

## **TER de Master 2 EF :**

**Comment la représentation (graphique ou algébrique) d'une notion et son degré de complexité influencent l'attention des élèves pendant un exercice d'entraînement en Mathématiques ?**

Sous la direction de Mme GUERRY Michelle

Suivi par M. GAULON Didier

Remis le 6 Mai 2014

Soutenu le 15 Mai 2014 à l'ESPE de Poitiers

## Remerciements :

Je remercie en premier lieu Mme Guerry, en tant que directrice de mémoire et M. Gaulon Didier pour le temps consacré pour me soutenir et l'aide apportée pour l'élaboration de ce mémoire.

Je remercie M. Lebot Bertrand, formateur à l'ESPE de Poitiers pour son aide dans la construction des expériences du point de vue didactique.

Je tiens également à remercier M. Fronty Jean-Marc, professeur de Mathématiques pour son aide pour la construction et la mise en place des expériences dans ce mémoire.

Je remercie sincèrement ma conjointe pour son aide précieuse.

Merci aux membres du jury de ma soutenance pour l'intérêt qu'ils portent à ce travail.

Enfin, je tiens à remercier sincèrement les élèves de 1er ES1 pour avoir participé à cette étude.

**Titre :**

Comment la représentation (graphique ou algébrique) d'une notion et son degré de complexité influencent l'attention des élèves pendant un exercice d'entraînement en Mathématiques ?

**Résumé :**

Le manque d'attention des élèves est un facteur important de difficulté en Mathématiques. Cette recherche étudie l'effet de la représentation (graphique ou algébrique) d'une notion et son degré de complexité sur l'attention sélective et l'attention soutenue des élèves du second degré lors d'exercices d'entraînement en Mathématiques. Six expériences ont été menées s'appuyant sur des tâches de détermination du nombre dérivé et du calcul de racines d'une fonction polynôme de degré 2. Les résultats montrent que le degré de complexité simple d'une notion améliore l'attention soutenue et l'attention sélective. De plus, ils montrent que la représentation graphique d'une notion améliore l'attention sélective.

**Mots clés :**

Attention sélective, attention soutenue, Mathématiques, exercices d'entraînement, représentation algébrique, représentation graphique, complexité.

# Sommaire

Introduction :.....	1
1. Apports théoriques :.....	2
1.1. Définition et mécanismes de l'attention :.....	2
1.2. Attention et Mathématiques :.....	5
2. Recherche expérimentale :.....	5
2.1. Problématique et méthodologie de la recherche :.....	5
2.1. Méthode :.....	6
2.1.1 Sujets :.....	6
2.1.2. Matériel :.....	6
2.1.3. Procédure :.....	7
2.2.Résultats.....	8
2.2.1 Étude de la représentation de la notion :.....	10
2.2.2 Étude du degré de complexité de la notion :.....	13
2.3.2 Effets d'interaction entre la représentation et le degré de complexité :.....	15
2.3. Discussion.....	17
Conclusion :.....	19
Bibliographie: .....	20
Annexes	

## **Introduction :**

L'attention est une fonction cognitive qui est au centre de tout apprentissage. Par exemple, la lecture d'un livre, la résolution d'un problème de Mathématiques, l'apprentissage de formules algébriques et bien d'autres apprentissages requièrent de l'attention. Pour beaucoup d'enseignants (comme le montrent les enquêtes du ministère de l'Éducation nationale (1994 et 1995)), le manque d'attention des élèves est jugé comme un facteur de pénibilité dans la transmission pédagogique de connaissances et provoque une baisse de performance chez les élèves.

Les résultats récents de l'enquête PISA organisé par l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Économiques), réalisée en 2012 auprès de 510 000 étudiants de 15 et 16 ans parmi les 28 millions de scolarisés dans cette tranche d'âge au sein des pays participants, ne sont pas excellents. En effet, cette enquête composée d'épreuves de Mathématiques, de compréhension de l'écrit et de sciences, qui mettait l'accent sur les épreuves de Mathématiques, a montré que les élèves français sont en baisse de niveau en Mathématiques. Entre 2003 et 2013, la France a perdu 5 places en passant de la 13<sup>ème</sup> à la 18<sup>ème</sup> place sur 34 pays.

Différentes causes sont évoquées pour expliquer le recul du niveau en Mathématiques des élèves français. Tout d'abord, les épreuves de l'enquête PISA sont basées sur la résolution de problème, alors que les élèves français sont de moins en moins entraînés à ce type d'exercice. En effet, le programme est de plus en plus chargé laissant alors la place à des exercices d'application du cours. Les élèves français sont de plus en plus anxieux, ce qui provoque alors une fatigue émotionnelle et une baisse de leurs performances. De plus, l'enquête soulève le problème de la maîtrise de la langue française, beaucoup d'élèves n'ont pas compris l'énoncé avant même d'avoir pu entrer dans la résolution Mathématique. Enfin, une cause très importante à prendre en compte est le milieu socio-économique des élèves. En effet, depuis 2003, les inégalités sociales se sont fortement aggravées en France, or, la catégorie socio-économique a une forte influence sur les performances de l'élève et donc sur son niveau d'attention en classe.

Parmi ces raisons évoquées, on peut voir que le manque d'attention occupe une place importante dans les résultats de cette enquête. Certaines activités Mathématiques pourraient être davantage concernées par ce manque d'attention ; car un élève qui manque d'attention pour l'apprentissage d'un cours, ou encore lors de résolution de problèmes en Mathématique se retrouvera en difficulté. Il en est ainsi des exercices d'entraînement qui utilisent des notions déjà acquises. Ces exercices sont particulièrement coûteux sur le plan attentionnel car ils s'appuient sur une phase de raisonnement avant la résolution de l'exercice. Se pose alors la question pour l'enseignant de repérer

l'influence de certains paramètres (représentation graphique ou algébrique, degré de complexité) sur l'attention des élèves.

Dans une première partie nous présenterons les différents mécanismes de l'attention puis une synthèse des quelques recherches réalisées sur l'attention et les Mathématiques. La deuxième partie sera consacrée à la réalisation de nos différentes expériences concernant l'attention des élèves lors de résolution d'exercices d'entraînement en Mathématiques.

## 1. Apports théoriques :

### 1.1. Définition et mécanismes de l'attention :

Nous n'avons toujours pas de définition précise de ce qu'est l'attention mais les chercheurs s'accordent sur la définition donnée par William James ((1842-1910) : psychologue et philosophe américain). Il a écrit en 1890 une définition implicite de l'attention qui est devenue classique : *« L'attention est la prise de possession de l'esprit, sous une forme claire et vive d'un objet ou d'une suite de pensées parmi plusieurs qui semblent possibles. La focalisation et la conscience en sont l'essence. Elle implique le retrait de certains objets afin de traiter plus efficacement les autres, et elle s'oppose à l'état d'esprit dispersé (distraction) ».*

Pour comprendre l'attention, il va falloir citer et expliquer les différentes formes de l'attention. Nous verrons tout d'abord **l'état d'alerte**, ensuite **l'attention soutenue**, puis **l'attention sélective** et enfin **l'attention divisée**.

Pour débiter, intéressons-nous à **l'état d'alerte**. Cet état correspond à l'état général d'éveil d'une personne et sa disposition à traiter et à être réactif aux stimulations extérieures. Il permet une meilleure réceptivité du système nerveux aux informations internes et externes.

On distingue deux états d'alertes, tout d'abord l'alerte tonique qui correspond aux oscillations lentes et normales de l'état d'alerte, c'est-à-dire à l'état psychologique de l'individu pour traiter des informations internes et externes. Son efficacité est liée au moment de la journée suivant les cycles veille/sommeil. Enfin, la deuxième alerte est l'alerte phasique qui est une modification rapide de l'état d'alerte faisant suite à un signal avertisseur. Elle permet à l'organisme de répondre à un *stimulus* avertisseur beaucoup plus rapidement. Par exemple, si je dois détecter l'apparition d'une croix sur un écran d'ordinateur et que l'on fait un « bip » sonore juste avant cette apparition, alors la détection sera plus rapide.

On peut la tester avec des tests de temps de réaction. Prenons l'exemple d'un test où le sujet doit cliquer le plus rapidement possible lorsqu'il voit apparaître une croix sur un écran. Pour certaines croix, un signal sonore retentit avant l'apparition de la croix alors que pour d'autres il n'y a pas de signal sonore. La comparaison des temps de réaction dans ces deux conditions fournit une mesure de cet état d'alerte.

Pour continuer, intéressons-nous à **l'attention soutenue**. C'est l'attention qui va consister à orienter volontairement son intérêt vers une ou plusieurs source(s) d'informations et à maintenir cet intérêt pendant une longue période sans discontinuité (plus de 15 minutes). L'attention soutenue va concerner toutes les tâches monotones de longue durée. Historiquement, elle fut définie en référence au travail des contrôleurs aériens. En effet, malgré les longues heures à surveiller leurs radars, les contrôleurs restent sensibles au moindre événement anormal.

On peut la tester avec différents tests, par exemple :

- Le test des 2 barrages de « Zazzo » qui est en deux étapes. La première utilise une feuille A3 composée de 40 lignes avec différents signes et la personne doit barrer un seul type de signe. L'examineur note le temps mis toutes les quatre lignes. La deuxième consiste à barrer cette fois-ci deux signes. L'examineur note la position du sujet toutes les minutes (en sachant que l'épreuve dure 10 minutes).
- Le test d2 va consister à entourer la lettre « d » lorsqu'elle sera à proximité de deux traits.



- Le test de l'horloge de Macworth où le sujet doit signaler lorsque la trotteuse a eu un comportement irrégulier (quand elle avance de deux secondes d'un coup au lieu d'une).

