

Des temps de réaction

Valérie Fontanieu, Daniel Devallois,
Grégoire Molinatti et Réjane Monod-Ansaldi

Nous présentons une expérimentation menée en S.V.T, en première S, sur l'étude du temps de réaction à un stimulus visuel et l'influence possible d'un stimulus auditif sur ce temps de réaction. Cette expérimentation sera poursuivie et développée, tant en maths qu'en SVT, en 2009-2010 dans le cadre du projet « Cerveau en fonctionnement » mené au sein de l'INRP par l'équipe ACCES en collaboration avec l'équipe EducTice. Ce projet a pour objectif le développement d'outils, de banques de données et de ressources pédagogiques associées pour l'enseignement des neurosciences en SVT et dans une approche pluridisciplinaire. Il associe praticiens enseignants, chercheurs en didactique, statisticiens, informaticiens et scientifiques spécialistes des neurosciences et de la statistique pour construire des outils d'acquisition et/ou de visualisation de données scientifiques, produire ou sélectionner des données scientifiques d'intérêt pédagogique et les rendre disponibles et utilisables par les enseignants en classe. Les logiciels « réaction » et « EduAnatomist » utilisés dans l'expérimentation présentée, sont les outils actuellement en cours d'étude à l'intérieur de ce projet.

Le temps de réaction est directement lié au fonctionnement du système nerveux. Il correspond au temps nécessaire pour qu'une information circule entre le récepteur et l'effecteur et soit traitée par le système nerveux. Ce temps de réaction est variable. Compte tenu de son importance dans la vie courante, on peut se poser la question des facteurs pouvant l'influencer. Pour la conduite par exemple l'accroissement du temps de réaction à un stimulus visuel augmente le temps de freinage...

Contexte et objectifs de l'expérimentation :

Cette expérimentation s'inscrivait dans une démarche permettant aux élèves de réfléchir aux possibilités de description et d'interprétation de séries de mesures, avec un prolongement vers la notion de test statistique, en prévision d'une activité de lecture d'images IRM fonctionnelles à l'aide du logiciel de visualisation EduAnatomist. En effet, les IRM fonctionnelles du cerveau, dont l'étude est inscrite au programme de 1^{ère} S, intègrent les résultats de tests statistiques dans leurs protocoles de construction.

Les objectifs principaux étaient :

- mener une réflexion autour du fonctionnement du système nerveux
- élaborer et mettre en œuvre un protocole expérimental avec recueil de données
- « comparer » deux séries de mesures pour tester l'influence d'un facteur
- réaliser une sensibilisation aux facteurs de risques routiers

Ce premier document vise à décrire l'expérience vécue dans la classe, les interrogations soulevées, et les premières pistes d'exploitation avec les élèves.

Durée :

Une séance de deux heures.

Matériel utilisé :

- Le logiciel REACTION, réalisé par François Tilquin, téléchargeable à l'adresse : <http://www.ac-grenoble.fr/svt/SITE/prof/logiciel/reaction.htm>

- Un enregistrement de musique douce et des casques.
- Un tableur Excel prévu pour le recueil des données et leur traitement

Avant l'expérience

Après la présentation du logiciel et les explications du déroulement de la séance, les élèves ont échangé autour de questions :

Pensez-vous que le temps de réaction puisse être modifié par l'écoute de musique ?

Comment le vérifier ?

Quels facteurs entrent en jeu et sont susceptibles d'interférer avec le facteur « écoute de musique » ?

Ces réflexions préalables constituent un temps incontournable ne serait-ce que pour réfléchir aux sources de variations possibles de ce que l'on va mesurer et affiner le protocole expérimental, comme nous allons le voir ci-dessous.

Protocole

Il s'agissait d'effectuer des séries de mesures du temps de réaction à l'apparition d'une image sur un écran. Plus précisément, dès que cette image apparaissait, ici un carré bleu sur un fond blanc, l'élève devait taper sur la barre d'espacement et le logiciel mesurait alors le temps entre l'apparition de l'image et l'appui sur la touche. Deux séries de mesures ont été effectuées, une série dans le calme, l'autre série en écoutant de la musique avec un casque.

