de calculer la vitesse de chaque mobile.

EXPLOITATION

L'exploitation informatique commence : chaque élève ayant réalisé une expérience (1 minute environ) inscrit les deux temps lus dans 2 cellules adjacentes de Multiplan. Les calculs suivants sont réalisés par le tableur (en fait à la fin, car l'option recalcul automatique fait effectuer tous les calculs de la page et quand 2000 cellules sont à recalculer le temps commence à être long). Dès les premiers résultats les élèves libres peuvent commencer à réaliser un nuage de points dans le plan (v_1 ; v_2) et constater très vite que ce nuage se groupe autour d'une droite.

Le tableur calcule : les vitesses, leur rapport, et fait un rangement des rapports en classes centrées autour de la moyenne (qu'il calcule) de largeur constante (ici $\sigma/2$ qu'il calcule aussi).

En fin de travail, mais aussi à n'importe quel moment on peut appeler le « grapheur » (c'est l'un des noms informatiques d'un tel logiciel dont le rôle est de tracer des graphiques). Il est résident en mémoire et lors de l'appel d'une combinaison de touches, il prend provisoirement le pas sur le tableur. Il « capture » des données alors présentes sur l'écran (le tableau des classes) et trace par exemple l'histogramme des mesures (1 minute d'opérations). (voir schéma).

Cette séance de TP se conclut par la distribution à chaque élève des données (85 expériences : les leurs plus un certain nombre faites au préalable) : couple de mesures t_1 et t_2 , v_1 et v_2 ainsi que v_1/v_2 et la répartition en classes ainsi que l'histogramme tracés à l'imprimante et photocopiés.

Lors du cours suivant, je pars du nuage de points (voir graphique) que chaque élève a eu à tracer ; nous traçons ensemble « la » droite de chacun, calculons sa pente et constatons que ces pentes sont peu dispersées. Leur moyenne permet d'établir un premier résultat : $v_1/v_2 = m_2/m_1$. On peut donc modéliser les résultats de l'expérience par une loi mathématique.

Nous revenons alors à l'histogramme : un des objectifs (interdisciplinaire, il est valable en biologie, en sciences humaines) est d'apprendre à le tracer et à l'utiliser. Pour cela on l'analyse : retrouver les événements que le tableur a rangés dans une classe, graduer l'axe horizontal. Chacun place également le résultat qu'il avait pu trouver. L'allure (une gaussienne) est expliquée et commentée rapidement. Le

travail quantitatif prend place. Il s'agit de calculer le pourcentage d'événements dans des ensembles de classes centrés sur la moyenne pour connaître la «chance» que l'on a de trouver un événement entre les valeurs «moyenne - écart» et «moyenne + écart» (écart étant pris au sens propre et non statistique).

Les résultats les plus nombreux (ceux en lesquels la confiance de reproductibilité est la plus grande) sont près de la moyenne. En s'écartant assez peu (de σ ici, écart type statistique, calculé par la machine mais pas donné aux élèves qui se voient imposer la répartition en classes) on a 70% de chance de trouver un résultat. En s'écartant de 2σ on a 90% des résultats (voir tableau).

CONCLUSION

Ce traitement permet donc la discussion sur la qualité et la précision d'une expérience. Une mesure isolée n'a que peu de chances de donner un résultat égal à la moyenne. Par contre dans un intervalle qu'on peut estimer, on a une chance estimable de trouver une mesure prise au hasard. On peut donc définir un intervalle et la confiance qui s'y rattache.

L'outil informatique associé à des progiciels professionnels permet donc ici de montrer un embryon de démarche scientifique. Les élèves ont mis en commun leur résultats, vu la précision du résultat final amélioré et ont commencé à prendre conscience du caractère probabiliste des erreurs [2].

Le même outil peut par exemple être utilisé en électricité pour discuter la dispersion des indications d'une collection d'appareils de mesure identiques et montrer réellement la classe (incertitude relative maximum annoncée par le constructeur, correspondant à une confiance de 100% et donc égale à 3σ à peu près) [5].