Passons maintenant à **l'attention sélective**. Le cerveau a une capacité de traitement limitée qui l'empêche de pouvoir analyser et répondre à tous les *stimuli* sensoriels qui se présentent à lui. Notre cerveau va alors faire une sélection pertinente pour la résolution d'une tâche. Dans cette attention sélective, on va distinguer l'inhibition (rejeter certaines informations) et la focalisation (augmenter l'efficacité attentionnelle sur les informations pertinentes pour résoudre la tâche à accomplir). Prenons un exemple : un élève doit recopier le cours que le professeur est en train de dicter ; son cerveau va recevoir une multitude d'informations (la voix du professeur, un autre élève faisant du bruit, il a chaud, il a faim, son stylo accroche sur le papier...). Dans cet exemple, le

cerveau ne va pas s'occuper de certaines informations comme l'élève d'à côté faisant du bruit ou encore l'estomac qui crie famine, mais va plutôt se focaliser sur les informations orales que dit le professeur.

On peut la mettre en avant avec différents tests, par exemple :

- L'épreuve de Stroop. Le sujet devra donner la couleur d'un mot, mais il devra inhiber ce mot car il représente une couleur.

JAUNE	BLEU	ORANGE
NOIR	ROUGE	VERT
VIOLET	JAUNE	ROUGE
ORANGE	VERT	NOIR
BLEU	ROUGE	VIOLET
VERT	BLEU	ORANGE

- Lors du test « jour/nuit » ou « stroop like » : on demande à un jeune enfant ayant entre trois et sept ans de dire « jour » lorsqu'il voit une carte noire avec une lune et des étoiles et de dire « nuit » lorsqu'il voit une carte blanche avec un soleil.

Enfin nous terminerons avec **l'attention divisée**. C'est la capacité requise pour partager son attention entre plusieurs sources distinctes. Prenons un exemple, dans une salle de classe, un élève copie le cours qui est noté au tableau et écoute les explications orales du professeur. Dans ce cas présent, l'élève va diviser son attention car il doit être attentif aux informations orales et écrites, et retranscrire sur sa feuille ce qui est écrit au tableau. Les chercheurs supposent qu'un individu qui gère deux tâches en même temps va privilégier une tâche plus que l'autre. Il y aura alors une tâche principale et une tâche secondaire, l'individu va donc perdre en rapidité et en efficacité sur une des deux tâches. Dans de rares cas, les deux tâches seront exécutées de la même manière. Il faut qu'une des deux tâches soit parfaitement automatisée et donc qu'elle ne requiert aucune attention, ou alors il faut que ces deux tâches ne partagent pas la même entrée sensorielle (auditive ou visuelle) ni la même sortie (réponse verbale ou gestuelle).

Pour tester cette attention divisée, il suffit de faire faire à un sujet deux tâches en même temps. Par exemple, on peut lui demander de trouver différents objets sur une image et en même temps compter le nombre de « bip » qu'il y a sur un enregistrement sonore.

## **1.2. Attention et Mathématiques :**

De nombreuses recherches ont été faites sur l'attention des élèves en classe en faisant varier bon nombre de paramètres. Mais pour l'étude particulière de l'attention en classe de Mathématiques, on dénombre peu de recherches sur ce sujet.

En 1983, Testu et Baillé ont réalisé des expériences avec quatre exercices de tâche de résolution de problèmes multiplicatifs (proportionnalité) à des élèves de CM2 âgés de 10 à 11 ans. Ils ont remarqué que la performance des élèves varie suivant le jour de la semaine et l'heure à laquelle l'expérience est proposée.

Une étude récente de Bricoud et Tourneux (2012) montre l'influence des effets de renforcement (punitions, récompenses, encouragements...) sur l'attention des élèves lors de tâches de résolution de problèmes en Mathématiques. Cette étude a porté sur une classe de CE1 comportant des élèves âgés de 7 à 8 ans.

On peut remarquer que jusqu'ici, les recherches sur l'attention en Mathématiques portent sur l'étude de tâche de résolution de problèmes en Mathématiques sur des élèves d'école primaire.

## **2. Recherche expérimentale :**

### **2.1. Problématique et méthodologie de la recherche :**

Les exercices d'entraînement en Mathématiques n'ayant pas donné lieu à des recherches jusqu'ici, nous allons donc nous intéresser à la problématique suivante : « Comment la représentation (graphique ou algébrique) d'une notion et son degré de complexité influencent l'attention des élèves pendant un exercice d'entraînement en Mathématiques ? »

Pour répondre à cette problématique, une recherche exploratoire a été mise en place sur deux notions. Le nombre dérivé d'une part, car il y a deux façons d'introduire le nombre dérivé : la représentation graphique et la représentation algébrique ; et les racines d'une fonction polynôme de degré 2 d'autre part.

Cette recherche comporte 6 expériences successives portant sur ces deux notions. Les effets sur l'attention (sélective et soutenue) seront évalués à partir de performances aux différents types d'exercices.

Nous pouvons alors formuler les hypothèses suivantes :

- 1/ La représentation graphique améliore l'attention soutenue et l'attention sélective.
- 2/ Le degré de complexité complexe de l'exercice diminue l'attention soutenue et l'attention sélective.

## **2.1. Méthode :**

### **2.1.1 Sujets :**

Ces 6 expériences ont été effectuées sur 23 élèves d'une classe de 1ère ES1 du lycée Camille Guérin à Poitiers. Cet échantillon de 23 élèves est composé de 17 filles et de 6 garçons qui ont entre 16 et 18 ans. Pour les 6 expériences, les élèves étaient placés sur des tables individuelles séparées. Les élèves avaient vu auparavant les notions de fonctions polynômes de degré 2 et de dérivation.

### **2.1.2. Matériel :**

Pour chaque expérience, l'exercice à résoudre a été projeté au tableau (sous forme de diapositives) à l'aide d'un vidéo-projecteur. Sur chaque diapositive en bas à gauche, le temps écoulé était inscrit ; en bas à droite, le numéro de la diapositive était noté et au centre de la diapositive, figurait le travail à faire que l'on va maintenant décrire pour chaque expérience :

Expériences 1 et 2 : Ces deux tests comportent chacun 24 diapositives. Sur chaque diapositive, il y a la représentation graphique d'une fonction  $f$  et un point  $A$  appartenant à la courbe représentative de  $f$ , où l'on a tracé la tangente en ce point (*cf* exemple diapositive : Annexes I et I *bis*). Les fonctions sont dans le même ordre *d'apparition* dans les expériences 1 et 2, seuls les emplacements du point  $A$  et des tangentes sont différents. L'expérience 1 est plus simple (avec un repère à coordonnées entières) que l'expérience 2 (avec un repère à coordonnées réelles).

Expériences 3 et 4 : Ces deux tests comportent chacun 12 diapositives. Sur chaque diapositive, il y a l'équation algébrique d'une fonction et l'abscisse du point où l'on souhaite le nombre dérivé (*cf* exemple diapositive : Annexes II et II *bis*). Les fonctions sont dans le même ordre *d'apparition* dans les expériences 3 et 4, seule l'abscisse du point où l'on souhaite le nombre dérivé est différent. L'expérience 3 est plus simple (avec une abscisse entière) que l'expérience 4 (avec une abscisse réelle).

Compléments : Afin d'éviter tout paramètre supplémentaire à prendre en considération dans les résultats :

- Pour chaque diapositive, la fonction et le point où l'on souhaite le nombre dérivé dans l'expérience 3 sont identiques et dans le même ordre d'apparition que ceux de l'expérience 1. Ainsi, pour les diapositives de 1 à 12 dans les expériences 1 et 3, le résultat est le même, on a seulement fait varier la représentation (graphique ou algébrique).
- Pour chaque diapositive, la fonction et le point où l'on souhaite le nombre dérivé dans l'expérience 4 sont identiques et dans le même ordre d'apparition que ceux de l'expérience 2. Ainsi, pour les diapositives de 1 à 12 dans les expériences 2 et 4, le résultats est le même, on a seulement fait varier la représentation (graphique ou algébrique).

Expériences 5 et 6 : Ces deux tests comportent chacun 12 diapositives. Sur chaque diapositive, il y a l'équation d'une fonction polynôme de degré 2 ( cf exemple diapositive : Annexes numéro III et III *bis*). L'expérience 5 est plus simple (avec des racines entières) que l'expérience 6 (avec des racines réelles).

Pour chaque expérience, les élèves avaient en leur possession une fiche-réponse (cf Annexe IV), elles étaient distribuées avant l'épreuve.

### **2.1.3. Procédure :**

Les 6 expériences ont été réalisées à la même heure de la journée, à savoir de 10h05 à 10h25 et toujours un lundi matin. Ainsi les résultats n'ont pas été influencés par des fluctuations journalières de l'attention comme l'ont montré les recherches de Testu et Baillé (1983). De plus, ces 6 expériences ont duré 18 minutes chacune. Afin d'être en cohérence avec la progression d'apprentissage faite sur ces notions, l'ordre de passage de ces 6 expériences a été le suivant : expérience 1, expérience 2, expérience 5, expérience 6, expérience 4 et expérience 3.

Expériences 1 et 2 : Chaque diapositive a été projetée 45 secondes. La consigne a été donnée à l'oral avant le début de l'épreuve. Consigne : Vous disposez de 45 secondes pour chaque diapositive et il y aura 24 diapositives. Vous allez avoir, pour chaque diapositive, la représentation graphique d'une fonction et un point A appartenant à sa courbe représentative où l'on a tracé la tangente en ce point. Déterminer le nombre dérivé au point A.