Pour cela, les élèves étaient groupés en binôme : un élève jouait le rôle de « cobaye » et a effectué des mesures de temps de réaction et l'autre élève notait les temps affichés sur le logiciel. Pour s'abstraire d'un effet casque, les élèves ont effectué les deux séries avec le casque sur les oreilles. La musique choisie était une « musique douce » et ne donnait pas lieu à de brusques changements de niveau sonore.

Avant de commencer les deux séries, les élèves se sont exercés avec le logiciel en effectuant quelques mesures. Une moitié de la classe a commencé par la série en musique et l'autre par la série dans le calme, afin de ne pas imputer à la musique les éventuels effets d'apprentissage de la 1^{ère} série et de fatigue de la 2^{ème} série.

Remarque : un apprentissage du logiciel un autre jour que le jour de l'expérience pourrait améliorer la qualité du protocole.

Mesures de temps de réaction

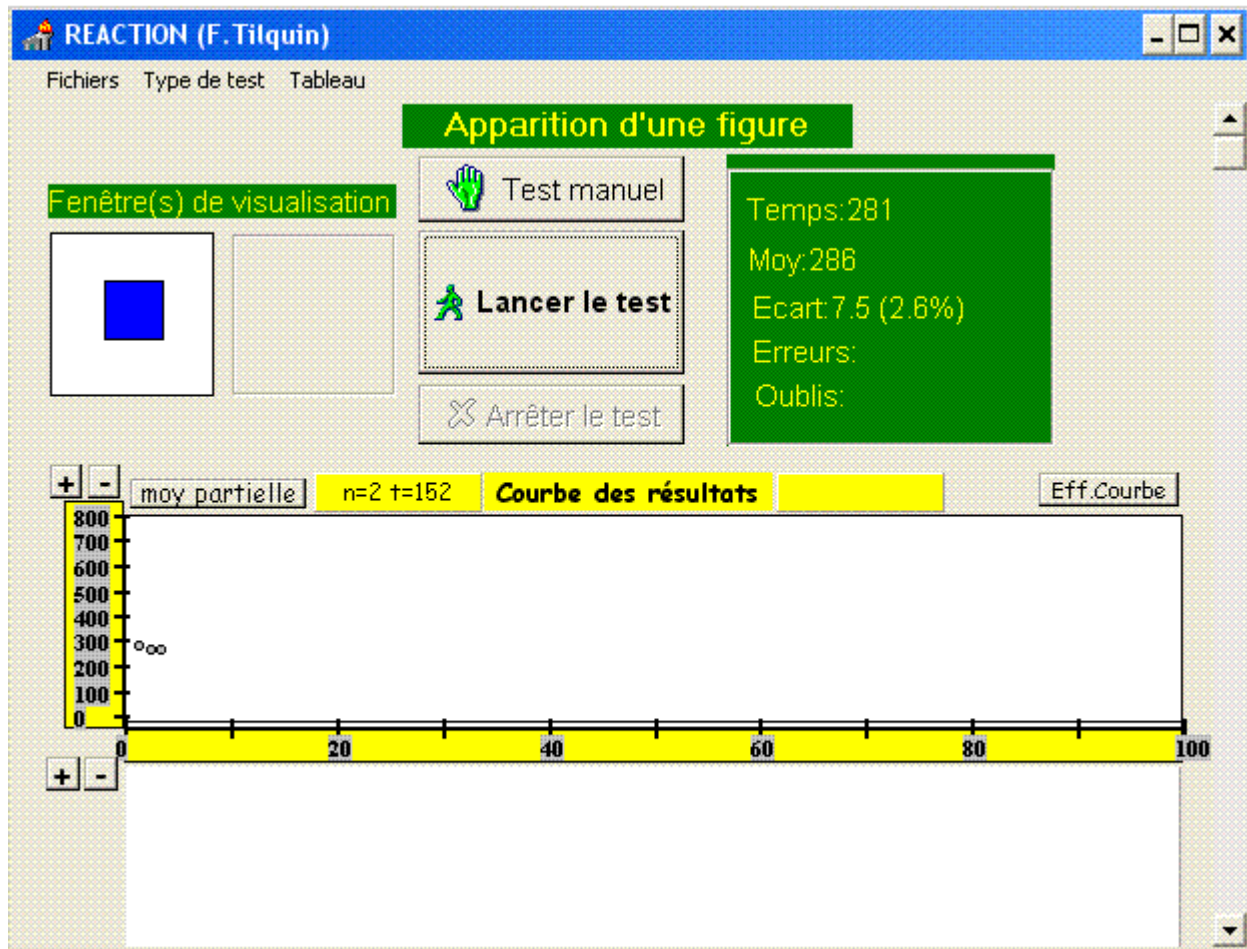
Le logiciel permet de lancer une série d'apparitions d'une image à intervalles de temps aléatoires.