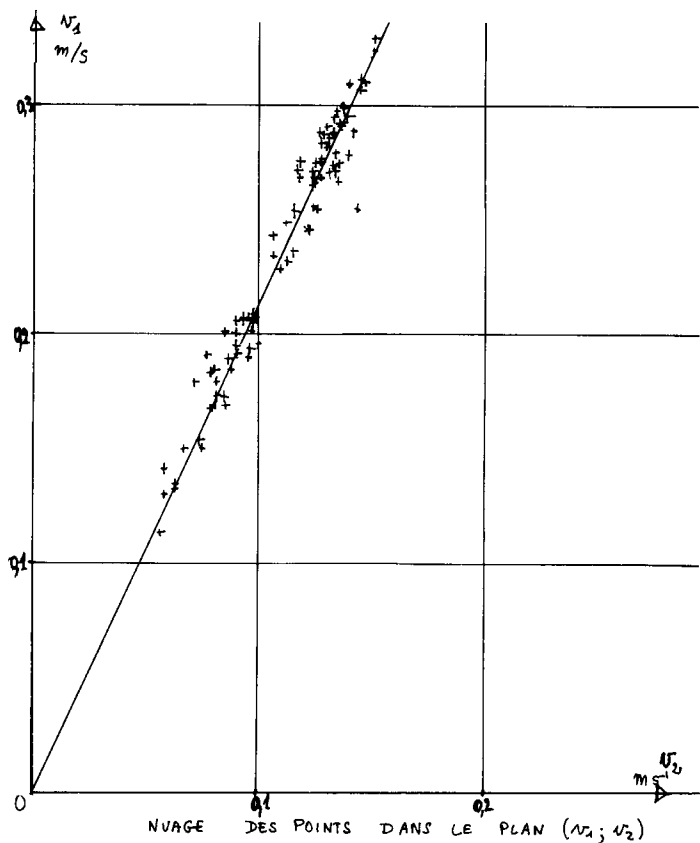
ANNEXE

Matériel :

- Physique : Jeulin (banc, chaîne chronométrée et horloges).
- Ordinateur : Philips P3102.
- logiciels : Multiplan 3 (Microsoft) Graph in the Box (AB soft).

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Bulletin officiel spécial n° 1 du 5/2/87. Programme et instructions.
- [2] Bulletin officiel spécial n° 3 du 9/7/87. Mesures et incertitudes au Lycée.
- [3] BLONDEL, LE TOUZÉ, SALAMÉ : Ordinateur et expérience de mécanique in. Informatique et pédagogie des sciences physiques INRP-UdP Paris 1986.
- [4] BEAUFILS, BLONDEL, LE TOUZÉ, SALAMÉ : Mécanique en seconde avec un banc et un ordinateur in. Cours et TP de Physique et de Chimie par ordinateur INRP UdP Paris 1987.
- [5] MOREAU : Exploitation d'une série de mesures B.U.P n° 596 - pp. 1296-1303 - juillet 1977.



	R < 1,85	1: 1,2 %
1,85 <=	R < 1,9	0: 0 %
1,9 <=	R < 1,96	1: 1,2 %
1,96 <=	R < 2,01	5: 5,9 %
2,01 <=	R < 2,07	9: 11 %
2,07 <=	R < 2,12	21: 25 %
2,12 <=	R < 2,18	20: 24 %
2,18 <=	R < 2,23	11: 13 %
2,23 <=	R < 2,29	7: 8,2 %
2,29 <=	R < 2,34	3: 3,5 %
2,34 <=	R < 2,4	5: 5,9 %
2,4 <=	R < 2,45	1: 1,2 %
2,45 <=	R	1: 1,2 %

MOYEN. 2,15
ECART. 0,11

M1 = 86,9g
M2 = 188,5g

