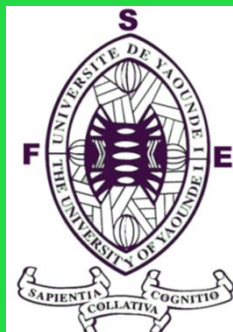


UNIVERSITE DE YAOUNDE I

FACULTÉ DES SCIENCES DE
L'ÉDUCATION *****

CENTRE DE RECHERCHE ET DE
FORMATION DOCTORALE EN SCIENCES
HUMAINES, SOCIALES ET EDUCATIVES

UNITE DE RECHERCHE ET DE
FORMATION DOCTORALE EN SCIENCES
DE L'EDUCATION ET INGENIERIE
EDUCATIVE



THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

FACULTY OF EDUCATION

DOCTORAL RESEARCH AND
TRAINING CENTRE IN SOCIAL AND
EDUCATIONAL SCIENCES

DOCTORAL RESEARCH AND
TRAINING SCHOOL IN EDUCATION
AND EDUCATIONAL ENGINEERING

**Enseignement/apprentissage des sciences
physiques : construction du concept de période du
courant alternatif à partir d'un oscillogramme par
la NOS comme mode de transposition didactique**

Mémoire rédigé et présenté pour évaluation partielle en vue de l'obtention du
diplôme de Master en Didactique des Disciplines

Spécialité : Didactique de Physique

par

NGATABA Justin

Titulaire d'un Master et d'un DIPES 2 en Physique

Matricule : 22V3767

Jury de soutenance

Président

OWONO OWONO Luc Calvin

Professeur titulaire

Université de Yaoundé I

Rapporteur

AYINA BOUNI

Maître de Conférences

Université de Yaoundé I

Examineur

NTEDE NGA

Maître de Conférences

Université de Yaoundé I



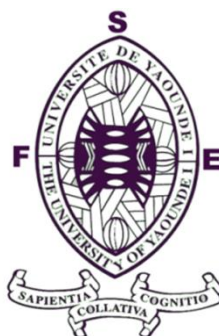
Juillet 2025

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

FACULTÉ DES SCIENCES DE
L'ÉDUCATION *****

CENTRE DE RECHERCHE ET DE
FORMATION DOCTORALE EN SCIENCES
HUMAINES, SOCIALES ET EDUCATIVES

UNITE DE RECHERCHE ET DE
FORMATION DOCTORALE EN SCIENCES
DE L'EDUCATION ET INGENIERIE
EDUCATIVE



THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

FACULTY OF EDUCATION

DOCTORAL RESEARCH AND
TRAINING CENTRE IN SOCIAL AND
EDUCATIONAL SCIENCES

DOCTORAL RESEARCH AND
TRAINING SCHOOL IN EDUCATION
AND EDUCATIONAL ENGINEERING

**Enseignement/apprentissage des sciences
physiques : construction du concept de période du
courant alternatif à partir d'un oscillogramme par
la *NOS* comme mode de transposition didactique**

Mémoire rédigé et présenté pour évaluation partielle en vue de l'obtention du
diplôme de Master en Didactique des Disciplines

Spécialité : Didactique de Physique

par

NGATABA Justin

Titulaire d'un Master et d'un DIPES 2 en Physique

Matricule : 22V3767

Jury de soutenance

Président

OWONO OWONO

Professeur titulaire

Université de Yaoundé I

Rapporteur

AYINA BOUNI

Maître de Conférences

Université de Yaoundé I

Examineur

NTEDE NGA

Maître de Conférences

Université de Yaoundé I

Juillet 2025

sommaire

Dédicace.....	ix
Remerciements.....	x
Liste des abréviations, des sigles et des acronymes	xi
Liste des tableaux	xii
Liste des figures	xiii
Résumé	xvi
Abstract.....	xvii
Introduction générale.....	1
Première partie : Cadre théorique de l'étude.....	6
Chapitre 1 : Revue de la littérature et état de la question	7
Introduction du chapitre.....	8
1.1. Définition des concepts clés.....	8
1.1.1. Enseignement	8
1.1.2. Apprentissage.....	9
1.1.3. Courant alternatif.....	9
1.1.4. Oscillogramme.....	11
1.1.5. Construction d'un concept	12
1.1.6. Concept de Période	12
1.1.7. NOS (Nature of science)	13
1.1.8. Transposition didactique	14
1.1.8.1. Transposition didactique externe : Du savoir savant au savoir à enseigner	16
1.1.8.2. Transposition didactique interne : Du savoir à enseigner au savoir enseigné.....	17
1.1.8.3. Critiques de la transposition didactique selon Chevallard	17
1.1.9. Modes de transposition didactique.....	18
1.2. État de la question sur la période.....	19
1.2.1. Difficultés conceptuelles autour de la période en contexte universitaire : apports et limites pour l'enseignement du courant alternatif (Wan et al., 2016)	19
1.2.2. Difficultés hiérarchisées dans la compréhension de la période, de la fréquence et de la pulsation angulaire : enseignements de l'étude de Young et Heckler (2018)	20
1.3. Études historiques et épistémologiques	22
1.3.1. Études historique et épistémologique du concept de temps	22
1.3.1.1. Avant l'invention de la notion du temps.....	22
1.3.1.2. Temps comme nécessité sociale	25
1.3.1.3. Temps physique.....	26

1.3.2.	Études historique et épistémologique du concept de période	27
1.3.2.1.	Concept de période au sens étymologique	27
1.3.2.2.	Évolution du concept de période	29
1.4.	Choix épistémologique et didactique de la recherche	31
1.5.	Théories de référence	32
1.5.1.	Nature of science	32
1.5.1.1.	Conceptions des apprenants sur la NOS	33
1.5.1.2.	Conceptions des enseignants sur la NOS	33
1.5.1.3.	Principaux aspects de la Nature of Science	34
1.5.1.4.	Enjeux de la nature of science (NOS) dans l'enseignement/apprentissage	36
1.5.1.5.	NOS comme mode de transposition didactique	38
1.5.2.	Socioconstructivisme	43
1.5.2.1.	Concept de zone proximale de développement	43
1.5.2.2.	Rôle de l'étayage dans l'apprentissage	44
1.5.2.3.	Conflit (socio)cognitif : moteur de la conceptualisation	45
1.5.3.	Théorie peircienne	47
	Conclusion du chapitre	49
	Chapitre 2 : Problématique de recherche	50
	Introduction du chapitre	51
2.1.	Contexte et justification de l'étude	51
2.1.1.	Contexte institutionnel	53
2.1.1.1.	Place du concept de période dans les programmes des lycées et collèges	54
2.1.1.2.	Recommandations institutionnelles pour l'enseignement/apprentissage du concept de période	59
2.1.2.	Contexte scientifique	60
2.1.2.1.	Importance des graphiques en sciences et en physique	61
2.1.2.2.	Connaissances pour une utilisation efficiente des graphiques	63
2.1.2.3.	Difficultés des apprenants dans l'utilisation des graphiques	65
2.1.2.4.	Origine des difficultés dans l'interprétation des graphiques	66
2.1.2.5.	Présentation de l'oscillogramme et difficultés dans l'interprétation de la période dans la littérature	67
2.1.3.	Motivations	68
2.1.3.1.	Amélioration de la compréhension des concepts en physique	68
2.1.3.2.	Répondre à un besoin éducatif spécifique	68
2.1.3.3.	Explorer l'efficacité des outils graphiques dans l'apprentissage	68
2.1.3.4.	Contribuer à la didactique des sciences physiques	69
2.1.3.5.	Expérimenter une approche par la Nature of Science (NOS)	69

2.1.3.6. Répondre à un défi professionnel en tant qu'enseignant.....	69
2.2. Position et formulation du problème	69
2.2.1. Constats.....	70
2.2.1.1. Difficulté des apprenants à déterminer la période à partir d'un oscillogramme après enseignement.....	70
2.2.1.2. Absence d'une approche d'enseignement/apprentissage spécifique dans la littérature	71
2.2.1.1. Difficulté à lire un repère orthonormé à deux dimensions.....	71
2.2.1.4. Confusion entre l'axe des abscisses et l'axe des ordonnées.....	71
2.2.1.5. Difficulté à prendre en compte les variables sur les axes et leurs unités	71
2.2.1.6. Difficulté à prendre en compte les échelles dans la lecture de l'oscillogramme.....	72
2.2.1.7. Une difficulté didactique liée à la conversion de la période du courant alternatif lors de sa détermination graphique.....	72
2.2.2. Formulation du Problème	72
2.2.3. Questions de recherche	74
2.2.4. Hypothèses de recherche.....	75
2.2.5. Objectifs de recherche	77
2.2.6. Intérêts de l'étude.....	78
2.2.6.1. Oscillogramme comme outil didactique	78
2.2.6.2. Période comme concept clé en physique	79
2.2.6.3. Importance de la visualisation dans la didactique de la physique	79
2.2.6.4. Construction du raisonnement scientifique à travers l'analyse des oscillogrammes	79
2.2.7. Délimitations de l'étude	80
2.2.7.1. Délimitation théorique de l'étude.....	80
2.2.7.2. Délimitation empirique de l'étude	80
Conclusion du chapitre	81
Deuxième partie : Cadre méthodologique et opératoire de l'étude	82
Chapitre 3 : Méthodologie de la recherche	83
Introduction du chapitre.....	84
3.1. Type de l'étude.....	84
3.2. Délimitations (géographique et théorique) de l'étude.....	85
3.2.1. Délimitation géographique de l'étude	85
3.2.1.1. Collège Saint Bruno de Logbikoy	85
3.2.2. Délimitation temporelle	86
3.3. Population	86
3.4. Échantillon et méthode d'échantillonnage	87
3.5. Instrument de collecte des données.....	88
3.5.1. Questionnaire	88

3.5.1.1. Analyse <i>a priori</i> du questionnaire	89
3.5.2. Validation du questionnaire	98
3.5.2.1. Validité du questionnaire	99
3.5.2.2. Fiabilité du questionnaire.....	99
3.5.2.3. Opérationnalité du questionnaire	100
3.6. Séquence didactique	101
3.6.1. Contexte	102
3.6.2. Présentation de la séquence didactique : Construction du concept de période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme	102
3.6.3. Analyse <i>a priori</i> de la séquence didactique.....	104
3.6.3.1. Analyse a priori de l'Activité 1 : Construction qualitative du concept de période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme.....	104
3.6.3.2. Analyse a priori de l'Activité 2 : Conversion des unités de temps et écriture scientifique	108
3.6.3.3. Analyse a priori de l'Activité 3 : Lecture et interprétation graphique des coordonnées.....	111
3.6.3.4. Analyse a priori de l'activité 4 : Lecture de segments (horizontaux ou verticaux) graphiques dans un repère.....	116
3.6.3.5. Analyse a priori de l'Activité 5 : Observation pour l'acquisition du mathématique de base dans l'interprétation d'un oscillogramme	121
3.6.3.6. Analyse a priori de l'activité 6 : Consolidation intégrée du concept de période du courant alternatif.....	124
3.6.4.7. Analyse a priori de l'activité d'évaluation sommative : Validation de la construction du concept de période	127
3.7. Procédure de collecte des données	130
3.8. Méthode d'analyse des données.....	131
Conclusion du chapitre	132
Chapitre 4 : Présentation et discussion des résultats	133
Introduction du chapitre.....	134
4.1. Résultats issus du questionnaire diagnostique.....	134
4.1.1. Conversion des unités de temps en secondes à l'aide de l'écriture scientifique.....	134
4.1.2. Compréhension qualitative d'un phénomène périodique.....	142
4.1.3. Lecture des coordonnées des points.....	143
4.1.4. Compréhension des grandeurs physiques portées par des segments horizontaux et verticaux	149
4.1.5. Interprétation des oscillogrammes	161
4.2. Analyse des productions en cours de séquence.....	165
4.2.1. Construction qualitative du concept de période.....	165
4.2.2. Formalisme mathématique pour la détermination de la période	169

4.2.2.1. Conversion des unités de temps en secondes à l'aide de l'écriture scientifique.....	169
4.2.2.2. Lecture des coordonnées des points.....	172
4.2.2.3. COMPRÉHENSION DES GRANDEURS PHYSIQUES PORTÉES PAR DES SEGMENTS HORIZONTAUX ET VERTICAUX	174
4.2.2.4. Observation comme outil de compréhension du formalisme mathématique pour la détermination de la période	175
4.2.3. Consolidation intégrée du concept de période du courant alternatif	176
4.2.4. Validation de la construction du concept de période	177
4.3. Résultats du post-test et comparaison intergroupes.....	179
4.4. Discussion, interprétation et suggestions.....	183
4.4.1. Résultats du questionnaire diagnostique.....	183
4.4.1.1. Conversion des unités temporelles et maîtrise de l'écriture scientifique	183
4.4.1.2. Compréhension qualitative d'un phénomène périodique	185
4.4.1.3. Lecture des coordonnées des points.....	186
4.4.1.4. Compréhension des grandeurs physiques portées par des segments horizontaux et verticaux	187
4.4.1.5. Interprétation des oscillogrammes	188
4.4.3. Séquence didactique	190
4.4.3.1. Période qualitative	190
4.4.3.2. Conversion.....	192
4.4.3.3. Lecture des coordonnées	193
4.4.3.4. Lecture des segments.....	194
4.4.3.5. Le rôle de l'observation dans la compréhension du formalisme mathématique de la période	195
4.4.3.6. Consolidation.....	196
4.4.3.7. Validation de la construction du concept de période	197
4.5. Implications didactiques	198
Conclusion du chapitre	199
Conclusion générale	200
Références	203
Glossaire.....	217
Table des matières	219
Index.....	226
Annexes	227
Annexe 1 : Autorisation de recherche	228
Annexe 2 : Questionnaire.....	229
Annexe 3 : Autorisation au Lycée de Ngoa-Ekellé	237

Annexe 4 : Extrait des livres-programmes.....	238
Annexe 5 : Structure et phases de la séquence didactique sur la période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme.....	240
Annexe 6 : Scénario didactique.....	241

Je dédie ce mémoire
À ma mère DAWAI PALTAKOLA Rachel.

Remerciements

Je voudrais exprimer mes sincères remerciements au Pr. AYINA BOUNI, qui a su éveiller en moi un intérêt pour la didactique dès mes études à l'ENS de Yaoundé, et qui a tenu sa promesse en acceptant de m'encadrer malgré ses multiples responsabilités.

Je tiens également à exprimer ma profonde gratitude envers Madame le Professeur NKECK BIDIAS Renée Solange, Le Chef de Département des Didactiques des Disciplines.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude au Professeur OWONO OWONO, président du jury, ainsi qu'au Professeur NTEDE NGA, examinateur, pour l'honneur qu'ils me font en évaluant ce travail.

Je souhaite remercier chaleureusement les enseignants de la Faculté des Sciences de l'Éducation pour leur encadrement de qualité, ainsi que le Dr AWOMO ATEBA Jérémie, le Dr Nicole Aimée AMBOMO et le Dr. MOULIOM NDAM pour leur précieux soutien. Mes remerciements vont également au Dr HAMADOU HALIDOU pour son aide dans l'analyse a priori du questionnaire, ainsi qu'à NCHINMOUN Mohamed pour nos échanges sur la définition opérationnelle du concept de période.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance envers Mlle Nita Tematio et Monsieur MFEYET BORIS ANGE, dont les conseils ont orienté mon étude pilote, ainsi qu'au Dr GONDJI DIEU SOUFFIT, au Dr HAMADOU KATARKALAH et au Dr DEBLEME Thomas pour leurs encouragements à persévérer en didactique de la physique.

Un grand merci à mon épouse pour son soutien constant, ainsi qu'à mes camarades de Master, en particulier à M. FOUAZONG MEBENGO, M. NKOLO NTI, M. TCHOKOTE ACHILLE, M. TCHATCHUI, Mme MBOOBIIH, Mme ETOGO TIMA pour nos différentes collaborations. Enfin, je tiens à exprimer ma gratitude envers les membres du LARIDI pour leurs remarques pertinentes.

Je remercie M. KEKIME Jérémie pour son soutien important dans cette étude.

Liste des abréviations, des sigles et des acronymes

APC : Approche par compétences

b : Balayage temporel

BEPC : Brevet d'Études du Premier Cycle

CAP : Certificat d'Aptitude Professionnelle

CA : Courant Alternatif

CC : Courant Continu

CRFD : Centre de Recherche et de Formation Doctorale

ESG : Enseignement Secondaire Général

ENS : École Normale Supérieure

ESTP : Enseignement Secondaire Technique et Professionnel

f : fréquence

i : intensité

I_{max} : Intensité Maximale

I_{eff} : Intensité Efficace

LARIDI : Laboratoire de Recherche

MINESEC : Ministère des Enseignements Secondaires

ms: Milliseconde

NOS : Nature of science

Interdisciplinaire en Didactique

rad : radian

S_h: Sensibilité Horizontale

S_v: Sensibilité Verticale

T : Période

t: Temps

URFD : Unité de Recherche et de Formation Doctorale

U : Tension

U_{max} : Tension Maximale

U_{eff} : Tension Efficace

V : Volt

ZPD : Zone Proximale de Développement

ω : Pulsation angulaire

Φ : Constante de phase en π radian

Liste des tableaux

Tableau 1 : Une vision consensuelle de la nature des objectifs de la science extraite de huit documents internationaux sur les normes scientifiques.....	34
Tableau 2 : Huit documents internationaux sur les normes scientifiques	35
Tableau 3 : Conversion de 15 ms en secondes, en écriture scientifique	134
Tableau 4 : Conversion de 5 μ s en secondes, en écriture scientifique	136
Tableau 5 : Conversion de 5 hs en secondes, en écriture scientifique	138
Tableau 6 : Conversion de 5 Gs en secondes, en écriture scientifique.....	140
Tableau 7 : Identification d'un signal périodique.....	142
Tableau 8 : Coordonnées du point a en considérant 1 ms/Div et 1 V/Div	144
Tableau 9 : Coordonnées du point C en considérant 5 ms/Div et 10 V/Div.....	145
Tableau 10 : Coordonnées du point H en considérant 10 ms/Div et 15 V/Div	147
Tableau 11 : Valeur du segment [AB] en considérant 1 ms/Div et 1 V/Div.....	149
Tableau 12 : Nom de la grandeur physique portée par [AB]	151
Tableau 13 : Unité de mesure de la grandeur portée par [AB]	153
Tableau 14 : Valeur du segment [DG] en considérant 5 ms/Div et 10 V/Div	155
Tableau 15 : Nom de la grandeur physique portée par [DG]	157
Tableau 16 : Unité de mesure de la grandeur portée par [DG]	159
Tableau 17 : Calcul de la période à partir des réglages de l'oscilloscope (S_h et S_v).....	161
Tableau 18 : Calcul de la période avec indication directe dans l'oscillogramme.....	163
Tableau 19 : Comparaison des scores et des écarts entre du prétest et du posttest du groupe expérimental	179
Tableau 20 : Comparaison des scores et des écarts entre du prétest et du posttest du groupe témoin	181

Liste des figures

Figure 1 : Oscillogramme.....	3
Figure 2 : Générateur de courant alternatif élémentaire	10
Figure 3 : Oscillogramme.....	11
Figure 4 : Période d'un signal périodique et sinusoïdal	13
Figure 5 : la transposition didactique selon Verret.....	15
Figure 6 : Schéma de la transposition didactique selon Chevallard & Johsua	16
Figure 7 : Noosphère	16
Figure 8 : Transposition didactique intégrant les pratiques sociales de référence	18
Figure 9 : Hiérarchie des compétences liées à la période, la fréquence et la fréquence angulaire pour les étudiants en physique basée sur l'algèbre, obtenue à l'aide de l'analyse arborescente des items (item tree analysis) et du package DAKS pour R.	20
Figure 10 : Une hiérarchie simple et informelle construite à l'aide de tableaux croisés.....	21
Figure 11 : La NOS comme intersection de quatre disciplines.....	33
Figure 12 : Courbe du signal électrique à tracer à partir des points (expérience sensorielle)	42
Figure 13 : Illustration de la zone proximale de développement (adapté de Vygotski, 1934/1997)	44
Figure 14 : Caractéristique de l'état de l'électrification au Cameroun en 2015	52
Figure 15 : Oscillations électriques.....	54
Figure 16 : Interférence d'ondes lumineuses par le dispositif d'Young	55
Figure 17 : Principe de fonctionnement de la stroboscopie	56
Figure 18 : Pendule simple	57
Figure 19 : Oscillations d'un ressort	58
Figure 20 : Onde se propageant à la surface de la mer.....	58
Figure 21 : propagation d'une onde le long d'un ressort	59
Figure 22 : étapes de la recherche	84
Figure 23 : Processus de l'évaluation de l'impact de l'expérimentation dans la recherche quasi expérimentale	85
Figure 24 : Techniques d'échantillonnage lors de la collecte de données.....	87
Figure 25 : Méthode d'échantillonnage stratifié et logique de la formation des groupes de travail ...	88
Figure 26 : Deux calebasses identiques.....	92
Figure 27 : Allure d'un oscillogramme en pointillés.....	105
Figure 28 : Tracé manuel individuel d'un oscillogramme.....	106
Figure 29 : Tracé manuel collectif d'un oscillogramme.....	107
Figure 30 : Définition qualitative du concept de période à partir d'un oscillogramme	108
Figure 31 : Tableau de la conversion.....	109
Figure 32 : Coordonnées du point A.....	112
Figure 33 : Coordonnées du point B.....	113
Figure 34 : Repère cartésien.....	114
Figure 35 : Coordonnées du point G	114
Figure 36 : Coordonnées du point H	115
Figure 37 : Repère cartésien.....	117
Figure 38 : Grandeur physique portée par le segment [DG].....	118
Figure 39 : Grandeur physique portée par le segment [AB]	118
Figure 40 : Grandeur physique portée par le segment [CF]	119
Figure 41 : Grandeur physique portée par le segment [OE]	120
Figure 42 : Oscillogramme 1	122

Figure 43 : Oscillogramme 2	122
Figure 44 : Oscillogramme 3	125
Figure 45 : Repérage de la période	126
Figure 46 : Oscillogramme 4	128
Figure 47 : Repérage de la période	129
Figure 48 : Conversion de 15 ms en secondes, en écriture scientifique	135
Figure 49 : Conversion de 5 μ s en secondes, en écriture scientifique	137
Figure 50 : Conversion de 5 hs en secondes, en écriture scientifique	138
Figure 51 : Conversion de 5 Gs en secondes, en écriture scientifique	140
Figure 52 : Identification d'un signal périodique	142
Figure 53 : Coordonnées du point a en considérant 1 ms/Div et 1 V/Div	144
Figure 54 : Coordonnées du point c en considérant 5 ms/Div et 10 V/Div	146
Figure 55 : Coordonnées du point H en considérant 10 ms/Div et 15 V/Div	148
Figure 56 : Valeur du segment [AB] en considérant 1 ms/Div et 1 V/Div	150
Figure 57 : Nom de la grandeur physique portée par [AB]	152
Figure 58 : Unité de mesure de la grandeur portée par [AB]	154
Figure 59 : Valeur du segment [DG] en considérant 5 ms/Div et 10 V/Div	156
Figure 60 : Nom de la grandeur physique portée par [DG]	158
Figure 61 : Unité de mesure de la grandeur portée par [DG]	160
Figure 62 : Calcul de la période à partir des réglages de l'oscilloscope (S_h et S_v)	162
Figure 63 : Calcul de la période avec indication directe dans l'oscillogramme	164
Figure 64 : Identification correcte d'un motif élémentaire	166
Figure 65 : Identification correcte d'un motif élémentaire avec gestion d'une difficulté	167
Figure 66 : Identification d'une alternance comme motif élémentaire	167
Figure 67 : Identification d'une alternance comme motif élémentaire avec gestion d'une difficulté	168
Figure 68 : Incapacité d'identification d'un motif unique comme motif élémentaire	168
Figure 69 : régulation collective et conceptualisation à partir d'un oscillogramme	169
Figure 70 : Réponse du groupe 5	170
Figure 71 : Réponses du groupe 2	170
Figure 72 : Réponse du groupe 6	171
Figure 73 : Réponse du groupe 4	171
Figure 74 : Réponse du groupe 7	171
Figure 75 : Réponse du groupe 5	171
Figure 76 : Réponse du groupe 3	171
Figure 77 : Coordonnées du point A (Groupe 4)	172
Figure 78 : Repère cartésien dans le plan	172
Figure 79 : Coordonnées du point A (groupe 5)	173
Figure 80 : Coordonnées du point A (groupe 6)	173
Figure 81 : Coordonnées du point A (groupe 3)	173
Figure 82 : Coordonnées du point A (groupe 1)	173
Figure 83 : Coordonnées du point en tenant compte des échelles	174
Figure 84 : Grandeur physique portée par un segment (réponse)	174
Figure 85 : Grandeur du temps considérée comme une distance	174
Figure 86 : Oscillogrammes similaires	175
Figure 87 : Compréhension satisfaisante de la différence entre les deux oscillogrammes	176
Figure 88 : Compréhension insatisfaisante de la différence entre les deux oscillogrammes	176
Figure 89 : Détermination correcte de la période	177
Figure 90 : Difficulté de la conversion dans la Détermination de la période	178

Figure 91 : Détermination erroné et hors contexte de la période.....	178
Figure 92 : Comparaison des scores et des écarts entre du prétest et du posttest du groupe expérimental	180
Figure 93 : Comparaison des scores et des écarts entre du prétest et du posttest du groupe témoin	182
Figure 94 : Possibilité d'extension des pointillés.....	191

Résumé

De nombreux élèves du secondaire au Cameroun rencontrent d'importantes difficultés dans la détermination de la période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme, pourtant essentielle dans la compréhension des phénomènes périodiques en électricité. Cette recherche vise à explorer les conditions didactiques favorables à la construction de ce concept, en mobilisant les fondements de la *Nature of Science* (NOS) comme cadre de transposition didactique.

Ancrée dans une approche théorique combinant les principes de la NOS, le socioconstructivisme et la théorie sémiotique de Peirce, l'étude adopte une méthodologie quasi-expérimentale mixte. Des données quantitatives et qualitatives ont été collectées à l'aide d'un questionnaire diagnostique et de productions d'élèves, auprès d'une classe de troisième du Collège Saint Bruno de Logbikoy.

La séquence didactique élaborée se compose de sept activités progressives : construction qualitative, conversion d'unités, lecture de coordonnées et de grandeurs physiques, formalisation mathématique, articulation entre approches intuitive et formelle, et évaluation sommative. Les résultats révèlent que le tracé manuel et l'observation active et comparative d'oscillogrammes favorisent une conceptualisation active et structurée de la période. L'intégration de la NOS comme mode de transposition didactique permet de dépasser des obstacles fréquents tels que la confusion entre période et demi-période, ou la difficulté à relier lecture graphique et expression mathématique.

Cette recherche montre que l'approche fondée sur la NOS constitue un levier pertinent pour renforcer la compréhension des grandeurs physiques complexes, en articulant observation, expérience sensorielle et formalisme scientifique. Elle ouvre des perspectives pour une didactique contextualisée, intégrant l'histoire et l'épistémologie des sciences dans les pratiques d'enseignement.

Mots-clés : Période, oscillogramme, la NOS, la transposition didactique, courant alternatif.

Abstract

Many secondary school students in Cameroon face significant difficulties in determining the period of an alternating current (AC) from an oscillogram—an essential element in understanding periodic phenomena in electricity. This study aims to explore the didactic conditions conducive to building this concept, drawing on the principles of the *Nature of Science* (NoS) as a framework for didactic transposition.

Grounded in a theoretical approach that combines the principles of NoS, socioconstructivism, and Peirce's semiotic theory, the study adopts a mixed-method quasi-experimental methodology. Quantitative and qualitative data were collected through a diagnostic questionnaire and student work, within a third-year class at Collège Saint Bruno de Logbikoy.

The designed didactic sequence consists of seven progressive activities: qualitative construction, unit conversion, reading coordinates and physical quantities, mathematical formalization, articulation between intuitive and formal approaches, and summative assessment. The results show that manual tracing and active, comparative observation of oscillograms promote active and structured conceptualization of the period. The explicit integration of NoS helps to overcome common learning obstacles, such as confusion between period and half-period or difficulty linking graphical reading with mathematical expression.

This research demonstrates that a NoS-based approach serves as an effective lever for enhancing students' understanding of complex physical quantities by integrating observation, sensory experience, and scientific formalism. It opens promising perspectives for a contextualized didactic approach that embeds the history and epistemology of science into teaching practices.

Key words: Period, oscillogram, NOS (Nature of science), didactic transposition, alternating current.

Introduction générale

L'invention de la bobine Tesla encore appelée « transformateur Tesla » est un travail pionnier dans la découverte du courant alternatif (CA). À la fin du XIX^e siècle, avec le soutien du « célèbre magnat George Westinghouse, industriel des laboratoires de Pittsburgh », Nikola Tesla expérimenta son projet sur le courant alternatif, en grandeur nature pour la première fois, avec la centrale hydroélectrique à courant alternatif des chutes du Niagara (Teodorani, 2012). Aujourd'hui, le courant alternatif peut être considéré comme la pierre angulaire des systèmes électriques modernes. La compréhension du courant alternatif est essentielle dans divers domaines tels que la physique, l'ingénierie électrique (Bali, 2013) et les applications industrielles et domestiques (Lecourt, 1998, p. 384). Le courant alternatif (CA) a révolutionné le monde de l'électricité en offrant un moyen plus efficace de transmettre l'électricité sur de longues distances que le courant continu (CC) (Boll, 1948; H., 1901; Herman, 2011; Teodorani, 2012; Lafrance, 2014). Le courant alternatif se caractérise par une forme d'onde oscillante qui change de direction périodiquement, généralement à une fréquence de 50 ou 60 hertz (Lecourt, 1998, p.384).

La période du courant alternatif, en particulier, est un aspect fondamental des systèmes électriques qui régit le schéma répétitif de la tension ou du courant lorsqu'il oscille entre des valeurs positives et négatives. La période du courant alternatif (CA) est un concept fondamental en physique dans de nombreux contextes tels que les oscillations, les ondes, les rotations, les circuits à courant alternatif, les moteurs et les générateurs (Young & Heckler, 2018). En effet, ce concept est lié à la fréquence et à la pulsation angulaire (Bali, 2013; Young & Heckler, 2018). La compréhension de la période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme (voir figure 1) est essentielle pour les élèves des lycées et collèges au Cameroun.

Un oscillogramme (fig. 1) est un outil essentiel pour comprendre les formes d'onde du courant alternatif. C'est une représentation qui fournit des informations précieuses sous forme « synthétique » (Aïvanhov, 2012) et visuelle pour améliorer la réflexion de l'homme (Andry et al., 2022) et ressortir d'une manière essentielle « les réalités les plus riches et les plus complexes » (Aïvanhov, 2012) sur le signal du CA. L'oscillogramme est une représentation graphique des variations de tension ou de courant dans le temps, c'est une « courbe tracée sur l'écran d'un oscillographe » (Robert, 2005). Donc, l'oscillogramme est l'évolution de la tension ou du courant en fonction du temps. Mais, comme « il s'agit d'une fonction qui met en jeu le temps, $y = f(t)$ par exemple, la perplexité s'installe » (Viennot, 2011, p. 15) pour les apprenants. La construction du concept de période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme implique une analyse et une interprétation détaillées de cette représentation graphique afin

d'extraire les paramètres clés et les informations qui contribuent à une maîtrise des concepts importants de la physique à l'instar de la période.

Cette recherche s'attache à construire le concept de période du courant alternatif à partir de l'analyse d'un oscillogramme. L'examen de la représentation graphique des formes d'onde permet d'extraire des informations essentielles sur le comportement du courant alternatif. L'intégration de la Nature de la Science (NOS) comme mode de transposition didactique est envisagée comme un levier susceptible d'influencer positivement la construction de ce concept. L'étude vise ainsi à proposer une approche améliorée pour l'enseignement et l'apprentissage du concept de période dans les contextes scolaires du lycée et du collège.

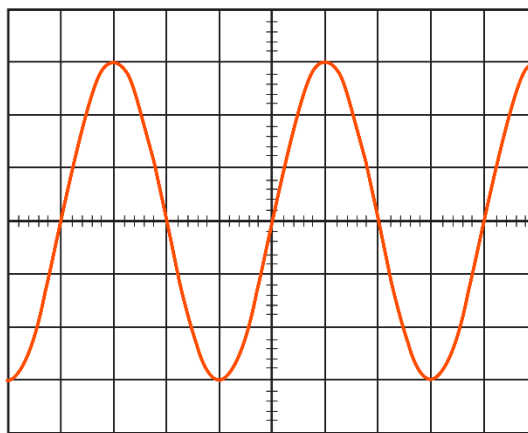


Figure 1 : Oscillogramme

Quelques études ont pu relever des difficultés qui sont en rapport avec la conceptualisation de la période. Wan et al. (2016) ont souligné la confusion que les apprenants font entre la demi-période qu'ils considèrent comme la période réelle. De leur côté, Young & Heckler (2018) ont montré que plus 60% des apprenants n'ont pas les compétences nécessaires pour déterminer et interpréter une période sur un graphique. Il faut le noter comme l'ont signalé Young & Heckler (2018) qu'il y a peu d'étude portant sur la compréhension de la période par les apprenants. Les quelques études faites sont portées sur les étudiants des universités. Il apparaît donc clairement qu'il y a de grandes lacunes dans l'étude du concept de période qui cause pourtant d'énormes difficultés aux apprenants. Face aux difficultés des élèves des lycées et collèges au Cameroun à construire d'une manière pertinente le concept de période du courant alternatif, cette étude compte contribuer dans l'amélioration de la construction de ce concept fondamental en électricité.

Dans cette étude, le registre sémiotique de Peirce sera convoqué pour expliquer pourquoi la lecture de l'oscillogramme pose des difficultés aux élèves au vu du type de signe qu'est un oscillogramme. Le socioconstructivisme de Vygotsky sera convoqué pour organiser l'élaboration et le déroulement des activités d'enseignement/apprentissage. Quant au mode de transposition didactique, la nature of science (NOS) sera utilisée pour construire la séquence didactique. Deux aspects généraux de la NOS notamment l'observation et le caractère empirique de la science seront mis en exergue.

Le thème de ce travail de recherche est : « **Enseignement/apprentissage des sciences physiques : construction du concept de période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme par la NOS comme mode de transposition didactique** ». En effet, il se dégage un constat sur le terrain selon lequel de nombreux élèves, des lycées et collèges d'enseignements secondaires au Cameroun, ont d'énormes difficultés à déterminer la période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme. Le choix de cette problématique est justifié par au moins deux raisons. Premièrement, la période, inscrite aux programmes, est un concept fondamental en électricité qui est liée à la fréquence, à la pulsation angulaire (Bali, 2013; Herman, 2011; Lafrance, 2014; Lecourt, 2006; Young & Heckler, 2018) et à l'écriture de l'équation algébrique du signal électrique (Lafrance, 2014; Nguyen Thi, 2011, 2013, 2014). Deuxièmement, l'exploitation des graphiques telle que l'oscillogramme est une compétence fondamentale dans le parcours scientifique d'un élève (Beichner, 1994) car « les données scientifiques sont très souvent communiqués au moyen de graphiques » (Planinic et al., 2013) [Traduction libre]¹. Aucune recherche ne semble s'intéresser à la manière dont les lycéens ou collégiens construisent cette idée de base, à l'exception de quelques études (Wan et al., 2016 ; Young & Heckler, 2018) portant sur des étudiants universitaires. En intégrant la Nature of Science (NOS) comme mode de transposition didactique, la présente thèse propose une méthode inédite pour construire le concept de courant alternatif. L'objectif de l'étude est d'évaluer l'applicabilité de cette stratégie à l'aide d'informations recueillies sur le terrain.

La présente recherche vise à explorer les conditions didactiques favorables à la construction du concept de période du courant alternatif à partir de l'observation et de l'analyse d'un oscillogramme, en s'appuyant sur les principes de la Nature of Science (NoS). Elle s'inscrit dans une double perspective : d'une part, une volonté d'ancrer l'enseignement des concepts physiques dans une épistémologie contextualisée et historiquement située ; d'autre

¹ **Version originale** : « *Scientific data are very often communicated through graphs* '' ...

part, une ambition de proposer des dispositifs didactiques concrets, fondés sur l'expérience sensorielle, l'observation active et la formalisation progressive. De manière générale, l'objectif central de cette étude est de montrer que l'intégration explicite des fondements de la NoS dans la transposition didactique du concept de période permet de surmonter certains obstacles conceptuels récurrents chez les élèves, notamment les confusions entre période et demi-période, ou la difficulté à articuler observation graphique et expression mathématique.

La question générale de cette recherche est : Comment la Nature of Science (NoS), en tant que mode de transposition didactique, permet-elle la construction du concept de période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme ? Il en découle de cette question de recherche l'hypothèse générale suivante : L'intégration de la NoS comme mode de transposition didactique permet la construction du concept de période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme.

Une recherche quasi-expérimentale a été menée dans le cadre de cette expérimentation. L'étude a été faite sur des élèves de troisième du Collège Saint Bruno de Logbikoy. Il ressort de cette étude que l'utilisation de la NOS comme mode de transposition didactique a un avantage considérable.

Ce mémoire comporte cinq chapitres. Dans le premier, le cadre théorique est établi et la compréhension actuelle du concept de période est présentée. La position adoptée et les sources théoriques primaires consultées sont présentées dans le deuxième chapitre. La problématique de la recherche est précisée dans le troisième. La méthodologie adoptée fait l'objet du quatrième. Enfin, les résultats sont présentés et discutés dans le cinquième chapitre.

Première partie : Cadre théorique de l'étude

La structure de cette partie s'organise en deux chapitres.

Le premier chapitre est intitulé *Revue de la littérature et état de la question*. Il définit les concepts fondamentaux mobilisés dans la recherche, notamment celui de période, en retraçant son évolution historique et en analysant ses implications épistémologiques et didactiques. Ce chapitre présente également les cadres théoriques de référence sur lesquels repose l'étude, parmi lesquels la Nature of Science (NOS), le socioconstructivisme et la théorie sémiotique de Peirce, afin de fonder une approche cohérente de l'enseignement du courant alternatif à partir d'oscillogrammes.

Le second chapitre est consacré à la formulation de la problématique. Il situe le sujet dans son contexte institutionnel, scientifique et didactique, tout en mettant en évidence les principaux obstacles rencontrés par les apprenants dans l'interprétation des oscillogrammes et dans la compréhension du concept de période.

L'ensemble constitue le cadre théorique structurant sur lequel repose la présente recherche.

Chapitre 1 : Revue de la littérature et état de la question

Introduction du chapitre

La compréhension du concept de période, en particulier dans le contexte de l'étude du courant alternatif à partir d'un oscillogramme, soulève des enjeux épistémologiques et didactiques majeurs. Bien que la période constitue une grandeur fondamentale en physique, sa construction conceptuelle reste fragile chez de nombreux élèves, notamment au niveau de l'enseignement secondaire. Plusieurs études récentes (Wan et al., 2016 ; Young & Heckler, 2018) ont mis en évidence les difficultés persistantes dans l'appropriation de cette notion, mettant ainsi en lumière la nécessité de fonder son enseignement sur des bases théoriques solides.

Ce chapitre propose une revue critique de la littérature scientifique afin de situer l'état actuel des connaissances sur la question. Il s'appuie sur une double entrée épistémologique et didactique pour analyser les concepts clés mobilisés dans l'enseignement du courant alternatif (période, oscillogramme, transposition didactique, etc.) et comprendre les obstacles rencontrés dans leur enseignement. Une attention particulière est accordée à l'évolution historique et épistémologique des concepts de temps et de période, afin de retracer les transformations sémantiques et conceptuelles ayant permis leur intégration dans les savoirs scientifiques et leur inscription dans les programmes scolaires.

En complément, ce chapitre mobilise plusieurs cadres théoriques susceptibles d'éclairer les démarches d'enseignement et d'apprentissage adaptées à ce type de contenu. La Nature of Science (NOS) est abordée comme cadre structurant, tant dans ses principes fondamentaux que dans ses implications pour la transposition didactique. D'autres références théoriques, telles que le socioconstructivisme et la sémiotique peircienne, sont également convoquées pour analyser les dynamiques de construction du savoir chez les apprenants, notamment à travers l'interprétation des représentations graphiques. L'ensemble de ces apports théoriques constitue le socle sur lequel repose la conception d'une séquence didactique adaptée à l'enseignement du concept de période en lien avec le courant alternatif.

1.1. Définition des concepts clés

Le thème de ce travail de recherche est : « **Enseignement/apprentissage des sciences physiques : construction du concept de période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme par la NOS comme mode de transposition didactique** ». Il ressort de ce sujet quelques concepts clés : Enseignement, apprentissage, construction d'un concept, période, courant alternatif, oscillogramme, la NOS, la transposition didactique, mode de transposition didactique.

1.1.1. Enseignement

Le mot enseignement vient du verbe enseigner. Il vient du mot latin *insignare*, de *in* , en, et *signum*, signe (É. Littré, 1874) qui veut dire « faire un signe sur quelque chose, marquer d'un signe, faire connaître » (Tsafak, 2001, p.26). L'enseignement est une « action, manière

d'enseigner » (Guilbert et al., 1975). Une manière, étant une « façon dont on agit, dont on parle, dont on pense », l'enseignement revient donc à prendre une position épistémologique dans l'action d'enseigner. Ainsi, plusieurs positions épistémologiques d'enseignement ont eu à exister au cours du temps : le modèle transmissif, le modèle humaniste, le modèle behavioriste, le modèle (socio)constructiviste, etc. Chaque modèle a une vision de l'enseignement. Dans la vision (socio)constructiviste, l'apprenant est mis au centre du processus d'enseignement. Il est question pour l'enseignant de mettre en place des conditions nécessaires qui vont favoriser l'apprenant d'acquérir des savoirs, de construire ses connaissances et de développer des compétences. Selon Reuter et al. (2013), l'enseignement est défini au sens large comme « la mise en relation, par le biais d'un tiers, de contenus (savoirs, savoir-faire, compétences...) avec des sujets afin que ceux-ci s'en emparent ». (p.91). Pour les didacticiens, l'enseignement est un « ensemble des activités déployées par les enseignants, directement ou indirectement, afin qu'au travers de situations formelles (dédiées à l'apprentissage, mises en place explicitement à cette fin), des élèves effectuent des tâches qui leur permettent de s'emparer de contenus spécifiques (prescrits par l'institution, organisés disciplinairement...) » (Reuter et al., 2013).

1.1.2. Apprentissage

Le mot apprentissage est issu du verbe apprendre, dérivé du mot latin *apprehendere*, de *ad*, à, et *prehendere*, prendre, saisir par l'esprit (É. Littré, 1873). Apprendre revient donc à « s'emparer [du savoir] pour l'approprier, pour l'apprivoiser » (Astolfi, 2008). L'apprentissage est un acte de l'apprenant « qui lui permet d'assimiler ce qui est déjà socialement acquis et culturellement disponible, mais qu'il doit reconquérir pour son propre compte » (Astolfi, 2008). L'apprentissage « consiste à s'approprier des savoirs, des savoir-faire, des savoir-être » (Perraudau, 2006). Selon Cuq (2003), « l'apprentissage est la démarche consciente, volontaire et observable dans laquelle un apprenant s'engage, et qui a pour but l'appropriation » (p.22).