Expériences 3 et 4 : Chaque diapositive a été projetée 1 minute 30. La consigne a été donnée à l'oral avant le début de l'épreuve. Consigne : Vous disposez de 1 minute 30 pour chaque diapositive et il y aura 12 diapositives. Vous allez avoir, pour chaque diapositive, l'équation algébrique d'une fonction  $f$  et l'abscisse du point où l'on souhaite le nombre dérivé. Déterminer la fonction dérivée de la fonction  $f$  et calculer le nombre dérivé au point donné.

Expériences 5 et 6 : Chaque diapositive a été projetée 1 minute 30. La consigne a été donnée à l'oral avant le début de l'épreuve. Consigne : Vous disposez de 1 minute 30 pour chaque diapositive et il y aura 12 diapositives. Vous allez avoir, pour chaque diapositive, une équation de degré 2 à une inconnue. Déterminer les racines de cette équation.

## 2.2.Résultats

Après chaque expérience, une correction a été faite. Dans un tableur, ont été saisis pour chaque élève les résultats obtenus à chaque question, c'est à dire 0 ou 1 (cf Annexe V).

Dans le but d'étudier l'attention soutenue, pour chaque expérience et pour chaque élève, nous notons le nombre de bonnes réponses pour les périodes de temps de 0 min à 4 min 30, 4 min 30 à 9 min, 9 min à 13 min 30 et 13 min 30 à 18 min. Ainsi, pour chaque expérience, nous obtenons une moyenne de bonnes réponses avec ces 23 élèves pour ces quatre périodes de temps ; ce qui nous permet d'obtenir le tableau suivant :

temps (minutes)	[ 0 ; 4 min 30 [	[ 4 min 30 ; 9 min [	[ 9 min ; 13 min 30 [	[ 13 min 30 ; 18 min [
expérience				
1	4,48	4,87	5	5,09
2	3,91	4,09	4,35	4,13
3	4,18	4,34	4,52	4,18
4	3,48	3,66	3,56	3,4
5	3,82	3,92	4,44	4,34
6	4,6	4,86	4,86	4,78

Tableau 1 : Moyenne des bonnes réponses sur 6 des 6 expériences en fonction du temps

De plus, pour étudier l'attention sélective, pour chaque expérience et pour chaque élève, nous notons le nombre de bonnes réponses. Ainsi, pour chaque expérience, nous obtenons une moyenne de bonnes réponses avec ces 23 élèves. Ce qui nous permet d'obtenir le tableau suivant :

expérience	moyenne du nombre de bonnes réponses
1	19,43
2	16,48
3	17,22
4	14,08
5	16,52
6	19,14

Tableau 2 : Moyenne des bonnes réponses sur 24 des 6 expériences

Afin d'éviter des effets d'entraînement, nous avons contrebalancé les expériences pour la représentation algébrique. C'est pourquoi, à partir des tableaux 1 et 2, nous faisons une moyenne de l'expérience 3 avec l'expérience 5 et nous faisons une moyenne de l'expérience 4 avec l'expérience 6. Ce qui nous donne les tableaux suivants :

expérience	moyenne du nombre de bonnes réponses
graphique simple	19,43
graphique complexe	16,48
algébrique simple	16,87
algébrique complexe	16,61

Tableau 3 : Moyenne des bonnes réponses sur 24 suivant la complexité et la représentation

complexité	Simple				Complexe			
temps (minutes)	[ 0 : 4 min 30 [	[ 4 min 30 : 9 min [	[ 9 min : 13 min 30 [	[ 13 min 30 : 18 min [	[ 0 : 4 min 30 [	[ 4 min 30 : 9 min [	[ 9 min : 13 min 30 [	[ 13 min 30 : 18 min [
représentation								
Graphique	4,48	4,87	5	5,09	3,91	4,09	4,35	4,13
Algébrique	4	4,13	4,48	4,26	4,04	4,26	4,21	4,09

Tableau 4 : Moyenne des bonnes réponses sur 6 suivant la complexité et la représentation et en fonction du temps

### **2.2.1 Étude de la représentation de la notion :**

Étudions d'abord l'effet de la représentation sur l'attention sélective. Nous utiliserons les résultats du tableau 3.

Nous obtenons une moyenne de bonnes réponses de 17,95/24 pour la représentation graphique et de 16,74/24 pour la représentation algébrique. Ces résultats nous laissent penser que la représentation graphique améliore l'attention sélective.

Effectuons un test de Fisher pour vérifier ce résultat :

Soit :  $H_0$  : Les variances sont identiques

$H_1$  : Les variances sont différentes

Nous trouvons pour la représentation graphique une variance égale à 26,17 et pour le degré de complexité complexe une variance de 24,06.

Pour un seuil de confiance de 95%, nous lisons dans la table de Fisher  $F_{théorique} = 1,51$ . Ce qui veut dire que si  $F_{observé} < F_{théorique}$  alors on accepte l'hypothèse  $H_0$  avec un risque d'erreur de 5%.

Après calcul, nous obtenons :  $F_{observé} = \frac{26,17}{24,06} \approx 1,09$

Ainsi nous avons  $F_{observé} < F_{théorique}$  donc nous ne rejetons pas l'hypothèse  $H_0$ . On en déduit que ces deux variances sont proches l'une de l'autre.

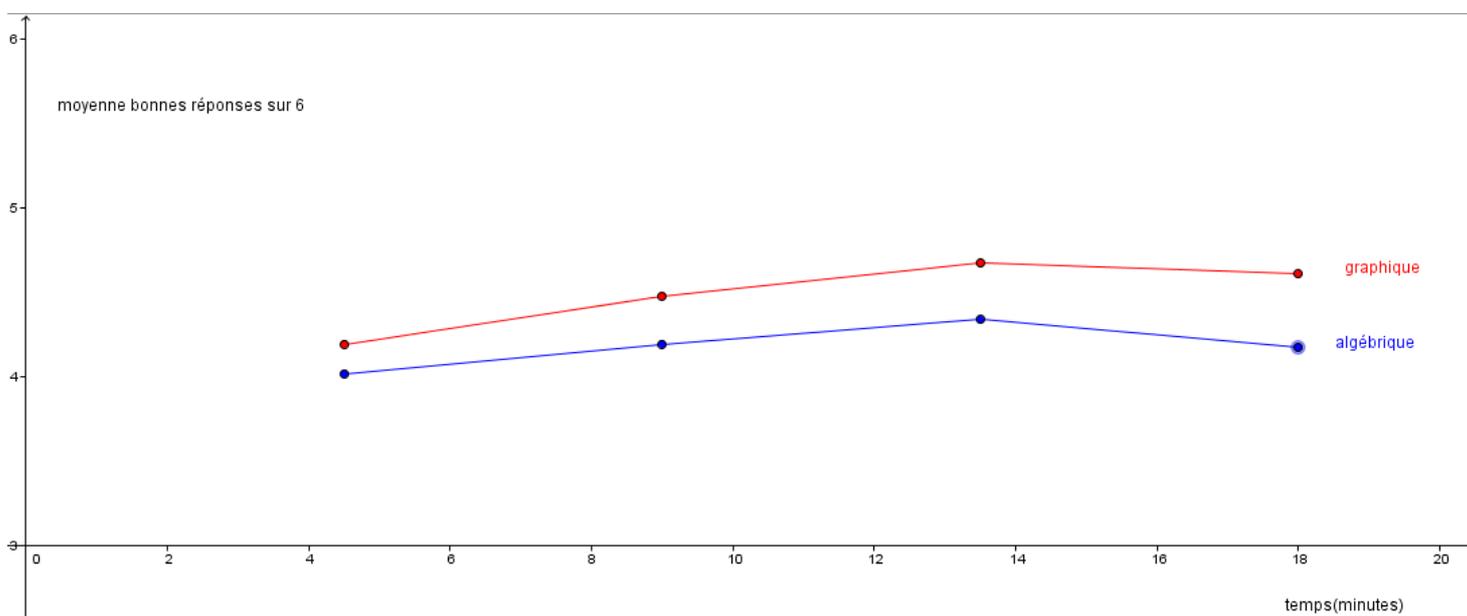
Complément : (Test F du logiciel OpenOffice)

$$p\_valeur = 0,72 > 0,05$$

Nous ne rejetons pas l'hypothèse  $H_0$  .

Conclusion : Nous venons de vérifier notre hypothèse : « La représentation graphique améliore l'attention sélective lors d'exercices d'entraînement en Mathématiques ».

Enfin, étudions l'effet de la représentation sur l'attention soutenue. Pour cette étude, nous utiliserons le tableau 4. À partir du tableau 4, construisons un graphique pour interpréter plus facilement les résultats.



Graphique 1 : moyenne des bonnes réponses sur 6 suivant la représentation en fonction du temps

Nous remarquons sur le graphique 1, que l'attention soutenue diminue à partir de 13 minutes 30 dans les deux cas. Nous pouvons voir que cette baisse est plus importante pour la représentation algébrique que pour la représentation graphique. En effet, l'écart entre 13 minutes 30 et 18 minutes est égal à 0,06 pour la représentation graphique et est égal à 0,16 pour la représentation algébrique. Il semblerait que la représentation graphique améliore l'attention soutenue.

