



HAL
open science

La mémoire, un outil d'apprentissage pour la physique-chimie

Samuel Rietschlé

► **To cite this version:**

Samuel Rietschlé. La mémoire, un outil d'apprentissage pour la physique-chimie. Education. 2023. dumas-04256668

HAL Id: dumas-04256668

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04256668>

Submitted on 24 Oct 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



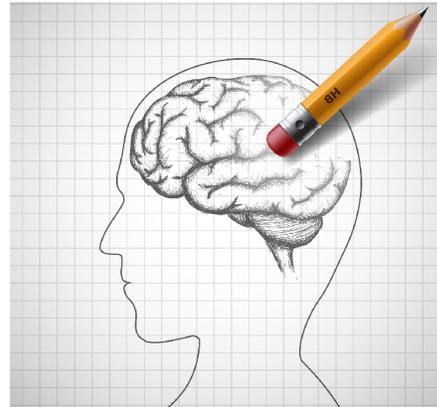
Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Master « Métiers de l'Enseignement, de l'Éducation et de la Formation »
Mention : Second degré, Professeur des Lycées et Collèges
Parcours : Physique-Chimie
Année universitaire : 2022-2023

La mémoire, un outil d'apprentissage pour la physique-chimie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de master

Mémoire présenté par : **RIETSCHLÉ Samuel**
Sous la direction de : **FANJOUX Gil**



Auteur du mémoire : RIETSCHLÉ Samuel
Directeur du mémoire : FANJOUX Gil
Département d'optique, Femto-ST / Non linear Optics Team

Jury de soutenance : GUYON Fabrice
Institut UTINAM, UMR 6213 / Equipe Matériaux et Surfaces Fonctionnels

Remerciements

Ce travail de recherche n'aurait pas vu le jour sans le soutien de nombreuses personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à son élaboration à qui nous souhaitons témoigner toute notre reconnaissance.

Tout d'abord, je tenais à remercier mon directeur de mémoire, Monsieur **Gil FANJOUX**, *Enseignant chercheur en physique à l'université de Franche-Comté*, qui a réussi à me guider dans mon travail et m'a aidé à élaborer une méthodologie de recherche solide en lien avec notre projet. Sa patience dans la relecture m'a permis de corriger ce mémoire. Je tenais à souligner l'aide importante apportée par Monsieur **Fabrice GUYON**, *Enseignant chercheur en chimie à l'université de Franche-Comté*, dans la correction de ce mémoire de recherche.

Une pensée va aussi à mon établissement scolaire et mes élèves de classe de quatrième qui ont participé chaleureusement à cette expérience.

Je souhaite adresser mes remerciements aux différents professionnels de l'enseignement que j'ai pu croiser lors de mon parcours scolaire ou de stagiaire, et qui m'ont donné l'envie de faire de leur métier, le mien. On pense notamment aux professeurs marquants de notre enfance et adolescence : Madame **Myriam CHAPUIS**, *Professeure d'éducation musicale en Haute-Saône*, qui m'a donné l'idée de ce mémoire de recherche ; Madame **Christine SPONEM**, qui m'a fait découvrir la physique-chimie au collège ; Madame **Léa GISQUET**, qui m'a donné l'envie de faire ce métier d'enseignant de physique-chimie.

Une reconnaissance particulière s'adresse ensuite à tous mes tuteurs de licence et de master qui m'ont partagé leurs expériences et leurs astuces pour le collège et le lycée : Monsieur **Stéphane CARBONNEAU**, Monsieur **Olivier FAVRE**, Monsieur **Arnaud DE ARAUJO**, et enfin, ma tutrice de cette année scolaire : Madame **Lucile PERCIER**.

Enfin, je tenais à exprimer ma reconnaissance envers ma famille et mes amis proches pour leur soutien et leurs encouragements dans ma scolarité et dans mon évolution personnelle.

Table des matières

Remerciements

Liste des Abréviations	i
Liste des Figures	ii
Liste des Tableaux	iii
Introduction	1
Première partie : Cadre théorique	
Chapitre 1 : Mémoire et processus de mémorisation	3
I. La physiologie de la mémoire	3
I.1. Le rôle du neurone dans la transmission des signaux électriques	3
I.2. Le circuit de la mémoire	3
I.3. De la trace mnésique au rôle d'indexeur en mémoire de l'hippocampe	4
I.4. L'apprentissage d'un point de vue physiologique	5
II. Processus de mémorisation	5
II.1. Encodage de l'information	5
II.2. Stockage de l'information	6
II.3. Consolidation de l'information	7
III. Les différents types de mémoire	7
III.1. Mémoire sensorielle (perceptive)	7
III.2. Mémoire à court terme	8
III.3. Mémoire à long terme	9
Mémoire implicite (procédurale)	9
Mémoire explicite (déclarative)	9
III.4. Mémoire de travail	10
Fonctions exécutives	10
Modèle de la mémoire de travail selon Baddeley	11
III.5. Fonctionnement de la mémoire	13
Fonctionnement dynamique de la mémoire	13
Vers un modèle unifié : le modèle MNESIS	13
Chapitre 2 : Les limites de la mémoire	16
I. L'oubli	16
I.1. Théorie du déclin de la rétention en mémoire	16
I.2. Théorie de l'oubli motivé	17
I.3. Théorie de l'entrave	17
I.4. Théorie de l'interférence	17

II.	L'élève dans les apprentissages	18
II.1.	Le rôle du sommeil sur la mémoire	18
II.2.	L'impact de la motivation de l'élève sur la mémoire à court et à long terme	18
II.3.	Compréhension et mémorisation	19
	Mémoriser est-ce suffisant pour comprendre?	19
	Apport de la stratégie d'élaboration	19
III.	Surcharge en mémoire	20
Chapitre 3 : Méthodes d'apprentissage utilisant la mémoire		22
I.	Stratégies à mettre en place pour l'élève	22
I.1.	Retour sur la récupération en mémoire : rôle des rappels	22
I.2.	Aider les élèves à se souvenir du cours	23
I.3.	Créer des liens entre les différents éléments	23
I.4.	Création d'une fiche de révision	23
	Fiche aide-mémoire	23
	Fiche de synthèse	24
	Fiche de révision	25
I.5.	Des stratégies se basant sur le travail à la maison	25
II.	Apprentissage multi-épisodique de Lieury	26
II.1.	De la mémoire épisodique à la mémoire sémantique	26
II.2.	Utilisation de l'apprentissage multi-épisodique	27
III.	Neuropédagogie et Cogni'Classes	28
III.1.	Approche constructiviste de la pédagogie	28
III.2.	Une critique à la pédagogie (socio-)constructiviste : la pédagogie explicite	29
III.3.	Une classe basée le fonctionnement du cerveau : les Cogni'Classes	29
	Complémentarité entre pédagogie active et explicite : la neuropédagogie	29
	Les Cogni'Classes de Berthier	30

Deuxième partie : Expérimentations et Résultats

Chapitre 4 : Méthodologie proposée		33
I.	Vers une méthodologie de recherche	33
I.1.	L'apport du cadre théorique sur la problématique de recherche	33
I.2.	Leviers à la mémorisation, à l'apprentissage et à la compréhension	34
	Fiches de mémorisation	34
	Place du questionnement dans la séquence pédagogique	35
	Déconstruction des préconceptions lors du processus de mémorisation	35
II.	Présentation de la méthodologie de recherche	35
II.1.	Outils utilisés dans la séquence pédagogique	35
II.2.	Présentation des quatre classes tests	37
II.3.	Présentation de la séquence pédagogique	38
	Leçon en électricité	38
	Activités expérimentales et documentaires	40
	Choix des classes Gex : Travail à la maison	40
II.4.	Recueil de données	41
III.	Réflexions autour de l'interprétation des données	42

Chapitre 5 : Résultats et analyse	43
I. Notes obtenues aux devoirs surveillés selon les types d'élève dans chacun des groupes de travail	43
I.1. Élèves en difficulté dans la matière	43
I.2. Élèves constants dans la matière	44
I.3. Élèves en progression dans la matière	45
I.4. Élèves sans difficultés dans la matière	45
II. Analyse du découpage de points sur les devoirs-surveillés	46
II.1. Moyennes obtenues par rapport aux différents devoirs surveillés.	46
II.2. Découpage des points pour le DS du chapitre 4	47
II.3. Découpage des points pour le DS du chapitre 5	48
Analyse des questions et de l'application du cours	48
Résultats obtenus à la suite de la résolution de problème scientifique (RPS)	49
III. Moyennes obtenues aux différents pré-tests et au post-test	49
III.1. Pré-tests sur tension et intensité électrique	50
III.2. Résultats du post-test	50
Analyse des résultats globaux	50
Analyse des résultats obtenus sur la question de la préconception en électricité	52
Chapitre 6 : Discussion sur les résultats obtenus	54
I. Retour sur les hypothèses de travail	54
I.1. Mémorisation et tâche cognitive complexe (RPS)	54
I.2. Mémorisation et apprentissage	54
II. Retour sur l'expérience...	55
II.1. ... Du point de vue de l'enseignant	55
II.2. ... Du point de vue des élèves	56
Conception des fiches aide-mémoire et de mémorisation	56
Réutilisation des fiches soutenant la mémorisation	57
Retour des élèves sur la séquence pédagogique	58
III. Améliorer ses apprentissages avec les outils de mémorisation	58
IV. Amélioration de la séquence pédagogique	59
Troisième partie : Conclusion	
Conclusion	62
Résumé/Abstract	65
Bibliographie	66
Annexes	iv
A : Leçon proposée pour les classes Gex et pour la classe Géo	iv
A.1. Extrait du cours sur le chapitre 4 du groupe Géo	iv
A.2. Extrait du cours sur le chapitre 4 des groupes Gex	v
A.3. Extrait du cours sur le chapitre 5 du groupe Géo	vi
A.4. Extrait du cours sur le chapitre 5 des groupes Gex	vii
B : Activité expérimentale	viii
B.1. Extrait de l'activité expérimentale du groupe Géo	viii
B.2. Extrait de l'activité expérimentale pour les groupes Gex	ix
C : Activité documentaire pour les classes Gex	x
D : Progression de la séquence pédagogique pour les groupes Géo et Gex3	xi

D.1.	Progression du chapitre 4	xi
D.2.	Progression du chapitre 5	xii
E :	Évaluation sommative sur les deux chapitres	xiii
F :	Résolution de problème du chapitre 5	xv
G :	Tableaux des notes obtenues aux différentes activités (DS, post-test, RPS) de chaque groupe de travail	xvi
H :	Découpage des points obtenus lors des devoirs surveillés	xviii
I :	Résultats des différents pré-tests pour les classes Gex2 et Gex3	xxi
J :	Tableau des résultats des différents groupes de travail sur la question de la préconception sur l'intensité électrique	xxii
K :	Pré-tests en électricité	xxv
K.1.	Pré-test sur l'intensité électrique	xxv
K.2.	Pré-test sur la tension électrique	xxvii
K.3.	Pré-test sur les lois de l'intensité électrique	xxix
K.4.	Pré-test sur les lois de la tension électrique + valeurs nominales	xxxii
L :	Post-test en électricité	xxxiv
M :	Fiches qui soutiennent la mémorisation conçues par les élèves	xxxv
M.1.	Fiche aide-mémoire sur l'intensité électrique	xxxv
M.2.	Fiche de mémorisation sur la tension et l'intensité électrique	xxxvi
M.3.	Carte mentale sur la tension électrique	xxxviii

Liste des Abréviations

Abbréviation utilisée	Signification
AME	Apprentissage multi-épisodique
CVS	Calepin visuo-spatial
Géo	Groupe théorique
Gex	Groupe expérimental
LTP	Potentialisation à long terme
MCT	Mémoire à court terme
MLT	Mémoire à long terme
MNESIS	Modèle néostructural intersystémique de la mémoire humaine
MT	Mémoire de travail
NMDA	N-méthyl-D-aspartique
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
RPS	Résolution de problème scientifique

Table des figures

Figure	Titre	Page
1.I.1	Schéma de deux neurones (Faron & Bayot, 2021)	3
1.I.2	Le mécanisme de la LTP provoqué par l'apprentissage (Lieury, 2012, p. 129)	5
1.II	Notre cerveau agit comme une forêt	7
1.III.	Les trois paliers de la mémoire (Huffman et al., 2009, p. 267)	8
1.III.	Représentation de la mémoire de travail selon Baddeley (A. Baddeley, 2000, p. 421) avec un système de décision et des systèmes esclaves	11
1.III.	Représentation de l'organisation des différentes unités de la mémoire de travail (Rossi, 2005)	12
1.III.4	Le fonctionnement dynamique de la mémoire est basé sur des échanges entre mémoire à court terme et mémoire à long terme » (Toupiol, 2011, p. 17)	13
1.III.5	Modèle MNESIS proposé par Eustache et Desgranges (Khamassi, 2021, p. 63)	14
2.I	Courbe de l'oubli d'Hermann Ebbinghaus (Gabriel, 2018, Chapitre 3)	16
2.III	Courbe de position sérielle (2020, p. 49)	21
3.I	Fiche de synthèse d'Abgrall (2012, p. 67)	24
3.II.1	Théorie de l'emboîtement des épisodes dans la mémoire sémantique de Lieury (2012, p. 40)	26
3.II.2	Exemple d'une séquence multi-épisode en microbiologie se basant sur l'AME de Lieury (2012, p. 40)	28
4.II.1	Découpage des différents groupes de travail (Géo, Gex1, Gex2 et Gex3)	37
4.II.2	Phychi avec une expression neutre	39
4.II.3	Analogies du circuit de voiture pour les lois d'intensité dans un circuit électrique.	39
5.1	Notes obtenues aux DS en électricité pour un élève en difficulté de chaque groupe expérimental	44
5.2	Découpage des points du DS du chapitre 4	47
5.3	Découpage des points du DS du chapitre 5	48
5.4	Moyennes obtenues par les groupes de travail sur les résolution de problème scientifique	49
6.1	Analyse des résultats d'un élève qui a subi une marque d'interférences	60
A.1	Extrait du cours sur l'intensité électrique pour la classe Géo	iv
A.2	Extrait du cours sur l'intensité électrique pour les classes Gex	v
A.3	Extrait du cours sur les lois de l'électricité pour la classe Géo	vi
A.4	Extrait du cours sur les lois de l'électricité pour les classes Gex	vii
B.1	Extrait du TP sur les lois de l'électricité pour la classe Géo	viii
B.2	Extrait du TP sur les lois de l'électricité pour les classes Gex	ix
C	Extrait de l'activité documentaire sur le rôle d'un fusible	x
E.1	Évaluation sommative du chapitre 4 sur tension et intensité électrique	xiii
E.2	Évaluation sommative du chapitre 5 les lois de l'électricité	xiv
F	Résolution de problème sur les lois de l'électricité (inspiré du DNB Amérique du Nord 2020)	xv
K.1	Pré-test du chapitre 4 sur l'intensité électrique	xxv
K.2	Pré-test du chapitre 4 sur la tension électrique	xxvii
K.3	Pré-test du chapitre 5 sur les lois de l'intensité électrique	xxix
K.4	Pré-test du chapitre 5 sur la loi de la tension électrique	xxxii
L	Post-test proposé aux élèves deux semaines après la séquence pédagogique	xxxiv

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
4.1	Exemple d'une fiche de mémorisation en électricité	37
4.2	Différences entre les classes Gex et Géo lors de la séquence pédagogique	38
4.3	Tableau récapitulatif de la méthodologie de recherche	41
5.1	Comparaison des moyennes obtenues entre celle du post-test et celles des deux devoirs surveillés en électricité.	51
5.2	Résultats à la question sur la préconception pour les différents groupes de travail	52
6.1	Extrait de la séance S2 sur l'intensité électrique du chapitre 4	56
6.2	Proposition d'une correction de la séquence pédagogique sur tension et intensité électrique	61
D.1	Progression du chapitre 4 pour le groupe Géo	xi
D.2	Progression du chapitre 4 pour le groupe Gex3	xi
D.3	Progression du chapitre 5 pour le groupe Géo	xii
D.4	Progression du chapitre 5 pour le groupe Gex3	xii
G.1	Notes aux devoirs surveillés des différents élèves du groupe Géo	xvi
G.2	Notes aux devoirs surveillés des différents élèves du groupe Gex1	xvii
G.3	Notes aux devoirs surveillés des différents élèves du groupe Gex2	xvii
G.4	Notes aux devoirs surveillés des différents élèves du groupe Gex3	xxviii
H.1	Notes obtenues du groupe Gex1 aux différents exercices des devoirs surveillés du chapitre 4 et 5	xxviii
H.2	Notes obtenues du groupe Géo aux différents exercices des devoirs surveillés du chapitre 4 et 5	xix
H.3	Notes obtenues du groupe Gex2 aux différents exercices des devoirs surveillés du chapitre 4 et 5	xx
H.4	Notes obtenues du groupe Gex3 aux différents exercices des devoirs surveillés du chapitre 4 et 5	xx
I.1	Résultats des différents pré-tests pour le groupe Gex2	xxi
I.2	Résultats des différents pré-tests pour le groupe Gex2	xxi
J.1	Proportions des réponses à la préconception pour les groupes Géo (à gauche) et Gex 1 (à droite)	xxii
J.2	Proportions des réponses à la préconception pour les groupes Gex2 (à gauche) et Gex3 (à droite)	xxiii

Introduction

« J'ai une mauvaise mémoire », « J'ai des difficultés à apprendre ma leçon et à retenir les notions essentielles », ces paroles d'élève peuvent faire écho dans notre métier de professeur. Depuis l'Antiquité, l'Homme développe sa mémoire à partir des techniques de mémorisation (la mnémotechnie) que l'on nommait l'art de la mémoire (Cicéron). Dans la mythologie grecque : Mnémosyne, fille de Gaïa et d'Ouranos et mère des neuf Muses, est considérée comme la déesse de la mémoire et celle qui a inventé les mots ainsi que le langage.

Toutes les nouvelles connaissances et notions que nous apprenons à nos élèves doivent être mémorisées afin qu'ils puissent les utiliser en fonction des différentes tâches proposées. Surtout, ces informations doivent être disponibles des années plus tard après la séquence pédagogique. Il faut donc comprendre comment fonctionne le cerveau de nos élèves notamment lorsqu'ils apprennent. Nous avons des « traces » de cet apprentissage si on s'intéresse à la potentialisation à long terme au niveau des **synapses** des **neurones**. Nous savons que tout être sait traiter une information à partir d'une **stimulation sensorielle** (liée à nos cinq sens). Aussi, un enfant sait parler, marcher, manger, faire du vélo, etc. Il s'agit de petits gestes réalisés quotidiennement et que l'on a **automatisés**.

L'enfant possède des milliards de **neurones** et le fait d'apprendre en apportant de nouvelles connaissances, permet de stimuler ces neurones et d'en activer certains. Ils peuvent aussi se combiner entre eux. Pendant toute sa vie, l'apprenant va continuer à **modifier**, à **consolider** ou à **détruire** certaines **connexions neuronales**, en fonction de ses expériences personnelles. Lors du **processus de mémorisation**, l'information laisse une trace appelée **trace mnésique**, et l'utilisation d'un **indice de récupération** (rappel) permet l'activation de cette trace afin que l'élève se souvienne de l'information mémorisée.

Il existe de nombreuses recherches sur la mémoire et beaucoup d'auteurs ont traité ce problème : Baddeley, Thulving, Eustache. Elles ont eu pour objectif d'identifier les différents systèmes qui la composent ainsi que l'étude de leurs capacités de stockage. Il n'existe pas une seule mémoire à proprement parler, nous avons diverses mémoires qui s'activent en fonction de la tâche demandée : **mémoire de travail**, **mémoire sensorielle**. De plus, certaines mémoires travaillent ensemble, les informations vont et viennent d'une mémoire à une autre lors de l'**encodage** ou pour consolider les **traces mnésiques**. On parle alors d'un **fonctionnement dynamique de la mémoire** notamment avec la **mémoire à court terme** et la **mémoire à long terme**.

Chaque mémoire a un stockage d'éléments qui lui est propre. Si elle vient à être trop surchargée, des éléments risquent d'être **oubliés**. La **motivation** de l'élève et son **sommeil** expliquent également certaines **limites de la mémoire**.

Dans une classe, chaque élève possède une mémoire, il faut réfléchir en termes de pédagogie et notamment sur la question de comment intégrer des **processus de mémorisation** en classe. Nous rejoignons le principe d'éducabilité de Meirieu qui nous dit que chaque individu, quel qu'il soit, est en capacité d'apprendre. Notre objectif en tant qu'enseignant est d'assurer la réussite pour tous nos élèves. De nombreux

concepts pédagogiques ont vu le jour depuis un siècle, que ce soit avec la **pédagogie active** de Piaget où l'élève est maître de son apprentissage. Ses connaissances naissent avec l'observation et l'expérimentation et une place importante est donnée pour la collaboration. Ceci s'oppose à une **pédagogie explicite** où les objectifs et les contenus appris aux élèves sont clairement expliqués ainsi que le fonctionnement de leur cerveau afin de favoriser la **mémoire à long terme**.

Derrière ces deux courants pédagogiques, la **neuropédagogie** s'est développée à l'aide de l'avancée des **sciences cognitives** en proposant une complémentarité entre les **pédagogies active et explicite**. Il faut donner du **sens** aux éléments enseignés, c'est-à-dire, en proposant des sujets concrets à nos élèves. Aussi, il doit y avoir un dialogue et des échanges entre les apprenants et entre l'élève et son professeur. La **neuropédagogie** est en lien avec les idées de Stanislas Dehaene et ses **quatre piliers de l'apprentissage**. Il faut donc comprendre le processus d'apprentissage des élèves avant de proposer une séquence pédagogique basée sur les **sciences cognitives**.

Nous voyons qu'il est possible de concilier mémoire et éducation. Les élèves peuvent apprendre, mais ce qui nous intéresse ici, c'est de donner un moyen aux élèves à se souvenir des connaissances antérieures grâce à des séquences pédagogiques respectant le processus d'apprentissage et de mémorisation, mais aussi, en leur donnant, des moyens pour réussir à se souvenir de ces informations. Cette stratégie n'est pas innée. Il faut s'entraîner afin de faciliter la **récupération** de ses souvenirs. Dans ce mémoire de recherche, nous donnerons des éléments de réponse à la question de recherche suivante :

En quoi le recours à une séquence pédagogique reposant sur des stratégies de mémorisation favorise l'apprentissage en classe de physique-chimie ?

Plusieurs auteurs ont traité ce problème et ils seront présentés dans ce document. Concernant des mémoires de recherche et des thèses autour de ce thème, nous pouvons citer le travail de Nicolas Tribout (2017), de Margot Wibaut (2019), et de Marilyn Désy (2019).

Pour répondre à cette problématique nous présenterons, dans un premier temps, notre cadre théorique basé sur divers livres de référence et trois auteurs en particulier : Alain Lieury, Jean-Philippe Abgrall et Nolween Guedin. Dans cette première partie, nous discuterons des différents types de mémoire ainsi que le processus de mémorisation. Nous commencerons par expliquer toute la physiologie de la mise en mémoire des informations jusqu'au modèle MNESIS, qui est un modèle unifié permettant d'expliquer le fonctionnement de notre mémoire. Nous apporterons un éclaircissement sur les limites de la mémoire et les différents types d'apprentissages que nous pouvons mettre en place pour que les élèves travaillent sur leur mémoire. Dans un second temps, nous détaillerons la méthodologie que nous mettrons en place en présentant les outils utilisés et les leviers potentiels à la mémorisation. Cette partie conduira à l'analyse puis à la discussion de ces résultats, ce qui nous permettra de répondre à notre problématique de recherche.

Remarque sur la lecture du cadre théorique : Les textes et les mots indiqués en rouge seront importants pour la conception de la méthodologie de recherche qui aura lieu en seconde partie.

Première partie :

Cadre théorique

Chapitre 1 | Mémoire et processus de mémorisation

Chapitre 2 | Les limites de la mémoire

Chapitre 3 | Méthodes d'apprentissage utilisant la mémoire

Chapitre 1 :

Mémoire et processus de mémorisation

Avant de mettre en place des stratégies pédagogiques visant à utiliser la mémoire dans le processus d'apprentissage des élèves. Il nous faut comprendre d'abord la physiologie de l'apprentissage. Quand l'apprenant apprend une nouvelle notion, des réactions se passent au sein du cerveau, plus précisément entre les connexions neuronales. Nous discuterons notamment de la présence d'une trace mnésique et de l'importance de la potentialisation à long terme. Ensuite, nous expliquerons le processus de mémorisation, et nous parlerons des différents types de mémoire présents dans notre cerveau en présentant le modèle de la mémoire de travail de Baddeley, avant de mettre en évidence un modèle unifié sur le fonctionnement de notre mémoire : le modèle MNESIS.

I. La physiologie de la mémoire

I.1. Le rôle du neurone dans la transmission des signaux électriques

Quand notre nez sent une odeur particulière, quand notre oreille entend le son de la voix de nos parents ou nos amis, le cerveau reçoit une information à partir de nos sens : on parle de zones sensorielles. Cette information est transformée en signal électrique. Les neurones, cellules présentes dans le cortex cérébral (on dénombre environ 100 milliards de neurones interconnectés dans notre cerveau), vont recevoir cette information électrique et, par l'intermédiaire de fibre nerveuse (les axones), comme le « courant dans un circuit électrique » (Abgrall, 2012), le signal va pouvoir circuler d'un neurone à un autre grâce à des neurotransmetteurs.

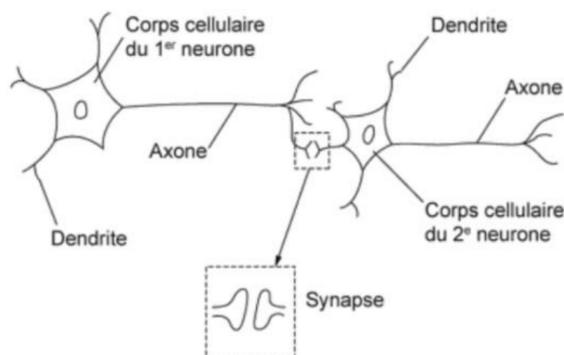


FIGURE 1.I.1 – Schéma de deux neurones (Faron & Bayot, 2021)

La Figure 1.I.1 illustre le fonctionnement d'un neurone. Il a une forme tentaculaire avec un corps cellulaire présentant un noyau, un axone plus ou moins long selon la fréquence d'utilisation. Plus le signal électrique se transmet à travers le neurone, plus l'axone sera grand et se connectera à d'autres neurones grâce aux synapses.

I.2. Le circuit de la mémoire

Cette idée de « circuit de la mémoire » (2012, p. 41) est présentée par Abgrall. **Tout commence par une information liée à nos cinq sens** : la vue, l'odorat, l'ouïe, le toucher et le goût. Comme abordé précédemment, les neurones ont la charge de transmettre les informations liées aux zones sensorielles.

Avant de passer dans l'hippocampe (qui reçoit l'information), l'information sensorielle passe dans le système limbique qui joue un rôle sur la régulation des émotions et la mémoire. Il a donc un effet direct

sur le système endocrinien ainsi sur la sécrétion des hormones. De ce fait, le signal électrique sera plus ou moins puissant s'il s'agit d'un plaisir (ou d'un déplaisir) fort ou si c'est une information marquante pour l'individu. C'est ce qui permet d'expliquer notamment que nous nous souvenons facilement d'un moment fort de notre vie et d'évènements ordinaires.

On voit directement que la mise en mémoire des informations suit un circuit précis. Tout commence par une information sensorielle, puis on a l'action du système limbique et de l'hippocampe pour arriver à la transmission de l'information par un signal électrique grâce aux neurones. Abgrall (2012) indique que « l'état émotionnel de l'apprenant intervient donc directement sur sa capacité à mémoriser une information ». **La motivation de l'élève pour le cours qui leur est présenté a donc un effet direct sur la rétention des notions importantes du chapitre traité.**

Les réseaux cérébraux, créés à partir de plusieurs connexions neuronales, peuvent recevoir et analyser une information sensorielle à cause du phénomène de myélinisation où les fibres nerveuses vont se recouvrir d'une « gaine protectrice (faite de myéline) permettant une conduction plus rapide des influx nerveux » (Guedin, 2020, p. 28). Guedin indique que toutes les fibres nerveuses ont été recouvertes de myéline quand l'enfant a un âge qui est « autour de 8 ans » (2020).

I.3. De la trace mnésique au rôle d'indexeur en mémoire de l'hippocampe

Nous avons expliqué que les neurones, l'hippocampe et le système limbique ont un effet direct sur la mémorisation des apprenants. À présent, on peut se demander comment sont stockées en mémoire les informations issues des zones sensorielles. Abgrall nous indique que les informations mémorisées ne sont pas « stockées physiquement à un endroit du cerveau qui « grossirait » au fur et à mesure que nos apprentissages augmenteraient » (2012, p. 41) mais c'est **la mémorisation qui laisse une trace appelée trace mnésique**. Cette trace est une « empreinte » laissée lorsque le tissu nerveux se modifie en fonction des nouveaux apprentissages des apprenants, et change en réalisant de nouvelles connexions entre les autres neurones. Ce processus forme la base de la mise en mémoire des informations dans le cerveau.

Si on reprend l'idée d'un circuit en mémoire illustré par Abgrall, la trace mnésique est un nouvel itinéraire dans ce circuit de mémorisation. En effet, les nouvelles connexions créées avec les autres neurones proposent de nouveaux chemins possibles pour le signal électrique. Ensuite, nous avons l'hippocampe qui jouera son « rôle d'indexeur » (Abgrall, 2012) car il formera un souvenir en reliant les zones utilisées par rapport à une information sensorielle. Ceci permettra donc au cerveau d'avoir un souvenir fort qui sera présent dans la mémoire à long terme (MLT).

L'hippocampe joue donc un rôle important dans la mise en mémoire des informations sensorielles puisqu'il agit comme un indexeur de mémoire pour le stockage de la MLT. Cependant, comme lors d'une recherche de document sur notre ordinateur ou sur Internet, pour avoir accès à ce souvenir, il faut connaître la clé d'activation (que ce soit un mot, un événement...), appelée indice de récupération, qui déclenchera le chemin pris par la trace mnésique lors de la mémorisation pour récupérer les informations stockées en mémoire.

Cet indice est comme un mot-clé qu'on écrit sur la barre de recherche d'un site Internet, et qui doit avoir un lien direct avec l'information mémorisée. **En éducation, on doit ainsi créer ces clés d'activation de la trace mnésique pour nos élèves afin qu'ils obtiennent l'information voulue rapidement, que ce soit une définition, un mot important, un schéma...** On est en face d'un phénomène d'**inférence** (Roulin, 2006, p. 361), où l'élève trouvera la solution de la tâche cognitive demandée en fonction des indices qu'il peut identifier dans des documents ou dans une question.

I.4. L'apprentissage d'un point de vue physiologique

Nous savons que les cellules nerveuses peuvent traiter et transmettre des informations sous forme de signaux électriques. Ces cellules sont constituées de dendrites capables de recevoir l'information, qui sont intégrées dans le corps cellulaire du neurone afin qu'elle soit transmise le long de l'axone. Les neurones peuvent se connecter entre eux par le moyen de neurotransmetteurs et aux points de connexion, les synapses.

Alain Lieury décrit le phénomène de potentialisation à long terme (LTP) comme « le mécanisme de départ de la « machinerie » de l'apprentissage au niveau de la synapse » (2012, p. 128), qui est schématisé sur la Figure 1.I.2 :

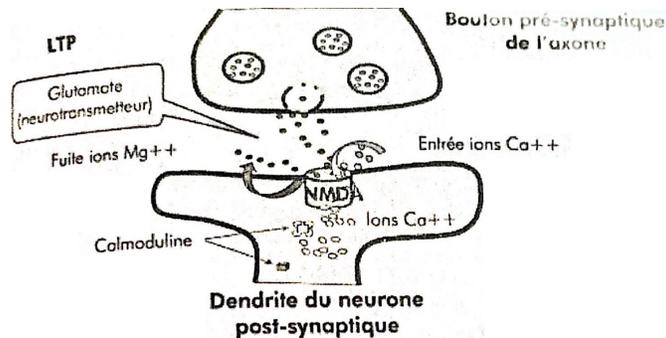


FIGURE 1.I.2 – Le mécanisme de la LTP provoqué par l'apprentissage (Lieury, 2012, p. 129)

Lorsqu'un indice active une trace mnésique, plusieurs neurones entrent en action. Un signal électrique apparaît, et d'un point de vue biochimique, un mécanisme est en train d'avoir lieu. Nous savons que l'information se propage le long de l'axone neuronal jusqu'à atteindre la synapse. Au bout du bouton pré-synaptique de l'axone, nous avons la libération d'un neurotransmetteur, le glutamate. Lieury compare ce messenger chimique comme une « sorte de clé pour ouvrir la « serrure » de la dendrite du neurone voisin » (2012, p. 128). Cette « serrure » correspond au N-méthyl-D-aspartate (NMDA) qui est un dérivé d'acide aminé et un récepteur ionotrope (sensible à une protéine en particulier) du glutamate.

Ainsi, grâce au glutamate, le NMDA va ouvrir un canal ionique : des ions magnésium Mg^{2+} vont sortir de la dendrite post-synaptique et les ions calcium Ca^{2+} vont pouvoir y rentrer. Les ions calcium sont des « messagers cellulaires extrêmement importants qui activent une cascade d'enzymes permettant de laisser ouverts les récepteurs et donc l'activité synaptique » (Lieury, 2012, p. 128). Par conséquent, le fait que les ions calcium initient des réactions enzymatiques pour former en particulier la calmoduline, permet de laisser passer l'activité synaptique dans un autre neurone.

Nous pouvons regarder comment évoluent les dendrites avant et après l'apprentissage, notamment grâce au mécanisme de la LTP activé par une nouvelle information. Les parois des dendrites sont remplies de plusieurs petites épines dendritiques qui se sont multipliées comme des « racines d'une plante envahissant tout un pot » (Lieury, 2012, p. 130), afin de réaliser d'autres connexions synaptiques avec d'autres neurones et ainsi agrandir le système neuronal.

II. Processus de mémorisation

II.1. Encodage de l'information

L'encodage en mémoire d'une information est la première étape dans le processus de mémorisation. L'hippocampe, contenu dans le système limbique, va envoyer cette information dans une des zones spécia-

lisées du cerveau qui ont été créées par plusieurs neurones à partir de la trace mnésique laissée lors de la mémorisation. **Ce chemin est évidemment plus simple à trouver et à utiliser s'il est utilisé plusieurs fois dans notre vie et également si la clé d'activation ou les indices permettant d'activer telle ou telle zone est précise et claire.**

Abgrall introduit l'image d'un itinéraire où les indices qui permettent d'activer les traces mnésiques sont des bâtiments qui agissent comme des rappels comme une église ou une pharmacie. Il a continué en précisant que si « un accident, une panne de voiture viennent marquer ce souvenir, cette étape sera inoubliable, car l'émotion aura été forte, donc les neurones auront été puissamment électrisés » (2012, p. 43). On retrouve donc le **côté émotionnel de l'individu** à l'instant de la prise d'information dans le processus d'encodage.

Si on reprend ces données pour l'éducation, on voit que **la motivation et l'émotion de l'élève joue un rôle important dans la mémorisation du cours** (Wibaut, 2019, p. 32-33). Un élève peu investi dans l'échange et dans le dialogue lors du cours, va avoir beaucoup de difficultés à mémoriser les notions importantes. Certaines choses du quotidien sont plus simples à mémoriser que d'autres, car elles arrivent fréquemment : le prénom des membres de sa famille, le prénom de ses amis et camarades de classe, alors que la liste de verbes irréguliers, les lois de Kepler et de Newton sont, quant à elles, très difficiles pour les élèves à mémoriser par manque d'investissement et de motivation dans la matière.

Concernant l'encodage des informations en MLT, Abgrall parle de représentations qui se définissent comme « l'ensemble des connexions liées à une donnée » (2012). Ainsi, **chaque nouvelle information doit avoir un sens pour l'apprenant (rôle sémantique) pour pouvoir être encodée en MLT. Le but du jeu est donc de faire des liens entre celles apprises et les anciennes pour que cette nouvelle donnée puisse se trouver une place dans cette mise en mémoire.** On ne cherche pas à mélanger des informations ensemble sinon on perdrait en efficacité, mais on souhaite **consolider la trace mnésique en la complétant avec d'autres informations.**

II.2. Stockage de l'information

Après l'encodage d'une information en mémoire, elle doit être stockée. Comme expliqué précédemment, il n'existe pas de zone physique à proprement parler pour le stockage en mémoire, il s'agit d'un stockage particulier, car ce sont les traces mnésiques donc les circuits créés par une suite de neurones qui permettront de revenir à l'information encodée. Cependant, des recherches ont été faites et on sait que certains lobes du cerveau sont responsables d'un de nos quatre sens et à d'autres fonctions :

- Lobe préfrontal : Lié à l'odorat (goût, odeur, senteur. .).
- Lobe pariétal : Lié à la lecture et du repérage dans l'espace.
- Lobe occipital : Lié à la vision.
- Lobe temporal : Lié à l'audition et aux émotions.

Toutes ces zones sont connectées à l'hippocampe qui va donc créer des souvenirs en les reliant entre eux par des traces mnésiques. Ainsi, si on fait varier le nombre d'éléments (auditif, visuel, écriture. .) plusieurs traces mnésiques vont être activées et le souvenir reviendra facilement : un élève devra donc procéder de cette manière pour mieux mémoriser. Il devra faire appel à une mémoire sensorielle (liée aux cinq sens) pour réussir naturellement à retrouver telle ou telle information.

Pour garder ces informations encodées dans notre mémoire plus longtemps, deux techniques sont possibles pour les stocker en MLT : **l'autorépétition de maintien où l'élève va répéter plusieurs fois l'information pour consolider la trace mnésique et l'autorépétition d'intégration où le but est de créer des liens entre les nouvelles informations et les anciennes pour donner plus d'indices pour obtenir le ou les informations**

souhaitées. Cette stratégie d'intégration fait écho aux **préconceptions** présentes en physique-chimie, qu'on tentera de déconstruire lors du processus de mémorisation.

II.3. Consolidation de l'information

Steve Masson, professeur à l'Université du Québec à Montréal, compare notre cerveau « à une forêt » (Masson, 2020) (voir Figure 1.II). Lorsque nous apprenons, on crée de nouvelles connexions neuronales, donc on crée de nouveaux sentiers (chemin (a)) qui seront faciles à emprunter, car le promeneur va pousser les branches et piétiner les herbes. À l'inverse, si l'individu arrête d'utiliser la même trace mnésique, alors celle-ci ne sera plus efficace et les connexions entre les synapses seront moins fortes (chemin (b)) : « si l'apprenant cesse d'emprunter le sentier créé, lentement, les herbes, les arbustes et les arbres y reprennent leur place. Le sentier s'efface progressivement et il redevient difficile de passer du point A au point B » (Masson, 2020).



FIGURE 1.II – Notre cerveau agit comme une forêt

Derrière cette image, on cherche à montrer qu'à force d'utiliser le même chemin, on arrive plus facilement à circuler. Si on revient sur le processus de mémorisation, on aura plus de facilité à récupérer l'information qui a été mise en mémoire. Ceci permet donc d'expliquer ce qu'est **l'automatisation** d'un point de vue pédagogique, c'est-à-dire, réaliser plusieurs tâches sans pour autant mettre beaucoup d'énergie afin d'utiliser le moins de ressources possible pour l'accomplir.

Pour arriver à ce stade, l'apprenant devra donc revenir plusieurs fois sur les notions pour consolider sa mémoire, sinon il va oublier certaines notions et ses sentiers vont devenir impraticables. Guedin propose de réaliser une méthode de « répétition sous formes actives : c'est le *testing effect* » (2020, p. 112) car réviser son cours en le surlignant et en le relisant est quelque chose de nécessaire, mais pas forcément suffisant. Il faut donc procéder de manière plus active : il faut **questionner les élèves pour qu'ils réfléchissent et donc qu'ils activent des zones neuronales afin d'en consolider certaines ou de faire de nouvelles connexions.**

III. Les différents types de mémoire

III.1. Mémoire sensorielle (perceptive)

La mémoire sensorielle est liée à nos cinq sens. Toutes les informations mises en mémoire sont de nature visuelle, auditive ou olfactive, mais ces données sont disponibles qu'à très court terme, en un petit laps de temps quelque chose d'autre peut attirer l'attention. Cependant, cette mémoire possède une grande capacité (item) pour retenir l'information, mais les éléments présents en mémoire sensorielle vont vite être oubliés.