1.1.3. Courant alternatif

Le courant alternatif joue un rôle central dans les systèmes de production et de distribution d'énergie électrique à l'échelle mondiale. Son importance en tant que phénomène naturel n'a été pleinement reconnue que dans la seconde moitié du XIXe siècle. Zénobe Gramme a attiré l'attention sur la dynamo de Pacinotti en 1872, ce qui a conduit la communauté scientifique à réaliser que le courant alternatif n'était pas simplement un défaut de construction, mais un phénomène naturel aussi important que le courant continu. Cette prise de conscience

s'est confirmée au fil des expériences menées, notamment celles sur l'électrolyse utilisant le courant alternatif (Saadi, 2003).

La génération du courant alternatif (voir figure 2) repose sur le principe de l'induction électromagnétique, tel que formulé par Faraday. Ce principe stipule que lorsqu'un conducteur électrique se déplace à travers un champ magnétique, une force électromotrice (f.e.m.) est induite dans le conducteur. Si celui-ci est relié à un circuit fermé, un courant y circule. Cette loi est à la base du fonctionnement des générateurs de courant alternatif, ou alternateurs (Bali, 2013; Herman, 2011; Lecourt, 2006).

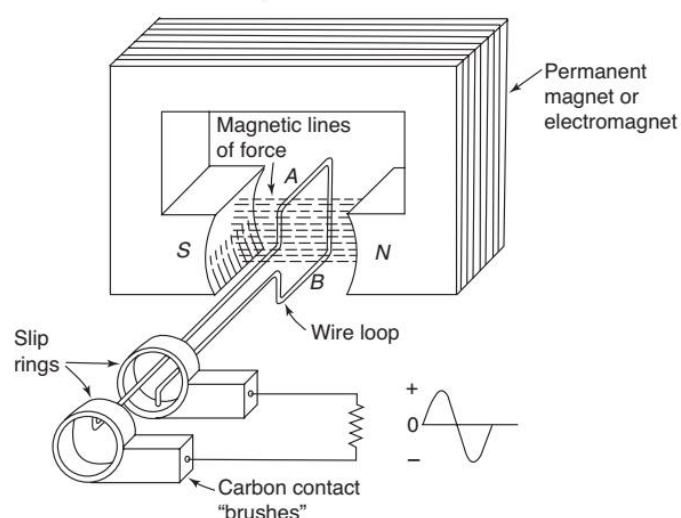


Figure 2 : Générateur de courant alternatif élémentaire

Source : (Bali, 2013)

La nature alternée du courant se caractérise par son cycle de fluctuation, passant de zéro à une valeur maximale dans un sens, puis redescendant à zéro avant d'atteindre à nouveau la même valeur maximale dans l'autre sens (Herman, 2011, p. 15). Cette répétition à intervalles réguliers définit la fréquence du courant, mesurée en hertz (Hz). Cette fréquence varie d'une région à l'autre, étant de 50 Hz en Europe et au Cameroun² avec une tension de 220 V, contre 60 Hz aux États-Unis et dans d'autres pays d'Amérique (Lecourt, 2006, p. 384).

Ainsi, le courant alternatif, autrefois mal compris, est devenu un standard mondial en matière d'énergie, à la fois pour des raisons pratiques et en raison de ses avantages techniques pour le transport de l'électricité sur de longues distances.

² <https://www.priseselectriques.info/cameroun/>

1.1.4. Oscillogramme

Un oscillogramme (voir figure 3) est défini comme une « courbe tracée sur l'écran d'un oscillographe » (Robert, 2005). Cette courbe représente « un parcours dynamique, une évolution, la suite des variations » (Batt, 2004) de la tension ou de l'intensité du courant alternatif en fonction du temps.

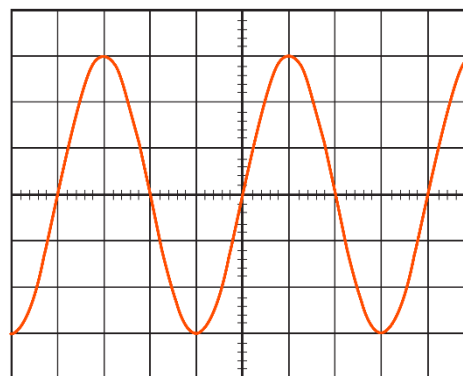


Figure 3 : Oscillogramme

En d'autres termes, un oscillogramme est un diagramme. Selon Batt (2004), l'origine du mot diagramme est intéressante : il provient du latin *diagramma*, lui-même emprunté au grec *diagramma*, qui résulte de la combinaison de deux termes grecs, *dia-graphein* (inscrire) et *gramme* (une ligne). L'étymologie de ces mots renvoie à des racines indo-européennes associant l'idée de gratter, de tracer, de dessiner, mais aussi celle de l'inscription, qu'elle soit faite par l'écriture ou l'image. Ainsi, le diagramme, comme l'oscillogramme, peut être compris comme une inscription, une représentation graphique qui peut aussi bien être une lettre qu'une image.

Le diagramme, et par extension l'oscillogramme, « a pour fonction de représenter, de clarifier, d'explicitier » (Batt, 2004) la relation entre la tension ou l'intensité du courant et le temps. En physique, ces diagrammes permettent de visualiser « un parcours dynamique, une évolution des variations » du courant alternatif, rendant ainsi les phénomènes plus accessibles à la compréhension (Beichner, 1994). Comme le souligne Campbell et al. (2006),

grâce aux diagrammes, on peut faciliter la compréhension d'à peu près n'importe quelle information. Un diagramme consiste généralement en la représentation de deux variables sur deux coordonnées. Lorsque l'information est reportée sur les différents axes, la relation mathématique entre les variables est plus facile à percevoir. Ce processus peut être utilisé par les enseignants pour représenter une information factuelle

Cette fonction de clarification rend le diagramme particulièrement utile dans le domaine scientifique, où il permet de rendre visibles des relations complexes.

L'oscillogramme, en particulier, est couramment utilisé pour illustrer la variation de la tension ou de l'intensité du courant alternatif au cours du temps. Dans cette étude, l'oscillogramme est représenté comme la courbe d'un signal tracée dans un repère orthonormé

cartésien à deux dimensions : l'axe des abscisses représente le temps, tandis que l'axe des ordonnées correspond à la tension du signal ou à l'intensité du courant alternatif, comme le montre la figure 3. L'un des grands avantages de ce type de représentation graphique est son caractère atemporel. Comme le souligne Batt (2004), « le diagramme ne se démode jamais : c'est un projet qui vise à ne s'appuyer que sur ce qu'il esquisse, cette exigence d'autonomie en fait le complice naturel des expériences de pensée » (p. 21). Ainsi, l'oscillogramme reste un outil essentiel pour la visualisation et l'interprétation des phénomènes électriques, en particulier dans le cadre de l'enseignement de la physique.

1.1.5. Construction d'un concept

Le mot « *concept* » vient du latin *conceptum* c'est-à-dire chose conçue. Ce mot dérive du verbe concevoir, du latin *concupere*, de *cum*, avec, et de *cipere* pour *capere*, prendre (É. Littré, 1873). Un concept peut être un mot ou un ensemble de mots (Dépelteau, 2005, p. 175). Le dictionnaire le Grand Robert de la langue française définit le mot concept comme « acte de pensée aboutissant à une représentation générale et abstraite » (Robert, 2005). Un concept est une « représentation abstraite d'un phénomène ou d'une réalité » (Blanc et al., 2015, p. 77). Tremblay (1968) définit le mot concept comme « une idée, plus ou moins abstraite, un symbole qui désigne ou représente une réalité plus ou moins vaste » (p.176). Un concept est un « mode de représentation universel, médiate et inférentiel du rapport à l'objet de connaissance » (Lecourt, 2006). Pour (Dépelteau, 2005), construire un concept revient à « spécifier et délimiter de quoi nous parlons et ce que nous voulons observer dans la réalité » (p. 177). Selon De Vecchi (2010), « aider l'élève à se construire un concept, ce sera donc l'amener à maîtriser ces trois éléments : nom, critères essentiels, exemples significatifs » (p.154). En d'autres termes, l'apprenant doit s'approprier les critères essentiels pour pouvoir utiliser ce concept dans de nouvelles situations à sa guise. L'apprenant doit prendre avec lui les critères essentiels d'identification du concept pour une utilisation dans des contextes variés, simples ou complexes. De Vecchi (2010) a ajouté que « faire construire un concept, c'est permettre à un élève de distinguer les critères essentiels, de savoir s'y référer et d'être capable de trouver personnellement des exemples appartenant au concept ou n'en faisant pas partie » (pp. 152–153).

1.1.6. Concept de Période

La période (voir figure 4) est un

intervalle de temps qui sépare deux configurations identiques successives d'un même phénomène, les vitesses de variation étant les mêmes. Le phénomène est dit périodique, car il se reproduit à intervalles de temps égaux. Par ex. : en physique, la période d'un pendule est la durée d'une oscillation complète. Dans les phénomènes à caractère sinusoïdal (mouvement harmonique, courant alternatif, etc.), la période est le temps séparant deux maxima ou deux minima consécutifs sur la courbe représentative de la grandeur étudiée, l'axe des abscisses étant pris pour axe des temps (Lecourt, 1998).

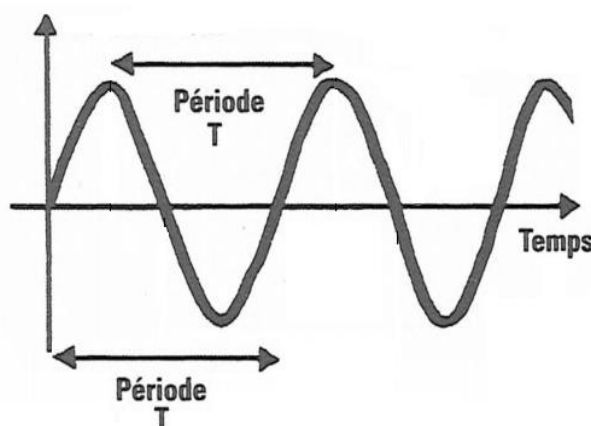


Figure 4 : Période d'un signal périodique et sinusoïdal

Source : (Baker, 2013)

« La période T d'une tension périodique est le plus petit intervalle de temps au bout duquel elle se reproduit identique à elle-même » (Mayé, 2015, p. 50). En partant de l'oscillogramme, la période est une durée d'un motif élémentaire d'une représentation graphique. Notons qu'un motif élémentaire de la représentation graphique est la plus petite partie du graphique qui se répète identique à elle-même (Nguyen Thi, 2011). La période est « la plus courte durée au cours de laquelle un phénomène se reproduit identique à lui-même. Elle correspondant à la durée d'un motif élémentaire » (Demba, 2020).

1.1.7. NOS (Nature of science)

Pour Lederman (2006),

L'expression "nature de la science" fait généralement référence à l'épistémologie de la science, à la science en tant que mode de connaissance, ou aux valeurs et croyances inhérentes à la connaissance scientifique ou au développement de la connaissance scientifique (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000 ; Lederman, 1992). Au-delà de ces caractérisations générales, il n'existe actuellement aucun consensus entre les philosophes des sciences, les historiens des sciences, les scientifiques et les enseignants en sciences sur une définition spécifique de la NOS (p. 301) [\[Traduction libre\]](#)³.

³ **Version originale** : « The phrase "nature of science" typically refers to the epistemology of science, science as a way of knowing, or the values and beliefs inherent to scientific knowledge or the

Pour McCOMAS & Kampourakis (2015) et , la NOS est « une description de la façon dont fonctionne la science » (p. 47).

La Nature of Science (NOS) sera abordée de manière approfondie dans la section théorique.

1.1.8. Transposition didactique

Le sociologue Michel Verret a défendu sa thèse *Le temps des études* en 1975 « pour comprendre le temps des leçons » (Chiss et al., 2015; Cuq, 2003; Maulini & Montandon, 2005). Il a constaté que les savoirs scolaires sont issus des savoirs savants mais sont déformés, dénaturés dans le processus de leur introduction dans le système éducatif. Verret n'a pas vu cette transformation du savoir savant comme des efforts du système éducatif pour le rendre « enseignable et donc accessible aux élèves » (Roegiers, 2011). Il y voit plutôt une sorte de contrôle social de la classe dominante sur le système éducatif pour perpétuer la reproduction sociale (Maulini & Montandon, 2005). C'est un travail qu'il a fait à la suite des autres sociologues tels que Bourdieu et Althusser sur les inégalités sociales et la reproduction sociale. Verret trouve que la transposition des savoirs résulte de « la nature bureaucratique de l'école » (Maulini & Montandon, 2005). Verret a donc fait le constat que « les savoirs scolaires sont pour lui soigneusement sélectionnés par l'école, puis transformés, dénaturés, et dépouillés de tout ce qui pourrait les rattacher à leurs conditions réelles de production » (Maulini & Montandon, 2005), bref, une « déshistorisation des concepts, lorsqu'ils deviennent objets d'enseignement » (Astolfi & Develay, 2016, p. 42). Il a notamment présenté les étapes de ce processus du contrôle social des savoirs scolaires (voir figure 5) c'est-à-dire tout ce parcours qu'a subi le savoir savant avant d'arriver à son introduction dans le système éducatif. Elles sont :

❑ la désynchronisation du savoir

Dans le cadre scolaire, les savoirs enseignés ne sont pas transmis tels qu'ils existent dans la recherche scientifique. En effet, les connaissances savantes sont souvent organisées de manière globale et cohérente autour de grandes théories et concepts (Saadi, 2003, p. 29). Mais pour pouvoir les enseigner, il est nécessaire de les découper en parties plus simples et accessibles. Ce découpage, appelé **désynchronisation**, consiste à séparer ces savoirs complexes en **champs**

development of scientific knowledge (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Lederman, 1992). Beyond these general characterizations, no consensus presently exists among philosophers of science, historians of science, scientists, and science educators on a specific definition for NOS. Hence, the reason for not placing the word 'the' in front of NOS » (N. G. Lederman, 2006, p. 301).

de savoirs délimités, correspondant à des **leçons, chapitres ou notions isolées**, afin d'en faciliter l'apprentissage (Bronckart & Plazaola Giger, 1998, p. 36).

- ❑ la dépersonnalisation du savoir, « c'est-à-dire “la séparation du savoir de la personne” qui l'a produit » (Bronckart & Plazaola Giger, 1998, p. 36)
- ❑ la programmation du savoir « ou organisation des savoirs en “séquences raisonnées permettant une acquisition progressive” » (Bronckart & Plazaola Giger, 1998, p. 36)
- ❑ une publicité du savoir, « c'est-à-dire par sa “définition explicite, en compréhension et en extension” » (Bronckart & Plazaola Giger, 1998, p. 36)
- ❑ un contrôle des acquisitions, c'est-à-dire que la transposition des savoirs est utilisé comme « un instrument de reproduction et de stratification sociales » (Astolfi, 2005, p. 69)

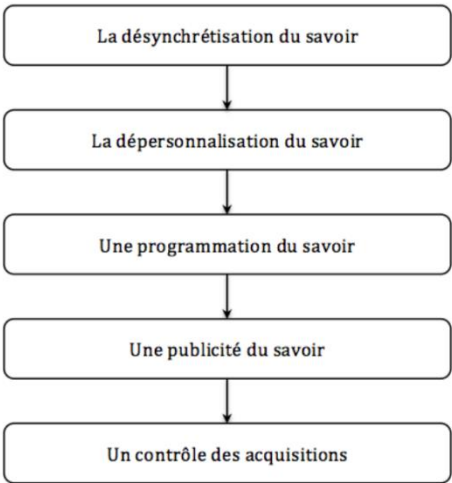


Figure 5 :la transposition didactique selon Verret

Verret plaide pour une science qui prône la « vérité » et débarrassé de l'idéologie de la classe dominante.

Yves Chevallard vient réutiliser le terme de transposition en didactique des mathématiques mais en prenant à contre-pied Michel Verret en faisant un « retournement de la situation », une réorientation du sens qu'avait attribué Verret au concept de transposition. En effet, « là où Verret *dénonçait* l'école comme instrument de reproduction et de stratification sociales, Chevallard *justifie* l'artificialité des processus scolaires d'enseignement (Terrisse & Léziart, 1997) » (Astolfi, 2008, p. 49). Chevallard (1985) a publié un ouvrage intitulé *La transposition didactique : du savoir savant au savoir enseigné*. La publication de cet ouvrage s'inscrit dans le cadre de la légitimation de ce concept en mettant en « perspective les apports de la théorie de la transposition didactique, afin d'en conserver les bénéfices indéniables tout en limitant ses dérives » (Maulini & Montandon, 2005). Chevallard & Johsua (1991) définissent la transposition didactique comme suit :

Un contenu de savoir ayant été désigné comme savoir à enseigner subit dès lors un ensemble de transformations adaptatives qui vont le rendre apte à prendre la place parmi les *objets d'enseignement*. Le « travail » qui d'un objet

de savoir à enseigner fait un objet d’enseignement est appelé *la transposition didactique*.

En un mot, comme l’ont précisé Maingain et al. (2002), la transposition didactique est « le passage de la discipline savante à la discipline scolaire ». (p. 81). En fait, « les disciplines scolaires ne sont jamais une simple vulgarisation du savoir savant»(Minder, 2007, p. 43) mais le savoir savant subit «[...]un double processus d’axiologisation et de didactisation. Ainsi, le savoir scolaire est un savoir entièrement reconstruit, spécifique à l’enseignement » (Develay, 1995). »(Minder, 2007, p. 43).

Selon Chevallard & Johsua (1991), l’objet de savoir subit les « transformations adaptatives » suivantes (voir figure 6) :



Figure 6 : Schéma de la transposition didactique selon Chevallard & Johsua

Source : (Chevallard & Johsua, 1991)

Il s’ensuit que la transposition didactique est subdivisée en deux étapes : la transposition didactique externe et la transposition didactique interne.

1.1.8.1. Transposition didactique externe : Du savoir savant au savoir à enseigner

Pour passer du savoir savant (objet de savoir) au savoir à enseigner (objet à enseigner), il y a comme le dit Chevallard (1991) des « transformations adaptatives ». Les concepteurs des programmes qui sont des politiques, des chercheurs, des associations professionnelles, etc., sont chargés de faire un « travail de sélection, de construction, de reconfiguration, bref de transposition entre “l’environnement sociétal” et le système d’enseignement » (Dupont, 2019, p. 194). Ce travail se fait dans la noosphère.

La noosphère (voir figure 7), un espace où on pense le programme d’enseignement, est chargé de « produire un “discours apologétique” de défense et illustration de la discipline, justifiant sa place dans l’enseignement »(Arsac, 1992, p. 16). Les productions noosphériques sont des

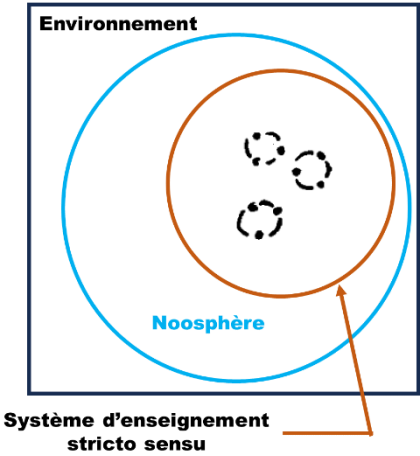


Figure 7 : Noosphère

Source : (Chevallard & Johsua, 1991)

fruits d'une négociation intense entre des personnes « cultivées » appartenant à la noosphère (Fijalkow & Nault, 2002, p. 21; Vincent, 2001, p. 212).

1.1.8.2. Transposition didactique interne : Du savoir à enseigner au savoir enseigné

La transposition didactique interne est une affaire de l'enseignant. Elle fait référence à l'ensemble des activités de préparation de l'enseignant dans l'optique d'enseigner un cours qui permettra aux élèves d'acquérir des savoirs. Cette responsabilité dans la transposition didactique interne est bien décrite par Jonnaert & M'Batika (2004) en ces termes :

L'enseignant, en raison de sa propre compétence, tant disciplinaire que psychopédagogique et didactique, a en effet un rôle essentiel à jouer dans le passage des savoirs objets d'enseignement aux savoirs effectivement enseignés. Ce rôle est d'autant plus important qu'il dispose à la fois de l'autonomie professionnelle et de la marge de manœuvre nécessaires pour opérer une transposition didactique interne, c'est-à-dire pour adapter ses pratiques non seulement au programme, mais au contexte, aux contenus, aux élèves et à ses intentions pédagogiques (p. 36).

C'est pourquoi, selon Ouertatani (2009), pour réussir cette étape de transposition didactique interne, l'enseignant doit avoir des connaissances disciplinaires, curriculaires, didactiques et pédagogiques. Ainsi, la transposition didactique interne « relève largement de la marge d'interprétation, voire de création des enseignants » (Perrenoud, 1998, p. 488).

1.1.8.3. Critiques de la transposition didactique selon Chevallard

Jean-Louis Martinand a estimé que la construction des savoirs enseignés n'a pas pour source unique les savoirs savants (Martinand, 1983, 1995; Reuter et al., 2013, p. 224). Il a introduit le concept de « pratiques sociales de référence » (Astolfi & Develay, 2016; Martinand, 1983, 1995). Les pratiques sociales de référence « désignent des situations sociales, vécues, connues ou imaginées, auxquelles un élève peut se référer pour donner du sens à ce qu'il apprend » (Roegiers, 2011, p. 188). Ces pratiques sociales de référence élargissent le cadre des savoirs savants en prenant en compte divers contextes qui sont des sources à exploiter pour élaborer des savoirs scolaires.

D'autres auteurs, toujours dans le sens d'élargir le cadre de référence dans l'élaboration des savoirs scolaires, ont également donné leur position. Ainsi, « Johsua (1997)⁴ considère que la transposition des pratiques ne peut porter que sur des savoirs experts et Perrenoud (1998) argumente l'inexistence de pratiques sans savoirs ni de savoirs sans pratiques » (Gisèle Lemoyne, Alain Mercier, 2016). Pour résumer, tous les savoirs scolaires ne s'appuient pas seulement sur les savoirs savants d'où l'acceptation du concept de « pratiques sociales de référence ». Le schéma de la transposition didactique utilisé dans le cadre de ce travail est donc donné par la figure 8.

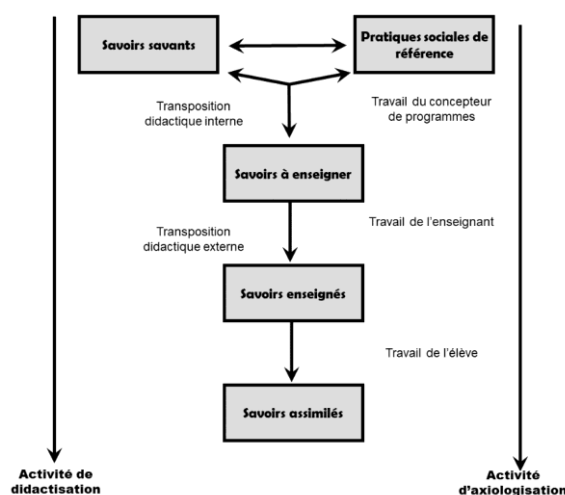


Figure 8 : Transposition didactique intégrant les pratiques sociales de référence

Source : (Develay, 1995)

1.1.9. Modes de transposition didactique

Le mot « mode » vient du latin *modus* (*pluriel modi*), « manière de faire quelque chose », 1640, peut signifier « mesure, étendue, quantité ; mesure appropriée, rythme, chant ; une manière, une façon, un mode, un style »⁵. Dans le langage courant, le mot mode signifie « forme, méthode » (Académie Française, 1838, p. 3581; E. Littré & Beaujean, 1883, p. 714). Un « Mode de transposition didactique » est donc équivalent à une « forme de transposition didactique » ou à une « méthode de transposition didactique ». Il existe plusieurs formes de transposition didactique : la transposition didactique classique, la transposition didactique informatique, la transposition didactique par la fiction, la transposition didactique par

⁴ Johsua, S.(1997). Le concept de transposition didactique au-delà de la didactique des sciences et des mathématiques. *Skholé* 3, 15-23.

⁵ <https://etymonline.com/word/modus> consulté le 20 octobre 2024.

l'analogie, la transposition didactique par situation-problème, la transposition didactique par la démarche d'investigation et la transposition didactique par le récit (Ayina, 2024).

Dans ce mémoire, il est question d'évaluer l'impact de la NOS comme mode de transposition didactique.

1.2. État de la question sur la période

L'étude de la période des oscillations, qu'elles soient mécaniques ou quantiques, constitue un défi pour les apprenants en physique, surtout lorsqu'il s'agit de lier cette notion à des représentations graphiques ou à des équations spécifiques. Les deux articles sélectionnés mettent en lumière différents aspects de cette compréhension et des difficultés rencontrées par les apprenants dans divers contextes d'apprentissage.

1.2.1. Difficultés conceptuelles autour de la période en contexte universitaire : apports et limites pour l'enseignement du courant alternatif (Wan et al., 2016)

L'étude menée par Wan et al. (2016) explore la compréhension du concept de période par les étudiants universitaires dans différents domaines de la physique, tels que la mécanique classique, l'optique et la mécanique quantique. Les chercheurs ont élaboré des questions similaires pour évaluer la compréhension de la définition mathématique de la période, son interprétation graphique dans le plan complexe, ainsi que les liens entre la période, le déplacement angulaire et la vitesse angulaire. Les résultats montrent une compréhension généralement faible de la période, en particulier dans des contextes abstraits, avec des confusions fréquentes entre la période et la vitesse angulaire, le déplacement angulaire, ou encore des difficultés dans l'interprétation des expressions temporelles. Une conclusion intéressante de cette étude est que les étudiants obtiennent de meilleurs résultats lorsqu'ils abordent la période à travers le mouvement circulaire uniforme, considéré comme plus concret et visuel. **Les chercheurs suggèrent donc une approche pédagogique progressive, commençant par des concepts concrets avant d'aborder des notions plus abstraites, pour faciliter la construction de ce concept complexe.**

Cependant, cette étude présente des limites lorsqu'elle est confrontée à la compréhension du courant alternatif en contexte secondaire. Les différences de public cible, l'absence d'outils expérimentaux dans l'étude et le manque de cadre didactique explicite limitent l'applicabilité des résultats dans des contextes d'enseignement de l'électricité. Malgré ces limites, cette étude

met en lumière les défis cognitifs liés à la compréhension de la période, même à un niveau universitaire avancé, soulignant l'importance d'une approche pédagogique progressive et contextualisée pour aider les étudiants à construire ce concept complexe.

1.2.2. Difficultés hiérarchisées dans la compréhension de la période, de la fréquence et de la pulsation angulaire : enseignements de l'étude de Young et Heckler (2018)

Une étude menée par Young et Heckler (2018) a révélé des **constats pertinents** sur les difficultés conceptuelles des étudiants en physique universitaire par rapport à la période (T), la fréquence (f) et la pulsation angulaire (ω). Les chercheurs ont analysé les performances d'étudiants inscrits à des cours de physique universitaires, basés sur l'algèbre et le calcul, pour comprendre leurs compétences dans la lecture et l'interprétation de graphiques ou d'équations liées à ces notions. Les résultats ont montré que seulement un faible pourcentage d'étudiants étaient capables de maîtriser la plupart des compétences testées, démontrant ainsi une compréhension partielle du lien entre les concepts temporels et mathématiques des phénomènes périodiques. Une hiérarchie de compétences a été identifiée (voir figures 8 et 9), soulignant que les tâches de base sont des prérequis indispensables aux compétences plus avancées.

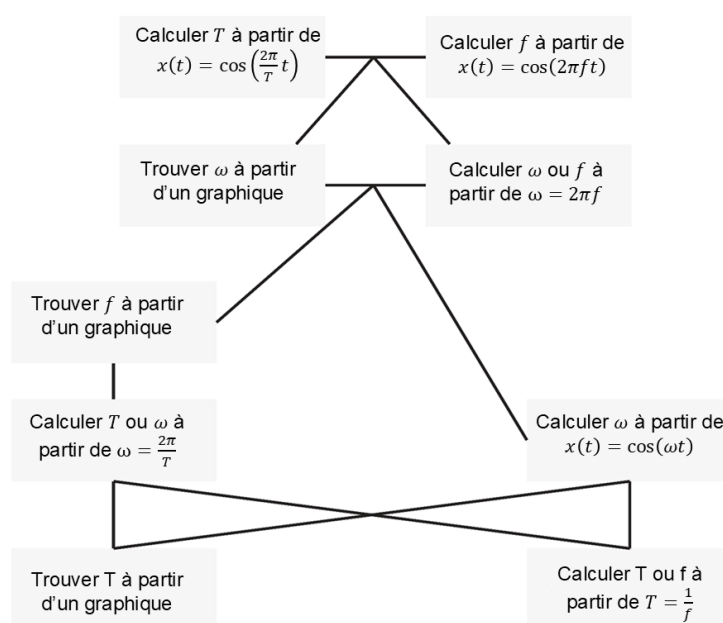


Figure 9 : Hiérarchie des compétences liées à la période, la fréquence et la fréquence angulaire pour les étudiants en physique basée sur l'algèbre, obtenue à l'aide de l'analyse arborescente des items (item tree analysis) et du package DAKS pour R.

Source : Traduit et adapté de Young & Heckler (2018)

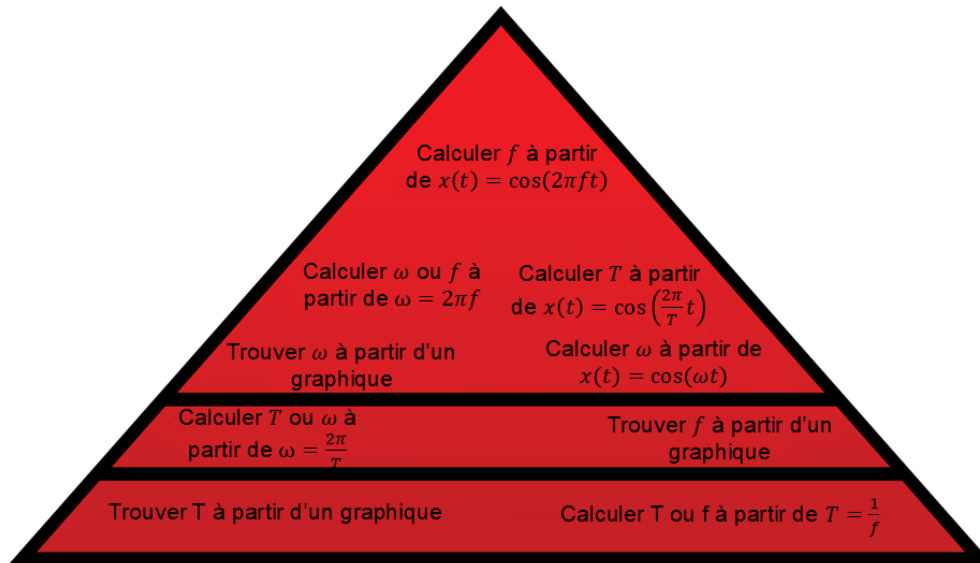


Figure 10 : Une hiérarchie simple et informelle construite à l'aide de tableaux croisés.

Source : Traduit et adapté de Young & Heckler (2018)

Les compétences situées à des niveaux inférieurs sont des prérequis pour celles des niveaux supérieurs. Les compétences situées au même niveau ne sont pas nécessairement équivalentes. Seuls les élèves en physique basée sur l'algèbre sont inclus dans la figure 9 et 10.

Les chercheurs ont observé des erreurs fréquentes, notamment une confusion majeure autour de la définition de la période. Une intervention sous forme de tutoriel guidé de 30 minutes a montré une amélioration notable des performances des étudiants, confirmant l'efficacité des interventions ponctuelles pour renforcer la compréhension conceptuelle. Cette étude, bien que centrée sur des phénomènes simples d'oscillateurs harmoniques et des étudiants universitaires, est pertinente pour tous les niveaux d'enseignement. Elle souligne l'importance d'une progression didactique structurée pour une meilleure compréhension des concepts fondamentaux tels que la période, notamment dans le contexte de l'enseignement des courants alternatifs.

Cependant, certaines limites de cette étude apparaissent lorsqu'on la considère dans le contexte spécifique de l'enseignement de la période liée au courant alternatif, en particulier lors de son observation sur un oscillogramme. En premier lieu, le cadre conceptuel adopté se concentre sur des oscillateurs harmoniques généraux, sans aborder de manière explicite les signaux électriques ou l'utilisation d'un oscilloscope comme outil didactique. Cette approche restreint la généralisation des résultats aux contextes éducatifs axés la construction du concept de période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme. De plus, la population étudiée se compose d'étudiants américains en physique inscrits à des cours de physique en algèbre ou en

calcul, ce qui diffère considérablement des apprenants du secondaire général ou technique visés par les programmes de formation en électricité. Les aspects liés à la manipulation d'un oscilloscope ou à l'interprétation d'oscillogrammes dans un contexte de résolution de problèmes ne sont pas abordés. En outre, l'étude ne comprend pas de situation expérimentale réelle ou simulée, alors que dans l'enseignement du courant alternatif au secondaire, la compréhension de la période repose largement sur l'analyse d'oscillogrammes, le réglage d'un oscilloscope et le calcul de la période à partir de la durée d'un motif élémentaire. Ces éléments pratiques, cruciaux pour une formation technologique ou professionnelle, ne sont pas pris en compte dans l'intervention décrite par les auteurs. En conclusion, bien que l'étude de Young & Heckler (2018) soit instructive en ce qui concerne les difficultés conceptuelles autour de la période, de la fréquence et de la pulsation, elle nécessiterait d'être complétée par des recherches prenant en compte les particularités de l'enseignement de la période dans le cadre du courant alternatif, en utilisant des oscillogrammes réels ou simulés, conformément aux recommandations des programmes du secondaire général et technique.

1.3. Études historiques et épistémologiques

Nguyen Thi (2014) a démontré que « les mesures de durées [temps] nécessitent de se référer à des phénomènes périodiques qui permettent de les ramener à un décompte de périodes » (p.10). Autrement dit, la mesure du temps est étroitement liée au concept de période. Il est donc évident que l'histoire et l'épistémologie du temps sont également par voie de conséquence liées à celles du concept de période. C'est pourquoi il est important d'analyser l'histoire et l'épistémologie du temps avant d'aborder celles de la période qui concerne effectivement le thème de cette étude.

1.3.1. Études historique et épistémologique du concept de temps

Le concept du temps a une histoire qui a subi une évolution. Cette section est consacrée à l'analyse historique et épistémologique de ce concept.

1.3.1.1. Avant l'invention de la notion du temps

Bien avant l'invention de la notion du temps, les hommes avaient une méthode pour « *dater un événement* » (Ismael, 2022, p. 11). Cette méthode consiste à :

- ❑ relier l'événement qu'on veut dater à un autre « événement marquant » (Ismael, 2022) ; cela permet donc aux autres qui connaissent cet « événement marquant » d'avoir une idée de la date de l'événement ;
- ❑ relier l'événement que l'on veut dater au nom du responsable d'une charge d'État annuelle (empereur, roi, gouverneur, etc.) ;
- ❑ combiner les deux premières approches c'est-à-dire en le reliant à un « événement marquant » et en le reliant au nom du responsable d'une charge d'État annuelle.

Un exemple de cette manière de dater un événement est extrait d'un théâtre de Jean Miché Kankan⁶, (1976) de son vrai nom Dieudonné Afana Ebogo, dans sa pièce de théâtre intitulé *Carte d'identité*. C'est une conversation entre un paysan (Jean Miché Kankan) qui n'a aucune connaissance sur la notion du temps et un policier qui connaît la notion du temps. Jean Miché Kankan est venu au commissariat pour se faire établir une nouvelle carte d'identité.

Policier: Vous êtes né où et quand ?

Jean Miché Kankan: Je suis arrivé au Cameroun pendant la première récolte des arachides avant l'arrivée des allemands.

Policier: Les allemands sont arrivés au Cameroun en quelle année monsieur ?

Jean Miché Kankan: Est-ce que je suis un livre d'Histoire ?

Policier: Disons vers 1901!?

Jean Miché Kankan: Oui ! C'est même ça !

Cet extrait montre clairement que le policier n'arrive pas à situer la date de naissance de Jean Miché Kankan à partir de la méthode décrite ci-dessus. En effet, Jean Miché Kankan a situé sa date de naissance par rapport à l'arrivée des allemands au Cameroun. Même si le policier connaît cette date de l'arrivée des allemands au Cameroun, il ne serait pas capable de déterminer avec exactitude le jour et le mois de sa naissance. L'expression « pendant la première récolte des arachides » est un peu vague. Le policier, conscient de son incapacité à déterminer avec exactitude sa date de naissance, propose une approximation (vers 1901). S'il faut justement consulter un livre d'histoire comme l'a dit Jean Miché Kankan, on remarquera que les allemands sont arrivés au Cameroun avant 1901.

⁶ Jean Miché Kankan, de son vrai nom Dieudonné AFANA EBOGO est un humoriste camerounais.

Il ressort clairement de cet exemple que « cette méthode à des limites évidentes »(Ismael, 2022, p. 12) :

- cette méthode « était à la fois lourde et imprécise » (Ismael, 2022); lourde parce qu'elle met en relation deux ou plusieurs événements et/ou un nom (ou plusieurs) nom d'un responsable de d'État annuelle ; imprécise parce qu'elle ne permet pas toujours de déterminer le jour, le mois et l'année avec précision car une connaissance précise de la date est conditionnée par des connaissances exactes sur l'événement marquant et le nom du responsable de la charge d'État annuelle ;
- cette méthode est par nature locale. Dans cet extrait de théâtre, si Jean Miché Kankan décrivait sa date de naissance à une personne qui ne connaît ni le Cameroun ni l'histoire sur l'arrivée des allemands au Cameroun, la personne sera incapable de dire quoi que ce soit sur la date ;
- il y a donc « absence d'un système commun de référence temporelle »(Ismael, 2022). Chaque localité avait ses événements marquants et les noms de ses responsables des charges d'État annuelles. Le système de référence temporelle n'était pas universel.

Un des généraux macédoniens d'Alexandre, dans ses déplacements et ses conquêtes, a certainement constaté cette difficulté à situer un événement partant d'une localité à une autre.

Il a trouvé une meilleure idée :

« Il a commencé dès l'an 1 à l'arrivée de Séleucos Ier Nicator à Babylone (nous dirions : le printemps de 311 avant notre ère) et s'est poursuivi sans interruption après sa mort. Son fils et ses successeurs ont ainsi poursuivi la tradition familiale en se référant à ce premier décompte universel, continu et irréversible des années qui passent » (*Ismael, 2022, p. 12&13*).

Son fils et ses successeurs ont continué avec le comptage sans rupture. Cette méthode introduite par le général n'était plus liée à un autre événement ni au nom d'un responsable d'une charge d'État annuelle. Le système mis en place par ce général macédonien d'Alexandre est l'ancêtre des différents systèmes de mesure du temps d'aujourd'hui (Ismael, 2022). Il s'agissait clairement d'un système universel de référence temporelle à condition que tout le monde le connaisse et ne se comporte comme Jean Miché Kankan.

1.3.1.2. Temps comme nécessité sociale

L'exemple du général macédonien d'Alexandre illustre que la nécessité de mesurer le temps ne découle pas d'une ambition scientifique ou d'une démarche savante, mais répond avant tout à un besoin de nature sociale (Martin, 2020). Le temps, avant d'être un paramètre de la physique-mathématique, est d'abord et avant tout « le fruit de la vie collective » (Martin, 2020). Les hommes, dans leurs pratiques sociales, ont eu un besoin très fort « de coordonner des actions collectives et de synchroniser des moments communs, par exemple des fêtes, des rendez-vous, des séquences de travail ou d'étude » (Martin, 2020). Fink et al. (2021) ont également souligné cette recherche par toutes les anciennes civilisations pour trouver une méthode de repérage « des fêtes religieuses ou simplement la planification des travaux agricoles » (p.19). Avec l'invention de l'horloge, l'industrie de l'horlogerie s'est vite développée pour répondre à ce besoin social. C'est avec raison que De Diogène Le Cynique a déclaré que « l'horloge est une belle invention pour rappeler l'heure des repas »⁷

1.3.1.2.1. Temps comme objet des discussions philosophiques

Le temps qui est l'objet des discussions philosophiques est le temps subjectif. Ce temps subjectif vient « du mot latin *tempus* [...], le temps éprouvé ou psychologique, celui que l'on mesure « de l'intérieur de soi ». Il ne s'écoule pas uniformément » (Klein, 2019). De l'antiquité à nos jours, le temps est un objet qui a été une source intarissable des discussions philosophiques. Chaque philosophe a sa conception du temps mais tous font référence à ce temps subjectif par rapport au temps physique. Pour prendre quelques exemples, selon Husserl, il s'agit de « la perception pure du temps phénoménologique » (Encyclopædia Universalis, 2016). Pour lui, le temps est ce qu'une conscience pure perçoit effectivement comme temps. Bergson estime « comme allant de soi que la simultanéité s'établisse, de façon universelle, entre le cours de la conscience et celui que suivent les choses » (Encyclopædia Universalis, 2016). Bergson a d'ailleurs eu une discussion avec Albert Einstein sur le concept du temps à la Société philosophique de Paris en 1922. Il a posé la question suivante à Einstein : « Prétendez-vous parler du temps tel que l'entend l'homme ordinaire ? » (Klein, 2019). La réponse d'Albert Einstein a été péremptoire et sans appel : « La question se pose ainsi : le temps du philosophe est-il le même que celui du physicien ? » (Klein, 2019). À travers cette réorientation de la

⁷ <https://citations.ouest-france.fr/citation-diogene-le-cynique/horloge-belle-invention-rappeler-heure-37108.html> consulté le 20 octobre 2024.

question, Einstein a voulu dire à Bergson que le philosophe et le physicien, en utilisant le concept du temps, ne parlent pas de la même chose.

1.3.1.3. Temps physique

Le temps physique vient « du mot grec *chronos*, est censé être objectif, il ne dépend pas de nous, il est réputé uniforme, nous savons d'ailleurs le chronométrer »(Klein, 2019). « C'est le temps qu'affichent nos montres » affirme Klein (2019). De l'antiquité jusqu'au 17^e siècle, c'est la pensée aristotélicienne qui est enseignée dans les écoles. Pour Aristote, le temps n'est pas une grandeur physique susceptible d'être quantifiée. Pour lui, le temps peut juste être considéré comme « une variable du discours scientifique »(Spagnou, 2015). Selon Aristote, « pour penser la nature, le physicien est conduit à penser le mouvement (*kinesis*), qui en est le principe ; et, pour penser le mouvement, il doit penser, après le lieu où s'opère le déplacement, le temps qui sert à le mesurer »(Jullien, 2001). Autrement dit, le déplacement et le lieu de ce déplacement étaient au premier et au deuxième plans respectivement tandis que le temps était relégué au troisième plan. On ne peut parler du temps que s'il y a mouvement. Pour Aristote, « le temps se perçoit entre deux points successifs du mouvement d'un corps »(Jullien, 2001).