L'unité de mesure est la milliseconde (ms).

Paramètres :

Le nombre d'apparitions dans une série était fixé à 30 et la forme visualisée était un carré bleu (aller dans le menu du logiciel « type de test » pour les paramétrages).

Remarque : fixer le nombre de mesures à 30 permet d'avoir un effectif un peu conséquent de mesures (notamment pour appliquer un test de Student) sans rendre le test trop fastidieux et risquer un effet de fatigue.



Un écran du logiciel Réaction.

La forme apparaît dans la fenêtre de visualisation en haut à gauche. Il faut cliquer sur le bouton « Réponse » ou sur n'importe quelle touche du clavier lorsque l'image apparaît.

L'expérience étant terminée, il est possible de se placer avec le pointeur de la souris sur un des points de la série pour connaître le temps correspondant (exemple, ici le point n°3 correspond à un temps $t=281\text{ms}$).

Le nombre d'erreurs (clic trop tôt, par anticipation ou reflexe) et le nombre d'oublis sont indiqués.

Remarque : les valeurs de « Moy » et « Ecart » correspondent à la moyenne et à l'écart-type de l'ensemble des mesures réalisées depuis l'ouverture du logiciel (et incluent donc aussi les toutes premières mesures d'entraînement etc.).

Premiers traitements et discussion

Après avoir saisi les données dans un tableur, les élèves ont calculé certains résumés numériques de leurs séries de mesures : minimum, maximum, moyenne, écart-type.

Les notions et les questions suivantes ont été discutées :

- les caractéristiques de leur échantillon
- la fluctuation des données et des moyennes d'une série à l'autre pour un même individu
- les valeurs observées permettent-elles de dire si la musique a influencé les temps de réaction ?
- comment décrire les séries et les comparer ?
- un effet d'entraînement ou de perte de concentration a-t-il été ressenti ?
- la moyenne suffit-elle à décrire les données ?
- quels résumés numériques peuvent aider à se faire une idée ?
- que dire de la variance des mesures ?
- à partir de quand la différence de moyenne est-elle significative ?
- rejet ou non de l'hypothèse ?

Le principe du test de Student a ensuite été brièvement présenté aux élèves. Cette présentation est en cours d'amélioration et ne figure donc pas ici.

Suite du traitement des mesures

Les élèves ont ensuite pu lire les résultats du test de Student de comparaison de leurs deux moyennes calculé dans le tableur pour un risque de première espèce de 5%. Une cellule de la feuille de calcul permettait de faire varier le risque admis pour voir l'effet obtenu sur l'intervalle de rejet de l'hypothèse. Mais les calculs associés au test étaient encodés dans une boîte noire et son résultat a été difficile à faire comprendre.

Les questions posées aux élèves étaient les suivantes :

- « 1 - Calculez la valeur du seuil de la statistique t pour un risque de 5%. Notez la valeur obtenue ci dessous. »
- « 2 - Indiquez si l'environnement modifie le temps de réaction. Argumentez votre réponse. »
- « 3 - La différence entre les deux séries de mesures est-elle significative au niveau de confiance 95% ? Argumentez votre réponse. »

Les données d'ensemble de la classe n'ont pas été traitées avec les élèves (cela aurait été très difficile et/ou coûteux en temps à ce niveau).