La mémoire sensorielle constitue le « premier palier de la mémoire » (Huffman et al., 2009, p. 267) car tout le processus de mémorisation commence par ce type de mémoire, qui travaillera par la suite avec la

mémoire à court et à long terme : on parle de **fonctionnement dynamique de la mémoire**. Karen Huffman et ses collaborateurs ont schématisé ces trois mémoires sous forme de différentes boîtes qui constituent les différents paliers de la mémoire :

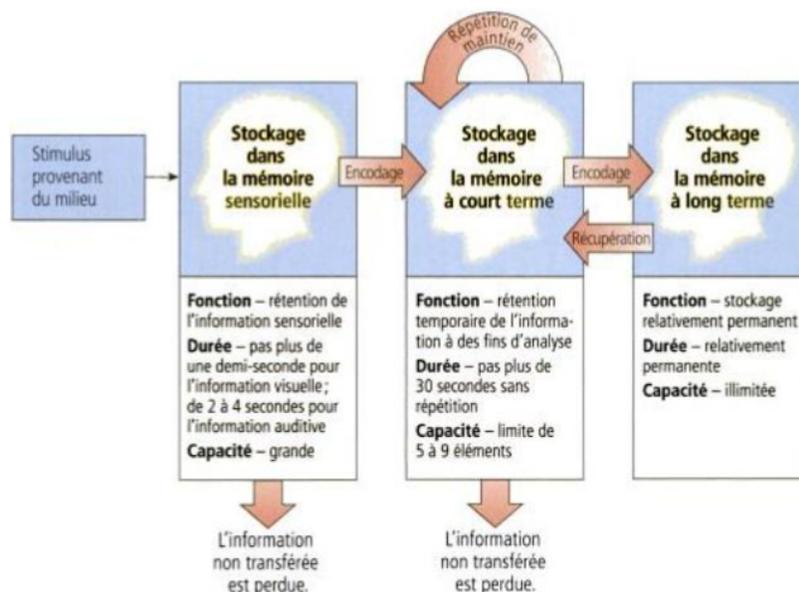


FIGURE 1.III.1 – Les trois paliers de la mémoire (Huffman et al., 2009, p. 267)

Bien que les informations soient rapidement perdues dans la mémoire sensorielle et à court terme, celles présentes en mémoire à long terme vont être gardées des mois voire des années plus tard. Grâce aux indices de récupérations, nous pourrions avoir accès à ces éléments : c'est le principe de la **récupération**, donc de la « réactivation de l'information stockée en mémoire » (Huffman et al., 2009, p. 265).

Au cours de son développement, l'enfant apprend de nouvelles choses et cela se passe consciemment ou inconsciemment par les cinq sens afin que des nouvelles connexions se fassent entre ses neurones et les différentes zones du cerveau.

III.2. Mémoire à court terme

La mémoire à court terme (MCT) est une « mémoire tampon » (Abgrall, 2012, p. 46) car elle permet de réaliser que des tâches cognitives comme la compréhension ou le raisonnement. Elle a une capacité de stockage limitée, les informations en MCT ne sont donc que temporaires (une vingtaine de secondes). Cette mémoire ne permet pas d'utiliser beaucoup de données à la fois, elle permet juste de manipuler les informations encodées en MCT. Miller dans son « modèle de 7 chunks » (Gupta & Sharman, 2009) nous dit que le nombre d'objets contenus dans la MCT ne pouvait pas dépasser 7 ± 2 éléments. En 2001, Cowan indiquera qu'en fin de compte qu'il « ne s'agirait plus de 7 items en MCT, mais de 4 items » (Guida et al., 2009, p. 87).

On sait que l'oubli est très rapide dans le cas de la MCT, mais nous verrons dans le chapitre 2 (avec la « théorie du déclin » (Abgrall, 2012)) et notamment à partir de la courbe de l'oubli d'Ebbinghaus que la **répétition est un moyen permettant de ne pas oublier**. Cependant, en 1996, Anderson introduit le terme de tronçon pour compléter le *chunk* de Miller. Il se définit comme une « unité significative d'information » (Gerrig et al., 2013, p. 71) qui peut être composée d'un nombre, d'un chiffre, d'un mot ou d'une phrase entière.

Pour éviter l'oubli en MCT ou une surcharge de données en mémoire, une idée a été proposée : la technique du « **tronçonnage (*chunking*)** » (Gerrig et al., 2013) où le but est de créer des liens (ou des associations) entre les différents items. Gerrig et ses collaborateurs décrivent dans leur livre un exemple de tronçonnage : « Voyons combien de tronçons vous trouvez dans cette séquence de 20 chiffres : 19451870191419391918. Vous pouvez répondre « 20 » si vous voyez la séquence comme une liste de chiffres sans relation, ou « 5 » si vous découpez la séquence en dates correspondant aux grandes guerres de l'histoire de France. » (2013, p. 172). Donc le fait de chercher à combiner des items ensemble permet de ne pas surcharger la MCT et on retrouve cette même technique pour la mémorisation des numéros de téléphone : au lieu de connaître et dénombrer chaque chiffre 0744xxxx32 on tronçonne notre numéro en plusieurs dizaines donc quarante-quatre, trente-deux donc au lieu d'avoir 10 items en MCT, on se restreint à seulement 5 éléments. En utilisant cette technique pour la mémorisation du code de la carte bleue, on cherchera à faire une association soit de nombres ou d'année.

III.3. Mémoire à long terme

La MLT, à l'inverse de la MCT, est une prise d'information qui n'a pas de limite de temps même s'il arrive qu'on oublie certaines informations. À proprement parler, on ne perd pas une information encodée ou mémorisée, on a juste oublié la trace mnésique qui permet d'aller jusqu'au souvenir, car on ne l'a pas assez consolidée.

Cette mémoire peut durer des années, puisque les informations issues de la MLT sont de nature sémantique, on se base donc sur du concret : l'information a du sens dans les yeux de la personne. De plus, la MLT se divise en deux parties : une mémoire implicite qui fait référence aux savoir-faire et la mémoire déclarative qui est liée aux souvenirs.

Mémoire implicite (procédurale)

La mémoire implicite est liée aux compétences motrices et aux habitudes gestuelles, c'est notamment cette mémoire qui permet d'expliquer pourquoi on n'oublie pas comment faire du vélo ou comment conduire une voiture par exemple. On comprend directement que c'est une mémoire qui stocke des informations (ici des habilités gestuelles) durant plusieurs années même si elles sont utilisées que très rarement.

Cette mémoire peut nous faire penser à la mémoire de conditionnement de Pavlov, travaux de la fin du 19ème siècle, qui pensait qu'il y avait une cause à effet entre le stimulus inconditionnel et la réponse du système. Une quarantaine d'années plus tard, Skinner ajouta autre chose : « les réactions du système nerveux autonome relèveraient du conditionnement pavlovien, tandis que les systèmes squelettiques et moteurs concerneraient le conditionnement opérant » (Seron et al., 1977, p. 22). Ainsi à un stimulus donné, le système réagit et va mettre en mouvement le corps de l'individu en réponse à ce stimulus (opérant).

Par conséquent, on doit créer des **habitudes de travail** avec nos élèves afin d'éviter que le travail ne devienne une contrainte subite et obligatoire. Sinon les apprenants ne seront pas motivés, et de ce fait le processus de mémorisation ne sera pas optimal. À force de réaliser les mêmes tâches comme un rituel, le corps ne dépensera pas la même énergie, donc les efforts fournis pour réaliser ces tâches seront de moins en moins grands et *a fortiori* de plus en plus simple.

Mémoire explicite (déclarative)

La mémoire explicite permet de se souvenir des événements qu'on a pu vivre au cours de notre vie ainsi que de leur contexte (date, lieu, personne avec qui on était...). C'est donc une mémoire très importante, car elle est présente dans l'encodage, dans le stockage et dans la récupération des informations. Dans ce cas, on parle de **mémoire épisodique**, où l'indice pour activer une trace mnésique serait une photo, le fait

de passer devant la zone de l'épisode enregistré dans la mémoire, le rappel du contexte. . .

Cette mémoire est très puissante, car tout le monde la possède sans pour autant la travailler très longuement. Comme précisé dans l'introduction, **on peut entendre plusieurs fois des élèves nous dire qu'ils n'ont pas de mémoire. Grâce à cette mémoire épisodique, on peut leur prouver facilement le contraire. Aussi, c'est une mémoire propre à eux, car ce sont les apprenants qui vont choisir leur propre indice en quelque sorte. On se base sur les émotions des élèves et donc sur l'affectif. Par conséquent, l'encodage et la mémorisation se feront plus simplement et seront plus profonds, parce que l'apprenant sera motivé et intéressé par le sujet.**

De plus, cette mémoire épisodique permet de faire **plusieurs associations** en fonction des différents moments passés dans la journée. Cette mémoire peut expliquer l'utilisation des **moyens mnémotechniques**. Par exemple, pour retenir facilement qu'un ion négatif se nomme « anion » et non un cation qui est pour un ion positif, on peut retenir qu'on a la présence du « n » dans négatif et anion. Cependant, cette mémoire se base sur des épisodes dans la vie de l'individu, or, avec le temps, il est possible que les souvenirs puissent se déformer (on peut parler de « déformation dans le temps » (Guedin, 2020, p. 109)) si on n'active pas fréquemment la trace mnésique liée à ce souvenir.

La mémoire explicite fait référence à des informations qui ont du sens. On parle de **mémoire sémantique qui formera d'autres connexions avec d'autres neurones ce qui renforcera la trace mnésique**. En conséquence, l'information encodée durera plus longtemps dans le temps. **La mémorisation sera plus simple pour les élèves si les activités proposées ont un sens pour eux**. Ils n'apprennent pas ce qu'est un ester juste parce que le bulletin officiel le demande, mais on peut compléter cette notion par le fait que cette famille chimique est responsable des odeurs fruitées (banane, pomme...) et ainsi parler des arômes de synthèse dans les yaourts par exemple.

III.4. Mémoire de travail

Fonctions exécutives

La mémoire de travail (MT) permet de classer les informations utiles qui sont encodées en mémoire pour réaliser la tâche proposée. Elle diffère un peu de la MCT, car la MT doit réaliser plus de tâches cognitives. Cette mémoire fait appel aux fonctions exécutives et à l'apprentissage de l'apprenant à partir des diverses activités données en classe. Ainsi, en cours l'élève doit comprendre la consigne, activer la trace mnésique propice pour répondre au problème, écrire la réponse, tout en écoutant le professeur qui peut lui prodiguer des conseils ou d'autres consignes.

Grâce aux avancées de l'imagerie par résonance magnétique (IRM) dans le domaine médical, on a pu savoir quelle zone du cerveau est activée lors des activités. Le développement de la MT permet une augmentation de l'activité des « régions frontales qui sont plus efficaces pour traiter les informations complexes » (Houdé & Borst, 2018, p. 169). En stimulant de plus en plus cette région, on aura des **connexions qui se feront entre les différentes zones du cerveau et l'activité va paraître de plus en plus simple. Le cerveau s'est entraîné à résoudre ces tâches complexes et ceci dégagera de la place pour la mise en mémoire d'autres informations dans les autres zones du cerveau.**

De plus, **si l'information est directement liée à une autre qui est déjà encodée en MLT alors des associations peuvent se faire, ce qui consolidera la trace mnésique. Par conséquent, la reprise des informations sera plus simple et rapide : ainsi les connexions entre les neurones se développent, car l'information prend plus de sens.**

Modèle de la mémoire de travail selon Baddeley

Alan Baddeley, psychologue britannique, a développé un modèle expliquant le fonctionnement de la MT (A. D. Baddeley & Hollard, 1993). Elle serait composée d'un système de décision : l'administrateur central (*central executive*), et de deux systèmes esclaves : la boucle phonologique (*phonological loop*) et le calepin visuo-spatial (*visuospatial sketchpad*). Cette mémoire permet toujours la résolution de tâches complexes comme les résolutions de problèmes et l'acquisition de nouvelles connaissances.

En 2000, Baddeley modifia son modèle en y ajoutant la « mémoire tampon (*buffer*), qui stocke temporairement les informations » (Rossi, 2005). Dans son modèle, Baddeley indique que la MCT est remplacée uniquement par la MT, car avec le *buffer*, la mémoire épisodique permet de garder plus longtemps les informations contextualisées en mémoire de manière temporaire pour réaliser la tâche qui est demandée.

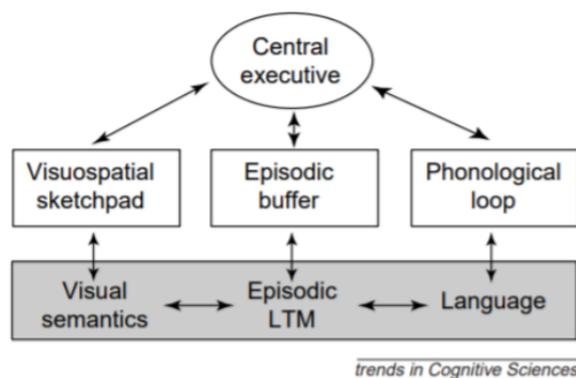


FIGURE 1.III.2 – Représentation de la mémoire de travail selon Baddeley (A. Baddeley, 2000, p. 421) avec un système de décision et des systèmes esclaves

Les zones qui sont grisées représentent des « systèmes cognitifs « cristallisés » capables d'accumuler des connaissances à long terme » (A. Baddeley, 2000, p. 421), et les zones blanches désignent « les capacités « fluides » (telles que l'attention et le stockage temporaire), elles-mêmes inchangées par l'apprentissage » (2000, p. 421). Pour une stimulation sensorielle donnée lors d'une prise d'une information, trois systèmes peuvent s'activer :

- Boucle phonologique (articulatoire) qui est composée de deux unités (sous-systèmes) : l'une permettant le traitement phonologique, soit des « informations provenant du langage » (A. D. Baddeley & Hollard, 1993) comme des « images phonologiques stockées en mémoire » (Rossi, 2005). Cependant, ce stockage ne se fera que temporairement et de manière verbale à cause d'une stimulation auditive ou lors d'un dialogue oral et d'une autre unité permettant le contrôle articulatoire, c'est-à-dire, de réaliser une autorépétition pour rafraîchir les informations encodées en MT.
- Le calepin visuo-spatial (CVS) est aussi composé de deux sous-systèmes : l'un pour le traitement visuel et l'autre pour celui spatial. Ainsi, pour une image mentale, on a deux composantes différentes : l'une consacrée juste au visuel de l'image et l'autre pour le spatial (localisation dans l'espace). Ces deux composantes du CVS ont été vérifiées par plusieurs chercheurs qui ont utilisé le « paradigme de la double tâche » (Rossi, 2005) qui provient de l'hypothèse où **si deux tâches sont réalisées simultanément, elles peuvent interférer entre elles**. On constate l'importance des tâches principales et secondaires, donc pour une composante du CVS d'origine visuelle, une tâche secondaire qui sera aussi visuelle va perturber le fonctionnement et l'intégration de l'information en mémoire.
- L'administrateur central agit comme un système de décision qui contrôle les deux systèmes esclaves qui sont la boucle phonologique et la CVS. C'est grâce à ce système que les informations pertinentes à la tâche proposée seront choisies, et traitées pour la réalisation finale de la tâche. L'administrateur central remplit quatre fonctions principales dans le modèle de Baddeley (1993) : la coordination

des différentes tâches concernant aussi bien « la suite des opérations nécessaires à la réalisation d'une tâche que la gestion de deux tâches simultanées » (Rossi, 2005) pour éviter tout effet d'interférence possible, mais aussi pour éviter que l'apprenant ne décroche du cours et soit moins motivé ; rupture des automatismes pour éviter que deux informations issues d'un même champ sémantique ne rentrent en interférence, ce qui aurait comme conséquence de donner une réponse non efficace à la tâche proposée ; sélectionner les informations en fonction de l'indice permettant d'activer la trace mnésique, c'est l'administrateur central qui va faire un tri entre les différents souvenirs (« sélection des connaissances stockées en mémoire » (Rossi, 2005)) pour choisir ceux qui sont utiles pour réaliser la tâche et ne pas prendre en compte ceux qui ne sont pas intéressants à sa réalisation ; manipulation des connaissances stockées en MLT en activant ou non celles utiles pour réaliser la tâche en le maintenant en mémoire pour empêcher leur oubli.

- La mémoire tampon épisodique (*episodic buffer*) a été introduite en 2000 par Baddeley pour compléter son modèle. Au même titre que les deux précédents systèmes, elle est contrôlée par l'administrateur central, elle fournit donc une interface supplémentaire entre les deux systèmes esclaves. Ainsi, cette mémoire permet de stocker toutes les informations utiles à la réalisation de la tâche demandée, elle possède des caractéristiques semblables à la MCT, car elle peut **organiser les différents éléments nécessaires (*chunks*) pour la résolution du problème en utilisant les informations stockées en mémoire**. On parle de *buffer* épisodique, ainsi les souvenirs seront contextualisés et les informations seront gardées plus longtemps en mémoire, à l'inverse de la MCT. De cette manière, Baddeley a pu ne pas intégrer la MCT dans son modèle de la MT qui est remplacée par la mémoire tampon épisodique.

Rossi a repris le schéma de Baddeley (Figure 1.III.2) en y ajoutant les différents sous-systèmes que composent les systèmes esclaves :

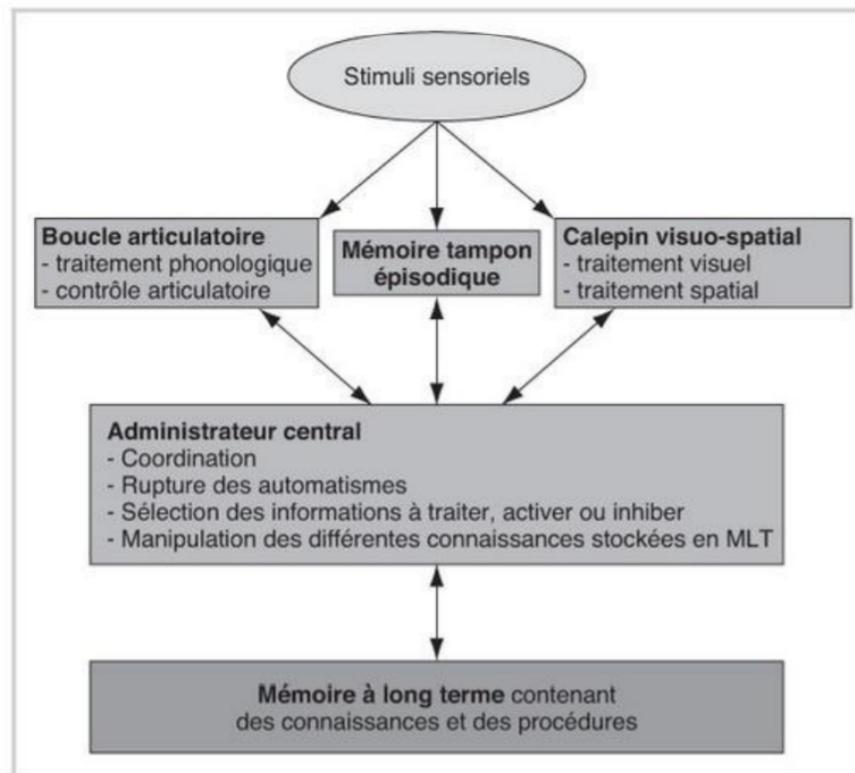


FIGURE 1.III.3 – Représentation de l'organisation des différentes unités de la mémoire de travail (Rossi, 2005)

Selon la nature de la tâche proposée à l'apprenant et ses connaissances apprises, l'information provoquée par une stimulation sensorielle sera traitée soit par un des deux systèmes esclaves qui sont la boucle phonologique et le CVS, soit par les deux. L'administrateur central est celui qui commande les différents sous-systèmes et sélectionne les informations qui doivent être traitées, activées ou inhibées. Les informations jugées nécessaires à la réalisation de la tâche seront provisoirement maintenues dans la mémoire tampon épisodique. Rossi conclut cette idée en ajoutant que finalement « l'administrateur central remplit une fonction d'interface entre l'information perçue et les différentes connaissances stockées en mémoire » (2005).

III.5. Fonctionnement de la mémoire

Fonctionnement dynamique de la mémoire

Durant cette partie, nous avons opposé deux types de mémoire : la MCT qui possède une capacité qui est limitée (théorie des 7 *chunks* de Miller) avec un oubli qui sera très rapide, et la MLT qui posséderait une capacité illimitée avec un oubli faible dans le temps. Suite à un processus de mémorisation complet, tous les éléments ont été stockés en mémoire à long terme et pour s'en souvenir, il faut utiliser un indice de récupération. En conséquence, des mots mémorisés en MCT sont récupérés en MLT. Le **fonctionnement de la mémoire est donc dynamique**, car on a des « échanges dynamiques (va et vient) entre la mémoire à court terme et la mémoire à long terme » (Toupiol, 2011, p. 16). La Figure 1.III.5 donne une explication à ce fonctionnement dynamique de la mémoire :

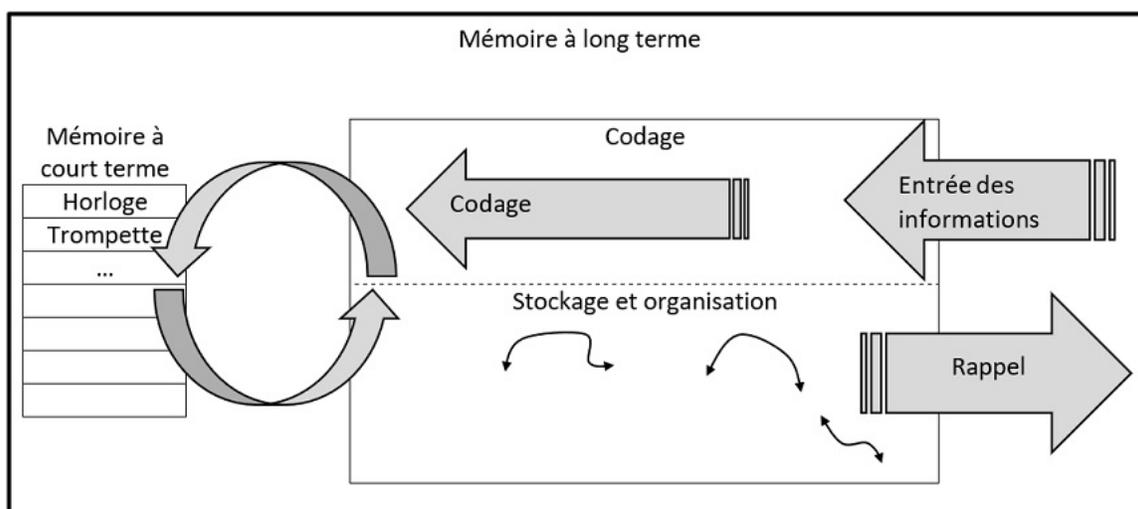


FIGURE 1.III.4 – « Le fonctionnement dynamique de la mémoire est basé sur des échanges entre mémoire à court terme et mémoire à long terme » (Toupiol, 2011, p. 17)

Les informations présentes en MCT permettent de faire une synthèse dans le but de réaliser une tâche ou pour la mise en mémoire en MLT. C'est ce qui permet d'expliquer l'utilité des rappels qui vont activer les traces mnésiques et débloquent le souvenir en MLT et cette information sera présente en MCT et ainsi de suite. Ce fonctionnement dynamique entre la MLT et la MCT fait écho au modèle des différents piliers de la mémoire (Figure 1.III.1).

Vers un modèle unifié : le modèle MNESIS

Francis Eustache et Béatrice Desgranges, deux neuropsychologues français, ont proposé un modèle permettant d'expliquer le fonctionnement de la mémoire en se basant sur cinq mémoires : mémoire des savoirs (MLT) avec trois de ses composantes, la mémoire perceptive, la mémoire sémantique et la mémoire

épisode (on retrouve aussi le modèle de Baddeley (1993) sur la MT) et comme dernière mémoire, la mémoire procédurale soit la mémoire des savoir-faire. En 2003, ces neuropsychologues ont proposé ce modèle appelé MNESIS pour Memory neostructural Inter-Systemic (néo-structural inter-systémique de la mémoire humaine) et le modèle est donné ci-dessous :

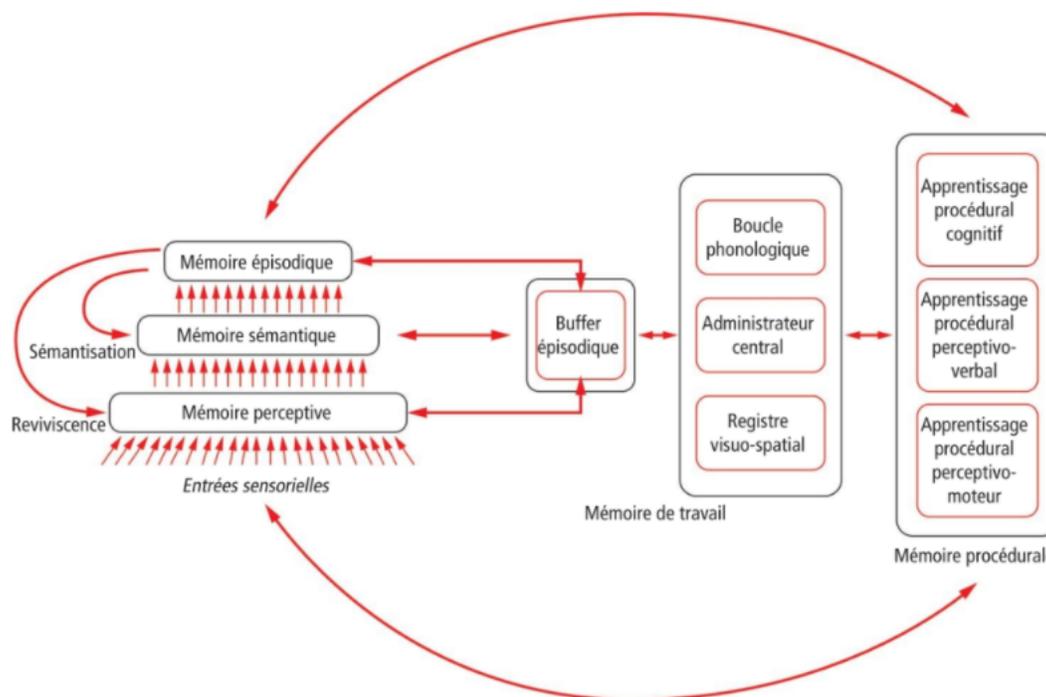


FIGURE 1.III.5 – Modèle MNESIS proposé par Eustache et Desgranges (Khamassi, 2021, p. 63)

Ce modèle structure le fonctionnement de notre mémoire en différents systèmes et sous-systèmes. Il associe différents modèles celui de Baddeley et celui de gauche, qu'on identifie à la structure hiérarchique SPI (sériel parallèle indépendant) de Tulving (1995), mais dans le modèle MNESIS, on se restreint à trois mémoires parmi les cinq de Tulving (les deux autres étant expliqués plus concrètement). Celles-ci sont liées ensemble par deux flèches rétroactives : l'une partant de la mémoire épisodique allant jusqu'à la mémoire sémantique, les souvenirs épisodiques qui se trouvent en mémoire épisodique prennent du sens en perdant leurs éléments de contextualisation donc ces souvenirs se sémantiseront pour se stocker en mémoire sémantique (processus de sémantisation) ; l'autre flèche est le processus de reviviscence qui est indispensable pour la consolidation de la trace mnésique, qui a lieu lors du sommeil avec les rêves ou lors de la « réévoation (spontanée ou induite par des discussions, des indices) de la scène initiale émaillée de détails sensoriels » (Desgranges & Eustache, 2011).

Au milieu du modèle MNESIS, nous retrouvons la MT avec le modèle de Baddeley de 1975. Cependant la mémoire tampon épisodique (*episodic buffer*) joue un rôle plus important dans le modèle MNESIS, car elle n'est plus considérée comme un simple système esclave, mais comme un système de liaison au modèle de Tulving simplifié et les trois composantes de la MT de Baddeley. On constate que le *buffer* joue toujours le même rôle, celui d'intégrer et stocker des informations. En fin de compte, la partie de gauche représentant le modèle de Tulving simplifié constituerait la MLT décrit par Baddeley dans son modèle de la MT, mais ici, on l'explique un peu plus clairement.

Tout à droite du modèle MNESIS, nous retrouvons la mémoire procédurale qui se sépare de la mémoire déclarative. Dans le modèle proposé par Eustache et Desgranges, trois composantes constituent cette mémoire procédurale : apprentissage procédural cognitif, perceptivo-verbal et perceptivo-moteur. Nos gestes

réalisés pour une tâche proviennent d'une de ses composantes, même si elles sont séparées « par les neuropsychologues [...] ces frontières restent floues » (Dortier, 2014).

En somme, le modèle MNESIS est un modèle amélioré de celui de Baddeley en proposant une explication à la MLT présente dans son modèle de la MT, en le complétant par le modèle simplifié de Tulving. Lors d'une prise d'information, le cerveau enregistre la stimulation sensorielle et une série de mémoires s'active en fonction de l'information obtenue et il y a un fonctionnement dynamique, de va-et-vient, entre les différentes mémoires mises en jeu. Ce modèle MNESIS permet donc d'expliquer comment le cerveau de nos élèves fonctionne lorsqu'on leur propose de réaliser une tâche complexe. Grâce à l'amélioration des modèles antérieurs (MCT, MLT), celui proposé par Eustache et Desgranges semble être le plus propice à l'enseignement, car il complète les modèles passés en les combinant (Tulving + Baddeley) et en les corrigeant (l'*episodic buffer* n'est plus un simple système esclave, mais un système de liaison).

Chapitre 2 : Les limites de la mémoire

En manque d'indices et de rappels, certaines traces mnésiques sont très peu utilisées, si bien que les récupérations des données encodées sont très difficiles à se souvenir. Il faut prendre conscience de certains problèmes de la mémorisation avant de proposer à nos élèves une séquence pédagogique propice à la mémorisation. Nous verrons notamment le rôle de l'oubli, du sommeil et de la motivation des apprenants sur la mémorisation et nous parlerons de la surcharge en mémoire.

I. L'oubli

Abgrall présente dans son livre (2012, p. 44-46), quatre théories permettant d'expliquer pourquoi dans certains cas, nous n'arrivons plus à nous souvenir d'une information (du chemin pris par l'information pendant sa mise en mémoire) alors que le processus de mémorisation était finalement terminé.

I.1. Théorie du déclin de la rétention en mémoire

Dans le premier chapitre, nous avons vu qu'il était simple de stocker et d'encoder des informations grâce notamment à la trace mnésique. Cependant, **au fil du temps, il se peut que les circuits de la mémoire se détériorent par un manque de rappels et d'indices menant à utiliser ce parcours. C'est pourquoi le manque d'exercices ou même de souvenirs, et l'absence de rappels viennent à affaiblir les connexions synaptiques entre les différents neurones.** L'élève, qui ne fait pas assez travailler sa mémoire, aura donc des difficultés à agrandir et à modifier son circuit de mémoire en proposant d'autres traces mnésiques. En fin de compte, il n'arrivera pas à retenir le cours qui lui est proposé.

En 1885, le psychologue et philosophe allemand Hermann Ebbinghaus a proposé sa courbe de l'oubli (Figure 2.I) qui montre que le déclin de la rétention en mémoire respecte une loi exponentielle au cours du temps :

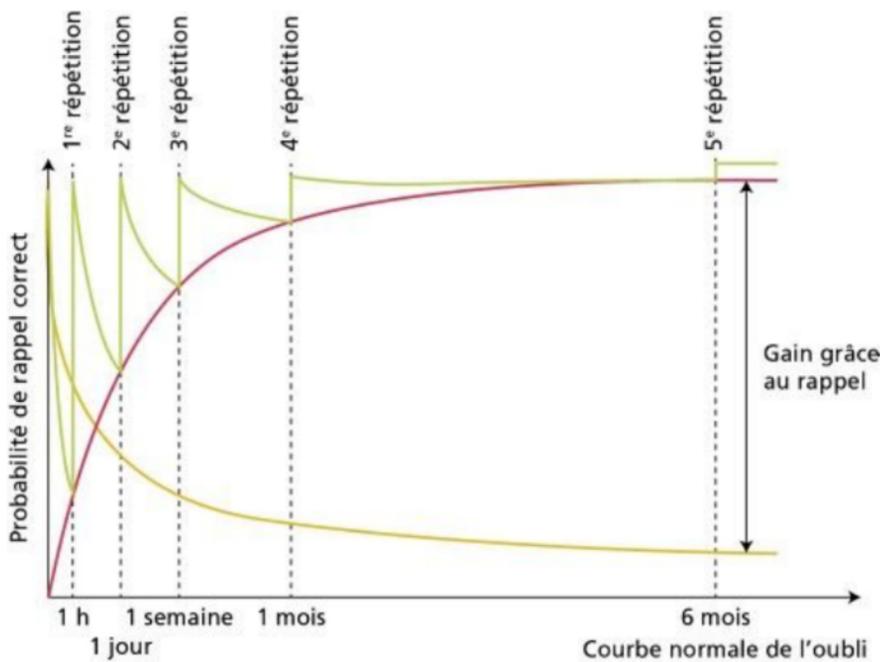


FIGURE 2.I – Courbe de l'oubli d'Hermann Ebbinghaus (Gabriel, 2018, Chapitre 3)

Cette courbe de l'oubli nous indique que pour limiter l'oubli, il faut qu'on **apprenne continuellement dans le temps**. Il ne faut pas laisser trop de temps entre l'acquisition d'une nouvelle connaissance et sa révision pour espérer la retenir. Il est donc important de revoir son cours afin de réactiver les apprentissages. **Elles doivent être espacées sur différentes périodes intercalées de périodes de pause** afin d'avoir une meilleure rétention en mémoire jusqu'à augmenter progressivement le temps des répétitions.

En pratique, nous pouvons créer des **quiz sur Internet** pour faire réviser nos élèves et leur permettre de refaire la même activité autant de fois qu'ils le souhaitent. De même, les apprenants peuvent réaliser des **cartes mentales ou des fiches de révisions pour synthétiser et réactiver des indices permettant de consolider certaines traces mnésiques afin de faciliter la récupération des informations en mémoire**.

I.2. Théorie de l'oubli motivé

Dans certains cas, les informations sensorielles se font inconsciemment. On peut se souvenir de choses qui ne nous paraissaient pas importantes. De même, il peut nous arriver d'oublier certains souvenirs, car ils nous font trop de mal ou ils nous font rappeler un événement angoissant ou douloureux. Cet oubli se fait volontairement ou non, mais avec une finalité de nous protéger. On parle de souvenir refoulé ou dans notre cas, de mémoire traumatique refoulée.

Cette théorie est née en 1896 avec l'essai de Sigmund Freud sur des souvenirs refoulés ayant provoqué des symptômes à une patiente qui souffrait d'une paralysie. Si on revient dans le domaine de l'éducation, certains peuvent oublier des choses ou faire un blocage dans la mémorisation en cas de peur de l'humiliation ou de moquerie ou concernant la peur de l'échec.

I.3. Théorie de l'entrave

Dans le processus de mémorisation, nous avons l'hippocampe qui joue un rôle d'indexeur de la mémoire. En fonction des indices ou rappels, il va activer certaines zones du cerveau avec les traces mnésiques.

Cependant, dans le cas où l'encodage ne serait pas suffisant, c'est-à-dire, s'il manque encore quelques points de repère, qu'on peut appeler des **zones d'ombre**, on rencontrera certaines difficultés à obtenir de nouveau l'information souhaitée même si le « hasard permet aux indices de redonner un sens au souvenir » (Abgrall, 2012, p. 45). On a toujours accès à l'information qui est encodée en mémoire, c'est juste le chemin (ou la trace mnésique) pour y parvenir qui doit être complété à partir des autres neurones pour avoir une trace mnésique convenable pour le retour de l'information.

I.4. Théorie de l'interférence

Une interférence est présente lorsqu'une « donnée est oubliée parce que l'autre empêche sa récupération » (Abgrall, 2012, p. 45). Cette théorie permet d'expliquer pourquoi **une erreur profondément fondée dans la conscience de l'élève est très difficile à enlever**. Elle permet d'expliquer la **présence des préconceptions fortement consolidées et présentes dans le cerveau de nos élèves**.

En effet, un indice active la trace mnésique la plus fréquemment utilisée ou le chemin le plus facile à emprunter, comme en électricité, les électrons préféreront passer dans un fil électrique qui est moins résistant qu'un dipôle ce qui explique un court-circuit. Dans son processus d'apprentissage, **l'apprenant accède à de nouveaux savoirs qu'il essaie de retenir dans sa mémoire en consolidant ses traces mnésiques, ou en ajoutant un nouveau chemin possible en créant de nouvelles connexions avec les neurones**.

Le problème vient quand un souvenir nouveau rentre en concurrence avec un souvenir ancien. Ce dernier va rester plus longtemps en mémoire, mettant en défaut toute correction possible, car « il ne s'intègre

pas au schéma existant » (Abgrall, 2012, p. 45) ce qui est une marque de difficulté pour corriger une erreur et mémoriser la bonne façon de faire.

Pour limiter ce problème, il faut que **l'erreur soit découverte par l'élève de manière étonnante** pour que la prise d'information sensorielle soit importante pour que le neurone soit suffisamment électrisé afin qu'il laisse une certaine empreinte dans la trace mnésique. L'enseignant devra donc **faire tomber les élèves dans le piège** pour qu'ils découvrent par eux-mêmes l'erreur. La stratégie de faire tomber l'élève dans l'erreur de leur préconception mène à la **déstabilisation de ces préconceptions**.

II. L'élève dans les apprentissages

II.1. Le rôle du sommeil sur la mémoire

Nous avons donné quelques exemples de stratégies d'apprentissage sur la mémoire notamment pour éviter l'oubli. Nous avons énoncé des techniques comme la répétition pour la consolidation en mémoire. Une autre stratégie peut être utilisée et elle est très facile à mettre en œuvre : le sommeil.

Que ce soit pendant la phase de sommeil lent ou paradoxal, son rôle dans la consolidation de la trace mnésique est important. Lors du sommeil lent, le « rappel des tâches déclaratives (paires de mots, navigation visuo-spatiale) est amélioré » (Croisile, 2008, p. 131). Les associations seront réalisées durant cette période, les informations seront triées et la trace mnésique sera plus forte. Le sommeil paradoxal qui fait suite au sommeil lent, « consoliderait davantage la mémoire implicite procédurale que la mémoire explicite déclarative » (Croisile, 2008, p. 131).

Le sommeil joue donc un rôle primordial pour la consolidation des informations en mémoire. Les deux phases sont très importantes, mais chaque phase du sommeil correspond à une mémoire de la MLT précise. Il ne faut de ce fait pas négliger les périodes de sommeil pour un élève en plein apprentissage en même temps de séparer convenablement les différentes séances d'enseignement. En tant que professeur, le sommeil est un paramètre dont on n'a pas le contrôle : il est propre à l'élève, en conséquence, la conception de la séquence pédagogique ne sera pas centrée sur le sommeil.

II.2. L'impact de la motivation de l'élève sur la mémoire à court et à long terme

Dans leur livre, Fenouillet et Tomeh (1998) indiquent qu'il existe deux actions sur la MCT produites à partir de la motivation des élèves. La première dépend de **l'affectif que l'élève a avec l'information** : plus elle a du **sens pour l'apprenant, plus le flux énergétique qui passera dans les neurones sera plus fort, donc la trace mnésique sera amplifiée en conséquence**. Le stockage en mémoire sera simple et les connexions neuronales seront fortes. L'information sera « intégrée avec un plus grand nombre d'éléments, de caractéristiques et chacune de ces caractéristiques sera un indice de récupération supplémentaire » (Abgrall, 2012, p. 56).

La première action est centrée sur la mise en mémoire des informations qui sera plus importante si ces dernières ont du sens et sont motivantes pour l'apprenant. La deuxième action de la **motivation sur la MCT est l'utilisation des associations entre les différentes informations encodées en mémoire. Il sera plus simple (on dépensera moins d'énergie) de compléter des traces mnésiques avec d'autres informations** qui nous plaisent beaucoup. Tout ceci repose sur des **problèmes de métamémoire**, car on peut se demander si finalement la notion du cours qu'on a apprise a bien été mémorisée. On peut parler du « sentiment de savoir » (Gerrig et al., 2013, p. 182). L'énergie déployée par l'apprenant pour se souvenir de telle ou telle information est directement liée à ce phénomène de métamémoire. Par conséquent, on doit connaître les processus pour la mémorisation sinon on va être incapable d'accroître une trace mnésique avec de nouvelles

connaissances (apprendre à apprendre).

Deux ans auparavant, Fabien Fenouillet avec Alain Lieury (1996) ont écrit un livre sur l'action de la **motivation des élèves sur la MLT**. Le constat est quasiment le même que pour la MCT, à savoir que l'apprenant doit être motivé pour stocker au mieux les informations en MLT et aussi, de **réaliser plus facilement des associations permettant de faire de nouvelles connexions avec d'autres neurones et d'avoir d'autres indices de récupération**.

Abgrall indique que la **motivation a un effet direct sur « l'organisation de l'information »** (2012, p. 56). En conséquence, plus un élève sera motivé, plus il y aura des facilités à stocker des informations en MLT en faisant par exemple des associations entre les informations. Il pourra également mieux organiser les informations pour les utiliser dans le but de résoudre la tâche qui lui est demandée.

II.3. Compréhension et mémorisation

Mémoriser est-ce suffisant pour comprendre ?

On peut se demander s'il suffit de mémoriser pour comprendre une leçon. À cette question, une réponse peut être rapidement donnée : non. Évidemment, il faut toujours entraîner sa mémoire pour consolider les traces mnésiques. Pour cela l'élève a plusieurs solutions comme être **attentif en classe** (Wibaut, 2019, p. 23), **essayer de faire les liens entre les nouvelles informations et les anciennes stockées en mémoire**. De ce fait, l'élève est en continuel apprentissage et, par conséquent, il continue à mémoriser de nouvelles notions.