Effectuons un test de Fisher pour vérifier ce résultat :

Soit :  $H_0$  : Les variances sont identiques

$H_1$  : Les variances sont différentes

À partir des résultats du tableau 4 et des résultats des élèves (cf Annexe V), nous construisons ce tableau :

	graphique				algébrique			
temps	[0 ; 4 m 30[	[4 m 30 ; 9 m[	[9 m ; 13 m 30[	[13 m 30 ; 18 m[	[0 ; 4 m 30[	[4 m 30 ; 9 m[	[9 m ; 13 m 30[	[13 m 30 ; 18 m[
moyenne	4,19	4,48	4,67	4,61	4,02	4,19	4,34	4,17
variance	2,38	2,65	1,46	2,24	2,59	3,08	3,3	3,04
$F_{\text{observé}}$	1,09	1,16	2,26	1,36				

Tableau 5 : Test de Fisher sur le mode de représentation

Pour un seuil de confiance de 95%, nous lisons dans la table de Fischer  $F_{\text{théorique}} = 1,56$ . Ce qui veut dire que si  $F_{\text{observé}} < F_{\text{théorique}}$  alors on accepte l'hypothèse  $H_0$  avec un risque d'erreur de 5%.

Nous remarquons que  $F_{\text{observé}} < F_{\text{théorique}}$  sauf pour la période de temps de 9 minutes à 13 minutes 30 donc nous rejetons  $H_0$  pour cette période de temps.

Complément : (Test F du logiciel OpenOffice)

temps	[0 ; 4 m 30[	[4 m 30 ; 9 m[	[9 m ; 13 m 30[	[13 m 30 ; 18 m[
p_valeur	0,77	0,59	0,003	0,26

Tableau 6 : Test de Fisher avec fonction TEST.F d'OpenOffice

Nous pouvons confirmer que l'hypothèse  $H_0$  est rejetée pour la période de temps de 9 minutes à 13 minutes 30 car  $p_{\text{valeur}} = 0,003 < 0,05$

Conclusion : D'après le graphique 1, c'est à partir de 13 minutes 30 que l'attention soutenue diminue pour ces deux représentations. Le test de Fisher nous montre un écart significatif des deux variances donc nous ne pouvons pas conclure sur l'hypothèse : « La représentation graphique améliore l'attention soutenue lors d'exercices d'entraînement en Mathématiques ».

### 2.2.2 Étude du degré de complexité de la notion :

Étudions d'abord l'effet du degré de complexité sur l'attention sélective. Nous utiliserons les résultats du tableau 3.

Nous obtenons une moyenne de bonnes réponses de 18,15/24 pour le degré de complexité simple et 16,54/24 pour le degré de complexité complexe. Ces résultats nous laissent penser que le degré de complexité simple améliore l'attention sélective.

Effectuons un test de Fisher pour vérifier ce résultat :

Soit :  $H_0$  : Les variances sont identiques

$H_1$  : Les variances sont différentes

Nous trouvons pour le degré de complexité simple une variance égale à 23,26 et pour le degré de complexité complexe une variance de 23,19.

Pour un seuil de confiance de 95%, nous lisons dans la table de Fisher  $F_{théorique} = 1,49$ . Ce qui veut dire que si  $F_{observé} < F_{théorique}$  alors on accepte l'hypothèse  $H_0$  avec un risque d'erreur de 5%.

Après calcul nous obtenons :  $F_{observé} = \frac{23,26}{23,19} \approx 1,00$  .

Ainsi nous avons  $F_{observé} < F_{théorique}$  donc nous ne rejetons pas l'hypothèse  $H_0$  . On en déduit que ces deux variances sont très proches l'une de l'autre.

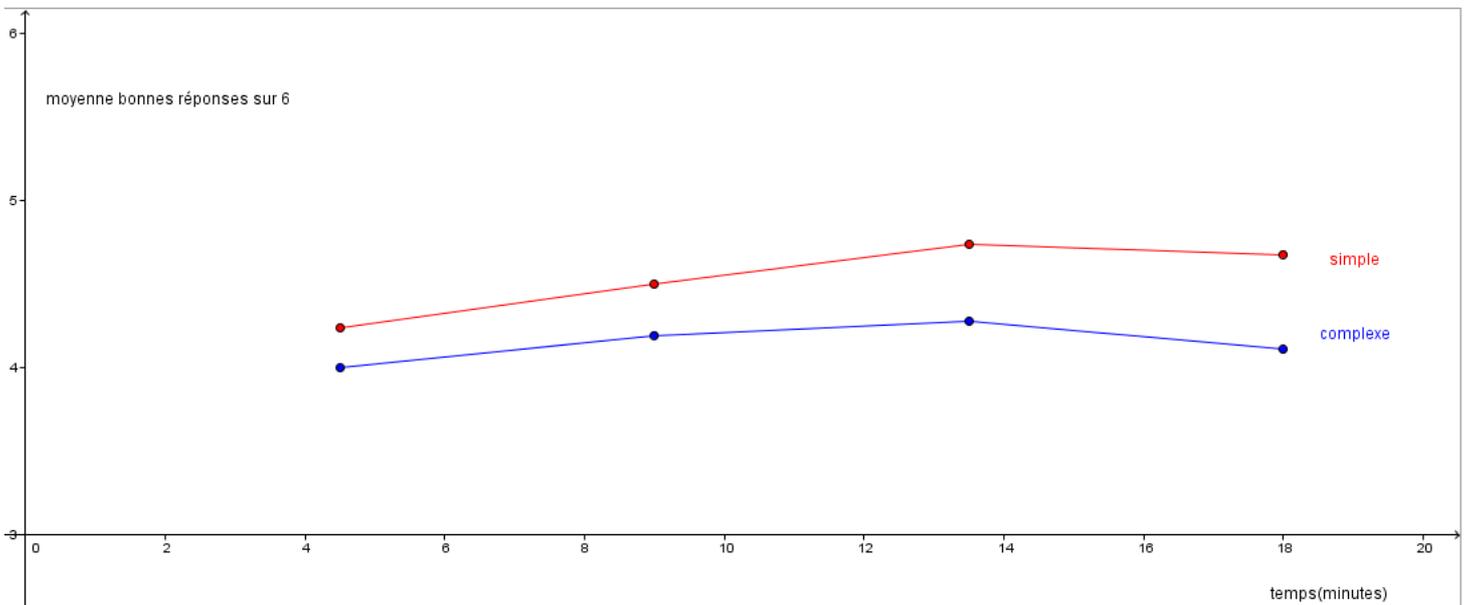
Complément : (Test F du logiciel OpenOffice)

$$p\_valeur = 0,99 > 0,05$$

Nous ne rejetons pas l'hypothèse  $H_0$  .

Conclusion : Nous venons de vérifier notre hypothèse : « Le degré de complexité simple d'un exercice d'entraînement en Mathématiques améliore l'attention sélective ».

Enfin, étudions l'effet du degré de complexité sur l'attention soutenue. Pour cette étude, nous utiliserons le tableau 4. À partir du tableau 4, construisons un graphique pour interpréter plus facilement les résultats.



Graphique 2 : moyenne bonnes réponses sur 6 suivant le degré de complexité en fonction du temps

Nous remarquons sur le graphique 2, que l'attention soutenue diminue à partir de 13 minutes 30 dans les deux cas. Nous pouvons voir que cette baisse est plus importante pour le degré de complexité complexe que pour le degré de complexité simple. En effet, l'écart des valeurs entre 13 minutes 30 et 18 minutes est égal à 0,07 pour le degré de complexité simple et est égal à 0,17 pour le degré de complexité complexe. Il semblerait que la représentation graphique améliore l'attention soutenue.

Effectuons un test de Fisher pour vérifier ce résultat :

Soit :  $H_0$  : Les variances sont identiques

$H_1$  : Les variances sont différentes

À partir des résultats du tableau 4 et des résultats des élèves (*cf* Annexe V), nous construisons ce tableau :

	simple				complexe			
temps	[0 ; 4 m 30[	[4 m 30 ; 9 m[	[9 m ; 13 m 30[	[13 m 30 ; 18 m[	[0 ; 4 m 30[	[4 m 30 ; 9 m[	[9 m ; 13 m 30[	[13 m 30 ; 18 m[
moyenne	4,24	4,5	4,74	4,67	3,97	4,17	4,28	4,11
variance	2,45	2,73	2,49	2,63	2,58	3,16	2,87	2,91
$F_{observé}$	1,05	1,16	1,15	1,11				

Tableau 7 : Test de Fisher pour le degré de complexité

Pour un seuil de confiance de 95%, nous lisons dans la table de Fisher  $F_{théorique} = 1,49$ . Ce qui veut dire que si  $F_{observé} < F_{théorique}$ , alors on accepte l'hypothèse  $H_0$  avec un risque d'erreur de 5%.

Nous remarquons que nous avons  $F_{observé} < F_{théorique}$  pour nos quatre périodes de temps donc nous ne rejetons pas  $H_0$ .