Il faut attendre l'arrivée de Galilée (1564-1642) pour avoir la naissance du temps physique. Il est d'ailleurs considéré comme « l'un des pères de la physique moderne »(Spagnou, 2015). L'expérience qui a permis à Galilée de prendre le temps comme un véritable paramètre physique est l'expérience de la chute libre d'un corps. Après plusieurs essais, il est arrivé à une conclusion et a fait la démonstration devant un public des savants sur une tour à Pise en lançant du haut de la tour un corps sans vitesse initiale. La conclusion de son expérience est : « Si un mobile, partant du repos, tombe avec un mouvement uniformément accéléré, les espaces parcourus en des temps quelconques par ce même mobile sont entre eux en raison double des temps, c'est-à-dire comme les carrés de ces mêmes temps »(Galilée, 1972). Au temps où Galilée faisait ce constat, le formalisme mathématique n'était pas aussi développé comme aujourd'hui. Avec le formalisme mathématique d'aujourd'hui, son constat est équivalent à l'équation suivante : $h = \frac{1}{2}gt^2$. On constate donc que le temps est un paramètre physique qui entre dans les équations de la physique et doit être quantifiée.

Avec la révolution copernicienne, la Terre qui était considérée comme au centre de l'univers et immobile dans la vision aristotélicienne, désormais, non seulement la Terre est en mouvement mais en plus, elle n'est pas au centre du système solaire. Cet état des choses « a rendu nécessaire de préciser par rapport à quel corps de référence un mouvement donné est

étudié »(Spagnou, 2015). Renée Descartes (1596-1650) va introduire d'une manière « explicite de repères tridimensionnels permettant de localiser un corps quelconque dans ses trois dimensions spatiales »(Spagnou, 2015). La rupture était presque déjà consommée avec la pensée aristotélicienne avec les travaux de Johannes Kepler, de Galilée, etc. mais il a fallu l'arrivée d'Isaac Newton pour sortir une théorie complète et cohérente pour sonner le glas avec cette vision antique. Isaac Newton a publié à la Société Royale de Londres sa théorie qui a défait la pensée d'Aristote sous le titre *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (*Principes mathématiques de la philosophie naturelle*) en trois volumes (Ismael, 2022). C'est Isaac Newton qui va définir d'une manière explicite le concept du temps. Il distingue deux types de temps :

- « le temps absolu, vrai et mathématique »(Spagnou, 2015) qui est indépendant et s'écoule uniformément ;
- Le temps relatif, « celui donné par nos montres imparfaites »(Spagnou, 2015) ;

En 1905, Albert Einstein a introduit une nouvelle théorie appelée théorie de la relativité restreinte. La relativité restreinte concerne l'étude des mouvements des corps dont les vitesses « ne sont pas négligeables par rapport à celle de la lumière, en l'absence de gravitation »(Fink et al., 2021, p. 51). Cette théorie rejette le temps newtonien absolu et parle d'un temps propre ou temps relatif qui est différent du temps relatif de Newton. Le temps propre est le temps d'un observateur qui se situe sur une ligne de l'univers.

1.3.2. Études historique et épistémologique du concept de période

En fonction de l'évolution de l'histoire et de l'épistémologie du temps, le concept de période a également évolué dans le temps.

1.3.2.1. Concept de période au sens étymologique

Étymologiquement le mot période vient du grec périodos (περίοδος) qui signifie littéralement circuit, contour. Ce mot est dérivé de péri (περί) signifiant autour, et de hodos (ὁδός) signifiant chemin, c'est donc un « chemin que l'on fait en tournant »(Morin, 1809). Le sens étymologique de la période est en rapport avec la distance et le mouvement. C'est une « révolution entière d'un astre autour de son orbite » (Morin, 1809). Quant au dictionnaire de l'Académie française (1798), la période est une « révolution qui se renouvelle régulièrement. Il se dit proprement du tour que fait un astre pour revenir au même point d'où il était parti ». Le terme « révolution » apparaît de manière récurrente dans ces différentes définitions

étymologiques. Le dictionnaire de l'Académie Française (1798) définit la révolution comme « le retour d'une planète, d'un astre au même point d'où il était parti. ». Selon le dictionnaire Robert (2005), la révolution est un retour d'une planète, d'un astre au même point. Autrement dit, le tour complet d'une planète, d'un astre à partir d'un point autour de lui-même d'une manière régulière est une révolution. Ce tour complet est une période. La période, au sens étymologique, fait donc penser à la circonférence d'un cercle⁸. Étymologiquement, la période est plus proche de la distance que du temps formalisé dans la physique contemporaine. La révolution sous-entend le mouvement puisque pour faire un tour régulier et complet autour de lui-même, une planète, un astre doit se mettre en mouvement. D'ailleurs, à l'antiquité, la conception aristotélicienne de l'appréhension de la nature est que « pour penser la nature, le physicien est conduit à penser le mouvement (kinesis), qui en est le principe ; et, pour penser le mouvement, il doit penser, après le lieu où s'opère le déplacement, le temps qui sert à le mesurer » (Jullien, 2001). Cette définition est beaucoup liée à l'astronomie. À partir des définitions étymologiques du concept de période, deux reformulations peuvent être proposées :

- **la période** est un mouvement régulier d'un astre, d'une planète sur le périmètre d'un cercle en tournant. (**Accent est mis sur le mouvement**)
- **la période** est un périmètre d'un cercle suivi régulièrement par un astre, une planète lorsqu'il fait le tour de ce cercle. (**Accent est mis sur la distance**)

Ces deux reformulations montrent que, de l'Antiquité jusqu'au XIXe siècle, le concept de période oscillait entre l'idée d'un mouvement régulier d'un astre et celle de sa trajectoire circulaire.

Lorsqu'on veut quantifier la période ou donner une idée sur la quantification du concept de période, on parle du temps fait par cet astre sur sa révolution. Le dictionnaire de l'Académie Française (1798), en voulant donner une idée sur la période lunaire, dit « Le soleil fait sa période en trois cents soixante-cinq jours, et près de six heures »(p.2349). On constate ici que c'était plus facile et compréhensible de rapprocher le concept de la période au temps fait par cet astre mais à cause de la conception d'Aristote qui avait dominé le monde, il était inconcevable de définir la période à partir du temps.

⁸ Dans la réalité, les orbites des planètes du système solaire sont des ellipses qui ressemblent beaucoup à des cercles (<https://www.maxicours.com/se/cours/le-mouvement-des-planetes-et-les-lois-de-kepler/>)

1.3.2.2. Évolution du concept de période

Au 17^e siècle, il y eut un progrès scientifique et technique. Des sociétés savantes ont été mises en place avec des méthodes précises pour

l'accumulation et l'échange d'information d'observation, ce qui signifie que, pour la première fois dans l'histoire, la collecte de preuves est devenue une entreprise collective et systématique. Les régularités qualitatives communément observées, qui constituaient la base des anciennes visions du monde, ont été remplacées par un vaste fond d'informations soigneusement recueillies (Ismael, 2022, p. 14).

Les données recueillies sont rigoureusement analysées dans le but de « relever des régularités plus abstraites cachées dans les données »(Ismael, 2022, p. 15). Le partage des résultats entre savants à contribuer d'une manière importante au développement florissant de la science.

À ce moment, à la suite des travaux de Galilée, de Johannes Kepler, qu'Isaac Newton publia en 1687 dans trois volumes présentés à la Royal Society de Londres sous le titre *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (*Principes mathématiques de la philosophie naturelle*). La théorie publiée par Newton défait complètement la pensée aristotélicienne. « Alors que l'univers d'Aristote était fini et avait un centre, l'univers de Newton est infini et n'a pas de centre »(Ismael, 2022, p. 16). En outre, le temps était devenu un paramètre important et quantifié. À la publication de la théorie de Newton, il y avait des scientifiques tels que le philosophe et polymathe allemand Gottfried Wilhelm Leibniz et d'autres scientifiques avaient critiqué la théorie de Newton. Une crise d'idées comme le disait Thomas Kuhn (Kuhn & Meyer, 1983) s'est installée pendant une période. Comme le temps avait une grande importance dans les sciences, les autres concepts liés au temps tels que le concept de période ont été redéfinis en fonction du temps. C'est ainsi qu'en 1835, le dictionnaire de l'Académie française, pour la première fois, définit la période en fonction du temps : « Révolution qui se renouvelle régulièrement. En termes d'Astronomie, Temps qu'une planète met à faire sa révolution ; durée de son cours depuis l'instant où elle part d'un certain point du ciel, jusqu'à l'instant où elle y revient » (p.4121). On constate certes une évolution dans la définition du concept de période mais cette définition est toujours en rapport avec son sens étymologique. D'ailleurs jusqu'en 1900, Le Littré a donné une définition de période toujours en rapport avec le sens étymologique lié à l'astronomie : « temps qu'un astre met à faire sa révolution »(E. Littré & Beaujean, 1900, p. 843). On constate que dans cette définition de la période, le temps est maintenant au premier plan.

La période étant en rapport à ce qui se répète avec régularité, c'est-à-dire d'une manière qui revient régulièrement dans le temps, beaucoup d'autres phénomènes scientifiques vont subir de changements conceptuels pour adopter le concept de période qui sied à leur description. La période apparaît donc dans plusieurs domaines scientifiques, sciences humaines et sociales et dans la vie courante. Il faut noter qu'au niveau des domaines scientifiques tels que la mécanique, la radioactivité, l'électricité, etc., le concept de période est déjà utilisé comme un concept fondamental dans la description et la prédiction des phénomènes. Mais au niveau des dictionnaires, cela n'a pas beaucoup évolué jusqu'en 1900 en raison du fait que la théorie de Newton n'a pas encore été suffisamment vulgarisée et acceptée par la majorité des scientifiques.

En radioactivité, les recherches sur la radioactivité d'Ernest Rutherford l'ont amené à la découverte de la demi-vie d'un matériau radioactif. Il a remarqué qu'un échantillon d'un matériau radioactif mettait le même temps à se désintégrer de moitié. En 1902, ce temps est appelé **période** par Rutherford et ses collaborateurs. La période d'un radioélément est le temps nécessaire pour la désintégration de la moitié des noyaux de cet élément initialement présents. En plus de cette période radioactive, il y eut l'introduction plus tard des concepts de période biologique⁹ et de période effective¹⁰.

Aujourd'hui, en électricité, plus précisément dans le courant alternatif, il y a aussi « des phénomènes cycliques et des phénomènes oscillatoires » qui font appel au concept de période (Nguyen Thi, 2011). Des grandeurs physiques telles que la tension et l'intensité du courant électriques sont périodiques. Selon Mahrazi (2011), une période est « Le plus petit des intervalles de temps à la suite duquel une grandeur périodique reprend une même suite de valeur » (p.369). L'adjectif qualificatif « petit » employé ici a toute sa valeur. Un phénomène peut être périodique avec un temps qui n'est pas égale à la période mais à un multiple de la période. N'est donc pas appelée période le temps qui permet au phénomène de se reproduire identiquement à lui-même (qui peut être un multiple de la période) mais le petit temps qui permet au phénomène de reprendre une même suite de valeurs. Pour appuyer la définition précédente de la période, Chateigner et al.(2008) précise que : « La période T d'un signal

⁹ La période biologique d'un élément chimique est le temps au bout duquel la moitié d'une quantité ingérée ou inhalée (telle une drogue ou un radioisotope) est éliminée de l'organisme uniquement par des voies naturelles (sueurs, urines...). https://med-fac.univ-batna2.dz/sites/default/files/medecine-fac/files/radioactivite_-_cours.pdf

¹⁰ Pour un radionucléide donné, l'élimination se fait à la fois par voies naturelles (suivant sa période biologique) et par décroissance radioactive du nombre de ses atomes du fait de sa radioactivité (suivant sa période radioactive propre, ou période physique). Pour les radionucléides, on définit la période effective, qui correspond au temps au bout duquel l'activité dans l'organisme aura été divisée par deux, du fait de ces deux décroissances. https://med-fac.univ-batna2.dz/sites/default/files/medecine-fac/files/radioactivite_-_cours.pdf

périodique $[s(t)]$ est la plus petite durée entre deux instants où le signal se reproduit à l'identique : $\forall t, s(t + kT) = s(t)$ avec $k \in \mathbb{Z}$ » (p.8). La période est définie ici comme une durée. C'est un temps minimal entre deux points d'un phénomène qui se reproduit d'une manière identique.

1.4. Choix épistémologique et didactique de la recherche

La base de cette étude repose sur deux aspects principaux : l'épistémologie d'une part, et la didactique d'autre part, en accord avec les exigences actuelles de l'enseignement des sciences physiques.

En termes d'épistémologie, l'évolution continue du concept de période à travers l'histoire révèle des modifications successives en fonction des contextes scientifiques (mécanique, optique, électrotechnique, radioactivité, etc.) et des outils utilisés. Cette variabilité historique et conceptuelle souligne l'importance d'ancrer l'enseignement de la période dans une compréhension des bases et des approches de la physique. En d'autres termes, la période ne doit pas être traitée comme une donnée fixe, mais plutôt comme un concept construit, contextualisé et situé historiquement.

Cette approche est soutenue par des études récentes (Wan et al., 2016) montrant que les étudiants ont une meilleure compréhension de la période lorsqu'elle est abordée à travers des situations concrètes, comme le mouvement circulaire uniforme, considéré comme plus intuitif et visuel. Pour suivre cette observation, cette approche didactique vise à rendre le concept de période accessible et manipulable en exploitant les oscillogrammes produits par un oscilloscope (réel ou simulé). Cette démarche vise à favoriser une construction progressive du concept chez l'apprenant.

De plus, les confusions courantes entre la période et la demi-période, constatées chez les étudiants (Young & Heckler, 2018), soulignent la nécessité d'une approche conceptuelle approfondie, basée sur une clarification des fondements de la pensée scientifique. Cela justifie l'adoption d'une approche didactique inspirée de la Nature of Science (NOS) proposée par Ayina et al. (2024). Dans cette optique, il est judicieux d'incorporer certains principes essentiels de la NoS dans la conception des situations d'enseignement, tels que considérer l'observation comme une activité intellectuelle essentielle dans la construction des connaissances, et reconnaître l'expérience sensorielle comme base empirique dans la construction des concepts. En intégrant ces notions fondamentales de la NOS (Ayina et al., 2024a), la compréhension du concept de période devrait être renforcée et les obstacles conceptuels surmontés.

Ainsi, cette approche combine les apports de l'histoire et de l'épistémologie des sciences avec une démarche didactique pragmatique centrée sur l'expérience sensorielle et l'observation comme concepts d'acquisition des savoirs. L'objectif est de proposer une approche didactique contextualisée, en accord avec les pratiques de la physique, pour aider les apprenants à surmonter les obstacles conceptuels identifiés.

1.5. Théories de référence

Dépelteau (2005) définit le mot théorie comme suit :

Le mot « théorie » vient du mot latin *theoria* (« recherche spéculative ») qui dérivait lui-même du mot grec *theôria* qui signifia d'abord « groupe d'envoyés à un spectacle religieux, à la consultation d'un oracle », puis avec Platon « contemplation, considération ». Au XVIII^e siècle, il prit le sens de « système de concepts abstraits, plus ou moins organisé, appliqué à un domaine » (p. 130).

Pour Fortin (1996) cité par Dépelteau (2005), la théorie est un « ensemble de généralisations portant sur des concepts et des propositions précisant des relations entre des variables, destiné à expliquer et à prédire des phénomènes » (p. 130). Dans cette partie, il est question de présenter des théories explicatives qui entrent en jeu dans l'élaboration de la séquence didactique mais aussi des hypothèses de recherche. Il s'agit de présenter les concepts qui sont utilisés dans la conduite de cette étude. Les principales théories explicatives de ce travail de recherche sont : La Nature of Science, le socioconstructivisme de Vygotski et la sémiotique peircienne.

1.5.1. Nature of science

La NOS est une description du fonctionnement de la science (Ayina et al., 2024a; McComas & Kampourakis, 2015) en prenant en compte d'une manière simultanée les connaissances actualisées de l'histoire de la science, de philosophie de la science, de sociologie de la science et de la psychologie de la science (voir figure 11).

La nature de la science (NOS) fait référence aux principes sous-jacents et aux caractéristiques qui définissent la science et la science dans la pratique. Elle concerne la connaissance de la méthodologie scientifique, le processus de développement des connaissances, les aspects épistémologiques de la science et son implication dans la société. La NOS est de la plus haute importance, en particulier pour les futurs enseignants, afin qu'ils puissent transmettre à leurs élèves une compréhension globale et nuancée de la science.

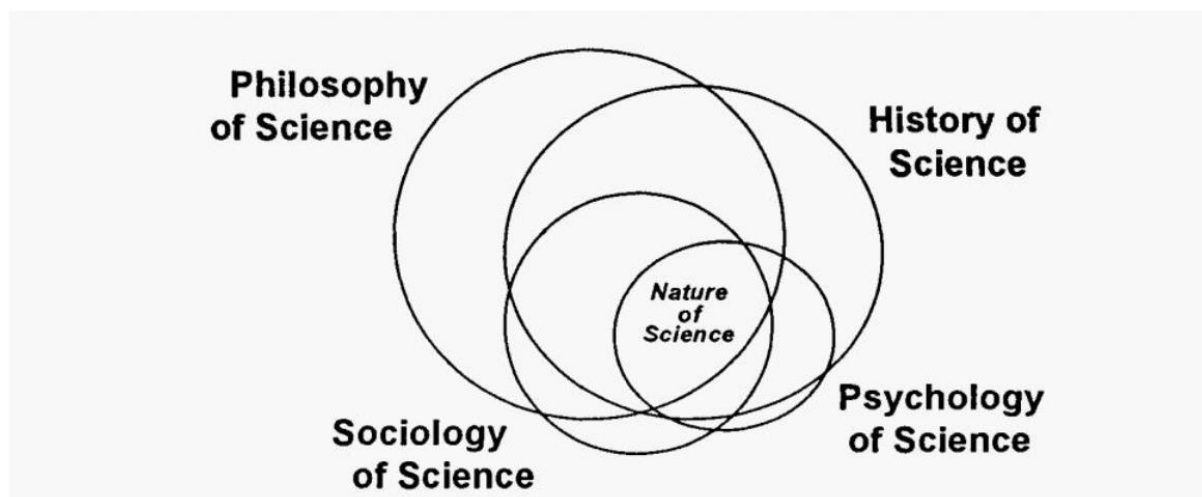


Figure 11 : La NOS comme intersection de quatre disciplines

Source : (McComas et al., 2002)

1.5.1.1. Conceptions des apprenants sur la NOS

Les conceptions des élèves sur la NOS évoluent généralement avec l'âge, l'expérience et l'enseignement qu'ils reçoivent. Cette évolution peut être analysée à travers plusieurs modèles théoriques, comme ceux proposés par N. G. Lederman (1992) et Abd-El-Khalick & Lederman (2000), qui ont étudié comment les conceptions des élèves se transforment au fil du temps.

Avant d'être exposés à un enseignement formel sur la science, de nombreux élèves possèdent des conceptions naïves ou simplistes de la science. Ces conceptions sont souvent basées sur des idées reçues, des expériences personnelles ou des représentations médiatiques de la science. Par exemple, ils peuvent percevoir la science comme une accumulation de faits immuables, plutôt que comme un processus en constante évolution (McComas et al., 2002).

Dans ce cadre, la science est souvent perçue comme une série de vérités incontestables dictées par des figures d'autorité, comme les scientifiques ou les manuels scolaires.

1.5.1.2. Conceptions des enseignants sur la NOS

Au cours des récentes décennies, les recherches sur la nature de la science (NOS) ont souligné que de nombreux enseignants de sciences ont souvent des idées fausses ou incomplètes sur la NOS (Ntam Nchia et al., 2024). Bien que N. Lederman et al. (2002), après avoir analysé trois décennies de recherches scientifiques, n'aient pas mis en évidence de lien clair entre les conceptions des enseignants sur la nature de la science (NOS) et leurs pratiques en classe, il est désormais reconnu que les méthodes d'enseignement utilisées ainsi que le niveau de

connaissance des enseignants sur la NOS exercent une influence significative sur les conceptions que les élèves développent à ce sujet (Ntam Nchia et al., 2024). Par conséquent, il est vital de renforcer leur compréhension de la NOS pour garantir un enseignement scientifique de qualité (McComas et al., 2002). En général, la nature de la science fait référence à l'épistémologie des sciences, c'est-à-dire la façon dont la science génère des connaissances et les valeurs ou croyances qui sous-tendent ce processus (N. G. Lederman, 2006). Selon Maingain et al. (2002), l'épistémologie est la discipline qui étudie comment nous acquérons des connaissances. Ils soulignent que lorsqu'un enseignant comprend mieux comment les connaissances se forment, il apporte une nouvelle dimension à ses leçons. Ainsi, un enseignant qui a une meilleure compréhension de la NOS sera plus en mesure d'intégrer ces principes dans ses activités d'enseignement, comme le suggèrent Ayina et al. (2024)

Une étude menée par Ntam Nchia et al. (2024) auprès d'enseignants de sciences en formation au Cameroun montre clairement cette nécessité. Elle révèle que plus de la moitié des enseignants en formation avaient des idées fausses ou contradictoires sur divers aspects clés de la NOS. Cependant, certains aspects, comme la nature évolutive des connaissances, étaient bien compris (Ntam Nchia et al., 2024).

1.5.1.3. Principaux aspects de la Nature of Science

En dehors des définitions générales, de nombreux auteurs ont souligné « l’absence de consensus quant à la représentation adéquate de la recherche scientifique et du développement des connaissances scientifiques » (McComas et al., 2002), ce qui témoigne de la persistance du débat sur cette question. Cependant, ces mêmes auteurs reconnaissent qu’« à un niveau descriptif, un consensus significatif existe concernant la nature de la science ». L’analyse de huit documents internationaux portant sur les normes de l’enseignement des sciences (voir tableau 2) révèle en effet d’importants recoupements entre ces référentiels (McComas et al., 2002). Le tableau 1 synthétise les éléments de ce consensus.

Tableau 1 : Une vision consensuelle de la nature des objectifs de la science extraite de huit documents internationaux sur les normes scientifiques

1) La connaissance scientifique, bien que durable, a un caractère provisoire
2) La connaissance scientifique repose fortement, mais pas entièrement, sur l'observation, les preuves expérimentales, les arguments rationnels et le scepticisme.

3) Il n'y a pas une seule façon de faire de la science (il n'y a donc pas de méthode scientifique universelle étape par étape). La science est une tentative d'explication des phénomènes naturels.
4) Les lois et les théories jouent des rôles différents en science ; les élèves doivent donc noter que les théories ne deviennent pas des lois, même si elles sont étayées par des preuves supplémentaires.
5) Des personnes de toutes les cultures contribuent à la science.
6) Les nouvelles connaissances doivent être communiquées clairement et ouvertement. Les scientifiques ont besoin d'un enregistrement précis, d'un examen par les pairs et d'une reproductibilité.
7) Les observations sont chargées de théories.
8) Les scientifiques sont créatifs.
9) L'histoire de la science révèle un caractère à la fois évolutif et révolutionnaire.
10) La science fait partie des traditions sociales et culturelles. La science et la technologie s'influencent mutuellement. Les idées scientifiques sont influencées par leur milieu social et historique

Tableau 2 : Huit documents internationaux sur les normes scientifiques

USA; Benchmarks for Science Literacy (AAAS, 1993)
USA; Science Framework for California Public Schools (California Department of Education)
USA; National Science Education Standards (NRC, 1996)
Australia; A Statement on Science (Curriculum Corporation, 1994)
USA; The Liberal Art of Science (AAAS, 1990)
England/Wales; Science in the National Curriculum (Department of Education, 1995)

New Zealand; Science in the New Zealand Curriculum (Ministry of Education, 1993)
Canada; Common Framework (Council of Ministers of Education, 1996)

Bien que le consensus présenté dans le tableau 1 ne traite pas l'ensemble des questions complexes liées à la nature de la science (NOS), il constitue néanmoins un repère pertinent pour les élèves, de la maternelle jusqu'en terminale, ainsi que pour leurs enseignants. Ces derniers devraient en effet disposer « d'une image plus réaliste des forces et des limites de ce que l'on appelle la science » (McComas et al., 2002).

En ce qui concerne les aspects sur lesquels il n'existe pas de consensus, il revient aux enseignants de présenter une diversité de points de vue. Comme le souligne Mathews (1997), cité par McComas et al. (2002), l'objectif de l'enseignement des sciences ne doit pas être l'endoctrinement, mais plutôt l'exploration des raisons qui peuvent justifier l'adhésion à une position particulière.

1.5.1.4. Enjeux de la nature of science (NOS) dans l'enseignement/apprentissage

La compréhension de la *Nature of Science* (NOS) s'impose aujourd'hui comme un levier central dans la formation scientifique. Comme l'a indiqué Shulman (1986), la mission de l'enseignant ne consiste pas seulement à transmettre des vérités établies, mais à expliquer pourquoi certaines propositions sont considérées comme justifiées, en quoi elles méritent d'être connues, et comment elles s'articulent à d'autres idées, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la discipline, en lien avec la théorie comme avec la pratique. Il s'agit ainsi d'engager les élèves dans un processus actif de construction de sens autour des savoirs scientifiques.

Dans cette optique, Mathews (1997) souligne que le but de l'enseignement scientifique ne peut être l'adhésion aveugle à des modèles, mais bien l'exploration des raisons qui justifient l'acceptation d'une position particulière. C'est précisément dans cette perspective que la NOS devient pertinente : elle offre un cadre de référence pour comprendre comment les connaissances scientifiques émergent, se valident, se transforment et se connectent à des enjeux plus vastes, sociaux ou culturels.

Des travaux tels que ceux de McComas et al. (2002) démontrent que la maîtrise des caractéristiques de la NOS favorise l'appropriation des savoirs scientifiques. De même, Ayina

et al. (2024) affirment que l'élaboration d'activités fondées sur les dimensions constitutives de la NOS contribue à renforcer la compréhension des concepts, tout en déconstruisant la vision statique de la science comme simple accumulation de faits. Cette approche valorise au contraire une représentation évolutive du savoir, fidèle à l'idée formulée par Chalmers & Biezunski (1987) selon laquelle « la science est un savoir qui évolue dans le temps », que ce soit au sens **révolutionnaire** de Kuhn (1983), ou au sens **progressif et conjectural** de Popper (2014).

Schwab (1964) dénonçait la tendance à présenter les résultats scientifiques comme des vérités absolues, dans ce qu'il appelait une « rhétorique de conclusions ». Pour lui, les théories enseignées devraient être reconnues comme des constructions provisoires, ouvertes à la révision. Introduire la NOS permet ainsi de redonner à la science son caractère humain, incertain et exploratoire. Il ne s'agit plus d'apprendre des résultats figés, mais de comprendre comment ces résultats sont obtenus, discutés, et parfois remplacés.

Selon la **National Society for the Study of Education** citée par McComas et al. (2002), l'étude des sciences repose sur deux axes essentiels : la maîtrise des connaissances et la compréhension de l'activité scientifique elle-même. Cela suppose d'explorer les méthodes, les critères de validation, les débats internes à la communauté scientifique, et la manière dont les savoirs se construisent dans l'histoire.

Face aux nombreuses conceptions erronées observées chez les élèves et les enseignants, **McComas et al. (2002)** estiment qu'il est nécessaire d'intégrer la NOS dans les dispositifs d'enseignement. **Driver et al. (1996)** ont, quant à eux, proposé cinq justifications majeures :

1. **L'intérêt utilitaire** : comprendre la NOS aide à interpréter les objets et phénomènes issus de la science et de la technologie au quotidien.
2. **L'intérêt démocratique** : une telle compréhension est indispensable pour aborder les questions socio-scientifiques et contribuer aux prises de décision éclairées dans la société.
3. **L'intérêt culturel** : la science fait partie intégrante de la culture contemporaine, au même titre que les arts ou la philosophie.
4. **L'intérêt moral** : les normes et valeurs internes à la communauté scientifique (intégrité, respect de la preuve, ouverture au débat) sont transposables à d'autres sphères de la vie sociale.

5. **Le soutien à l'acquisition des connaissances** : la compréhension des processus de la science améliore la qualité de l'apprentissage des contenus eux-mêmes.

L'intégration de la NOS conduit donc à une transformation profonde du rapport au savoir scientifique. Elle renforce la capacité à interroger, à justifier, à mettre en lien, et à reconnaître le caractère construit, mais rigoureux, des connaissances. C'est dans cette perspective que la science cesse d'être une simple collection de faits pour devenir une entreprise humaine en constante évolution, où les idées naissent, se confrontent et se transforment.

1.5.1.5. NOS comme mode de transposition didactique

Ayina et al. (2024) ont présenté 11 concepts fondamentaux de la NOS « à intégrer dans la construction des activités d'enseignement/apprentissage des concepts scientifiques » (p.116). Il s'agit de : 1) La nature créative et imaginative de la science ; 2) La nature empirique de la science ; 3) La nature provisoire et dynamique de la science ; 4) L'observation en science ; 5) Le mythe d'une méthode scientifique unique ; 6) Les Lois et les théories scientifiques ; 7) La subjectivité en science ; 8) L'enracinement social et culturel de la connaissance scientifique ; 9) L'institutionnalisation et l'éthique dans la production des savoirs scientifiques ; 10) Le rapport entre la science et la technologie et 11) La science est organisée en disciplines.

Dans ce travail, deux aspects fondamentaux de la Nature of Science (NOS) sont mobilisés pour guider l'élaboration des activités d'enseignement et d'apprentissage du concept de période : la nature empirique de la science, fondée sur l'expérience sensorielle, et le rôle de l'observation en tant qu'outil conceptuel dans les processus d'enseignement et d'apprentissage.

1.5.1.5.1. Observation comme processus actif et structurant dans la construction des concepts scientifiques

L'observation, bien au-delà de sa dimension perceptive, s'impose comme un outil fondamental dans la construction des concepts scientifiques. Lorsqu'elle est mobilisée dans le cadre d'activités documentaires, elle permet aux élèves de mobiliser activement leurs sens, leurs connaissances préalables, ainsi que leurs capacités d'analyse pour interpréter des informations provenant de diverses sources : textes, images, graphiques ou vidéos. Loin de se réduire à une simple perception passive, l'observation devient un acte intellectuel complexe, articulant perception, sélection, interprétation et reconstruction.

Selon Maingain et al. (2002), « l'observation n'est pas une opération passive, mais bien la construction d'un modèle interprétatif » (p.127). Ce processus implique une intention, un but,

une structure mentale qui organise les éléments perçus en fonction de ce que l'on juge pertinent ou significatif. Ainsi, « on observe toujours avec un but ou une intention : on structure et sélectionne ce qui paraît valoir la peine en fonction de ce qui nous intéresse » (Maingain et al., 2002, p. 108). Cette conception est partagée par Le Strat (1990), qui affirme que « l'observation scientifique exige au contraire une participation de l'esprit, qui la provoque en fonction de ses propres exigences. L'observation n'est donc jamais un constat pur de toute idée préconçue, mais le résultat d'un projet, d'une volonté de reconstruction du réel » (p.51).

Dans le contexte didactique qui concerne ce travail de recherche, l'observation prend une dimension encore plus structurante lorsqu'elle est guidée et intégrée dans des activités documentaires. Ces dernières, telles que la lecture de textes scientifiques, l'analyse de graphiques ou l'interprétation de vidéos pédagogiques, favorisent un lien direct entre la théorie scientifique et la réalité observable. Shouse, A. W., Schweingruber, H. A., & Duschl (2007) soulignent que l'exploitation de documents dans l'enseignement permet une meilleure compréhension des concepts scientifiques, surtout lorsque les élèves sont incités à observer activement et à réfléchir sur les données qu'ils consultent.

Cette forme d'observation active implique une analyse critique des documents : les élèves ne se contentent pas d'observer les faits ou les données, ils examinent les relations, les méthodologies et les implications scientifiques. Par exemple, lors de l'étude d'un texte sur l'évolution, ils sont amenés à identifier les preuves, les arguments et les modèles présentés, tout en s'interrogeant sur la validité des sources et sur la portée des conclusions (Osborne & Dillon, 2008). L'observation devient alors une médiation entre le document et la pensée critique, contribuant à l'acquisition d'un savoir robuste.

Vygotsky (1978) rappelle que la pensée scientifique se construit par la médiation de l'environnement. Dans cette perspective, l'observation guidée des documents permet aux élèves de rendre explicite cette médiation en liant les concepts abstraits à des représentations concrètes. Observer, c'est ainsi apprendre à identifier des régularités, à formuler des hypothèses, à comprendre comment les scientifiques construisent et valident des savoirs à partir de données empiriques.

Dans le cadre d'un enseignement expérimental tel que le tracé d'un oscillogramme, l'observation joue un rôle opérationnel dans la construction de concepts comme la période. Il s'agit alors de diriger l'attention des apprenants vers certains éléments clés comme les axes du repère, les échelles ou les points caractéristiques du signal afin de leur permettre de structurer

leur perception et de construire progressivement une représentation mentale du phénomène étudié. Comme le recommandent Maingain et al. (2002), l'enseignant doit expliciter **en amont** l'objectif de l'observation, pour permettre à l'élève de focaliser son esprit sur les éléments pertinents et d'éviter une lecture diffuse ou aléatoire de l'objet à observer.

En conclusion, l'observation, en tant que processus actif de sélection, d'interprétation et de réflexion, est bien plus qu'un simple outil pédagogique : elle est un levier fondamental de l'apprentissage scientifique. Qu'elle soit appliquée à l'étude de documents ou à l'analyse de phénomènes expérimentaux, elle favorise la construction de concepts solides et développe une pensée critique et rigoureuse. En guidant et en structurant l'activité d'observation, l'enseignement scientifique offre aux élèves les moyens de comprendre la science comme une démarche, et non comme une simple accumulation de faits.

1.5.1.5.2. Expérience sensorielle : fondement empirique de la construction des concepts scientifiques

L'expérience sensorielle est essentielle pour la construction des connaissances scientifiques. Elle permet aux apprenants d'interagir directement avec leur environnement en utilisant leurs cinq sens : la vue, le toucher, l'ouïe, l'odorat et le goût. Cela leur permet de percevoir, d'explorer et de comprendre divers phénomènes. Cette approche concrète et immersive crée un lien solide entre les concepts abstraits et les réalités observables, ce qui rend l'apprentissage plus durable et significatif.

Selon Piaget (1970), l'enfant construit des connaissances scientifiques en interagissant activement avec son environnement. Les expériences sensorielles sont essentielles pour aider l'enfant à découvrir les phénomènes naturels et à développer progressivement des concepts. Par exemple, lorsqu'un élève touche des objets de différentes températures ou observe l'eau passer à l'état de vapeur, il expérimente des concepts tels que la chaleur, l'évaporation ou la condensation. Ces expériences concrètes, basées sur des observations directes, servent de fondation à la compréhension ultérieure de théories plus complexes.

Confucius a déjà souligné l'importance de passer à l'action dans le processus d'apprentissage en expliquant que "J'entends et j'oublie, je vois et je me souviens, je fais et je comprends". Dewey (2011) a également mis en avant l'idée du "learning by doing", selon laquelle on apprend en combinant réflexion et expérience. Ainsi, l'expérience, en tant qu'acte actif, ne se réduit pas à une simple exposition sensorielle : elle joue un rôle central dans la compréhension approfondie des concepts.

Au-delà de la relation entre perception sensorielle et raisonnement logique, il est important d'élargir cette réflexion pour inclure la dimension réflexive et introspective de ce vécu. Dans cette optique, la perspective de l'empirisme réflexif (Wittwer, 2025) vient compléter de manière pertinente l'approche empiriste traditionnelle. Plutôt que de se limiter à une pensée purement logique et rationnelle, cette approche invite à intégrer l'intuition, les émotions et les sensations corporelles comme des sources légitimes de connaissance. Elle favorise une forme de cognition élargie où l'on associe le ressenti à la réflexion et vice versa. Cette démarche enrichit la compréhension des phénomènes scientifiques en y intégrant les expériences internes du sujet apprenant, ce qui permet une vision plus globale et concrète de la réalité.

L'expérience sensorielle joue donc un rôle clé dans la concrétisation de concepts scientifiques abstraits. Par exemple, des notions complexes telles que la densité peuvent devenir plus accessibles pour les élèves lorsqu'ils observent un objet flotter ou couler dans un liquide. Ces expériences leur permettent de relier les théories à des phénomènes observables, rendant ainsi l'apprentissage plus intuitif et plus ancré dans la réalité (Bransford et al., 2000).

D'un point de vue philosophique, cette approche trouve son fondement dans l'empirisme, une théorie qui affirme que nos idées, concepts et connaissances sont issus de l'expérience. Selon Barrette (2007), Bouveresse-Quilliot (1996) et Hottois (1998), l'empirisme repose sur le principe selon lequel les connaissances sont issues de l'expérience vécue. Dépelteau (2005) explique que le terme "empirisme" vient du grec *empeirikos*, signifiant "qui se base sur l'expérience". Selon certains empiristes, tels que Hobbes, les connaissances proviennent exclusivement des expériences sensorielles, tandis que Locke distingue l'expérience externe (les sensations) de l'expérience interne (la réflexion) (Hottois, 1998). L'empirisme réflexif (Wittwer, 2025) s'inscrit dans cette dernière tradition en réaffirmant que l'expérience interne est une source légitime de connaissance.

D'un point de vue didactico-pédagogique, cet équilibre entre perception, émotion, intuition et réflexion est crucial. L'élève n'est pas seulement un récepteur passif d'informations sensorielles, mais un participant actif dans son propre processus d'apprentissage, impliqué dans une démarche de questionnement, d'interprétation et de construction de sens. Par exemple, lors d'une activité sur la propagation du son, les élèves peuvent écouter différents sons, observer les vibrations, ressentir les effets physiques de certaines fréquences et émettre des hypothèses. Ce processus mobilise l'ensemble de leur être sensoriel, émotionnel, rationnel tout en les encourageant à comprendre les mécanismes en jeu et à développer un esprit critique.

Selon Dewey (2011), s'impliquer activement dans des tâches sensorielles et réflexives joue un rôle crucial dans la motivation et l'engagement des élèves. En effet, en participant à des expériences concrètes, les apprenants peuvent établir des liens entre leurs expériences passées et leurs nouvelles découvertes, ce qui facilite la construction de leurs connaissances. Un bon exemple de cette dynamique est l'activité consistant à tracer une courbe d'oscillogramme à partir de points représentant un signal électrique. Lorsque l'apprenant dessine cette courbe (voir figure 11), il met en jeu ses capacités sensorielles, motrices et cognitives, ce qui contribue à créer une mémoire durable.

Les expériences laissent une trace durable, comme le note Pastré (2011). Selon la description de la typologie lockéenne (Hottois, 1998), cette trace peut favoriser l'introspection. Ainsi, les expériences du monde réel contribuent à créer des connaissances authentiques, plus significatives qu'une simple collection de faits.

Pour Einstein ¹¹, « la connaissance s'acquiert par l'expérience, tout le reste n'est qu'information ». Cette citation met en évidence la distinction entre une connaissance issue de l'expérience vécue et une simple accumulation de faits. En associant l'expérience sensorielle à la réflexion introspective, à l'intuition et à l'émotion, l'apprentissage devient un processus complet, profond et pérenne. Cette approche, loin d'être accessoire, devient une condition essentielle pour parvenir à une compréhension intégrée et véritable des sciences.

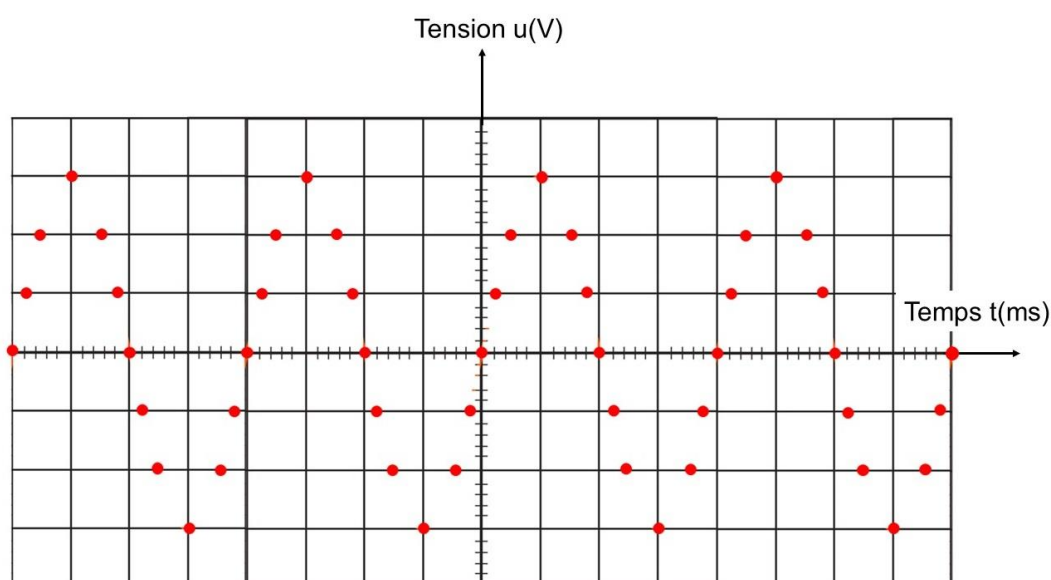


Figure 12 : Courbe du signal électrique à tracer à partir des points (expérience sensorielle)

¹¹ Einstein, A. (citation attribuée, source non vérifiée).

1.5.2. Socioconstructivisme

Quelques concepts fondamentaux du socioconstructivisme tels que la zone proximale de développement, le conflit (socio)cognitif et l'étayage sont très importants dans ce travail pour expliquer les mécanismes cognitifs et la démarche d'apprentissage des apprenants dans le processus d'enseignement/apprentissage.

1.5.2.1. Concept de zone proximale de développement

La zone proximale de développement ou zone prochaine du développement ou zone proche du développement selon la version de la traduction est « cette disparité entre l'âge mental, ou niveau présent de développement, qui est déterminé à l'aide des problèmes résolus de manière autonome, et le niveau qu'atteint l'enfant lorsqu'il résout des problèmes non plus tout seul mais en collaboration » (Vygotski, 1997, p. 351). Elle est une zone qui donne « la possibilité de passer de ce que je sais faire à ce que je ne sais pas faire » (Vygotski, 1997, p. 353). En effet, pour Vygotski (1997), il existe trois cas possibles quand l'élève cherche à apprendre :

- ❑ **1^{er} cas** : L'élève peut faire seul certaines activités (il n'y a pas d'apprentissage) ;
- ❑ **2^e cas** : l'élève ne peut pas faire seul certaines activités (il n'y a pas d'apprentissage) ;
- ❑ **3^e cas** : l'élève peut apprendre « lorsqu'il est accompagné par un pair ou un adulte » (Perraudau, 2006).

C'est à partir de deux premiers cas que Vygotski définit la Zone de Proche Développement (ZPD) : c'est la zone entre ce que l'élève peut faire seul et ce qu'il ne peut pas faire seul. C'est dans cette zone que l'élève peut apprendre « lorsqu'il est accompagné par un pair ou un adulte » (Perraudau, 2006) comme à la figure 13. Dans cette zone de proche développement, l'apprenant « peut être sollicité au-delà de son potentiel cognitif exprimé » (Perraudau, 2006). Pour Vygotski, « le concept de *zone de proche développement* renvoie à l'idée que L'appropriation d'une connaissance et, conséquemment, le développement du sujet, s'opère en deux temps : d'abord une construction avec autrui, ensuite une reconstruction, seul » (Perraudau, 2006).