De plus, un enseignant se doit de transmettre des savoirs à ses élèves, en leur apprenant des notions et des contenus qui développeront leur culture générale. Pour que la transmission de ce savoir soit efficace, l'élève doit être le plus attentif possible. **L'émotion, l'attention et l'engagement de l'élève sont des paramètres essentiels à prendre en compte avant un apprentissage**.

L'utilisation de la mémoire est un outil d'apprentissage permettant de retrouver facilement une information. Grâce à la MT et aux souvenirs en MLT, l'élève peut réaliser des tâches cognitives et leurs résolutions se font simplement si les épisodes sont clairs et précis pour l'élève : il a compris l'analogie ou l'image mentale suggérée par son professeur.

Dans l'enquête PISA de 2001, les problèmes de la compréhension et de la mémorisation ont été étudiés. Dans cette enquête, l'Organisation de Coopération et de développement économiques (OCDE), nous indique que **se limiter qu'à une stratégie de mémorisation est quelque chose de nécessaire, mais non-suffisante**. En effet, quand un élève mémorise une information, il se peut qu'il se rappelle juste de la résolution de l'exercice ou l'explication d'une partie de la leçon sans pour autant la comprendre.

Apport de la stratégie d'élaboration

En classe, si l'enseignant se base juste sur une stratégie de mémorisation, le risque est d'avoir des élèves apprenant par cœur ces notions sans les comprendre. Pour que les apprenants apprennent de nouvelles choses afin de modifier leurs traces mnésiques, ils « doivent intégrer les nouvelles notions dans leur acquis pour les comprendre » (OCDE, 2001, p. 121). Pour cela, il existe d'autres stratégies à ajouter à la stratégie de mémorisation :

- Stratégie de révision : On se base sur une **stratégie de répétition du cours et donc des informations**. Cette stratégie vise à « sélectionner et à encoder des informations de manière verbatim » (Famose & Margnes, 2016, p. 139). Par ce biais, on essaie de se souvenir des notions importantes afin de faciliter le passage entre la MLT et la MCT.

- Stratégie d'élaboration : L'élève va chercher à faire des **liens entre les nouvelles et les anciennes notions** et pour cela, il faut que ces informations aient du sens et possèdent un contexte. L'enseignant devra créer des séances d'apprentissage propice à la mémorisation permettant le **développement des indices de récupération, en leur proposant un contenu contextualisé avec des explications claires et précises afin de faciliter la compréhension des notions ou de la correction des informations erronées**. Cette stratégie permet donc « de rendre les informations significatives et établir des liens entre les informations données dans le matériel d'apprentissage et des connaissances existantes de l'apprenant » (Famose & Margnes, 2016, p. 139). De ce fait, les informations seront plus facilement stockées en MLT. Cette stratégie complète la stratégie de mémorisation, car elle permet de consolider, modifier et compléter les traces mnésiques des élèves.
- Stratégie organisationnelle : Cette stratégie permet la **hiérarchisation des informations**. C'est grâce à elle que « le tri ou le regroupement des informations » (Famose & Margnes, 2016, p. 140) est possible. Ici, c'est l'élève qui va faire des liens entre les différentes notions et informations.

Jean-Pierre Famose et Éric Margnes continuent en exposant d'autres stratégies propres aux élèves comme les stratégies affectives ou de contrôle (2016, p. 141). Il est question ici de **l'émotion de l'élève et de sa motivation**. L'OCDE précise que les **stratégies de mémorisation et d'élaboration sont « complémentaires »** (2001, p. 121) ainsi, **le fait de mémoriser l'information et de comprendre le lien avec d'autres connaissances antérieures permet une meilleure compréhension de la notion**.

De ce fait, pour un nouvel exercice non traité en classe, l'apprenant possède de nouveaux indices de récupération en ayant utilisé les stratégies de mémorisation et d'élaboration. Il pourra donc lier les informations dans d'autres contextes afin de résoudre plus facilement la tâche qui lui est demandée.

III. Surcharge en mémoire

Durant leur scolarité, les élèves apprennent beaucoup de notions et de contenus. Quand ces apprentissages ne sont pas espacés dans le temps, il peut survenir une **surcharge en mémoire (ou surcharge cognitive)**. En fin de compte, réaliser un « apprentissage massé » (Mazeau & Cerisier-Pouhet, 2020, p. 49) n'est pas du tout propice à une bonne mémorisation des informations. On distingue trois types d'effets lors de la période de leçon :

- Effet de primauté : Cet effet a lieu en début du cours. À ce stade, les élèves n'ont pas encore eu de nouvelles informations liées à la leçon, donc leurs acquisitions seront faites plus simplement. Ainsi, le fonctionnement dynamique entre le passage de la MCT à la MLT sera réalisé plus facilement.
- Au fur et à mesure du cours, les nouvelles informations s'enchaînent et les liens commencent à se faire de moins en moins aisément. Ainsi, les *chunks* dans la MCT commencent à dépasser le nombre limite jusqu'à sortir du stockage à court terme pour être remplacés par d'autres éléments. Ces anciennes informations seront complètement perdues, car elles n'ont pas eu le temps d'être stockées en MLT. Lors de cette période, on a donc une faible rétention en mémoire.
- Effet de récence : Cet effet arrive à la fin du cours, afin de « vider » les dernières informations qui sont présentes en MCT. Celles-ci ne seront pas oubliées, car de nouvelles notions ne viendront pas prendre leur place. Ces éléments sont toujours en MCT et lors d'un rappel, ils seront donc plus facilement récupérables.

En analysant cette présentation, on obtient une « courbe en U » si on vient à placer en abscisse une phase chronologique pour la séance et en ordonnée un pourcentage de rétention. Mazeau et Cerisier-Pouhet présentent une courbe ressemblant à notre idée :

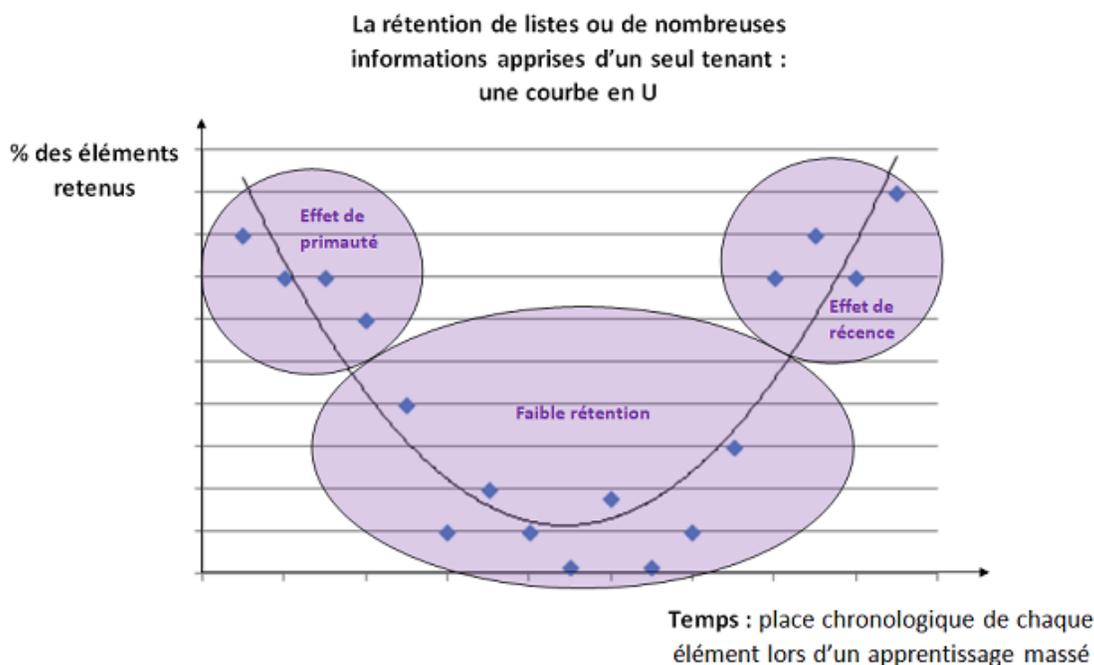


FIGURE 2.III – Courbe de position sérielle (2020, p. 49)

En fin de compte, cette courbe en U (Figure 2.III) porte le nom de courbe de position sérielle, car elle est semblable à celle de la rétention d'une liste de chiffres ou de lettres. L'apprenant va se souvenir plus facilement du début et de la fin de la liste puisque le rappel sera immédiat, alors qu'il sera plus difficile de se souvenir du milieu de la liste.

On retrouve l'oubli dans la surcharge en mémoire, car il se peut aussi que **plusieurs informations entrent en interférence entre elles et « polluent » certaines traces mnésiques**, générant des erreurs. Il faut ainsi penser à une façon d'organiser nos leçons, afin d'éviter que nos élèves ne surchargent trop leur mémoire. Il ne faut pas oublier que la mise en mémoire des nouvelles connaissances acquises ne se fait pas directement. À la maison, la mémoire travaille encore notamment grâce au sommeil, mais certains éléments peuvent être aussi oubliés.

On peut reprendre la citation d'Emily Ruete dans son livre *Mémoires d'une princesse arabe* qui parle de cette surcharge en mémoire : « On surcharge ces jeunes intelligences d'un bagage scientifique absolument exagéré qui absorbe tous leurs instants. [...] Et combien de ce travail reste sans profit pour l'enfant ! Combien de ces connaissances acquises au prix de tant de fatigues sont destinées à être bien vite oubliées ! » (2012).

Chapitre 3 :

Méthodes d'apprentissage utilisant la mémoire

I. Stratégies à mettre en place pour l'élève

I.1. Retour sur la récupération en mémoire : rôle des rappels

Le rôle des indices, appelés aussi rappels, a été cité plusieurs fois dans cet écrit. Ils agissent comme une « adresse des souvenirs » (Lieury, 2010, p. 82), car on peut comparer notre MLT à une grande bibliothèque remplie de livres, d'articles, de romans où chacune de ces œuvres est un souvenir personnel particulier.

Il existe trois types de rappels : libre, indicé et par reconnaissance. On les utilise lors d'une évaluation qui demande d'utiliser les informations présentes en mémoire, dans le but de répondre aux questions posées. En utilisant un rappel, nous pouvons nous souvenir des informations permettant de résoudre la tâche demandée. On explique ces différents rappels :

- Rappel libre : C'est la méthode la plus utilisée dans les interrogations. Ici, il n'est pas question de donner aux élèves l'indice de récupération permettant de résoudre la tâche demandée, c'est à eux d'utiliser leur mémoire pour tenter de réaliser cette tâche. Dans ce rappel, on s'intéresse à la **structuration de la mémoire de l'élève** en leur demandant de « restituer des éléments encodés » (Roulin, 2012, p. 269). Ce type de rappel fait référence à la courbe de position sérielle (Figure 2.III) notamment avec les effets de récence et de primauté. Jean-Luc Roulin indique que le « rappel ordonné » (2012, p. 270) fait partie du rappel libre, mais dans ce cas, on a un effet d'ordre à respecter, par exemple, pour taper un numéro de téléphone ou le code de notre carte bleue.
- Rappel indicé : Contrairement au rappel libre, ici, l'enseignant ajoute « un indice susceptible de constituer une aide à la récupération » (Roulin, 2012, p. 270). On aide les élèves à activer la bonne trace mnésique en fonction du problème rencontré. Ce type de rappel indicé peut être le rappel d'un élément présent pendant le processus de mémorisation, ou le lien d'un élément à celui dont on veut qu'ils activent le souvenir. Jean-Luc Roulin utilise « l'apprentissage de couples associés » (le rappel est un couple de stimulation) et « les méthodes de complétion » (2012, p. 270-271) (le rappel est une partie du stimulus).
- Rappel par reconnaissance : On utilise ce type de rappel pour un autre type de test : QCM ou quiz. Dans ce cas, il n'est pas question de demander aux élèves de restituer une information, mais de reconnaître l'épisode ou le souvenir encodé en mémoire. On a différentes formes de reconnaissance : « reconnaissance de type oui-non, par choix forcé parmi deux éventualités, par choix multiple entre plusieurs éventualités » (Seron et al., 1998, p. 256).

Un **souvenir naît à partir d'une nouvelle information (ou en éducation, d'un apprentissage), mais il peut aussi mourir avec l'oubli**. Les bienfaits de l'oubli sont nombreux, en son absence, notre mémoire serait jonchée de plusieurs informations inutiles qui pourraient interférer entre elles, si bien qu'il nous serait impossible d'apprendre et de retenir des informations. Ainsi, **ces indices permettent d'activer une trace mnésique ou de la compléter**. Bernard Croisile parle de « résonance » (2008, p. 181) pour qualifier l'acquisition d'une nouvelle information en mémoire comme une stimulation. En conséquence, **le rappel permet entre autres de se souvenir de cette résonance** et de se souvenir de l'information stockée en mémoire : « Éveiller un écho à la conscience de l'individu » (Croisile, 2008, p. 188).

I.2. Aider les élèves à se souvenir du cours

Il faut partir du principe qu'une partie des élèves n'a pas l'habitude d'apprendre en utilisant principalement leur mémoire. Nous, enseignants, devons donc les guider afin de les aider au mieux dans leur processus de mémorisation. Après chaque séance, on peut demander aux élèves de se créer des **images mentales du cours** en se basant seulement sur leur mémoire sensorielle (auditive et/ou visuelle).

Le but de cette méthode est de créer chez nos élèves des indices de récupération. On ne cherche pas à vérifier la précision des informations, mais juste voir s'ils ont bien mémorisé les notions apprises lors de la séance. Abgrall indique que l'enseignant peut guider l'élève en lui posant des **questions simples qui font référence aux moments clés de la séance** : photos, titre du chapitre, schéma, objectif de l'expérience, observations... (2012, p. 63). On cherche à prouver aux élèves qu'ils peuvent se souvenir des choses qui se sont passées pendant la séance. On leur montre que les éléments sont présents dans leur mémoire et grâce à cela, ils peuvent revivre le cours.

Dans cette stratégie, on n'utilise que la mémoire sensorielle et la mémoire sémantique, en se basant sur des épisodes, mais aussi sur des **images contextualisées**. Même si l'élève ne se rend pas consciemment compte de toutes les informations mémorisées, il doit créer des **indices propre à lui**, afin de récupérer les notions apprises en activant une trace mnésique ou en créant des nouvelles connexions neuronales. Ceci montre « l'importance de la focalisation, de l'attention que nous portons à certains détails. » (Abgrall, 2012, p. 63).

I.3. Créer des liens entre les différents éléments

Le fait de revivre le cours et les principaux moments clés ne permet pas un apprentissage total. L'apprenant devra en plus reprendre son cours, le lire et voir les éléments oubliés, car certains éléments ont pu sortir de sa mémoire parce qu'ils ont été remplacés par d'autres (effet de récence et de primauté).

On cherche donc à **combler les zones d'ombre marquées par les oublis** de la mémoire, grâce à la **relecture du cours**, afin que l'apprenant puisse se souvenir quasiment complètement de la séance à laquelle il a participé. On cherchera aussi à montrer aux élèves que derrière tout ce qu'ils se souviennent, des choses sont très ou peu intéressantes et que des éléments ont été complètement oubliés. Ainsi, on explique aux élèves comment fonctionne leur cerveau afin de faciliter l'apprentissage et leur processus de mémorisation.

Jean-Philippe Abgrall ajoute un autre objectif à cette stratégie pédagogique, celle « d'apprendre ce que l'on ne sait pas [...] et de créer d'autres liens entre les éléments connus » (2012, p. 64) . En plus de combler les zones d'ombre en se souvenant des informations oubliées, **le fait de revoir son cours et de le relire permet de consolider des connexions neuronales ou d'en créer des nouvelles**.

I.4. Création d'une fiche de révision

Pour aider les élèves à créer leur propre fiche de révision à partir de leurs connaissances mémorisées, Abgrall nous indique que les élèves doivent créer au fur et à mesure des séances deux fiches avant celle de révision : la fiche aide-mémoire et la fiche de synthèse (2012, p. 64-67). Grâce à ce travail sur leur mémoire, les notions apprises, au fur et à mesure de l'avancée de la séquence pédagogique, vont être moins oubliées et la fiche de révision sera complète.

Fiche aide-mémoire

C'est une fiche permettant de noter les différents indices de récupération. Il ne s'agit pas d'une fiche de révision, car il n'y a pas de définition ou de grandes phrases notées, il y a juste des mots permettant le

rappel du souvenir. Dans cette fiche, il sera inscrit : le titre du chapitre et les différentes parties (organisation du cours de l'enseignant) où dans chacune de ses parties l'apprenant est invité à noter uniquement un indice (dessin, formule, mot mnémotechnique, etc.) ou la méthode de résolution d'un exercice clé.

Cette fiche ne sert qu'à « tester sa mémoire » (Abgrall, 2012, p. 64) donc on aura une autre feuille séparée de cette fiche où l'élève répondra à des questions. Il la cochera et lira la partie du cours à laquelle la question fait référence à la fin de la série de questions, et cette correction pourra se faire oralement et/ou par écrit. Au cours de ce **travail de relecture, qui est un travail cognitif**, l'élève utilise les informations stockées dans sa mémoire. En procédant de cette manière, on consolide des traces mnésiques, puisqu'on ajoute de nouvelles informations en MLT et, on agit également sur la MT en utilisant un fonctionnement dynamique de va-et-vient.

Pour le cours suivant, l'élève **s'auto-évalue** en essayant de revivre le cours précédent en se souvenant de l'organisation du cours (titres, notions...) à partir des indices de récupération qu'il avait notés. Après cela, il commence à compléter de nouveau sa fiche aide-mémoire en mettant les nouvelles parties traitées et les indices de récupération possibles. Le fait de compléter petit à petit sa fiche aide-mémoire et aussi de la relire permet de réactiver les traces mnésiques laissées lors de la mémorisation des éléments de la séance précédente. Les nouvelles notions pourront donc être intégrées plus facilement, les connexions neuronales seront fortes si on garde cette technique en tête. Grâce à cette fiche, on risque de moins oublier des éléments importants, puisqu'ils ont été vérifiés et relus à chaque fin de nouvelle séance.

Fiche de synthèse

On donne ci-après une fiche de synthèse permettant de résumer l'évolution de la fiche aide-mémoire, mais aussi, du travail cognitif de l'élève tout au long du processus d'apprentissage :

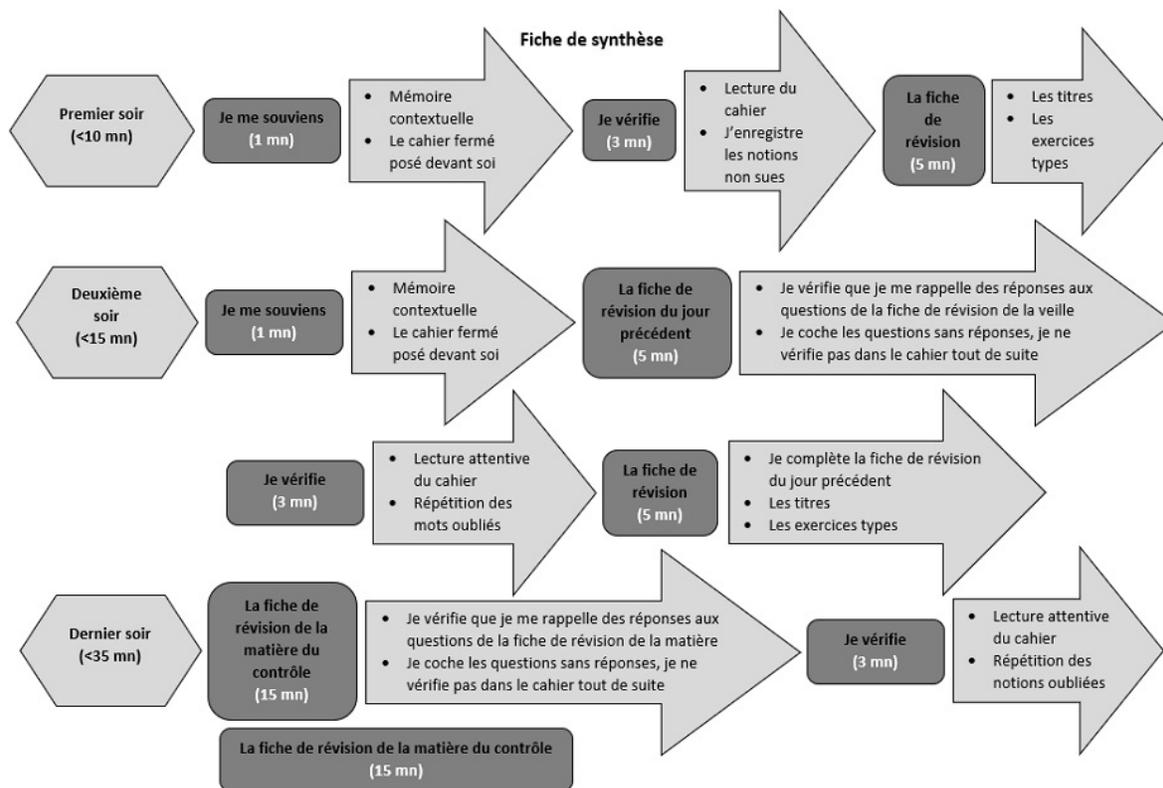


FIGURE 3.I – Fiche de synthèse d'Abgrall (2012, p. 67)

Sur cette fiche, l'élève pourra vérifier s'il n'a pas oublié de terminer une étape. Aussi, cela montre que la fiche aide-mémoire sera construite au fur et à mesure du cours, alors que la fiche de révision sera réalisée tout à la fin. On met en place un phénomène de rituel. Plus l'élève avance sur sa fiche aide-mémoire et plus les rappels seront efficaces. Cependant, même si les différentes étapes sont plus longues que la fois précédente, le fait que les **traces mnésiques se consolident en faisant d'autres associations ou en faisant un tri sur les informations à utiliser (on peut aussi parler de hiérarchisation des informations), permet à l'élève de ne pas utiliser trop d'énergie.**

Dans ces fiches, on utilise les mémoires procédurale, épisodique, sémantique et la MLT. En créant ce rituel de travail, pendant la séance de cours, les élèves peuvent anticiper les indices de récupération qu'ils vont écrire sur leur fiche aide-mémoire. Ce rituel peut paraître chronophage dans un premier temps, cependant, les souvenirs récents sont toujours présents en mémoire donc l'écriture de la fiche aide-mémoire doit être rapide et très prolifique pour la consolidation des connexions neuronales.

Fiche de révision

À la fin de la séquence pédagogique, l'élève a complété sa fiche aide-mémoire et se trouve à la fin de la fiche de synthèse d'Abgrall : il doit réaliser la fiche de révision du chapitre traité. Les élèves ont donné du **sens aux informations qu'ils ont apprises : association, relecture, vérification, donc ils ont consolidé leurs traces mnésiques.** On sait que la difficulté d'une fiche révision vient du fait d'enlever des éléments du cours qui pourraient paraître essentiels aux yeux de l'élève, car ils font partis d'un « ensemble structuré et cohérent » (Abgrall, 2012, p. 75), mais ce problème a été résolu avec la fiche aide-mémoire.

La fiche de révision sert de conclusion à la mémorisation. Afin de constituer cette fiche de révision, l'élève doit savoir quel est son objectif : est-ce un résumé complet du cours, est-ce une carte mentale ? Pour répondre à cette question, Abgrall précise que la fiche de révision permet de « vérifier ce dont on se souvient, pas de relire un résumé » (2012, p. 103). On notera simplement les différentes parties du cours et des méthodes de résolution afin de résoudre des tâches un peu plus complexes.

Avec la création de la fiche de révision, nous allons faire de la **reconnaissance d'informations**, c'est-à-dire, « reconnaître un élément mémorisé mélangé à d'autres éléments non présentés lors de la séance de mémorisation de ces éléments » (Abgrall, 2012, p. 102). À partir des exercices clés traités en classe, l'élève va comparer les éléments utilisés pour résoudre cette tâche à ceux mémorisés à l'aide de sa fiche aide-mémoire afin de trouver des similitudes. La fiche de révision peut ressembler fortement à celle de la fiche aide-mémoire. Cependant, l'élève a complété sa fiche de révision avec d'autres informations permettant la résolution des exercices, car il a réalisé plusieurs reconnaissances afin de compléter sa fiche de révision.

I.5. Des stratégies se basant sur le travail à la maison

Comme expliqué précédemment, il ne faut pas trop surcharger les élèves de travail, car cela peut nuire à leur état émotionnel et leur motivation. De ce fait, le processus de mémorisation ne sera pas optimal. On cherchera toujours à motiver nos élèves en les incitant à accepter de travailler de cette manière (celle de la mémorisation). Nous savons que beaucoup d'entre eux bloquent sur cette idée, car ils ont l'impression d'avoir « une mauvaise mémoire ». Le premier objectif est donc de les rassurer en leur montrant qu'ils peuvent se souvenir de plusieurs éléments qui se sont passés durant le cours, quand ils développent leurs propres indices de récupération.

En se basant sur nos explications sur la conception des différentes fiches d'Abgrall (Figure 3.I), on suppose que pour **un enfant qui ne travaille pas trop à la maison, la réalisation de la fiche aide-mémoire et celle de révision sera compliquée. Ainsi, l'enseignant devra faire un suivi constant sur l'avancée de ces fiches** sinon la méthode sera totalement inefficace et non fructueuse.

II. Apprentissage multi-épisode de Lieury

II.1. De la mémoire épisodique à la mémoire sémantique

Certains professeurs utilisent en classe la méthode de répétition ou dans le pire des cas, ce sont les élèves qui choisissent d'apprendre les notions importantes par cœur. Dans ce dernier cas, cette stratégie ne convient pas pour une MLT, car les apprenants n'enrichissent pas leurs traces mnésiques en les consolidant ou en les complétant. On doit réfléchir à une autre méthode pédagogique permettant de stocker en mémoire plus d'informations en MLT. Lieury propose une solution. Au lieu d'apprendre par cœur, on se focalise sur des « mécanismes de construction du concept à partir de différents épisodes ou contextes : l'apprentissage multi-épisode » (2012, p. 37).

La stratégie proposée par Lieury est que les cours doivent se baser sur **des épisodes (comme une série télévisée) où l'élève aura des nouvelles informations (indices de récupération) liées à cet épisode qu'il va stocker en mémoire épisodique**. Maintenant, le but recherché est de passer de la mémoire épisodique à la mémoire sémantique.

En 1979, Alain Lieury s'est basé sur la théorie de Thulving sur la mémoire épisodique. Le fait de voir un objet avec un contexte particulier, par exemple, une barque avec un pêcheur, permet d'enregistrer cette information en mémoire et constituera un épisode. Ainsi, quand l'individu reverra un pêcheur sur une barque, ceci constituera un indice pour qu'il se souvienne de l'épisode vécu. Lieury ajouta une nouvelle théorie qui complète le modèle de Thulving permettant d'expliquer la consolidation en mémoire de l'information contextualisée. En fin de compte, les épisodes sont emboîtés dans la mémoire sémantique.

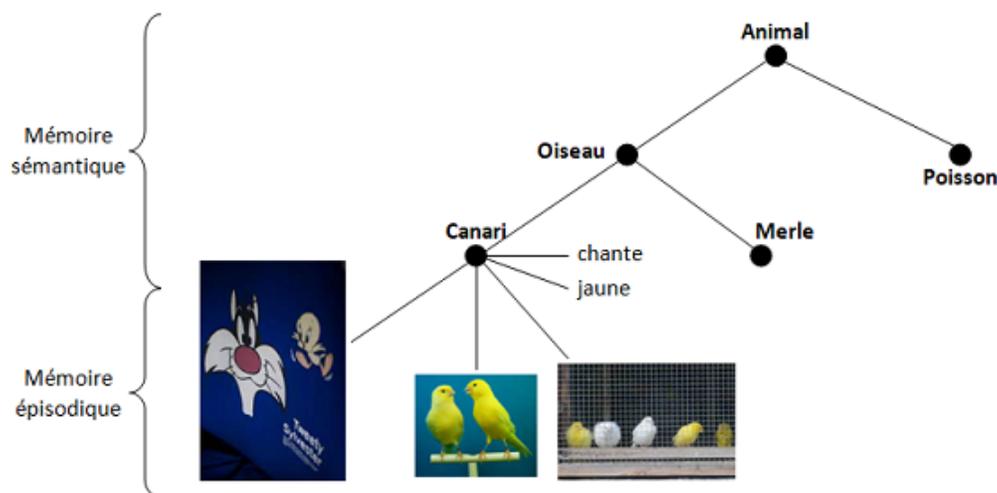


FIGURE 3.II.1 – Théorie de l'emboîtement des épisodes dans la mémoire sémantique de Lieury (2012, p. 40)

Lieury a pris l'exemple de l'animal canari. Il découpa en différentes cases, différentes informations : animal – oiseau – canari. Après cette information générale, le cerveau va donner différents épisodes en lien avec ce thème. Dans son livre, l'auteur indique qu'un adulte décrira l'oiseau comme petit et jaune, donc il se centrera juste sur quelque chose de descriptif, alors qu'un enfant fera référence au dessin animé « Titi et Gros minet » (2012, p. 41). Par conséquent, pour « briser » la stratégie du par cœur pour ainsi **donner du sens aux informations, il faut procéder à un apprentissage se basant sur plusieurs épisodes (apprentissage multi-épisode (AME)) qui forment un lien entre eux, ce qui permettra donc de faire des associations et donc de consolider les connexions neuronales**.

II.2. Utilisation de l'apprentissage multi-épisode

L'AME n'est pas un procédé de répétition se basant sur du par cœur, mais sur des épisodes qui ont du sens. En conséquence, pour construire une séquence pédagogique reposant sur un AME, il faut créer, pour l'information apprise, l'indice de récupération permettant à l'apprenant de se souvenir de la notion et cela pour chaque épisode. D'après le modèle de Lieury, un épisode correspond à un indice de récupération, mais qui peut faire référence à une ou deux informations.

En théorie, cette idée d'un AME basée sur un indice de récupération pour un épisode est bien pensée. Cependant, en classe, le professeur a toute une séquence à boucler et aussi d'autres chapitres à traiter, et la variable temps est à prendre en compte. Même si la mémoire sémantique semble se consolider à travers une série de répétitions épisodiques, il faut réfléchir à un autre moyen de faire pour créer non plus des simples épisodes, mais des « séquences épisodiques » (Lieury, 2012, p. 47).

Ce problème a été étudié par Lieury qui a tenté de réfléchir à une nouvelle solution en comparant un « groupe expérimental (avec l'apprentissage multi-épisode) à un groupe de contrôle » (Lieury, 2012, p. 48) où le but est de se baser sur plusieurs tests durant le processus d'apprentissage des élèves :

- **Pré-test** qui a lieu après le cours théorique pour les élèves afin de juger leur niveau et ce qu'ils ont retenu lors de la séance.
- Tests intermédiaires appelés « **tests clichés** » (Lieury, 2012, p. 49) pour le groupe expérimental qui sont composés de petites questions qui ont lieu pendant les séances de TP, activité et qui permettent aux élèves d'obtenir des images épisodiques.
- **Post-test** qui a lieu 1 mois après la fin de la séquence pédagogique afin de juger ce que les élèves ont retenu et se souviennent du chapitre traité

Le post-test est un test complet regroupant la plupart des connaissances apprises lors de la séquence pédagogique avec des questions variées : compléter les légendes d'un schéma, compléter la phrase à trous, répondre à un vrai/faux.

Alain Lieury a donné l'exemple d'un chapitre en microbiologie pour une classe supérieure (Figure 3.II.2) en se basant sur une AME. Le cours traditionnel a été donné aux élèves. Ensuite, il y a un certain nombre de séances qui ont eu lieu en se basant soit sur des TPs ou des vidéos permettant de donner un maximum d'**images mentales** aux élèves. La place des tests clichés se trouve à la fin de la séance dans le but de juger l'évolution des élèves pendant leur processus d'apprentissage.

Cette nouvelle stratégie semble plus convenir à un apprentissage à l'école, malgré un travail un peu plus important pour les élèves à la maison. La consolidation en mémoire avec les connexions neuronales prend du temps, et c'est le fait de s'entraîner et de continuer à travailler qui vont permettre aux élèves de moins consommer de l'énergie au fur et à mesure du temps. De plus, l'utilité des **tests intermédiaires permet aux apprenants de savoir où ils en sont dans leur apprentissage et donc de vérifier si les notions qu'ils pensaient réellement savoir, sont vraiment bien mémorisées (métamémoire) ou s'ils commettent encore des erreurs.**

Groupe expérimental	Tests
Cours théorique traditionnel	Prétest
Séquence 1 Épisode 1 : vidéo « Pasteur » Épisode 2 : TP, introduction	Test cliché 1
Séquence 2 Épisode 3 : vidéo « Institut Pasteur » Épisode 4 : TP colorations Épisode 5 : Compte rendu	Test cliché 2
Séquence 3 Épisode 6 : Culture de bactéries Épisode 7 : Compte rendu Épisode 8 : film <i>Pasteur</i> , de S. Guitry	Test cliché 3
Séquence 4 Révision du cours (1 semaine)	Test cliché 4
Séquence 5 Épreuve certificative (CCF)	
	Post-test juin
	Post-test septembre

FIGURE 3.II.2 – Exemple d'une séquence multi-épisodique en microbiologie se basant sur l'AME de Lieury (2012, p. 40)

III. Neuropédagogie et Cogni'Classes

III.1. Approche constructiviste de la pédagogie

Ce courant pédagogique repose sur le constructivisme où « l'enfant doit construire lui-même son savoir grâce à des activités conçues pour lui montrer les limites de ses procédures habituelles » (Guedin, 2020, p. 99). **L'élève crée son propre apprentissage en engageant des interactions entre lui et ses camarades ou avec ses enseignants, notamment à partir d'une situation concrète.** Plusieurs pédagogues défendent ce courant développé par Jean Piaget en 1923, comme Fröbel et Decroly. Cette théorie se base sur l'observation et la compréhension des phénomènes naturels afin de perfectionner la mémorisation. On retrouve cette idée dans les « jardins d'enfants de Fröbel » (Guedin, 2020, p. 99).

Cette pédagogie est considérée comme active, car ce sont les élèves qui construisent eux-mêmes leurs connaissances à partir d'un sujet en créant des liens, en faisant des conclusions et en posant des questions, ou grâce aux observations que les apprenants peuvent mener pendant ou en dehors de la classe. Montessori a indiqué que le langage est la pièce centrale de cette pédagogie. Freinet se centre plus sur la découverte des phénomènes à partir des expériences en confrontant des idées, les vérifier et les corriger ou les valider.

Nous retrouvons les fondements des idées d'une pédagogie socio-constructiviste. L'élève construit son « savoir grâce à des activités qu'il mène en interaction avec ses pairs, afin de naître des conflits socio-cognitifs pour confronter différentes procédures » (Guedin, 2020, p. 100). Ici, en plus de garder l'idée que l'apprentissage se fait à partir des découvertes et expériences faites par l'élève, nous avons l'environnement social et culturel de l'élève qui rentrent en jeu, car **l'apprentissage et les consolidations des notions se font à partir des interactions et du dialogue réalisés avec les autres élèves ou avec l'enseignant.**

III.2. Une critique à la pédagogie (socio-)constructiviste : la pédagogie explicite

On peut faire quelques critiques sur cette idée de pédagogie active, car certaines séquences ne sont pas propices à une telle pédagogie. En effet, les élèves ne peuvent pas obtenir tout le temps le savoir nécessaire juste à partir des expériences et des sujets concrets, l'enseignant doit donner à ses élèves des termes techniques avec des explications. Dans ce cas, la pédagogie active n'est pas intéressante et peu propice au développement du savoir de l'élève.

Ensuite, la pédagogie active s'intéresse plus aux élèves qui sont passionnés et motivés par la matière enseignée. Aussi, ceux qui sont un peu plus en difficulté peuvent en accumuler de nouvelles, car ces élèves peuvent se reposer sur les autres qui ont plus de facilité dans la matière. Pour des tâches plus complexes comme des résolutions de problème, c'est-à-dire, des tâches qui demandent beaucoup de facultés cognitives. Les élèves en difficulté n'arriveront pas à résoudre ces tâches ou rencontreront beaucoup de difficultés pour y parvenir (si toutefois ils arrivent à la résoudre complètement ou partiellement).

Une solution a été proposée en 1986 par les deux sociologues : Barak Rosenshine et Robert Stevens. Ils proposent une pédagogie plutôt explicite, car les enseignements proposés aux élèves seront structurés en plusieurs séquences pédagogiques. Gauthier, Bissonnette et Richard ont expliqué que la pédagogie explicite repose sur trois phases : « la préparation, l'interaction avec les élèves et la consolidation » (2013).

- **Phase de préparation** : L'enseignant devra expliquer clairement aux élèves les objectifs d'apprentissage de la leçon ainsi que les contenus et notions enseignés. Il devra aussi réfléchir aux différents liens possibles que les élèves pourront faire afin de les aider, au mieux, à introduire des nouvelles connaissances en se basant sur les anciennes.
- **Phase d'interaction** : Cette phase repose sur trois composantes : le modelage (*I do*) où l'enseignant explique aux élèves, le cours en leur donnant des exemples et des contre-exemples. On cherche à leur donner des informations essentielles à ajouter dans leur MT ; la pratique guidée (*We do*) où l'enseignant va vérifier si les élèves ont bien compris les notions présentées lors du modelage, en leur donnant des tâches à réaliser. On cherche à consolider les informations en corrigeant les erreurs tout en créant des liens avec celles plus anciennes présentes en MLT ; la pratique autonome (*You do*) où l'élève développera ses connaissances pour aller jusqu'à un niveau d'automatisation afin de soulager la MT en améliorant la hiérarchisation des informations en MLT.
- **Phase de consolidation** : L'enseignant peut réaliser avec ses élèves un résumé de la séquence qui leur a été présentée. Le but est d'identifier les informations essentielles à partir d'un résumé (sous forme de tableaux, de schémas ou de cartes mentales) ainsi que les méthodes de résolution des exercices afin de favoriser l'intégration et aussi de continuer à hiérarchiser les informations en MLT. Lors de cette phase, les élèves révisent les notions apprises pour les maintenir en mémoire.

Si on regarde bien la formation des différentes phases de la pédagogie explicite, on constate qu'elle correspond à un apprentissage pour la mémorisation des informations en MLT. À la différence de l'AME de Lieury qui cherche à réaliser plusieurs tests afin de donner des images mentales épisodiques à ses élèves, ici, les différentes informations apprises, pendant la phase de modelage, seront consolidées durant les autres phases. Ainsi, en développant leurs MLT, les élèves pourront répondre à une tâche plus complexe, car les rappels se feront plus rapidement et de manière automatique.

III.3. Une classe basée le fonctionnement du cerveau : les Cogni'Classes

Complémentarité entre pédagogie active et explicite : la neuropédagogie

Nous avons présenté deux courants pédagogiques bien distincts : la pédagogie active où l'élève construit ses apprentissages à partir de ses observations et l'expérience, et la pédagogie explicite où c'est la consolida-

tion des informations en mémoire des élèves qui intéresse l'enseignant (Gauthier et al., 2013). Néanmoins, on peut réfléchir à une manière de concilier ces deux courants pédagogiques. Nous pouvons imaginer **un cours où les savoirs et notions sont clairement explicités aux élèves (approche explicite) mais, l'enseignant peut aussi se baser sur les échanges entre les élèves pour confronter leurs idées (approche active) pour garder l'idée d'une phase de modelage, mais aussi, de conserver la collaboration entre les élèves. Les erreurs constatées par l'enseignant, auront le droit à une explication claire et détaillée afin que les apprenants ne réitèrent pas l'erreur et consolident la bonne manière de raisonner.**

Cette nouvelle approche plutôt active et collaborative des élèves, en fonction de leurs questionnements et des dialogues possibles avec leurs pairs ou leur enseignant, permet de développer leur mémoire en consolidant leurs connexions neuronales grâce notamment à la résolution de plusieurs activités se basant sur des sujets concrets, et la correction détaillée de la part de l'enseignant. Ce sont ces principes qui sont défendus par la « neuropédagogie » (Guedin, 2020, p. 106).

La neuropédagogie se base sur un travail conscient et explicite des élèves sur la consolidation des informations en mémoire. Ils connaissent le fonctionnement de leur cerveau et de leur mémoire. On peut aussi citer les quatre piliers des apprentissages de Stanislas Dehaene, qui nous permettent de comprendre le processus d'apprentissage en neuropédagogie. En sciences cognitives, on les désigne comme des « facteurs principaux de réussite d'un apprentissage » (Leleu-Galland, 2017, p. 189) :

1. **L'attention** : Un élève, qui est concentré sur le tableau ou sur le discours proposé par son enseignant, aura plus de facilité à comprendre les notions importantes et les intégrer dans sa mémoire. Elle joue donc un rôle important dans le processus d'apprentissage de l'apprenant.
2. **L'engagement actif** : Un élève se donne les moyens et la motivation d'apprendre une nouvelle notion s'il est intéressé par cette dernière. Enfin, si l'apprenant est actif et que l'activité proposée fait écho à un sujet qui le touche directement, il sera plus concentré et motivé à comprendre ses erreurs et la correction.
3. **Retour d'information (*feedback*)** : Un élève est en perpétuel apprentissage en intégrant de nouvelles informations et des notions dans son cerveau. L'apprenant doit commettre des erreurs pour progresser et la correction (*feedback*) immédiate permet de répondre à cette idée. Remettre à la prochaine fois une correction n'est pas propice à l'apprentissage, car l'élève ne sera pas activement prêt à accueillir l'information ou il ne se rappellera plus du cheminement de pensée qu'il a réalisé et qu'il lui a fait commettre cette erreur.
4. **Consolidation** : On cherchera toujours à consolider les connaissances en MLT afin de favoriser la résolution des tâches complexes et des rappels. Le but recherché est « d'accomplir le transfert de l'explicite à l'implicite » (Leleu-Galland, 2017, p. 189). Plus l'élève s'entraîne, commet des erreurs et les corrige, plus le phénomène d'automatisation se mettra en place.