Complément : (Test F du logiciel OpenOffice)

temps	[0 ; 4 m 30[	[4 m 30 ; 9 m[	[9 m ; 13 m 30[	[13 m 30 ; 18 m[
p_valeur	0,83	0,55	0,56	0,68

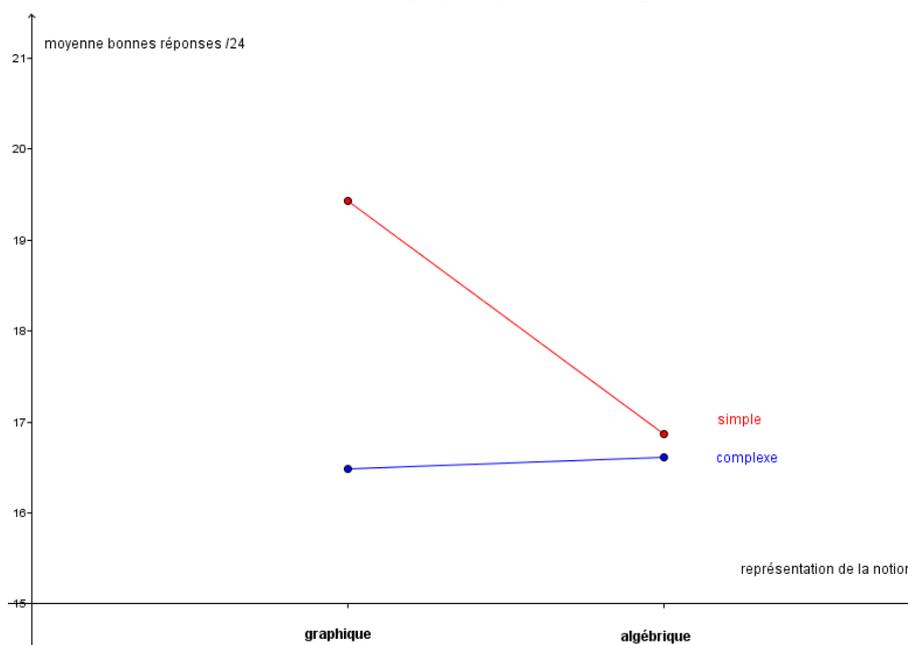
Tableau 8 : Test de Fisher avec la fonction TEST.F d'OpenOffice

Pour ces quatre périodes de temps, nous avons  $p_{valeur} > 0,05$ . Donc nous ne rejetons pas l'hypothèse  $H_0$ .

Conclusion : Nous venons de vérifier notre hypothèse : « Le degré de complexité simple d'un exercice d'entraînement en Mathématiques améliore l'attention soutenue ».

### 2.3.2 Effets d'interaction entre la représentation et le degré de complexité :

À partir du tableau 3, nous faisons le graphique suivant pour étudier les effets d'interaction.



Graphique 3 : Moyenne bonnes réponses sur 24 suivant la complexité et la représentation

On peut remarquer que lorsque l'on fait varier la représentation de la notion, ces deux droites vont se croiser, ce qui laisse penser à un effet d'interaction. Nous remarquons plusieurs choses :

- L'action de la représentation de la notion est très faible pour le degré de complexité complexe. C'est-à-dire que lors d'exercices d'entraînement complexes en Mathématiques, les représentations graphique ou algébrique auront peu d'influence sur les résultats des élèves. On remarque que la représentation algébrique améliorera très faiblement les résultats des élèves.
- L'action de la représentation graphique combinée avec le degré de complexité simple engendre un nombre moyen de bonnes réponses plus important que la représentation algébrique combinée au degré de complexité simple. C'est-à-dire que lors d'exercices d'entraînement simples en Mathématiques, la représentation graphique sera beaucoup plus favorable aux résultats des élèves que la représentation algébrique.

Effectuons un test de Fisher pour vérifier si l'interaction est significative :

Soit :  $H_0$  : Les variances sont identiques

$H_1$  : Les variances sont différentes

Nous trouvons pour les représentations graphiques simple et complexe une variance égale à 21,55 et pour les représentations algébriques simple et complexe une variance égale à 23,76.

Pour un seuil de confiance de 95%, nous lisons dans la table de Fisher  $F_{théorique} = 1,56$ . Ce qui veut dire que si  $F_{observé} < F_{théorique}$ , alors on accepte l'hypothèse  $H_0$  avec un risque d'erreur de 5%.

Après calcul, nous obtenons :  $F_{observé} = \frac{23,76}{21,55} \approx 1,10$

Ainsi nous avons  $F_{observé} < F_{théorique}$  donc nous ne rejetons pas l'hypothèse  $H_0$ .

Complément : (Test F du logiciel OpenOffice)

$$p\_valeur = 0,73 > 0,05$$

Nous ne rejetons pas l'hypothèse  $H_0$ .

Conclusion : Nous en déduisons que l'interaction entre la représentation et le degré de complexité est significative.

### 2.3. Discussion

Les résultats ont permis de montrer que le degré de complexité simple améliore l'attention sélective et l'attention soutenue des élèves lors de la résolution d'exercices d'entraînement en Mathématiques. Dans nos expériences, la différence entre le degré de complexité simple et le degré de complexité complexe repose sur la complexité des calculs. En effet, avec les exercices ayant un degré de complexité complexe, les phases de calculs étaient plus fastidieuses car les élèves avaient dû calculer avec des nombres réels et non plus des nombres entiers. Comme les calculs étaient beaucoup plus complexes, alors l'élève devait se concentrer davantage sur la tâche et focaliser son attention sur un détail de résolution supplémentaire, à savoir : le calcul avec des nombres réels. Ainsi, l'élève a eu plus de difficulté pour se focaliser sur la tâche, d'où la baisse de l'attention sélective. Enfin, comme l'élève a dû augmenter son niveau d'attention pendant l'exercice, cela a provoqué une fatigue attentionnelle. Il est resté attentif moins longtemps sur l'exercice, d'où la baisse de l'attention soutenue.

Ensuite, nous avons également montré que la représentation graphique d'une notion améliore l'attention sélective. Lorsque les élèves ont déterminé le nombre dérivé algébriquement, ils ont d'abord dû trouver la fonction dérivée puis calculer le nombre dérivé. Avec l'approche graphique, nous avons eu une étape en moins du fait que la tangente soit tracée, ainsi l'élève avait juste à lire le nombre dérivé grâce à la tangente. C'est pourquoi, dans le cas de la représentation graphique, l'élève focalise son attention plus efficacement sur la tâche à accomplir. Donc l'attention sélective a pu être beaucoup plus importante dans le cas de la représentation graphique. C'est ce qui explique également que pour la représentation algébrique, les élèves avaient besoin de 1 minute 30 contre 45 secondes pour la représentation graphique. De plus, les élèves, dès le début de leur scolarité, ont été habitués à l'aspect visuel d'une notion (par exemple : en géométrie où l'on trace une figure ou encore à l'école primaire où l'on fait apprendre l'addition en comptant un nombre de stylos). Mais à partir du collège, on demande progressivement aux élèves de passer au point de vue algébrique d'une notion de Mathématiques. Ainsi, les élèves arrivant en classe de 1ère sont plus habitués à la représentation graphique que la représentation algébrique.

Enfin, nous avons remarqué que lors de la résolution d'exercices d'entraînement simples en Mathématiques, la représentation graphique est beaucoup plus favorable aux bons résultats des élèves que la représentation algébrique. À l'inverse, avec des exercices d'entraînement complexes en Mathématiques, la représentation de la notion a peu d'influence ; en effet, la représentation algébrique est faiblement plus favorable aux résultats des élèves que la représentation graphique.

Pour continuer, nous n'avons pas pu conclure sur l'influence de la représentation sur l'attention soutenue. Durant la période de temps de 9 min à 13 min 30, le test de Fisher montre que les deux variances ne sont pas du même ordre de grandeur. Il ne faut pas oublier que nous avons 5% de chance de nous tromper sur le rejet de l'hypothèse qui nous dit que les deux variances sont du même ordre de grandeur. En regardant les données du tableau 5, on s'aperçoit que la variance est *quasi* constante sur ces quatre périodes de temps pour la représentation algébrique alors que pour la représentation graphique, cette variance diminue fortement entre 9 min et 13 min 30. Il semblerait qu'ici le nombre de tests soit en cause, car pour la représentation graphique nous avons mis en place 2 tests alors que pour la représentation algébrique, 4 tests ont été mis en place.

Pour pouvoir conclure là où nous n'avons pas pu le faire, un certain nombre d'améliorations sont possibles pour les recherches futures. Nous allons maintenant le montrer.

Tout d'abord, il faudrait trouver une notion Mathématiques qui permettrait d'avoir le même temps de résolution ; aussi bien pour la représentation graphique que la représentation algébrique. En effet, dans nos tests, les élèves disposaient de 45 secondes par question pour la représentation graphique et de 1 minute 30 pour la représentation algébrique. De plus, le programme de 1ère ES étant assez long et le nombre d'heures limitées dans l'année, il était impossible de mettre en place deux autres tests pour contrebalancer ces tests (simple-complexe puis complexe-simple) avec la représentation graphique ; ce qui a conduit à ne pas pouvoir conclure sur l'influence du mode de représentation sur l'attention soutenue. Donc, dans les futures recherches, il faudrait pouvoir contrebalancer tous les tests (représentation algébrique mais aussi graphique) pour pouvoir conclure sur l'influence du mode de représentation sur l'attention soutenue qui semble entrer en jeu entre 9 min et 13 min 30.

Pour finir, il faut tout de même rester prudent sur ces résultats, car ces tests ont été réalisés sur un échantillon de 23 élèves, ce qui nous donne un échantillon à faible effectif pour les résultats, d'où une plus grande sensibilité pour la valeur de la variance. Il faudrait augmenter le nombre d'élèves pour ces tests pour obtenir des résultats plus fiables et prendre des classes de 1ère ES de plusieurs établissements français pour recouvrir plusieurs niveaux de classes. De plus, les tests ont été proposés le lundi matin à 10 h 05, mais comme le montre l'enquête de Testu et Baillé (1983), la performance varie en fonction des moments de la journée et du jour de la semaine. C'est pourquoi, il serait important de vérifier ces résultats sur d'autres jours de la semaine et d'autres plages horaires.

## **Conclusion :**

Les exercices d'entraînement représentent une part importante des exercices proposés aux élèves lors d'une séquence en Mathématiques ; c'est pourquoi il est important d'étudier l'influence de certains paramètres sur l'attention des élèves. Suite aux enquêtes de l'Éducation nationale (1994 et 1995) et de l'enquête PISA réalisée en 2012, il devient urgent de trouver des solutions pour améliorer la performance des élèves en Mathématiques.