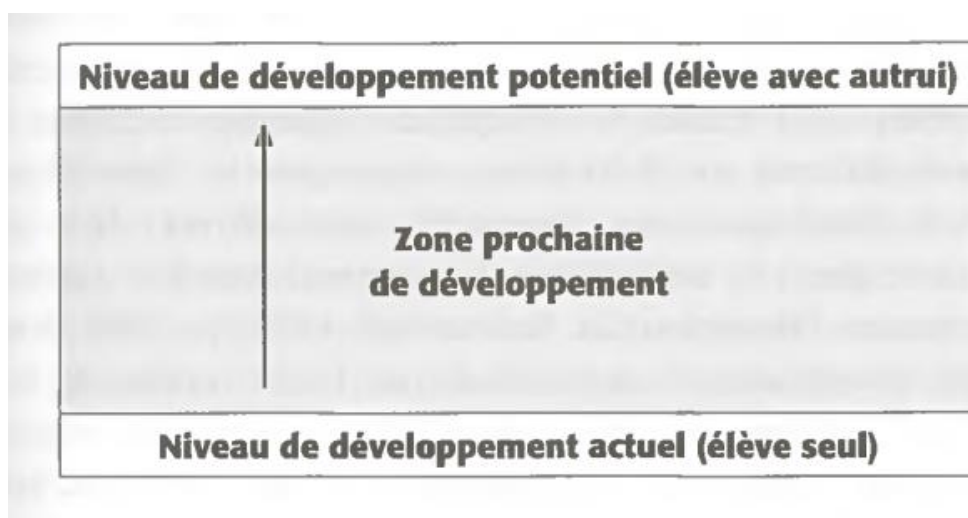


Figure 13 : Illustration de la zone proximale de développement (adapté de Vygotski, 1934/1997)

Source : (Raby & Viola, 2016, p. 119)

Pour Bruner (1983, p. 283), si Vygotski a développé le concept de zone proximale de développement, c'est pour optimiser les activités d'enseignement/apprentissage des enseignants en adaptant les leçons au niveau des élèves. Parmi ces efforts d'adaptation du cours au niveau des élèves, on peut citer le niveau de formulation par exemple. Astolfi (2020) est de cet avis lorsqu'il affirme que

la force du travail en commun des élèves sur les propositions des uns et des autres, c'est qu'elles sont plus proches entre elles qu'elles ne le sont de la solution du maître. Celle-ci est finalement « trop belle » – c'est-à-dire trop distante de leurs possibilités présentes – pour qu'ils soient en mesure de se l'approprier (p. 84).

Donc malgré l'effort de l'enseignant pour ramener l'enseignement au niveau des élèves mais ce niveau n'est pas toujours accessible pour beaucoup d'apprenants car le niveau de sophistication de l'enseignant ne lui permet pas toujours de se débarrasser complètement des termes experts. La communication en groupes entre les élèves est donc plus accessible et s'inscrit dans cette zone proximale de développement développée par Vygotski (1997).

1.5.2.2. Rôle de l'étayage dans l'apprentissage

L'étayage, un concept développé par Jérôme Bruner, est « inspiré du concept vygotkien de zone proximale de développement, pour définir ce guidage apporté à l'enfant lorsqu'il est placé en situation d'apprentissage » (Raby & Viola, 2016). Il s'agit d'un processus progressif où l'enseignant fournit des structures et des aides pour aider les élèves à progresser dans leur apprentissage (Bruner, 2011, p. 263). Ce concept vise à créer un environnement d'apprentissage

favorable où les élèves peuvent apprendre à leur propre rythme et atteindre leur plein potentiel. Le concept de Bruner offre un cadre précieux pour soutenir l'apprentissage et favoriser le développement des compétences des élèves. En fournissant un soutien adapté et en réduisant progressivement l'aide, les enseignants peuvent permettre aux apprenants de développer leur autonomie et de réussir leur apprentissage.

1.5.2.3. Conflit (socio)cognitif : moteur de la conceptualisation

Jean William Fritz Piaget (1896-1980), botaniste, psychologue et épistémologue suisse, a élaboré en plus de 60 ans de vie scientifique des travaux scientifiques considérables (Bronckart, 2019, p. 37). Plusieurs travaux de Piaget « portent sur le développement de l'intelligence chez l'enfant. La conception piagétienne veut que l'enfant construise ses connaissances grâce à l'interaction qu'il a avec son environnement » (Raby & Viola, 2016, p. 113). Il définit le conflit cognitif comme un « déséquilibre qui survient lorsqu'un nouveau schème s'oppose à un schème mentalement constitué (une structure cognitive déjà en place) ou lorsqu'une nouvelle situation fait appel à des schèmes qui ne sont pas encore construits chez l'enfant » (Raby & Viola, 2016, p. 116). Pour Piaget, les conflits cognitifs sont nécessaires pour l'apprentissage de l'enfant. En effet ; le passage par les processus d'assimilation et d'accommodation, qui eux, une fois équilibrés, lui permettent de passer au stade suivant (Raby & Viola, 2016, p. 116).

D'autres auteurs tels que Anne-Nelly Perret-Clermont, Wilhem Doise et Gabriel Mugny ont continué les travaux de Piaget selon une autre perspective tout en s'inscrivant dans le cadre théorique développé par Piaget (Astolfi, 2020). Ces continuateurs ont émis « l'idée selon laquelle l'intervention des variables sociales est nécessaire au développement cognitif individuel » (Pourtois & Desmet, 2014). Ils ont introduit le concept de conflit sociocognitif « renvoyant à une confrontation entre pairs qui amène à des restructurations mentales » (Pourtois & Desmet, 2014). Ils ont réussi à montrer que les « conflits sociocognitifs [...] permettent des progrès intellectuels par le jeu des interactions entre élèves, sans qu'il soit nécessaire que l'un d'eux soit plus avancé » (Astolfi, 2020). Dans cette mouvance de la théorie psychosociale, Michel Gilly a « élargi l'étude des interactions dans les apprentissages et montré que toutes les formes d'interaction entre apprenants, et toutes les occasions de collaboration entre eux, favorisent à des degrés divers l'avancée cognitive (non seulement les conflits sociocognitifs, mais aussi les constructions communes[...]) » (Astolfi, 2020). En plus des conflits sociocognitifs qui sont très déterminants dans les apprentissages, Michel Gilly a décrit

quatre grands types de co-élaboration entre apprenants avec une participation active de ceux-ci. Il a notamment fait allusion à :

- la « collaboration acquiesçante, où les interventions de l'un ont valeur de contrôle et de renforcement de l'activité de l'autre, dont il reconnaît le bien-fondé » (Astolfi et al., 2008, p. 45);
- la « co-construction, avec succession alternée des interventions dans l'élaboration d'une solution commune, sans manifestation observable de désaccords ou contradictions » (Astolfi et al., 2008, p. 45);
- des « confrontations avec désaccords non argumentés » (Astolfi et al., 2008, p. 45);
- des « confrontations contradictoires avec désaccords argumentés, suivis d'une tentative observable de recherche de dépassement des oppositions » (Astolfi et al., 2008, p. 45).

Pour Lev Semionovitch Vygotski (1896-1934), psychologue russe, le conflit cognitif et le conflit sociocognitif sont intimement liés (Minder, 2007, p. 174). Si pour Jonnaert (1988)¹² repris par Minder (2007) « le premier savoir auquel l'enfant est confronté dans la relation didactique, c'est d'abord et avant tout le sien » (174), pour Vygotski, c'est la prise de conscience par l'enfant d'une réponse qui est différente de la sienne qui va déclencher le conflit sociocognitif qui est interpsychique. À son tour, ce conflit sociocognitif va déclencher à l'intérieur de l'apprenant un conflit cognitif qui est intrapsychique (Vygotski, 1997). Par ailleurs, « La mutualisation et les échanges via le langage permettent le passage du processus interpsychique au processus intrapsychique » (Nassima, 2021). En effet, Vygotski estime que le langage, notamment des graphiques, des cartes et des schémas par exemple « ne sont accessibles à l'enfant “que dans le cadre de la communication avec l'adulte et la collaboration avec les camarades” » (Fournier, 2016, p. 134). Ainsi, beaucoup d'auteurs sont d'accord sur le fait que le langage est un élément fondamental de la pensée humaine :

des psychologues comme Lev S. Vygotski, Henri Wallon ou aujourd'hui Jérôme Bruner estiment que la pensée humaine ne peut se comprendre sans l'usage d'outils sémiotiques et, plus particulièrement, du langage. Pour penser, l'individu a besoin d'un système de signes lui permettant de traiter les significations. Il le trouve dans la culture qui lui offre le langage, mais aussi toute une série d'outils sémiotiques (le dessin, l'écriture, les symboles et signes divers). Postulant une nature sociale permettant à l'enfant de s'approprier la vie intellectuelle de ceux qui l'entourent, Vygotski soutient par exemple que l'enfant devient homme par son insertion dans

¹² Jonnaert, P. (1988). *Conflits de savoirs et didactique*. De Boeck Université.

un environnement social qui véhicule les traces culturelles des conquêtes intellectuelles et technologiques réalisées par les hommes au cours de leur histoire. L'apprentissage est avant tout une appropriation des outils matériels (marteau, crayon, télévision, ordinateur...) et sémiotiques dont la civilisation s'est dotée au fur et à mesure de son évolution (Fournier, 2016, p. 127).

Par ailleurs, Astolfi et al. (2008) ont indiqué que tous les conflits (socio)cognitifs ne conduisent pas à un progrès intellectuel. Ils ont précisé les conditions d'efficacité des conflits (socio)cognitifs :

- « l'effet de zone proximale » : le conflit, pour être producteur de progrès intellectuel doit concerner une connaissance ou une structure qui est « prête » à être modifiée (Astolfi et al., 2008, p. 42) ;
- « l'effet de l'intensité du conflit : l'intensité du conflit créé joue un rôle dans son efficacité » (Astolfi et al., 2008, p. 43). Pour que l'intensité du conflit soit grande, il faut que chaque membre du groupe puisse effectivement donner son avis et le défendre ;
- « le “marquage social” : si l'opération cognitive sollicitée présente une homologie avec une relation sociale familière à l'enfant, l'effet de l'interaction est plus important » (Astolfi et al., 2008, p. 43) ;
- « la coordination des actions : le conflit sociocognitif a souvent été étudié dans des tâches qui impliquent une coopération et une coordination des actions (par exemple, on propose aux enfants de tracer, avec des crayons reliés par une ficelle, non pas chacun un dessin individuel comme le faisait Piaget, mais un dessin collectif ; ou bien des tâches qui impliquent un partage devant être reconnu comme juste par les différents partenaires » (Astolfi et al., 2008, p. 43).

1.5.3. Théorie peircienne

Un **oscillogramme** est un enregistrement graphique d'un signal électrique (généralement de tension ou de courant) en fonction du temps, obtenu à l'aide d'un oscilloscope. Il représente l'évolution d'un signal sous forme de courbe, ce qui en fait un diagramme spécifique utilisé en physique. C'est donc un diagramme puisqu'il exprime « un parcours dynamique, une évolution, une suite des variations » (Batt, 2004) de la tension ou de l'intensité du courant. Selon Peirce cité par Batt (2004), un diagramme est un « representamen qui est, de manière prédominante, une icône de relation et que des conventions aident à jouer ce rôle ». Ce grand logicien

américain a beaucoup écrit sur le diagramme. Il a classifié le diagramme dans la catégorie des icônes. En effet,

L'icône n'a pas de lien dynamique avec l'objet qu'elle représente ; il se trouve simplement que ses qualités ressemblent à celles de cet objet, et provoquent des sensations analogues dans l'esprit pour lequel elle est une ressemblance. Mais elle n'a réellement aucun lien avec elles. (Deeley, 1994 ; Marty, 1990).

Selon Charles Sanders Peirce, un **diagramme** est un type de signe iconique, mais tous les diagrammes ne sont pas nécessairement des icônes au sens strict.

Peirce (1994) distingue trois types d'**icônes** :

- **Images** : ressemblent directement à leur objet (ex. un portrait).
- **Diagrammes** : représentent des relations structurelles entre éléments (ex. une carte, un graphique).
- **Métaphores** : suggèrent une relation analogique (ex. une allégorie visuelle).

Un diagramme est donc une icône au sens où il **reproduit les relations structurelles** entre les éléments qu'il représente. Il ne ressemble pas nécessairement à son objet (comme une image), mais il en partage la logique interne. Peirce définit un diagramme comme « une représentation iconique dans laquelle les relations internes entre les parties correspondent aux relations entre les objets qu'il représente » (Peirce, 1931-1958, CP 2.277). Il ajoute également qu'un diagramme « est une icône dont la structure interne est analogue à celle de l'objet représenté, et qui peut être manipulé pour découvrir de nouvelles vérités sur cet objet » (Peirce, 1931-1958, CP 3.363). Cette ressemblance est facilitée par l'existence des conventions de la construction de l'oscillogramme. Ces conventions permettent d'assurer les différentes relations entre les variables de l'oscillogramme. D'ailleurs, Peirce a classifié un diagramme dans la sous-catégorie d'« icône relationnelle » (Batt, 2004). Comprendre et interpréter un oscillogramme revient donc à connaître ces conventions qui assurent l'architecture organisationnelle de l'oscillogramme. Si un apprenant ne connaît pas le système de langage qui a permis la construction de l'oscillogramme, il ne peut donc pas donner une signification valable et complète d'un oscillogramme. En des termes plus clairs, Cassirer cité par Benoist (1989) déclare que « nous ne pouvons admettre l'existence d'une chose si nous ne pouvons lui donner une signification » (p.11). Ainsi, pour que l'apprenant puisse analyser et interpréter un oscillogramme, il doit préalablement connaître les conventions de la construction de celui-ci. Selon Galpérine et

Talyzna cités par Johsua & Dupin (1999), la connaissance du langage est un passage obligé qui doit nécessairement précéder la phase de la construction d'un concept.

Conclusion du chapitre

Ce chapitre a posé les fondements conceptuels, épistémologiques et didactiques nécessaires à l'analyse du concept de période dans le contexte particulier de l'enseignement du courant alternatif à partir d'un oscillogramme. L'examen des notions clés telles que la période, le temps, l'oscillogramme ou encore la transposition didactique, etc. a permis de mettre en évidence la complexité intrinsèque de ces objets de savoir et les difficultés qu'ils suscitent chez les apprenants, tant au niveau secondaire qu'universitaire.

Les travaux de recherche récents ont montré que ces difficultés ne se réduisent pas à des problèmes terminologiques ou de représentation, mais renvoient à des obstacles plus profonds d'ordre conceptuel, épistémologique et contextuel. L'analyse historique et épistémologique des concepts de temps et de période a mis en lumière la diversité des usages et des significations associés à ces notions dans l'histoire des sciences, soulignant ainsi l'importance d'un enseignement contextualisé et fondé sur une compréhension évolutive des savoirs scientifiques.

L'ancrage théorique de ce travail s'appuie également sur des cadres explicatifs robustes tels que la Nature of Science (NOS), le socioconstructivisme et la sémiotique peircienne, permettant de penser l'enseignement de la période comme un processus de construction active du sens, à partir d'interactions, de conflits (socio)cognitifs et de médiations sémiotiques. Ces apports convergent vers la nécessité de concevoir une séquence d'apprentissage rigoureuse, articulée aux besoins des apprenants, aux enjeux de la discipline et aux principes fondamentaux de la didactique des sciences. Ce socle théorique éclaire les choix méthodologiques et didactiques qui structureront les étapes suivantes de la recherche.

Chapitre 2 : Problématique de recherche

Introduction du chapitre

Ce deuxième chapitre constitue le cœur de l'analyse problématique qui fonde et oriente la démarche de recherche. Après avoir situé les concepts fondamentaux et les principaux repères théoriques (chapitres 1), il s'attache à cerner de manière précise les enjeux spécifiques de l'étude, en les reliant au contexte institutionnel et scientifique dans lequel elle s'inscrit.

La première partie du chapitre propose un éclairage sur le contexte et les justifications de l'étude, en soulignant notamment la place de la période dans les programmes d'enseignement et les recommandations officielles en matière de didactique des sciences physiques. Elle met également en lumière les principales difficultés rencontrées par les apprenants dans l'interprétation des oscillogrammes et dans la construction du concept de période, ainsi que l'importance des outils graphiques pour l'apprentissage des sciences physiques.

La seconde partie clarifie les motivations à l'origine de la recherche, avant de présenter les constats tirés de l'expérience de terrain et des études existantes. Ces constats servent de base à la formulation du problème et des questions de recherche, qui structurent ensuite la formulation des hypothèses, des objectifs et des intérêts de l'étude. Enfin, la délimitation précise de la recherche permet d'en cadrer la portée et de mieux en cerner les apports potentiels pour la didactique des sciences physiques.

2.1. Contexte et justification de l'étude

Le Cameroun est un pays d'Afrique centrale avec une population qui « augmente progressivement avec le temps » (Institut National de la Statistique du Cameroun[INS], 2019, p. 28). L'accès à l'énergie est crucial pour le développement du pays. Le pays fait face à plusieurs défis en matière d'énergie, tels que la dépendance aux combustibles fossiles, une faible capacité de production et un manque d'accès pour certaines localités de la population. Cependant, le Cameroun a fait des progrès importants dans le domaine de l'énergie ces dernières années.

Le Cameroun est confronté à un déficit énergétique croissant qui entrave son développement socio-économique. Selon le Plan Directeur de l'Électrification Rurale du Cameroun (PDER) (Ministère de l'Eau et de l'Énergie[MINEE], 2016), sur 14 207 localités répertoriées au Cameroun, 9 807 localités soient 69% du Cameroun ne sont pas du tout électrifiées (voir figure 14). Si ce rapport a voulu minimiser la situation de la faible

électrification du Cameroun en indiquant que le poids démographique de ces localités non électrifiées est seulement de 26,5% de la population camerounaise, il faut dire que le dépeuplement de ces localités est une conséquence de la non électrification de ces localités qui a une incidence sur le développement socio-économique. En effet, vu le niveau très faible en matière du développement socio-économique de ces localités qui n'ont ni des infrastructures de base pour le développement, ni l'électrification, les habitants de ces localités ont abandonné malgré eux leurs localités pour aller s'installer dans les zones urbaines qui bénéficient d'une alimentation plus régulière en électricité avec une fréquence de 50 Hz, d'une tension 220/380 dans les ménages et les entreprises et présentent plusieurs opportunités d'emploi contrairement à leur localité.

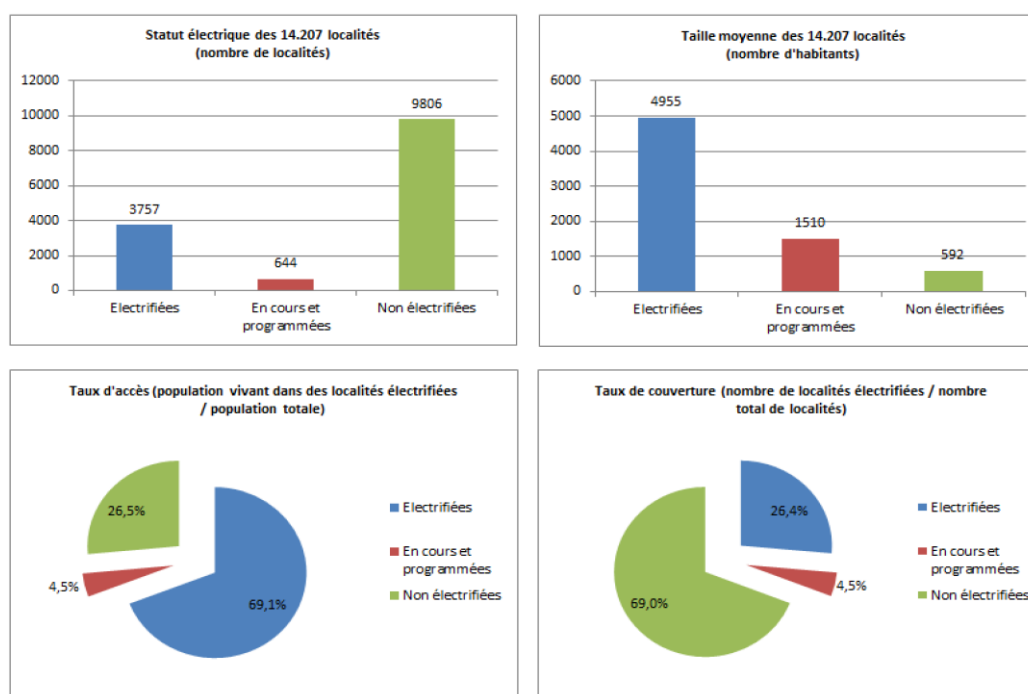


Figure 14 : Caractéristique de l'état de l'électrification au Cameroun en 2015

Source : (Ministère de l'Eau et de l'Énergie(MINEE), 2016)

Le paysage énergétique du Cameroun est un mélange de sources conventionnelles et renouvelables, avec une prédominance de l'hydroélectricité. Le gouvernement encourage activement le développement des énergies renouvelables, notamment l'énergie solaire, l'énergie éolienne et la biomasse, afin de diversifier le bouquet énergétique et élargir l'accès. L'accès à l'électricité n'est pas universel et les zones rurales sont confrontées à des défis importants. Le réseau national est principalement axé sur les centres urbains. Il reste des défis majeurs à relever en termes de développement des infrastructures, de financement et de cadres réguliers pour une transition plus harmonieuse vers un avenir énergétique plus durable.

Au Cameroun, la principale source d'énergie électrique est le courant alternatif produit par les barrages hydroélectriques (Benoué, Lom pangar, Nachtigal, Mvelé, etc.). L'élève est donc amené dans les programmes des lycées et collèges à comprendre le principe de production du courant alternatif, les mécanismes de transformation de ce courant alternatif mais aussi et surtout d'être capable d'interpréter le signal de ce courant à partir de l'oscillogramme. Il est donc demandé à l'élève d'interpréter le signal (intensité du courant et/ou la tension) de ce courant alternatif. L'une des caractéristiques essentielles est la période du courant alternatif. Ce paramètre physique permet de déterminer la fréquence du signal, la pulsation angulaire et de retrouver la fonction sinusoïdale dudit signal à partir des conditions initiales. C'est un paramètre important dans l'interprétation d'un signal du courant alternatif.

Le courant alternatif dans le monde aujourd'hui est central, important à tout ce qui concerne l'électricité. Il est question que l'élève puisse acquérir des savoirs sur le courant alternatif. Mais le problème est que beaucoup des apprenants ont des difficultés à lire un oscillogramme. Quand même certains arrivent à déterminer la période du courant alternatif, ils n'ont pas une conception pertinente du concept de période.

En un mot comme en mille, l'accès à l'énergie au Cameroun est un défi important mais aussi une opportunité pour le développement économique et social. Le pays doit continuer à investir dans la production d'énergie et améliorer l'accès pour tous ses citoyens, en se concentrant sur les énergies renouvelables et les solutions durables. Pour ce faire, il est impératif que les élèves puissent avoir une bonne assise sur les concepts fondamentaux de l'électricité tel que la période du courant alternatif.

2.1.1. Contexte institutionnel

La présente partie vise à situer la recherche dans ses différents contextes d'ancrage. Elle s'ouvre d'abord sur le cadre institutionnel, en mettant en lumière la place du concept de période dans les programmes scolaires et les recommandations officielles relatives à son enseignement. Elle se poursuit par un éclairage scientifique sur l'importance des graphiques en sciences, les compétences nécessaires à leur usage, ainsi que les difficultés bien documentées des élèves à les interpréter, notamment dans le cas des oscillogrammes. Enfin, sont exposées les motivations qui ont guidé cette étude, à la croisée d'enjeux éducatifs, didactiques et professionnels.

2.1.1.1. Place du concept de période dans les programmes des lycées et collèges

Le concept de période est fondamental pour la compréhension des phénomènes physiques dans plusieurs domaines des sciences physiques, notamment l'électricité, l'optique et la mécanique. Dans les programmes des lycées et collèges, ce concept occupe une place cruciale dans l'apprentissage des élèves, car le concept de période est présent dans le programme de physique des classes de troisième ainsi que dans les programmes de physique du second cycle de l'Enseignement Secondaire Général. Il en est de même pour l'Enseignement Secondaire Technique et Professionnel. Cette section met en évidence l'importance du concept de période en électricité, optique, mécanique, ainsi que dans les parties correspondantes des programmes de physique.

2.1.1.1.1. La période en électricité : des oscillations aux circuits électriques

En électricité, le concept de période est particulièrement important dans l'étude des oscillations. La période (notée T) est définie comme le temps nécessaire pour qu'un signal périodique, comme un courant alternatif, effectue un cycle complet. Dans le programme de physique des lycées, la période est abordée dans les chapitres des courants alternatifs et des oscillateurs électriques.

Les circuits électriques soumis à un courant alternatif (AC) oscillent régulièrement entre des valeurs positives et négatives (voir figure 15).

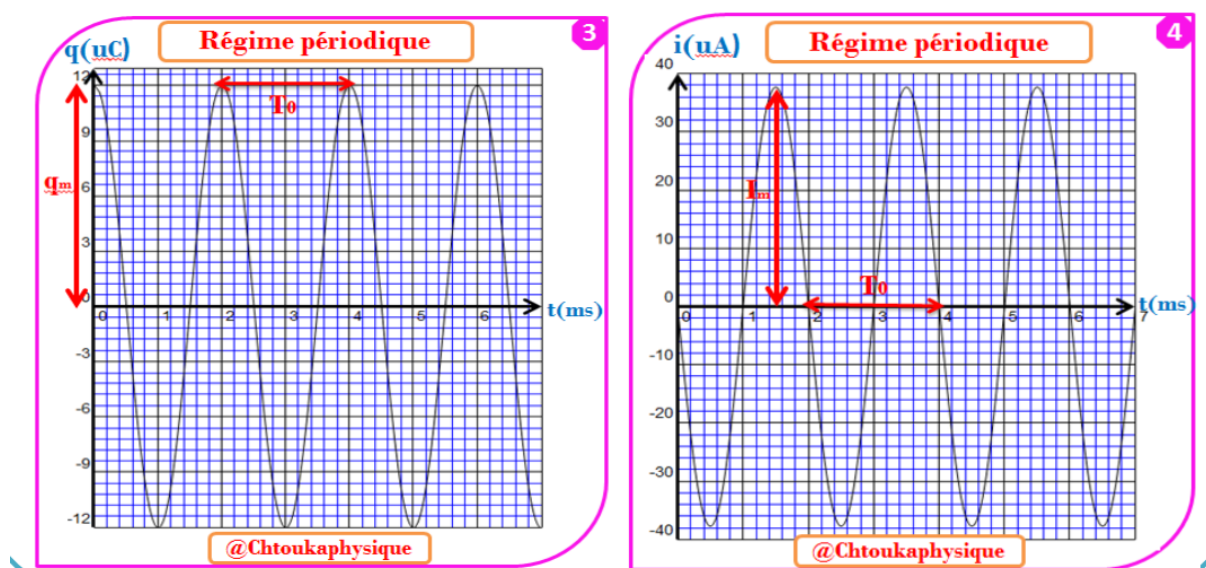


Figure 15 : Oscillations électriques

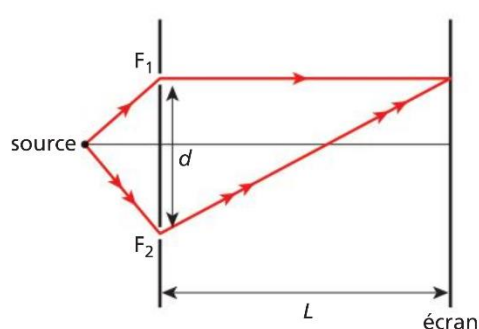
Cela permet aux élèves de comprendre des phénomènes comme l'alternance de la tension dans un circuit ou le passage du courant dans un conducteur, un concept essentiel dans la compréhension des réseaux électriques. La relation entre la période (T) et la fréquence (f) d'un courant alternatif, exprimée par la formule ($f = \frac{1}{T}$), est essentielle pour analyser et comprendre les comportements de l'électromagnétisme dans les circuits oscillants.

Par exemple, dans les chapitres sur les oscillateurs et les résonances en physique de lycées, la période d'un signal est utilisée pour comprendre comment un système réagit à une excitation périodique. En apprenant ce concept, les élèves comprennent mieux des dispositifs comme les résonateurs, les antennes ou les filtres électriques. Cela est d'autant plus pertinent avec l'usage des ondes dans la transmission d'informations, comme les ondes radio, qui dépendent directement de la fréquence et de la période de l'oscillation.

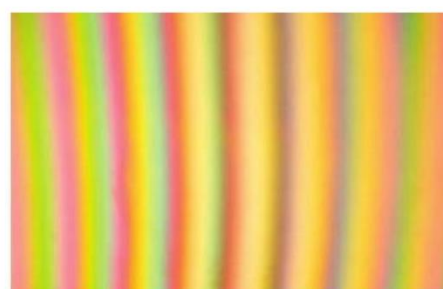
2.1.1.1.2. La période en optique : les phénomènes ondulatoires

En optique, la période joue un rôle clé dans l'étude des ondes lumineuses, notamment dans les phénomènes de diffraction et d'interférences. Les ondes lumineuses, qu'elles soient représentées par des ondes électromagnétiques, sont périodiques par nature. La période est ici liée à la fréquence de l'onde lumineuse et détermine sa couleur.

Dans le programme d'optique des lycées, ce concept est introduit dans les chapitres relatifs à la nature ondulatoire de la lumière, notamment dans l'étude des phénomènes de diffraction et d'interférences (voir figure 16).



■ Schéma de l'expérience permettant d'obtenir des interférences d'ondes lumineuses.



■ Interférences lumineuses en lumière blanche.

Figure 16 : Interférence d'ondes lumineuses par le dispositif d'Young

Les expériences d'interférences, où deux ondes lumineuses se superposent et interagissent entre elles, sont également une occasion d'illustrer la période et son rôle dans la

création de franges lumineuses. Par cette étude, les élèves saisissent mieux comment des ondes lumineuses de même fréquence (ou période) peuvent interférer de manière constructive ou destructive, créant ainsi des motifs réguliers et prévisibles.

Dans une expérience de **stroboscopie**, un objet en mouvement rapide est éclairé par des éclairs lumineux successifs, appelés flashes, émis à intervalles de temps réguliers. Cet intervalle de temps entre deux flashes successifs est appelé **la période du stroboscope** (voir figure 17).

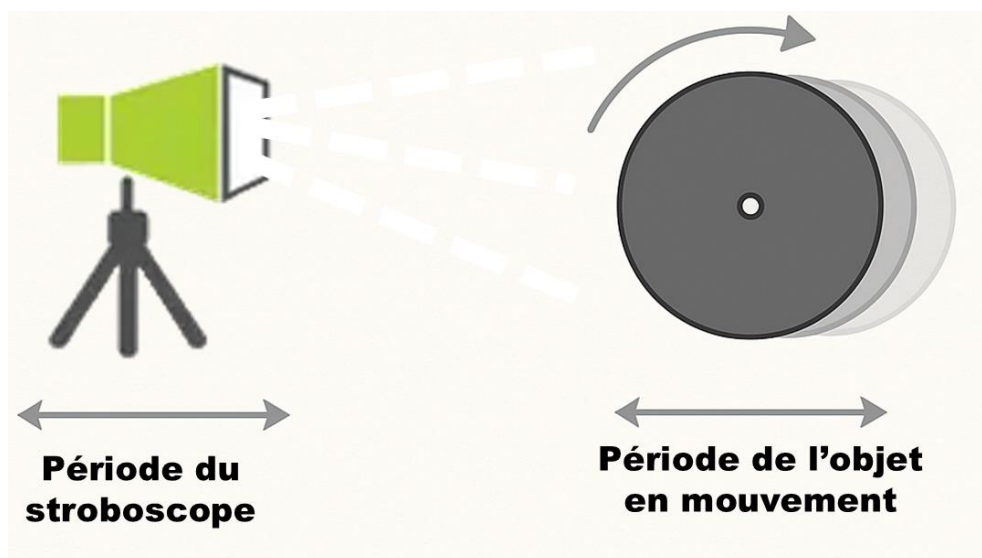


Figure 17 : Principe de fonctionnement de la stroboscopie

Le **concept de période** apparaît aussi dans le mouvement de l'objet : s'il s'agit d'un mouvement **périodique**, comme une rotation ou une vibration, l'objet revient à une position identique à intervalles réguliers : c'est sa propre **période**. Lorsque la **période du stroboscope** est **égale** à la **période du mouvement**, l'objet semble **immobile**, car chaque flash l'éclaire au même moment de son cycle. Cette illusion visuelle est un excellent exemple de l'interaction entre deux phénomènes périodiques. Ainsi, la stroboscopie met en évidence que la **notion de période** n'est pas seulement une donnée théorique : elle joue un rôle fondamental dans l'observation et l'analyse de mouvements répétitifs.

2.1.1.1.3. La période en mécanique : les oscillations et les mouvements périodiques

En mécanique, la période est également un concept essentiel dans l'étude des mouvements périodiques, notamment les oscillations simples, comme celles d'un pendule ou d'un ressort. La période dans ce cas se réfère au temps nécessaire pour qu'un objet effectue un

mouvement de va-et-vient complet. Ce phénomène est exploré dans plusieurs chapitres des programmes de physique des collèges et lycées.

Le mouvement oscillatoire est un sujet clé en mécanique. Par exemple, dans le cas d'un pendule simple, la période dépend de la longueur du fil et de l'accélération due à la gravité (voir figure 17). La relation est exprimée par la formule ($T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$), où T est la période, L est la longueur du pendule et g est l'accélération gravitationnelle.

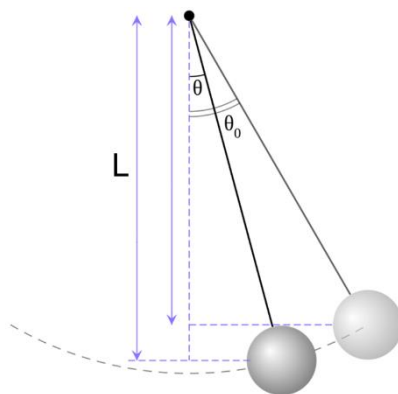


Figure 18 : Pendule simple

Source : Modifié et adapté de png free¹³

Les élèves apprennent ainsi à modéliser des systèmes physiques simples et à en déduire des lois qui gouvernent leur mouvement.

Le concept de période est également utilisé pour analyser d'autres systèmes mécaniques comme les ressorts (oscillation harmonique) et les vibrations des systèmes complexes (voir figure 18).

¹³ [Pendule PNG - Pendule Balançoire Mouvement illustration transparente](#)

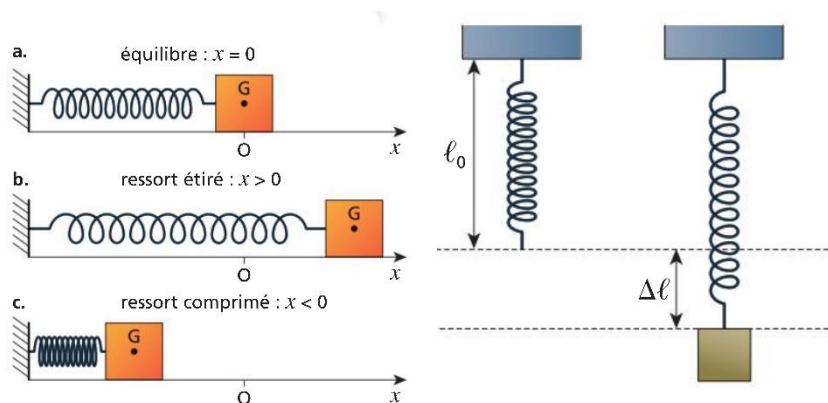


Figure 19 : Oscillations d'un ressort

Source : (Antczak et al., 2012)

Par exemple, dans l'étude de la mécanique des fluides ou des oscillations de systèmes plus complexes, la période permet de déterminer les fréquences de résonance, des concepts qui ont des applications pratiques dans les instruments de musique, l'ingénierie et les technologies de vibrations.

Le concept de **période** est fondamental pour décrire la régularité des phénomènes ondulatoires, qu'il s'agisse de vagues à la surface de l'eau (voir figure 19), d'ultrasons dans l'air ou d'ondes dans une corde, ondes dans les ressorts (voir figure 20). Dans chacun de ces cas, un point du milieu (eau, air ou corde) **oscille autour d'une position d'équilibre sans se déplacer horizontalement**(Antczak et al., 2012).



Figure 20 : Onde se propageant à la surface de la mer

Source : (Antczak et al., 2012)

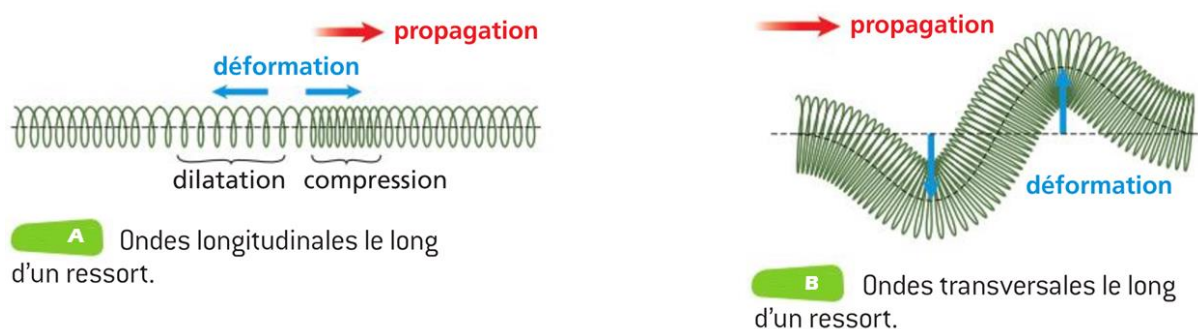


Figure 21 : propagation d'une onde le long d'un ressort

Source : (Antczak et al., 2012)

2.1.1.2. Recommandations institutionnelles pour l'enseignement/apprentissage du concept de période

La lecture et l'interprétation des oscillogrammes constituent une compétence essentielle dans la compréhension des phénomènes périodiques en physique. Le programme des collèges et lycées, en particulier dans le cadre des enseignements scientifiques et technologiques, souligne l'importance de maîtriser les notions de période et de fréquence à partir de l'analyse graphique d'un signal observé sur un oscilloscope.

L'objectif principal est de permettre aux élèves de **déterminer expérimentalement la période d'un signal périodique** (généralement sinusoïdal) à partir de sa représentation sur un oscillogramme.

Dans l'Enseignement Secondaire Technique et professionnel (ESTP), le programme recommande explicitement l'**utilisation d'un oscilloscope réel** en tant qu'instrument de mesure. L'élève doit être capable de :

- Régler l'oscilloscope (balayage temporel b ou sensibilité horizontale S_h ou n , sensibilité verticale S_v),
- Lire la durée d'un motif répétitif élémentaire sur l'axe horizontal (temps),
- En déduire la **période T** du signal à l'aide de la formule :

$$T = \text{nombre des divisions} \times \text{balayage temporel} = n \times b$$

Lorsque l'utilisation d'un oscilloscope réel n'est pas possible en classe à cause des contraintes structurelles, le programme autorise le recours à des **simulations numériques interactives** pour permettre une expérimentation virtuelle équivalente, garantissant une mise en pratique des savoirs. Sur le terrain, puisque les enseignants ne sont en mesure ni d'avoir à manipuler un oscilloscope encore moins de faire des simulations numériques interactives, seule l'approche documentaire reste plus accessible.

Dans l'Enseignement Secondaire Générale (ESG), notamment en **physique-chimie-technologie au lycée**, l'approche est plus théorique et documentaire. Le programme recommande d'utiliser des **documents issus de diverses sources** (captures d'écrans d'oscillogrammes, extraits de manuels, ressources numériques, etc.) pour travailler sur la lecture graphique de signaux.

L'élève doit apprendre à :

- Identifier un motif périodique sur un graphique temporel,
- Mesurer la durée d'un motif à l'aide d'une échelle donnée (souvent exprimée en ms/div),
- Calculer la période et, par extension, la fréquence du signal.

Cette approche met l'accent sur la **lecture interprétative de documents scientifiques** plutôt que sur l'expérimentation directe.

Ainsi, la lecture de l'oscillogramme et la détermination de la période sont des compétences transversales intégrées dans les programmes d'enseignement scientifique. L'approche varie selon le contexte d'enseignement-apprentissage : **manipulation instrumentale et simulation dans l'ESTP**, contre **exploitation de documents et interprétation graphique dans l'ESG**. Cette diversité d'approches permet d'adapter l'enseignement aux objectifs spécifiques de chaque domaine d'enseignement (ESG ou ESTP) tout en assurant une compréhension rigoureuse des phénomènes périodiques.

2.1.2. Contexte scientifique

La didactique de la physique, en tant que domaine de recherche, s'intéresse à la manière dont les concepts scientifiques sont enseignés, compris et assimilés par les élèves. Parmi les nombreux concepts étudiés en physique, celui de la période du courant alternatif revêt une importance particulière, car il constitue un élément clé pour la compréhension des phénomènes

oscillants en électricité. La période, en tant que durée nécessaire pour qu'un signal alternatif effectue un cycle complet, est liée à d'autres concepts fondamentaux, tels que la fréquence, la pulsation angulaire et les propriétés des circuits à courant alternatif (Young & Heckler, 2018).

Que ce soit dans les infrastructures de production et de distribution d'énergie ou dans le fonctionnement de nombreux appareils électroniques, le courant alternatif (CA) est essentiel à la vie quotidienne (Lecourt, 2006). Pourtant, sa compréhension, notamment du point de vue de la période, présente des défis considérables pour les apprenants, en particulier au niveau secondaire, où les élèves rencontrent souvent des difficultés à conceptualiser ce phénomène oscillatoire. Cette difficulté est renforcée par le fait que la période, bien qu'elle soit une notion relativement simple en apparence, est en réalité intimement liée à des concepts mathématiques et physiques plus complexes, tels que les fonctions trigonométriques et les équations différentielles qui décrivent les circuits électriques.

En didactique de la physique, une attention particulière est accordée à la manière dont ces concepts abstraits sont introduits et développés dans l'enseignement. La construction du concept de la période du courant alternatif est un exemple de ce processus d'apprentissage qui nécessite non seulement la maîtrise de notions théoriques mais aussi l'utilisation de représentations graphiques, telles que l'oscillogramme, pour permettre aux élèves de visualiser les variations temporelles d'un signal. Cependant, quelques études ont révélé que les élèves éprouvent de grandes difficultés à interpréter ces graphiques et à extraire correctement la période du signal (Wan et al., 2016; Young & Heckler, 2018).

Ainsi, cette recherche s'inscrit dans un cadre scientifique visant à mieux comprendre la manière dont les élèves construisent des concepts complexes en physique, et à apporter des éclairages sur une proposition d'approche qui pourrait favoriser une meilleure assimilation de la notion de période du courant alternatif. L'exploration des processus cognitifs et didactiques impliqués dans cette construction conceptuelle vise à contribuer à l'amélioration de la formation des élèves ainsi qu'à l'évolution des pratiques d'enseignement en physique.