Cette idée de la neuropédagogie a été mise en place dans un processus d'apprentissage : les **Cogni'Classes**. Le but est de favoriser les apprentissages permettant la consolidation en mémoire, en se basant sur le fonctionnement des cerveaux et de la mise en mémoire des nouvelles informations.

Les Cogni'Classes de Berthier

C'est un concept assez récent (2013) qui se développe de plus en plus. Il a été créé par Jean-Luc Berthier. Il s'agit d'une classe où le processus d'apprentissage des élèves se base sur les **sciences cognitives**. Ce sont les « équipes enseignantes qui choisissent les modalités pédagogiques » (Guedin, 2020) afin qu'elles rentrent dans les quatre piliers des apprentissages de Dehaene et la séquence pédagogique respecte le fonctionnement du cerveau.

Dans le livre de Houdé et Borst (2018, p. 237), les principaux objectifs des Cogni'Classes sont listés. Les sciences cognitives apportent des pistes pédagogiques à mettre en place qui respectent le fonctionnement du cerveau et qui se placent dans un socle lié aux apports des sciences cognitives : « mémorisation, compréhension, attention, implication » (Houdé & Borst, 2018, p. 240). Ces quatre objectifs nous font penser aux quatre piliers de l'apprentissage de Dehaene, mais ici, on parlera plutôt d'axes d'apprentissage que de piliers qui peuvent être travaillés à partir de plusieurs pistes pédagogiques :

- **Mémorisation** : L'enseignant cherchera à sélectionner les termes essentiels à son cours pour éviter de démotiver leurs élèves, et de favoriser la rétention des notions ainsi que de développer les rappels. On pourra utiliser des fiches mémoires ou des schémas de synthèse, ces outils seront créés par les élèves. En classe, nous pourrions introduire des activités propices à la mémorisation comme des interrogations par binômes où sa correction sera immédiate (*feedback*). Ces tests peuvent mobiliser des connaissances à l'aide de rappels libre pour l'élève (aucun indice utilisé, on cherche à consolider les informations en les cherchant en MLT), indicée (on note l'indice de mémorisation permettant l'activation de la trace mnésique sans pour autant donner la réponse à l'élève) ou par reconnaissance. À la fin du cours, l'enseignant remplit son « cahier de réactivation » (Houdé & Borst, 2018, p. 250) avec quelques questions ainsi que les réponses attendues ainsi que les rappels utilisés.
- **Compréhension** : On ne doit pas surcharger nos élèves en travail. Ils doivent laisser leur cerveau se reposer et reprendre l'apprentissage juste après. Comme en chimie organique, où il est préférable de laver trois fois une phase organique avec des petites quantités de solvant qu'une seule fois avec une plus grande quantité de solvant, pour améliorer le rendement final de la synthèse. Cette analogie fonctionne : il vaut mieux réviser trois fois en une heure et laisser le temps au cerveau de mémoriser qu'une seule fois, en trois heures. On cherchera aussi à aider les élèves à faire des liens et des associations en leur expliquant les prérequis pour les chapitres, afin d'activer certaines traces mnésiques et les laisser actives pour y ajouter les nouvelles notions aux anciennes. Pour faciliter la compréhension et l'organisation des informations en MLT, les enseignants peuvent procéder à des tests comme sur Plickers ou alors demander à leurs élèves de réaliser une carte mentale regroupant les notions essentielles du cours, c'est comme s'ils faisaient en dessin, le circuit de leur mémoire.
- **Implication** : On cherche à développer la collaboration entre les élèves. Comme pour une classe inversée, les binômes devront travailler ensemble sur une partie du cours et ils devront le présenter à la classe et au professeur. L'enseignant va procéder à la correction et ensuite le cours aura lieu. La dimension sociale est importante dans cet axe, mais elle devra être bien dirigée par l'enseignant, car les élèves n'ont pas l'habitude de travailler de cette manière. Ainsi, on doit les guider pour favoriser au mieux l'implication des groupes dans la tâche qui leur a été proposée. L'apprentissage devient donc « une affaire de groupe » (Houdé & Borst, 2018, p. 254) et la place du professeur a donc changé. Il devra se mettre plus en retrait, et moins en tant qu'acteur direct dans la transmission du savoir.
- **L'attention** : Dans son discours, l'enseignant se focalisera autour de deux « modalités de présentations » (Houdé & Borst, 2018, p. 255) : sur le visuel avec un diaporama qui ne devra pas être trop surchargé en texte ou en schéma, et sur l'auditif où le dialogue proposé aux élèves devra être en lien avec le support utilisé. Dans cet axe, on cherche à ne pas surcharger la MT afin que les élèves suivent la progression du discours du professeur, et qu'ils ne centrent pas leurs regards sur un autre endroit que le tableau ou leur enseignant.

Les Cogni'Classes de Berthier se basent essentiellement sur les apports des sciences cognitives. Les axes d'apprentissage sont directement inspirés des piliers d'apprentissage de Dehaene. En comparant avec nos différentes parties, on constate que ce concept ressemble à l'AME de Lieury avec les tests qui sont utilisés ici dans le but de développer les rappels pour l'activation des traces mnésiques. De plus, on retrouve le principe des fiches d'Abgrall, notamment sa fiche aide-mémoire, qui est nommée ici comme fiche de mémorisation complétée par le professeur et non plus par l'élève.

Pour terminer, Jean-Luc Berthier cherche à laisser plus de place à la « collaboration et à la formation en revisitant l'implication pédagogique des personnels encadrement » (Houdé & Borst, 2018, p. 237). Il peut y avoir un travail collectif de la part des enseignants dans une même matière ou pour ceux issus de matière différente (multidisciplinaires). Cette dernière idée permet particulièrement de favoriser les liens entre les notions en créant des associations entre les différentes matières enseignées à l'élève.

Deuxième partie :

Expérimentations et Résultats

Chapitre 4 | Méthodologie proposée

Chapitre 5 | Résultats et analyse

Chapitre 6 | Discussion sur les résultats obtenus

Chapitre 4 : Méthodologie proposée

À travers le cadre théorique, nous avons appris ce qu'était réellement la mémoire d'un point de vue physiologique, mais aussi, en terme d'apprentissage. On peut donc réfléchir à des stratégies de mémorisation à mettre en place dans des séquences pédagogiques afin d'aider les élèves à apprendre leur cours, mais aussi, de le comprendre. Dans ce chapitre, nous allons nous centrer sur les apports du cadre théorique par rapport à notre problématique de recherche pour en indiquer des leviers potentiels qui nous permettront de constituer une séquence pédagogique propice à la mémorisation.

I. Vers une méthodologie de recherche

I.1. L'apport du cadre théorique sur la problématique de recherche

Derrière la physiologie de la mise en mémoire des informations, nous savons que la mémorisation permet un apprentissage des notions et contenus nouveaux. Les élèves vont réaliser divers liens entre les informations nouvelles et celles antérieures afin de modifier, consolider ou supprimer certaines traces mnésiques. Afin de réaliser des tâches cognitives complexes, les apprenants vont devoir utiliser différents types de mémoire qui fonctionneront de manière dynamique (Figure 1.III.5) entre elles : MLT, mémoire épisodique et MT.

Ainsi, un apprentissage est possible grâce à la mémorisation, cependant, le problème persiste si l'élève mémorise sans pour autant comprendre (ce qui n'est pas le but recherché). Finalement, peut-on apprendre ou mémoriser sans comprendre ? Une réponse a été donnée. L'apprentissage et la mémorisation sont totalement indissociables, car l'élève fait référence à son propre vécu et à ses propres expériences pour ajouter de nouvelles connaissances. En revanche pour la compréhension, une simple stratégie de mémorisation n'est pas suffisante, il faut y ajouter une stratégie d'élaboration où nous allons plus utiliser certains neurones que d'autres en fonction de la tâche proposée (et donc du type de la stimulation ou de l'indice de récupération). Par conséquent, la compréhension se traduit par des signaux électriques plus ou moins fort en fonction de la stimulation. Apprendre, c'est modifier et consolider les traces mnésiques, voire en défaire (préconceptions, erreurs durant le processus d'apprentissage). La mémorisation et la compréhension sont deux notions proches, mais qui se basent sur deux stratégies distinctes. La mémoire, bien qu'efficace, peut être source de différentes limites, notamment l'oubli (Figure 2.I) mais aussi, tout ce qui tournait autour de l'élève lors de son processus d'apprentissage : son attention, sa motivation ou encore son émotion sur lesquelles le professeur n'a aucun contrôle.

Le but est donc de réaliser une séquence pédagogique propice à la mémorisation dont les limites de la mémoire devront être prises en compte. Il faut remarquer que certains freins à la mémorisation ne pourront pas être contrôlés par le professeur. On pense notamment au sommeil de l'élève, sur sa motivation (courbe de position sérielle, un élève peut décrocher pendant une période de la séance), mais aussi, sur sa parfaite compréhension du cours (il existera toujours quelques zones d'ombre).

Apprendre, mémoriser et comprendre sont des verbes très importants pour les professeurs. Un élève va à l'école pour apprendre et ainsi, comprendre de nouvelles notions et la mémorisation permet de se rappeler des informations qui ont été vues dans les autres chapitres (prérequis). Les sciences cognitives ont apporté plus de clarté sur l'ajout de la mémorisation dans les séquences pédagogiques. Les Cogni'Classes de Berthier, les fiches d'Abgrall et l'AME de Lieury, vont permettre l'utilisation de la mémoire dans les apprentissages. Pour juger sa mémorisation et son apprentissage, le professeur peut faire appel à la métacognition et à la métamémoire, notamment grâce à des tests qui auront lieu juste après la séance (Figure

3.II.2). Ainsi, l'élève se questionnera sur le contenu de sa mémoire lors de la récupération des informations, il consolidera ou modifiera certaines traces mnésiques en procédant à des autoévaluations : s'il tombe lui-même dans l'erreur, il sera plus simple de la corriger (signal électrique et neurone).

De ce fait, même si l'élève est un acteur de son apprentissage à travers la réalisation des fiches de mémorisation, ou même si lors de la vérification des données présentes dans sa mémoire, le professeur a toujours un rôle important dans le processus d'apprentissage. Il permet de donner des activités contextualisées et des tests permettant de donner des images mentales à ses élèves (qui vont devenir des indices de récupération). Ce retour à des activités qui se tournent vers la vie quotidienne permet de motiver l'élève et de les garder en situation de travail. En effet, ils vont plus facilement accrocher aux explications du professeur si ce qu'ils font, ont du sens pour eux (mémoire sémantique).

I.2. Leviers à la mémorisation, à l'apprentissage et à la compréhension

Fiches de mémorisation

Durant le cadre théorique, nous avons présenté les fiches d'Abgrall (fiche aide-mémoire et fiche de révision) comme des fiches aidant à la mémorisation. La réalisation des deux fiches complétera la séquence pédagogique présentée dans l'AME de Lieury. L'élève construira peu à peu sa propre fiche aide-mémoire en fonction de l'avancée du cours. Le professeur vérifiera que le travail soit accompli, mais il doit être personnel : l'apprenant doit développer lui-même ses propres indices de récupération afin de modifier ses traces mnésiques.

Les fiches de mémorisation permettent de hiérarchiser les informations en mémoire, de donner du sens aux informations (créer des liens, comprendre...), de visualiser ses connaissances et de les compléter avec celles qui ont été potentiellement oubliées au cours de la séance. Par conséquent, l'élève travaille d'une autre manière : il réalise des « opérations mentales » (Weber & Donckels, 2013, p. 171) parfois de manière spontanée (automatisme) ou de manière non spontanée (réflexion aux indices de récupération et apprentissage du processus de mémorisation).

Les fiches mémoires modélisent le circuit de notre mémoire (comme une carte mentale) en partant du plan du cours du professeur jusqu'à arriver à la fiche de révision. De plus, cette fiche aide à la compréhension et à la mémorisation. En effet, l'élève travaille sur sa mémoire pour créer la fiche aide-mémoire, donc il se pose des questions : qu'est-ce que j'ai fait/vu/appris aujourd'hui ? De quoi je me souviens ? Par conséquent, il donne du sens et crée des liens entre les différentes informations alors que la mémorisation rentre juste en jeu dans l'organisation des notions et contenus présents en mémoire.

La création de fiches de mémorisation permet de faciliter la résolution des tâches cognitives complexes (résolution de problème) puisqu'en fonction des indices de récupération repérés par l'apprenant, il pourra utiliser telles ou telles informations permettant de résoudre le problème (identification des indices de récupération). Ce retour en mémoire est d'autant plus simple et rapide si l'élève a « ordonné, structuré et associé les informations » (Weber & Donckels, 2013, p. 171) dans sa mémoire, et cela se passe notamment par la création des fiches d'Abgrall.

Les élèves devront réaliser ses fiches à la maison et le professeur viendra vérifier pendant les heures de cours si le travail demandé a été réalisé. Nous proposerons aux élèves une correction si des erreurs communes sont visibles sur leurs fiches. Ceci permettra d'éviter que les élèves mémorisent des notions erronées. Plus les erreurs ont été rapidement détectées, plus elles seront simples à déjouer, car le chemin mnésique amenant à l'erreur n'aura pas eu assez de temps pour se consolider (utilité du *feedback*).

Place du questionnement dans la séquence pédagogique

Dans la séquence pédagogique présentée aux élèves, on cherche à leur faire comprendre et apprendre les notions et les contenus du chapitre. Cependant, il faut maintenant qu'ils retiennent ces informations non pas seulement en les apprenant, mais en se souvenant. Sur le site Internet des [Sciences cognitives](#), qui défend l'idée des Cogni'Classes de Berthier, on nous indique que « le cerveau est naturellement conçu pour apprendre en se questionnant » et ceci fait référence aux modèles mentaux.

Ce modèle mental est la cause initiale des préconceptions en sciences : « les conceptions initiales sont des modèles mentaux provenant d'interactions entre l'apprenant et son environnement pour tenter d'expliquer les phénomènes qui l'entourent » (Désy, 2019, p. 15). Ainsi, se questionner pendant la séance permet de corriger des erreurs (modification et consolidation des traces mnésiques), et se questionner après la séance (durant la réalisation des fiches aide-mémoire par exemple) permet de savoir quelles sont les informations qui sont dans notre mémoire et celles que l'on a oubliées.

La place des questions et des erreurs est donc essentielle dans le processus d'apprentissage de l'élève puisque cela lui permet de modifier ses traces mnésiques. Cela montre une évolution de l'apprenant et une marque de son apprentissage.

Déconstruction des préconceptions lors du processus de mémorisation

Les élèves arrivent dans une salle de classe avec leurs propres idées (conceptions), et images mentales sur la physique et la chimie à cause de leur vision du monde et de son environnement, notamment à cause des illustrations fausses qui peuvent circuler sur des sites Internet (mécanique, système solaire, déviation de la lumière par un prisme...). Le travail du professeur est de briser ces préconceptions pour apprendre à nos élèves la physique et la chimie. Marilyn Désy parle dans son mémoire d' « erreurs de conceptions » (2019, p. 16) pour les apprenants, en prenant l'exemple du système solaire et des erreurs d'appréciation sur les distances entre les différentes planètes : on peut parler d'erreurs conceptuelles.

Si, dans notre séquence pédagogique, des préconceptions sont possibles pour les élèves (mécanique, électricité, tableau d'avancement...), le professeur doit les corriger soit en faisant tomber ses élèves dans le piège de ces préconceptions soit en se basant sur d'autres modèles construits par l'enseignant avec ses élèves (Désy, 2019, p. 18) pour créer une image mentale plus forte que l'erreur afin de la déconstruire. On cherchera donc à mettre en action l'élève pour que la stimulation électrique soit forte afin que la correction de l'erreur remplace la préconception profondément ancrée dans la mémoire de l'élève.

Par conséquent, on peut déconstruire une préconception à l'aide de la mémorisation, en ayant conscience de la physiologie de la mise en mémoire des informations. Si l'élève arrête de suivre le même chemin mnésique de la préconception et choisit le chemin de la remédiation, il va oublier cette idée fausse pour qu'à l'inverse, la correction de l'erreur se consolide peu à peu durant la séquence pédagogique (analogie de la forêt, Figure 1.II). Avec l'utilisation de la MLT, nous n'aurons plus l'émergence de cette préconception, car l'élève a réalisé un processus de mémorisation complet concernant la déconstruction de cette préconception.

II. Présentation de la méthodologie de recherche

II.1. Outils utilisés dans la séquence pédagogique

Dans notre méthodologie de recherche, nous allons mettre en place une séquence pédagogique propice à la mémorisation (en relation avec les sciences cognitives), à l'aide de l'AME de Lieury et de la réalisation des fiches d'Abgrall par les apprenants. L'élève sera acteur de son apprentissage, les activités expérimentales et celles documentaires seront contextualisées : on se basera sur des phénomènes physiques et/ou chimiques

qui entretiennent des relations avec la vie de tous les jours.

De plus, le choix du thème de la séquence pédagogique doit avoir une utilité pour les élèves. Suite aux stages réalisés, nous pouvons constater que les élèves rencontrent des difficultés dans les chapitres sur l'électricité (conventions, lois sur l'électricité, sens du courant...) et ce thème est présent au collège et au lycée. Si on se centre sur le lycée, les chapitres sur l'optique et la mécanique peuvent être aussi une source de difficultés pour les élèves (lois, préconceptions).

De plus, les documents produits par les élèves vont être utilisés dans ce mémoire comme un appui dans la rédaction et dans l'interprétation des résultats (voir Annexe M :). Pour créer la fiche aide-mémoire, les élèves devront reprendre le plan du cours proposé dans la séquence pédagogique en indiquant l'indice de récupération qu'ils utiliseront ; ce rappel sera présent sur leur fiche aide-mémoire.

Durant la séquence pédagogique, les élèves pourront poser des questions pendant le cours (questionnement collaboratif), mais aussi, après le cours, en réalisant des tests rapides (questionnement personnel) pour qu'ils se souviennent des notions importantes vues durant la dernière séance (pré-test). Aussi, la correction des exercices et des activités auront lieu directement (*feedback* immédiat) pour éviter que l'élève n'oublie pas par quel chemin mnésique il est passé pour commettre cette erreur. Sa correction sera possible et elle sera d'autant plus forte si les apprenants sont conscients de leurs erreurs (destruction des traces mnésiques amenant à l'erreur, liens avec les nouvelles informations avec celles antérieures).

En conclusion, nous allons utiliser divers outils afin de jouer sur différentes stratégies de mémorisation et leur utilité dans le processus de mémorisation des élèves :

- Travail sur la mémoire sémantique : Apport de plusieurs éléments de contextualisation (de la vie quotidienne) pour développer des indices de récupération en utilisant le cours ou les activités.
- Consolidation des éléments en mémoire : Pré-test Pronote à la suite du cours théorique.
- Hiérarchisation des informations en mémoire : Réalisation d'une fiche aide-mémoire et reconnaissance d'informations pour la fiche de révision. Cette dernière fiche sera partiellement complétée par le professeur, et c'est à l'élève de trouver quelle partie du cours ou quelles activités rentrent dans la notion à travailler pour le contrôle (une correction sera apportée par le professeur).

Remarque : Les vidéos de révision ne seront pas présentes sur la fiche de révision, car elles ont été jugées impertinentes dans notre mémoire. Bien qu'utiles, nous n'avons aucun contrôle sur ces vidéos (qui ne sont pas le fruit d'un travail personnel) puisque le contenu peut être différent de celui présenté en cours et donner aux élèves des éléments qui peuvent interférer au cours de leurs révisions.

Pour ajouter un dernier outil dans la hiérarchisation des informations en mémoire, nous allons proposer aux élèves, lors de la préparation de la séance d'évaluation, de réaliser une fiche de mémorisation. Cette fiche viendra finaliser la fiche aide-mémoire, puisqu'elle se présentera sous une forme de questions et réponses où viendra s'ajouter les différents indices de récupération de nos élèves. Cette fiche de mémorisation se présentera de la manière suivante :

Fiche de mémorisation		
Questions	Indices de récupération	Réponses
Quel est l'appareil pour mesurer une tension ?	Unité tension : volt.	Voltmètre
Quel est l'intitulé de la loi d'unicité de l'intensité dans un circuit en série ?	Analogie de la voiture électrique qui circule dans un cercle.	Dans un circuit en série, l'intensité est identique en tout point d'une boucle.

TABLEAU 4.1 – Exemple d'une fiche de mémorisation en électricité

Le professeur doit réfléchir aux différents contenus, et notions que les élèves doivent absolument connaître pour le chapitre. Les élèves seront amenés à travailler en groupe pour trouver eux-mêmes des questions ou des réponses, pendant la séance de préparation du contrôle. Cette fiche permet donc de donner du sens à la fiche aide-mémoire. Lors des révisions, les élèves pourront cacher une case parmi les trois et essayeront de retrouver par eux-mêmes ce qui se trouve derrière leur main.

II.2. Présentation des quatre classes tests

En tant que professeur contractuel alternant tiers-temps au collège, j'enseigne à quatre classes de 4ème. La séquence pédagogique est centrée sur l'électricité et plus précisément sur deux chapitres :

- Chapitre 4 : Intensité et tension électrique.
- Chapitre 5 : Lois de l'électricité dans un circuit électrique.

La stratégie pédagogique adoptée dans ces deux chapitres est une stratégie liée à une Cogni'classe avec le développement de plusieurs stratégies de mémorisation (présentées dans la partie antérieure).

Notre recueil de données se basera autour de trois groupes expérimentaux différents (Gex) qui bénéficieront de la séquence de mémorisation en ajoutant à chaque fois un outil de mémorisation propre à une stratégie. Le but est de comparer la pertinence des différents outils par rapport aux résultats d'un groupe théorique (Géo) dans lequel les élèves suivront une séquence « plus classique », c'est-à-dire, où la mémorisation ne sera pas le centre des priorités lors de la conception de cette séquence pédagogique. La figure 4.II.1, donnée ci-dessous, expose plus concrètement le travail proposé aux élèves pour chacun des groupes de travail, Géo, Gex1, Gex2 et Gex3 en donnant les différents outils utilisés en classe :

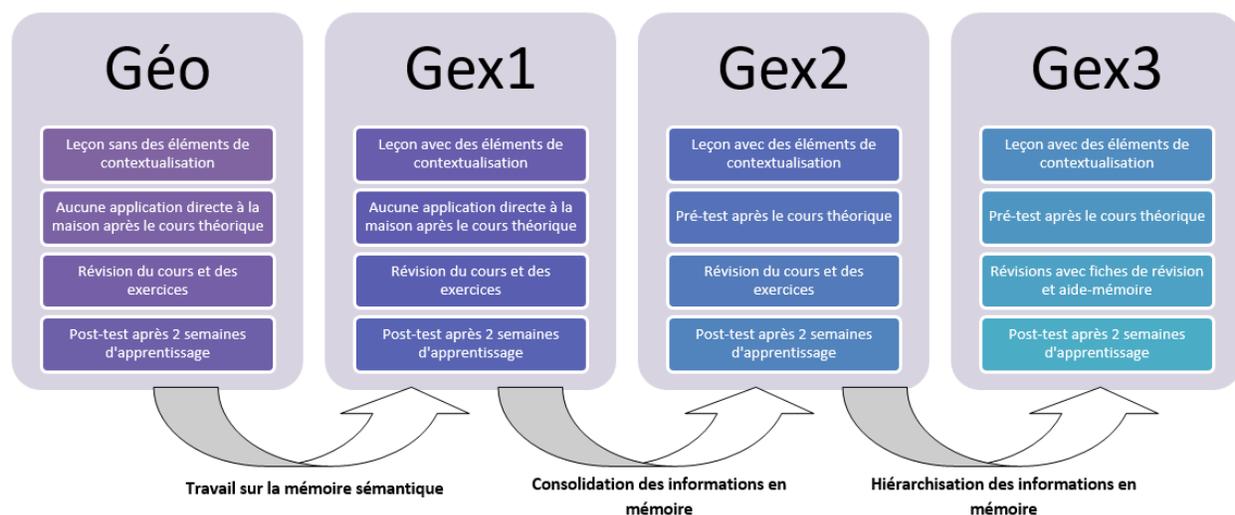


FIGURE 4.II.1 – Découpage des différents groupes de travail (Géo, Gex1, Gex2 et Gex3)

En ajoutant différentes stratégies de mémorisation à chaque groupe expérimental, cela permet de juger l'apport d'une stratégie par rapport à une autre en utilisant les différents recueils de données présentés dans la partie **II.4. Recueil de données**. Lors de l'interprétation des données, il sera donc plus simple de comparer chaque méthode pour voir laquelle a apporté un supplément par rapport à d'autres, ou à l'inverse, l'outil qui a donné des résultats moins importants malgré sa présence dans la séquence pédagogique.

Le tableau ci-dessous permet d'expliquer sous forme synthétique les différences entre la classe Géo et les classes Gex. On cherche à comparer ce qui est présent dans une des trois classes Gex à un outil "classique" présent dans la classe théorique :

Groupe expérimental (Gex)	VS	Groupe théorique (Géo)	Annexe
Présence d' analogie pour les lois de l'électricité + personnage présent dans la leçon ("Phychi") pour donner un maximum d' indices de récupération aux élèves.		Apprentissage classique de la leçon : intitulés des lois de l'électricité, unités des grandeurs physiques...	A :
Activité expérimentale contextualisée : travail sur la mémoire sémantique		Absence de contextualisation dans l'activité expérimentale..	B :
Activité documentaire contextualisée .		Série d'exercices à réaliser en cours de physique-chimie.	C :
Pré-test sous forme de QCM Pronote : consolidation des éléments en mémoire.		Absence des pré-tests après le cours théorique.	L :
Conception d' une fiche aide-mémoire par chapitre (à faire à la maison).		Correction des exercices en fonction de l'avancée des élèves.	M :.1
Conception en classe d' une fiche de mémorisation (questions, indices et réponses) lors de la séance de préparation au contrôle.		Série d'exercices de remédiation lors de la séance de préparation pour le contrôle.	M :.2
Fiche de révision à compléter où les élèves devront réaliser une reconnaissance d'information en fonction des notions et compétences indiquées par le professeur : hiérarchisation des informations en mémoire.		Absence de fiche de révision.	/

TABLEAU 4.2 – Différences entre les classes Gex et Géo lors de la séquence pédagogique

II.3. Présentation de la séquence pédagogique

*La progression des différents chapitres pour les groupes Gex et Géo peut être consultée dans l'annexe **D** :*

Leçon en électricité

Comme nous l'avons précisé dans les parties précédentes, nous allons traiter, lors de ce mémoire, deux chapitres en électricité. Le cours suivi par le groupe expérimental sera strictement le même (il y aura juste les outils mis en place qui changeront). C'est celui du groupe théorique qui sera modifié, car il n'aura pas d'éléments de contextualisation (en se basant sur la vie quotidienne) permettant le développement

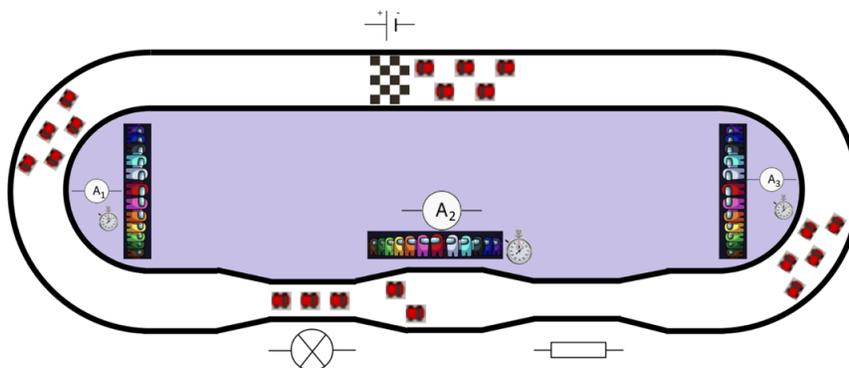
d'indices de récupération. Par exemple, nous ajouterons dans le cours Gex, un personnage "Phychi" qui aura différentes expressions. Il sera présent dans le cours sous cette forme :



FIGURE 4.II.2 – Phychi avec une expression neutre

Sitographie : Ce personnage a été créé sur le site internet suivant : [SP Studio](#).

Analogie : Vous pouvez comparer les charges électriques à de petites voitures dans un circuit automobile : le circuit électrique. Prenons 5 voitures sur la ligne départ :

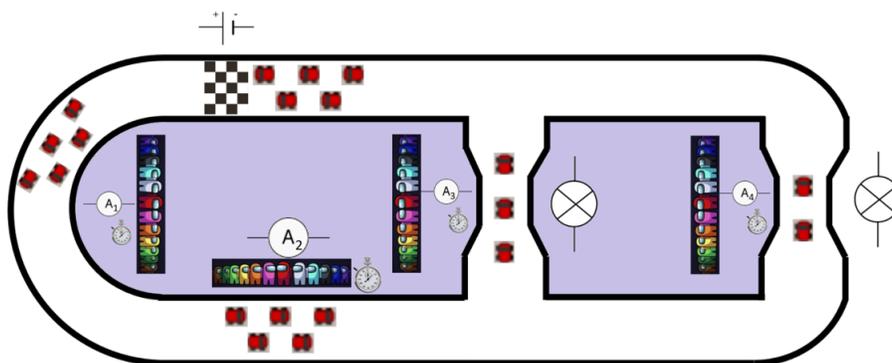


Les 5 voitures sont sur la ligne de départ. Si des spectateurs se placent en A_1 alors ils verront passer les cinq voitures. De même pour ceux placés en A_2 et en A_3 , ils verront le même nombre de voiture.

☞ Comme le circuit n'a qu'une seule boucle (donc un seul chemin de course possible), tous les spectateurs verront passer les 5 voitures et l'intensité reste donc la même.

(a) Analogie de la loi d'unicité de l'intensité dans un circuit en série

Analogie : Reprenons notre circuit « électrique » automobile avec les mêmes voitures sur la ligne départ :



Les 5 voitures sont sur la ligne de départ. Si des spectateurs se placent en A_1 et en A_2 , ils verront passer les cinq voitures. Après le stand A_2 , les voitures ont deux chemins possibles : ils se séparent en deux groupes.

Sur une voie, les spectateurs en A_3 verront que trois voitures et les deux autres voitures passent dans l'autre voie qui seront vues par les spectateurs en A_4 . Au nouveau croisement de ces deux chemins, les deux groupes se rejoignent et les cinq voitures du départ passent la ligne d'arrivée.

(b) Analogie de la loi d'additivité de l'intensité dans un circuit en dérivation

FIGURE 4.II.3 – Analogies du circuit de voiture pour les lois d'intensité dans un circuit électrique.

De plus, lors du cours sur les lois de l'électricité, nous mettrons en place des analogies pour les lois liées à l'intensité dans un circuit électrique (voir Figure 4.II.3). Cette analogie est inspirée du cours en ligne de [SPC10](#), qui propose de schématiser un circuit électrique comme un circuit de voiture électrique qui circule dans le sens conventionnel du courant (du pôle positif au pôle négatif). Nous avons amélioré l'analogie du site Internet, en ajoutant des "goulots d'étranglement" au niveau des dipôles pour montrer aux élèves que le courant électrique a plus de difficultés à circuler qu'avec un simple fil électrique (qui n'a pas de résistance interne).

Les ampèremètres seront symbolisés par des petits personnages comptant le nombre de voitures qu'ils peuvent voir. Le but d'une analogie est de créer une image mentale chez les élèves. Évidemment, cette idée ne peut pas être comprise ou acceptée par tous les élèves, mais on essaie de donner un maximum d'éléments aux apprenants pour qu'ils développent des indices de récupération par eux-mêmes.

On remarque que les différentes boucles du circuit électrique sont représentées par des zones où les voitures peuvent circuler. Ces analogies peuvent aussi simplifier la mise en équation mathématique de ces lois, car dans ce cas, on voit plus simplement le phénomène "d'unicité" ou "d'additivité" de l'intensité électrique en fonction du circuit étudié.

Remarque : En Annexe **A** :, nous donnons une comparaison entre le cours du groupe Gex et celui qui sera présenté au groupe théorique.

Activités expérimentales et documentaires

Concernant l'activité expérimentale du chapitre 5 (voir Annexe **B** :), nous avons choisi un sujet présent sur plusieurs forums en ligne par rapport à la réalisation d'une guirlande de Noël. La contextualisation a été inspirée d'un sujet du forum en ligne [Futura Sciences](#). Le but est de faire travailler les élèves autour des différentes lois de l'électricité et donc de trouver une relation mathématique reliant les différentes valeurs mesurées de tension et d'intensité.

Même si les groupes Gex ont le droit à un élément de contextualisation (réalisation d'une guirlande de Noël), il ne faut pas oublier l'importance de la manipulation dans notre matière et les compétences expérimentales exigées par le Bulletin Officiel pour le chapitre d'électricité. En conséquence, le TP proposé pour le groupe Géo sera des mesures classiques de tension et d'intensité sans aucun lien avec la vie quotidienne.

L'activité documentaire du chapitre sur les lois de l'électricité portera sur l'utilisation d'un fusible dans un circuit électrique (Annexe **C** :). On travaillera sous forme d'exercices avec les élèves de la classe Géo afin de valider la notion dédiée à ce contenu dans le Bulletin Officiel.

Choix des classes Gex : Travail à la maison

Les élèves des classes Gex auront des missions différentes à la maison. La classe Gex1 aura un travail semblable à celle de Géo puisque les apprenants auront le cours à revoir et des exercices à faire. Concernant les classes Gex2 et Gex3, ils auront du travail supplémentaire à la maison, que ce soit avec la réalisation des différents pré-tests qui auront lieu après un cours théorique (Gex2 et Gex3), mais aussi, la conception des fiches de mémorisation pour la Gex3.

Le choix des classes expérimentales a été réalisé par le professeur en fonction du travail que peuvent réaliser les élèves chez eux. Une classe où des apprenants travaillent que très peu, ne pourront pas bien mémoriser le cours chez eux, et le développement des indices de récupération se fera difficilement. De ce fait, nous n'avons pas choisi les groupes Gex en fonction des moyennes générales, mais bien en fonction de l'assiduité des élèves vis-à-vis des travaux à faire à la maison.

II.4. Recueil de données

On rappelle que notre sujet de recherche est de montrer que la mémorisation peut être utilisée comme un outil d'apprentissage pour nos classes en physique-chimie. Nous avons présenté les moyens que nous allons utiliser pour se focaliser sur une séquence pédagogique axée sur la mémorisation pour réaliser des tâches cognitives complexes (fonctionnement dynamique de la mémoire), mais aussi, sur la rétention des informations à long terme (grâce à la MLT et aux indices de récupération).

Par conséquent, pour chaque activité, nous comparerons les résultats obtenus par le groupe théorique et les groupes expérimentaux, tout en précisant notamment les effectifs et les moyennes des notes obtenues après l'apprentissage. Pour réaliser ce recueil de données, nous utiliserons trois activités différentes qui se passeront à des moments précis de la séquence pédagogique :

1. À la fin de la séquence pédagogique : Les élèves auront une évaluation sommative qui visera à répondre à notre problématique en comparant les notes obtenues pour les deux groupes. Cette stratégie permettra de juger si la mémorisation a joué un rôle dans leur apprentissage et leur compréhension du cours.
2. Lors de l'évaluation sommative : Les élèves réfléchiront sur une résolution de problème scientifique (RPS), afin de juger si la mémorisation permet vraiment de réaliser plus facilement des tâches cognitives complexes. Nous comparerons le taux de réussite par rapport aux différents groupes de travail et étudierons dans quel groupe, nous avons un taux de réussite le plus élevé.
3. Deux semaines après la séquence pédagogique : Les élèves auront un nouveau test (post-test) sur les notions et les contenus présentés au cours de la séquence pédagogique. Les apprenants ne seront pas prévenus de ce test pour éviter de biaiser les résultats obtenus à la suite de ce devoir. Il prendra la forme d'un exercice classique. Ici, on cherchera à voir si les apprenants qui ont suivi la séquence de mémorisation, ont réussi à retenir plus d'informations que les élèves du groupe théorique. Grâce aux résultats obtenus, on cherchera à prouver que la mémorisation permet la rétention en mémoire des informations en long terme.

On propose de résumer la méthodologie de recherche en un tableau récapitulatif représenté ci-dessous :

Recueil de données	RPS	Évaluation sommative	Post-test
Hypothèse de travail	La mémorisation joue un rôle dans la réalisation des tâches cognitives (complexes). (Annexe F :)	La mémoire est un outil d'apprentissage pour la physique-chimie (rappels, consolidation des traces mnésiques. . .). (Annexe E :)	Utiliser une séquence pédagogique propice à la mémorisation permet une rétention à long terme des informations en mémoire. (Annexe L :)
Outil de comparaison	Taux de réussite de la RPS	Notes obtenues à l'évaluation sommative	Résultats des élèves suite au test qui aura lieu après l'apprentissage.
Conclusion	Gex : Hypothèse validée. Géo : La séquence pédagogique liée à la mémorisation ne permet pas une résolution d'une tâche complexe.	Gex : Hypothèse validée. Géo : La mémoire ne peut pas être utilisée comme un outil d'apprentissage en classe de physique-chimie.	Gex : Hypothèse validée. Géo : Notre séquence pédagogique ne permet pas aux élèves de retenir les informations à long terme.

TABLEAU 4.3 – Tableau récapitulatif de la méthodologie de recherche

Afin de juger la qualité de cette séquence pédagogique sur la motivation et l'attention des apprenants, on peut donner à nos élèves un questionnaire à remplir à la fin de la séquence. Les questions ne porteront pas sur les notions ni sur les contenus abordés lors du chapitre, mais seront centrées uniquement sur les bienfaits et sur les ressentis des élèves par rapport à la séquence qui leur a été présentée. Une discussion aura lieu suite aux résultats du questionnaire et des commentaires des élèves.

III. Réflexions autour de l'interprétation des données

Nous allons donc comparer les différents résultats obtenus pour les différents groupes de travail sur l'évaluation sommative, la RPS et le post-test. Pour interpréter nos résultats, nous pourrions juger la qualité de la séquence pédagogique, en comparant les moyennes générales des différents groupes à celle obtenue lors des différents tests. Cette comparaison pourra faire naître plusieurs questionnements qui soulèvent une interprétation :

- L'analyse des résultats se fera à l'aide de plusieurs diagrammes en bâton (histogrammes) pour répondre aux hypothèses présentées dans le tableau 4.2.
- Nous pourrions juger l'évolution des élèves au cours de cette séquence pédagogique : On peut se demander si les élèves ayant des facilités dans la matière ont rencontré plus de difficultés, et si les stratégies proposées les ont mis mal à l'aise dans leur apprentissage. À l'inverse, est-ce que les élèves qui éprouvent des difficultés ont mieux appris à l'aide de cette séquence pédagogique ou alors ont-ils été encore plus en difficultés ?
- Il ne faut pas aussi oublier l'engagement des élèves dans la réalisation de cette séquence pédagogique : Nous avons vu, dans le cadre théorique, que l'engagement de l'élève est un pilier de l'apprentissage. On pourra donc juger à la fin de la séquence pédagogique si les élèves se sont réellement engagés pour le mémoire (tous les pré-tests réalisés, fiche de révision et aide-mémoire réalisée à temps).
- Si on constate des difficultés de mémorisation du cours par les élèves, on peut l'expliquer par les limites de la mémoire. Des informations dans la séquence pédagogique ont pu interférer (**théorie de l'interférence**) entre elles (codage entre intensité et tension, branchement du multimètre), ou alors, les traces mnésiques des élèves ne sont pas complètes, des zones d'ombre ne permettent pas de retrouver l'information recherchée même avec persistance (**théorie de l'entrave**).

Tous les résultats obtenus seront analysés scrupuleusement, en proposant plusieurs outils de comparaisons entre les différents groupes de travail et aussi, en n'oubliant pas les apports d'explication donnés par le cadre théorique pour certaines interprétations. Il ne faut pas oublier les cas des élèves qui sont dans le dispositif ULYS. Ces élèves seront intégrés dans la séquence pédagogique, mais en fonction de leurs difficultés d'apprentissage, leurs résultats ne seront pas comptés dans la moyenne finale de la classe.

Chapitre 5 : Résultats et analyse

Tous les tableaux de résultats des élèves (créés initialement sur le logiciel Excel du pack Office Microsoft) sont consultables dans la partie Annexe G : de ce document. Le lecteur trouvera toutes les données « brutes » sous forme de tableau qui nous ont permis de discuter des différents résultats obtenus et concevoir les différents graphiques (histogrammes, diagrammes circulaires) présentés dans ce chapitre sur l'analyse des résultats.