C'est pourquoi dans le cadre de cette recherche exploratoire, nous avons étudié l'influence de deux paramètres (la représentation d'une notion et son degré de complexité) sur l'attention des élèves lors de la résolution d'exercices d'entraînement en Mathématiques. Après la mise en place de nos 6 expériences, les résultats ont permis de mettre en évidence l'influence (plus ou moins forte) de ces deux paramètres sur l'attention sélective et l'attention soutenue. Cependant, certains résultats ne sont pas concluants pour valider une hypothèse et nous avons pu voir que des améliorations de nos tests sont possibles pour améliorer la fiabilité de nos résultats.

Avec les résultats de cette enquête, un professeur de Mathématiques peut déjà modifier sa gestion de classe lors d'exercices d'entraînement en Mathématiques. Il tiendra alors compte du temps d'attention des élèves suivant la représentation d'une notion et son degré de complexité lors de la résolution d'exercices d'entraînement. Ainsi, les élèves seront plus attentifs pendant la résolution et l'apprentissage sera ainsi amélioré. Pour finir, l'enseignant peut également adapter ses devoirs qui comportent des exercices de même nature que les exercices d'entraînements vus en cours afin de laisser aux élèves la possibilité d'être attentif le plus efficacement possible et donc d'être en situation de réussite.

Enfin, bon nombre de paramètres jouant sur l'attention sont encore à étudier. Les exercices d'entraînement ne sont pas donnés qu'à l'école primaire mais aussi au collège et au lycée. C'est pourquoi, beaucoup d'études sont possibles et peuvent être mises en œuvre pour améliorer les performances des élèves du second degré. Enfin, l'étude portait sur les exercices d'entraînement mais l'on peut aussi faire des recherches sur les phases de cours, de contrôle..., ce qui montre que de multiples recherches sont encore possibles pour étudier la baisse de performance des élèves en Mathématiques et ainsi pouvoir y remédier.

## Bibliographie :

- Albaret, J.M. (2004). L'évaluation des processus attentionnels et de l'impulsivité. *Livret 6 : Attention Mémoire* : 31-33.
- Bailleul, M. (2008). Apprentissage des mathématiques et élèves « différents »: Les conditions pour une rencontre. *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle* 41, n° 1 : 7-10.  
doi:10.3917/lse.411.0007.
- Berger, C. (s. d.) L'attention : définition, fonctionnement, évaluation, implication dans les apprentissages scolaires, pathologie. En ligne sur : [http://ia73.ac-grenoble.fr/ia73v2/IMG/L\\_attention\\_C\\_Berger.pdf](http://ia73.ac-grenoble.fr/ia73v2/IMG/L_attention_C_Berger.pdf) Consulté le : 28 novembre 2013.
- Bodin, A. (2013). Comment classer les questions de mathématiques ?. En ligne sur : [http://apmep.univ-lyon1.fr/IMG/pdf/Classification\\_maths.pdf](http://apmep.univ-lyon1.fr/IMG/pdf/Classification_maths.pdf) . Consulté le 18 décembre 2013.
- Boujon, C. (2004). *Les apprentissages scolaires*. Rosny-sous-Bois : Bréal.
- Butlen, D. (2007). *Le calcul mental entre sens et technique: recherches sur l'enseignement des mathématiques aux élèves en difficulté, du calcul mental à la résolution de problèmes numériques*. Besançon : Presses universitaires de Franche-Comté.
- Chokron, S. (2009). *Pourquoi et comment fait-on attention ?*. Paris : Le Pommier.
- Lachaux, J.P. (2013). *Le cerveau attentif contrôle, maîtrise et lâcher-prise*. Paris : O. Jacob.
- Lechevalier, B., Viader, F., & Fausto, E. (2010). *Traité de neuropsychologie clinique*. Paris : De Boeck Université.
- Leconte, C. (2005). L'attention est-elle éduicable. *ANAE*, n°82 : 108-112.
- Matlin, M. (2001). *La cognition: une introduction à la psychologie cognitive*. Bruxelles : De Boeck Université.
- Perrot, V. (2005). Adapter les rythmes scolaires pour optimiser l'attention et la concentration des élèves. En ligne sur : <http://www.crdp-montpellier.fr/ressources/memoires/memoires/2006/a/0/06a0029/06a0029.pdf> . Consulté le : 28 novembre 2013.
- Posner, M. & Rothbart, M. (1991). Les mécanismes de l'attention et l'expérience consciente. *Revue de Neuropsychologie* , n°1 : 85-115.
- Programme international pour le suivi des acquis des élèves. (2013). *Cadre d'évaluation et d'analyse du cycle PISA 2012 compétences en mathématiques, en compréhension de l'écrit, en sciences, en résolution de problèmes et en matières financières*. Paris : OCDE.
- Reynaud, E. (2008). Attention soutenue et vieillissement normal : adaptation du test des deux barrages de Zazzo pour les 60 à 90 ans. En ligne sur : <http://www.psychomot.ups-tlse.fr/Reynaud2008.pdf> . Consulté le : 28 novembre 2013.

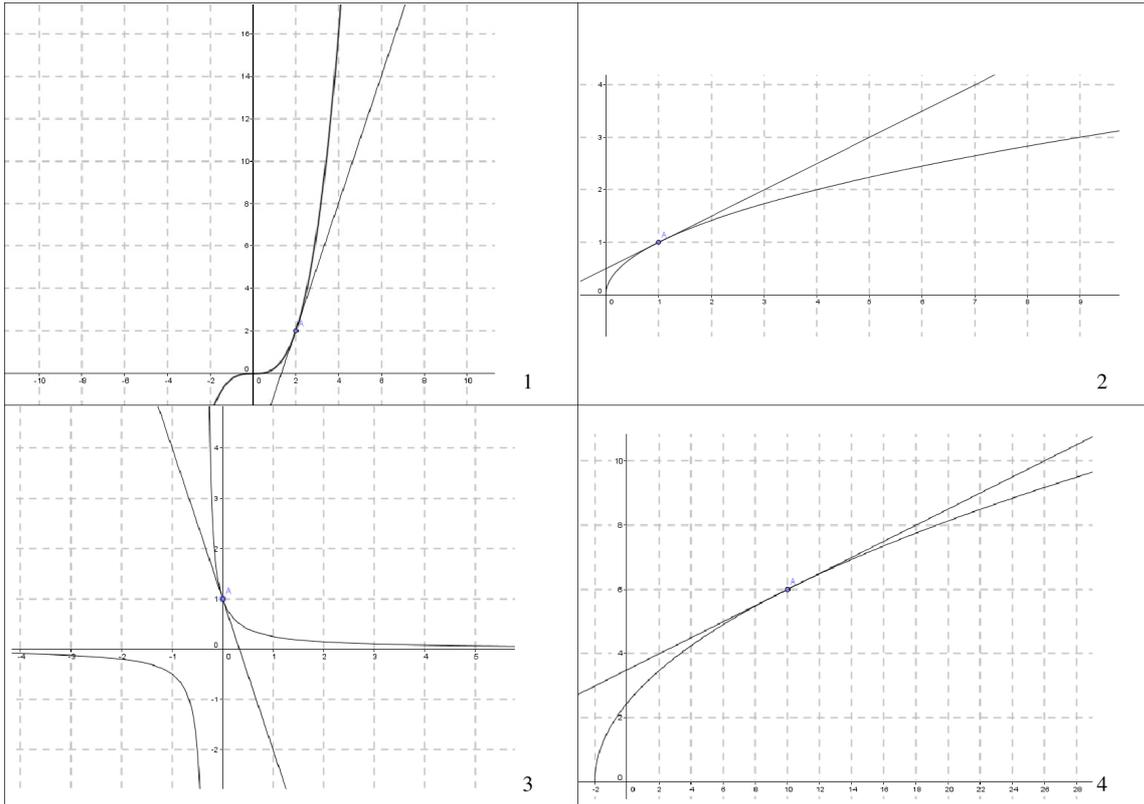
Sup Agro Montpellier. (s. d.). Tables statistiques. En ligne sur : <http://www.agro-montpellier.fr/cnam-lr/statnet/tables.htm#top> . Consulté le : 23 mars 2014.

Trankiem, B. (1995). *Stress, attention, action*. Paris: Nathan.