2.1.2.1. Importance des graphiques en sciences et en physique

D'une manière générale, toute pensée s'exprime toujours sous forme codée. Bertin (1967) l'a exprimé d'une manière intelligible :

Toute pensée ne s'exprime jamais que sous forme codée, c'est-à-dire dans un système de signes. La mimique est une codification naturelle, le langage

verbal est un code de signes sonores, et il faut l'apprendre pour communiquer avec autrui, l'écriture d'un langage est un autre code, la représentation graphique un autre encore (p.8).

Ainsi, le langage scientifique a son système de signes pour communiquer. La pensée et la production scientifiques utilisent plusieurs signes tels que les mots, les équations, les tableaux, les images, les graphiques, etc. pour traduire (Frutiger, 2004; Giot & Quittre, 2008; Ivanjek et al., 2016; Lowe, 1996; Paquette, 2002; Pérez-Echeverría et al., 2018; Stefanel, 2019; Viennot, 2011) d'une manière synthétique et visuelle les informations et les concepts scientifiques (Aïvanhov, 2012; Andry, 2021; Andry et al., 2022). Il en est de même pour l'enseignement des sciences en générale et de la physique en particulier (Stefanel, 2019). Les graphiques par exemples permettent de rendre les informations et les concepts complexes plus accessibles et compréhensibles (Beichner, 1994). C'est pour cette raison qu'Andry et al. (2022) soutiennent que mettre une information sous forme visuelle améliore la réflexion de l'Homme. La présentation des données scientifiques sous forme graphique par exemple permet à l'utilisateur expérimenté d'avoir une vue synoptique sur la situation ainsi que de reconnaître et d'extraire rapidement les caractéristiques de l'ensemble des données analysées (Beichner, 1994; Planinic et al., 2013). Pour Stefanel (2019), le fait que le langage scientifique utilise plusieurs formes de représentation, en plus d'être de puissants outils de communication, ces outils jouent un rôle important dans le développement épistémique de la science en général et de la physique en particulier. Il résume la situation en ces termes :

La multi-représentation joue en fait un rôle épistémique important dans le développement de la science [25¹⁴, 30¹⁵, 96¹⁶] et de la physique [33]¹⁷. La représentation graphique est un outil puissant et efficace pour le rendu de données synthétiques et la représentation des relations entre les quantités

¹⁴ Fisher, B., Green, T. M., & Arias-Hernández, R. (2011). Visual analytics as a translational cognitive science. *Topics in Cognitive Science*, 3, 609– 625.

¹⁵ Gilbert J. K. (2007) Visualization: a metacognitive skill. In J. J. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp.9-27), Dordrecht: Springer.

¹⁶ Wainer, H. (1992). Understanding graphs and tables. *Educational Researcher*, 21(1): 14–23.

¹⁷ Guttersrud, Ø., Angell, C. (2014). Mathematics in physics: U.S, physics students' competency. In W. Kaminski, M. Michelini (Eds.), *Teaching and Learning physics today* (pp. 84-89). Udine: Lithostampa,

physiques [24]¹⁸ et pour l'interprétation des données [39]¹⁹, 92²⁰], donnant accès à la "révélation du complexe" [92]²¹. Les physiciens tracent un graphique pour obtenir une image claire des données, une vue d'ensemble synthétique de ces données, révélant des aspects qui pourraient ne pas être évidents à partir d'un tableau, ainsi que des régions d'intérêt suggérant une analyse plus approfondie [16]²², ou des preuves pour revoir et modifier leur théorie [31]²³[Traduction libre]²⁴.

Bref, « un graphique constitue en fait un pont entre une représentation mathématique plus abstraite et sa signification physique »(Stefanel, 2019).

2.1.2.2. Connaissances pour une utilisation efficiente des graphiques

Le rôle et la valeur des graphiques dans l'enseignement de la physique aujourd'hui sont incontestables(Stefanel, 2019). Cependant, quelles sont les connaissances nécessaires pour une utilisation efficiente ? Si cette question est adressée à Paquette, (2002), il répondrait certainement qu'il faut maîtriser les étapes de l'élaboration d'une bonne représentation graphique. Premièrement, il faut connaître la définition du lexique du graphique. Paquette (2002) définit le lexique d'un graphique comme « l'ensemble des symboles de base » qui sont utilisés dans la représentation graphique. Dans le cas de cette étude, connaître « la définition du lexique » d'un oscillogramme revient à connaître l'origine du repère orthonormé, les deux axes perpendiculaires du repère, les variables qui sont la tension ou le courant sur l'axe des ordonnées et le temps sur l'axe des abscisses ainsi que leur unité, les échelles utilisées dans la représentation graphique dont la sensibilité verticale S_v pour l'axe des ordonnées et la

¹⁸ Fan, J. E. (2015) Drawing to Learn: How Producing Graphical Representations Enhances Scientific Thinking. *Translational Issues in Psychological Science*, 1 (2) 170–181.

¹⁹ Klein U. (2001). *Tools and modes of representation in the laboratory sciences*. Dordrecht: Springer.

²⁰ Tufte E. R. (2001). *The Visual Display of Quantitative Information*. Cheshire: Graphics Press.

²¹ Tufte E. R. (2001). *The Visual Display of Quantitative Information*. Cheshire: Graphics Press.

²² Deacon C. (1999) The importance of graphs in undergraduate physics. *The Physics Teacher*, 37, 270-274.

²³ Glazer N. (2011) Challenges with graph interpretation: a review of the literature. *Studies in Science Education*, 47 (2) 183-210.

²⁴ **Version originale** : « *The multi-representation plays, in fact, an important epistemic role in the development of science [25, 30, 96] and physics [33]. Graphical representation is a powerful effective tool for synthetic data rendering and representation of relations between physical quantities [24] and for data interpretation [39, 92] giving access to the "revelation of the complex" [92]. Physicists plot a graph to obtain a clear picture of the data, obtaining a synthetic overview of these data, revealing aspects that might not be obvious from a table, as well as regions of interest suggesting further analysis [16], or evidence for review and modify their theory [31] ».*

sensibilité horizontale S_h pour l'axe des abscisses. Deuxièmement, il faut comprendre « la définition de la grammaire » de la représentation graphique. Il s'agit pour Paquette (2002) de décrire « l'ensemble des expressions acceptables, obtenue en combinant les symboles de base du lexique ». Dans le cas de cette recherche, cela revient à lire ou relever les coordonnées d'un point quelconque en tenant compte notamment des sensibilités verticale et horizontale mais aussi de déterminer « une distance » horizontale et verticale tout en connaissant sa nature et son unité qui sont contenues dans la « définition du lexique ». Troisièmement, il faut saisir la définition de la sémantique de la représentation graphique c'est-à-dire « une méthode pour donner un sens aux expressions de la grammaire » d'un graphique (Paquette, 2002, p. 15). Définir une sémantique c'est chercher « (4.500, v. 1903)[...] la valeur significative du symbole [qui] consiste en une régularité d'association telle que l'identité du symbole réside dans cette régularité » (Chauviré, 1995; Peirce, 1994). Comme l'a dit Gombrich cité par Benoist (1989), « déchiffrer un message c'est percevoir une forme symbolique » (p.11). Cette opération revient selon Paquette (2002) à « associer celles-ci [les expressions de la grammaire] à une représentation mentale intelligible » (p.15). Il s'agit donc ici d'être capable d'interpréter le schéma, l'oscillogramme. Cette troisième étape consiste en d'autres termes à

lire au-delà des données, comme par exemple réduire toutes les données à une seule déclaration/relation [5²⁵, 9²⁶], synthétiser ou intégrer la plupart ou toutes les données [9]²⁷, extrapoler à partir des données, étendre, prédire ou déduire à partir de la représentation, répondre à des questions nécessitant des connaissances préalables [15²⁸, 26²⁹-27³⁰, 31³¹, 96³²], interpréter la relation

²⁵ Bertin, J. (1983). *Semiology of graphics* (2nd ed., W. J. Berg, Trans.). Madison: University of Press.

²⁶ Carswell, C. M. (1992). Choosing specifiers: An evaluation of the basic tasks model of graphical perception. *Human Factors*, 34, 535-554.

²⁷ Carswell, C. M. (1992). Choosing specifiers: An evaluation of the basic tasks model of graphical perception. *Human Factors*, 34, 535-554.

²⁸ Curcio, F (1987). Comprehension of mathematical relationships expressed in graphs. *Journal for research in mathematics education*, 18, 382-393.

²⁹ Friel, S, Bright, G & Curcio, F. (1997). Understanding students' understanding of graphs. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 3, 224-227.

³⁰ Friel, S.N., Curcio, F.R., & Bright, G.W. (2001). Making sense of graphs. *Journal for Research in Math. Educ.*, 32(2), 124-158.

³¹ Glazer N. (2011) Challenges with graph interpretation: a review of the literature. *Studies in Science Education*, 47 (2) 183-210.

³² Wainer, H. (1992). Understanding graphs and tables. *Educational Researcher*, 21(1): 14-23.

entre les données ou déterminer les valeurs des données véhiculées dans le graphique (Stefanel, 2019) [Traduction libre]³³.

2.1.2.3. Difficultés des apprenants dans l'utilisation des graphiques

Pour Stefanel (2019), « travailler avec des données, les organiser dans des tableaux et des graphiques, faire des déductions à partir de données, trouver des tendances et soutenir des revendications et des évaluations » font partie des compétences de base pour l'alphabétisation du citoyen du 21^e siècle. Pour Pérez-Echeverría et al. (2018), les compétences de lecture, de compréhension et de construction des représentations sont essentielles dans la vie quotidienne, dans la plupart des contextes éducatifs et professionnels mais la maîtrise de ces compétences « requiert des compétences complexes qui impliquent la combinaison systématique d'un large éventail d'aspects de la connaissance ». C'est ainsi que beaucoup d'apprenants n'ont pas ces compétences et ont beaucoup des difficultés d'interprétation des graphiques en physique. Dans la littérature, plus spécifiquement dans le cadre de la cinématique qui est l'un des domaines le plus exploré, on distingue généralement les difficultés des apprenants en trois grandes catégories :

- la confusion intervalle-point où les apprenants sont focalisés sur un seul point au lieu de voir de l'intervalle (Beichner, 1994; Ivanjek et al., 2017; Planinic et al., 2013);
- la confusion pente-hauteur où les apprenants font la focalisation sur la hauteur du graphique au lieu de la pente (Beichner, 1994; Ivanjek et al., 2017; Planinic et al., 2013);
- la confusion iconique où les apprenants traitent un graphique comme une image figurative (Beichner, 1994; Ivanjek et al., 2017; Planinic et al., 2013).

Galpérine et Talyzna (1980) cités par Johsua & Dupin (1993) soutiennent que « le passage par le langage est une étape obligée qui précède chronologiquement la conceptualisation » (p.112). Dans un premier temps, le langage scientifique doit être connu avant que l'apprenant puisse dans un second temps donner un sens au concept du processus d'enseignement-apprentissage. L'apprenant ne peut donc rien comprendre du moment où il ne maîtrise pas le langage utilisé pour donner un sens au contenu scientifique enseigné. Il ne peut

³³ Version originale : « [...]to read beyond the data, as for instance reducing all data to a single statement/relationship [5, 9], synthesis or integration of most or all the data [9], extrapolation from the data, extending, predicting or inferring from the representation, answering to questions requiring prior knowledge [15, 26-27, 31, 96], interpreting relationship between data or determining values of the data conveyed in the graph »

être ni intéressé ni motivé à cause de la non maîtrise du codage scientifique utilisé. Comme disait Nietzsche cité par Delacote et al. (2013), « tout ce que je ne connais pas ne m'intéresse pas ». L'apprenant est donc bloqué par le système de langage et n'arrive pas à conceptualiser le concept de période à partir d'un oscillogramme. Le langage utilisé dans la construction de l'oscillogramme se pose ici comme un véritable obstacle à la conceptualisation. « En voulant expliciter la langue de la chimie, Lavoisier s'est mis à faire de la chimie » (Delacôte et al., 2013). Pour renchérir, Cassirer cité par Benoist (2019) a déclaré que : « nous ne pouvons admettre l'existence d'une chose si nous ne pouvons pas lui donner une signification » (p.11). À travers cet exemple de Lavoisier dans l'histoire, on remarque que la connaissance du langage utilisé par une science motive même un apprenant à connaître davantage. Lavoisier pour avoir voulu expliciter le langage de la chimie, il ne s'est pas seulement mis à faire de la chimie mais il l'a tellement bien fait qu'il est considéré aujourd'hui comme le père de la chimie moderne. Autrement dit, on ne peut rien faire sans d'abord connaître le langage utilisé par la science.

2.1.2.4. Origine des difficultés dans l'interprétation des graphiques

La question que l'on peut se poser peut-être : Quelles sont les origines de ces difficultés d'interprétation des graphiques ? Pour beaucoup des professeurs de physique, la principale origine des difficultés des élèves dans l'interprétation des graphiques est attribuée au manque de connaissances mathématiques (Planinic et al., 2013). Pourtant, des études ont montré que même les apprenants qui disposent des connaissances mathématiques adéquates mais ne les utilisent pas en physique lors des situations d'apprentissage. En effet, beaucoup d'apprenants estiment qu'il n'est pas approprié de transférer des concepts de mathématiques en physique (Planinic et al., 2013). Il y a donc résistance au transfert des connaissances de mathématiques vers la physique qui sont des sources des difficultés (Planinic et al., 2013). En réalité, le débat sur la nature et l'origine des difficultés des élèves en physique et de la structure de leurs connaissances naïves est loin d'être terminé (Ivanjek et al., 2017). En effet, Ivanjek et al. (2017) ont signalé qu'il y a deux camps qui s'affrontent sur la question. Le premier camp représenté par Chi (2005) et Vosniadou (1994) considèrent la connaissance en tant que théorie. Ils considèrent que la connaissance naïve est hautement organisé et interconnectée, contenant des croyances fermes ou des idées incompatibles avec les connaissances physiques acceptées, connues sous le nom des conceptions erronées ou alternatives (Ivanjek et al., 2017). Dans cette thèse, on parle du transfert de connaissance puisque tout est interconnecté. Le second camp quant à lui est représenté par DiSessa (1993), Linn et al. (2004), Hammer et al. (2005). Ce second camp soutient que la connaissance naïve est un ensemble d'éléments de connaissance

relativement peu connectés dont l'activation est très dépendante du contexte. Dans cette seconde thèse, les éléments qui entrent en jeu dans la résolution d'une situation sont activés en pièces détachées en fonction du raisonnement circonstanciel de l'apprenant. Ici, on ne parle pas de transfert de connaissance mais l'activation des ressources cognitives en fonction du contexte et par l'importance du cadrage (Ivanjek et al., 2017).

2.1.2.5. Présentation de l'oscillogramme et difficultés dans l'interprétation de la période dans la littérature

L'oscillogramme constitue un graphique essentiel qui renferme un ensemble d'informations relatives à un signal électrique. Cette étude se concentre particulièrement sur l'une des informations clés présentes dans l'oscillogramme : la période, concept fondamental en électricité. En effet, ce dernier est intrinsèquement lié à la fréquence. La période, définie comme l'inverse de la fréquence, est exprimée par la relation $T = 1/f$, et réciproquement, $f = 1/T$. De plus, la période est en relation avec la pulsation angulaire par l'équation $T = 2\pi/\omega$, d'où $\omega = 2\pi/T$. Malgré la place prépondérante occupée par le concept de période, « apparaissant dans de nombreux contextes tels que les oscillations, les ondes, les rotations, les circuits à courant alternatif, les moteurs et les générateurs » (Young & Heckler, 2018), son enseignement et son apprentissage, en particulier dans le cadre de l'étude du courant alternatif dans les lycées et collèges au Cameroun, posent de véritables défis aux élèves pour en saisir la conceptualisation.

Plusieurs études ont mis en évidence les difficultés rencontrées par les apprenants dans l'assimilation de ce concept de période. Par exemple, Wan et al. (2016) ont souligné la confusion fréquente entre la demi-période et la période elle-même. De leur côté, Young & Heckler (2018) ont démontré qu'environ 60 % des apprenants ne possédaient pas les compétences nécessaires pour déterminer et interpréter correctement la période sur un graphique. Il est important de noter, comme le soulignent Young & Heckler (2018), que peu d'études se sont penchées sur la compréhension de la période par les apprenants. Cette lacune dans l'étude du concept est d'autant plus notable, d'autant plus que les recherches existantes ont principalement porté sur des étudiants universitaires. De même, des études telles que celles de Wan et al. (2016) sur la compréhension des périodes dans les états quantiques des fonctions d'ondes dans le plan complexe, ou celles de Young & Heckler (2018) concernant la structure hiérarchique des compétences pour déterminer la période, la fréquence et la pulsation angulaire à partir de représentations mathématiques et graphiques, illustrent les défis liés à cette notion.

Il apparaît donc de manière évidente qu'il existe des lacunes substantielles dans la compréhension du concept de période, qui engendrent des difficultés considérables pour les apprenants. À cela s'ajoute la complexité inhérente au fait que la tension du signal est une fonction du temps, ce qui, selon Deniz & KEÅŽAN (2018), accentue les défis de compréhension, une complexité que Viennot (2011) identifie également comme un facteur clé dans la difficulté des élèves à appréhender une fonction du temps du signal par exemple dont il faut extraire le concept de période.

2.1.3. Motivations

Face aux difficultés des élèves à construire d'une manière pertinente le concept de période du courant dans les lycées et collèges au Cameroun, cette étude compte contribuer dans l'amélioration de la construction de ce concept fondamental en électricité.

2.1.3.1. Amélioration de la compréhension des concepts en physique

La période du courant alternatif est un concept fondamental dans les enseignements de la physique, mais elle est souvent mal comprise par les élèves, notamment en raison de sa représentation graphique. En analysant de manière réflexive l'oscillogramme, les élèves peuvent mieux visualiser et comprendre ce concept abstrait. Ce mémoire ambitionne à améliorer l'enseignement/apprentissage de ce concept en physique en proposant une approche didactique qui pourrait rendre la construction de ce concept plus accessible et plus claire pour les élèves.

2.1.3.2. Répondre à un besoin éducatif spécifique

Il existe une lacune dans l'enseignement des concepts de la période et du courant alternatif dans les lycées et collèges. De nombreux élèves rencontrent des difficultés pour déterminer la période d'un signal à partir d'un oscillogramme. L'objectif est de proposer une solution didactique concrète à ce problème récurrent, en testant une approche d'enseignement fondée sur deux aspects de la NOS en explorant l'oscillogramme.

2.1.3.3. Explorer l'efficacité des outils graphiques dans l'apprentissage

L'oscillogramme est un outil puissant pour illustrer les phénomènes périodiques en physique, mais son utilisation dans l'enseignement du courant alternatif reste sous-exploitée. Ce mémoire permet d'explorer comment l'usage de cet outil graphique, qui représente les

variations de courant ou de tension dans le temps, pourrait favoriser la compréhension et l'acquisition des notions de fréquence, de période et d'oscillation par les élèves.

2.1.3.4. Contribuer à la didactique des sciences physiques

Le domaine de la didactique des sciences physiques est en constante évolution. Ce mémoire vise à contribuer à ce champ de recherche en proposant une approche didactique novatrice pour enseigner un concept crucial. La recherche sur la manière dont les élèves construisent le concept de période à partir de l'oscillogramme peut enrichir la littérature sur l'enseignement de la physique et apporter des solutions pratiques aux enseignants.

2.1.3.5. Expérimenter une approche par la Nature of Science (NOS)

Ce mémoire pourrait aussi être motivé par l'envie d'expérimenter une approche didactique innovante, basée sur la **Nature of Science (NOS)**. Cette approche met en valeur l'observation, l'expérimentation, et la compréhension du processus scientifique. En utilisant la NOS comme mode de transposition didactique, le mémoire cherche à aider les élèves non seulement à comprendre la période du courant alternatif, mais aussi à mieux appréhender les méthodes scientifiques et la façon dont les scientifiques analysent et interprètent des données, comme celles issues d'un oscillogramme.

2.1.3.6. Répondre à un défi professionnel en tant qu'enseignant

En tant qu'enseignant, ce mémoire peut aussi être une réponse à des défis observés dans la propre pratique d'enseignement. L'enseignant pourrait être confronté à la difficulté de rendre des concepts abstraits comme la période plus tangible pour les élèves. En étudiant et en proposant une nouvelle approche didactique, le mémoire devient un moyen de répondre à cette difficulté et de mieux accompagner des futurs élèves dans la compréhension des phénomènes physiques.

2.2. Position et formulation du problème

L'objectif de cette section est de formaliser les principes scientifiques qui guident l'enquête. Elle s'appuie sur un ensemble de conclusions tirées de données recueillies dans la littérature scientifique, d'observations sur le terrain et d'analyses documentaires. Ces éléments mettent en évidence les difficultés persistantes auxquelles sont confrontés les étudiants lorsqu'ils tentent de déterminer visuellement la période d'un signal à partir d'un oscillogramme.

Suite à ces constats, cette section expose de manière successive la formulation du problème, les questions de recherche, les hypothèses retenues et les objectifs poursuivis par cette étude. De plus, elle précise les intérêts scientifiques et pratiques de ce travail, tout en présentant les principales limites de cette recherche. L'ensemble de ces éléments vise à établir de façon claire les bases théoriques, empiriques et méthodologiques de cette étude.

2.2.1. Constats

Après plusieurs années d'enseignement et à partir des résultats d'études pilotes relatives à la mise en place du questionnaire, certains constats ont été identifiés, mettant en évidence des difficultés récurrentes chez les apprenants. Ces difficultés sont souvent attribuables à la complexité des concepts enseignés. Comme le souligne Lapointe (2007), « l'enseignement de la physique est une entreprise difficile parce que ses outils (concepts, théories, modèles...) sont complexes et abstraits et que leur application n'est pas toujours évidente ». Cette complexité théorique rend l'apprentissage particulièrement ardu pour les élèves. En outre, il convient de rappeler que l'enseignement ne se limite pas simplement à la transmission de connaissances, mais implique également une interaction avec les apprenants. Closset (1983)³⁴, cité par Lapointe (2007), précise à ce sujet que :

Posséder une connaissance et la faire acquérir par d'autres sont deux choses bien différentes. La seconde implique une interaction avec des partenaires : les élèves ou les étudiants. Ceci introduit dans l'acte d'enseigner une complexité infiniment plus grande que celle de l'objet même de l'enseignement.

Ainsi, ces constats soulignent les défis supplémentaires auxquels l'enseignant doit faire face pour rendre ces concepts accessibles aux apprenants.

2.2.1.1. Difficulté des apprenants à déterminer la période à partir d'un oscillogramme après enseignement

Malgré les efforts d'enseignement, il a été observé que de nombreux élèves rencontrent encore des difficultés significatives pour déterminer la période du courant alternatif lorsqu'ils sont confrontés à un oscillogramme. Cette difficulté persiste même après une instruction

³⁴ Closset, J. L. (1983). Le raisonnement séquentiel en électrocinétique. *Unpublished Thèse 3ème cycle, Physique (didactique), non publiée, Université Paris, 7.*

théorique et pratique sur le sujet, ce qui soulève des questions sur l'efficacité des méthodes d'enseignement.

2.2.1.2. Absence d'une approche d'enseignement/apprentissage spécifique dans la littérature

L'analyse des travaux précédents révèle une absence notable d'approches didactiques spécifiquement axées sur l'enseignement de la détermination de la période à partir d'un oscillogramme. Bien que des études existent sur la compréhension des graphiques en général, elles ne traitent pas directement des stratégies efficaces pour aider les élèves à lire et à interpréter un oscillogramme dans le contexte du courant alternatif. Ce vide dans la littérature souligne le besoin urgent de développer et d'intégrer des approches didactiques adaptées à ce domaine précis.

2.2.1.1. Difficulté à lire un repère orthonormé à deux dimensions

Un autre constat majeur concerne la difficulté rencontrée par les élèves à lire un repère orthonormé à deux dimensions, essentiel pour l'interprétation correcte des oscillogrammes. Les étudiants éprouvent des difficultés à comprendre la signification et l'utilité des axes du graphique, ce qui compromet leur capacité à extraire correctement la période du courant alternatif.

2.2.1.4. Confusion entre l'axe des abscisses et l'axe des ordonnées

Une confusion récurrente a été observée entre l'axe des abscisses (temps) et l'axe des ordonnées (tension ou courant). Les élèves mélangent souvent ces deux axes, ce qui les empêche de lire correctement les variations du signal et, par conséquent, de déterminer la période de manière précise. Cette confusion indique une incompréhension fondamentale de la structure du graphique, essentielle pour une bonne analyse de l'oscillogramme.

2.2.1.5. Difficulté à prendre en compte les variables sur les axes et leurs unités

Les élèves éprouvent également des difficultés à identifier et à prendre en compte les variables figurant sur les axes du graphique ainsi que les unités associées à ces variables. Cette négligence des unités, combinée à une mauvaise lecture des axes, limite la capacité des élèves à effectuer des calculs ou des comparaisons appropriées pour déterminer la période du courant alternatif.

2.2.1.6. Difficulté à prendre en compte les échelles dans la lecture de l'oscillogramme

La lecture des échelles sur les axes des oscillogrammes pose un problème majeur. Les élèves ont souvent du mal à interpréter les différentes échelles, ce qui les empêche de mesurer correctement les périodes et les amplitudes du signal. Une mauvaise prise en compte des échelles peut entraîner des erreurs significatives dans le calcul de la période, accentuant ainsi la difficulté d'apprentissage.

2.2.1.7. Une difficulté didactique liée à la conversion de la période du courant alternatif lors de sa détermination graphique

La conversion de la période du courant alternatif, lorsqu'elle est déterminée graphiquement sur un axe temporel gradué en millisecondes par exemple et doit être exprimée en secondes, constitue un obstacle didactique important. Cette difficulté est amplifiée par la non-maîtrise de l'écriture scientifique, qui est pourtant essentielle pour représenter correctement la période et éviter toute erreur d'interprétation. Lorsque la période T d'un courant alternatif est déterminée graphiquement, l'axe des abscisses représente le temps, souvent en millisecondes (ms), pour permettre une meilleure lisibilité des variations rapides du signal. Par exemple, un signal de fréquence $f = 50$ Hz présente une période $T = 20T = 20$ ms. Toutefois, en physique, l'unité du temps est la seconde (s), et cette grandeur doit donc être convertie :

$$T = 20 \text{ ms} = \underbrace{2,0 \times 10^1}_{\text{ms}} \times \underbrace{10^{-3}}_{\text{s}} \text{ s} = 2,0 \times 10^{1-3} \text{ s} = 2,0 \times 10^{-2} \text{ s}$$

Or, cette conversion implique une maîtrise des puissances de dix et des changements d'échelle, ce qui constitue une source fréquente d'erreurs pour les étudiants (Viennot, 1996). En effet, nombre d'entre eux interprètent mal la relation entre les sous-multiples de l'unité de temps et leur écriture en notation scientifique, conduisant ainsi à des erreurs de conversion.

2.2.2. Formulation du Problème

Dans le cadre de l'enseignement de la physique au secondaire, la représentation du courant alternatif sous forme d'oscillogramme constitue une compétence fondamentale. Elle permet en effet d'accéder à des grandeurs essentielles telles que la période, la fréquence et la tension maximale. Cependant, des observations récurrentes en contexte scolaire montrent que, malgré des séances d'enseignement explicites, de nombreux élèves éprouvent des difficultés

persistantes à déterminer correctement la période d'un signal sinusoïdal à partir d'un oscillogramme.

Ces difficultés se manifestent sous diverses formes : mauvaise identification du motif élémentaire, confusion entre la période et la demi-période, ou encore interprétation erronée de l'échelle temporelle. Ce constat révèle une incompréhension conceptuelle du concept de période. Comme le soulignent Soury-Lavergne & Bessot (2012), l'enseignement des grandeurs périodiques se heurte à des obstacles épistémologiques, souvent liés à une conception statique de ces grandeurs, alors qu'elles relèvent par nature d'une dynamique temporelle. En effet, les travaux de Soury-Lavergne & Bessot (2012) montrent que l'enseignement des phénomènes périodiques est souvent entravé par une approche statique, alors qu'une compréhension approfondie nécessite une perspective dynamique et temporelle.

Dans cette optique, la perspective définie par Chevrier (2009) est adoptée, selon laquelle « un problème de recherche est un écart conscient entre ce que nous savons et ce que nous devrions savoir » (p. 55). L'enjeu ici est donc de comprendre pourquoi, malgré des dispositifs didactiques, une partie importante des élèves ne parvient pas à effectuer correctement cette lecture d'oscillogramme, pourtant centrale dans l'analyse des signaux périodiques.

Cette interrogation rejoint les propositions d'Ayina et al. (2024), qui insistent sur la nécessité de fonder les activités d'enseignement-apprentissage sur les concepts fondamentaux de la nature de la science (NOS), afin d'en faire de véritables outils de compréhension et de structuration du savoir scientifique. Selon eux, il est nécessaire de définir les concepts fondamentaux de la NOS pouvant servir d'outils dans la construction des activités d'enseignement-apprentissage des concepts scientifiques. Cette approche invite à une reconfiguration des séquences didactiques, non seulement sur le plan des contenus, mais également sur le plan épistémologique et méthodologique.

Dès lors, une question didactique centrale émerge : quels outils mobiliser pour dépasser les obstacles rencontrés par les élèves dans la lecture des oscillogrammes, et comment les intégrer dans une démarche d'enseignement fondée sur une compréhension renouvelée des fondements épistémologiques des sciences physiques ?

2.2.3. Questions de recherche

Les questions de recherche de cette étude prennent appui sur une double assise, épistémologique et didactique, en cohérence avec les orientations contemporaines de l'enseignement des sciences physiques. En effet, le concept de période, loin d'être une notion simplement déclarative ou formelle, est une construction progressive de l'esprit scientifique, historiquement située et expérimentalement fondée. Son enseignement nécessite donc une approche intégrative, qui articule expérience sensible, observation guidée et formalisation mathématique. C'est dans cette perspective que s'inscrivent les questions de recherche de ce travail.

La **question principale** oriente l'ensemble de l'étude :

Comment la Nature of Science (NoS), en tant que mode de transposition didactique, permet-elle la construction du concept de période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme ?

Cette question interroge la pertinence de mobiliser les fondements de la NoS notamment l'observation active, la place de l'expérience sensorielle, la nature empirique et contextualisée des savoirs scientifiques pour faire émerger chez les apprenants une compréhension approfondie du concept de période, à travers l'analyse d'oscillogrammes.

Deux **questions spécifiques** découlent de cette interrogation centrale, chacune ciblant un levier didactique particulier inspiré de la NoS :

Question spécifique n°1 : *Comment l'expérience sensorielle du tracé manuel d'un oscillogramme permet-elle la construction qualitative du concept de période du courant alternatif ?*

Cette question explore le rôle que peut jouer la reproduction manuelle, physique et incarnée, d'un oscillogramme dans l'appropriation qualitative du concept de période. Elle s'inscrit dans l'idée que le geste de dessiner ou de suivre un motif périodique engage une expérience perceptive et cognitive propice à la structuration du concept.

Question spécifique n°2 : *Comment l'observation active et comparative de deux oscillogrammes similaires permet-elle l'acquisition du formalisme mathématique nécessaire à la détermination de la période du courant alternatif ?*

Ici, l'accent est mis sur le potentiel cognitif de la comparaison visuelle dans l'analyse des oscillogrammes. Il s'agit de comprendre dans quelle mesure l'identification de ressemblances et de différences – à travers une observation guidée – peut aider à construire le lien entre la représentation graphique et l'expression mathématique de la période ($T = n \times b$).

Ces questions s'inscrivent donc pleinement dans une perspective de transposition didactique éclairée par la Nature of Science, où l'élève est amené à construire activement ses savoirs à partir d'observations, d'expérimentations, de manipulations et de réflexions collectives. Elles guideront l'élaboration des dispositifs expérimentaux de la recherche, ainsi que l'analyse des données recueillies auprès des apprenants.

2.2.4. Hypothèses de recherche

Dans une perspective méthodologique rigoureuse, toute recherche scientifique repose sur la formulation d'hypothèses fondées, c'est-à-dire des énoncés provisoires permettant d'anticiper une réponse plausible aux questions de recherche. Selon Grawitz (2001), une hypothèse est une « proposition de réponse à une question posée. Elle vise à formuler une relation entre des faits significatifs » (p. 398). Gordon Mace, cité par Dépelteau (2005), la définit comme « une réponse anticipée formulée par le chercheur à sa question de recherche ». Dans la même veine, Tremblay, Manheim et Rich cités par Dépelteau (2005) parlent d'un « énoncé déclaratif précisant une relation anticipée et plausible entre des phénomènes observés ou imaginés » (p. 163).

Dans le cadre de la présente recherche, les hypothèses émanent directement des ancrages épistémologiques et didactiques qui la sous-tendent. En effet, le concept de période, tel qu'il est abordé dans l'enseignement des sciences physiques, ne peut être réduit à une simple donnée à mémoriser. Il s'agit d'un concept construit historiquement, dont la signification varie selon les contextes (mécanique, électromagnétisme, acoustique, etc.) et les instruments utilisés (chrono, oscilloscope, simulateur, etc.). Cette dynamique impose une approche d'enseignement ancrée dans une épistémologie de l'acquisition progressive des savoirs.

C'est dans cette optique qu'intervient la Nature of Science (NOS) comme cadre structurant de la transposition didactique. En effet, intégrer des éléments de la NOS, comme la centralité de l'observation, l'importance de l'expérience sensorielle, la nature empirique des savoirs et leur contextualisation historique, permet de concevoir des situations didactiques adaptées à la construction des concepts scientifiques, notamment celui de période.

L'**hypothèse principale** oriente l'ensemble de l'étude :

Hypothèse principale : *L'intégration de la NOS comme mode de transposition didactique permet la construction du concept de période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme.*

Cette hypothèse centrale postule qu'en s'appuyant sur les principes de la NOS dans la conception des séquences d'enseignement notamment à travers des situations contextualisées, expérimentales et graphiques les élèves peuvent accéder à une compréhension plus profonde et fonctionnelle du concept de période, en particulier à travers l'analyse d'oscillogrammes.

Deux **hypothèses spécifiques** découlent de cette hypothèse centrale, chacune ciblant un levier didactique particulier inspiré de la NOS :

Hypothèse spécifique n°1 : *L'expérience sensorielle du tracé manuel d'un oscillogramme permet la construction qualitative du concept de période du courant alternatif.*

Cette hypothèse découle de l'idée que la manipulation physique (reproduire ou tracer le motif périodique à la main) engage l'élève dans une activité corporelle, perceptive et cognitive qui favorise l'émergence d'une représentation qualitative du concept de période. Elle s'appuie sur le principe de la NOS selon lequel l'observation, accompagnée de l'action, constitue une activité intellectuelle essentielle dans la formation des connaissances.

Hypothèse spécifique n°2 : *L'observation active et comparative de deux oscillogrammes similaires permet l'acquisition du formalisme mathématique nécessaire à la détermination de la période du courant alternatif.*

Cette hypothèse suppose que le raisonnement mathématique ne se construit pas ex nihilo, mais à partir de l'analyse de régularités perçues visuellement. En comparant deux oscillogrammes aux motifs similaires (par exemple, de même fréquence ou de même forme mais d'échelle différente), les élèves sont amenés à reconnaître des invariants, à quantifier les rapports (nombre de divisions, sensibilité horizontale), et à mobiliser une formule adaptée ($T = n \times b$). Cela correspond à une construction active du formalisme, en lien avec des données observables.

L'ensemble de ces hypothèses est enraciné dans une posture de recherche qui articule, selon une logique didactique, les fondements de la Nature of Science et les nécessités de la transposition des savoirs vers les élèves. Il s'agit ici d'objectiver les effets de dispositifs

pédagogiques contextualisés et expérientiels sur la compréhension d'un concept fondamental de la physique : la période d'un signal périodique. Ces hypothèses guideront la méthodologie de recherche et l'analyse des données recueillies à travers des séquences expérimentales et des évaluations formatives.

2.2.5. Objectifs de recherche

La présente recherche vise à explorer les conditions didactiques favorables à la construction du concept de période du courant alternatif à partir de l'observation et de l'analyse d'un oscillogramme, en s'appuyant sur les principes de la Nature of Science (NoS). Elle s'inscrit dans une double perspective : d'une part, une volonté d'ancrer l'enseignement des concepts physiques dans une épistémologie contextualisée et historiquement située ; d'autre part, une ambition de proposer des dispositifs didactiques concrets, fondés sur l'expérience sensorielle, l'observation active et la formalisation progressive.

De manière générale, l'objectif central de cette étude est de montrer que l'intégration explicite des fondements de la NOS dans la transposition didactique du concept de période permet de surmonter certains obstacles conceptuels récurrents chez les élèves, notamment les confusions entre période et demi-période, ou la difficulté à articuler observation graphique et expression mathématique.

Plus précisément, les objectifs spécifiques de la recherche se déclinent comme suit :

Objectif 1 : Étudier l'effet de la mobilisation de l'expérience sensorielle du tracé manuel d'un oscillogramme sur la construction qualitative du concept de période du courant alternatif et de l'observation active et comparative de deux oscillogrammes similaires sur la construction du formalisme mathématique associé à la période ($T = n \times b$), en mettant l'accent sur la reconnaissance des invariants et l'analyse des régularités visuelles.

Objectif 2 : Identifier les obstacles épistémologiques et didactiques liés à la notion de période dans l'enseignement des sciences physiques, et proposer des pistes de remédiation.

En somme, cette recherche vise à articuler histoire des sciences, épistémologie, et pratiques didactiques concrètes pour enrichir les modalités d'enseignement du concept de période, en le rendant plus accessible, pertinent et significatif pour les élèves.

2.2.6. Intérêts de l'étude

L'étude de la construction du concept de période du courant alternatif (CA) à partir d'un oscillogramme dans le cadre d'un mémoire en didactique de la physique présente plusieurs intérêts pédagogiques et scientifiques. La compréhension de la notion de période dans un contexte de courant alternatif est essentielle dans l'enseignement de l'électricité et des phénomènes périodiques. En effet, ce concept, qui peut paraître abstrait pour les élèves, peut être mieux appréhendé à travers des outils visuels comme l'oscillogramme, qui permet de rendre cette abstraction plus tangible et concrète. Un mémoire sur ce sujet offre ainsi une opportunité d'explorer comment les représentations graphiques peuvent faciliter l'acquisition des connaissances scientifiques chez les élèves.

2.2.6.1. Oscillogramme comme outil didactique

L'oscillogramme, qui est une représentation graphique des variations temporelles d'un signal, joue un rôle central dans la construction du concept de période du courant alternatif. Selon Driver et al. (1996), les outils visuels permettent aux élèves de mieux comprendre les phénomènes scientifiques en leur offrant une représentation tangible des phénomènes abstraits. L'oscillogramme est un outil didactique qui aide à visualiser les variations d'intensité du courant alternatif dans le temps, ce qui permet aux élèves d'observer directement les cycles répétitifs du signal. Cette approche permet aux élèves de saisir intuitivement la notion de période, définie comme la durée d'un cycle complet, en visualisant les points de départ et de fin d'un cycle dans le graphique.

L'un des intérêts majeurs de cette approche est qu'elle relie la théorie physique à une représentation concrète, ce qui facilite la compréhension du concept de période. Comme le suggèrent Leach et al. (2002)³⁵, l'utilisation de graphiques pour l'enseignement des sciences permet de rendre les concepts plus accessibles en visualisant les relations entre les différentes variables physiques. En observant un oscillogramme, les élèves peuvent identifier directement la fréquence et la période du signal, renforçant ainsi leur compréhension des propriétés fondamentales du courant alternatif.

³⁵ Leach, J., Driver, R., & Scott, P. (2002). *Beyond Cartesianism: An in-depth analysis of students' conceptual development in science*. *Research in Science Education*, 32(1), 59-75.

2.2.6.2. Période comme concept clé en physique

Le concept de période est au cœur de la compréhension des phénomènes périodiques, en particulier dans le domaine de l'électricité et de l'électromagnétisme. Dans le cas du courant alternatif, la période fait référence au temps nécessaire pour qu'un cycle complet du signal soit achevé. Cependant, cette notion peut poser problème aux élèves, car elle implique de relier une abstraction temporelle à une observation physique. En étudiant la période à partir d'un oscillogramme, les élèves peuvent établir une connexion visuelle entre la durée d'un cycle et le comportement du courant alternatif. Cela permet de surmonter les difficultés d'abstraction en reliant la théorie à des données mesurables et visibles. Les représentations graphiques jouent un rôle crucial dans la construction des concepts scientifiques, en facilitant l'observation des relations temporelles et fréquentielles, et en rendant les phénomènes plus concrets.

2.2.6.3. Importance de la visualisation dans la didactique de la physique

Un autre intérêt d'un mémoire en didactique de la physique sur ce sujet réside dans l'impact de la visualisation des phénomènes physiques sur l'apprentissage des élèves. L'utilisation des oscillogrammes permet aux élèves de passer d'une représentation abstraite des phénomènes à une visualisation concrète, facilitant ainsi leur compréhension. La recherche en didactique des sciences montre que l'utilisation d'outils visuels comme les graphiques et les simulations peut significativement améliorer la compréhension des concepts scientifiques complexes (Osborne & Dillon, 2008). De plus, l'oscillogramme offre un moyen de dynamiser l'apprentissage, en permettant aux élèves de voir en temps réel l'évolution du signal et de mesurer directement la période et la fréquence. Cette approche rend l'enseignement plus interactif et engageant, encourageant les élèves à réfléchir activement sur les données qu'ils observent.

2.2.6.4. Construction du raisonnement scientifique à travers l'analyse des oscillogrammes

Enfin, l'un des principaux avantages d'un mémoire portant sur la construction du concept de période à partir d'un oscillogramme est qu'il permet de développer chez les élèves des compétences en raisonnement scientifique et en analyse de données. En analysant un oscillogramme, les élèves ne se contentent pas de mesurer la période, mais ils sont également amenés à réfléchir sur la manière dont les différentes caractéristiques du signal (amplitude, fréquence, etc.) sont liées aux propriétés du courant alternatif. Selon Bransford et al. (2000), l'analyse de données graphiques favorise l'élaboration de stratégies de raisonnement critiques, en encourageant les élèves à faire des hypothèses, à tester des idées et à interpréter les résultats.

Cela les prépare à penser de manière scientifique et à appliquer des méthodes d'analyse rigoureuses dans d'autres domaines de la physique et des sciences en général.

2.2.7. Délimitations de l'étude

Cette partie présente les limites de l'étude tant sur le plan théorique qu'empirique. Il s'agira, sur le plan théorique, de présenter d'une manière sommaire les différentes théories mobilisées qui peuvent être des limites à cette étude. Sur le plan empirique, les données empiriques, les procédures de collecte et d'analyse des données peuvent se positionner comme des limites empiriques de cette recherche.