De plus, au lieu de prendre un groupe classe entier (23 à 29 élèves), on a décidé de se centrer uniquement sur les élèves présents à tous les contrôles depuis le début de l'année. Le but est de faciliter l'analyse et d'avoir un traitement des résultats qui soit le plus rigoureux possible.

I. Notes obtenues aux devoirs surveillés selon les types d'élève dans chacun des groupes de travail

Nous précisons que dans cette partie, on ne cherche pas à catégoriser les élèves ni à les étiqueter. Nous savons qu'un élève en difficulté peut corriger ses obstacles afin d'évoluer dans la matière, et inversement, un autre élève que nous pensions avec des facilités dans la matière peut aussi devenir un élève en difficulté. En revanche, on cherche à voir l'évolution d'un élève dans la séquence en fonction du cours présenté et des outils utilisés qui permettent de soutenir la mémorisation. Nous chercherons à voir si l'utilisation d'un outil marque une évolution dans l'apprentissage de l'élève ou alors s'il a été dérangé avec l'utilisation de ces nouveaux outils.

Les devoirs surveillés (DS) des chapitres 1 à 3 ont pour thème, la chimie. Les chapitres 4 et 5 sont ceux travaillés dans le mémoire de recherche.

Aide au lecteur : Dans cette partie, les graphiques obtenus proviennent des différentes **notes obtenues seulement par un(e) élève présent à toutes les évaluations sommatives** de chaque groupe de travail. L'élève en question a été choisi en fonction de l'évolution de ses notes lors des trois premiers devoirs surveillés en chimie (les tableaux des résultats peuvent être consultés à partir du Tableau G.1 de la partie Annexe).

I.1. Élèves en difficulté dans la matière

D'après la Figure 5.1, on constate dans le groupe Géo, que plusieurs élèves ont continué à être en difficulté malgré le cours présenté. Cependant, on constate une légère augmentation d'une note dans les groupes Gex1 et 2 sur un des deux contrôles. Cela dépendait fortement des exercices proposés. En effet, soit l'élève a mieux réussi l'épreuve de manipulation ou celui sur l'application ou la restitution du cours.

De plus, on voit une amélioration dans les résultats dans le Gex3, certains élèves n'ont pas cessé d'améliorer leurs notes à partir du chapitre 4. Lors du déroulé des deux séquences pédagogiques, les apprenants ont su rester sérieux dans la conception des fiches de mémorisation et dans les révisions.

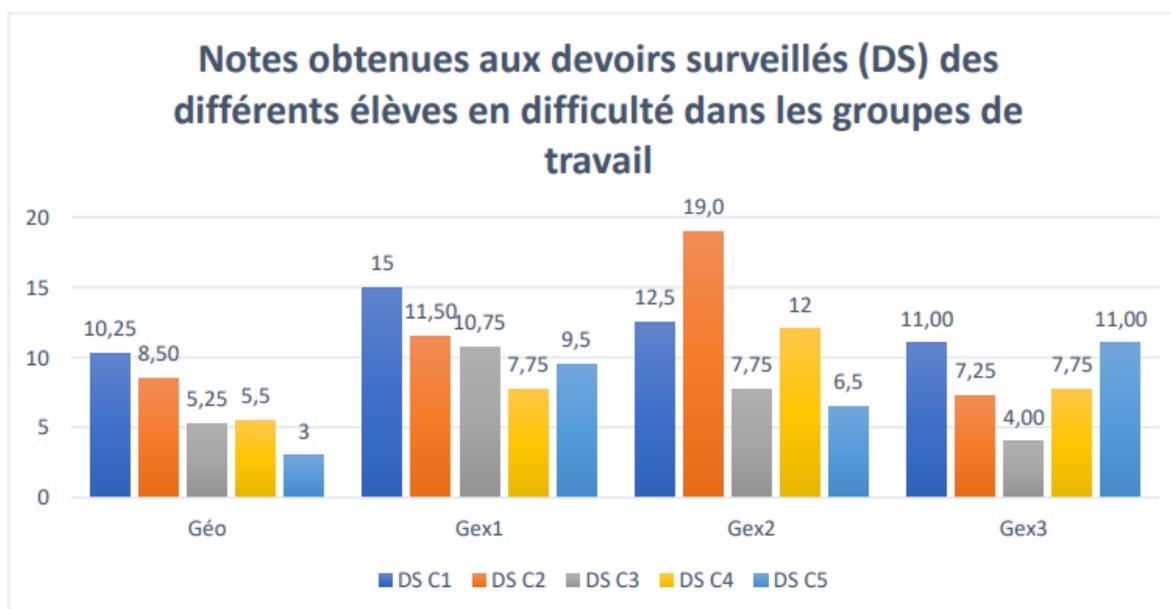
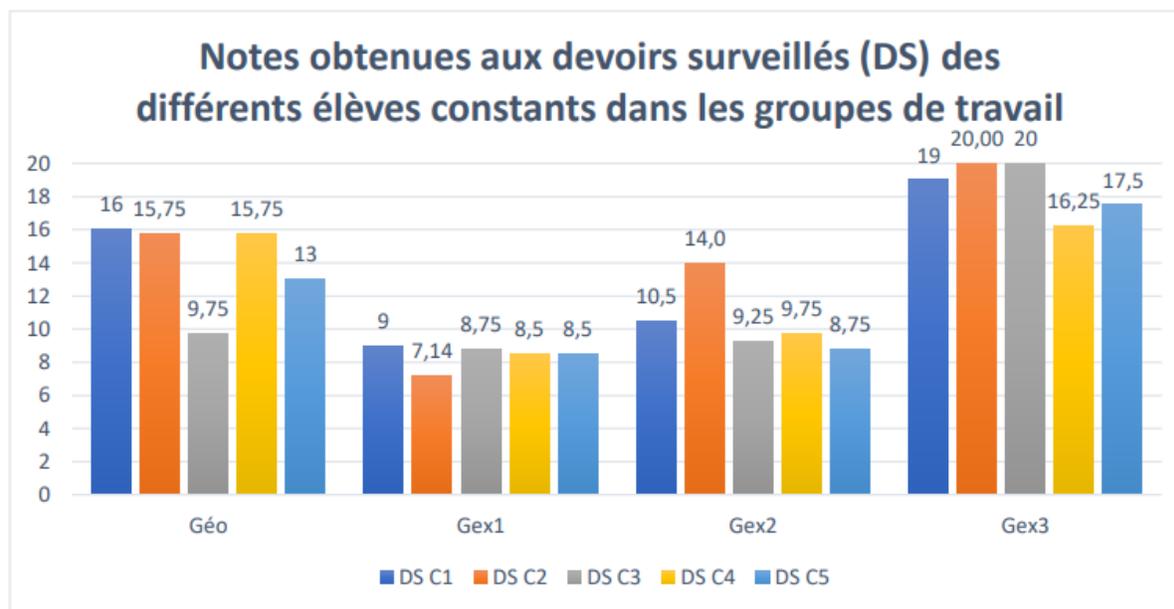


FIGURE 5.1 – Notes obtenues aux DS en électricité pour un élève en difficulté de chaque groupe expérimental

Exemple de lecture du graphique : L'élève du Gex1 a eu la note de 11,5/20 à l'évaluation du chapitre 2

I.2. Élèves constants dans la matière

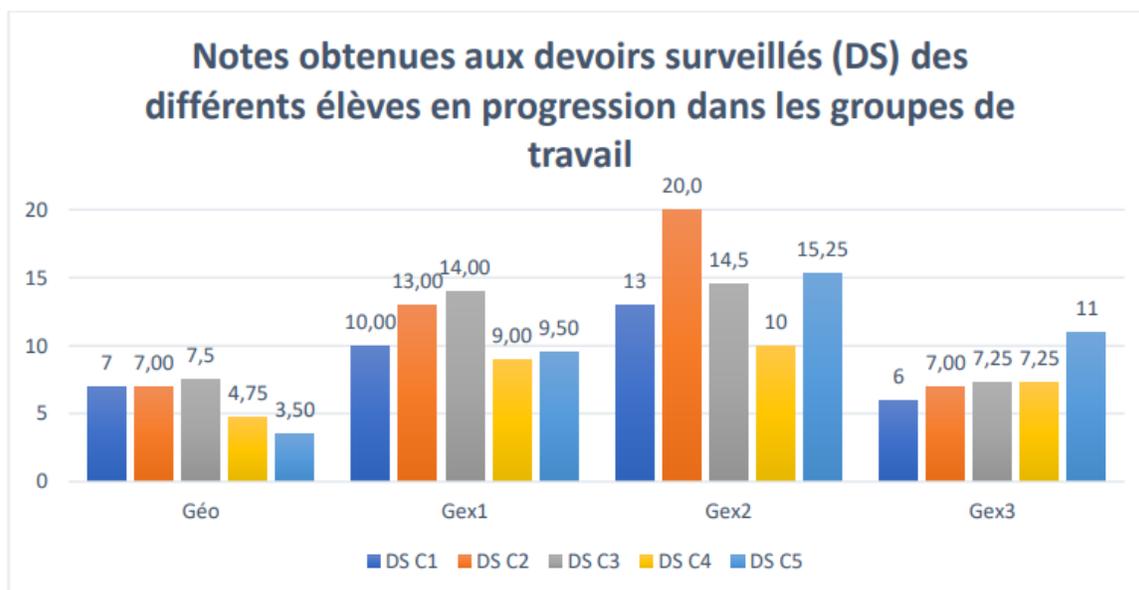


Si on compare les différents histogrammes pour chaque groupe de travail, il n'a pas de changement alarmant par rapport aux différents élèves. Nous obtenons des résultats semblables (d'un point de vue de l'évolution des notes) en fonction des quatre groupes. Les résultats demeurent constants.

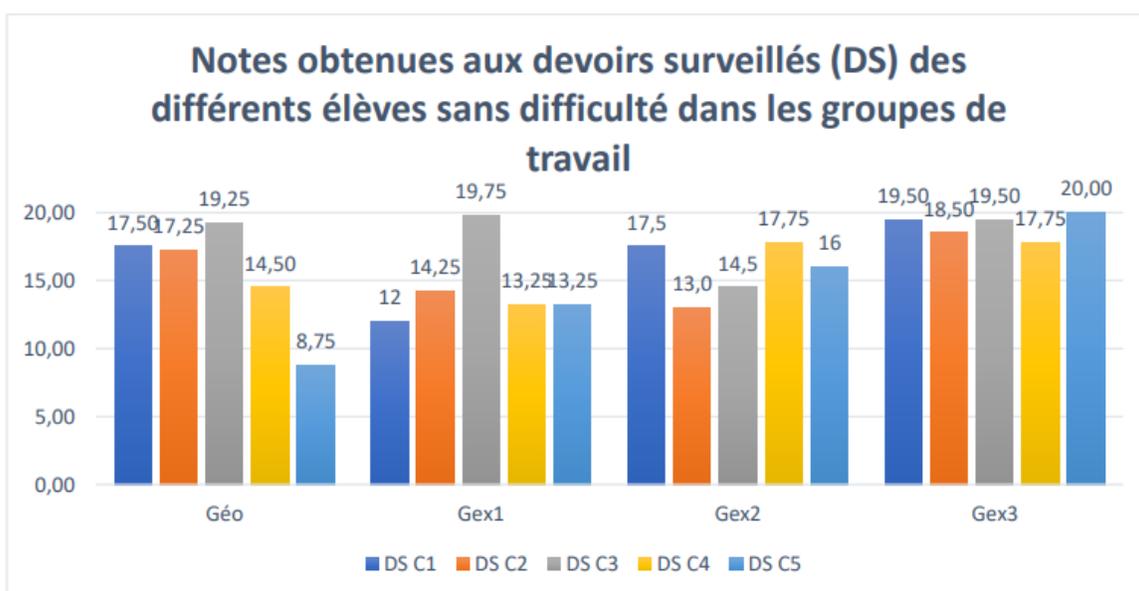
I.3. Élèves en progression dans la matière

La marche de progression des élèves sont présents dans les groupes expérimentaux. Les outils proposés aux élèves leur ont permis de continuer leur progression dans la matière. La continuité pédagogique dans le groupe théorique et le changement de thème (passage en physique), a coupé l'élève dans sa progression.

Dans le cas des groupes expérimentaux, les outils proposés n'ont pas découragé les élèves et ont continué à les faire progresser dans la matière. On retiendra que de proposer des changements dans notre manière de concevoir un cours est un plus pour certains apprenants. Varier ses stratégies pédagogiques semblent important, mais il ne faut pas oublier que certaines sont plus à même à entrer en adéquation avec le fonctionnement de l'apprentissage de l'élève et la thématique du chapitre.



I.4. Élèves sans difficultés dans la matière



De façon surprenante, l'élève dans la classe théorique a eu plus de difficultés à conserver son niveau dans les chapitres en électricité comparé aux autres élèves présents dans les groupes expérimentaux. Si on reprend le graphique de chaque élève du groupe Géo, on voit que certains se sont améliorés sur le chapitre 5. Il n'y a que 5 élèves sur 19 (26%) qui ont réussi à avoir une note supérieure à celle obtenue au chapitre 3, les 74% restants ont vu leur note baissée lors du changement de thème.

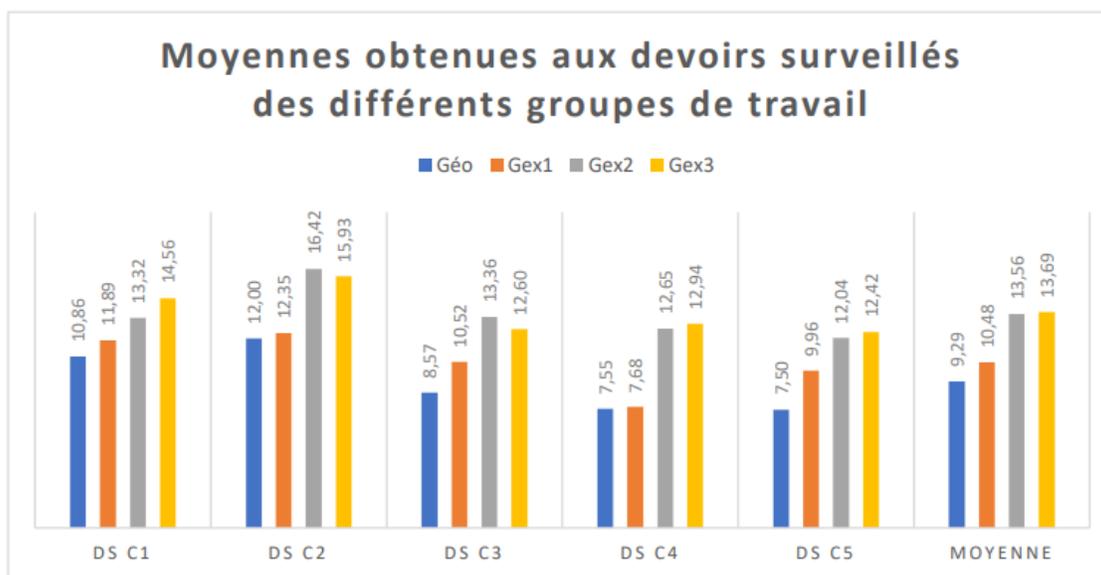
On constate une baisse aussi pour l'élève du Gex1, cependant, il a su rester constant dans ses notes obtenues lors des deux DS sur les chapitres en électricité. Une simple contextualisation ne lui a pas permis de garder les mêmes notes des précédents contrôles. Il n'y a eu aucun changement notable pour les élèves des groupes Gex2 et 3.

II. Analyse du découpage de points sur les devoirs-surveillés

Dans cette partie, nous prendrons en compte toutes les notes de nos élèves afin d'étudier les différentes moyennes obtenues lors des cinq devoirs surveillés et les découpages des points. Cette dernière partie nous permettra de voir quelle stratégie a mieux influencé les résultats obtenus d'un exercice (restitution du cours, son application, résolution de problème scientifique).

Aide au lecteur : Les graphiques présentées proviennent des différentes moyennes obtenues par **tous les élèves présents à toutes les évaluations sommatives** pour chaque groupe de travail. Les histogrammes sur le découpage de point (Figures 5.2 et 5.3) et des résultats de la RPS (Figure 5.4) ont été acquis en utilisant **les mêmes paramètres** que sur les moyennes des différentes évaluations sommatives (seulement avec **tous** les élèves présents à chaque DS).

II.1. Moyennes obtenues par rapport aux différents devoirs surveillés.



Exemple de lecture du graphique : Le groupe Géo a eu la moyenne de 12/20 à l'évaluation du chapitre 2

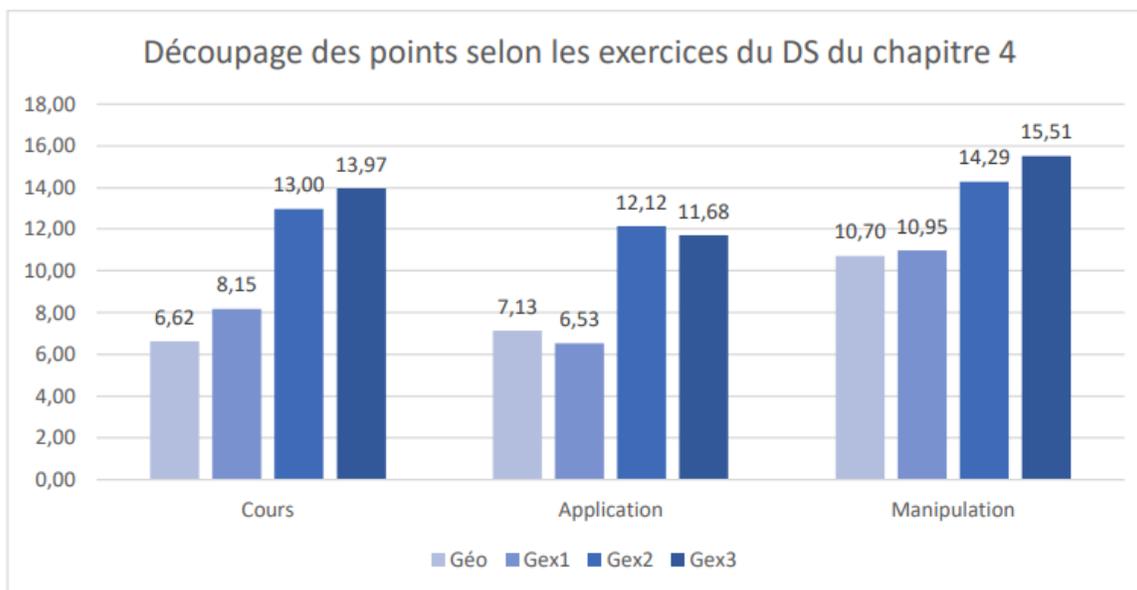
On remarque que les moyennes ont petit à petit baissé pour tous les groupes de travail. Cette baisse a continué même après le DS du chapitre 4 pour les groupes Géo (chute de quasiment 1 point) et Gex2 (baisse de 0,59 point).

En revanche, on voit une amélioration pour les groupes expérimentaux Gex1 et 3 de 0,29 et 0,14 points. De cette analyse, on retiendra la baisse la plus marquée au niveau du groupe théorique.

II.2. Découpage des points pour le DS du chapitre 4

Pour chaque contrôle sur les chapitres en électricité, on a séparé les différents exercices selon divers critères : cours, application, RPS ou manipulation. Pour chaque élève, on a inscrit les points qu'il a obtenus en fonction des exercices.

On comparera les résultats de chaque groupe de travail pour voir quel outil de mémorisation a été le plus efficace pour un exercice en particulier.



Toutes les moyennes ont été ramenées sur 20

FIGURE 5.2 – Découpage des points du DS du chapitre 4

Prenons en compte les points forts de chaque classe en fonction de leurs moyennes et des exercices proposés, on voit que la classe théorique a rencontré des difficultés dans les questions de cours. Le groupe Gex3 a obtenu le meilleur résultat avec un écart assez important comparé au Gex2 (0,97 points).

Si on s'intéresse à l'application du cours, le groupe expérimental sur les pré-tests a eu une meilleure moyenne que les autres groupes (0,44 points de différence par rapport au Gex3). On remarque aussi à nouveau un grand écart entre les deux premiers groupes de travail et les deux derniers ; l'ajout des pré-tests permettrait donc une plus-value par rapport aux questions d'application du cours.

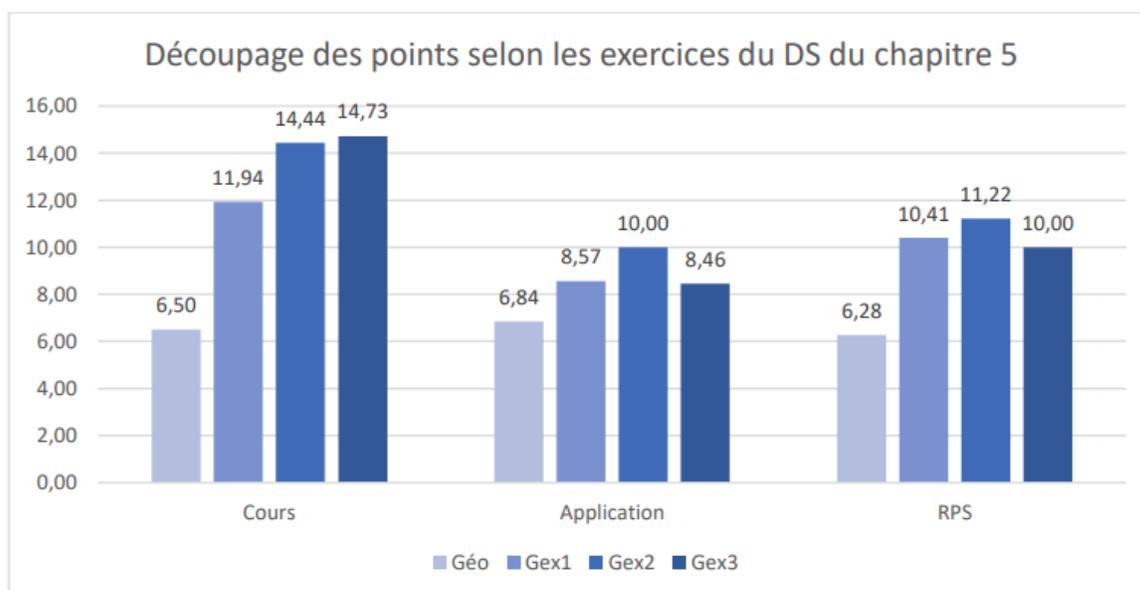
Par rapport à la partie manipulative, où il était demandé aux élèves de réaliser un circuit électrique et de mesurer une tension ou une intensité en branchant l'appareil de mesure adéquat, on voit que le Gex3 a été le « meilleur » dans cet exercice (1,22 points d'écart avec le Gex2). Les groupes Géo et Gex1 ont obtenu des moyennes pratiquement égales, ainsi, une simple contextualisation (Gex1) ne permet pas de travailler sur une mémorisation des techniques expérimentales.

II.3. Découpage des points pour le DS du chapitre 5

Analyse des questions et de l'application du cours

L'analyse des différents résultats sur les exercices du chapitre 5 relève les mêmes tendances que celles énoncées dans le chapitre 4. Le groupe théorique continue à rencontrer des difficultés dans la restitution et l'application des savoirs. On retrouve tout de même une belle progression du groupe de contextualisation (Gex1) dans ces exercices par rapport au dernier chapitre (+3,79 points) qui s'explique par la bonne moyenne lors de résolution de problème.

Bien que la différence ne soit pas aussi importante, le groupe Gex3 a toujours obtenu le meilleur résultat par rapport au Gex2. L'utilisation d'outils autour de la hiérarchisation des savoirs a une réelle utilité dans la restitution des connaissances cela passe notamment par la détection des indices de récupération dans les différentes questions.



Toutes les moyennes ont été ramenées sur 20

FIGURE 5.3 – Découpage des points du DS du chapitre 5

Si on se concentre maintenant sur l'application du cours, le groupe Gex2 continue à avoir les meilleurs résultats, avec une progression pour le groupe Gex1 et une régression pour le Gex3. Ici, on voit que les pré-tests ont joué un rôle dans l'application du cours. En revanche, la contextualisation et l'utilisation de fiches de mémorisation ne permettent pas en première approche d'optimiser les résultats dans l'application du cours. Pour un tel exercice, la consolidation des savoirs semble être la meilleure stratégie pour travailler sur l'application des notions travaillées en classe.

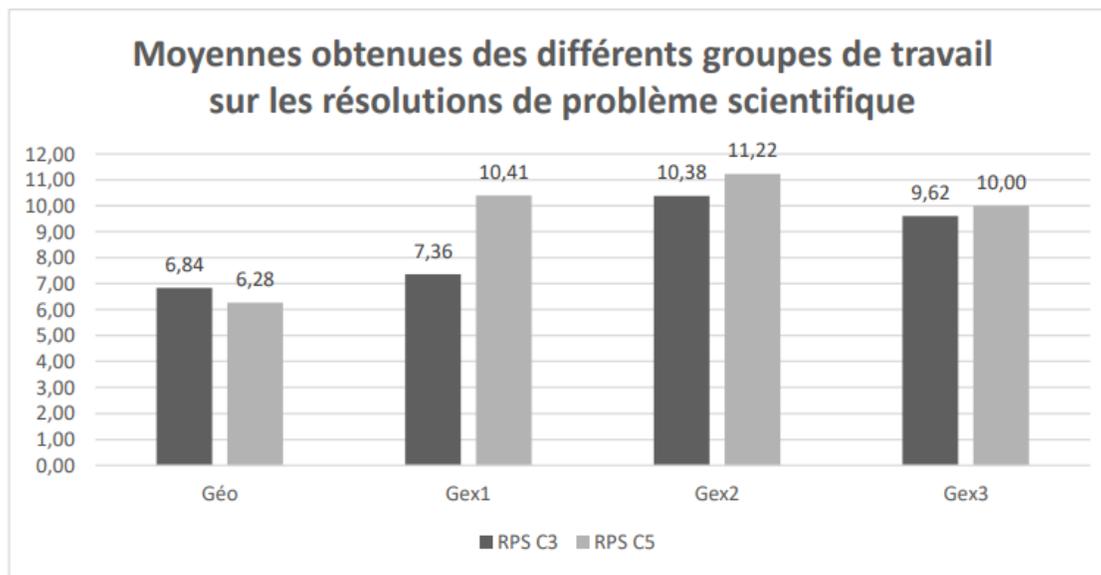
Nous parlerons plus précisément de la partie sur la résolution de problème dans la partie suivante, mais on voit déjà que la contextualisation a joué un rôle assez important dans la résolution de l'exercice (au même titre que les autres outils). Le groupe Gex2 a amélioré ses résultats dans cet exercice par rapport à celle du chapitre 3 (+3,05 points). Cette évolution marque une nette amélioration dans la mobilisation des savoirs pour répondre à un problème scientifique.

Résultats obtenus à la suite de la résolution de problème scientifique (RPS)

Les élèves ont eu à réfléchir à une résolution de problème sur le chapitre 3 sur l'analyse d'une image permettant d'expliquer le rôle de la photosynthèse comme transformation chimique qui limite le dérèglement climatique. Pour chaque groupe de travail, nous avons repris les points obtenus par chaque élève des groupes de travail à cet exercice et nous avons fait la moyenne en la transformant sur 20.

On remarque que les groupes expérimentaux ont vu leur moyenne augmentée sur ce type d'exercice, avec une très belle progression dans le groupe Gex1. On voit que le travail sur une activité contextualisée a permis aux élèves de mieux aborder le problème qui était devant eux.

Cette augmentation n'est pas aussi significative pour le groupe Gex3 où les élèves ont majoritairement choisi de se centrer principalement sur les questions de cours et d'application de cours au lieu de réfléchir et proposer une solution à la résolution de problème. Malgré cela, certains ont réussi à trouver la solution, alors que d'autres, ont seulement commencé une démarche de réflexion autour du problème (réalisation du circuit électrique, quelle loi de l'électricité est à appliquer).



La moyenne de l'exercice a été ramenée sur 20.

FIGURE 5.4 – Moyennes obtenues par les groupes de travail sur les résolutions de problème scientifique

Exemple de lecture du graphique : Le groupe Gex2 a eu la moyenne de 11,22/20 à la RPS du chapitre 5.

On voit que l'approche « classique » d'un cours n'a pas vraiment permis aux élèves de la classe théorique d'améliorer leurs résultats dans cet exercice. Beaucoup ne se sont pas engagés dans le problème malgré les indications orales pour les guider au mieux dans la résolution de cet exercice.

III. Moyennes obtenues aux différents pré-tests et au post-test

On rappelle que les pré-tests sont situés juste après le cours théorique. Ils sont réalisés à la maison via Pronote. Concernant le post-test, il a eu lieu deux semaines après l'apprentissage sans avoir prévenu les élèves (et de risquer de biaiser les résultats).

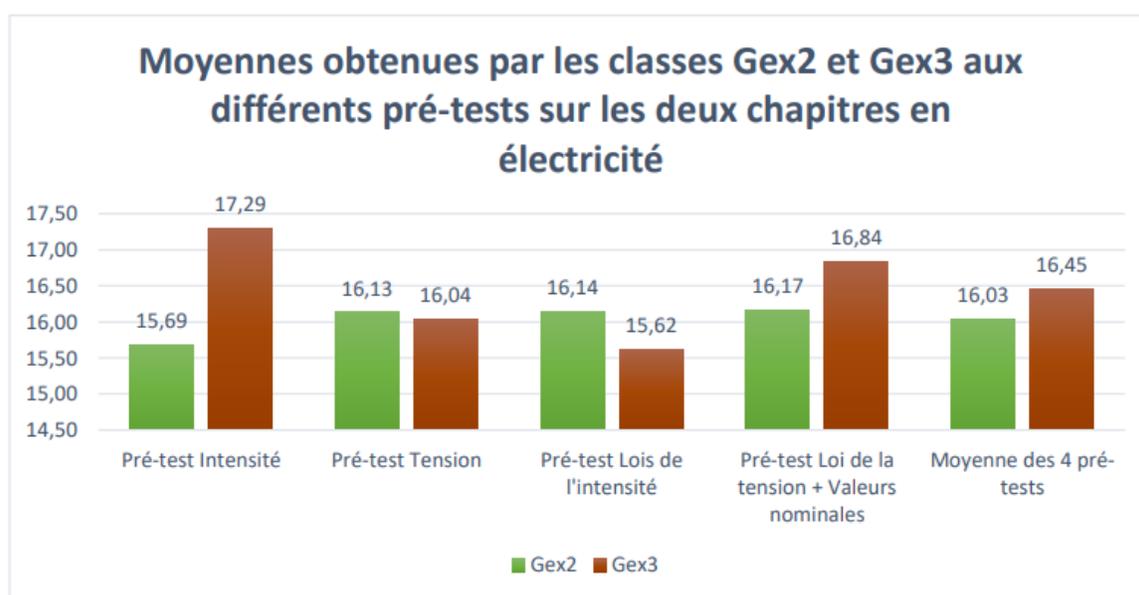
Aide au lecteur : Le graphique pré-test a été obtenu en faisant **la moyenne des notes des élèves présents à toutes les évaluations sommatives**, afin de comparer efficacement les moyennes des DS (et résultats individuels des élèves des deux groupes expérimentaux) avec celles des différents pré-tests (voir les résultats Tableau I.1 et le document élève avec la Figure K.4). En revanche, le graphique du post-test a été acquis en prenant en compte la moyenne des notes des **élèves présents en classe lors des deux DS en électricité** (ici, on s'intéresse juste à la partie électricité, et à la séquence pédagogique proposée) (document post-test élève disponible sur la Figure L).

III.1. Pré-tests sur tension et intensité électrique

Seuls les groupes Gex2 et Gex3 sont concernés par les pré-tests. On donne les différents résultats issus de l'outil QCM de Pronote.

Nous avons été assez surpris de voir des moyennes constantes pour le groupe Gex2, lors des trois derniers pré-tests sur les lois de l'électricité et la tension électrique. On remarque que celle obtenue sur l'intensité électrique n'est pas si éloignée des autres moyennes (à environ 0,5 point). Cela peut s'expliquer par une automatisation de cette stratégie de mémorisation, car tous les élèves ont terminé la tentative Pronote juste après le cours théorique, et cela, en suivant les directives de leur enseignant.

En comparaison avec les élèves du Gex3, la différence des moyennes peut être très faible ou nettement supérieure pour cette classe expérimentale, notamment sur le pré-test sur l'intensité électrique (1,6 points).

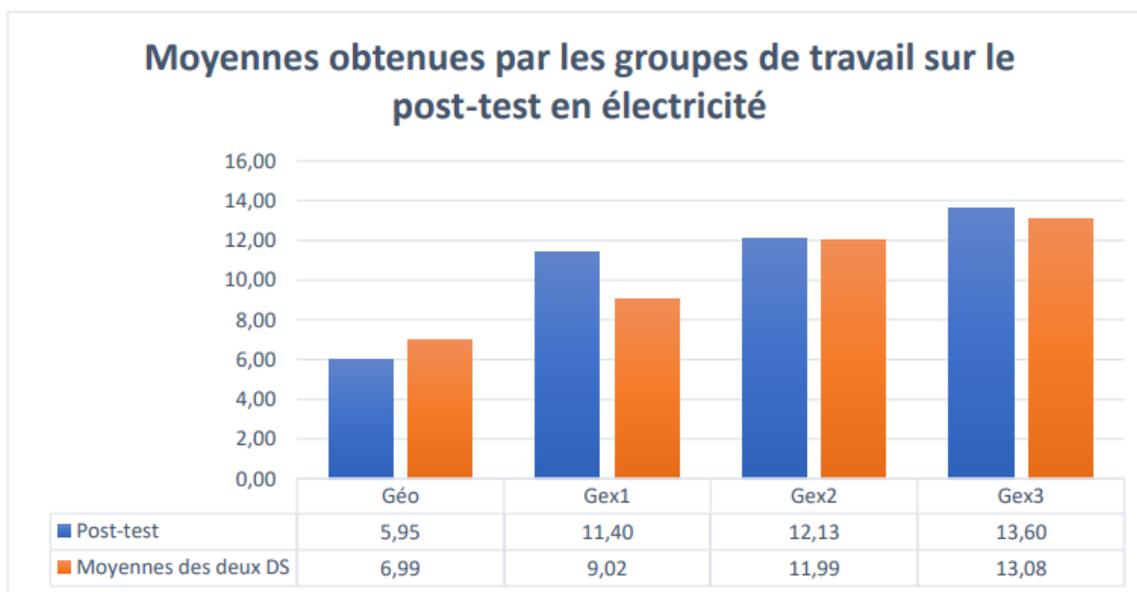


La moyenne des différents pré-tests a été ramenée sur 20.

III.2. Résultats du post-test

Analyse des résultats globaux

Dans cette partie, on propose d'analyser les résultats de tous les élèves présents en classe lors des deux DS et du post-test afin de constater la marque d'une mémorisation sur les chapitres en électricité :



La moyenne du post-test a été ramenée sur 20.

Au départ, les élèves ont vite eu peur de ce test en pensant que c'était un contrôle surprise pris en compte dans la moyenne. La pression était telle que nous avons dû préciser les conditions d'évaluation liées à ce test pour les garder motivés et qu'ils répondent aux questions sans stress, ce qui aurait pu biaiser les résultats à cause de l'état de l'élève lors du contrôle et qui pourrait nuire à la restitution des informations mémorisées.

Après deux semaines d'apprentissage, en première approche, on peut voir que les moyennes ne sont pas les mêmes que lors des devoirs surveillés sur les chapitres en électricité. On a calculé cette différence entre la moyenne du post-test et celles des deux évaluations pour apporter une meilleure analyse :

Groupe de travail	Géo	Gex1	Gex2	Gex3
Moyennes	6,99	9,02	11,99	13,08
Différence avec le post-test	-1,04	+2,37	+0,14	+0,53

TABLEAU 5.1 – Comparaison des moyennes obtenues entre celle du post-test et celles des deux devoirs surveillés en électricité.

On voit que des notions ont été plus oubliées après les deux semaines d'apprentissage pour le groupe théorique, qui est le seul à avoir une différence négative entre les deux moyennes. Lors du cadre théorique, on a vu ce qu'on appelait la **théorie de l'entrave** et la notion des zones d'ombre chez les élèves. Les chemins de la mémoire ne sont pas encore totalement complets, il manque encore des informations pour les parfaire complètement.

Si on regarde plus précisément les classes expérimentales, on voit que celle avec la contextualisation obtient un meilleur résultat que le Gex3. Il ne faut pas faire des conclusions hâtives. Les questions posées dans le post-test étaient voulues nettement plus simples que celles du devoir surveillé, donc les résultats sont forcément meilleurs que le DS.

En revanche, on voit que les élèves n'ont pas oublié les notions travaillées les semaines auparavant. L'ajout des outils de mémorisation semble être réellement pertinent pour la rétention à long terme des informations en mémoire, comme le suggère le résultat de ce post-test.

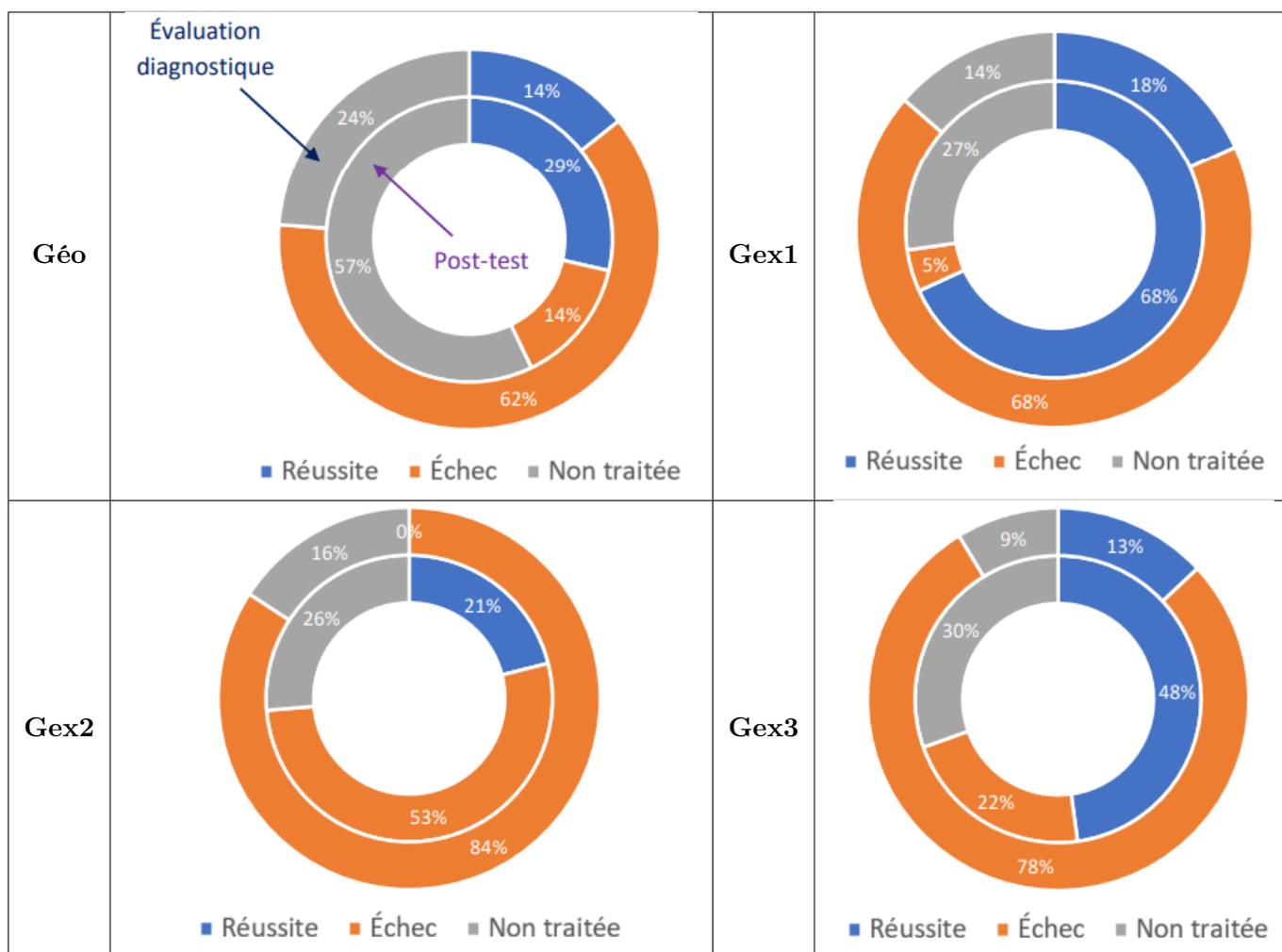
Analyse des résultats obtenus sur la question de la préconception en électricité

Aide au lecteur : Lors de cette analyse, on a pris en compte **tous les groupes classes en entier** avec les élèves qui étaient présents à la fois à la première séance de cours et à la dernière lors du post-test (résultats bruts disponibles dans les tableaux de la partie Annexe : Tableau J.1).

Lors de la première séance en électricité, nous avons réalisé avec les quatre groupes de travail une évaluation diagnostique. On rappelle que le but de cette évaluation est de vérifier les connaissances antérieures des élèves afin de corriger les quelques erreurs ou faiblesses qui demeurent avant de commencer un nouveau chapitre.