Bilan de la séance

Les élèves ont bien « joué le jeu » et l'enthousiasme était général ! Ils ont globalement compris les questions et aussi qu'on ne pouvait conclure au vu des seules moyennes (voir en annexe une représentation graphique des résultats et les moyennes des séries obtenues par les élèves). Dix groupes sur 15 ont donné une réponse à la question 2 en accord avec les résultats de leur test statistique, mais seulement quatre ont mobilisé des éléments du test dans leur réponse. Nous avons également repéré un obstacle au niveau du registre lexical utilisé. En effet, alors que toute la séance avait été construite autour de la notion de risque de se tromper en affirmant la différence entre les deux séries de mesure, la question 3 employait le terme de « niveau de confiance » qui s'est révélé poser des problèmes de compréhension aux élèves.

Comme on pouvait s'y attendre la notion de test statistique a donc posé quelques difficultés aux élèves, mais certains d'entre eux ont été capables de la réutiliser dans la séance suivante qui nécessitait de la remobiliser.

Conclusions et perspectives

On pourrait penser a priori que l'impact de la musique irait dans le sens d'une augmentation du temps de réaction et on aurait pu avoir envie de faire un test unilatéral. Mais après tout, les élèves, habitués au baladeur, ne pourraient-ils pas avoir de meilleures performances en musique ? La conclusion des tests n'a pas étonné les élèves, comme le dit l'un d'eux : « *Dans notre cas, la musique n'influe pas sur nos résultats car l'élève cobaye est habitué à écouter de la musique par exemple sur le trajet matinal pour venir au lycée à pied. Un entraînement de tous les jours peut donc limiter la déconcentration que peut entraîner la musique.* ».

Le test de Student de comparaison de moyennes de deux échantillons permet de conclure si la différence de moyenne observée peut être le fait de la seule fluctuation d'échantillonnage, mais lors de cette première expérimentation l'utilisation du test s'est avérée difficile.

La question des conditions de validité du test de Student n'a pas été abordée avec les élèves. La normalité des séries n'est pas vérifiée. En effet, les distributions sont dissymétriques. Il existe un seuil de temps en-dessous duquel il n'est pas possible de descendre (temps de parcours des différents constituants du système nerveux). Et à l'inverse une perte de concentration peut engendrer des valeurs élevées atypiques.

Une autre approche que celle du test, désormais plus communément usitée par les médias et plus aisée à comprendre, consisterait à comparer les intervalles de confiance, par exemple au niveau de confiance 95%, des deux moyennes et à conclure que la différence est significative si les deux intervalles sont disjoints. Cette autre stratégie correspond à un test dont le risque de première espèce est nettement inférieur à 5% (cf. http://www.statistix.fr/IMG/pdf/remarques_test_et_IC.pdf).

Dans la suite...

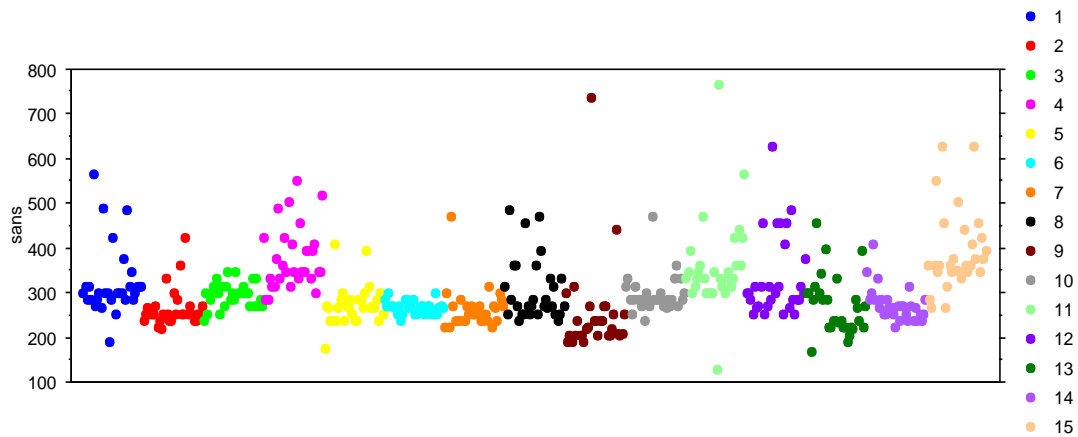
D'autres facteurs susceptibles d'influer sur le temps de réponse peuvent être étudiés : la présence d'un stimulus visuel sur l'écran, l'utilisation de la main gauche pour les droitiers et vice-versa, etc.