2.2.7.1. Délimitation théorique de l'étude

Dans cette étude, un certain nombre des théories a été mobilisé dans le but de résoudre ce problème. Premièrement, la *NOS (nature of science)* a été utilisée comme mode de transposition didactique à travers deux aspects. Les deux aspects utilisés de la NOS sont la nature empirique de la science à travers l'expérience sensorielle du tracé de l'oscillogramme et l'observation des éléments précis de l'oscillogramme. Deuxièmement, le socioconstructivisme, à travers le concept de zone proximale de développement, le concept de conflit sociocognitif (Vygotski, 1997) et le processus d'étayage (Bruner, 2011) pour expliquer les mécanismes cognitifs et la démarche d'apprentissage des élèves lors du processus d'enseignement/apprentissage. Troisièmement, la théorie peircienne à travers son système sémiotique a été mobilisé pour montrer la raison pour laquelle l'interprétation d'un oscillogramme puisse poser autant des difficultés.

2.2.7.2. Délimitation empirique de l'étude

Comme l'a dit Thouin (2014), « l'approche méthodologique d'une recherche quasi expérimentale est toujours quantitative » (p.132). Les données ainsi collectées par un questionnaire constitué des questions couplées de fois c'est-à-dire une question fermée suivie d'une autre question ouverte avec une brève justification. Les données ainsi collectées seront analysées par les outils statistiques. Cependant, puisqu'en didactique, le plus grand souci est de comprendre la logique du raisonnement des apprenants, une analyse qualitative sera également associée à l'approche quantitative. Par conséquent, une analyse qualitative complémentaire des fiches utilisées par les élèves s'avère nécessaire. Cette analyse permet de mieux comprendre la logique du raisonnement des apprenants et d'identifier les facteurs qui peuvent expliquer les

résultats observés, en fournissant ainsi un éclairage plus approfondi sur le processus d'apprentissage et la construction du concept de la période du courant alternatif.

Conclusion du chapitre

À l'issue de ce chapitre, la problématique de recherche apparaît comme la synthèse d'enjeux institutionnels, scientifiques et didactiques convergents. Elle met en lumière l'écart persistant entre les intentions affichées dans les programmes et les difficultés concrètes rencontrées par les apprenants, notamment dans la lecture et l'interprétation des oscillogrammes. La formulation claire des questions de recherche, des hypothèses et des objectifs vient baliser un parcours méthodologique rigoureux, qui vise à apporter des réponses pertinentes et fondées à ces défis d'enseignement-apprentissage.

En prenant appui sur la Nature of Science (NOS) comme mode de transposition didactique, la présente recherche ambitionne de contribuer à une amélioration des pratiques dans l'enseignement des sciences physiques, en accordant une place centrale à la construction progressive et raisonnée des concepts scientifiques. Les délimitations de l'étude, soigneusement précisées, garantissent la faisabilité et la pertinence de l'approche, tout en ouvrant la voie à des perspectives de généralisation et d'enrichissement pour la didactique des sciences.

Deuxième partie : Cadre méthodologique et opératoire de l'étude

La section suivante aborde en détail l'approche méthodologique adoptée pour la réalisation de l'étude. Tout d'abord, elle expose le type de recherche effectuée, ainsi que les délimitations géographiques, temporelles et théoriques qui ont été prises en compte. De plus, elle présente les caractéristiques de la population ciblée et de l'échantillon sélectionné pour l'étude.

En outre, le **Chapitre 3** détaille la conception du questionnaire utilisé pour évaluer les difficultés des élèves à identifier la période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme, en mettant en avant sa validité, sa fiabilité et son contenu. Il expose également la séquence didactique expérimentale élaborée de manière progressive, démarrant par les prérequis (unités, coordonnées, segments) avant d'aborder la construction du concept de période.

Enfin, le **Chapitre 4** est entièrement dédié à la présentation et à l'analyse des résultats obtenus grâce à l'application du questionnaire et de la séquence didactique. Ces résultats sont ensuite examinés de manière critique, en se référant aux connaissances apportées par la littérature existante.

Chapitre 3 : Méthodologie de la recherche

Introduction du chapitre

Ce chapitre expose la démarche méthodologique adoptée pour répondre aux questions de recherche formulées et vérifier les hypothèses avancées. Il précise le cadre général de l'étude, les caractéristiques de la population et de l'échantillon, ainsi que les outils utilisés pour la collecte et l'analyse des données. L'élaboration d'une séquence didactique dédiée à la construction du concept de période à partir d'un oscillogramme, adossée à la Nature of Science (NOS) comme mode de transposition didactique, constitue l'ossature centrale de cette méthodologie.

En s'appuyant sur une analyse a priori minutieuse et des activités conçues pour faciliter la compréhension des apprenants, cette partie rend compte de la rigueur et de la cohérence mises en œuvre pour atteindre les objectifs de la recherche. La clarté des étapes, depuis la validation des instruments jusqu'à la mise en œuvre effective des activités, assure la pertinence et la crédibilité des résultats obtenus.

3.1. Type de l'étude

Pour réaliser un travail de recherche, plusieurs étapes doivent être suivies avant d'arriver aux résultats. Cela demande donc un type particulier de recherche pour parcourir ces différentes étapes (voir figure 22).

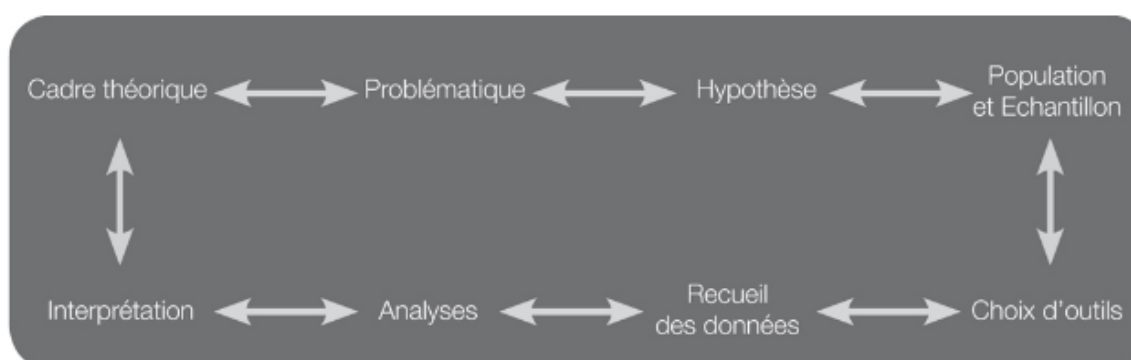


Figure 22 : étapes de la recherche

Source : (Grinschpoun, 2014)

Dans le cadre de cette étude, une recherche quasi expérimentale sera mise en œuvre avec une approche quantitative (Thouin, 2014, p. 73). Comme l'a dit (Thouin, 2014, p. 73), il s'agira de faire une expérimentation à un groupe appelé groupe expérimental. Pour évaluer l'impact de l'expérimentation, on met en place un autre groupe appelé groupe témoin ou groupe de contrôle qui n'aura pas une expérimentation. Avant l'expérimentation dans le groupe expérimental, les deux groupes vont passer le prétest. Après l'expérimentation dans le groupe expérimental, les deux groupes passeront le posttest (voir figure 23). Ces deux groupes sont constitués « les plus équivalents possible ». Dans le cadre du processus d'enseignement/apprentissage, la formation de groupes de travail de quatre élèves chacun est prévue, ce qui conduit à la constitution de huit (08) groupes, soit 28 élèves par groupe.

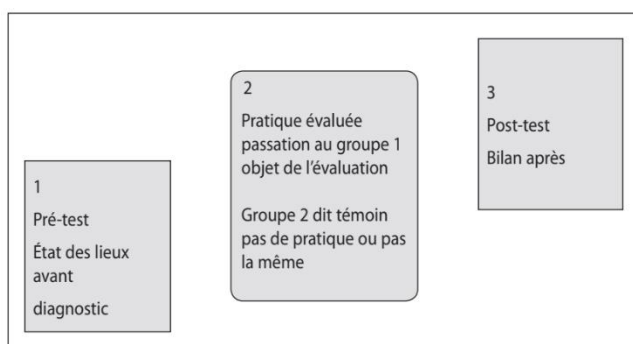


Figure 23 : Processus de l'évaluation de l'impact de l'expérimentation dans la recherche quasi expérimentale

Source : (Vial, 2012, p. 30)

3.2. Délimitations (géographique et théorique) de l'étude

Cette section présente les établissements concernés par cette recherche ainsi que la durée de l'étude.

3.2.1. Délimitation géographique de l'étude

La définition précise des limites géographiques et temporelles est une étape essentielle dans l'élaboration de l'analyse. Ces repères permettent de situer l'objet d'étude dans un contexte spatial et temporel défini, facilitant ainsi la compréhension des conditions dans lesquelles les données ont été collectées.

3.2.1.1. Collège Saint Bruno de Logbikoy

Le Collège Saint Bruno de Logbikoy est un établissement privé d'enseignement secondaire général qui accueille des élèves de la sixième à la terminale. Il est implanté dans l'Arrondissement de Nyanon, dans le département de la Sanaga-Maritime, région du Littoral au Cameroun. Cette institution catholique se trouve plus précisément dans le village de Logbikoy, relevant de la commune de Nyanon.

Situé dans un cadre rural et forestier, le collège évolue dans un environnement où l'agriculture (cacao, manioc, banane plantain, huile de palme) est l'activité principale. Son emplacement est favorable car il est accessible via une route goudronnée reliant Logbikoy aux grands axes de communication régionaux, en particulier la route reliant Edéa à Douala.

En tant qu'établissement catholique, le Collège Saint Bruno joue un rôle essentiel dans la formation complète des jeunes en combinant enseignement scolaire et valeurs morales. Son influence dépasse les frontières de Logbikoy pour s'étendre aux villages environnants, devenant ainsi un centre éducatif et communautaire majeur de l'Arrondissement.

Il est clair que la localisation géographique de cet établissement met en évidence un espace rural en pleine évolution, où l'éducation, soutenue par des institutions telles que le Collège Saint Bruno, est un pilier important pour le développement et l'amélioration des conditions de vie des habitants.

3.2.2. Délimitation temporelle

Ce travail de recherche a été mené après les examens de fin du premier semestre de Master 2. Il s'étend du début du mois d'avril 2024 à la fin du mois de mars 2025. La conduite de cette recherche a donc une durée de douze (12) mois soit une durée d'une année révolue.

3.3. Population

La population d'intérêt (Tchibozo, 2019), population mère (Dépelteau, 2005), ou tout simplement la population (Angers, 2014; Deslauriers, 1991; Gauthier, 2003; Mialaret, 2004a; N'da, 2015; Roy & Sablonnière, 2015; Simard, 2018) « est l'ensemble de toutes les personnes, de tous les objets ou de tous les faits sur lesquels porte une étude » (Simard, 2018). Dans le cadre de cette étude, la population est constituée de tous les élèves de troisième de l'Enseignement Secondaire Général (ESG) du cycle francophone du Cameroun. On doit donc sélectionner des élèves de cette population pour faire un travail réaliste. Une question logique est celui de savoir : comment choisir ces élèves ?

3.4. Échantillon et méthode d'échantillonnage

Un est un sous-ensemble des éléments de la population choisis pour mener son étude de manière réaliste et objective (Angers, 2014; Deslauriers, 1991; Gauthier, 2003; Mialaret, 2004b; Roy & Sablonnière, 2015; Simard, 2018; Tchibozo, 2019).

Deux échantillons ont été analysés dans le cadre de cette étude : l'un composé de classes de troisième année de l'enseignement secondaire général (ESG) et l'autre de classes de quatrième année de l'enseignement secondaire technique et professionnel (ESTP). Ces échantillons ont été constitués à partir de critères prédéterminés, basés sur ceux trouvés dans la littérature. Une technique d'échantillonnage appropriée a servi de base à la sélection des

éléments de la population. Une méthode d'échantillonnage est un ensemble des procédés utilisés pour « constituer un échantillon » (Simard, 2018). Il existe plusieurs méthodes d'échantillonnage (voir figure 24) qui sont répartis en deux groupes : les méthodes d'échantillonnage aléatoire ou probabiliste et les méthodes d'échantillonnage non aléatoire ou non probabiliste (Angers, 2014; Deslauriers, 1991; Gauthier, 2003; Mialaret, 2004b; Roy & Sablonnière, 2015; Simard, 2018; Tchibozo, 2019).

La méthode d'échantillonnage retenue pour cette étude est l'échantillonnage aléatoire stratifié, lequel consiste « à subdiviser la population en sous-groupes homogènes, ou strates, en fonction d'un ou de plusieurs critères » (Simard, 2018, p. 14). Le choix s'est porté sur « des échantillonnages raisonnés ou théoriques, c'est-à-dire inférés à partir du modèle conceptuel » (Van der Maren, 2004, p. 482). En effet, le choix de cette méthode est justifié par le choix du paradigme socioconstructiviste de Vygotski dans l'organisation du cours en formant des groupes de travail qui va impulser les discussions au sein des groupes (Astolfi et al., 2008). Il est question que les discussions dans ces groupes soient intenses avant de parvenir à un consensus. Pour que les interactions soient considérables au sein des groupes, il faut que les

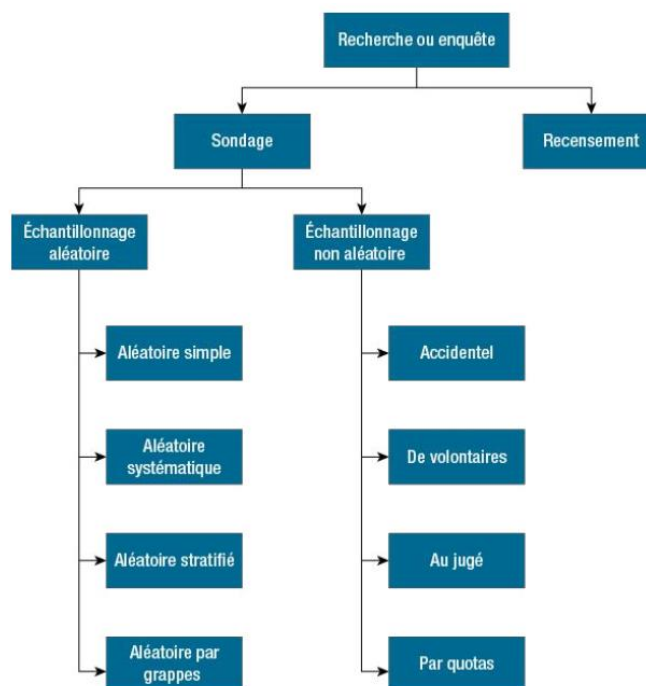


Figure 24 : Techniques d'échantillonnage lors de la collecte de données

Source : (Roy & Sablonnière, 2015)

membres de chaque groupe soient des strates différentes c'est-à-dire des personnes ayant des points de vue différents. À cet effet, deux strates sont définies. *Primo*, le strate 1 sera constitué des élèves qui ne confondent la lecture la lecture des coordonnées des points dans un repère orthonormé. *Secundo*, le strate 2 est formé des élèves qui confondent les deux axes dans la lecture des coordonnées des points dans un repère orthonormé. Chaque groupe du travail sera idéalement formé de deux élèves du strate 1 et de deux élèves du strate 2. Cette organisation permet de s'assurer, dans une large mesure, de la diversité des points de vue au sein de chaque groupe. L'atteinte d'un consensus reposera sur des échanges, à condition que les membres ne se laissent pas influencer de manière passive et ne rejettent pas les discussions constructives (voir figure 25). Il convient de préciser que les élèves ne sont pas informés des critères ayant présidé à la formation des groupes.

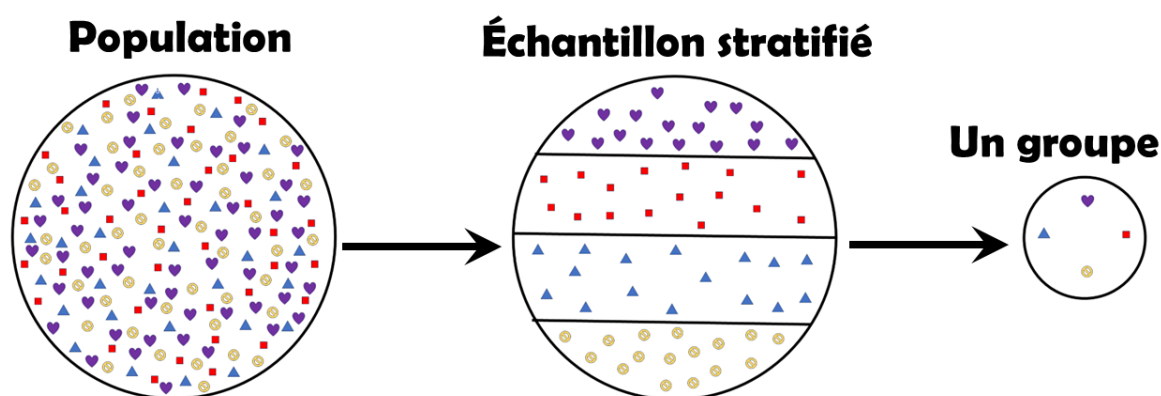


Figure 25 : Méthode d'échantillonnage stratifié et logique de la formation des groupes de travail

3.5. Instrument de collecte des données

Comme l'a précisé Thouin (2014), « l'approche méthodologique d'une recherche quasi expérimentale est toujours quantitative » (p. 132). Un questionnaire sera donc administré aux élèves des groupes expérimentaux et témoins avant et après l'expérimentation dans les deux groupes expérimentaux avec des fonctions et des objectifs précis.

3.5.1. Questionnaire

Le questionnaire mis en place dans le cadre de cette étude a pour objectif d'évaluer les compétences des élèves de troisième en matière de lecture et d'interprétation d'un oscillogramme, afin de les aider à mieux comprendre le concept de période du courant alternatif. Il a été conçu de manière progressive pour explorer les différentes dimensions cognitives impliquées dans cette activité graphique.

Tout d'abord, il s'agit de vérifier si les élèves sont capables de lire correctement les coordonnées des points sur un repère orthonormé, en prenant en compte les échelles indiquées sur les axes. Ensuite, le questionnaire interroge leur capacité à déterminer la valeur de segments verticaux ou horizontaux, en précisant à la fois la nature physique de la grandeur représentée (temps ou tension) et l'unité de mesure correspondante.

Dans un second temps, le questionnaire cherche à savoir si les élèves peuvent identifier un motif périodique élémentaire, c'est-à-dire une partie du signal qui se répète à l'identique, ce qui est essentiel pour comprendre le concept de période. Il évalue également leur capacité à distinguer un signal périodique d'un signal non périodique, ainsi qu'à déterminer la période à partir de l'oscillogramme en utilisant les réglages fournis.

Ce questionnaire, à la fois diagnostique et formatif, est un outil indispensable pour analyser les difficultés conceptuelles liées à l'utilisation des oscillogrammes dans l'enseignement de la physique au collège. Le détail du contenu du questionnaire est présenté en annexe.

3.5.1.1. Analyse *a priori* du questionnaire

Le questionnaire présenté s'inscrit dans une démarche didactique visant à vérifier et à consolider les compétences des apprenants dans la construction du concept de période du courant alternatif, en lien avec une analyse graphique de l'oscillogramme. Chaque question a pour objectif de développer des compétences spécifiques et de permettre aux élèves de progresser vers une maîtrise complète et rigoureuse de la notion de période, en alliant à la fois compréhension conceptuelle et formalisme mathématique.

Partie 1

Les études préliminaires réalisées lors de la conception du questionnaire de cette recherche ont mis en lumière les difficultés rencontrées par les élèves en ce qui concerne les conversions d'unités liées à la période du courant alternatif. La période, bien qu'étant une durée qui se mesure en secondes (s) dans le Système international, est souvent exprimée en millisecondes (ms), microsecondes (μ s) ou nanosecondes (ns) dans les oscillogrammes utilisés en physique. Ainsi, il est essentiel que les élèves soient capables de convertir correctement les valeurs lues sur un graphique en secondes. Toutefois, la plupart d'entre eux éprouvent des difficultés à réaliser ces conversions. Cette complexité est d'autant plus importante que la période du courant alternatif est souvent exprimée sous forme d'écriture scientifique en raison

de la rapidité des mouvements des particules électriques qui la créent. Les élèves doivent donc non seulement réaliser des conversions d'unités, mais aussi manipuler les puissances de 10, ce qui ajoute une couche de complexité supplémentaire. Ces opérations font appel à des compétences mathématiques spécifiques telles que la multiplication et la division de puissances de 10, qui posent souvent problème. Ces constatations font écho à celles de Butuner et Uzun (2011)³⁶ mentionnées par Cebesoy & Yeniterzi (2016), qui mettent en avant les difficultés des enseignants à enseigner certains concepts en physique en raison des lacunes des élèves en matière de conversions d'unités. Par ailleurs, Boudreaux et al. (2015) ont démontré que très peu d'élèves sont réellement capables de réaliser des conversions d'unités correctes malgré leur importance cruciale pour la compréhension des phénomènes physiques. Selon Dorko (2012), la réussite dans les domaines des sciences, technologies, ingénierie et mathématiques (STEM) repose sur la capacité à obtenir des réponses quantitatives précises et sur la compréhension des relations entre ces quantités et le monde physique, notamment à travers les unités de mesure. Les unités ne devraient pas être considérées comme de simples annotations à ajouter à la fin d'un calcul, mais comme des éléments porteurs de sens conceptuel. Dans le cadre de cette étude, un élève qui a compris que le courant alternatif provient de mouvements de particules extrêmement rapides ne devrait pas concevoir une période aussi longue que, par exemple, $T=3$ minutes, qu'il jugerait inappropriée. Cela met en lumière le fait que la maîtrise des unités joue un rôle crucial dans la validation du sens physique des résultats. Malgré cela, l'enseignement des conversions d'unités est souvent négligé au niveau secondaire. Pourtant, comme le souligne Gilman (2013), les enseignants devraient accorder une importance équivalente à l'enseignement des différents types de conversions, étant donné leur rôle central dans l'apprentissage des sciences physiques.

3.5.1.1.1. Question 1 : Conversion de 15 ms en secondes, en écriture scientifique

L'objectif de cette question est de tester la capacité à convertir des unités de temps, une compétence essentielle pour la lecture et l'interprétation des oscillogrammes. En utilisant l'écriture scientifique, il est possible d'exprimer des durées très courtes, telles que les millisecondes, de manière normalisée, ce qui facilite leur manipulation dans les formules. Les difficultés attendues se situent au niveau de la reconnaissance de l'ordre de grandeur ($\text{milli}=10^{-3}$) et de l'application précise du format scientifique.

³⁶ Butuner, S. Ö. & Uzun, S. (2010). Fen öğretiminde karşılaşılan matematik temelli sıkıntılar: Fen ve teknoloji öğretmenlerinin tecrübelerinden yansımalar, *Kuramsal Eğitimbilim*, 4(2), 262-272.

3.5.1.1.2. Question 2 : Conversion de 5 μ s en secondes, en écriture scientifique

Cette deuxième question a pour but de vérifier les connaissances des élèves en mathématiques, en particulier leur capacité à manipuler les puissances négatives et à placer correctement la virgule dans l'écriture scientifique. En effet, avec une unité encore plus petite (une microseconde équivaut à 10^{-6}), le niveau de difficulté est augmenté. Cette question permet également de distinguer les élèves qui ont assimilé le principe de conversion de ceux qui ne l'ont pas encore compris.

3.5.1.1.3. Question 3 : Conversion de 5 hs en secondes, en écriture scientifique

Cette question introduit une unité de temps de plus grande échelle, en l'occurrence l'hectoseconde, équivalente à 10^2 secondes. Cela permet de tester la capacité des apprenants à manipuler des grandeurs temporelles de grande valeur tout en appliquant le formalisme scientifique. Les erreurs fréquentes à éviter sont notamment la confusion entre les multiples et les sous-multiples, ainsi que la difficulté à gérer correctement les puissances positives dans ce contexte.

3.5.1.1.4. Question 4 : Conversion de 5 Gs en secondes, en écriture scientifique

Cette question traite des ordres de grandeur très élevés (giga = 10^9), qui sont souvent peu familiers aux élèves. Elle vise à compléter l'évaluation de la compréhension des préfixes couramment utilisés dans le système international. Cette question est particulièrement pertinente pour les élèves des filières techniques ou scientifiques, qui peuvent être confrontés à ce type d'ordre de grandeur en électrocinétique ou en physique nucléaire.

Partie 2

Cette partie aborde un aspect essentiel du concept de période : la récurrence d'un signal. Son objectif est d'évaluer la capacité de l'élève à identifier, sur un oscillogramme, la présence d'un motif élémentaire qui se répète de manière identique au fil du temps. Ainsi, l'élève doit combiner des compétences d'observation graphique et une compréhension conceptuelle de ce qu'est un motif élémentaire en physique.

Au-delà de la simple reconnaissance visuelle, cette partie incite l'élève à conceptualiser de manière qualitative la notion de période, en différenciant les signaux périodiques des signaux non périodiques. Elle représente donc une étape cruciale dans l'évaluation de sa capacité à établir un lien entre la forme du signal et son comportement dans le temps.

3.5.1.1.5. Question 5 : Identification d'un signal périodique

Dans cette question, on aborde un élément essentiel du concept étudié : la périodicité. L'objectif est de permettre à l'élève d'identifier un motif récurrent sur un oscillogramme. Pour cela, il doit non seulement faire preuve d'une capacité d'analyse visuelle, mais aussi avoir une compréhension claire de ce qu'est un motif élémentaire en physique. En somme, cette question vise à évaluer la capacité des élèves à conceptualiser qualitativement la notion de période.

Partie 3

Dans ce travail de recherche, l'incorporation de la lecture des coordonnées est justifiée par la nécessité de distinguer clairement entre l'alternance positive et l'alternance négative d'un signal sinusoïdal alternatif. Cette distinction est cruciale pour éviter les confusions conceptuelles, en particulier en ce qui concerne la définition de la période. Des études récentes (Young & Heckler, 2018) ont montré que les apprenants ont tendance à confondre la demi-période avec la période complète, ce qui entrave leur compréhension des phénomènes oscillatoires.

De manière intuitive, les élèves perçoivent souvent l'alternance négative comme un simple reflet inversé de l'alternance positive, les considérant comme identiques, semblables à deux calebasses similaires dont l'une serait juste retournée (voir figure 25). Cependant, ce raisonnement analogique ignore la spécificité temporelle et spatiale de chaque alternance, en négligeant les conventions mathématiques liées à l'analyse des signaux, notamment l'utilisation des coordonnées cartésiennes. Cette approche intuitive empêche les apprenants de reconnaître correctement le motif élémentaire se répétant dans un signal périodique.



Figure 26 : Deux calebasses identiques

Source : [Calebasse - Gold Food Africa](#)

C'est dans cette optique que le concept de coordonnées cartésiennes est introduit pour dissiper ces conceptions spontanées. L'objectif est de fournir aux apprenants un cadre de référence précis leur permettant d'interpréter correctement des représentations graphiques et de déterminer avec précision la période d'un signal.

Les études préliminaires menées pour élaborer le questionnaire de cette recherche ont révélé que la majorité des élèves ont des difficultés significatives à lire les coordonnées des points dans un système de coordonnées orthogonales, même lorsque celui-ci est gradué selon des échelles standards (par exemple, 1 unité pour 1 division). Ces difficultés s'accroissent lorsque l'échelle adoptée est différente, comme par exemple 1 division pour 5 unités : de nombreux élèves continuent alors à raisonner comme si l'échelle était de 1 pour 1, ignorant la véritable graduation du repère. Ces constatations renforcent la pertinence d'introduire la lecture des coordonnées comme un élément essentiel de cette étude.

Sur le plan théorique, plusieurs recherches ont mis en lumière ces difficultés. Par exemple, Maryanto et al. (2022) montrent que de nombreux élèves ont du mal à lire les coordonnées des points en raison d'une compréhension insuffisante du concept de coordonnées cartésiennes. D'autres études (Dewi et al., 2018; Mevarech & Kramarsky, 1997; Onwu, 1993) soulignent les erreurs fréquentes liées à l'ordre des variables, à la localisation des points ou encore à la détermination des coordonnées x et y , entraînant une mauvaise interprétation des graphiques. Tairab & Khalaf Al-Naqbi (2004) attribuent ces difficultés à un manque de pratique, une idée également soutenue par Ruf et al. (2024).

3.5.1.1.6. Question 6 : Quelles sont les coordonnées du point A en considérant 1 ms/div et 1 V/div ?

Cette question vise à évaluer la capacité des élèves à lire avec précision les coordonnées d'un point sur un plan cartésien à deux dimensions, en prenant en compte les échelles indiquées sur les axes. Elle fait appel à des connaissances fondamentales telles que la lecture des graduations et l'application des valeurs horizontales et verticales. Un problème récurrent est la confusion entre les coordonnées, certains élèves inversant l'abscisse et l'ordonnée ou utilisant incorrectement l'échelle. Les compétences évaluées incluent : faire correspondre les axes aux variables appropriées (par exemple, le temps sur l'axe des abscisses et la tension sur l'axe des ordonnées), multiplier le nombre de divisions par l'échelle adéquate, et se souvenir du bon signe en fonction du cadran où se situe le point.

3.5.1.1.7. Question 7 : Quelles sont les coordonnées du point C (5 ms/div ; 10 V/div) ?

Dans ce cas, l'objectif est comparable à celui de la question précédente, mais avec des échelles différentes. Il s'agit de vérifier si les apprenants sont capables d'ajuster leur raisonnement en fonction de paramètres graphiques variables. Cela suppose qu'ils comprennent la relation de proportionnalité entre les divisions et les unités physiques utilisées. Il arrive parfois que certains élèves appliquent les mêmes valeurs numériques que dans une échelle précédente sans prendre en compte les nouvelles unités de mesure. Cela témoigne d'une approche superficielle de l'analyse du graphique.

3.5.1.1.8. Question 8 : Quelles sont les coordonnées du point H (10 ms/div ; 15 V/div) ?

Cette question met en avant des valeurs plus élevées qui se situent sur des échelles plus complexes, ce qui rend le calcul plus difficile. Elle vise à renforcer la capacité des élèves à lire un oscillogramme en les confrontant à des ordres de grandeur variés. Certains élèves peuvent être déstabilisés par la présence de nombres importants (par exemple 70 au lieu de 7), ce qui demande une certaine maîtrise des multiplications ainsi qu'une grande vigilance quant aux unités utilisées.

Partie 4

La période, définie comme la durée d'un motif élémentaire dans la représentation graphique d'un signal périodique, se lit sur l'axe horizontal du graphique. Sa détermination nécessite donc la capacité à identifier et interpréter un segment horizontal. Toutefois, de nombreuses études ont montré que les apprenants éprouvent des difficultés à différencier l'axe des abscisses (temps) de l'axe des ordonnées (amplitude), ce qui nuit à une lecture correcte du graphique. Il est dès lors essentiel de renforcer la compétence de lecture à la fois des segments horizontaux et verticaux dans les représentations graphiques.

Au-delà de la simple identification des axes, une difficulté importante réside dans la prise en compte correcte des échelles associées. La valeur d'un segment dépend à la fois du nombre de divisions observées et de l'échelle attribuée à l'axe correspondant. Or, les apprenants tendent souvent à ignorer ou confondre les échelles, ce qui compromet l'interprétation quantitative du graphique. Comme le soulignent Ruf et al. (2024), les élèves rencontrent fréquemment des difficultés dans la lecture et l'application des échelles. De même, Nixon et al.

(2016) ont observé que la détermination des échelles posait problème aux étudiants lors de la réalisation de graphiques dans des contextes expérimentaux en laboratoire de physique.

Les oscillogrammes, en particulier, reposent sur des conventions spécifiques : affectation des variables aux axes, choix des unités et attribution des échelles (Ruf et al., 2024). La compréhension de ces conventions est indispensable pour une interprétation rigoureuse. À ce propos, Keller (2008) met en évidence le rôle fondamental, mais souvent sous-estimé, des connaissances scientifiques dans l'interprétation graphique. Il souligne que la compétence d'interprétation ne repose pas uniquement sur la lecture visuelle, mais implique également l'usage d'heuristiques et de connaissances procédurales, que les enseignants devraient intégrer explicitement dans leurs pratiques pédagogiques.

3.5.1.1.9. Question 9 : Quelle est la valeur du segment [AB] (1 ms/div ; 1 V/div) ?

L'objectif de cette question est de s'assurer que les élèves ont la capacité de reconnaître le nombre de divisions parcourues par un segment vertical et de faire une multiplication précise en utilisant l'échelle verticale, tout en évitant toute confusion avec l'échelle horizontale. Cette tâche fait appel à différents concepts clés, incluant la nature de la grandeur mesurée qui, dans ce cas, est une tension représentée sur l'axe vertical, et l'application directe de la formule suivante : valeur = nombre de divisions $\times$ échelle.

3.5.1.1.10. Question 10 : Quelle est le nom de la grandeur physique portée par [AB] ?

Cette question est bien plus complexe qu'il n'y paraît au premier abord. En effet, elle cherche à évaluer la capacité de l'élève à reconnaître la signification physique de la variable associée au segment [AB]. Pour cela, il doit non seulement se fier à sa position sur l'axe vertical du graphique, mais aussi aux indications fournies sur l'oscillogramme, telles que la tension ou l'intensité du courant. Cette analyse nécessite une compréhension approfondie des grandeurs physiques en jeu, ainsi qu'une lecture attentive des légendes et annotations des axes du graphique. Il est essentiel de souligner que certains élèves pourraient passer à côté de ces informations cruciales et en arrivent à des conclusions erronées en se basant uniquement sur des conventions générales.

3.5.1.1.11. Question 11 : Quelle est l'unité de mesure de la grandeur portée par [AB] ?

Cette question vise à évaluer si l'élève est capable de faire le lien entre la grandeur physique mentionnée à la question précédente (question 10) et son unité de mesure correspondante. Cela nécessite non seulement une lecture précise du graphique, mais aussi une compréhension de la relation entre la grandeur et son unité de mesure à travers une analyse graphique.

3.5.1.1.12. Question 12 : Quelle est la valeur du segment [DG] (5 ms/div ; 10 V/div) ?

L'objectif de cette question est de déterminer si les élèves ont la capacité d'identifier le nombre de subdivisions traversées par un segment horizontal et de le multiplier de manière précise par l'échelle horizontale, tout en évitant de faire des erreurs avec l'échelle verticale. Les élèves devront mobiliser leur compréhension de la nature de la grandeur physique en question, qui est ici le temps (variable horizontale), ainsi que leur aptitude à appliquer la formule de lecture graphique : valeur = nombre de subdivisions $\times$ échelle.

3.5.1.1.13. Question 13 : Quelle est le nom de la grandeur physique portée par [DG] ?

Cette question ne se contente pas de lire simplement un segment vertical. Elle cherche à s'assurer que l'élève comprend la nature physique de la variable représentée par [AB], en combinant à la fois la position sur le graphique (axe vertical) et les indications fournies dans l'oscillogramme (comme "tension" ou "intensité"). Il est essentiel de savoir faire la distinction entre différentes grandeurs physiques (tension, intensité, etc.) et de lire avec précision la légende ou les annotations sur les axes. Il est important de souligner qu'un point d'attention important est le fait que certains élèves ont tendance à ignorer les annotations spécifiques, se contentant de déductions générales et risquant ainsi de se tromper dans l'identification de la grandeur en question.

3.5.1.1.14. Question 14 : Quelle est l'unité de mesure de la grandeur portée par [DG] ?

Il est demandé à l'élève, dans cette question, de démontrer sa capacité à associer la grandeur physique identifiée dans la question précédente (question 13) à l'unité de mesure qui lui est appropriée. Cela nécessite non seulement une bonne compréhension du repère utilisé,

mais aussi une maîtrise de la correspondance entre une grandeur et son unité de mesure à travers une analyse graphique approfondie.

Partie 5

La dernière partie du questionnaire aborde la question centrale en évaluant la capacité des apprenants à reconnaître un modèle périodique de base. Elle explore leur capacité à identifier un segment du signal qui se répète de manière identique dans le temps, avec un intervalle constant sur l'axe horizontal qui représente la période. Cette étape est essentielle, car elle fournit un moyen pratique de définir le concept de période dans un cadre graphique.

Des auteurs tels que Young et Heckler (2018) ont souligné que cette tâche n'est pas simple : la littérature mentionne des confusions fréquentes entre la période entière et la demi-période, surtout dans un contexte éducatif. Une fois la reconnaissance du motif élémentaire vérifiée, l'objectif est également d'évaluer la capacité à calculer avec précision la valeur de la période à partir des informations fournies par l'oscillogramme.

3.5.1.1.15. Question 15 : Identification d'un motif élémentaire périodique sur un oscillogramme (Sinus)

L'objectif de cette question est d'évaluer la capacité des apprenants à reconnaître graphiquement un motif élémentaire qui se répète de manière identique, caractéristique d'un signal alternatif sinusoïdal. Cette compétence est essentielle pour comprendre intuitivement le concept de période, avant toute formalisation mathématique. Les élèves doivent être capables d'identifier visuellement le motif ainsi que le segment de temps qui le délimite. Dans cette situation, la courbe sinusoïdale débute à l'origine, ce qui en fait une fonction sinus.

3.5.1.1.16. Question 16 : Identification d'un motif élémentaire périodique sur un oscillogramme (Cosinus)

L'objectif de cette question est d'évaluer la capacité de l'apprenant à identifier visuellement un motif élémentaire qui se répète de manière identique, typique d'un signal sinusoïdal alternatif. Cette étape est essentielle pour permettre une compréhension intuitive du concept de période, avant même toute formalisation mathématique. L'élève doit ainsi examiner attentivement le motif ainsi que le laps de temps qui le délimite. Il convient de noter que la courbe sinusoïdale en question ne démarre pas à l'origine, ce qui en fait une fonction cosinus. Cette question supplémentaire vise à déterminer si le fait que le courant alternatif sinusoïdal

démarrer à l'origine ou non peut influencer sur la compréhension des apprenants en ce qui concerne l'identification d'un motif périodique sur un oscillogramme.

3.5.1.1.17. Question 17 : Calcul de la période à partir des réglages de l'oscilloscope (Sh et Sv)

À ce moment crucial du questionnaire, les élèves sont confrontés à un défi de taille : calculer la période de manière numérique en se basant sur trois éléments essentiels. Tout d'abord, ils doivent utiliser le motif élémentaire (qui a été identifié aux questions 15 et 16), puis prendre en compte le nombre de divisions mesuré, ainsi que l'échelle de l'axe des abscisses (notée $b = 5 \text{ ms/div}$). Cette étape nécessite donc une transition de la lecture graphique à un calcul purement numérique, en appliquant la formule suivante : $T = n \times b$, où n représente le nombre de divisions et b la sensibilité horizontale. Pour réussir cette tâche, les élèves doivent être en mesure de lire correctement les divisions, comprendre les échelles utilisées, effectuer la multiplication et éventuellement convertir les unités en secondes si nécessaire. Cependant, plusieurs obstacles se dressent sur leur chemin : certains oublient de faire la conversion (de millisecondes en secondes), comptent incorrectement les divisions, commettent des erreurs avec les puissances de 10, ou font des erreurs dans la notation scientifique. Tous ces éléments peuvent potentiellement les empêcher de trouver la période correcte.

3.5.1.1.18. Question 18 : Calcul de la période avec indication directe dans l'oscillogramme

Cette question demande des élèves une certaine capacité à faire preuve d'abstraction : en effet, l'échelle n'est pas simplement donnée séparément, mais est indiquée directement sur le graphique. Cela teste leur autonomie et leur habileté à repérer les bonnes informations pour résoudre le problème. Il arrive fréquemment que des difficultés surgissent : certains font des erreurs dans le comptage des divisions, tandis que d'autres confondent les unités (par exemple ms au lieu de s). Les puissances de 10 posent souvent problème, tout comme l'écriture scientifique qu'il est nécessaire d'appliquer correctement pour trouver la réponse exacte.

3.5.2. Validation du questionnaire

La validation d'un questionnaire est une étape cruciale dans toute recherche. Elle garantit la qualité, la fiabilité et la pertinence des données collectées. Un questionnaire bien validé permet d'obtenir des informations précises et objectives, permettant une analyse rigoureuse et des conclusions significatives. Selon Bayle (2000), un questionnaire doit répondre

à trois préoccupations fondamentales dans le processus de son établissement. La première étape est d'« assurer la validité du questionnaire afin qu'il constitue un instrument permettant d'obtenir des réponses qui traduisent la réalité que l'on veut étudier »(p.72). La deuxième étape vise à assurer la fidélité du questionnaire, c'est-à-dire que son administration, dans des conditions similaires et à intervalles de temps rapprochés, à un même groupe ou à des personnes présentant des caractéristiques comparables, conduit à des réponses sensiblement identiques (Bayle, 2000; Tchibozo, 2019). La troisième et dernière étape consiste à rendre le questionnaire opératoire c'est-à-dire « qu'il doit être conçu de façon à faciliter son application, la classification des réponses obtenues, l'interprétation de ces réponses, et, plus généralement, leur exploitation. » (Bayle, 2000, pp. 73).

3.5.2.1. Validité du questionnaire

Une fois les objectifs de recherche définis, un ensemble de questions spécifiques a été élaboré afin de les traduire en outils d'investigation. Le questionnaire ainsi conçu a été présenté lors d'un séminaire du laboratoire de Recherche Interdisciplinaire en Didactique de l'École Normale Supérieure de Yaoundé. Cette présentation a donné lieu à des retours critiques constructifs et à plusieurs suggestions d'amélioration. À l'issue de cette phase de révision, le questionnaire a été validé à la suite de discussions entre deux chercheurs titulaires d'un doctorat en didactique et le chercheur principal.

Une première version du questionnaire a ensuite été soumise à des élèves de classe de troisième du Lycée Général Leclerc de Yaoundé. Les retours recueillis ont permis d'identifier certaines difficultés de compréhension liées à la formulation de certaines questions. Des ajustements ont alors été apportés : reformulation, ajout ou suppression de certains items. Cette phase a conduit à l'élaboration d'une version finalisée, testée auprès d'élèves de troisième ESP du Lycée de Ngoa-Ekellé en vue d'une dernière vérification. À cette occasion, des difficultés ont été relevées concernant les questions à choix multiples. Pour y remédier, la structure du questionnaire a été adaptée afin d'en faciliter la compréhension par l'ensemble des participants.

3.5.2.2. Fiabilité du questionnaire

Pour évaluer la fiabilité du questionnaire conçu pour cette étude, la méthode du split-half a été utilisée (Tchibozo, 2019). Cette technique implique de donner le même questionnaire à deux groupes distincts d'étudiants appartenant tous à des classes de Troisième du lycée de Ngoa-Ekellé. Les deux groupes ont été formés de façon à être similaires en termes d'âge, de

niveau scolaire, de filière et de performances antérieures en sciences physiques. Chaque groupe comptait au moins trente élèves, ce qui était le minimum requis pour garantir une analyse statistique fiable.

Les deux groupes ont passé le questionnaire dans des conditions similaires. Ensuite, les résultats ont été analysés en utilisant divers indicateurs statistiques (moyennes, médianes, écarts types) afin de déterminer s'il existait des différences significatives dans les réponses.

Les analyses n'ont pas révélé de différences statistiquement importantes entre les deux groupes, ce qui confirme la cohérence interne du questionnaire et sa fiabilité. En d'autres termes, les réponses obtenues sont fiables et reproductibles dans des conditions similaires, ce qui démontre que l'outil est efficace pour évaluer les connaissances et les difficultés des élèves en ce qui concerne la lecture des oscillogrammes et la compréhension du concept de période en courant alternatif.