À ce titre, nous avons demandé à chaque élève de répondre à une question sur une conception initiale présente en électricité et en lien avec l'intensité électrique, qui est de penser que « l'intensité électrique se consomme petit à petit dans le circuit électrique ». Une variante est possible en disant que « l'intensité électrique est plus importante au niveau du pôle positif du générateur ».

On donne les résultats pour chaque groupe de travail :



L'**anneau central** représente le pourcentage des différents résultats du post-test alors que le plus **grand anneau** indique le pourcentage des différents résultats de l'évaluation diagnostique

TABLEAU 5.2 – Résultats à la question sur la préconception pour les différents groupes de travail

Pour éviter que les élèves qui n'ayant pas confiance en eux s'appuient sur les réponses des élèves « plus forts » dans la matière, les apprenants ont procédé au vote les yeux fermés. Le professeur lit à haute-voix les différentes propositions, et les élèves lèvent la main lorsque cela leur semble être la bonne réponse. Nous compterons le nombre de mains levées à chaque réponse et proposerons aux élèves qui se sont trompés d'expliquer pourquoi ils pensent que leur réponse est la bonne.

Après les deux séquences d'apprentissage en électricité, lors du post-test, l'enseignant va poser quasiment la même question, mais ici, les élèves devront justifier leur réponse en utilisant une des lois de l'électricité. Le but de cette partie est donc de comparer les réponses positives, négatives ou nulles (question non traitée) pour voir si l'utilisation des outils de mémorisation a permis de déconstruire cette préconception, ou à l'inverse, de la renforcer dans l'esprit de l'élève.

Pour chaque groupe, on constate que les élèves ont choisi de moins traiter la question sur la préconception lors du post-test. Malgré cela, les résultats montrent la marque d'un apprentissage, que ce soit dans les groupes théorique ou expérimentaux par rapport au début de la séquence en électricité avec l'évaluation diagnostique.

Si on s'intéresse aux pourcentages de réponse juste, on voit que la différence est plus importante pour les groupes expérimentaux. L'écart est de 20 à 50% par rapport au 15% du groupe théorique. La majorité des élèves n'ayant pas traité la question sur la préconception se trouve dans le groupe théorique. On peut partir du principe qu'ils ne connaissaient pas la réponse, puisque le temps nécessaire pour réaliser ce post-test était suffisant.

Ainsi le choix pédagogique de faire découvrir l'erreur par l'élève lors de l'évaluation diagnostique est réellement pertinent dans la déconstruction de la conception initiale, que ce soit dans les groupes théorique ou expérimentaux. En revanche, il est plus intéressant d'adopter des stratégies de mémorisation pour éviter que les élèves ne retombent trop rapidement dans l'erreur.

Chapitre 6 :

Discussion sur les résultats obtenus

Pour conclure notre partie sur l'expérimentation et les résultats, on propose un dernier chapitre sur une synthèse globale des analyses des différentes données recueillies lors de la partie expérimentale de notre mémoire de recherche.

Cette partie réflexive nous permettra de revenir sur notre problématique générale : « En quoi le recours à une séquence pédagogique reposant sur des stratégies de mémorisation favorise l'apprentissage en classe de physique-chimie? ». On cherchera donc à montrer que l'utilisation de plusieurs outils centrés sur la mémorisation, peut être utilisé dans le cadre de notre matière qui est la physique et la chimie.

Dans un premier temps, nous allons confronter nos différents résultats présentés dans le chapitre précédent à nos trois hypothèses émises en début de cette seconde partie. Dans un second temps, nous partagerons un retour d'expérience de cette séquence basée autour de la mémorisation pour un enseignant, puis pour les élèves qui ont répondu à un questionnaire. Pour finir, on proposera des points d'amélioration de cette séquence pédagogique pour les prochaines années en s'appuyant sur les théories de l'oubli énoncées dans le cadre théorique.

I. Retour sur les hypothèses de travail

On rappelle que les différentes hypothèses présentées dans cette partie ont été énoncés dans la présentation de la méthodologie (Tableau 4.3 : Tableau récapitulatif de la méthodologie de recherche).

I.1. Mémorisation et tâche cognitive complexe (RPS)

Lors de l'analyse des résultats, nous avons montré que l'ajout des outils et notamment sur l'activité contextualisée a permis de faire progresser les élèves dans l'exercice de résolution de problème. Cette activité a développé des **indices de récupération** réutilisés par l'élève au cours de cet exercice assez complexe pour des apprenants du cycle 4.

Si on compare les groupes expérimentaux au groupe théorique, on voit que ce dernier a eu plus de difficultés par rapport aux autres classes (voir Figure 5.4). Le travail sur la **mémoire sémantique** permet donc de développer les compétences des élèves autour de la résolution de problème. Ainsi plus l'élève a d'indices en tête et des connexions fortes entre elles, plus le problème sera facile à résoudre. On rappelle que la **consolidation des informations en mémoire** n'est possible qu'avec les pré-tests après le cours théorique.

Finalement, chaque outil de mémorisation a un rôle à jouer dans cet exercice de RPS, mais il ne faut pas oublier l'importance de la création d'indice de récupération au départ de l'apprentissage. Ces indices seront consolidés grâce aux différents pré-tests, puis, on aura une **hiérarchisation des informations** en associant diverses traces mnésiques et en faisant une sélection dans les informations mémorisées afin de résoudre le problème demandé. Chaque étape est donc importante et doit suivre un ordre logique.

I.2. Mémorisation et apprentissage

Tout d'abord, on va s'arrêter sur les découpages des points des différents exercices des deux évaluations sommatives des deux chapitres en électricité. On a vu que chaque outil a une influence sur un type d'exercice en particulier :

- Contextualisation : Résolution de problème
- Pré-tests : Application du cours
- Fiche aide-mémoire et de mémorisation : Restitution du cours

Ce classement ci-dessus est assez intéressant et logique, car il est le fruit des résultats de nos trois groupes expérimentaux sur les deux évaluations sommatives (Figures 5.2 et 5.3). Le choix d'avoir créé trois groupes différents en ajoutant à chaque fois un outil supplémentaire, nous a permis de faire cette comparaison assez simplement. En comparant nos trois groupes Gex, on a analysé les différences entre les groupes au regard de l'outil de mémorisation utilisé.

Dans la partie précédente, on a souligné la place principale jouée par la **contextualisation** dans la résolution de problème et dans l'apprentissage de nos élèves, car elle permet la création des **indices de récupération**. Les pré-tests ont un rôle à jouer sur l'évolution constante de l'élève au cours de la séquence en leur proposant de vérifier rapidement si les notions qu'il pensait réellement savoir ont été bien comprises. Ces tests ne permettent pas concrètement de remplacer des exercices basiques. En revanche, le fait d'avoir accès à une **auto-correction rapide** (*feedback* immédiat) et que l'attrait de la nouveauté intéresse plus l'élève. On travaille donc sur une motivation et sur la curiosité de l'élève avec la découverte d'une nouvelle méthode d'apprentissage.

Il faut comprendre que dans nos classes, chaque élève est différent. Certains apprenants peuvent se satisfaire uniquement d'un cours classique alors que d'autres seront plus à l'aise sur une autre stratégie pédagogique (classe inversée, coopération, plan de travail...). Les stratégies mises en place peuvent plaire à quelques élèves et à d'autres moins. Le but est de varier les méthodes d'enseignement pour motiver tous les apprenants.

Si on s'intéresse à l'utilisation des fiches aide-mémoire et de mémorisation, on a vu qu'elle permettait la **hiérarchisation des informations en mémoire** en faisant un tri et aussi en créant d'autres **connexions neuronales**. Traduit en classe, on voit que cet outil permet à l'élève de mieux apprendre et retenir son cours, car les fiches se basent sur le plan de la leçon du professeur. Le fait de revenir quotidiennement devant sa fiche permet de retenir forcément plus facilement sa leçon. Le savoir vient petit-à-petit et donne le temps à l'élève de **consolider ses traces mnésiques antérieures** avant d'en accueillir des nouvelles.

II. Retour sur l'expérience...

Dans cette partie, nous allons exposer les ressentis sur le déroulement de la séance des différents acteurs présents en classe. Déjà de notre propre vision du déroulement de la séquence (celle de l'enseignant). Ensuite, la partie la plus importante de l'enseignement est le retour de nos élèves, bien qu'on conçoive des séquences pédagogiques, les meilleures critiques proviennent des acteurs de cette séquence : les apprenants.

Après le post-test, nous avons demandé aux élèves de répondre franchement et anonymement à quelques questions autour de la grande nouveauté qu'apporte la séquence autour de la mémorisation : l'ajout des fiches aide-mémoire à la maison et la fiche de mémorisation en classe. On étudiera les différentes réponses et résultats apportés par le questionnaire créé sur Pronote.

II.1. ... Du point de vue de l'enseignant

Dans un premier temps, les élèves du Gex3 avaient un peu peur de cette grande nouveauté que sont les fiches aide-mémoire, puisqu'aucun professeur de notre collège n'utilisait ce genre d'outil. De ce fait, un document supplémentaire a été créé pour donner clairement nos explications orales à l'écrit, ce qui facilitera la conception de leurs fiches. Les élèves ne comprenaient pas la réelle utilité de cette fiche (avant

la conception de la fiche finale : celle de mémorisation). Nous avons dû expliquer son rôle dans l'apprentissage de la physique et de la chimie et justifier le choix de cette stratégie pour les chapitres en électricité. Il a fallu rendre l'utilisation de ses fiches **explicite** pour l'élève pour qu'il se donne les moyens personnels et mentaux pour la réaliser.

Les élèves du groupe Gex3 ont réellement adoré la partie conception de la fiche de mémorisation en classe, car chacun a aimé partager à ses camarades son indice de récupération personnelle. La conception de cette fiche a été faite dans une bonne ambiance, remplie d'humour. En revanche, une réflexion peut se faire sur les indices de récupération un peu trop personnelle et qui sont un peu trop détachées du cours (exemple : U, symbole de la tension, indice de récupération personnelle : « Uber »). Est-ce que l'élève va se souvenir de pourquoi il a marqué cette indice sur sa fiche ? À la vue des résultats du post-test, la réponse est oui, mais au bout d'une ou plusieurs année(s), c'est une réflexion à avoir.

Les élèves des groupes expérimentaux ont bien apprécié les différents supports donnés sur les lois de l'intensité électrique, un extrait de la séance est donné ci-après :

Professeur : « Je vous donne donc trois moyens pour apprendre la loi d'unicité de l'intensité électrique, soit en utilisant la grosse définition à apprendre par cœur, soit avec le petit circuit automobile, soit en utilisant un exemple et l'application directe de la loi. C'est vous qui choisissez le moyen qui vous semble le mieux convenir à vos révisions. »

Élève du Gex1 : « C'est vrai que Monsieur, on arrive mieux à apprendre comme ça. J'avoue que j'ai une petite préférence pour le circuit automobile. »

Professeur : « J'apprécie ce que tu me dis là ! Et j'espère que plusieurs autres élèves pensent la même chose. »

Gex1 : « OUI ! »

TABLEAU 6.1 – Extrait de la séance S2 sur l'intensité électrique du chapitre 4

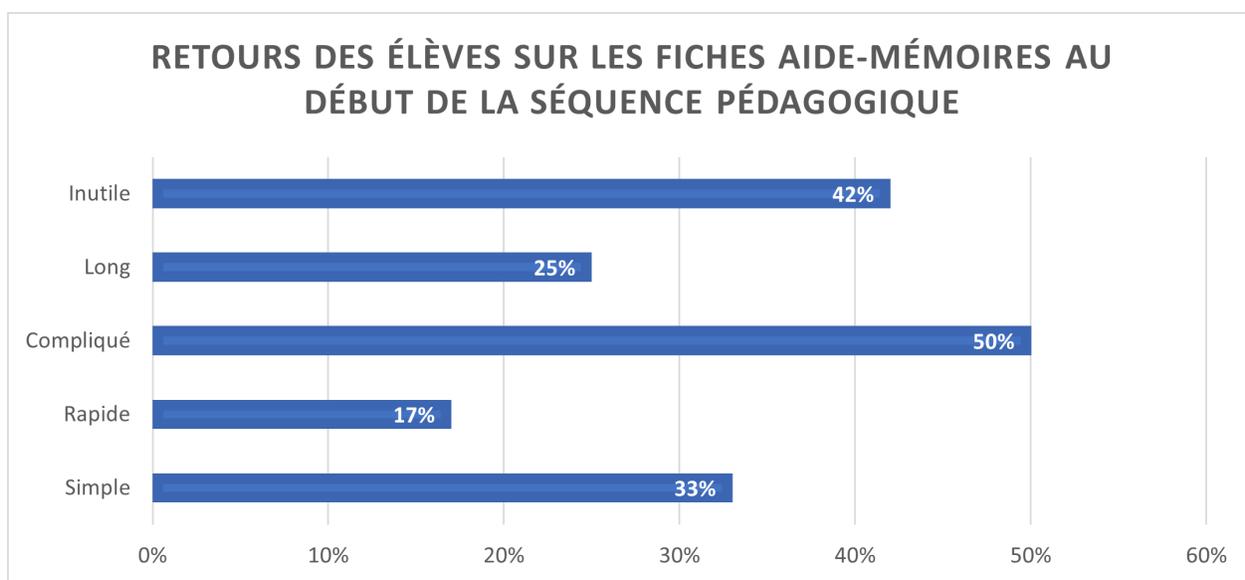
De notre point de vue d'enseignant, cette séquence pédagogique a fait peur à plus d'un élève dès sa présentation en classe, et notamment à cause de la nouvelle stratégie sur laquelle elle reposait (stratégie de mémorisation) puisqu'aucun autre professeur du collège ne pratique cette démarche. Mais au fur et à mesure de l'avancée de la séquence pédagogique, les élèves continuaient à être motivés par le cours et par l'utilisation des outils de mémorisation. Bien que cette séquence demande un travail supplémentaire aux élèves en dehors de la classe, nous avons été agréablement surpris pour la qualité et les résultats fournis par les élèves de tous les groupes de travail.

II.2. ... Du point de vue des élèves

À la fin du post-test, on a proposé aux élèves de se prononcer sur plusieurs aspects de la séquence pédagogique autour des fiches aide-mémoire et de mémorisation. On va analyser les résultats afin d'en proposer une analyse, et confronter leur vision à la nôtre en tant qu'enseignant.

Conception des fiches aide-mémoire et de mémorisation

Nous avons commencé notre questionnaire en demandant aux élèves comme ils ressentent la conception des fiches aide-mémoire à la maison, au début de la séquence pédagogique. Chaque élève pouvait donner deux adjectifs qui correspondaient au mieux à leur ressenti, on donne les résultats :



Au début de la séquence pédagogique, la moitié des élèves ne comprenaient pas l'utilité de ses fiches pour la séquence pédagogique. On rappelle qu'un document a été conçu pour les aider à concevoir les fiches chez eux, et surtout pour leur expliquer le principe d'un indice de récupération (et la forme qu'il pouvait prendre). De plus, on constate que l'adjectif « compliqué » est majoritairement présent dans le résultat. Finalement, on rejoint l'idée qu'il faut expliciter nos contenus d'apprentissage afin qu'ils mettent de l'envie à la réalisation de ses fiches. Majoritairement, les élèves prenaient une dizaine de minutes à réaliser cette fiche à la maison.

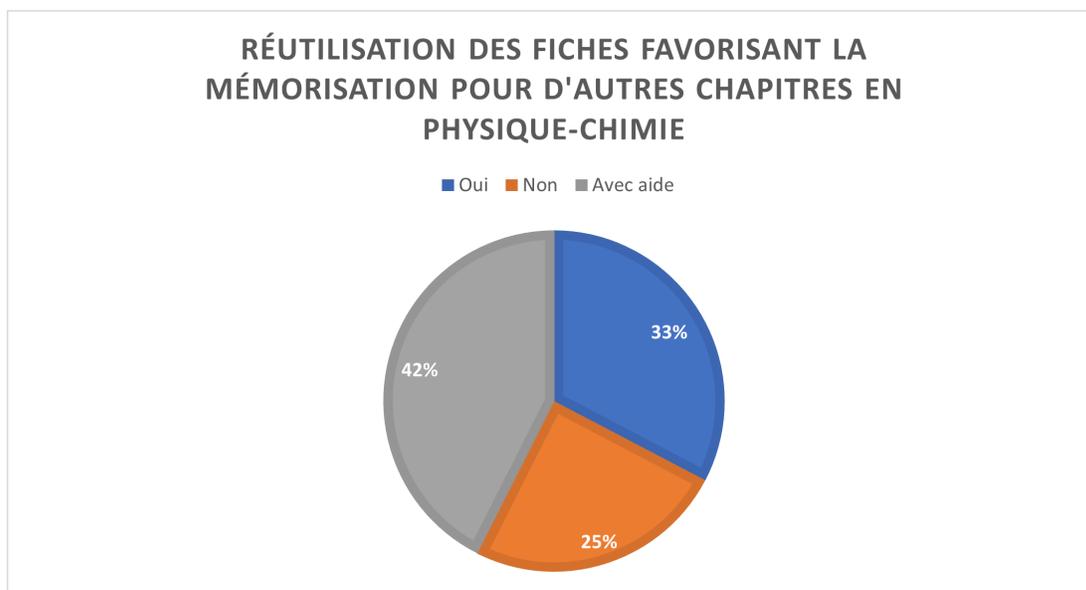
Si on s'intéresse à la fiche de mémorisation, on a un retour beaucoup plus positif de la part des élèves. En effet, 83% des élèves trouvent cette fiche très utile pour les révisions alors que les 17% restants pensent que cette fiche reste inutile. Cette fiche de mémorisation est donc intéressante pour les apprenants, car cela leur permet de faire une synthèse globale du cours. Ils savent quoi apprendre, et elles permettraient de remplacer une fiche de révision

En revanche, les élèves qui n'appréciaient pas cette fiche expliquent que cette stratégie pédagogique ne leur convenait pas du tout, préférant revenir sur un apprentissage du cours plus classique. En d'autres termes, cette minorité préfère utiliser seulement les exemples vus en classe que tout centraliser sur une seule fiche. Comme toute stratégie pédagogique, certains élèves peuvent aimer ce changement alors que d'autres préfèrent suivre un cours plus classique.

Réutilisation des fiches soutenant la mémorisation

Pour terminer, nous avons voulu savoir si les élèves pourraient réutiliser ces fiches pour les prochains chapitres en physique-chimie.

On voit que les élèves ont apprécié cette méthode pédagogique, car la majorité est d'accord pour réutiliser ces fiches, et d'autres en leur apportant de l'aide en plus. Ces fiches sont donc un réel atout pour les élèves, en plus de pouvoir réaliser un tri des informations dans leur mémoire. On rappelle que les réponses négatives sont les apprenants qui ne sont pas du tout à l'aise avec cet outil d'apprentissage, car ils ne comprennent pas son utilité malgré les nombreux retours de l'enseignant et les vérifications des fiches aide-mémoire.



Retour des élèves sur la séquence pédagogique

Les élèves ont trouvé plusieurs points positifs à cette séquence pédagogique, leurs réponses sont listées ci-après :

- La conception et l'utilité de la fiche de mémorisation qui centralise les connaissances du cours, et aide aux révisions pour les DS.
- La posture de l'enseignant lors de la présentation de la séquence pédagogique (dynamique, temps passé près des élèves).
- Les activités concrètes proposées pour faciliter l'appropriation des notions.
- Le changement dans les habitudes car les élèves font autre chose que d'écrire la correction et le cours.

Malgré les quelques points négatifs autour de la gestion de classe et sur les aides pour la conception des fiches aide-mémoire, majoritairement les élèves ont beaucoup apprécié cette séquence pédagogique. Sans surprise, une grande partie des élèves du groupe a souhaité réitérer l'expérience sur d'autres chapitres en physique, ou en chimie (83%), car l'approche est jugée très intéressante. L'élève est plus acteur dans ses apprentissages, avec la conception des fiches et des activités proposées.

L'approche motivationnelle a assez bien fonctionné dans ce groupe classe, ce qui permet d'expliquer les bons résultats dans les évaluations, et aussi dans l'appropriation de ces outils dans leur apprentissage.

III. Améliorer ses apprentissages avec les outils de mémorisation

Lors de la conception de la séquence pédagogique, on a pensé à la progression des élèves en plus d'ajouter des outils à la mémorisation. Notre matière est assez complexe, et chaque élève est différent dans ses apprentissages. Un apprenant avec plus de difficultés dans les apprentissages et dans l'acquisition des connaissances devra passer plus de temps pour apprendre sa leçon, et assimiler les notions importantes. Ce mémoire de recherche nous a permis de dégager trois outils majeurs permettant une meilleure mémorisation des savoirs disciplinaires en fonction de ce qu'on souhaitait travailler (restitution ou application des notions du cours, résolution de problème scientifique).

Dans ce mémoire, nous avons donné plus de travaux à faire pour les élèves du groupe Gex3. En revanche, l'idée est que l'apport de ces outils soit utile pour les élèves et qu'ils développent un sentiment de motivation. Fabien Mathy discute de cette idée en ajoutant que la capacité de la mémoire serait « fixe et immuable » (2022), et c'est cela qui freinerait la rapidité d'acquisition des nouveaux savoirs. Pour une meilleure mémorisation, il faut donc que l'élève apporte un « effort supplémentaire » (Mathy, 2022) et donc travailler un peu plus que les autres pour s'améliorer dans la matière. Notre rôle en tant qu'enseignant est d'apporter des outils pour les aider au mieux.

Ces outils passent donc par l'entraînement à travers non pas des exercices du livre, mais sur des pré-tests avec un feedback immédiat qui permet de développer un sentiment de motivation à l'apprenant. On peut ajouter le rôle de la contextualisation, où l'élève comprend l'utilité de l'apprentissage et peut se raccrocher à du concret, et non pas seulement à un cours théorique. Le guide Lamarre (pour les étudiants dans le secteur médical) donne un éclairage supplémentaire sur l'apport des fiches de mémorisation, car il est nécessaire de « structurer l'ensemble de nos connaissances » (Allin-Pfister, 2014) afin de développer notre MLT, et ainsi faciliter le retour en mémoire si les différentes notions sont bien organisées dans notre mémoire.

Il faut être conscient que certains apprenants ont une image négative de l'école à cause des notes, la présence de l'enseignant et la vision qu'il peut avoir de lui. En fin de compte, l'école crée un « obstacle culturel à la mémorisation » (Schwob, 2004, p. 171), car même des années plus tard, on a encore cette appréhension des notes et du jugement des autres sur nos compétences et compétences personnelles. Cela fait naître des difficultés d'apprentissage que l'on doit essayer de combattre en proposant des solutions motivantes, et c'est tout l'objectif d'une séquence autour de la mémorisation avec l'apport des outils de mémorisation. Il n'est pas question de faire travailler plus les élèves, mais que l'ajout de ces outils leur permet de s'améliorer dans un ou plusieurs domaines de la matière (visible dans les résultats à partir du tableau G.1).

On voit que si on remplace quelques outils d'une séquence pédagogique en y ajoutant un outil de mémorisation, cela permet de développer un sentiment de motivation chez les élèves comme leurs connaissances et de les travailler sans chercher à faire un apprentissage massé. En comparaison, les résultats de l'élève en difficulté du Gex3 par rapport à celui du groupe théorique permettent de voir que l'apprenant a réussi à s'améliorer, tout comme l'élève du Gex1 qui n'a eu qu'une simple contextualisation. Finalement, c'est en travaillant avec ces outils de mémorisation, et un apprentissage avec espacement, qu'on peut arriver à un stockage des informations pertinent et organisé. Ce n'est pas le fait de travailler plus qui a permis aux élèves de mieux mémoriser, mais c'est bien le résultat de l'utilisation de ces outils qui a contribué à cette évolution positive dans la matière.

IV. Amélioration de la séquence pédagogique

Dans la partie du ressenti de l'enseignant sur la séquence pédagogique, on a porté un regard sur l'importance d'explicitement ce que l'on attend de l'élève que ce soit tout au long de la séquence pédagogique et dans la réalisation des fiches aide-mémoires. Un regard critique sera porté sur un point de la séquence qui n'a pas été assez pris en compte lors de sa conception : les **interférences**.

Dans le cadre théorique de ce mémoire, on a défini une interférence en pédagogie comme étant « une donnée oubliée parce que l'autre empêche sa récupération » (Abgrall, 2012, p. 45). Ce problème a été récurrent pour beaucoup d'élèves de chaque groupe de travail dans le chapitre 4 sur tension et intensité électrique, où des confusions constantes ont eu lieu entre les symboles des grandeurs, les unités et les appareils de mesures.

Pour exposer ce problème plus concrètement, on propose d'étudier les résultats d'une élève BJ du groupe Gex2 (voir Figure 6.1). Intéressons-nous à la différence de notes entre le devoir surveillé (DS) du chapitre 3 et du chapitre 4 pour constater ce phénomène :

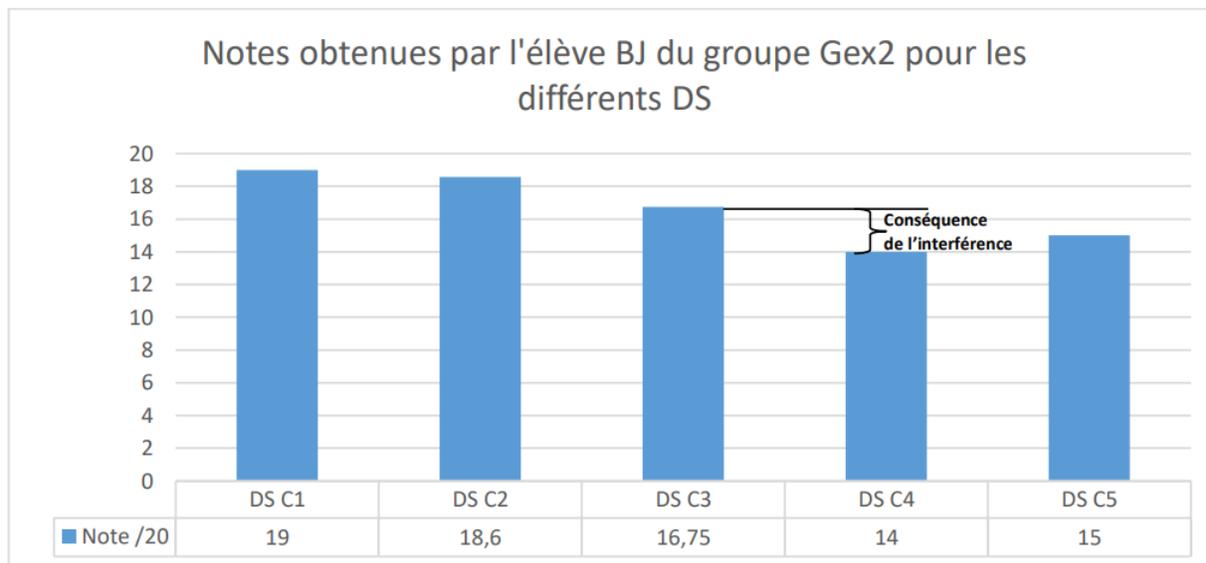


FIGURE 6.1 – Analyse des résultats d'un élève qui a subi une marque d'interférences

On constate qu'entre les deux contrôles, l'apprenant a eu une baisse de 2,75 points, ce qui est assez important comparé aux notes de ses autres évaluations. Bien que BJ soit un(e) élève ayant de bons résultats dans la matière, il/elle a été victime d'une interférence qui a forcé la confusion entre les notions de tension et d'intensité électrique.

Lors du rendu des copies d'élèves, nous avons fait avec la classe une correction et une remédiation rapide pour pouvoir casser ces interférences, et ainsi éviter que les chemins mnésiques restent en mémoire trop longtemps. Avec cette élève, la remédiation a fonctionné puisqu'elle a eu une meilleure note au DS du prochain chapitre et une très bonne note lors du post-test (voir tableau des résultats dans l'annexe G).

Afin d'éviter ce genre de difficultés pédagogiques, et de renforcer des traces mnésiques fausses (et les erreurs) pour nos élèves, il faut donc prendre en compte toutes les théories de l'oubli et surtout celle de l'interférence, au même titre que les travaux d'Ebbinghaus (Figure 2.I). On propose une correction rapide de la séquence pédagogique pour les prochaines années en créant deux chapitres distincts :

- Chapitre 4 : Intensité électrique (caractérisation de la grandeur électrique + lois d'unicité et d'additivité de l'intensité électrique)
- Chapitre 5 : Tension électrique (caractérisation de la grandeur électrique + loi d'additivité de la tension électrique)

Les **analogies**, placées dans le chapitre sur l'intensité électrique, fonctionnent tout aussi bien avec ce découpage de chapitre et même mieux puisqu'on rend compte de la théorie de l'interférence. Les différentes séances proposées dans le tableau en annexe (D :) pour le groupe Gex3 seront les mêmes, la programmation va juste changer pour être en lien avec les nouveaux chapitres :

Chapitre 4 : Intensité électrique	Chapitre 5 : Tension électrique
Situation déclenchante : Deux lampes branchées en série ne brillent pas de la même façon, et cela quelque soit leur position dans le circuit. Comment peut-on expliquer ce phénomène en utilisant les grandeurs électriques ?	
S1 : Évaluation diagnostique	S1 : Cours sur la tension (codage, unité, appareil de mesure) + Manipulation élève.
S2 : Cours sur l'intensité (codage, unité, appareil de mesure) + Manipulation élève	S2 : Fin de l'activité expérimentale contextualisée sur la loi de l'électricité de la tension électrique
S3 : Activité expérimentale contextualisée sur les lois de l'électricité de l'intensité électrique.	S3 : Cours + Série d'exercices centrée sur la loi de la tension électrique.
S4 : Cours + Série d'exercices centrée sur les lois de l'intensité électrique.	S4 : Activité documentaire sur le rôle d'un fusible
S5 : Correction de la fiche de révision + Conception de la fiche de mémorisation	S5 : Cours sur la tension et l'intensité nominale + exercices d'application.
S6 : Évaluation sommative sur le chapitre 4	S6 : Correction de la fiche de révision + Conception de la fiche de mémorisation
	S7 : Évaluation sommative sur le chapitre 5.

TABLEAU 6.2 – Proposition d'une correction de la séquence pédagogique sur tension et intensité électrique

Troisième partie :

Conclusion

Conclusion

À l'origine de cette recherche, nous nous sommes basés sur les **ressentis** de nos élèves sur notre matière qui est la physique-chimie. On sait que beaucoup d'apprenants ne sont pas à l'aise avec cet enseignement puisqu'elle est caractérisée comme une matière complexe et dure à comprendre. Elle se détache aussi des autres enseignements, car l'**apprentissage du par cœur** ne permet pas d'obtenir des bons résultats en se basant uniquement sur la restitution des connaissances. Il est demandé aussi aux élèves d'appliquer le cours directement sous forme d'exercices ou pour résoudre un problème de la vie quotidienne.

En prenant en compte ce problème, on a réfléchi à une nouvelle méthode pédagogique qui se développe beaucoup : celle de la **mémorisation**. Nous nous sommes posés la question de savoir si cette stratégie pédagogique est possible à mettre en place dans une séquence en lien avec la physique, ou avec la chimie. Grâce à l'élaboration de notre méthodologie de recherche reposant sur quatre groupes de travail et à l'analyse des résultats en confrontant les différents **outils de mémorisation**, on peut apporter des éléments de réponse à notre problématique initiale.

Nous avons vu que l'utilisation des différents **outils de mémorisation** permettent aux élèves d'améliorer leur **apprentissage** dans la matière. Tout d'abord en termes de notes, mais aussi au niveau de **rétenion à long terme des informations en mémoire**. Au cours de l'analyse des différents résultats, on a remarqué que certains outils liés à la mémorisation permettent de faire améliorer l'élève sur certains points présents dans une évaluation :

- L'utilisation d'activité **contextualisée** avec des problèmes de la vie quotidienne permet à l'élève de créer des **indices de récupération** en lien avec son quotidien. C'est le début d'un apprentissage avec la création de plusieurs **traces mnésiques**. La reprise d'information est donc plus efficace pour répondre à un problème lié aussi à la vie quotidienne.
- Le rôle des nombreux **pré-tests** situés après l'apprentissage théorique (leçon) est de **consolider les traces mnésiques** en les activant pour pouvoir répondre à des questions simples du cours théorique. Ici, on ne cherche pas évaluer les élèves, mais qu'ils se rendent compte des notions qu'ils se rappellent ou qu'ils pensaient se rappeler, et les notions qui ont été réellement mémorisées (appel à la **métamémoire**). En conséquence, cet outil permet de focaliser l'élève uniquement sur les notions du cours pour pouvoir les appliquer par la suite.
- La conception des **fiches de mémorisation** permet de travailler sur la **hiérarchisation des informations présentes en mémoire**. On remarque une certaine utilité à cet outil dans la restitution des connaissances liées au cours et à la résolution de problème scientifique. L'élève va réactiver constamment les différents chemins mnésiques du cours. Il fera un tri dans les informations, grâce à la conception de la **fiche aide-mémoire**, et en fonction des indices repérés dans la question et les documents.

Lors de la conception de cette séquence pédagogique, nous avons essayé de donner aux élèves plusieurs **représentations mentales** (textuelles, imagées, exemples) des lois afin d'assurer une meilleure **mémorisation à long terme**. On a soulevé quand même un questionnement autour du choix des **indices de**

récupération un peu trop personnel sur le très long terme (plusieurs années). Malgré cela, en développant plusieurs zones sensorielles (visuelle, écoute), on peut aider les élèves à mémoriser plus facilement le cours avec une certaine longévité dans le temps.

Il ne faut pas oublier que la principale limite de la mémoire est l'**oubli** qui reste la « bête noire » de la pédagogie. On essaiera par tous les moyens d'éviter que les élèves oublient les notions apprises auparavant. En effet, on apprend beaucoup de choses qu'on croit avoir compris, cependant, à l'écrit, on est parfois incapable de restituer nos connaissances. De ce fait, la séquence proposée autour de la mémorisation devra être construite contre l'oubli et éviter au maximum ce phénomène aux élèves. Il faut comprendre et accepter que les apprenants vont oublier beaucoup d'éléments de notre cours, au même titre que les **interférences** qui peuvent naître face à des notions proches cognitivement (comme l'intensité ou la tension électrique).

De plus, pour éviter ce déclin en mémoire à cause de la détérioration des chemins mnésiques, on doit espacer les notions apprises par les élèves, et éviter un **apprentissage massé** où toutes les notions essentielles du chapitre arrivent en même temps. Il faut laisser le temps aux élèves d'accueillir complètement un savoir et de le travailler avant d'en ajouter des nouveaux, surtout si c'est une notion assez complexe cognitivement (méthodes de résolution, démonstrations, équations...). Plus la notion (trace mnésique) est réactivée souvent, plus son **retour en mémoire** sera efficace et mettra plus de temps à être oubliée. Ainsi, pour palier à ces limites, les **répétitions** des notions importantes en utilisant l'**effet d'espacement** (effet introduit par Ebbinghaus (Gabriel, 2018, Chapitre 3) vont permettre aux élèves de savoir quelles notions sont à prioriser par rapport à d'autres et faciliter ainsi le **processus de mémorisation** des informations en mémoire.

Il faut se rendre compte des points positifs de cette séquence pédagogique autour de la mémorisation sur l'apprentissage des élèves, mais aussi des quelques points négatifs. En effet, une séquence basée sur ces outils demande du temps de préparation à l'enseignant et beaucoup de travaux à faire pour l'élève en rentrant à la maison. Un élève, qui n'a donc pas l'habitude de travailler de cette manière, pourrait se sentir mal à l'aise lors de la mise en place de cette séquence pédagogique en classe. Il faut donc **explicitier** ce qu'attend l'enseignant de ses élèves, et qu'il vérifie souvent l'avancée des travaux des élèves afin que ses apprenants obtiennent les progressions souhaitées.

Les résultats montrent une réelle **marque d'apprentissage**, si on vient comparer les différents groupes de travail à la question de la conception initiale lors du post-test et de l'évaluation diagnostique. Cependant, seuls les groupes expérimentaux ayant suivi une séquence de mémorisation ont obtenu les meilleurs résultats. Il ne suffit pas de transmettre le savoir à l'élève en attendant qu'il le mémorise tout seul, et penser que ça sera suffisant pour la mémorisation à long terme. Il faut aussi que l'apprenant soit conscient de son apprentissage en donnant du **sens à son apprentissage (mémoire sémantique)** et cela se passe d'abord par la **contextualisation**. L'enchaînement des différents outils est donc primordial si on veut que l'élève mémorise et comprenne.

En conclusion, à travers tous les apports théoriques et notre étude de recherche, on peut affirmer que les outils de mémorisation ont tout à fait leur place dans notre matière. Une séquence reposant sur des stratégies de mémorisation peut donc être utilisée en classe de physique-chimie, en faisant attention au choix des chapitres. En effet, certains sont plus à même à rentrer en adéquation avec cette stratégie pédagogique que d'autres, au même titre que la classe inversée ou la coopération.

Il ne faut pas oublier les travaux de Sébastien Dehaene (Leleu-Galland, 2017, p.189) sur les clés de l'apprentissage. Au début de cette séquence pédagogique, on rappelle que les élèves n'étaient pas du tout motivés par cette nouvelle stratégie d'apprentissage. Ce problème fait naître un nouveau questionnement où de nombreuses recherches se centrent autour d'une théorie liée aux « **intelligences multiples** » (Key-

meulen & Bélair, 2017) développée par Howard Gardner. Cette théorie énonce qu'il n'existe pas une seule intelligence, mais huit autres basées sur les différentes capacités de l'individu (2017, p. 43). Notre séquence s'inscrit seulement parmi l'une d'elle : l'**intelligence visuo-spatiale** comme développée dans la théorie de la MT de Baddeley (2000, p. 421), en effet, on s'intéresse aux **images (représentations) mentales** indispensables lors du processus de mémorisation des informations en mémoire (2017, p. 47).

Nous pouvons donc amener une nouvelle interrogation qui pourrait faire naître une nouvelle étude lors de la titularisation en établissement :

En quoi la prise en compte des différentes intelligences au sein d'une classe participe à l'amélioration du sentiment de motivation chez l'élève ?

Résumé/Abstract

Résumé : Tout **apprentissage**, si l'on veut qu'il soit maintenu dans le temps, fait appel à un processus de mémorisation qui met en relation plusieurs aires cérébrales. Depuis ces dernières années, la neuropédagogie s'est développée au même titre que les **sciences cognitives**. Dans ce courant pédagogique, il est question de développer des séquences pédagogiques cognitives en classe, propices à la consolidation des **traces mnésiques** des élèves. L'objectif de cet écrit est de montrer que la **mémoire** peut être un outil d'**apprentissage**, si l'enseignant met en place des séquences en classe liants éducation, pédagogie et mémorisation. La problématique est la suivante : En quoi le recours à une séquence pédagogique reposant sur des stratégies de mémorisation favorise l'**apprentissage** en classe de physique-chimie ?

Pour répondre à ce problème, notre écrit se compose d'un cadre théorique où l'on présente toutes les publications de différents auteurs qui traitent de notre problème. Ensuite, une méthodologie est mise en place avec la présentation de la séquence pédagogique en électricité liée aux **sciences cognitives** avec trois groupes expérimentaux (Gex) où nous ajoutons, pour chaque groupe, un outil de mémorisation en plus propre à une stratégie. Nous comparons les notes des élèves du groupe théorique (Géo) obtenues lors de l'évaluation sommative à ceux des groupes expérimentaux afin de montrer que la **mémoire** est un outil d'**apprentissage** en éducation. L'utilisation d'un post-test placé deux semaines après la séquence pédagogique, nous permet de juger la qualité de la séquence de mémorisation sur la rétention à long terme des informations encodées en mémoire.

Mots-clés : *Apprentissage, Mémoire, Science cognitive, Trace mnésique*

Abstract : All **learning**, if we want it to be maintained over time, calls on a memorization process which brings together several brain regions. In recent years, neuropedagogy has developed in the same way as **cognitive sciences**. In this pedagogical trend is in question of the development of cognitive teaching sequences in the classroom, conducive to the consolidation of pupils' **memory traces**. The aim of this dissertation is to show that the **memory** can be a **learning** tool, if the teacher sets up sequences in the classroom linking education, pedagogy and memorization. The issue is as follows : How does the use of a pedagogical sequence based on memorization strategies favour the **learning** in the sciences class ?

To answer this issue, our writing consist of a theoretical framework where we present all the publications of different authors that deal with our problem. Then, a methodology be set up with the presentation of the pedagogical sequence in electricity linked to **cognitive sciences** with three experimental groups (Gex) where we add, for each group, an another memorization tool specific to a strategy. We compare the pupils' marks of the theoretical group (Géo) in the summative evaluation with those of the experimental group in order to prove that **memory** is a **learning** tool in education. The use of a post-test, which take place two weeks after the teaching sequence, allow us to judge the quality of the memorization sequence on the long-term retention of the information encoded in memory.

Key words : *Learning, Memory, Cognitive science, Memory traces*

Bibliographie

Abgrall, J.-P. (2012). *Stimuler la mémoire et la motivation des élèves : Une méthode pour mieux apprendre*. ESF Éd.