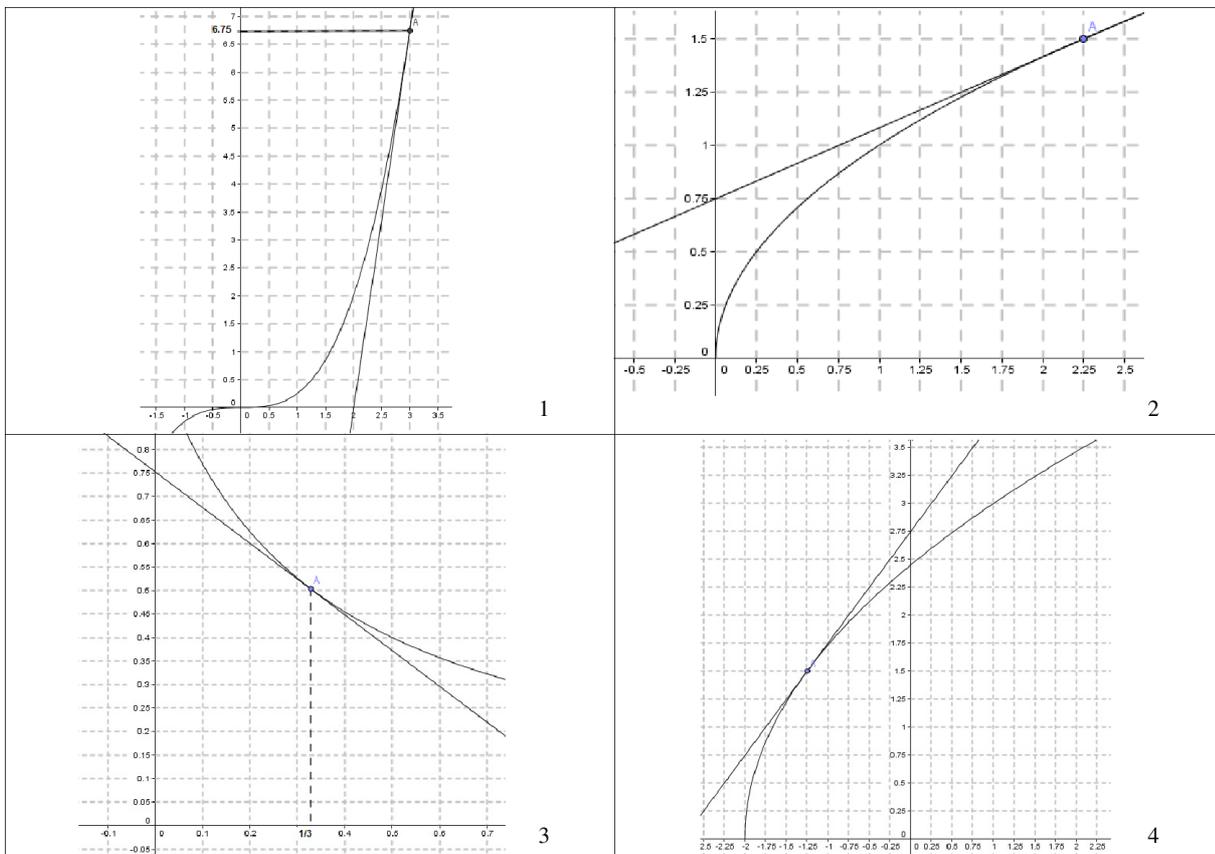
Université de Namur. (2011). Pratiques des Biostatistiques. En ligne sur : <http://webapps.fundp.ac.be/umdb/biostats/node/309>. Consulté le 3 avril 2014.

Urbanski, M. (2008). L'attention. Théories et Troubles. En ligne sur : <http://www.chups.jussieu.fr/polys/dus/duneuropsychologie/attentiontheorietroubleurbanski.pdf>. Consulté le 28 novembre 2013.

**Annexes :**



Annexe I : Extrait expérience 1 lecture graphique simple du nombre dérivé



Annexe I bis : Extrait expérience 2 lecture graphique complexe du nombre dérivé

$f(x) = \frac{x^3}{4}$ $f'(2)?$ <p style="text-align: right;">1</p>	$f(x) = \sqrt{x}$ $f'(1)?$ <p style="text-align: right;">2</p>
$f(x) = \frac{1}{1+3x}$ $f'(0)?$ <p style="text-align: right;">3</p>	$f(x) = \sqrt{(3x+6)}$ $f'(10)?$ <p style="text-align: right;">4</p>

Annexe II : Extrait expérience 3 calcul algébrique simple du nombre dérivé

$f(x) = \frac{x^3}{4}$ $f'\left(\frac{45}{15}\right)?$ <p style="text-align: right;">1</p>	$f(x) = \sqrt{x}$ $f'\left(\frac{9}{4}\right)?$ <p style="text-align: right;">2</p>
$f(x) = \frac{1}{1+3x}$ $f'\left(\frac{1}{3}\right)?$ <p style="text-align: right;">3</p>	$f(x) = \sqrt{(3x+6)}$ $f'\left(\frac{-5}{4}\right)?$ <p style="text-align: right;">4</p>

Annexe II bis : Extrait expérience 4 calcul algébrique complexe du nombre dérivé

$(E) \quad x^2 + 3x - 7$ <p style="text-align: right;">1</p>	$(E) \quad 5x^2 + 7x - 9$ <p style="text-align: right;">2</p>
$(E) \quad 2x^2 + 5x + 2$ <p style="text-align: right;">3</p>	$(E) \quad -3x^2 - 4x + 3$ <p style="text-align: right;">4</p>

Annexe III : Extrait expérience 5 calcul algébrique simple racine polynôme de degré 2

$(E) \quad 2x^2 + 4x - 30$ <p style="text-align: right;">1</p>	$(E) \quad 3x^2 + 3x - 6$ <p style="text-align: right;">2</p>
$(E) \quad x^2 + x - 6$ <p style="text-align: right;">3</p>	$(E) \quad -x^2 + 2x + 15$ <p style="text-align: right;">4</p>

Annexe III bis : Extrait expérience 6 calcul algébrique complexe racine polynôme de degré 2

## Calcul mental numéro 1 : lundi 20 janvier 2014 ( 18 minutes )

Nom :

Prénom :

Question	1	
Question	2	
Question	3	
Question	4	
Question	5	
Question	6	

Annexe IV : Extrait de la fiche distribuée au élève

**Annexes V : Tableaux regroupant les résultats des 23 élèves pour les 6 expériences :**

Expérience 1		24 questions 18 minutes																												
Numéro diapositive	Elève	1	2	3	4	5	6	Réponses justes	7	8	9	10	11	12	Réponses justes	13	14	15	16	17	18	Réponses justes	19	20	21	22	23	24	Réponses justes	bonne réponses
		Elève 1	1	1	0	1	0	1	4	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	6	1	0	1	1	1	1	5
Elève 2	0	1	0	0	1	1	3	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	0	5	20	
Elève 3	1	1	1	0	1	1	5	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	6	23	
Elève 4	1	1	1	1	1	1	6	1	1	0	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	6	1	1	0	1	1	1	5	22	
Elève 5	0	1	1	0	0	1	3	0	1	0	1	1	1	4	1	1	1	0	0	0	3	1	1	1	1	1	1	6	16	
Elève 6	0	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	1	1	2	1	1	0	1	1	1	5	1	1	0	1	1	1	5	14	
Elève 7	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	6	1	1	0	1	1	0	4	22	
Elève 8	0	1	1	1	1	1	5	0	1	1	1	1	1	5	1	1	1	0	1	1	5	1	1	0	1	1	1	5	20	
Elève 9	0	1	1	1	0	1	4	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	6	0	1	1	1	1	1	5	21	
Elève 10	1	1	1	1	0	1	6	1	1	1	1	1	1	6	1	1	0	0	1	1	4	1	0	1	1	1	1	5	21	
Elève 11	1	0	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	6	1	1	0	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	6	22	
Elève 12	1	1	1	1	1	0	5	1	0	0	1	1	1	4	1	1	0	1	1	1	5	1	1	0	1	1	0	4	18	
Elève 13	1	1	0	1	1	1	5	1	1	1	1	0	0	4	1	1	0	0	1	0	3	1	1	0	0	1	1	4	16	
Elève 14	1	0	1	0	1	1	4	0	0	0	1	1	1	3	0	1	0	1	1	1	4	1	0	1	1	1	1	5	16	
Elève 15	0	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	6	1	1	0	0	1	1	4	1	1	1	1	1	1	6	21	
Elève 16	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	4	1	0	0	0	0	0	1	7	
Elève 17	1	0	1	1	1	1	5	0	1	1	1	1	1	5	0	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	1	1	6	20	
Elève 18	0	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	6	1	0	1	1	1	1	5	22	
Elève 19	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	6	24	
Elève 20	1	1	0	0	0	1	3	0	1	1	1	1	0	4	0	0	0	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	6	16	
Elève 21	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	6	24	
Elève 22	1	1	1	0	1	1	5	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	6	23	
Elève 23	0	1	1	0	1	0	3	1	0	0	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	0	1	5	18	
<b>Moyenne</b>							<b>4,48</b>							<b>4,87</b>							<b>5,00</b>							<b>5,09</b>	<b>19,43</b>	
<b>Ecart type</b>																													<b>3,93</b>	

Expérience 2		24 questions 18 minutes																												
Numéro diapositive	Elève	1	2	3	4	5	6	Réponses justes	7	8	9	10	11	12	Réponses justes	13	14	15	16	17	18	Réponses justes	19	20	21	22	23	24	Réponses justes	bonne réponses
		Elève 1	1	1	1	0	1	1	5	1	1	0	1	1	1	5	1	0	1	1	1	1	5	1	1	1	0	1	1	5
Elève 2	1	1	1	1	0	0	4	1	1	0	0	1	0	3	0	1	1	1	1	1	5	0	1	1	0	1	0	3	15	
Elève 3	0	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	0	5	1	0	0	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	6	20	
Elève 4	1	1	0	1	1	0	4	1	1	1	1	1	1	6	1	0	1	1	0	1	4	1	1	1	1	1	1	6	20	
Elève 5	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	6	1	1	0	1	1	1	5	1	0	1	1	1	1	5	22	
Elève 6	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	5	1	1	0	1	0	1	4	0	0	0	0	1	0	1	11	
Elève 7	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	0	5	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	6	23	
Elève 8	0	1	0	1	1	1	4	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	3	1	0	0	0	0	1	2	10	
Elève 9	0	1	1	0	1	1	4	0	1	0	1	0	1	3	1	0	1	1	1	1	5	1	0	1	1	1	0	4	16	
Elève 10	1	1	1	0	1	1	5	1	0	1	0	1	1	4	0	1	0	1	1	1	4	0	1	1	1	1	0	4	17	
Elève 11	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	0	1	1	5	1	0	1	1	0	0	3	0	0	1	1	1	0	3	17	
Elève 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	1	3	
Elève 13	0	0	0	1	1	0	2	0	1	1	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	2	0	1	1	1	1	1	5	11	
Elève 14	1	1	0	0	0	1	3	1	1	1	1	0	0	4	1	1	0	1	0	0	3	1	0	1	0	0	0	2	12	
Elève 15	1	1	0	1	1	0	4	1	1	0	0	1	0	3	0	1	1	1	1	1	5	0	1	1	0	0	1	3	15	
Elève 16	1	1	0	1	0	1	4	1	0	1	1	1	0	4	1	1	0	0	0	1	3	0	1	1	1	0	1	5	16	
Elève 17	1	1	0	0	0	1	3	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	6	21	
Elève 18	1	1	0	0	1	1	4	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	0	1	5	1	1	1	1	1	1	6	21	
Elève 19	1	1	1	1	0	1	5	0	1	1	0	1	1	4	1	1	1	1	1	1	6	1	0	1	0	1	1	4	19	
Elève 20	1	1	1	1	1	1	6	1	1	0	1	1	0	4	1	0	1	1	0	1	4	0	0	0	0	1	1	2	16	
Elève 21	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	6	24	
Elève 22	0	0	0	1	0	1	2	1	1	0	1	0	1	4	1	1	0	1	1	1	5	1	1	1	0	1	1	5	16	
Elève 23	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	3	1	1	1	1	0	1	5	1	1	0	1	1	1	5	14	
<b>Moyenne</b>							<b>3,91</b>							<b>4,09</b>							<b>4,35</b>							<b>4,13</b>	<b>16,48</b>	
<b>Ecart type</b>																													<b>4,91</b>	