3.5.2.3. Opérationnalité du questionnaire

La conception du questionnaire en cinq parties s'est révélée être une méthode particulièrement efficace pour assurer une application fluide, une classification claire des réponses, ainsi qu'une interprétation et une exploitation optimales des résultats recueillis. Cette organisation progressive facilite tout d'abord la mise en œuvre du questionnaire auprès des élèves. En effet, le découpage en sections distinctes, chacune axée sur une compétence spécifique, permet d'éviter toute confusion ou surcharge cognitive. Chaque partie commence par une consigne claire précisant les attentes, ce qui aide les élèves à mieux cerner leurs réponses et à limiter les erreurs dues à une mauvaise interprétation des consignes. De plus, l'uniformité dans la formulation des questions à l'intérieur de chaque partie renforce la lisibilité globale du questionnaire et améliore la qualité des réponses obtenues.

Cette structuration offre également un cadre optimal pour classer les réponses. En segmentant les questions par compétence visée (conversion d'unités, identification d'un signal périodique, lecture des coordonnées ou des segments, interprétation d'un oscillogramme), il devient plus facile d'identifier les points forts et les domaines dans lesquels les élèves éprouvent des difficultés. Les résultats peuvent donc être classés en fonction de critères tels que les réponses exactes, les erreurs de conversion, les incompréhensions liées à l'analyse graphique, etc. Cette catégorisation permet également de dresser des tableaux synthétiques et des représentations graphiques rendant l'analyse des données plus intuitive.

L'interprétation des réponses bénéficie également de cette structuration. En répartissant les questions par bloc de compétence, il est possible d'identifier précisément les obstacles rencontrés. Certaines erreurs peuvent être attribuées à un manque de compréhension conceptuelle, d'autres à des lacunes méthodologiques ou encore à des erreurs d'attention. Ce tri permet d'établir des profils d'élèves en fonction de leur niveau de maîtrise des différentes composantes du concept de période du courant alternatif. Il offre également la possibilité de comparer les performances au sein d'un même groupe d'élèves et de dégager des tendances significatives.

Enfin, les résultats du questionnaire offrent des pistes concrètes et ciblées pour une exploitation didactique. Les enseignants peuvent ainsi ajuster leurs méthodes en fonction des difficultés identifiées, par exemple en renforçant les activités liées à la lecture des coordonnées si cette compétence est en difficulté. Ce diagnostic permet également de proposer des remédiations différenciées et un soutien plus individualisé aux élèves ou aux groupes. De plus, les données recueillies servent à améliorer les supports et les contenus pédagogiques pour les adapter aux besoins réels des apprenants.

Ainsi, la structuration du questionnaire en cinq parties présente un double intérêt : elle facilite à la fois la mise en place du dispositif et la qualité des réponses, tout en étant un outil d'analyse précieux pour la construction progressive et rigoureuse du concept de période à partir d'un oscillogramme.

3.6. Séquence didactique

L'objectif principal de cette séquence didactique est d'introduire les élèves au concept de période du courant alternatif en physique, tout en approfondissant leur compréhension de ce phénomène fondamental. Dans le respect de l'approche par compétences (APC) adoptée par le Cameroun suite à la loi d'orientation de l'éducation de 1998 (Ntam Nchia et al., 2024), l'enseignement repose sur des situations-problèmes concrètes afin d'impliquer activement les apprenants dans la construction de leur savoir. Les élèves sont invités à observer, à expérimenter, à interpréter et à représenter le courant alternatif à travers des démonstrations visuelles, des exemples pratiques et une analyse guidée des oscillogrammes.

Cette séquence vise non seulement à transmettre à développer les compétences d'analyse, de raisonnement scientifique et de littératie graphique des élèves. Cette approche pédagogique s'aligne sur les principes socio-constructivistes, qui encouragent les élèves à

construire activement leurs connaissances dans un environnement d'apprentissage stimulant, centré sur des situations significatives et adaptées à leur réalité.

Comme le soulignent Ntam Nchia et al. (2024), cette approche nécessite également que les enseignants maîtrisent la nature de la science, condition essentielle pour guider les élèves vers des apprentissages authentiques et scientifiquement fondés. Ainsi, cette séquence s'inscrit dans cette perspective en articulant les exigences du programme national à une démarche rigoureuse et contextualisée de construction du concept de période.

3.6.1. Contexte

L'élaboration de cette expérimentation, une séquence didactique de six parties, a eu lieu en fin de l'année scolaire et en dehors du cadre formel et institutionnel. Lorsque cette expérimentation a eu lieu en mai 2025, l'enseignement formel et institutionnel prévu au programme est déjà terminé.

Ces rappels sont importants dans la mesure où le contexte de la mise en œuvre de la séquence didactique peut jouer un rôle important dans les connaissances préalables des apprenants (Falcade, 2002) qui peuvent avoir une incidence sur la démarche des apprenants.

3.6.2. Présentation de la séquence didactique : Construction du concept de période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme

La séquence didactique présentée s'inscrit dans le cadre d'une recherche en didactique de la physique et vise à favoriser une construction progressive et rigoureuse du concept de période du courant alternatif. Cette construction s'appuie sur l'analyse détaillée d'un oscillogramme. La conception de la séquence repose sur l'identification préalable des difficultés fréquemment rencontrées par les élèves, telles qu'elles apparaissent dans les observations de terrain et dans la littérature spécialisée. Sa structure s'organise selon une progression logique intégrant les prérequis nécessaires, l'observation et la manipulation graphique, ainsi que la formalisation mathématique du concept.

La séquence didactique commence avec une activité centrée sur la compréhension intuitive du concept de période. Les élèves tracent une courbe sur papier en suivant un oscillogramme en pointillés, afin de repérer un motif élémentaire qui se répète et d'en discuter la régularité. C'est à partir de cette observation que la définition du concept de période est introduite, en tant que durée minimale après laquelle un motif se reproduit de manière identique.

La notion de signal périodique est ainsi construite par l'expérience sensible et le raisonnement collectif.

La deuxième étape de la séquence didactique est consacrée à la mobilisation de connaissances préalables essentielles à l'analyse graphique. Elle porte notamment sur la conversion des unités de temps, en mettant l'accent sur les multiples et sous-multiples de la seconde. L'écriture scientifique est également introduite à ce stade, afin de faciliter la manipulation des grandeurs temporelles dans les phases ultérieures. À travers des exemples guidés et des exercices collaboratifs, les élèves s'approprient les règles de conversion ainsi que les principes de la multiplication des puissances de 10.

La séquence se poursuit par une activité axée sur la lecture des coordonnées de points dans un repère orthonormé à deux axes. Par le biais de situations graphiques concrètes, les apprenants apprennent à identifier correctement les valeurs temporelles et les tensions ou intensités en effectuant un repérage précis prenant en compte les échelles. Cette activité vise à développer des compétences d'interprétation graphique essentielles pour lire un oscillogramme.

Ensuite, les élèves abordent la lecture des segments horizontaux et verticaux sur un graphique. Ils doivent non seulement déterminer la valeur des segments, mais aussi leur unité de mesure ainsi que la nature physique de la grandeur représentée. Cette distinction entre l'axe temporel et l'axe de la grandeur mesurée (tension ou intensité) est cruciale pour une interprétation juste des oscillogrammes.

Une activité plus avancée introduit ensuite deux oscillogrammes similaires présentant cependant des différences au niveau des échelles et des variables portées par les axes. Les apprenants sont amenés à comparer des segments graphiquement identiques mais numériquement différents, et à expliquer les divergences en analysant les unités, les échelles et les natures des variables impliquées. Cette activité mobilise des compétences de lecture graphique, d'analyse mathématique et de raisonnement physique, tout en sensibilisant à l'importance du contexte d'interprétation.

Une activité de consolidation vient ensuite aider les élèves à relier la compréhension intuitive du concept de période avec le formalisme mathématique qui permet une détermination précise. À partir d'un oscillogramme, ils doivent déterminer si le signal est périodique, justifier leur réponse, identifier le motif élémentaire et calculer la période en secondes, en tenant compte des échelles données. Cette tâche synthétique vise à consolider les acquis en mobilisant toutes les compétences acquises jusqu'ici.

Enfin, une évaluation sommative est prévue pour conclure la séquence. Elle consiste en une série d'exercices dans lesquels les élèves doivent identifier les signaux périodiques, repérer les motifs élémentaires et calculer les périodes à partir des différents oscillogrammes qui leur sont proposés. Cette évaluation permet de mesurer la maîtrise du concept par chaque apprenant et de valider les objectifs pédagogiques visés par la séquence.

3.6.3. Analyse *a priori* de la séquence didactique

L'élaboration de cette séquence didactique repose sur deux piliers fondamentaux provenant de la Nature de la Science (NoS), qui orientent à la fois la démarche didactique et les choix méthodologiques retenus :

Tout d'abord, l'observation est considérée comme un outil essentiel pour l'apprentissage scientifique. Elle n'est pas seulement utilisée comme point de départ pour la réflexion cognitive, mais également comme un moyen épistémologique permettant à l'élève de formuler, d'organiser et de valider ses idées sur le phénomène étudié. Il ne s'agit pas d'une simple observation passive, mais d'un processus actif de lecture, d'interprétation et de construction de sens à partir de données graphiques telles que des oscillogrammes.

Ensuite, la dimension empirique de la science est mise en avant. En accord avec l'idée selon laquelle la science se construit à partir de l'expérience sensorielle et de l'interaction avec la réalité (Locke, Piaget), cette séquence engage les apprenants dans une approche inductive basée sur la manipulation, la perception visuelle et la production graphique des oscillogrammes. En intégrant l'expérimentation et la perception directe dans le processus d'enseignement-apprentissage, cette méthode met en valeur le caractère concret et expérimental de l'acquisition des connaissances en physique. Ainsi, cette séquence didactique combine une observation guidée, un raisonnement empirique et une formalisation progressive, en cohérence avec les pratiques scientifiques authentiques et les objectifs éducatifs de l'enseignement des sciences physiques.

3.6.3.1. Analyse *a priori* de l'Activité 1 : Construction qualitative du concept de période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme

L'activité 1 est spécifiquement dédiée à la construction du concept de période dans le courant alternatif, en visant une compréhension qualitative du concept avant d'aborder toute formalisation mathématique (Lapointe, 2007). À ce stade, l'utilisation des mathématiques est

délibérément reportée afin d'éviter de créer des obstacles cognitifs prématurés qui pourraient entraver la construction intuitive du concept.

Dans le cadre d'un apprentissage actif, cette activité engage les apprenants dans une expérience sensorielle directe basée sur l'observation et la reproduction d'oscillogrammes. Elle met en avant l'aspect empirique de la connaissance scientifique, conforme aux idées des empiristes classiques tels que Locke ou Hume, pour qui toute connaissance découle de l'expérience sensorielle.

L'approche didactique adoptée vise à :

- Susciter une prise de conscience intuitive de la périodicité du signal électrique ;
- Encourager une construction progressive, par l'action et l'observation, du concept de période.

Dans un premier temps, les élèves reçoivent des oscillogrammes tracés en pointillés (voir figure 27). Chaque apprenant est invité à reproduire avec précision le tracé de l'oscillogramme à partir des pointillés (voir figure 28). Il est attendu qu'ils refassent le tracé au moins deux fois. Ce travail individuel vise à les familiariser avec l'évolution temporelle du signal avant toute discussion en groupe.

Dans un deuxième temps, les apprenants se regroupent pour réaliser un tracé complet de l'oscillogramme en se répartissant équitablement les tâches. Cette activité de groupe a pour but de favoriser les échanges autour de l'observation des formes répétitives du signal et de renforcer la compréhension intuitive de la périodicité.

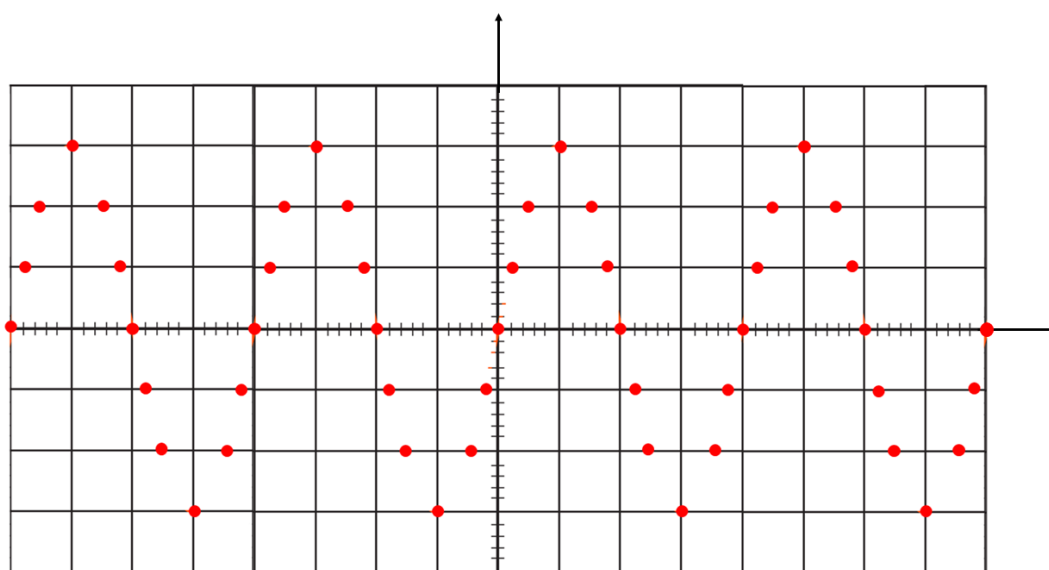


Figure 27 : Allure d'un oscillogramme en pointillés

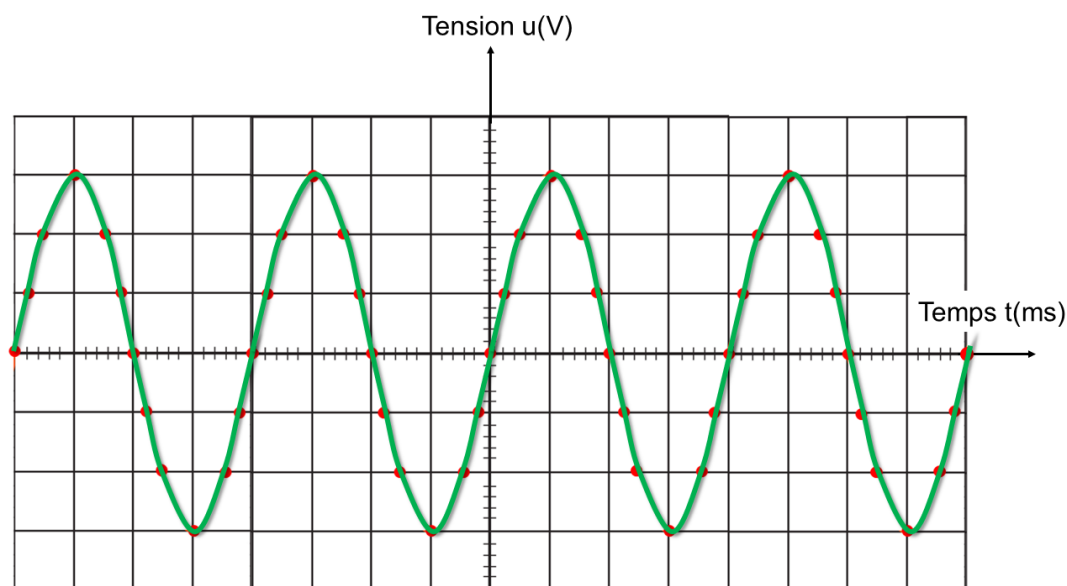


Figure 28 : Tracé manuel individuel d'un oscillogramme

1. Phase de questionnement dirigé :

L'enseignant anime la réflexion collective en posant les questions suivantes :

- Dans l'évolution du tracé, peut-on identifier un motif élémentaire qui se reproduit de manière identique ?
- Tracer cette courbe en répartissant le tracé de manière identique si possible entre les apprenants du groupe. À cet effet, à chaque motif élémentaire, changer alterner d'apprenant et de couleur pour mettre en évidence le motif élémentaire identifié (voir figure 29).

Réponses attendues

- **Identification d'un motif élémentaire** : Les élèves doivent constater qu'il existe un motif élémentaire dont la reproduction **identique** caractérise le signal périodique.
- **Réaliser un tracé collectif du signal.**

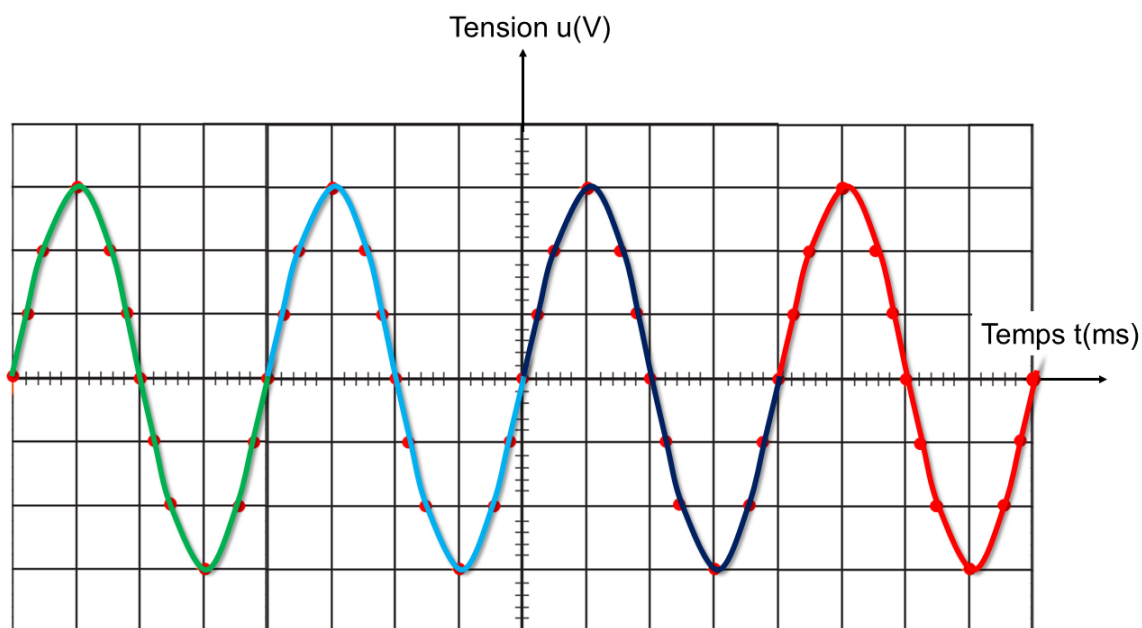


Figure 29 : Tracé manuel collectif d'un oscillogramme

Conceptualisation à introduire

À l'issue de la phase exploratoire, l'enseignant **formalisera progressivement** les concepts suivants :

- **Période** : Temps correspondant à un **motif élémentaire** (voir figure 30).
- **Signal périodique** : Signal présentant une **répétition identique** d'un motif élémentaire au cours du temps.
- **Signal non périodique** : Signal ne présentant **aucune répétition identique** d'un motif élémentaire au cours du temps.

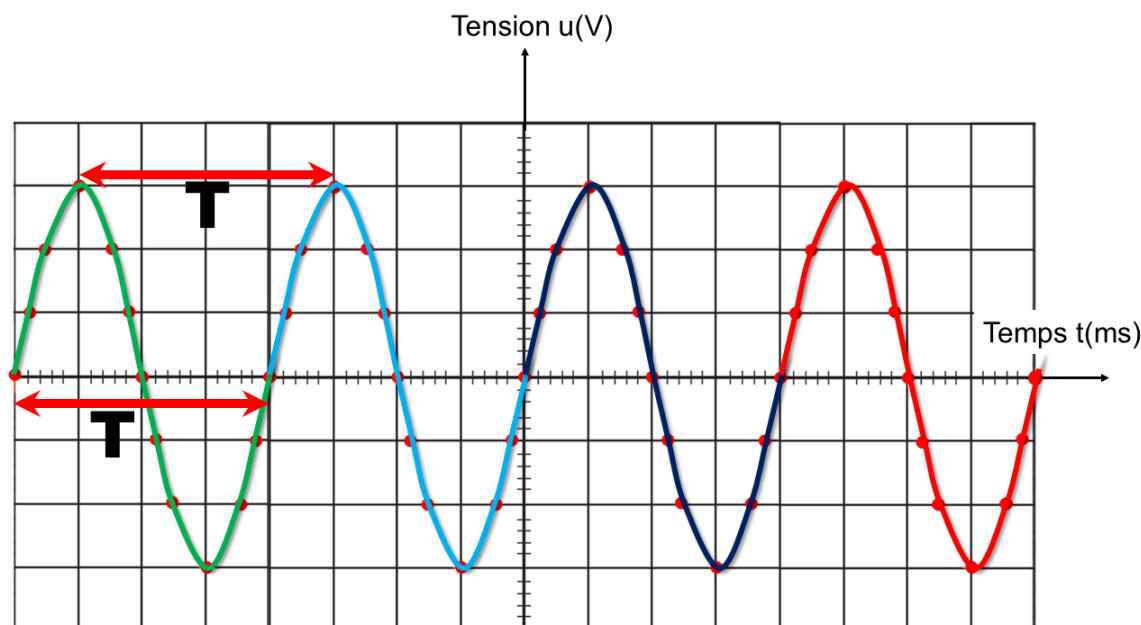


Figure 30 : Définition qualitative du concept de période à partir d'un oscillogramme

Ainsi, la définition du concept de **période** s'appuiera directement sur l'**expérience empirique** vécue par les apprenants, assurant une **compréhension solide** et **ancrée**.

L'activité 1 occupe une place cruciale dans la séquence didactique, car elle permet de **construire intuitivement** le concept de période avant toute formalisation mathématique. En s'appuyant sur l'**expérience sensorielle**, l'**observation active** et la **réflexion collective**, elle installe des **bases conceptuelles solides**, qui seront ultérieurement consolidées par l'introduction du formalisme algébrique.

3.6.3.2. Analyse a priori de l'Activité 2 : Conversion des unités de temps et écriture scientifique

L'activité 2 de cette séquence didactique est cruciale pour l'étude de la période du courant alternatif à partir de la lecture d'un oscillogramme. Son objectif est de renforcer les compétences de base liées à la manipulation des mesures temporelles en physique. Cela inclut notamment la conversion des unités de temps et l'utilisation de l'écriture scientifique.

Les objectifs de cette activité sont multiples : améliorer la maîtrise des conversions d'unités de temps en se basant sur l'unité de temps du Système International (la seconde) et ses multiples et sous-multiples couramment utilisés, promouvoir l'utilisation systématique de l'écriture scientifique pour représenter des résultats numériques, et familiariser les apprenants

avec les règles de manipulation des puissances de 10, essentielles lors de l'utilisation de la notation scientifique.

Le démarrage de l'activité se fait par une présentation collective d'un tableau de conversion des unités de temps (voir figure 31), mettant en avant les puissances de 10 associées à chaque préfixe (par exemple : milliseconde, microseconde, kiloseconde). Chaque groupe d'élèves reçoit ensuite ce tableau pour mieux le visualiser. Afin de faciliter la mémorisation, l'enseignant propose également une phrase mnémotechnique permettant d'associer chaque préfixe à sa puissance de 10 correspondante.

Préfixe	Symbole	Multiplicateur	Phrase mnémotechnique
Giga	G	$1.000.000.000 = 10^9$	Grand
Méga	M	$1.000.000 = 10^6$	Mère
Kilo	k	$1.000 = 10^3$	Kelly
Hecto	h	$100 = 10^2$	CONNU !
Déca	da	$10 = 10^1$	
Unité		$1 = 10^0$	
Déci	d	$\frac{1}{10} = \frac{1}{10^1} = 10^{-1}$	
Centi	c	$\frac{1}{100} = \frac{1}{10^2} = 10^{-2}$	Mange
Milli	m	$\frac{1}{1.000} = \frac{1}{10^3} = 10^{-3}$	
Micro	μ	$\frac{1}{1.000.000} = \frac{1}{10^6} = 10^{-6}$	Mille
Nano	n	$\frac{1}{1.000.000.000} = \frac{1}{10^9} = 10^{-9}$	Noix

Figure 31 : Tableau de la conversion

Deux exemples de conversion sont explicitement présentés :

- Exemple 2 : $5\mu s = 5,0 \cdot 10^{-6}s$
- Exemple 3 : $5ks = 5,0 \cdot 10^3s$

Ces exemples sont discutés en plénière afin de consolider les représentations initiales.

2. Première application collective

Les apprenants doivent ensuite convertir, en groupe, les durées suivantes en secondes :

- $5ms = \dots \dots \dots s$

- $5Ms = \dots \dots \dots s$

Les résultats attendus sont :

- $5ms = 5,0.10^{-3}s$
- $5Ms = 5,0.10^9s$

Cette tâche vise à valider la maîtrise du tableau de conversion et la compréhension des puissances de 10.

3. Introduction à l'écriture scientifique

L'enseignant explicite ensuite les règles de l'**écriture scientifique** :

- $0,0002 = 2,0.10^{-4}$
- $8450 = 8,45.10^3$

L'accent est mis sur la décomposition d'un nombre en un produit d'un coefficient compris entre 1 et 10 par une puissance de 10 adaptée.

4. Application sur l'écriture scientifique

Deux nombres sont proposés à chaque groupe pour exercice :

- $0,004 = \dots \dots \dots$
- $235 = \dots \dots \dots$

Réponses attendues :

- $0,004 = 4,0.10^{-2}$
- $235 = 2,35.10^2$

Cette étape consolide la capacité à manipuler de manière autonome les représentations scientifiques standardisées.

5. Multiplication des puissances de 10

Une explication formelle du principe de **multiplication des puissances de 10** est ensuite réalisée à partir d'exemples :

- $5,0.10^{-6}.10^4 = 5,0.10^{-2}$
- $3,2.10^4.10^{-1} = 3,2.10^3$

La capacité à combiner plusieurs puissances constitue un savoir-faire critique pour la suite de la séquence didactique.

6. Synthèse par application combinée : conversion et écriture scientifique

Pour clôturer cette activité, les élèves doivent convertir en seconde (s) et écrire sous forme scientifique $845\mu s$.

La démarche attendue est :

- $845\mu s = 8,45 \cdot 10^2 \cdot 10^{-6} s = 8,45 \cdot 10^{2-6} s = \mathbf{8,45 \cdot 10^{-4} s}$

L'activité 2 constitue une étape préparatoire essentielle pour garantir l'aisance des élèves dans les manipulations numériques ultérieures portant sur la lecture et l'interprétation d'oscillogrammes. Elle repose sur une progression méthodologique rigoureuse, de la **conversion simple** à la **manipulation combinée** de puissances de 10, conformément aux exigences du raisonnement scientifique en physique. La systématisation de l'écriture scientifique et la maîtrise des conversions temporelles renforceront la capacité des apprenants à accéder de manière autonome et méthodique aux concepts liés au **courant alternatif**.

3.6.3.3. Analyse a priori de l'Activité 3 : Lecture et interprétation graphique des coordonnées

L'activité 3 fait partie d'une série d'activités didactiques ayant pour objectif de permettre aux apprenants d'acquérir les compétences nécessaires pour lire de manière précise les coordonnées d'un point dans un repère orthonormé à deux dimensions, en tenant compte des échelles utilisées sur les axes. Cette compétence est essentielle pour pouvoir comprendre et exploiter les oscillogrammes dans le cadre de l'étude du courant alternatif.

L'objectif de cette activité est de développer une méthode rigoureuse pour lire les coordonnées dans un contexte graphique, de renforcer la capacité à se repérer dans un système d'axes gradués avec des échelles éventuellement différentes, et de préparer les apprenants à analyser de manière quantitative les oscillogrammes utilisés en physique.

Première tâche : Introduction du principe de lecture des coordonnées

L'enseignant commence par expliquer, à l'aide de deux exemples pratiques, le processus de lecture des coordonnées d'un point en tenant compte des échelles des axes.

Exemple 1 : Lecture des coordonnées du point A

Relever les coordonnées du point A en tenant compte des échelles suivantes : 15 ms/div pour l'axe des abscisses et 10 V/div pour l'axe des ordonnées.

L'enseignant relève les coordonnées du point A d'une manière pratique au tableau (voir figure 32).

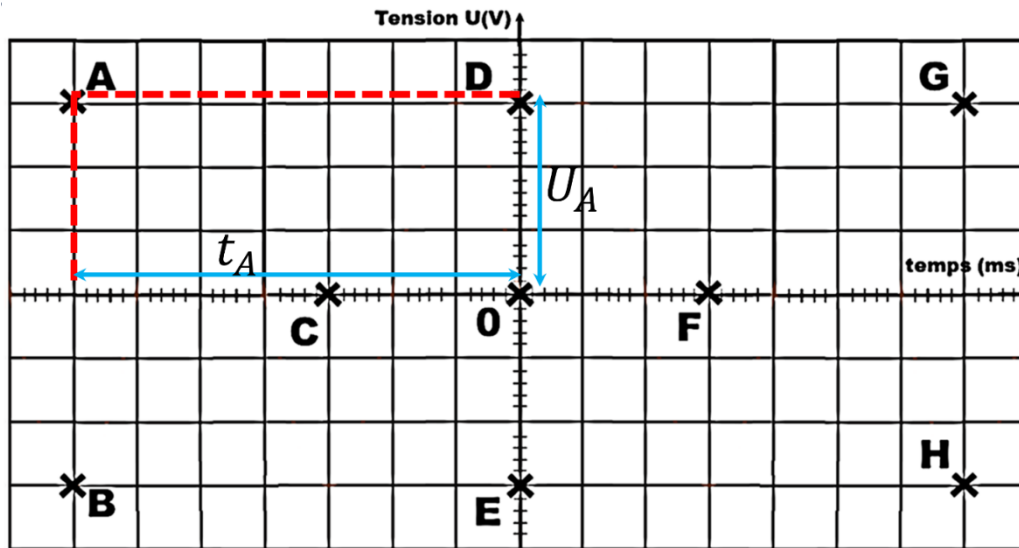


Figure 32 : Coordonnées du point A

Calcul :

$$A \begin{pmatrix} t_A \\ U_A \end{pmatrix} \Longrightarrow A \begin{pmatrix} \pm n \times b \\ \pm n \times S_v \end{pmatrix} \Longrightarrow A \begin{pmatrix} -7 \times 15 \\ +3 \times 10 \end{pmatrix} \Longrightarrow A \begin{pmatrix} -105 \\ 30 \end{pmatrix}$$

Exemple 2 : Lecture des coordonnées du point B (voir figure 33)

Relever les coordonnées du point B en tenant compte des échelles suivantes : 15 ms/div pour l'axe des abscisses et 10 V/div pour l'axe des ordonnées.

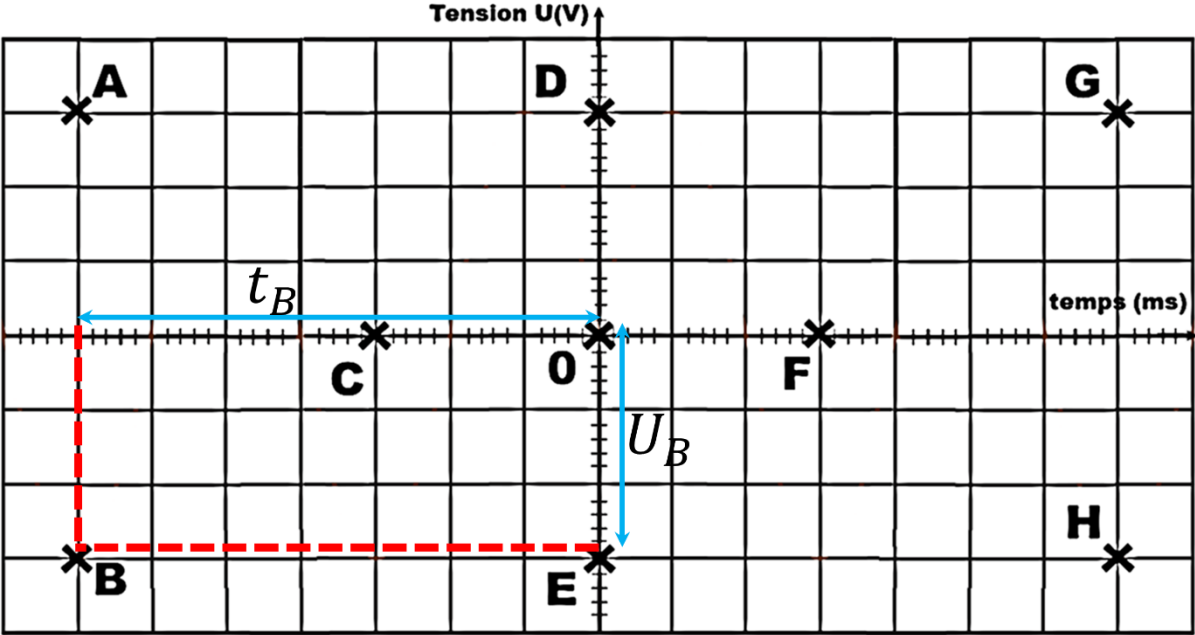


Figure 33 : Coordonnées du point B

$$B \begin{pmatrix} t_B \\ U_B \end{pmatrix} \Longrightarrow B \begin{pmatrix} \pm n \times b \\ \pm n \times S_v \end{pmatrix} \Longrightarrow B \begin{pmatrix} -7 \times 15 \\ -3 \times 10 \end{pmatrix} \Longrightarrow B \begin{pmatrix} -105 \\ -30 \end{pmatrix}$$

L'enseignant insiste sur la prise en compte rigoureuse des signes associés à la position du point par rapport aux axes.

Deuxième tâche : Application par les apprenants

Les apprenants sont invités à mettre en œuvre la méthode à travers une activité de groupe à partir d'une figure donnée.

On considère la figure suivante (voir figure 33) :

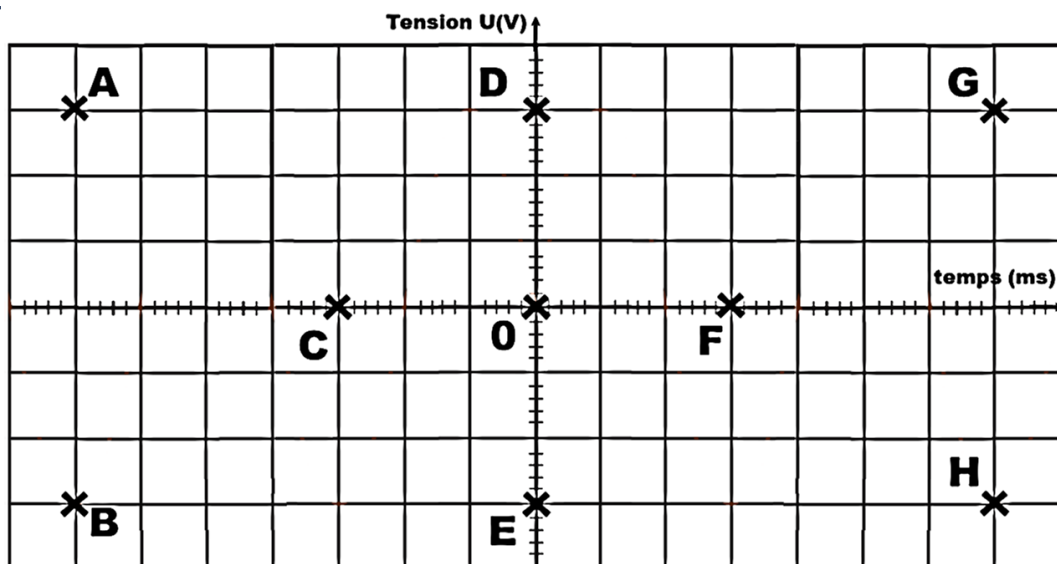


Figure 34 : Repère cartésien

Exemple 1 : Lecture des coordonnées du point G

Relever les coordonnées du point G en tenant compte des échelles suivantes (voir figure 35). 5 ms/div pour l'axe des abscisses et 15 V/div pour l'axe des ordonnées.

Calcul attendu :

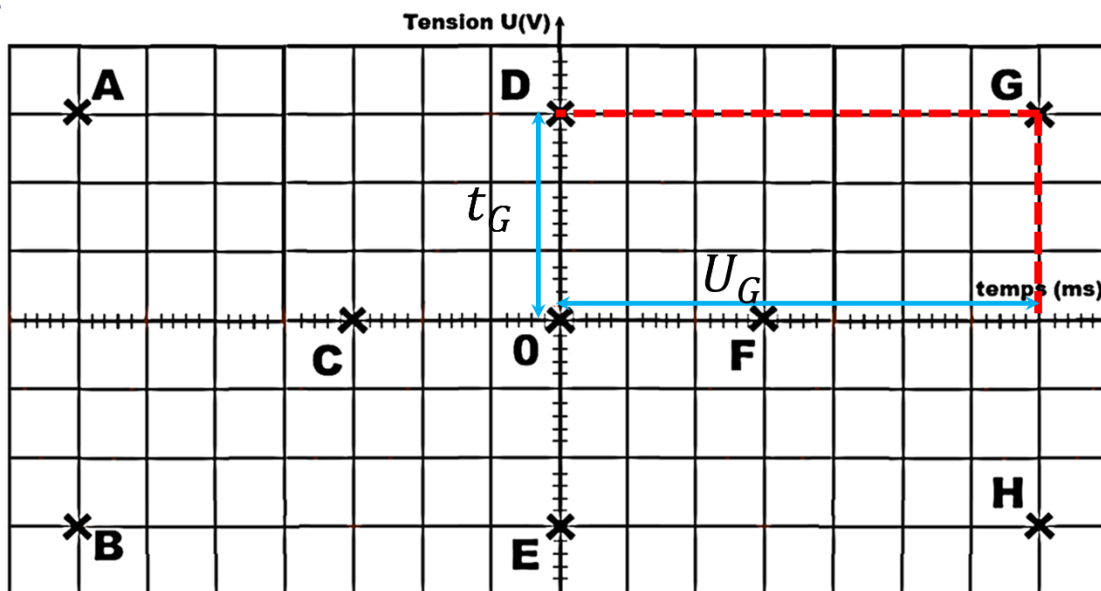


Figure 35 : Coordonnées du point G

$$G \begin{pmatrix} t_G \\ U_G \end{pmatrix} \Longrightarrow G \begin{pmatrix} \pm n \times b \\ \pm n \times S_v \end{pmatrix} \Longrightarrow G \begin{pmatrix} 7 \times 5 \\ 3 \times 15 \end{pmatrix} \Longrightarrow G \begin{pmatrix} 35 \\ 45 \end{pmatrix}$$

Exemple 1 : Lecture des coordonnées du point H

Relever les coordonnées du point H en tenant compte des échelles suivantes (voir figure 35) : 5 ms/div pour l'axe des abscisses et 5 V/div pour l'axe des ordonnées.

Calcul attendu :

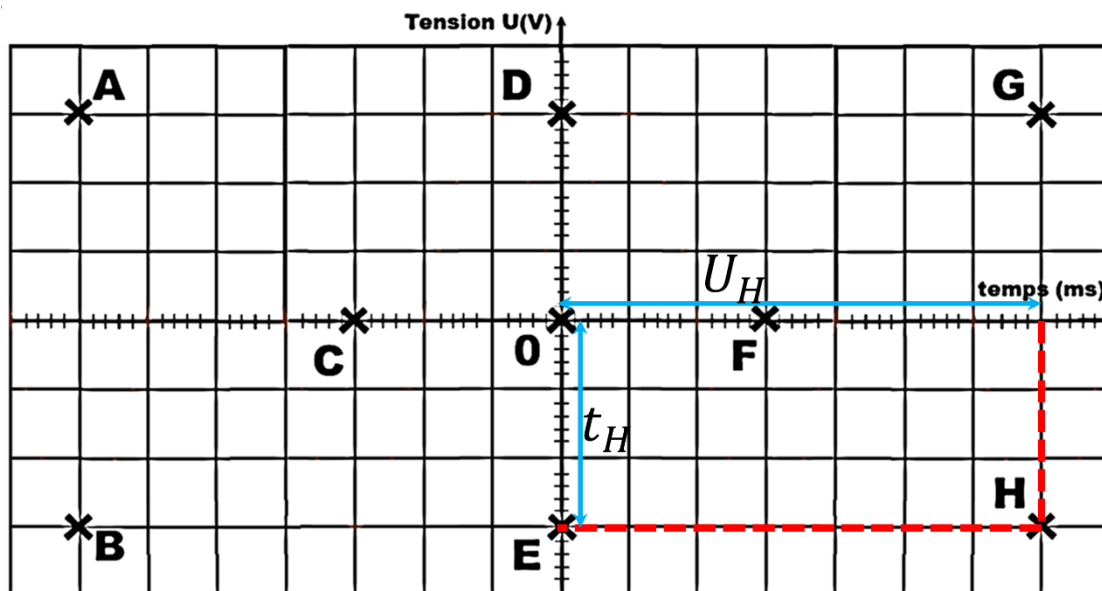


Figure 36 : Coordonnées du point H

$$H \begin{pmatrix} t_H \\ U_H \end{pmatrix} \Longrightarrow H \begin{pmatrix} \pm n \times b \\ \pm n \times S_v \end{pmatrix} \Longrightarrow H \begin{pmatrix} 7 \times 5 \\ 3 \times 15 \end{pmatrix} \Longrightarrow H \begin{pmatrix} 35 \\ 45 \end{pmatrix}$$

À partir de l'analyse a priori, plusieurs difficultés potentielles peuvent être envisagées chez les apprenants. Certains pourraient avoir du mal à comprendre que le nombre de divisions ne correspond pas directement à la valeur réelle, en oubliant de prendre en compte l'échelle indiquée sur les axes. D'autres pourraient rencontrer des difficultés liées à la gestion des signes, en oubliant de préciser si une coordonnée est positive ou négative en fonction de la position du point par rapport à l'origine. Des erreurs de calcul pourraient également survenir, notamment lors de la multiplication du nombre de divisions par la valeur de chaque division. Il est également probable que certains apprenants oublient d'indiquer les unités (par exemple, millisecondes ou volts) ou utilisent des unités inappropriées. Enfin, une certaine confusion entre les axes est envisageable, en particulier lorsque les conventions usuelles (temps en abscisse, tension en ordonnée) ne sont pas clairement définies ou comprises, ce qui pourrait entraîner une lecture incorrecte des coordonnées.

Cette activité revêt une importance didactique particulière car elle permet de développer une compétence essentielle : la lecture graphique précise dans des contextes expérimentaux en physique. En acquérant cette compétence, les apprenants seront capables d'utiliser correctement les oscillogrammes, de faire le lien entre les représentations graphiques et les grandeurs physiques qu'elles représentent, et de construire un raisonnement rigoureux en situation expérimentale. La démarche pédagogique proposée, qui alterne les phases d'explication, de pratique encadrée, de travail en groupe et de correction collective, s'inscrit dans une approche socioconstructiviste de l'apprentissage, en accord avec les théories de Vygotski et de Bruner, notamment en ce qui concerne le rôle de l'étayage dans le développement des connaissances.