Dans les expérimentations futures, la durée d'attente entre deux images sera enregistrée afin de voir d'éventuels liens avec les temps de réactions : certains élèves ont eu l'impression d'obtenir des temps de réaction plus courts lorsque l'image apparaît plus rapidement. Par ailleurs, des informations telles que la pratique de jeux vidéo, d'un sport ou d'un instrument de musique seront recueillies.

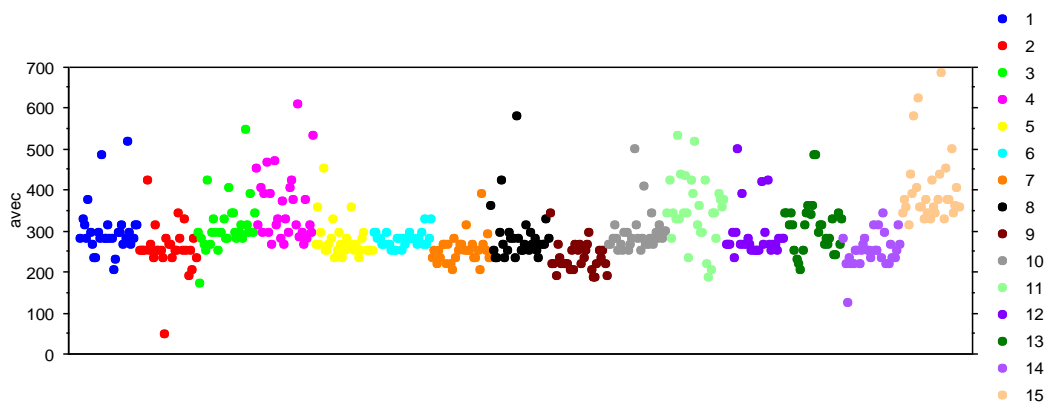
Très vite les élèves ont souhaité comparer leurs performances. Des stratégies de jeu auraient pu se mettre en place, notamment en essayant de cliquer plus tôt en prenant le risque de le faire à tort, et de cette manière, diminuer rapidement la moyenne puisque les erreurs ne sont pas prises en considération. Une idée à développer consisterait à constituer des groupes d'élèves devant définir un score de réussite pour 30 temps de réaction et donner lieu à un tournoi confrontant le meilleur de chaque groupe, chacun avec sa stratégie induite par sa règle du jeu. Le score pouvant porter sur la moyenne, la variance, le plus petit maximum, les stratégies de réponse sont variables.

Enfin, l'évolution du logiciel Réaction devrait prochainement permettre de coupler les mesures de temps de réaction avec un agenda du sommeil et ainsi permettre une étude des liens entre hygiène de vie et vigilance.

Annexe Les données de la classe



Série de mesures de la classe dans la situation de calme



Série de mesures de la classe en musique

Les points de même couleur sur les deux graphiques correspondent aux mêmes élèves.