Allin-Pfister, A.-C. (2014). *Le guide de l'étudiant : Le fun's, formidable university nursing students*. Lamarre.

Baddeley, A. (2000). *The episodic buffer : A new component of working memory ? Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01538-2)

Baddeley, A. D., & Hollard, S. (1993). *La mémoire humaine : Théorie et pratique*. Presses universitaires de Grenoble.

Croisile, B. (2008). *Tout sur la mémoire*. O. Jacob.

Desgranges, B., & Eustache, F. (2011). Les conceptions de la mémoire déclarative d'Endel Tulving et leurs conséquences actuelles. *Revue de neuropsychologie*, 3(2), 94. <https://doi.org/10.3917/rne.032.0094>

Désy, M. (2019). *Construction d'un planétaire : Perception d'élèves de première secondaire et Contributions potentielles du modèle à la compréhension de concepts en science et technologie*. Université du Québec à Trois-Rivières.

Dortier, J.-F. (2014). Mnésis, un modèle pour cinq mémoires : In *Le cerveau et la pensée* (p. 231-232). Éditions Sciences Humaines. <https://doi.org/10.3917/sh.dorti.2014.01.0231>

Famose, J.-P., & Margnes, É. (2016). *Apprendre à apprendre : La compétence clé pour s'affirmer et réussir à l'école*. De Boeck supérieur.

Faron, G., & Bayot, D. (2021). *Pharmacologie pour les sages-femmes* (4e éd). De Boeck supérieur.

Fenouillet, F., & Tomeh, B. (1998). La motivation agit-elle sur la mémoire ? *Éducation permanente*, 136, 37-45.

Gabriel, M. (2018). *S'inspirer de la pédagogie Montessori pour faire classe : Cycle 2*. Retz.

Gauthier, C., Bissonnette, S., Richard, M., & Castonguay, M. (2013). *Enseignement explicite et réussite des élèves : La gestion des apprentissages*. De Boeck.

Gerrig, R., Zimbardo, P., & Nicolas, S. (2013). *Psychologie*. Pearson.

Guedin, N. (2020). *Le cerveau de vos élèves est extraordinaire : La pédagogie éclairée par les neurosciences cognitives*. De Boeck supérieur.

Guida, A., Tardieu, H., & Nicolas, S. (2009). Mémoire de travail à long terme : Quelle est l'utilité de ce concept ? Émergence, concurrence et bilan de la théorie d'Ericsson et Kintsch (1995). *L'Année psychologique*, 109(1), 83-122.

Gupta, M., & Sharman, R. (Éds.). (2009). *Social and human elements of information security : Emerging trends and countermeasures*. Information Science Reference.

Houdé, O., & Borst, G. (2018). *Le cerveau et les apprentissages*. Nathan.

Huffman, K., Dumas, C., Fortier, L., & Pouliot, T. (2009). *Introduction à la psychologie*. De Boeck.

Khamassi, M. (2021). *Neurosciences cognitives*. De Boeck supérieur.

Keymeulen, R., & Bélair, F. (2017). *Motiver ses élèves grâce aux intelligences multiples : Pratiques pédagogiques innovantes pour le primaire et le secondaire*. De Boeck Supérieur.

Leleu-Galland, È. (2017). *Dictionnaire des besoins éducatifs particuliers*. Nathan.

Lieury, A. (2010). *Psychologie pour l'enseignant*. Dunod.

Lieury, A. (2012). *Mémoire et réussite scolaire* (4e éd. entièrement revue et actualisée). Dunod.

Lieury, A., & Fenouillet, F. (1996). *Motivation et réussite scolaire*. Dunod.

Masson, S. (2020). *Activer ses neurones : Pour mieux apprendre et enseigner*.
<https://www.biblioaccess.com/820/Catalog/Book/1166904/Activer-ses-neurones>

Mathy, F. (2022). *Les Pouvoirs Insoupçonnés de Votre Mémoire Comprendre Ses Failles et Ses Atouts*. Pierre Mardaga Editeur.

Mazeau, M., & Cerisier-Pouhet, M. (2020). *La mémoire à l'école : [La mémoire expliquée aux enfants, ses troubles expliqués aux adultes]*.

OCDE. (2001). *Connaissances et compétences : Des atouts pour la vie Premiers résultats de PISA 2000*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264295902-fr>

Rossi, J.-P. (2005). *Psychologie de la mémoire*. De Boeck Supérieur. <https://doi.org/10.3917/dbu.rossi.2005.01>

Roulin, J.-L. (2006). *Psychologie cognitive : Premier et second cycles universitaires* (2e éd). Bréal.

Roulin, J.-L. (2012). *Psychologie cognitive*. Bréal.

Ruete, E. (2012). *Mémoires d'une princesse arabe*. Karthala.

Schwob, M. (2004). *La mémoire, comment la conserver et la développer*. Odile Jacob.

Seron, X., Jeannerod, M., & Baron, J.-C. (1998). *Neuropsychologie humaine*. Mardaga.

Seron, X., Lambert, J.-L., & Van der Linden, M. (1977). *La modification du comportement : Théorie, pratique, éthique*. Dessart et Mardaga.

Toupiol, G. (2011). *Mémoire, langages et apprentissage*. FNAME Retz.

Tribout, N. (2017). *La mémoire visuelle à long terme : Mémoriser, est-ce donner du sens ?*. ESPÉ Besançon.

Tulving, E. (1995). Organization of memory : Quo vadis ? In *The cognitive neurosciences*. (p. 839-853). The MIT Press.

Weber, H., & Donckels, D. (2013). *Objectif mémoire : Au lycée et à l'université (re)trouvez le goût de travailler avec plaisir et efficacité*. Eyrolles.

Wibaut, M. (2019). *Favoriser la mémorisation dans les apprentissages*. ESPÉ Rouen.

Annexes

A : Leçon proposée pour les classes Gex et pour la classe Géo

A.1. Extrait du cours sur le chapitre 4 du groupe Géo

1) L'intensité du courant

1) Définition et notation

Intensité du courant électrique : Le nombre de charges électriques circulant en un point du circuit pendant un temps donné. On parle de flux (déplacement continu) de charge électrique.

L'intensité du courant électrique se note I et se mesure en ampère, on utilise la lettre A comme unité de l'ampère.

Conversions à connaître : $1A = 1000 \text{ mA}$ ou 1000 « milliampères » (C'est la même chose que $1\text{m} = 1000 \text{ mm}$).

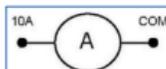
Application : On mesure une intensité de $0,5A$, que vaut cette mesure en mA ? 500mA .

2) Mesurer une intensité

A – Ampèremètre

L'appareil permettant de mesurer une intensité se nomme : un ampèremètre.

Le symbole électrique de l'ampèremètre est :



Un ampèremètre se branche en série dans un circuit électrique. Le courant doit rentrer par la borne $10A$ ou mA et sortir par la borne commune appelée borne COM .

Remarque : Dans la majorité des cas, vous n'aurez pas à votre disposition un ampèremètre mais un multimètre qui est capable de mesurer plusieurs grandeurs (résistance, intensité, tension...).

B – Utilisation de l'ampèremètre

Il existe plusieurs positions au sein d'une même zone : des calibres.

Un calibre sert à avoir une mesure la plus précise possible. Cependant, on se placera toujours dans le calibre le plus élevé ($10A$) et on redescendra petit à petit vers un calibre plus petit pour éviter de fondre les fusibles.

Activité expérimentale : Vous disposez d'un générateur, d'une lampe, d'un multimètre et des fils de connexion. **Mesurer** l'intensité I_L qui traverse la lampe.

FIGURE A.1 – Extrait du cours sur l'intensité électrique pour la classe Géo

A.2. Extrait du cours sur le chapitre 4 des groupes Gex

I) L'intensité du courant

1) Définition et notation

Intensité du courant électrique : Le nombre de charges électriques circulant en un point du circuit pendant un temps donné. On parle de flux (déplacement continu) de charge électrique.

♥ || L'intensité du courant électrique se note I et se mesure en ampère, on utilise la lettre A comme unité de l'ampère.

Conversions à connaître : $1A = 1000\text{ mA}$ ou 1000 « milliampère » (C'est la même chose que $1\text{m} = 1000\text{ mm}$).

Exemple : On mesure une intensité de $0,5A$, que vaut cette mesure en mA ? 500mA .

2) Mesurer une intensité

A – Ampèremètre

L'appareil permettant de mesurer une intensité électrique se nomme : un ampèremètre.

♥ Le symbole électrique de l'ampèremètre est :



Un ampèremètre se branche en série dans un circuit électrique. Le courant doit rentrer par la borne $10A$ ou mA et sortir par la borne commune appelée borne COM .

« La borne COM est toujours dirigée vers le pôle négatif du géné. »



Remarque : Dans la majorité des cas, vous n'aurez pas à votre disposition un ampèremètre mais un multimètre qui est capable de mesurer plusieurs grandeurs (résistance, intensité, tension...).

B – Utilisation de l'ampèremètre

Il existe plusieurs positions au sein d'une même zone : des calibres.

Un calibre sert à avoir une mesure la plus précise possible. Cependant, on se placera toujours dans le calibre le plus élevé ($10A$) et on redescendra petit à petit vers un calibre plus petit pour éviter de fondre les fusibles.

Et ça m'évite de changer chaque jour des fusibles ! Merci 😊



Activité expérimentale : Vous disposez d'un générateur, d'une lampe, d'un multimètre et des fils de connexion. Mesurer l'intensité I_L qui traverse la lampe.

FIGURE A.2 – Extrait du cours sur l'intensité électrique pour les classes Gex

A.3. Extrait du cours sur le chapitre 5 du groupe Géo

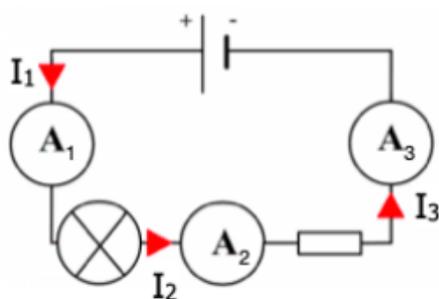
I) Les lois de l'intensité et de la tension

1) Lois de l'intensité

A- Loi de l'intensité dans un circuit en série

Loi d'unicité de l'intensité : Dans un circuit en série, l'intensité est la même en tout point de la boucle.

Application : Utiliser la loi d'unicité de l'intensité dans le circuit suivant :

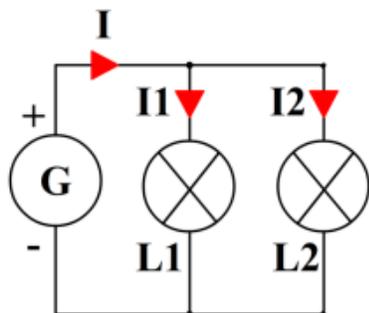


On sait que dans un circuit en série, l'intensité qui parcourt la boucle (parcours fermé) est la même en tout point. Donc on peut écrire l'expression littérale suivante : $I_1 = I_2 = I_3$.

B- Loi de l'intensité dans un circuit en dérivation

Loi d'additivité des intensités : Dans un circuit en dérivation, la somme des intensités des courants qui entrent par un nœud est égale à la somme des intensités des courants qui sortent du même nœud.

Application : Utiliser la loi d'additivité des intensités dans le circuit suivant :



D'après la loi d'additivité des intensités, on sait que la somme des intensités qui rentrent dans le nœud A est égale à la somme des intensités qui sortent de ce même nœud. On peut écrire l'expression littérale suivante : $I = I_1 + I_2$.

Voir exercices : 11 p 294
21 à 23 p 296 ;
24 p 297

Activité expérimentale : Lois de l'intensité et de la tension dans un circuit électrique

FIGURE A.3 – Extrait du cours sur les lois de l'électricité pour la classe Géo

A.4. Extrait du cours sur le chapitre 5 des groupes Gex

D) Les lois de l'intensité et de la tension

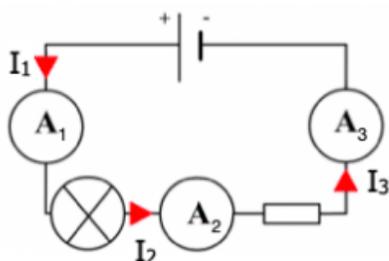
1) Lois de l'intensité

A- Loi de l'intensité dans un circuit en série

Loi d'unicité de l'intensité : Dans un circuit en série, l'intensité est la même en tout point de la boucle.

Application : Utiliser la loi d'unicité de l'intensité dans le circuit suivant :

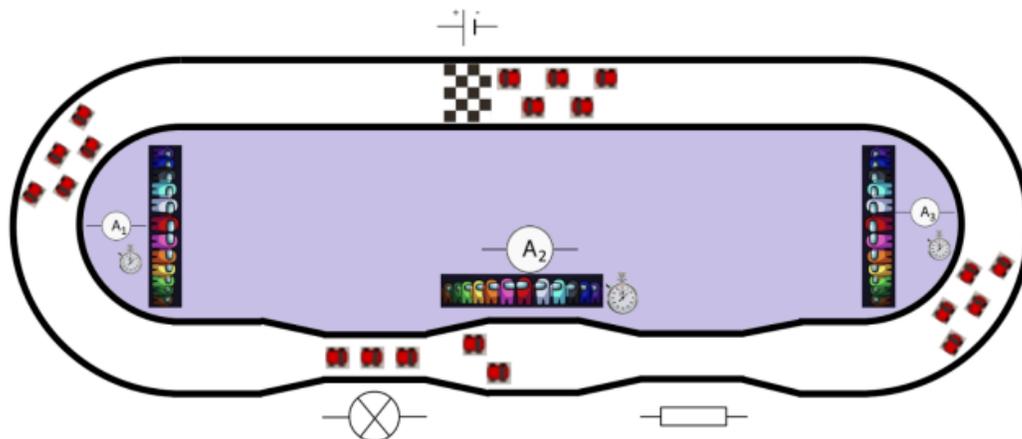
On sait que dans un circuit en série, l'intensité qui parcourt la boucle (parcours fermé) est la même en tout point. Donc on peut écrire l'expression littérale suivante : $I_1 = I_2 = I_3$.



« Retenez bien cette méthode de résolution » :

1. Citer la loi
2. Écrire l'expression littérale (que des lettres pas de valeur chiffrée)

Analogie : Vous pouvez comparer les charges électriques à de petites voitures dans un circuit automobile : le circuit électrique. Prenons 5 voitures sur la ligne départ :



Les 5 voitures sont sur la ligne de départ. Si des spectateurs se placent en A₁ alors ils verront passer les cinq voitures. De même pour ceux placer en A₂ et en A₃, ils verront le même nombre de voiture.

☞ Comme le circuit n'a qu'une seule boucle (donc un seul chemin de course possible), tous les spectateurs verront passer les 5 voitures et l'intensité reste donc la même.

FIGURE A.4 – Extrait du cours sur les lois de l'électricité pour les classes Gex

B : Activité expérimentale

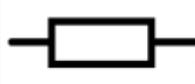
B.1. Extrait de l'activité expérimentale du groupe Géo

Thème 3 Chapitre 5 : Lois de l'électricité	TP C5 : Lois de l'intensité et de la tension dans un circuit électrique	4 ^{ème}
---	---	------------------

<p>Objectifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Élaborer et mettre en œuvre un protocole expérimental simple visant à vérifier une loi de l'électricité. • Exploiter les lois de l'électricité. • Brancher un ampèremètre et un voltmètre dans un circuit électrique afin de mesurer des grandeurs physiques.
--

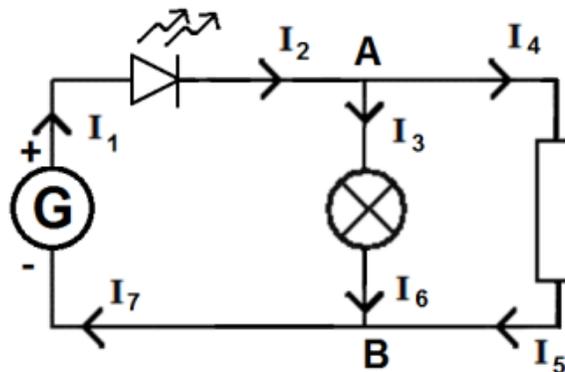
Comment l'intensité et la tension du courant électrique se comportent-elle dans un circuit électrique ?

Rappels de 5^{ème} : Symboles normalisés de quelques dipôles électriques.

Nom	Générateur de tension	Lampe	Résistance électrique	DEL ou LED
symbole				

A : Lois électriques de l'intensité

1) **Modifier** le schéma du circuit électrique ci-dessous avec le symbole de l'appareil qui permettra de mesurer l'intensité I_1 . Faire de même pour les autres intensités (de I_2 à I_7).



<p>APPEL N°1</p> 	<p>Réaliser le montage.</p> <p>Appeler votre professeur pour vérification du montage avant la mise en marche du générateur pour chaque mesure.</p>
---	--

FIGURE B.1 – Extrait du TP sur les lois de l'électricité pour la classe Géo

B.2. Extrait de l'activité expérimentale pour les groupes Gex

Thème 3	TP C5 : Lois de l'intensité et de la tension dans un circuit électrique	4 ^{ème}
Chapitre 5 : Lois de l'électricité		

- **Élaborer** et **mettre en œuvre** un protocole expérimental simple visant à **vérifier** une loi de l'électricité.
- **Exploiter** les lois de l'électricité.

Objectifs :

- **Connaître** la notation et les unités de mesures de l'intensité et de la tension électrique.
- **Connaître** le nom et le symbole de l'appareil de mesure d'une intensité et d'une tension.
- **Brancher** un ampèremètre et un voltmètre dans un circuit électrique afin de mesurer des grandeurs physiques.

Contexte

Sur un forum connu sur internet, un internaute rencontre des difficultés pour concevoir sa guirlande de Noël pour la fête du village. Un extrait vous est fourni ci-dessous :

Sujet du forum : Réalisation d'une guirlande pour village de Noël

 2pac25	<p>Bonjour à tous !</p> <p>Je désirai réaliser une guirlande multicolore qui clignote ou reste allumée c'est peu important pour moi. Mais le problème est que je suis complètement débutant voire une quiche sur tout ce qui est électricité. J'aurai dû écouter avec un peu plus de sérieux mon prof de physique.</p> <p>Donc je ne sais pas comment réaliser ce projet car au fur et à mesure que je mets les ampoules, leur intensité diminue. J'en souhaite en mettre quatre. Elles fonctionnent correctement quand il n'y en a qu'une de branchée, mais dès que j'en mets une deuxième, la lumière diminue. Que faut-il faire pour éviter cela ?</p> <p>Merci de m'éclairer sans mauvais jeux de mots.</p>
<p>Message écrit : 12 Date d'inscription : 18 novembre 2022</p>	

 Samarium62 Modérateur	<p>Salut 2pac25,</p> <p>C'est normal que leur intensité lumineuse s'abaisse car tu as mis ces ampoules en série ! La tension est partagée entre ces quatre ampoules donc si tu utilises un générateur de 12V, t'auras une tension de 3V aux bornes de tes lampes.</p> <p>Je te conseille donc de partir sur un montage en parallèle pour ta guirlande pour garder la même tension aux bornes de tes lampes. Attention tout de même, plus tu ajouteras de lampes dans ton circuit, plus le courant sortant du générateur sera élevé.</p> <p>Bonne journée.</p>
<p>Message écrit : 220 Date d'inscription : 03 mars 2010</p>	

Comment expliquer la réponse proposée par le modérateur du site ?

FIGURE B.2 – Extrait du TP sur les lois de l'électricité pour les classes Gex

C : Activité documentaire pour les classes Gex

Thème 3 Chapitre 5 : Lois de l'électricité	Activité documentaire C5 : Étude du rôle d'un fusible	4 ^{ème}
---	---	------------------

À la maison, chaque fois que je branche trop d'appareils électriques sur une même prise, le fusible de protection coupe le courant. En effet, surcharger une multiprise présente des risques comme des incendies à cause d'une surchauffe de la prise. Afin de nous protéger face à ces risques, un système peut être mis en place : le fusible.

Problématique : Quel est le rôle du fusible dans une installation électrique ?



Document 1 : Principe de fonctionnement d'un fusible

Le fusible (appelé aussi coupe-circuit) est une petite tige en métal contenue dans tube en verre. Lorsque le courant électrique le traverse, il passe dans la tige métallique.

Si l'intensité du courant est supérieure à la valeur indiquée sur le fusible alors la tige en métal chauffe par effet Joule* et se rompt : le circuit électrique est donc ouvert.

*Effet Joule : Conversion d'énergie électrique en énergie thermique.



Document 2 : Indications sur les culots des lampes



L_1

L_2

L_3

Document 3 : Rappel sur les lois applicables dans un circuit électrique

Loi d'unicité de l'intensité : Dans un circuit en série, l'intensité est la même en tout point de la boucle.

Loi d'additivité des intensités : Dans un circuit en dérivation, la somme des intensités des courants qui entrent par un nœud est égale à la somme des intensités des courants qui sortent du même nœud.

Loi d'additivité des tensions : Dans un circuit en série, la tension aux bornes du générateur est égale à la somme des tensions aux bornes des récepteurs.

Questions :

- 1) **Expliquer** pourquoi on peut appeler un fusible : un « coupe-circuit ».
- 2) **Indiquer** à quel dipôle on peut assimiler le fusible lorsque la tige métallique se rompt.
- 3) **Représenter** un circuit électrique comportant : 1 générateur 6V, un fusible 350mA et les lampes L_1 et L_2 en parallèle. *N'oubliez pas de flécher les intensités qui circulent dans chaque branche.*
- 4) **En déduire** les intensités qui traversent les lampes L_1 et L_2 .
- 5) En appliquant la bonne loi, **calculer** la valeur de l'intensité à la sortie du générateur. Puis, la **comparer** à celle qui peut être supportée par le fusible.
- 6) Dans le circuit électrique, on y ajoute la lampe L_3 en dérivation de L_2 . **Schématiser** le nouveau circuit électrique et **flécher** l'intensité qui traverse la lampe L_3 .
- 7) **Calculer** la nouvelle valeur de l'intensité à la sortie du générateur. Est-ce que le fusible se rompt ? **Justifier**.
- 8) **Donner** des solutions réalistes pour brancher la lampe L_3 au circuit électrique.
- 9) **Expliquer** pourquoi à la maison un fusible coupe le courant.

FIGURE C – Extrait de l'activité documentaire sur le rôle d'un fusible

D : Progression de la séquence pédagogique pour les groupes Géo et Gex3

D.1. Progression du chapitre 4

Chapitre 4 : Intensité et Tension électrique (4 semaines)	
En classe	Hors la classe
S1 : Évaluation diagnostique (Rappel de 5ème)	/
S2 : Cours sur l'intensité (codage, unité, appareil de mesure) + Manipulation élève.	Exercices : Lire et Mesurer une intensité électrique.
S3 : Cours sur la tension (codage, unité, appareil de mesure) + Manipulation élève.	Exercices : Lire et Mesurer une tension.
S4 : Exercices notés sur les fonctions du multimètre.	Revoir les exercices et le cours.
S5 : Série d'exercices de révision sur l'intensité et la tension électrique.	Réviser les notions abordées dans le C4 à l'aide de la leçon et des différents exercices traités en classe.
S6 : Évaluation sommative sur le chapitre 4.	/

TABLEAU D.1 – Progression du chapitre 4 pour le groupe Géo

Chapitre 4 : Intensité et Tension électrique (4 semaines)	
En classe	Hors la classe
S1 : Évaluation diagnostique (Rappel de 5ème)	/
S2 : Cours sur l'intensité (codage, unité, appareil de mesure) + Manipulation élève.	Pré-test Pronote : Branchement ampèremètre dans un circuit électrique + Lecture de la valeur d'intensité. Fiche aide-mémoire : Écriture du plan + Indices de récupération de l'élève.
S3 : Cours sur la tension (codage, unité, appareil de mesure) + Manipulation élève.	Pré-test Pronote : Branchement voltmètre dans un circuit électrique + Lecture de la valeur de la tension. Fiche aide-mémoire : Écriture du plan + Indices de récupération de l'élève.
S4 : Exercices d'application en classe.	Reconnaissance d'informations pour remplir la fiche de révision.
S5 : Correction de la fiche de révision + Conception de la fiche de mémorisation.	Réviser les notions abordées dans le C4 à l'aide de la fiche de révision et de mémorisation.
S6 : Évaluation sommative sur le chapitre 4.	/

TABLEAU D.2 – Progression du chapitre 4 pour le groupe Gex3

D.2. Progression du chapitre 5

Chapitre 5 : Lois de l'électricité dans un circuit électrique (4,5 semaines)	
En classe	Hors la classe
S1 : Manipulations expérimentales pour écrire les lois de l'électricité dans un circuit en série.	/
S2 : Manipulations expérimentales pour écrire la loi de l'électricité dans un circuit en dérivation.	Compléter les définitions du cours à l'aide de ce qui a été fait lors des manipulations.
S3 : Correction du cours + Série d'exercices centrée sur les lois de l'intensité.	Terminer les exercices sur les lois de l'intensité.
S4 : Série d'exercices centrée sur la loi de la tension.	Terminer les exercices sur la loi de la tension.
S5 : Cours sur la tension et l'intensité nominale + exercices d'application.	Effectuer les exercices liés à la tension et l'intensité nominale.
S6 : Exercices de remédiation pour la préparation du contrôle + Début C7.	Réviser les notions abordées dans le C5 à l'aide de la leçon et des exercices.
S7 : Évaluation sommative sur le chapitre 5.	/

TABLEAU D.3 – Progression du chapitre 5 pour le groupe Géo

Chapitre 5 : Lois de l'électricité dans un circuit électrique (5,5 semaines)	
En classe	Hors la classe
S1 : Activité expérimentale contextualisée sur les lois de l'électricité dans un circuit en série.	/
S2 : Fin de l'activité expérimentale contextualisée sur la loi de l'électricité dans un circuit en dérivation.	Compléter les définitions du cours à l'aide de ce qui a été fait lors de l'activité.
S3 : Correction du cours + Série d'exercices centrée sur les lois de l'intensité.	Pré-test Pronote : Lois de l'intensité. Fiche aide-mémoire : Écriture du plan du cours + Indices de récupération.
S4 : Série d'exercices centrée sur la loi de la tension.	Pré-test Pronote : Loi de la tension.
S5 : Activité documentaire sur le rôle d'un fusible.	/
S6 : Cours sur la tension et l'intensité nominale + exercices d'application. Distribution de la fiche de révision.	Pré-test Pronote : Grandeurs nominales. Fiche aide-mémoire : Écriture du plan du cours + Indices de récupération. Reconnaissance d'informations sur la fiche de révision.
S7 : Correction de la fiche de révision + Conception de la fiche de mémorisation. Début C6.	Réviser les notions abordées dans le C5 à l'aide de la fiche de révision et de mémorisation.
S8 : Évaluation sommative sur le chapitre 5.	/

TABLEAU D.4 – Progression du chapitre 5 pour le groupe Gex3

2 semaines après la séquence pédagogique : Post-test lié aux chapitres 4 et 5 pour tous les groupes de travail.

E : Évaluation sommative sur les deux chapitres

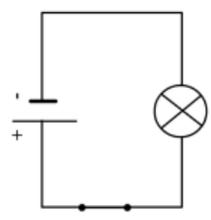
1. Questions de cours

	1) (2,5)	2) (1)	3) (0,5)	4) (0,5)	5) (1,5)	
--	----------	--------	----------	----------	----------	--

1) **Recopier et compléter** le tableau suivant :

Grandeur physique et...	Appareil de mesure et...	son symbole normalisé	Unité et...	... son symbole
Tension				
Intensité				

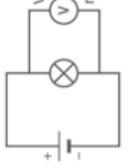
2) **Recopier** le schéma ci-dessous sur votre feuille en y ajoutant le symbole de l'appareil qui mesurera l'intensité du courant électrique qui traverse la lampe.



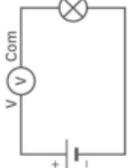

3) On mesure une tension de 20,8 V. **Entourer** le meilleur calibre à utiliser : (aucune justification n'est demandée)

4) Un élève a souhaité mesurer une intensité dans un circuit électrique. En regardant l'affichage de son multimètre, il remarque qu'il obtient une valeur négative. **Indiquer** l'erreur faite par l'élève.

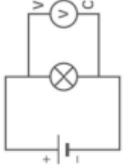
Circuit n°1



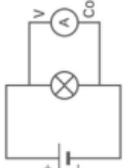
Circuit n°2



Circuit n°3



Circuit n°4



5) On représente ci-contre quatre circuits électriques que plusieurs groupes d'élèves ont proposé à leur enseignant.

Si un schéma est faux, **représentez-le** sur votre copie en le corrigeant et en expliquant l'erreur commise par les élèves.

2. Mesurer une grandeur physique liée à l'électricité

	1) (1)	2) (1,5)	3) (0,5)	4) (2)	
--	--------	----------	----------	--------	--



L'image de gauche montre un circuit électrique réalisé par un élève de 4^{ème} qui cherche à mesurer une grandeur physique liée à l'électricité.

- Indiquer** la fonction du multimètre dans ce montage. **Justifier**.
- Noter** le résultat indiqué par le multimètre.
- Expliquer** si l'interrupteur est ouvert ou fermé.
- Schématiser** le circuit électrique en utilisant les symboles normalisés.

3. Calibres et tension

	1) (1)	2) (1)	3) (1,5)	4) (1,5)	5) (1)	
--	--------	--------	----------	----------	--------	--

Sana a trouvé une ancienne pile AA de 1,5V au fond de son placard. Elle souhaite vérifier si cette pile possède toujours la même tension électrique à ses bornes.

Sana procède à 4 mesures différentes qui sont données à droite.

A



B



C



D



- Indiquer** le calibre utilisé par Sana dans les mesures A, B, C et D.
- Expliquer** le problème dans la mesure C.
- 3a) En utilisant les différentes mesures réalisées par Sana, **expliquer** pourquoi il est intéressant de changer de calibre.
- b) **En déduire** le meilleur calibre à utiliser pour réaliser cette mesure de tension. **Justifier** votre réponse.
- 4) **Écrire** le résultat final de la mesure.
- 5) **Conclure** sur l'usage possible de la pile.

4. Évaluation des capacités expérimentales

--	--	--	--	--	--	--

Vous allez mesurer (a) une tension aux bornes du dipôle ou (b) une intensité qui circule dans le circuit électrique. Le professeur vous indiquera quand vous serez appelé(e) à son bureau. Vous disposerez d'une minute pour réaliser les branchements nécessaires à la mesure.

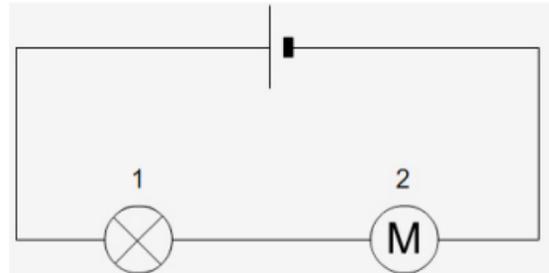
Montage n° : Résultat de votre mesure :

FIGURE E.1 – Évaluation sommative du chapitre 4 sur tension et intensité électrique

1.	Questions de cours	<i>/7</i>
	1) (/2) 2) (/1) 3) (/1) 4) (/3)	

- 1) **Rappeler** l'unité, le symbole et l'appareil de mesure a) de la tension ; b) de l'intensité.
- 2) **Donner** le(s) loi(s) qui s'applique(nt) dans un circuit en série. Puis, **énoncer** clairement cette/ces loi(s).
- 3) **Donner** le(s) loi(s) qui s'applique(nt) dans un circuit en dérivation. Puis, **énoncer** clairement cette/ces loi(s).

4) D'après le montage suivant, la tension U mesurée aux bornes de la pile est de 6V. La tension U_2 mesurée aux bornes du moteur est de 2V.

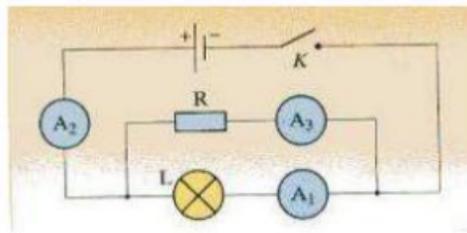


En précisant la loi utilisée, **calculer** la tension U_1 que l'on pourrait mesurer aux bornes de la lampe.

2.	Les bêtises d'Agathe	<i>/3</i>
-----------	-----------------------------	-----------

Au cours d'une séance de travaux pratiques, quatre groupes d'élèves ont réalisé l'expérience de la figure ci-dessous avec des lampes et des résistances différentes.

Le tableau de mesure est passé entre les mains d'Agathe et sans faire attention, son stylo plume coule et a taché tout le tableau. **Recopier** le tableau ci-dessous sur votre copie, et **compléter** les cases recouvertes par l'encre en justifiant vos calculs et vos réponses.



	K	A ₁	A ₂	A ₃
1 ^{er} groupe	ouvert			
2 ^e groupe	fermé	0,2 A		0,3 A
3 ^e groupe	fermé	0,25 A	0,64 A	
4 ^e groupe	fermé	A	580 mA	340 mA

FIGURE E.2 – Évaluation sommative du chapitre 5 les lois de l'électricité

F : Résolution de problème du chapitre 5

Les installations électriques des habitations sont toutes équipées de disjoncteurs servant à couper le courant en cas de surintensité, c'est-à-dire lorsque l'intensité est anormalement élevée. On dit alors que le disjoncteur se déclenche. En effet, si l'intensité du courant devient trop importante, elle peut conduire à un échauffement des appareils électriques ou des fils de connexion et provoquer un incendie. Les disjoncteurs sont donc indispensables pour assurer la sécurité des installations électriques et celle des personnes.

Pour équiper sa cuisine, le propriétaire de la maison achète un four dont les caractéristiques sont les suivantes :

Chaleur tournante
230 V – 2100 W
Nettoyage par pyrolyse
41,4 kg

<p>Aide : Comment calculer une tension ou une intensité en connaissant la puissance d'un appareil électrique ?</p> <p>La puissance nominale \mathcal{P}_N est la puissance reçue par un appareil quand il fonctionne dans des conditions normales. La puissance reçue par un appareil fonctionnant dans des conditions normales est égale au produit de la tension, U, aux bornes de l'appareil et de l'intensité, I, qui traverse l'appareil. On peut calculer l'une de ces trois grandeurs à partir des formules suivantes :</p> $\mathcal{P} = U \times I \quad ; \quad U = \frac{\mathcal{P}}{I} \quad ; \quad I = \frac{\mathcal{P}}{U}$	<p>Données : Symboles électriques de quelques appareils.</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 2px;">Radiateur</td> <td style="width: 50%; text-align: center; padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Plaque de cuisson</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Four</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Fusible/Disjoncteur</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;"></td> </tr> </table>	Radiateur		Plaque de cuisson		Four		Fusible/Disjoncteur	
Radiateur									
Plaque de cuisson									
Four									
Fusible/Disjoncteur									

Partie A : Interprétation du texte et du document.

- 1) Les appareils électriques de nos habitations sont branchés en dérivation. **Citer** une conséquence de ce type de branchement.
- 2) **Expliquer** l'utilisation d'un disjoncteur dans le circuit électrique.
- 3) **Calculer** l'intensité qui passe dans le four du propriétaire lorsqu'on lui applique une tension de 230V.

Partie B : Résolution de problème

En supplément du four, le propriétaire de la maison souhaite installer une plaque de cuisson et un radiateur électrique, chacun étant protégé par un disjoncteur du même type que le disjoncteur 1.

- 4) **Représenter** le circuit électrique de l'installation électrique de l'habitation en vous aidant des différents documents et du texte du début d'exercice.

L'installation comporte alors trois appareils dont les caractéristiques sont les suivantes :

Appareil électrique	Four	Plaque de cuisson	Radiateur
Puissance nominale \mathcal{P} (W)	2100	3000	1900

On rappelle que la tension électrique (dite, efficace) délivrée par le fournisseur d'électricité est de 230 V. Les trois appareils électriques figurant sur le tableau ci-dessus sont soumis à cette tension.

Problème : Si les trois appareils fonctionnent normalement et en même temps, **indiquer**, à l'aide de calculs, si le disjoncteur général de 30 A se déclenche ou pas.

FIGURE F – Résolution de problème sur les lois de l'électricité (inspiré du DNB Amérique du Nord 2020)

G : Tableaux des notes obtenues aux différentes activités (DS, post-test, RPS) de chaque groupe de travail

Les cellules colorées signifient que l'élève a obtenu une note supérieure ou égale à la moyenne.

On précise que les moyennes des devoirs surveillés ont été ramenées sur 20.

19 élèves	DS C1	DS C2	DS C3	RPS C3	DS C4	DS C5	RPS C5	Post-test
AY	9,5	7,14	5	1,25	3	4	1,75	0,25
AM	7	11,43	10,75	1,25	8,75	7	2,5	2,9
AT	8	12,86	6,25	1,25	3,75	4,5	1,75	
AS	16	15,71	9,75	1,5	15,75	13	1,75	5
BAm	11,25	6	9,5	1,25	8,25	14	1,75	
BAy	8,5	15,71	7	1,25	4,25	8	1,75	1,85
BAn	12,5	11,43	10	2,5	5,75	8	1,75	2,45
BB	17,5	17,14	19,25	4,5	14,5	8,75	2,5	5,05
DG	7	7,14	7,5	1,25	4,75	3,5	2,5	6,05
DK	10,25	8,57	5,25	1,25	5,5	3	1,75	0,7
HA	0,5	3,5	5	1,25	3,5	3,44	1,75	6,8
HJ	10,25	14,29	5	1,25	5,25	8	1,75	4,8
MY	11,5	15,71	9,5	2	7,25	4	1,75	3,2
MM	9	5,71	5,75	1,25	5,25	4	1,75	2,45
MA	9,5	18,57	3,25	1,25	11,75	9,5	1,75	5,2
ND	20,5	17,14	15,5	1,5	10,25	19,5	4,5	10
SE	12,25	17,14	9,75	3	13	8,5	2,5	4,4
VV	13,5	10	7,5	2,5	7,25	8,75	4,5	6,9
YM	11,75	12,86	11,25	1,25	5,75	3	1,75	1,9
Moyenne du groupe :	10,86	12,00	8,57	6,84	7,55	7,50	6,28	8,22

TABLEAU G.1 – Notes aux devoirs surveillés des différents élèves du groupe Géo

14 élèves	DS C1	DS C2	DS C3	RPS C3	DS C4	DS C5	RPS C5	Post-test
AH	2	4,29	1,75	1,25	2	2	1,75	2,15
CN	10	12,86	14	1,25	9	9,5	3,5	8,8
DS	17	17,14	13,75	3,5	10,25	14	4,5	10
DH	15	11,43	10,75	2,5	7,75	9,5	3,5	2,7
EK	12,5	14,29	7,75	2,5	7,5	6,5	3,5	9,55
LR	9	7,14	8,75	1,5	8,5	8,5	4,5	9
MD	1	4,29	5	1,25	1	5,5	3,5	7,2
NS	13,5	18,57	11,25	1,25	7	7,75	1,75	5,8
PZ	16	12,86	13,25	2	11,5	14,75	5,25	10,5
RE	12,5	11,43	8,75	1,25	9	10,5	3,5	3,4
SL	12	14,29	19,75	3,75	13,25	13,25	5,25	7,9
SD	9	11,43	9	1,25	6	8	3,5	4,3
SL	20	17,14	12,5	1,25	8,5	16,25	4,5	11,5
SR	17	15,71	11	1,25	6,25	13,5	2,5	10,1
Moyenne du groupe :	11,89	12,35	10,52	7,36	7,68	9,96	10,41	11,76

TABLEAU G.2 – Notes aux devoirs surveillés des différents élèves du groupe Gex1

14 élèves	DS C1	DS C2	DS C3	RPS C3	DS C4	DS C5	RPS C5	Post-test
AE	13	20,0	14,5	3	10	15,25	5,25	8,2
BMat	4,5	15,7	6,25	1,25	12,5	7	2,5	4,5
BMah	16	21,4	18	3,5	12,5	16,75	5,25	8
BJ	19	18,6	16,75	3,5	14	15	5,25	8,2
BC	16	15,7	20	4,5	17,5	14,5	4,5	10,8
BL	12,5	18,6	7,75	1,25	12	6,5	3,5	4,5
CE	15,5	14,3	10,3	3	17,5	10,5	4,5	5,7
CL	14,5	21,4	21,5	4,5	16,25	14	4,5	11,4
GR	10,5	10,7	7,75	1,25	4	11	4	10,4
GL	10,5	14,29	9,25	2	9,75	8,75	2,5	5
JM	14	14,3	8,25	1,25	9	9,75	1,75	4,15
ML	16,5	16,0	16,25		10,8	13,5	4,5	7,8
ST	17,5	12,9	14,5	3,5	17,75	16	4,5	10,8
TT	6,5	16,0	16	1,25	13,5	10	2,5	9,8
Moyenne du groupe :	13,32	16,42	13,36	10,38	12,65	12,04	11,22	12,49

TABLEAU G.3 – Notes aux devoirs surveillés des différents élèves du groupe Gex2

13 élèves	DS C1	DS C2	DS C3	RPS C3	DS C4	DS C5	RPS C5	Post-test
BP	19	21,43	17,5	3,75	18,5	14	3,5	11
CE	17,5	17,14	8,25	2	14	15	4,5	6,7
DN	9,5	12,86	10,5	3,5	7,75	7,5	1,75	7,75
GY	19	20,00	20	2	16,25	17,5	3,5	11,5
GG	16,5	18,57	17	3	16	12	3,5	9
KM	16	17,14	11,75	1,25	12,5	9,5	3,5	6,8
KS	8,25	10,00	4	1,25	6,75	6,75	2,5	
MW	16	14,29	16,5	3,75	12	10,5	1,75	5,5
NL	13,5	21,43	12,75	1,25	15	11	3,5	7,3
RX	6	7,14	7,25	1,25	7,25	11	3,5	6,55
SD	11	7,14	4	1,25	7,75	11	3,5	
VL	19,5	18,57	19,5	3	17,75	21	7	10,5
YN	17,5	21,43	14,75	4	16,75	16,5	3,5	12,5
Moyenne du groupe :	14,56	15,93	12,60	9,62	12,94	12,42	10,00	13,83

TABLEAU G.4 – Notes aux devoirs surveillés des différents élèves du groupe Gex3

H : Découpage des points obtenus lors des devoirs surveillés

Les moyennes ont été ramenées sur 20.

