



Mesures et incertitudes : exercice pour le professeur

Simuler des sources d'erreur multiples



Des exercices pour le professeur... pour quoi faire ?

Une des difficultés que nous rencontrons lorsque nous enseignons les incertitudes est de faire utiliser à nos élèves des relations complexes dont ils ne connaissent pas l'origine (et, avouons-le, parfois, nous non-plus). Ces relations, rappelées dans les « fiches professeur » proposées dans cette collection, sont issues de la théorie des probabilités et se démontrent à l'aide de calculs sur les variables aléatoires. Il est hors de question d'exposer cela à nos élèves mais nous pouvons donner du sens à ces concepts à l'aide d'outils de simulation. Les exercices professeur que nous proposons ont ce double objectif :

- ▶ aider le professeur à s'approprier les propriétés et relations qu'il fait utiliser à ses élèves ;
- ▶ lui donner des outils et des idées pour illustrer ses cours : les exercices proposés peuvent être reproduits devant les élèves pour les aider à comprendre. L'exercice proposé dans cette fiche pourra notamment être utilisé pour illustrer les formules utilisées lorsque plusieurs sources d'erreur affectent une mesure.

Pour traiter cet exercice, ouvrir le simulateur « **simulaMESURE** » en lien ci-dessous :



Plusieurs sources d'erreur : approche qualitative

Ouvrir le deuxième onglet de SimulaMESURE : « *sources d'erreur multiples* ». Ce programme tire au sort un grand nombre de valeurs d'une variable qui est elle-même **la somme de plusieurs variables aléatoires** dont les paramètres (écart-type et biais) sont réglables. Dans ce module c'est l'erreur de mesure qui est représentée (et non pas la valeur mesurée).

Pour toutes les opérations à suivre, on gardera le nombre maximal de mesures simulées afin d'obtenir des histogrammes « lisses ».

- Réaliser une simulation sans avoir sélectionné de source d'erreur. On obtient logiquement un histogramme à un seul pic, centré sur 0.
- Ajouter une source d'erreur sans en modifier les paramètres par défaut (loi normale d'écart-type 3 sans biais). Réaliser une nouvelle simulation : l'histogramme correspond à la loi de probabilité associée à la source d'erreur sélectionnée.
- Ajouter une seconde source d'erreur sans en modifier les paramètres par défaut (elle est donc identique à la première). Réaliser une nouvelle simulation et constater que les valeurs obtenues sont désormais plus dispersées.

Cas où une source d'erreur a beaucoup plus de poids que les autres

- Sélectionner trois sources d'erreur :
 - ▶ la première source est associée à un écart-type de 1 ;
 - ▶ la deuxième source est associée à un écart-type de 0,5 ;
 - ▶ la troisième source est associée à un écart-type de 3.
- Lancer la simulation. On constate que les valeurs obtenues sont très proches de la loi de probabilité associée à la source d'erreur n°3.

Conclusion : lorsqu'une source d'erreur est majoritaire sur toutes les autres, on se trompe peu en considérant qu'elle est la seule source d'erreur à ne pas négliger.

NB : ce cas est fréquent au lycée. Par exemple, en optique, on réalise des mesures avec des bancs d'optique gradués en millimètres, voire en demi-millimètres alors que les positions de l'écran donnant l'impression d'obtenir une figure nette couvrent une plage d'environ 1cm. Puisque les élèves de première ne sont pas censés savoir composer les incertitudes, on peut considérer que la seule source d'erreur significative est celle liée au repérage de l'image (et donc les graduations du banc d'optique sont presque sans conséquence sur la mesure réalisée).

- Sans modifier leurs écarts-types, modifier la nature des lois de probabilité réalisées : uniforme, triangulaire, etc. Vérifier que le constat précédent reste valable.