Expérience 3																		
Numéro diapositive	Elève	1	2	3	Réponses justes	4	5	6	Réponses justes	7	8	9	Réponses justes	10	11	12	Réponses justes	Bonnes Réponses
		Elève 1	1	1	1	3	1	1	1	3	1	0	1	2	1	1	1	3
Elève 2	0	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	11	
Elève 3	1	1	0	2	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	0	2	10	
Elève 4	0	1	1	2	0	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1	3	10	
Elève 5	1	0	1	2	0	1	0	1	1	1	1	3	0	0	1	1	7	
Elève 6	1	1	1	3	1	1	1	3	0	1	1	2	1	1	1	3	11	
Elève 7	1	1	0	2	0	1	1	2	1	1	1	3	1	1	0	2	9	
Elève 8	1	1	0	2	1	1	0	2	1	1	1	3	1	1	1	3	10	
Elève 9	0	0	1	1	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	10	
Elève 10	0	1	1	2	0	0	1	1	0	1	1	2	1	1	0	2	7	
Elève 11	1	1	1	3	0	1	1	2	1	1	1	3	1	0	1	2	10	
Elève 12	0	1	1	2	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	4	
Elève 13	0	1	1	2	1	1	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	5	
Elève 14	1	1	0	2	1	1	1	3	1	0	0	1	0	0	1	1	7	
Elève 15	1	1	1	3	0	1	0	1	1	1	1	3	1	1	0	2	9	
Elève 16	1	0	1	2	0	1	0											

Expérience 4																											
Numéro diapositive	Élève	1	2	3	Réponses justes			4	5	6	Réponses justes			7	8	9	Réponses justes			10	11	12	Réponses justes	Bonnes Réponses			
					1	2	3				4	5	6				7	8	9				10	11	12	13	14
Élève 1		0	1	0	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	3	1	0	0	1	0	0	1	8	8			
Élève 2		1	1	1	3	0	1	1	2	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	9	9			
Élève 3		1	1	0	2	0	1	1	2	1	1	0	2	1	1	1	3	1	1	1	3	9	9				
Élève 4		0	1	1	2	1	1	1	3	0	1	1	2	1	0	0	1	1	0	0	1	8	8				
Élève 5		0	1	1	2	0	0	1	1	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	9	9				
Élève 6		1	1	0	2	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	5	5				
Élève 7		0	1	0	1	0	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	0	2	8	8				
Élève 8		1	1	0	2	0	0	1	1	1	0	1	2	1	0	0	1	1	0	0	1	6	6				
Élève 9		0	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	11	11				
Élève 10		0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	3	1	1	1	3	1	0	1	2	6	6				
Élève 11		0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	2	1	1	0	2	1	0	0	1	5	5				
Élève 12		1	1	1	3	0	0	1	1	0	1	1	2	1	0	0	1	1	0	0	1	7	7				
Élève 13		1	1	0	2	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	2	6	6				
Élève 14		0	1	1	2	1	1	1	3	0	1	1	2	1	0	0	2	1	0	0	1	8	8				
Élève 15		0	1	0	1	0	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1	3	1	0	1	2	8	8				
Élève 16		1	1	0	2	0	0	1	1	1	1	0	2	1	1	0	2	1	0	1	2	7	7				
Élève 17		1	1	0	2	0	1	1	2	0	0	0	0	1	0	1	2	1	0	1	2	6	6				
Élève 18		0	1	1	2	1	1	1	3	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	7	7				
Élève 19		0	1	0	1	0	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1	3	1	0	1	2	8	8				
Élève 20		1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2				
Élève 21		1	0	0	1	1	0	1	2	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	2	6	6				
Élève 22		1	1	0	2	0	1	1	2	1	1	0	2	1	0	1	2	1	0	1	2	8	8				
Élève 23		0	1	1	2	1	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	5	5				
<b>Moyenne</b>					<b>1,74</b>								<b>1,83</b>										<b>1,78</b>			<b>1,70</b>	<b>7,04</b>
<b>Écart type</b>																											<b>1,87</b>

Expérience 5																														
Numéro diapositive	Élève	1	2	3	Réponses justes			4	5	6	Réponses justes			7	8	9	Réponses justes			10	11	12	Réponses justes	Bonnes Réponses						
					1	2	3				4	5	6				7	8	9				10	11	12	13	14			
Élève 1		0	1	0	1	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	0	1	1	2	9	9							
Élève 2		1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	12	12							
Élève 3		1	1	0	2	0	1	1	2	1	1	0	2	1	1	0	2	1	1	1	3	9	9							
Élève 4		1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	0	1	2	11	11							
Élève 5		0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	2	4	4							
Élève 6		1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	3	1	1	1	3	1	0	0	1	6	6							
Élève 7		0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	2	1	1	0	2	1	0	0	1	4	4							
Élève 8		0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	0	2	7	7							
Élève 9		0	0	1	1	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	0	1	2	9	9							
Élève 10		1	1	0	2	0	1	1	2	1	1	0	2	1	1	0	2	1	1	1	3	9	9							
Élève 11		1	1	0	2	1	0	0	1	1	0	1	2	1	0	1	2	1	0	1	2	7	7							
Élève 12		0	1	1	2	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	2	5	5							
Élève 13		0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1						
Élève 14		1	1	0	2	1	0	1	2	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	2	7	7								
Élève 15		1	1	0	2	1	1	0	2	1	1	0	2	1	1	0	2	1	1	0	2	8	8							
Élève 16		1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	12	12							
Élève 17		1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	12	12							
Élève 18		1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	12	12							
Élève 19		1	1	1	3	1	1	0	2	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	11	11							
Élève 20		1	1	1	3	0	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	11	11							
Élève 21		0	1	1	2	1	0	0	1	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	9	9							
Élève 22		1	1	0	2	1	0	0	1	1	1	0	2	1	0	0	2	1	0	0	1	6	6							
Élève 23		1	1	1	3	1	1	1	3	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	2	9	9							
<b>Moyenne</b>					<b>1,91</b>								<b>1,96</b>													<b>2,22</b>			<b>2,17</b>	<b>8,26</b>
<b>Écart type</b>																												<b>2,99</b>		

Expérience 6																								
Numéro diapositive	Élève	1	2	3	Réponses justes			4	5	6	Réponses justes			7	8	9	Réponses justes			10	11	12	Réponses justes	Bonnes Réponses
					1	2	3				4	5	6				7	8	9				10	11
Élève 1		1	1	0	2	0	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	10	10	
Élève 2		1	0	1	2	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	11	11	
Élève 3		0	1	1	2	1	1	1	3	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	3	9	9	
Élève 4		1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	0	2	11	11	
Élève 5		1	1	0	2	0	0	0	0	0	1	1	2	1	1	0	2	1	1	0	2	6	6	
Élève 6		0	1	1	2	1	1	1	3	1	0	1	2	1	1	1	2	1	1	1	3	10	10	
Élève 7		1	1	1	3	1	1	1	3	0	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	3	11	11	
Élève 8		0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	1	0	2	1	1	0	2	6	6	
Élève 9		1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	12	12	
Élève 10		1	1	1	3	1	1	1	3	0	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	3	11	11	
Élève 11		1	1	1	3	0	0	1	1	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	10	10	
Élève 12		1	1	0	2	1	1	1	3	1	0	1	2	1	0	1	2	1	1	1	3	10	10	
Élève 13		0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	2	2
Élève 14		1	1	0	2	1	1	1	3	0	1	1	2	0	1	1	2	0	1	1	2	9	9	
Élève 15		1	0	1	2	0	1	0	1	0	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	3	8	8	
Élève 16		1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	0	2	11	11	
Élève 17		1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	12	12	
Élève 18		1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	0	0	1	10	10	
Élève 19		1	1	0	2	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	0	1	1	2	10	10	
Élève 20		0	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1	3	0	1	1	3	0	1	1	2	10	10	
Élève 21		1	1	0	2	1	1	1	3	1	0	1	2	1	0	1	2	1	1	1	3	10	10	
Élève 22		1	1	1	3	1	0	1	2	1	1	1	3	0	1	1	3	0	1	1	2	10	10	
Élève 23		1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	0	1	2	11	11	
<b>Moyenne</b>																								