14 élèves	Cours C4	App C4	Manip C4	Cours C5	App C5	RPS C5
AH	1	0	1	0,25	0	1,75
CN	2,5	4	2,5	5	0	3,5
DS	3,25	4,5	2,5	5,5	2,5	4,5
DH	1,25	4	2,5	4	0	3,5
EK	1	5	1,5	1,5	1,5	3,5
LR	2	4	2,5	7	2	4,5
MD	0,5	0	0,5	1,5	0,5	3,5
NS	2,5	3,5	1	3	1,5	1,75
PZ	5	5,5	1	6	1,5	5,25
RE	3	5	1	4,5	1,5	3,5
SL	2	8,25	3	4	2	5,25
SD	3	1	2	3	0	3,5
SL	5	2,5	1	6,75	2,5	4,5
SR	2,25	3	1	6,5	2,5	2,5
Moyenne du groupe :	8,15	6,53	10,95	11,94	8,57	10,41

TABLEAU H.1 – Notes obtenues du groupe Gex1 aux différents exercices des devoirs surveillés du chapitre 4 et 5

Légendes :

- Cours : Points liés à l'exercice sur les questions de cours (premier exercice).
- App : Points liés à l'exercice sur l'application directe du cours (deuxième exercice).
- Manip : Points liés à l'exercice de manipulation (dernier exercice) sur le branchement d'un ampèremètre/voltmètre.
- RPS : Points liés à l'exercice sur une résolution de problème scientifique (dernier exercice).

19 élèves	Cours C4	App C4	Manip C4	Cours C5	App C5	RPS C5
AY	0,5	1,5	1	0,5	1	1,75
AM	3,5	4,25	1	2	1	2,5
AT	0,25	2,5	1	1,5	0,5	1,75
AS	4,25	9	2,5	4,75	2	1,75
BAm	3	4,75	0,5	5,5	2,5	1,75
BAy	1	2,75	0,5	2,5	0	1,75
BAn	0	3,25	2,5	3	0,5	1,75
BB	4,5	7,5	2,5	3	1	2,5
DG	2	0	2	5,25	2,5	2,5
DK	1	2,5	2	0,5	0	1,75
HA	0	2,5	1	0,5	0,5	1,75
HJ	0,75	3,5	1	1,5	1	1,75
MY	0	6,25	1	0,5	0,5	1,75
MM	2,25	1	2	1,5	0	1,75
MA	3	6,75	2	2,75	1	1,75
ND	4	4,25	2	6	3	4,5
SE	4	6,5	2,5	0,5	2,5	2,5
VV	2	4,25	1	1	0	4,5
YM	1,75	1,5	2,5	0,5	0	1,75
Moyenne du groupe :	6,62	7,13	10,70	6,50	6,84	6,28

TABLEAU H.2 – Notes obtenues du groupe Géo aux différents exercices des devoirs surveillés du chapitre 4 et 5

14 élèves	Cours C4	App C4	Manip C4	Cours C5	App C5	RPS C5
AE	4,00	5	1	6,00	2,5	5,25
BMat	5,00	5	2,5	3,50	0,5	2,5
BMah	4,00	6	2,5	6,50	2,5	5,25
BJ	4,00	7,5	2,5	5,25	2,5	5,25
BC	5,50	9	3	7,00	2	4,5
BL	3,25	6,75	2	2,50	0	3,5
CE	5,50	10	2	3,50	1	4,5
CL	5,00	8,75	2,5	4,00	3	4,5
GR	1,00	2	1	5,00	0,5	4
GL	4,25	3,5	2	4,75	1	2,5
JM	2,50	5,5	1	5,75	1,5	1,75
ML	1,33	7,33	3	5,50		4,5
ST	5,25	10	2,5	7,00	2	4,5
TT	4,00	7	2,5	4,50	0,5	2,5
Moyenne du groupe :	13,00	12,12	14,29	14,44	10,00	11,22

TABLEAU H.3 – Notes obtenues du groupe Gex2 aux différents exercices des devoirs surveillés du chapitre 4 et 5

13 élèves	Cours C4	App C4	Manip C4	Cours C5	App C5	RPS C5
BP	5,5	10	3	6	1	3,5
CE	4,5	6,5	3	6,5	1	4,5
DN	2,25	3,5	2	4	0	1,75
GY	5,5	8,75	2	7	2	3,5
GG	5,25	8,5	2,25	6	1	3,5
KM	4	6	2,5	4	0	3,5
KS	1,75	3	2	0,25	4	2,5
MW	4	5,5	2,5	6,25	0	1,75
NL	5,5	7	2,5	5	2	3,5
RX	3,25	3	1	4	0	3,5
SD	2	3,75	2	4	0	3,5
VL	5,5	9,25	3	8	3	7
YN	5,5	8,75	2,5	6	2,5	3,5
Moyenne du groupe :	13,97	11,68	15,51	14,73	8,46	10,00

TABLEAU H.4 – Notes obtenues du groupe Gex3 aux différents exercices des devoirs surveillés du chapitre 4 et 5

I : Résultats des différents pré-tests pour les classes Gex2 et Gex3

Les moyennes ont été ramenées sur 20.

14 élèves	Pré-test I C4	Pré-test T C4	Pré-test I C5	Pré-test T C5
AE	7,47	8,5	9,67	8,05
BMat	7	6	8,83	7
BMah	7,5	8	8,17	7,68
BJ	10	10		9,5
BC	9	9	10	9
BL	7	8	6,89	6,94
CE	6,2	9,67	8,72	6,48
CL		7	9,5	9,88
GR	10	5,4	5,63	9,88
GL	9,4	8,6	7,43	5,75
JM	6,63	8,07	6,83	7,92
ML	6,5	6,67	7,72	8
ST	8,47	9	9,5	9
TT	6,8	9	6,04	
Moyenne du groupe :	15,69	16,13	16,14	16,17

TABLEAU I.1 – Résultats des différents pré-tests pour le groupe Gex2

12 élèves	Pré-test I C4	Pré-test T C4	Pré-test I C5	Pré-test T C5
BP	10		9,33	9,00
CE	9,33	10	9,17	8,50
DN	6,53	8,67	5,72	6,80
GY		6,17		10,00
GG	9,8	9,8	9,39	8,88
KM	10	8	8,39	7,73
KS		6,5	8,83	
MW	6,63	8	8,17	8,00
RX	6,13	7	4,88	5,22
SD		7,1	3,79	9,50
VL	9,8	10	8,83	9,00
YN	9,6	7	9,39	10,00
Moyenne du groupe :	17,29	16,04	15,62	16,84

TABLEAU I.2 – Résultats des différents pré-tests pour le groupe Gex2

Légendes :

- Pré-test I C4 : Pré-test sur les notions liées à l'intensité électrique (codage, unité, appareil de mesure)
- Pré-test T C4 : Pré-test sur les notions liées à la tension électrique (codage, unité, appareil de mesure)
- Pré-test I C5 : Pré-test sur les notions liées aux lois de l'intensité électrique (additivité et unicité)
- Pré-test T C5 : Pré-test sur les notions liées à la loi de la tension électrique (additivité) + valeurs nominales

J : Tableau des résultats des différents groupes de travail sur la question de la préconception sur l'intensité électrique

Géo	Préc ED	Préc PT
AM	0	0
AS	1	n
BAy	0	n
BAn	n	0
BB	1	n
DA	n	0
DG	0	1
DK	0	n
EM	0	n
HA	n	1
HJ	0	n
LL	0	n
MY	0	1
MM	0	1
MA	1	n
RI	n	n
SR	0	n
SA	n	n
SE	0	1
VV	0	1
YM	0	n

Réussite	14%	29%
Échec	62%	14%
Question non traitée	24%	57%

Gex1	Préc ED	Préc PT
BF	n	1
BW	0	n
BA	n	n
CH	0	1
CN	0	1
DS	1	1
DH	0	n
EK	0	1
HJ	1	1
LR	0	1
MD	0	1
MY	0	n
NS	0	1
OB	0	1
OC	0	n
PP	0	1
PZ	1	1
RE	n	n
SLu	1	1
SD	0	0
SLy	0	1
SR	0	1

Réussite	18%	68%
Échec	68%	5%
Question non traitée	14%	27%

TABLEAU J.1 – Proportions des réponses à la préconception pour les groupes Géo (à gauche) et Gex 1 (à droite)

Légendes :

- Préc ED : Question sur la préconception lors de l'évaluation sommative.
- Préc PT : Question sur la préconception lors du post-test.
- 1 : Réponse juste.
- 0 : Réponse fausse.
- n : Question non traitée

Gex2	Préc ED	Préc PT
BMat	n	0
BMah	0	0
BJ	0	0
BC	0	n
BL	0	1
CE	0	n
DV	n	n
FT	0	1
GR	0	0
GL	0	0
JM	0	0
MR	0	0
MLy	0	0
ME	0	n
MLo	0	1
OS	n	0
ST	0	1
SG	0	0
TT	0	n

Réussite	0%	21%
Échec	84%	53%
Question non traitée	16%	26%

<i>K</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>N</i>
29	Gex3	Préc ED	Préc PT
30	BJ	1	n
31	BP	0	0
32	CE	0	n
33	DN	n	0
34	GY	1	1
35	GI	0	1
36	GG	0	1
37	HA	n	0
38	JL	0	1
39	KM	0	1
40	LL	0	0
41	MR	0	n
42	MM	0	0
43	LL	0	n
44	OE	0	n
45	RM	0	n
46	RM2	0	n
47	RX	0	1
48	SA	0	1
49	TJ	0	1
50	TA	0	1
51	VL	0	1
52	YN	1	1

54	Réussite	13%	48%
55	Échec	78%	22%
56	Question non traitée	9%	30%

TABLEAU J.2 – Proportions des réponses à la préconception pour les groupes Gex2 (à gauche) et Gex3 (à droite)

Les proportions des différentes réponses (réussite, échec, non traitée) pour le Groupe Gex3 ont été calculées à l'aide de la formule NB.SI d'Excel :

	Préc ED	Préc PT
Réussite	=NB.SI(M\$30 :M\$52;"1")/ (NB.SI(M\$30 :M\$52;"n") +NB.SI(M\$30 :M\$52;"1") +NB.SI(M\$30 :M\$52;"0"))	=NB.SI(N\$30 :N\$52;"1")/ (NB.SI(N\$30 :N\$52;"n") +NB.SI(N\$30 :N\$52;"1") +NB.SI(N\$30 :N\$52;"0"))
Échec	=NB.SI(M\$30 :M\$52;"0")/ (NB.SI(M\$30 :M\$52;"n") +NB.SI(M\$30 :M\$52;"1") +NB.SI(M\$30 :M\$52;"0"))	=NB.SI(N\$30 :N\$52;"0")/ (NB.SI(N\$30 :N\$52;"n") +NB.SI(N\$30 :N\$52;"1") +NB.SI(N\$30 :N\$52;"0"))
Question non traitée	=NB.SI(M\$30 :M\$52;"n") /(NB.SI(M\$30 :M\$52;"n") +NB.SI(M\$30 :M\$52;"1") +NB.SI(M\$30 :M\$52;"0"))	=NB.SI(N\$30 :N\$52;"n")/ (NB.SI(N\$30 :N\$52;"n") +NB.SI(N\$30 :N\$52;"1") +NB.SI(N\$30 :N\$52;"0"))

K : Pré-tests en électricité

K.1. Pré-test sur l'intensité électrique

FIGURE K.1 – Pré-test du chapitre 4 sur l'intensité électrique

Question 1 • 1 pts • Intensité du courant

Complète les phrases suivantes en sélectionnant la bonne réponse dans le menu déroulant :

L'intensité du courant est une grandeur qui se note **I**.

Son unité est l'**ampère** de symbole **A**.

L'intensité du courant se mesure à l'aide d'un **ampèremètre**.

Il se branche en **série** dans un circuit électrique.

Question 2 • 1 pts • Unité de l'intensité

Quelle est l'intensité du courant inscrite sur le culot de l'ampoule ?



63819126
 11W
 100% 80mA
 230V
 50Hz

Question 3 • 1 pts • Conversions intensité du courant

Sélectionne la bonne conversion pour chaque égalité suivante :

1,5 A = 1500 | 150 | 15 | 0,015 mA

170 mA = 0,17 | 17 | 1,7 | 0,017 A

52 mA = 0,052 | 0,52 | 5,2 | 520 A

Question 4 • 1 pts • Mesurer un courant électrique

Quel est l'appareil qui permet de mesurer le courant électrique ?

Question 5 • 1 pts • Branchement ampèremètre

Dans le schéma n° 2 [1], l'ampèremètre est bien branché pour mesurer l'intensité du courant car il est en **série** | dérivation

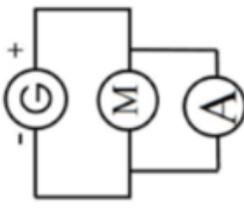


Schéma 1

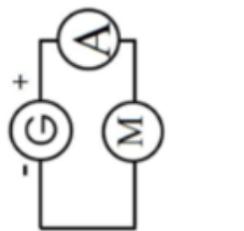


Schéma 2

Question 7 • 1 pts • Branchement de l'ampèremètre

Indiquer dans la case le numéro du schéma sur lequel l'ampèremètre est correctement branché :

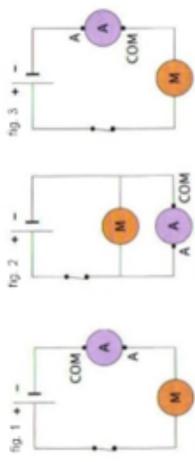
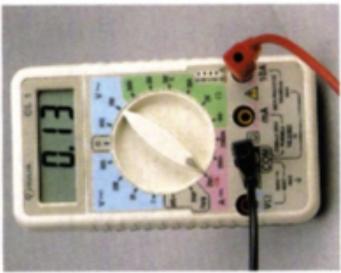


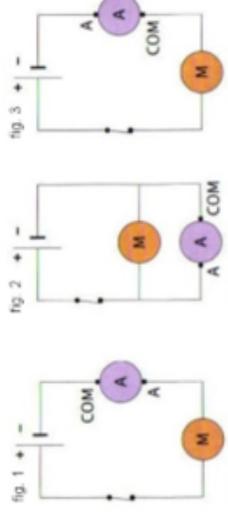
fig 1
 fig 2
 fig 3

Question 6 • 1 pts • Ampèremètre
 Quel est l'unité de la valeur affichée ?



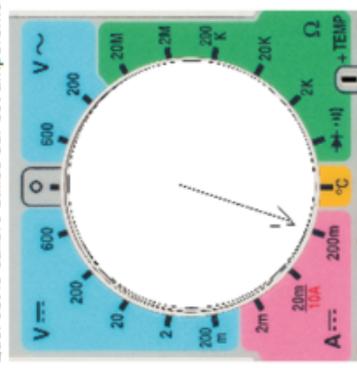
mA
 100% A
 I

Question 8 • 1 pts • Branchement de l'ampèremètre
 Que va-t-il se passer avec le montage de la figure 3 ?



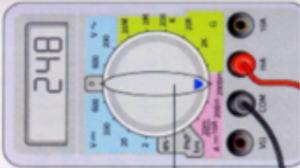
100% L'ampèremètre affiche une valeur négative.
 L'ampèremètre crée un court-circuit.
 L'ampèremètre ne mesure rien, il affiche 0.

Question 9 • 1 pts • Calibre
 Quel est le calibre utilisé sur cet ampèremètre ?



20 mA
 100% 200 mA
 2000 mA

Question 10 • 1 pts • Calibres
 Le sélecteur est positionné sur le calibre 2000m | 200m | 20m/10A, donc le résultat de la mesure est 248mA | A.
 Comme le calibre indique la valeur maximale | la valeur minimale que l'on peut mesurer et que 248 mA est supérieure | inférieure au calibre 200 mA, j'en déduis que le calibre 2000mA | le calibre 200 mA est le plus adapté.



K.2. Pré-test sur la tension électrique

FIGURE K.2 – Pré-test du chapitre 4 sur la tension électrique

Question 1 • 1 pts • Tension électrique

Complète les phrases suivantes en sélectionnant la bonne réponse dans le menu déroulant :

La tension du courant est une grandeur qui se note **U** | **V** | **voltmètre** | **volt** | **dérivation**.

Son unité est le **volt** | **V** | **voltmètre** | **dérivation** de symbole **U** | **V** | **voltmètre** | **volt** | **dérivation**.

La tension du courant se mesure à l'aide d'un **volt** | **U** | **V** | **voltmètre** | **dérivation**.

Il se branche en **volt** | **U** | **V** | **voltmètre** | **dérivation** dans un circuit électrique.

Question 2 • 1 pts • Conversions d'unité

Associe chaque valeur numérique à sa conversion.

3 V ↔ 3000 mV

0,015 V ↔ 15 mV

1,5 V ↔ 1500 mV

150 mV ↔ 0,15 V

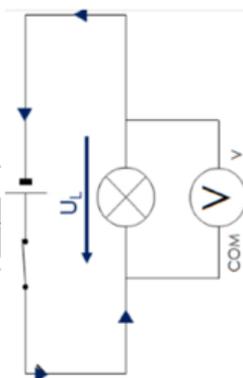
0,3 V ↔ 300 mV

330 mV ↔ 0,33 V

Question 4 • 1 pts • Branchement du voltmètre

La tension aux bornes d'une lampe quand il est branché à un générateur 6V est aussi de 6V.

Vous voulez vérifier cette affirmation en branchant un voltmètre aux bornes de la lampe (voir circuit ci-dessous). **Indiquer** ce que va afficher votre voltmètre.



U = 6 V

100% U = -6 V « L'utilisateur a inversé le sens de branchement du voltmètre. Ça ne respecte plus la convention donc la tension affichée sera négative.

Question 3 • 1 pts • Voltmètre

Associe les bonnes réponses.

borne d'entrée ↔ V

borne de sortie ↔ COM

symbole du voltmètre ↔ Un cercle avec un V à l'intérieur

branchement du voltmètre ↔ en dérivation

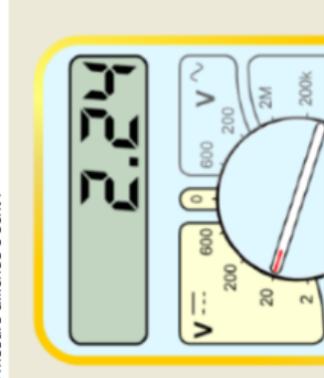
1V ↔ 1000 mV

0,001V ↔ 1mV

Question 5 • 1 pts • Lecture d'une tension sur un voltmètre

Voici l'écran d'affichage d'un voltmètre.

La mesure affichée s'écrit :



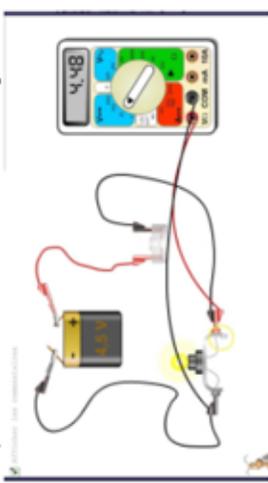
I = 2,24 mA

100% U = 2,24 V

2,24

I = 2,24 A

Question 6 • 1 pts • Lecture d'une tension sur un voltmètre
 Indique la valeur de la tension lue sur cette image.



$U = 4.48 \text{ mV}$
 100% $U = 4.48 \text{ V}$
 4.48

Question 7 • 1 pts • Tension d'un récepteur
 Quelle est la valeur de la tension aux bornes d'un fil ?

100% $U = 0\text{V}$
 $U = 4.5\text{V}$ ↔ /\ Un fil n'est pas un générateur
 $U = 6\text{V}$ ↔ /\ Un fil n'est pas un générateur

Question 8 • 1 pts • Choix du générateur
 Pour alimenter cette lampe, je choisis...



100% un générateur 12V
 un générateur 6V
 une pile 9V
 une pile 4V

Question 9 • 1 pts • Calibres
 Lorsque je mesure une tension électrique, je commence par placer mon sélecteur sur le calibre...

le plus petit
 100% le plus grand
 peu importe
 au hasard

Question 10 • 1 pts • Calibres
 Vous souhaitez mesurer une tension de 9V aux bornes d'un générateur pour vérifier s'il fonctionne encore correctement.

Quelle calibre de votre voltmètre, vous allez utiliser pour mesurer cette tension ?

100% 20 ↔ Oui ! Il faut toujours choisir le calibre donc la valeur est supérieure à la valeur mesurée afin d'être précis sans abimer l'appareil de mesure.
 2
 200
 2000

K.3. Pré-test sur les lois de l'intensité électrique

FIGURE K.3 – Pré-test du chapitre 5 sur les lois de l'intensité électrique

Question 1 • 1 pts • Rappels sur l'intensité électrique
 Complète les phrases suivantes en sélectionnant la bonne réponse dans le menu déroulant :
 L'intensité du courant est une grandeur qui se note **I**.
 Son unité est l'**ampère** de symbole **A**.
 L'intensité du courant se mesure à l'aide d'un **ampèremètre**.
 Il se branche en **série** dans un circuit électrique.

Question 3 • 1 pts • Choix des calibres
 On dispose d'un ampèremètre ayant pour calibres :
 10 A
 200 mA
 20 mA
 2 mA
 Quel est le calibre le plus adapté si l'on doit mesurer les intensités suivantes !
 25 mA -> calibre **10 A** | **200 mA** | **2 mA** | **20 mA**.
 3087 mA -> calibre **10 A** | **200 mA** | **20 mA** | **2 mA**.
 155 mA -> calibre **200 mA** | **10 A** | **20 mA**

Question 2 • 1 pts • Branchement de l'ampèremètre
 Où l'ampèremètre est-il correctement branché ?

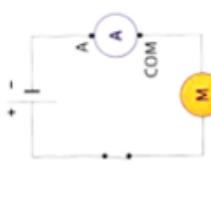


fig.1

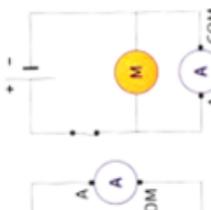


fig.2

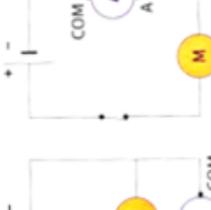


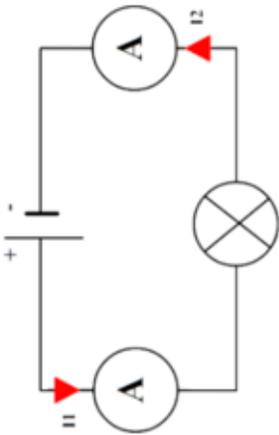
fig.3

1
 2
 100% 3

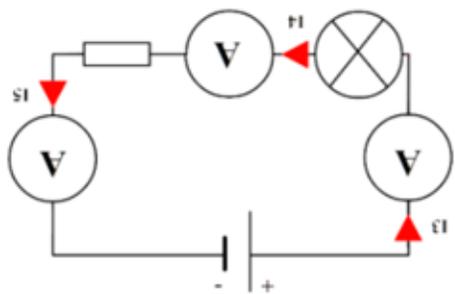
Question 4 • 1 pts • Intitulé des lois en électricité
 Retrouves la **loi d'unicité de l'intensité du courant électrique** en sélectionnant la bonne réponse dans le menu déroulant :
 Dans un circuit en **série** | **dérivation**, l'**intensité** | la **tension** est la **même** | **différente** | **plus grande** | **plus petite** en tout point de la boucle.

Question 5 • 1 pts • Intitulé des lois en électricité
 Retrouves la **loi d'additivité de l'intensité du courant électrique** en sélectionnant la bonne réponse dans le menu déroulant :
 Dans un circuit en **dérivation** | **série**, la **somme** | **différence** | **multiplicité** des **intensités** | **tensions** des courants qui **entrent** | **sortent** par un **noeud** | **une branche** | un **carrefour** est égale à la **somme** | **différence** | **multiplicité** des **intensités** | **tensions** des courants qui **sortent** | **entrent** du même **noeud** | **branche** | **carrefour**.

Question 6 • 1 pts • Application des lois de l'intensité
 On place un ampèremètre avant et après une lampe.
 Quel est le courant le plus fort : aucun, ils ont la même valeur | Le courant I1 est plus grand que I2 | Le courant I2 est plus grand que le courant I1.



Question 7 • 1 pts • Application des lois de l'intensité
 Le circuit suivant est un circuit en série | dérivation.
 Dans un tel circuit, la loi d'unicité de l'intensité du courant électrique s'applique : appliquez ici, on peut dire : I3 = I4 + I5 | I3 = I4 = I5 | I3 = I4 + I5 | I3 = I4 = I5

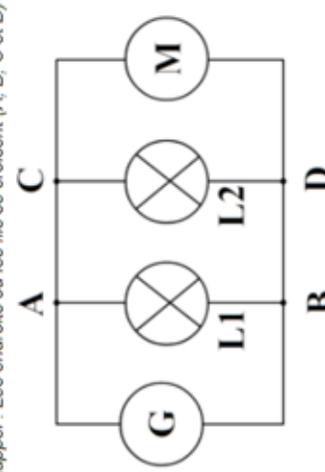


Remarque : On rappelle que le dipôle représenté par un rectangle est appelé résistor.

Question 8 • 1 pts • Application des lois de l'intensité
 Le circuit suivant est un circuit en série | dérivation.
 On appelle :
 I_G : l'intensité du générateur
 I_{L1} : l'intensité de la lampe 1
 I_{L2} : l'intensité de la lampe 2
 I_M : l'intensité du moteur

Dans un tel circuit, la loi d'unicité | additivité des intensités s'applique, on peut dire que : I_G = I_{L1} + I_{L2} | I_G = I_{L1} = I_{L2} = I_M | I_G = I_{L1} + I_{L2} + I_M | autre réponse

Rappel : Les endroits où les fils se croisent (A, B, C et D) sont appelés des **noeuds**.



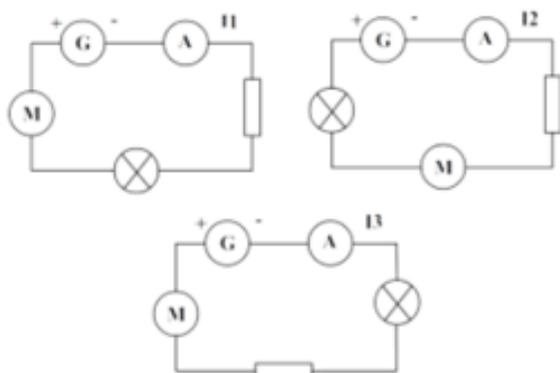
Question 9 • 1 pts • Préconceptions en électricité

Dans les trois circuits, on a changé les différents dipôles de place.

Pour les trois différents cas, comment se comporte les trois intensités notées : I_1 , I_2 et I_3 ?

$I_1 = I_2 = I_3$, car l'ordre des dipôles ne modifie pas l'intensité dans un circuit en série. | I_1 est la plus grande, car il sort du générateur et se consomme petit à petit. | $I_1 = I_2$ car le résistor est juste placé avant l'ampèremètre dans les deux cas.

Rappel de 5^{ème} : Dans un circuit en série, si on rajoute une lampe : l'intensité du courant électrique diminue | reste le même | augmente.

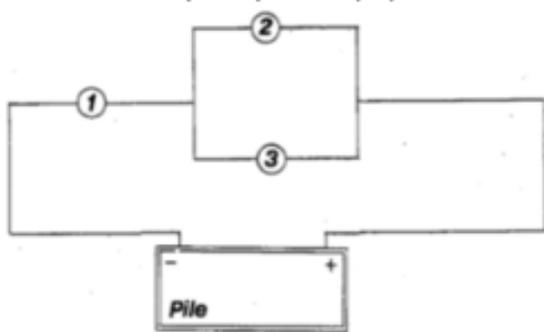


Question 10 • 1 pts • Préconceptions en électricité

Prends bien le temps de réfléchir avant de répondre.

Dans le circuit électrique ci-dessous, les trois lampes 1, 2 et 3 sont identiques. On cherche à classer les lampes par ordre de brillance.

Choisis la bonne réponse parmi les propositions suivantes :



- La lampe 1 va briller moins fort que les deux autres, car elle se trouve proche du pôle négatif de la pile.
 ⇐ Enlèves toi cette idée fautive de ta tête ! L'intensité électrique ne se consomme pas, sur une même boucle, elle est la même partout (loi d'unicité des intensités).
- La lampe 2 va briller plus fort que toutes les autres ⇐ Faux, car d'après la loi d'additivité des intensités $I_g = I_1 + I_2$, donc la lampe 1 est celle qui brillera le plus.
- 100% La lampe 1 est celle qui va briller le plus. Les deux autres lampes brilleront de la même manière. ⇐ Oui Bravo ! D'après la loi d'additivité des intensités $I_g = I_1 + I_2$, donc la lampe 1 est celle qui brillera le plus.
- La lampe 3 est celle qui va briller le moins. Les deux autres lampes brilleront de la même manière. ⇐ Faux, car d'après la loi d'additivité des intensités $I_g = I_1 + I_2$, donc la lampe 1 est celle qui brillera le plus.

K.4. Pré-test sur les lois de la tension électrique + valeurs nominales

FIGURE K.4 – Pré-test du chapitre 5 sur la loi de la tension électrique

Question 1 • 1 pts • Rappels sur la tension électrique

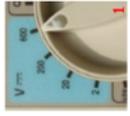
La tension électrique notée U | V se mesure avec un **voltmètre** | **ampèremètre** | **wattmètre** | **tensiomètre**.

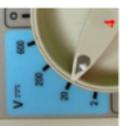
Une tension électrique se mesure en **volt** | **ampère** | **mètre** | **watt** | **gramme** de symbole **V** | **A** | **m** | **kg**, elle est toujours positive | négative.

Cet appareil se branche en **dérivation** | **série**, directement aux bornes du dipôle étudié. On utilise alors la borne d'entrée **V** | **A** | **COM** | **T** et la borne de sortie **COM**. | **A** | **V** | **T**

Question 3 • 1 pts • Retour sur les calibres

Parmi les propositions suivantes, quel calibre dois-tu utiliser pour mesurer une tension électrique $U=23.5\text{ V}$?



1 2 3 4

100% 3 -> il faut toujours choisir le calibre donc la valeur est supérieure à la valeur mesurée afin d'être précis sans abîmer l'appareil de mesure.

2 -> Cette zone est pour les mesures d'intensité (A pour ampère)

Question 2 • 1 pts • Conversion d'unité

Associe chaque valeur numérique à sa conversion.

3 V ↔ 3000 mV

0.015 V ↔ 15 mV

0.3 V ↔ 300 mV

1.5 V ↔ 1500 mV

150 mV ↔ 0.15 V

330 mV ↔ 0.33 V

Question 4 • 1 pts • Rappel sur la tension électrique

Pour alimenter cette lampe, je choisis ...



100% un générateur de 12 V

un générateur de 24 V

un générateur de 6V

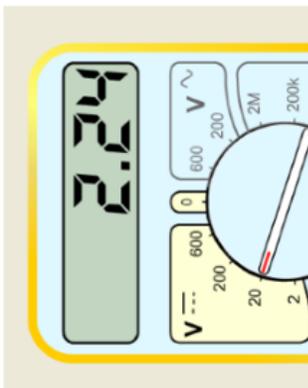
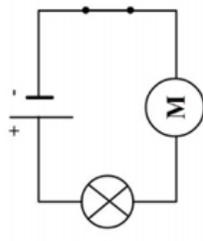
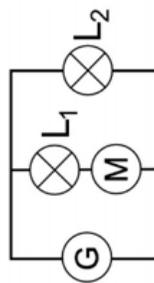
une pile de 1.5 V

une pile de 4.5 V

Question 6 • 1 pts • Loi d'additivité de la tension électrique

Retrouves la **loi d'additivité de la tension électrique** en sélectionnant la bonne réponse dans le menu déroulant :

Dans un circuit en **série**, la **tension** | **l'intensité** | **la puissance** aux bornes du **générateur** | **du dipôle** | **du récepteur** est **égale** | **différente** | **plus petite** | **plus grande** à la somme des tensions | intensités | puissances aux bornes des récepteurs | des générateurs.

<p>Question 5 • 1 pts • Écriture codée</p> <p>Voici l'écran d'affichage d'un multimètre.</p> <p>La mesure affichée s'écrit :</p>  <p> <input type="radio"/> I = 2,24 mA <input type="radio"/> I = 2,24 A <input type="radio"/> U = 2,24 mV <input checked="" type="radio"/> 100% U = 2,24 V </p>	<p>Question 7 • 1 pts • Application de la loi d'additivité de la tension électrique</p> <p>Dans ce circuit en série, si la pile fournit une tension $U_L = 2V$ aux bornes de la lampe, quelle est le tension aux bornes du moteur?</p>  <p> <input checked="" type="radio"/> 100% 2.5V → on applique la loi d'additivité des tensions: $U_C = U_L + U_M$ donc $U_M = 4.5 - 2 = 2.5$ <input type="radio"/> 2V <input type="radio"/> 4.5V <input type="radio"/> 6.5V </p>	
<p>Question 8 • 1 pts • Application de la loi d'additivité de la tension électrique</p> <p>Dans ce circuit en dérivation, le générateur délivre une tension de 6V. Tu as mesuré que la tension aux bornes de la lampe L_1 est $U_1 = 2V$. Tu peux donc en déduire que la tension aux bornes du générateur est $U = 6 4 2 18V$ et que la tension aux bornes du moteur est $U_M = 4 2 6 18V$</p> <p>ATTENTION : N'INDIQUE PAS L'UNITÉ, JUSTE LA VALEUR NUMÉRIQUE.</p> 	<p>Question 9 • 1 pts • Rappel de cours</p> <p>Les valeurs indiquées par le fournisseur sur les appareils, comme sur les culots d'une lampe par exemple, sont appelées valeurs</p> <p>...</p> <p> <input type="radio"/> générales <input checked="" type="radio"/> 100% nominales <input type="radio"/> optimales <input type="radio"/> phénoménales </p>	
		<p>Question 10 • 1 pts • Application aux valeurs nominales</p> <p>Si j'alimente cette lampe avec une pile de 9V, elle va être en surtension sous-tension griller adaptation du générateur et risque de surtension sous-tension griller adaptation du générateur.</p> <p>Indications sur une lampe</p> 

L : Post-test en électricité

Post-test en électricité		/12,5
Physique-chimie 4 ^{ème}		
Nom :		
Prénom :		
Classe :		

Avant propos : Cette évaluation n'est qu'un bonus, la note finale ne complètera dans votre moyenne si et seulement si elle l'augmente. Le but de ce post-test est de voir quelles notions en électricité vous avez mémorisé après les deux semaines de fin de la séquence pédagogique.

Répondez donc aux questions des deux exercices suivants sans stress ni pression.

1. Retour sur les notions vues dans le cours

1) Compléter le tableau suivant :

Grandeur physique et...	... son symbole	Appareil de mesure et...	... son symbole normalisé	Unité et...	... son symbole
Tension					
Intensité					

2) Compléter les lois suivantes :

- a) Loi de : Dans un circuit en , l'intensité est en tout point de la boucle.
- b) Loi des : Dans un circuit en la tension aux bornes du est à la des tensions aux bornes des
- c) Loi des : Dans un circuit en la somme des des courants qui par un est égale à la somme des des courants qui du même

4) Soit un circuit électrique comprenant un générateur et deux lampes sont branchés en série (voir figure ci-contre). En allumant le circuit électrique, on remarque qu'une des deux lampes brille moins fort que l'autre.

→ En utilisant une loi de l'électricité, **compléter** l'encadré de droite avec l'intensité électrique qui rentre dans le générateur.

5) Si on vient à changer la position des deux lampes dans le circuit, **expliquer** en justifiant :

- a) Si l'intensité électrique va changer ou rester la même.
- b) Si la lampe L₂ va briller plus ou moins fort que L₁.

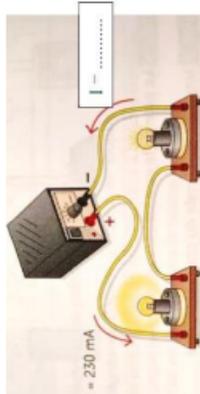
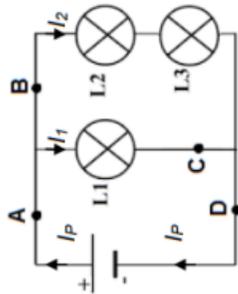


FIGURE L – Post-test proposé aux élèves deux semaines après la séquence pédagogique

2. Aménager un fourgon

Pour voyager, de plus en plus de personnes aménagent un fourgon. Les installations électriques sont des étapes importantes de l'aménagement.

On modélise l'installation électrique du fourgon par le circuit schématisé ci-contre :



1) La batterie est modélisée par une pile. **Entourer** sur le schéma, le symbole normalisé de la pile.

2) Lorsque toutes les lampes sont allumées, la pile a une tension électrique à ses bornes $U_0 = 12 \text{ V}$. À l'aide d'un ampèremètre, on réalise plusieurs mesures :

- L'intensité du courant électrique dans la branche principale : $I_P = 0,15 \text{ A}$;
- L'intensité du courant électrique traversant les lampes L₂ et L₃ : $I_2 = I_3 = 0,12 \text{ A}$.

L'aménagement ne permettant pas de mesurer directement l'intensité I_1 , du courant électrique traversant la lampe L₁, on cherche à obtenir sa valeur par un calcul.

a) **Vérifier**, en utilisant la loi de l'électricité appropriée, que la valeur de l'intensité I_1 , du courant électrique traversant la lampe L₁, est égale à 30 mA .

b) On enlève la lampe L₁, on prend en compte que la boucle formée de la pile et des lampes L₂ et L₃ qui sont les mêmes. En utilisant la loi appropriée, **calculer** la tension nominale de ces deux lampes.

M.2. Fiche de mémorisation sur la tension et l'intensité électrique

	Fiche de mémorisation C4 Tension et Intensité électrique	4 ^{ème}
---	--	------------------

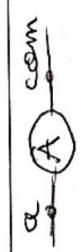
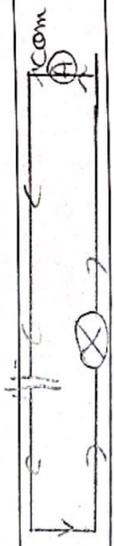
Qu'est-ce qu'une fiche de mémorisation ? :

(Source : <http://sciences-cognitives.fr/wp-content/uploads/2018/04/5-Fiches-de-m%C3%A9morisation-pour-apprendre-activement.pdf>)

Cette fiche ne remplace en rien la fiche révision ou le cours en entier, car on n'indique pas les notions essentielles à savoir. Elle se focalise seulement sur les questions et les réponses à mémoriser pour vous, élève, en indiquant l'élément qui vous a permis de retrouver la réponse (d'où l'utilité de la fiche aide-mémoire).

Lors de vos révisions, vous utiliserez la fiche de révision pour retrouver les différentes notions que vous serez susceptibles d'être interrogé-e, et aussi cette fiche de mémorisation en cachant une question ou une réponse, et vous tenterez de retrouver ce qui est caché derrière votre main. Le but est de vous centrer vers une mémorisation plus active et donc de développer une rétention à long des notions qui sont contenues dans votre mémoire.

Questions	Indice de récupération (élément présent sur votre fiche aide-mémoire)	Réponses
Quelle est l'écriture codée de la tension électrique ?	Uber	U
Quelle est l'écriture codée de l'intensité électrique ?	Intensité	I
Combien vaut $1V$ en mV ?	$1V$ plus grand que mV	$1V = 1000mV$
Branchement du voltmètre ?	tension	En dérivation
Branchement de l'ampèremètre ?	Intensité	En série
Quel est le sens conventionnel du courant ?		Du + vers le -

Quelle est l'unité de l'intensité électrique?	Grand-père.	Ampère
Quel est le symbole de l'unité de l'ampère?	Ampère	A
Comment brancher un ampèremètre?	A comme Ampèremètre	Entrée = A Sortie = Com de plus grand.
Quel calibre doit-on utiliser?	Forcible !!	Pour gagner en précision.
Pourquoi doit-on charger de calibre?		Inverser les bornes de branchement
Que faire si le multimètre nous affiche une valeur négative?		
Quel est le symbole de l'ampèremètre?		
Comment schématiser un schéma électrique?		

M.3. Carte mentale sur la tension électrique