Statistiques descriptives Eclaté par : Groupe

| | Moy. | Dév. Std | Minimum | Maximum | Médiane | Interquartile | Mode |
|-------------|------|----------|---------|---------|---------|---------------|------|
| sans, Total | 300 | 79 | 125 | 765 | 281 | 78 | 250 |
| sans, 1 | 319 | 76 | 188 | 563 | 297 | 32 | 297 |
| sans, 2 | 262 | 42 | 218 | 422 | 250 | 31 | 250 |
| sans, 3 | 293 | 27 | 234 | 344 | 297 | 46 | 297 |
| sans, 4 | 374 | 70 | 281 | 547 | 344 | 78 | 344 |
| sans, 5 | 270 | 44 | 172 | 406 | 265 | 47 | 265 |
| sans, 6 | 265 | 14 | 234 | 297 | 266 | 16 | 266 |
| sans, 7 | 261 | 46 | 219 | 469 | 250 | 32 | 266 |
| sans, 8 | 303 | 70 | 234 | 484 | 266 | 78 | 250 |
| sans, 9 | 250 | 104 | 187 | 734 | 219 | 47 | 203 |
| sans, 10 | 293 | 42 | 235 | 469 | 281 | 31 | 281 |
| sans, 11 | 358 | 106 | 125 | 765 | 329 | 48 | 328 |
| sans, 12 | 331 | 91 | 250 | 625 | 297 | 109 | • |
| sans, 13 | 267 | 65 | 166 | 453 | 250 | 78 | 219 |
| sans, 14 | 270 | 38 | 219 | 407 | 265 | 31 | 250 |
| sans, 15 | 389 | 89 | 265 | 625 | 360 | 79 | • |

Résumés numériques dans la situation de calme

Statistiques descriptives

Eclaté par : Groupe

| | Moy. | Dév. Std | Minimum | Maximum | Médiane | Interquartile | Mode |
|-------------|------|----------|---------|---------|---------|---------------|------|
| avec, Total | 296 | 74 | 47 | 687 | 281 | 78 | 250 |
| avec, 1 | 299 | 64 | 203 | 516 | 282 | 31 | • |
| avec, 2 | 256 | 58 | 47 | 422 | 250 | 16 | 250 |
| avec, 3 | 312 | 65 | 172 | 547 | 297 | 48 | 297 |
| avec, 4 | 357 | 85 | 265 | 609 | 321 | 110 | • |
| avec, 5 | 277 | 46 | 234 | 453 | 266 | 31 | 250 |
| avec, 6 | 279 | 20 | 250 | 328 | 281 | 17 | 281 |
| avec, 7 | 253 | 36 | 203 | 391 | 250 | 32 | 250 |
| avec, 8 | 286 | 68 | 234 | 578 | 266 | 47 | 250 |
| avec, 9 | 233 | 35 | 187 | 343 | 219 | 32 | 219 |
| avec, 10 | 293 | 50 | 250 | 500 | 281 | 32 | 281 |
| avec, 11 | 349 | 81 | 187 | 531 | 344 | 94 | 344 |
| avec, 12 | 289 | 62 | 235 | 500 | 266 | 31 | • |
| avec, 13 | 308 | 65 | 203 | 485 | 312 | 78 | 344 |
| avec, 14 | 252 | 41 | 125 | 343 | 250 | 32 | 250 |
| avec, 15 | 402 | 89 | 313 | 687 | 375 | 78 | • |

Résumés numériques en musique

La visualisation graphique des résultats des deux séries de mesures, sans ou avec musique, n'offrent à l'œil rien qui permettent de conclure sur une influence possible de la musique ! La visualisation des données permet notamment ici de contrecarrer l'idée intuitive qu'il suffirait de comparer les moyennes pour avoir une réponse à la question : pour un même individu on ne voit pas de différence marquée sur les nuages de points qui le concerne, même si les moyennes empiriques sont « légèrement » différentes : dire que la variabilité des mesures doit intervenir paraît plus naturelle que si on ne regardait pas les données.

La variabilité des mesures d'un élève à un autre paraît notable (de 14 à 106 ms) ; les graphiques montrent que cette différence est en partie liée aux points extrêmes (l'influence de valeurs extrêmes sur la moyenne et la variance est bien illustrée ici).

Le test de Student amène le plus souvent à accepter l'hypothèse d'égalité des moyennes au risque 5%.

Pour les élèves de cette classe, au vu de ce petit échantillon de mesures, la musique douce écoutée dans le casque ne semble pas avoir d'influence.