3.6.3.4. Analyse a priori de l'activité 4 : Lecture de segments (horizontaux ou verticaux) graphiques dans un repère

L'objectif global de cette activité est de permettre aux apprenants de développer leur compétence en lecture graphique dans un repère orthonormé, en se concentrant particulièrement sur l'analyse d'un oscillogramme. Le but est d'aider les apprenants à être capables d'identifier de manière précise les valeurs numériques, les unités de mesure et les grandeurs physiques associées aux segments représentés sur les axes du graphique. Les segments horizontaux seront interprétés en fonction de la durée, tandis que les segments verticaux seront associés à des valeurs de tension ou d'intensité.

De manière plus précise, les objectifs spécifiques visés incluent : apprendre à lire et interpréter un segment horizontal en fonction de la durée, maîtriser la lecture d'un segment vertical en relation avec la tension ou l'intensité, identifier correctement l'unité de mesure en se basant sur l'échelle fournie sur le graphique, et associer la nature de la grandeur physique à l'axe approprié, à savoir l'axe des abscisses pour le temps et celui des ordonnées pour la tension ou l'intensité.

On considère la figure suivante (voir figure 37) :

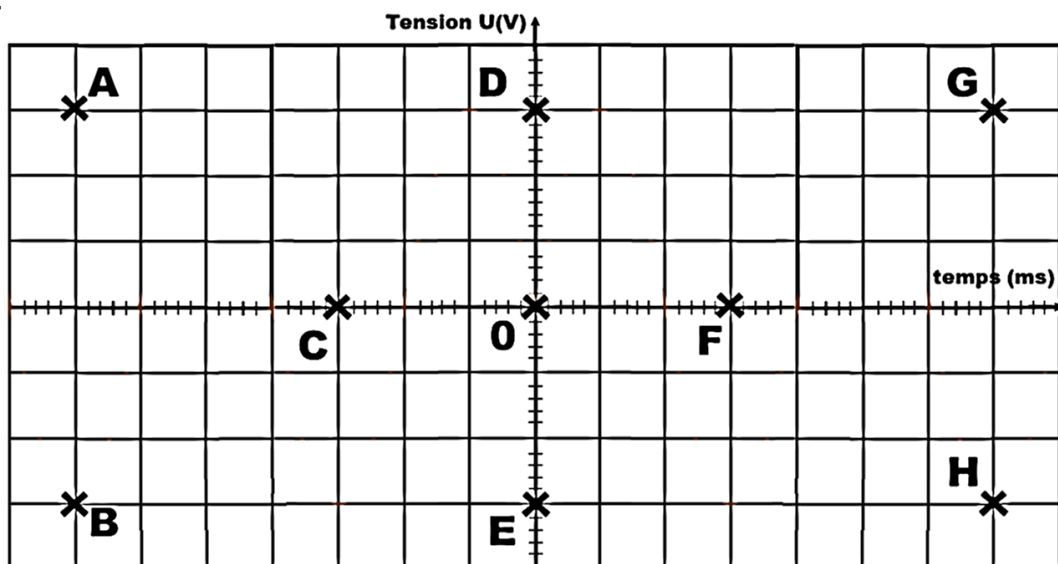


Figure 37 : Repère cartésien

Tâche 1 : Phase d'explicitation guidée

L'enseignant explicite la **procédure de lecture graphique** à travers deux cas emblématiques, en articulant trois éléments essentiels :

1. le **nombre de divisions (n)** couvert par le segment,
2. la **sensibilité ou échelle (S)** associée à l'axe,
3. la **grandeur physique** représentée et son **unité**.

Cas 1 : Segment [DG] (Lecture d'un segment horizontal)

Déterminer la valeur du segment [DG] (voir figure 38) en tenant compte des échelles suivantes : 20 ms/div pour l'axe des abscisses et 10 V/div pour l'axe des ordonnées. On précisera l'unité de mesure ainsi que le nom de la grandeur considérée.

Explication à faire :

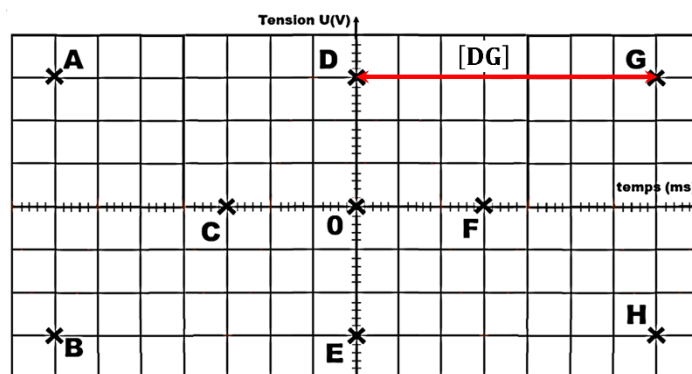


Figure 38 : Grandeur physique portée par le segment [DG]

- **Échelle temporelle** : 20 ms/div (axe des abscisses)
- **Nombre de divisions** : 7
- **Calcul** : $[DG] = 7 \times 20 \text{ ms} = 140 \text{ ms}$
- **Grandeur physique** : Temps
- **Unité** : milliseconde (ms)

Remarque didactique : Cette tâche permet de consolider la lecture temporelle, indispensable à la **détermination ultérieure de la période** du signal.

Cas 2 : Segment [AB] (Lecture d'un segment vertical)

Déterminer la valeur du segment [AB] (voir figure 39) en tenant compte des échelles suivantes : 10 ms/div pour l'axe des abscisses et 5 V/div pour l'axe des ordonnées. On précisera l'unité de mesure ainsi que le nom de la grandeur physique considérée.

Explication à faire :

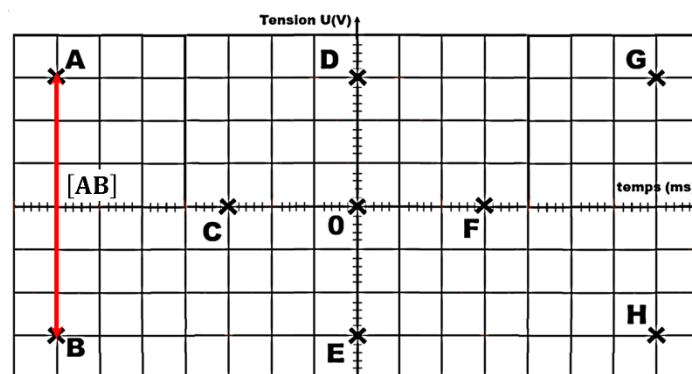


Figure 39 : Grandeur physique portée par le segment [AB]

- **Échelle de tension** : 5 V/div (axe des ordonnées)

- Nombre de divisions : 6
- Calcul : $[AB] = 6 \times 5 \text{ V} = 30 \text{ V}$
- Grandeur physique : Tension
- Unité : volt (V)

Tâche 2 : Phase d'application en groupe (travail collaboratif)

Cette phase permet de transférer la procédure apprise dans des situations nouvelles, favorisant l'autonomie cognitive des élèves.

Cas 1 : Mesure du segment [CF]

Déterminer la valeur du segment [CF] (voir figure 39) en tenant compte des échelles suivantes : 3 ms/div pour l'axe des abscisses et 20 V par division pour l'axe des ordonnées. On précisera l'unité de mesure ainsi que le nom de la grandeur physique considérée.

Les groupes ayant compris le principe donneront les réponses suivantes après les discussions.

Réponse attendue :

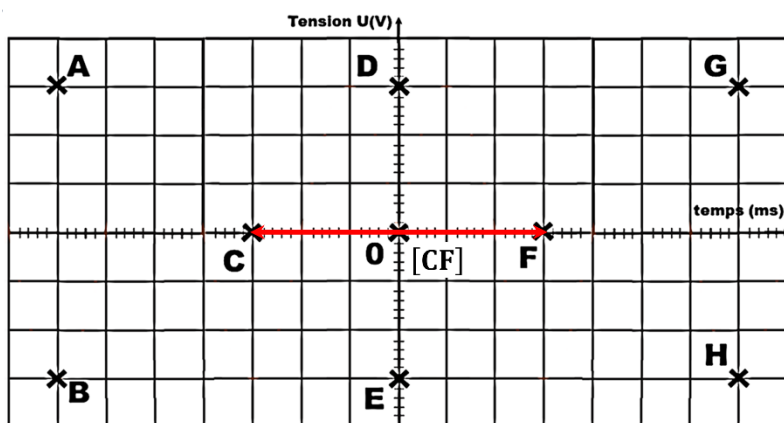


Figure 40 : Grandeur physique portée par le segment [CF]

- Échelle temporelle : 3 ms/div (axe des abscisses)
- Nombre de divisions : 6
- Calcul attendu : $[CF] = 6 \times 3 \text{ ms} = 18 \text{ ms}$
- Grandeur physique : Temps
- Unité : milliseconde (ms)

Cas 2 : Mesure du segment [OE]

Déterminer la valeur du segment [OE] (voir figure 40) en tenant compte des échelles suivantes : 10 ms/div pour l'axe des abscisses et 5 V/div pour l'axe des ordonnées. On précisera l'unité de mesure ainsi que le nom de la grandeur physique considérée.

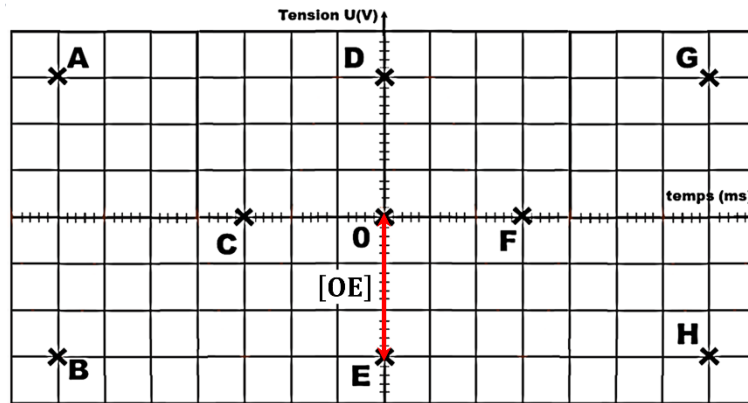


Figure 41 : Grandeur physique portée par le segment [OE]

- **Échelle de tension** : 5 V/div (axe des ordonnées)
- **Nombre de divisions** : 3
- **Calcul attendu** : $[OE] = 3 \times 5 \text{ V} = 15 \text{ V}$
- **Grandeur physique** : Tension
- **Unité** : volt (V)

En prenant en considération les difficultés potentielles auxquelles les apprenants pourraient être confrontés, il est possible d'adapter les choix pédagogiques afin de les accompagner de manière plus efficace dans l'acquisition des compétences visées. Parmi les obstacles couramment observés, on constate souvent une confusion entre l'axe horizontal, symbolisant le temps, et l'axe vertical, représentant la tension. Pour remédier à cette situation, il est recommandé d'insister sur la convention des axes et sur les symboles habituellement associés à chaque grandeur. Une autre difficulté réside dans l'utilisation incorrecte des unités, comme par exemple écrire "30 s" au lieu de "30 V". Il est donc important de pratiquer régulièrement l'association entre une unité et la grandeur physique correspondante. De plus, il arrive que certains apprenants oublient de multiplier par l'échelle ou fassent des erreurs dans cette opération. Pour éviter ces erreurs, il est conseillé d'encourager une formulation explicite : valeur = nombre de divisions $\times$ valeur de la division.

Cette activité joue un rôle clé dans la séquence pédagogique, car elle prépare directement les apprenants à mesurer la période sur un oscilloscope à partir de segments horizontaux, et à intégrer les outils graphiques et mathématiques dans l'analyse d'un signal périodique. En renforçant la connexion entre la représentation graphique, les valeurs numériques, les unités et les grandeurs physiques, elle constitue un prérequis indispensable pour une compréhension approfondie de la période du courant alternatif.

3.6.3.5. Analyse a priori de l'Activité 5 : Observation pour l'acquisition du mathématique de base dans l'interprétation d'un oscillogramme

L'activité 5 de la séquence didactique a pour objectif d'amener les apprenants à maîtriser les subtilités du formalisme mathématique lié à la détermination de la période d'un courant alternatif à partir d'un oscillogramme. Elle s'appuie sur l'analyse de situations paradoxales destinées à susciter réflexion, confrontation d'idées et discussion argumentée.

Dans cette activité, deux oscillogrammes seront présentés aux élèves. Bien qu'ils présentent une apparente similarité graphique, ces oscillogrammes diffèrent sur plusieurs aspects fondamentaux : les échelles définies sur les axes des abscisses et des ordonnées, les unités de temps utilisées (millisecondes dans le premier cas, secondes dans le second), ainsi que la nature des grandeurs représentées sur l'axe vertical (tension exprimée en volts pour le premier graphique, intensité du courant exprimée en ampères pour le second).

L'analyse attentive de ces différences conduira les apprenants à constater que, malgré une apparente ressemblance visuelle (même nombre de divisions sur les segments), les valeurs numériques, les unités de mesure, et dans le cas des axes verticaux, les grandeurs physiques associées peuvent être profondément différentes.

Cette activité repose sur l'identification d'un paradoxe apparent, la mise en discussion collaborative au sein de groupes d'élèves, et la mobilisation des connaissances liées à la lecture graphique en physique. Elle vise à ancrer durablement plusieurs compétences essentielles : le respect rigoureux des échelles, la prise en compte systématique des unités, et l'identification correcte de la nature des grandeurs physiques représentées sur les axes.

Les objectifs spécifiques poursuivis sont les suivants : comprendre l'impact des échelles et des unités sur la lecture des segments dans un oscillogramme, maîtriser l'interprétation correcte des coordonnées d'un point à partir d'un repère graphique, et distinguer avec précision la nature des grandeurs physiques portées par chacun des axes.

Déroulement et tâches attendues

En considérant les figures suivantes (voir figures 42 et 43) :

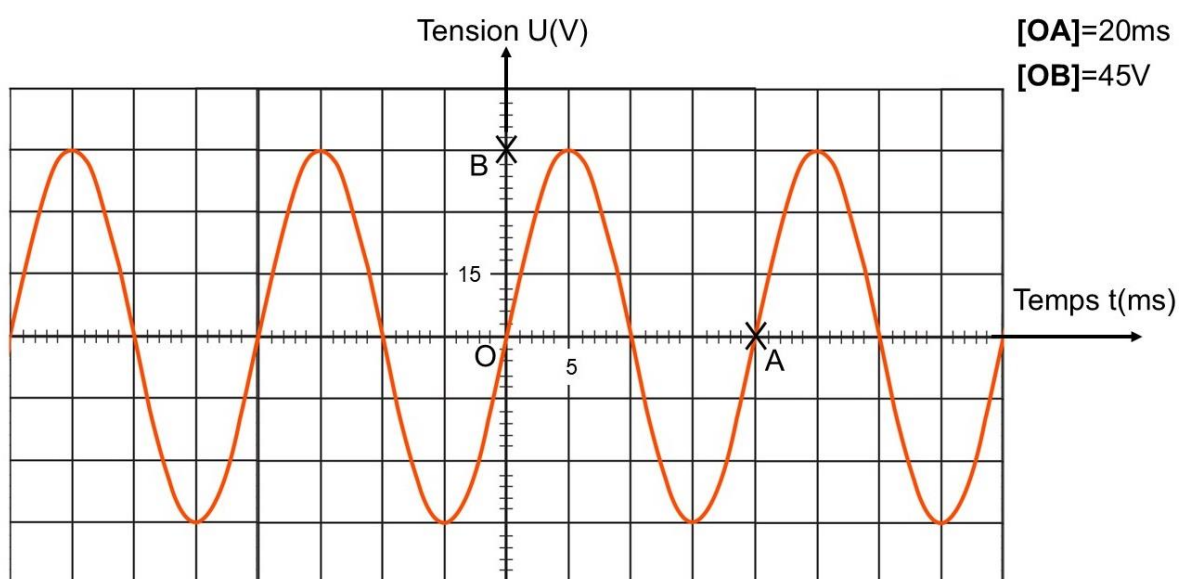


Figure 42 : Oscillogramme 1

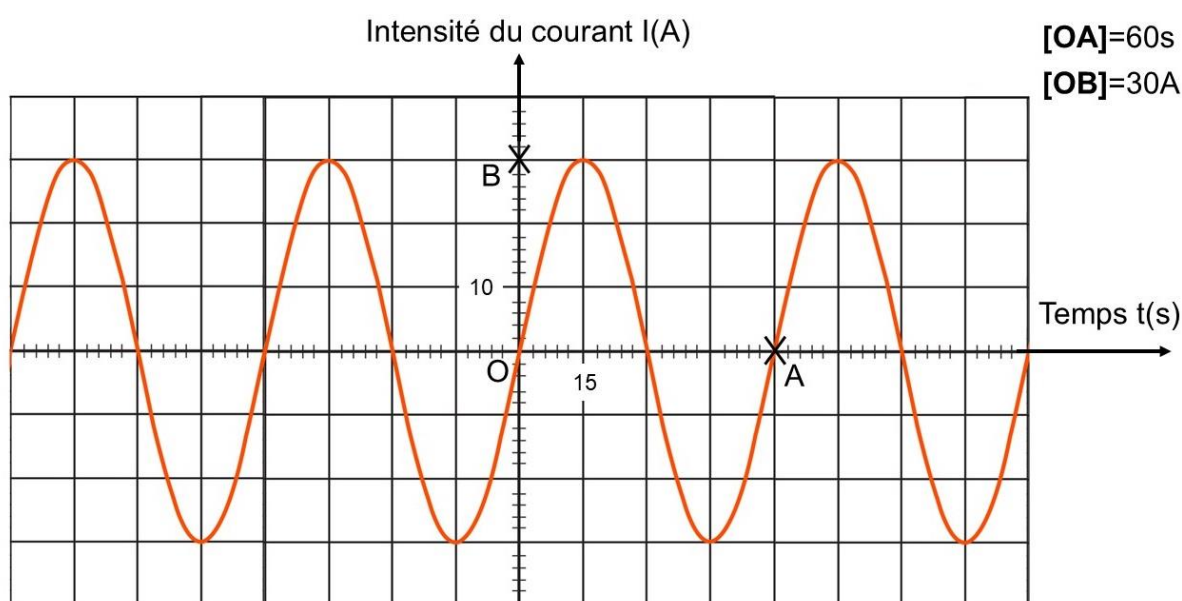


Figure 43 : Oscillogramme 2

L'enseignant pose successivement quatre questions structurantes à partir de deux figures (figure 42 et figure 43) :

Question 1 : Comment expliquez-vous la différence entre la grandeur $[OA]$ de la figure 42 et celle de la figure 43 ?

Réponse attendue :

Dans les deux figures, le segment [OA] couvre **quatre divisions**. Cependant, les échelles sont différentes :

- Dans la figure 42 : une division correspond à **5 ms**.
- Dans la figure 43 : une division correspond à **15 s**.

Ainsi,

- [OA] dans la figure 1 : $4 \times 5 = \mathbf{20\ ms}$;
- [OA] dans la figure 2 : $4 \times 15 = \mathbf{60\ s}$.

Question 2 : Comment expliquez-vous que l'unité de mesure de [OA] dans la figure 42 soit différente de celle de la figure 43 ?

Réponse attendue :

Les unités de mesure diffèrent car les **unités du temps indiquées sur les axes des abscisses** sont différentes : millisecondes (ms) pour la figure 42 et secondes (s) pour la figure 43.

Question 3 : Comment expliquez-vous la différence entre la grandeur [OB] de la figure 42 et celle de la figure 43 ? Autrement dit, expliquez d'une manière pratique le principe de cette lecture dans chaque cas.

Réponse attendue :

Le segment [OB] couvre **trois divisions** dans chaque graphique, mais :

- Dans la figure 42 : une division correspond à **15 V** ;
- Dans la figure 43 : une division correspond à **10 A**.

Ainsi,

- [OB] dans la figure 42 : $3 \times 15 = \mathbf{45\ V}$;
- [OB] dans la figure 43 : $3 \times 10 = \mathbf{30\ A}$.

Question 4 : Comment expliquez-vous que l'unité de mesure de [OB] dans la figure 42 soit différente de celle de la figure 43 ?

Réponse attendue :

Les unités diffèrent car les **grandeurs physiques** représentées sur l'axe des ordonnées sont différentes : la **tension (V)** pour la figure 42 et l'**intensité du courant (A)** pour la figure 43.

Il est prévu que certains élèves puissent avoir des difficultés spécifiques lors de l'apprentissage, telles que la confusion entre les axes des abscisses et des ordonnées, l'oubli de prendre en compte l'échelle lors de la lecture des segments, ou encore la négligence de la distinction entre la nature physique des grandeurs représentées, comme par exemple entre la tension et l'intensité.

Pour aider les élèves à surmonter ces difficultés, l'enseignant mettra en place plusieurs stratégies. Il mettra l'accent sur l'importance d'une lecture précise des indications sur les axes, rappellera systématiquement qu'il est nécessaire de vérifier l'unité associée à chaque grandeur, et encouragera les élèves à comparer de manière critique les informations liées à l'échelle, à l'unité et à la variable représentée.

L'activité 5 joue ainsi un rôle essentiel dans le développement d'une lecture critique et précise des oscillogrammes en physique. Elle prépare les apprenants à aborder avec confiance la détermination de la période et à adopter une posture d'observation experte des signaux périodiques en contexte expérimental, en articulant de manière cohérente formalisme mathématique, lecture graphique et réflexion sur les grandeurs physiques.

3.6.3.6. Analyse a priori de l'activité 6 : Consolidation intégrée du concept de période du courant alternatif

L'activité 6 revêt un caractère **consolidant**. Elle a pour fonction essentielle d'**articuler explicitement** les acquis issus :

- l'**activité 5**, centrée sur la **compréhension conceptuelle qualitative** de la notion de période.
- des **activités 2, 3, 4 et 5**, orientées vers la maîtrise du **formalisme mathématique** relatif à la détermination de la période.

En réunissant ces deux dimensions mathématique et intuitive, cette activité vise à **favoriser une compréhension globale**, intégrant à la fois **précision formelle** et **intuition physique**.

Enjeux didactiques

L'enjeu central est d'amener les apprenants à :

- **Mobiliser conjointement** leurs compétences conceptuelles et procédurales ;
- **Comprendre la complémentarité** entre une approche intuitive du phénomène périodique et son **traitement mathématique rigoureux** ;
- **Appréhender la période** non seulement comme une **réalité physique observable et mesurable**, mais aussi comme un objet de calcul.

À travers cette consolidation, l'activité vise une **stabilisation conceptuelle** durable, en établissant des liens solides entre la pratique graphique, la perception intuitive et la formalisation mathématique.

Présentation d'un oscillogramme

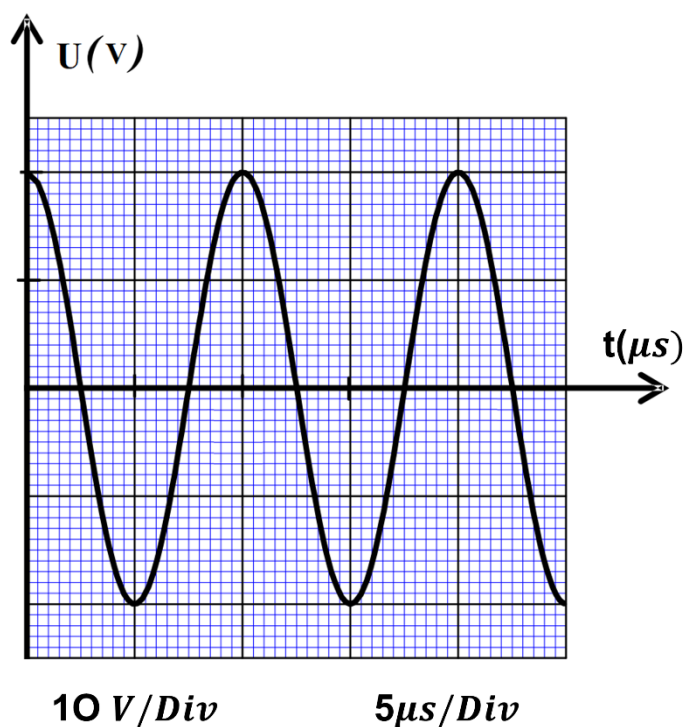


Figure 44 : Oscillogramme 3

L'enseignant présente aux élèves un graphique (voir figure 44) représentant un **courant alternatif sinusoïdal**.

Questionnement dirigé

L'enseignant propose les consignes suivantes :

- **Le signal est-il périodique ?**
- **Si oui, repérer un motif élémentaire.**

- **Déterminer la période du signal.**

Le travail est réalisé **de manière interactive avec toute la classe** afin de favoriser les échanges, la confrontation d'idées et la co-construction des réponses.

Présentation interactive attendue de l'enseignant :

- **Nature du signal :**

Le signal est **périodique**, car **un motif élémentaire se reproduit de manière identique** tout au long du tracé.

- **Repérage du motif élémentaire :**

Un motif élémentaire est validé consensuellement à partir de l'oscillogramme et la période est repérée (voir figure 45). Un motif élémentaire est une portion du signal qui se répète de manière identique le long de l'évolution du signal.

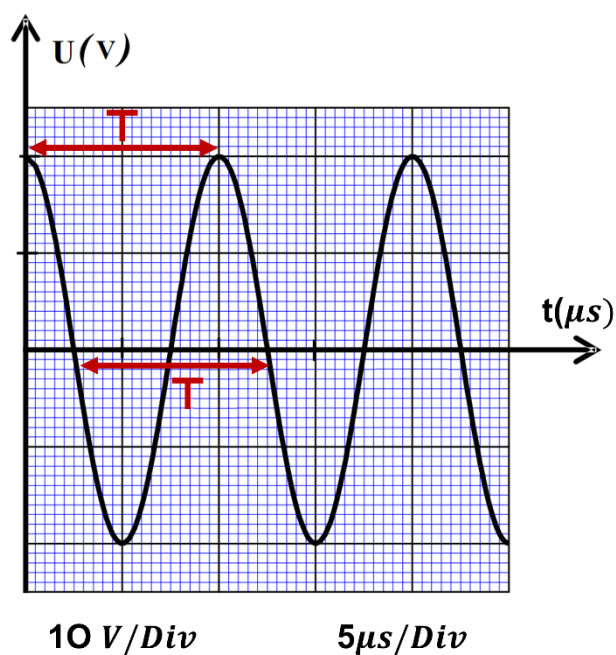


Figure 45 : Repérage de la période

- **Détermination de la période :** La période T est déterminée en exploitant la relation mathématique de base : $T = n \times b$

où :

- $n = 2 \text{ divisions}$ où n est le **nombre de divisions** correspondant au motif élémentaire repéré ;
- $b = 5 \mu\text{s}/\text{division}$ où b est l'**échelle horizontale** exprimée en $\mu\text{s}/\text{div}$ (secondes par division).%”%

Application numérique (cas étudié) :

$$T = 5 \times 4 = 20 \mu\text{s}$$

Conversion en secondes, via l’écriture scientifique :

$$T = 20 \mu\text{s} = 2,0 \cdot 10^1 \times 10^{-6} \text{s} = 2,0 \cdot 10^{1-6} \text{s} = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{s}$$

L'enseignant devra accompagner les apprenants :

- Par un **guidage méthodologique** (rappel systématique de l’importance des échelles et des unités) ;
- En **validant** étape par étape le repérage du motif avant le calcul ;
- En valorisant l’**argumentation collective** et la justification des choix opérés.

L’activité 6 constitue une **étape de synthèse** cruciale pour assurer l'**intégration harmonieuse** des acquis conceptuels et procéduraux relatifs au concept de période. En consolidant simultanément l’intuition physique et la maîtrise du formalisme mathématique, elle permet aux apprenants de **développer une compréhension approfondie**, stable et transférable du concept de période dans le cadre du courant alternatif.

3.6.4.7. Analyse a priori de l’activité d’évaluation sommative : Validation de la construction du concept de période

L’activité d’évaluation sommative vise à **valider l’acquisition effective** par les apprenants du **concept de période** du courant alternatif, tant du point de vue **qualitatif** (repérage d’un motif élémentaire) que **quantitatif** (détermination précise de la période).

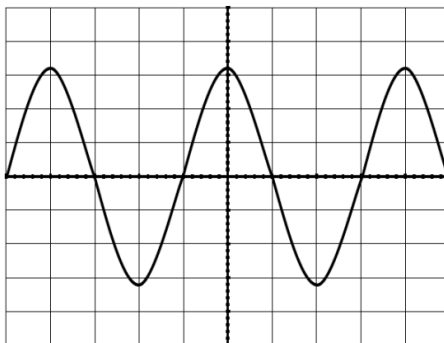
Elle permet d’évaluer :

- La **capacité d’analyse graphique** des apprenants ;
- Leur **compréhension du caractère périodique** d’un signal ;
- Leur **maîtrise du formalisme mathématique** relatif à la détermination de la période.

Modalités de l'évaluation

L'évaluation repose sur une série de tâches simples mais rigoureuses :

- **Présentation d'un oscillogramme** aux apprenants (voir figure 46) ;



Réglage de l'oscilloscope :

Sensibilité horizontale : 5ms/div

Sensibilité verticale : 10V/div

Figure 46 : Oscillogramme 4

- Pour chaque oscillogramme, l'enseignant pose systématiquement les deux questions suivantes :
 1. **Le signal est-il périodique ?** Justifiez votre réponse.
 2. **Si oui, déterminez la période** du signal en utilisant les éléments fournis (échelle, unités, nombre de divisions).

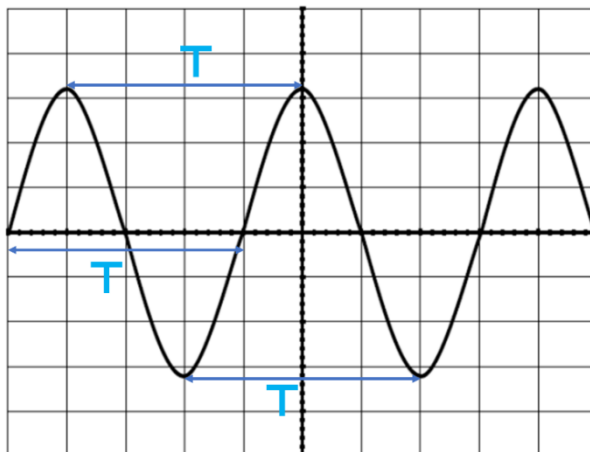
Les apprenants réalisent cette évaluation **individuellement**, de manière à mesurer les acquisitions personnelles sans influence collective.

Réponses attendues

Pour chaque oscillogramme présenté :

Cas de l'oscillogramme 1

- **Identification de la périodicité** (voir figure 47) :



Réglage de l'oscilloscope :

Sensibilité horizontale : 5ms/div

Sensibilité verticale : 10V/div

Figure 47 : Repérage de la période

- ◆ Si le signal est périodique car il existe un **motif élémentaire** qui se répète de manière identique.
- ◆ Si le signal n'est pas périodique : justifications basées sur **l'absence de régularité** ou de **répétition identique**.

- **Détermination de la période** (si signal périodique) :

Application systématique de la formule :

$$T = n \times b = 4 \times 5 = 20ms = 2,0 \cdot 10^1 \times 10^{-3}s = 2,0 \cdot 10^{1-3}s = 2,0 \cdot 10^{-2}s$$

où :

- b est l'**échelle horizontale** (exprimée en ms/div, s/div, etc.) ;
- n est le **nombre de divisions** correspondant à un motif élémentaire.

Conversion éventuelle en **écriture scientifique** selon les conventions (si la valeur de T le nécessite).

L'évaluation finale de la séquence didactique pourrait faire apparaître certaines difficultés encore persistantes chez les apprenants. Parmi celles-ci, on peut anticiper une confusion entre un motif visuellement semblable et un véritable motif élémentaire, ce qui pourrait conduire à une mauvaise identification de la période. Il est également probable que des

erreurs de lecture graphique se manifestent, notamment une mauvaise évaluation du nombre de divisions sur l'oscillogramme, ou encore des omissions dans la prise en compte des échelles indiquées sur les axes.

En outre, des difficultés liées à la conversion des unités de temps, par exemple du milliseconde à la seconde, sont également à envisager. La manipulation des puissances de dix lors du passage à l'écriture scientifique pourrait, elle aussi, engendrer des erreurs de calcul ou d'expression mathématique.

Sur le plan pédagogique, cette évaluation joue un rôle essentiel dans le processus d'apprentissage. Elle permet tout d'abord d'assurer la stabilisation des acquis et de valider l'appropriation effective des compétences ciblées tout au long de la séquence. Elle offre également une occasion d'identifier les obstacles résiduels, qu'ils soient d'ordre conceptuel ou procédural, et d'envisager des remédiations ciblées en fonction des résultats obtenus.

L'évaluation sommative ici proposée s'inscrit ainsi comme l'ultime étape du processus de construction progressive du concept de période du courant alternatif. Elle mobilise conjointement l'observation fine, l'analyse critique, le repérage graphique précis et la maîtrise du formalisme mathématique. Elle permet de s'assurer que l'apprenant détient une compréhension globale, articulée et transférable du concept étudié, compréhension indispensable à la poursuite des apprentissages en électricité et, plus largement, en physique générale.

3.7. Procédure de collecte des données

La collecte des données s'est déroulée en plusieurs étapes méthodologiques, articulées autour d'un dispositif quasi-expérimental mobilisant un groupe témoin et un groupe expérimental, tous deux issus des classes de Troisième de l'enseignement secondaire général au Collège Saint Bruno de Logbikoy.

Dans un premier temps, un questionnaire diagnostique a été administré à un échantillon de 60 élèves dans le but d'évaluer leurs conceptions initiales et leurs compétences relatives à la construction du concept de période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme. L'analyse des réponses recueillies a permis de constituer deux groupes homogènes : un groupe témoin ($n = 28$) et un groupe expérimental ($n = 28$), en veillant à équilibrer les niveaux de performance et les profils des apprenants.

Dans un second temps, le groupe expérimental a bénéficié d'une séquence didactique innovante, conçue spécifiquement dans le cadre de cette recherche, tandis que le groupe témoin n'a pas participé à cette expérimentation. Les fiches de travaux réalisés en séance d'expérimentation ont été systématiquement collectées pour analyse.

Enfin, une semaine après la phase d'enseignement, un post-test identique a été administré aux deux groupes. Ce test visait à mesurer les acquis conceptuels, procéduraux et représentationnels relatifs à la notion de période, et à évaluer l'impact de la séquence didactique sur la construction de ce concept scientifique chez les apprenants.

3.8. Méthode d'analyse des données

Dans un premier temps, les données recueillies à partir du questionnaire seront soumises à une analyse statistique descriptive. Les résultats issus de cette phase seront présentés sous forme graphique (diagrammes en bâtons et en cercles) et tabulaire, dans le but de faciliter leur lecture, leur interprétation, et de mettre en évidence les tendances générales observées dans les réponses des apprenants. Ces représentations visuelles permettent de rendre les résultats numériquement significatifs plus accessibles, tout en offrant une première lecture comparative entre les groupes évalués.

Cependant, si ces données quantitatives permettent de repérer certaines régularités ou écarts, elles ne renseignent pas directement sur les mécanismes cognitifs ou les obstacles épistémologiques sous-jacents. C'est pourquoi une analyse qualitative complémentaire s'avère indispensable. Celle-ci portera notamment sur les productions écrites des élèves, issues des fiches de travail utilisées au cours des séances d'expérimentation. L'objectif est de reconstituer la logique du raisonnement des apprenants, de repérer les erreurs typiques, les conceptions initiales persistantes, ainsi que les indicateurs de compréhension ou de transformation conceptuelle.

Cette double approche quantitative pour la mesure des performances, qualitative pour l'analyse des processus d'apprentissage permettra ainsi d'offrir une compréhension fine et nuancée de la manière dont les élèves construisent le concept de période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme.

Conclusion du chapitre

En somme, ce chapitre détaille les différentes composantes méthodologiques de l'étude, depuis le choix du cadre théorique et institutionnel jusqu'à l'élaboration et la mise en œuvre de la séquence didactique expérimentale. L'ensemble de la démarche a été guidé par le souci d'objectivité et de pertinence scientifique, avec un ancrage fort dans les enjeux de l'enseignement des sciences physiques.

Les éléments méthodologiques exposés ici constituent la base solide sur laquelle reposent les analyses et discussions qui suivront. Ils garantissent la validité et la fiabilité des résultats, et ouvrent la voie à une interprétation éclairée des productions des apprenants. Ce chapitre marque ainsi une étape essentielle dans la structuration de la recherche et la mise en perspective des apprentissages liés au concept de période.

Chapitre 4 : Présentation et discussion des résultats

Introduction du chapitre

Ce chapitre présente les résultats de l'enquête menée auprès des élèves de classe de troisième du Collège Saint Bruno de Logbikoy, à travers un questionnaire diagnostique, une séquence didactique expérimentale et un post-test. Il s'agit d'analyser l'impact de la transposition didactique opérée à partir de la Nature of Science (NOS) sur la compréhension et l'appropriation du concept de période du courant alternatif.

4.1. Résultats issus du questionnaire diagnostique

L'analyse des réponses au questionnaire initial montre une maîtrise globalement insuffisante des notions préalables à la construction du concept de période. La majorité des élèves éprouvaient des difficultés à :

4.1.1. Conversion des unités de temps en secondes à l'aide de l'écriture scientifique

Question 1

Tableau 3 : Conversion de 15 ms en secondes, en écriture scientifique

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	$1,5 \cdot 10^{-3} \text{ s}$	5	8,3	8,6	8,6
	$1,5 \cdot 10^{-2} \text{ s (BR)}$	9	15,0	15,5	24,1
	$1,5 \cdot 10^{-1} \text{ s}$	12	20,0	20,7	44,8
	$1,5 \cdot 10^{-4} \text{ s}$	6	10,0	10,3	55,2
	$1,5 \cdot 10^{-6} \text{ s}$	5	8,3	8,6	63,8
	$1,5 \cdot 10^2 \text{ s}$	7	11,7	12,1	75,9
	$1,5 \cdot 10^{-9} \text{ s}$	5	8,3	8,6	84,5
	$1,5 \cdot 10^9 \text{ s}$	9	15,0	15,5	100,0
	Total	58	96,7	100,0	
Manquant	Système	2	3,3		
Total		60	100,0		

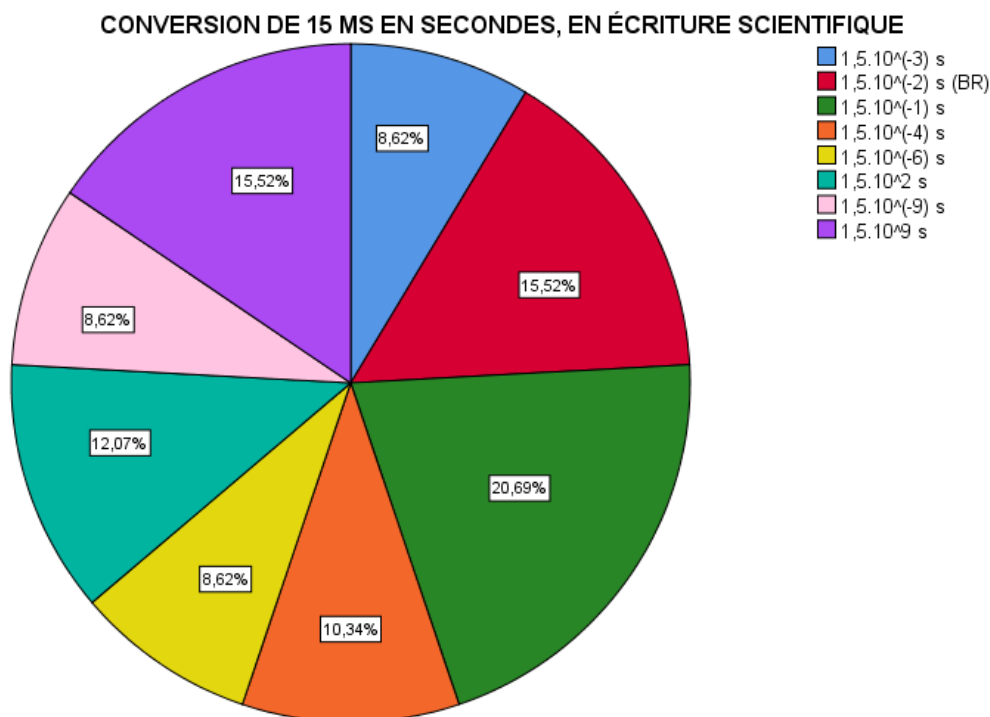


Figure 48 : Conversion de 15 ms en secondes, en écriture scientifique

La question portant sur la conversion de 15 millisecondes en secondes, avec pour bonne réponse $1,5 \times 10^{-2} \text{ s}$, a été intégrée dans le questionnaire diagnostique pour évaluer la maîtrise des prérequis mathématiques indispensables à la lecture correcte d'un oscillogramme. Cette compétence est fondamentale, car la période d'un signal alternatif se lit souvent sur une échelle en millisecondes, mais doit être exprimée en secondes, unité SI standard.

L'analyse du tableau révèle que seulement 9 élèves sur 60, soit 15,5 % (voir tableau 3 et voir figure 48), ont sélectionné la bonne réponse (BR). Ce faible taux de réussite met en évidence une lacune préoccupante dans la compréhension des conversions d'unités et de l'écriture scientifique, pourtant incontournables en physique.

Par ailleurs, une proportion significative d'élèves (20,7 %) a choisi $1,5 \times 10^{-1} \text{ s}$, et 15,5 % ont opté pour $1,5 \times 10^9 \text{ s}$, ce qui révèle des confusions fréquentes sur les puissances de 10. Certains élèves semblent confondre les multiples et sous-multiples, ou manipuler incorrectement les exposants négatifs. D'autres réponses erronées comme $1,5 \times 10^{-3} \text{ s}$ (8,6 %) ou $1,5 \times 10^{-6} \text{ s}$ (8,6 %) indiquent une tendance à la sous-estimation de la valeur, traduisant probablement un raisonnement basé sur l'intuition plutôt que sur une procédure rigoureuse de conversion.

Les erreurs les plus fréquentes traduisent un déficit de compétences procédurales, notamment dans la reconnaissance de la relation $1 \text{ ms} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ s}$ et dans la capacité à exprimer correctement un nombre comme $15 \text{ ms} = 15 \times 10^{-3} = 1,5 \times 10^{-2} \text{ s}$.

La dispersion des réponses (avec toutes les propositions erronées sélectionnées par au moins 5 élèves) démontre que la connaissance des puissances de 10 n'est ni automatisée ni conceptualisée chez la majorité des apprenants. Ce constat confirme la pertinence de la première activité de la séquence didactique, qui vise à stabiliser la conversion des unités temporelles et à renforcer la manipulation de l'écriture scientifique.

Enfin, ce diagnostic suggère que la réussite des tâches ultérieures, notamment la détermination numérique de la période d'un signal, dépendra fortement de l'acquisition effective de cette compétence. Il devient donc indispensable de prévoir des séquences de remédiation ciblées sur ces notions avant toute activité plus complexe de lecture graphique.

Question 2

Tableau 4 : Conversion de 5 μ s en secondes, en écriture scientifique

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	5,0. 10 ⁻³ s	9	15,0	15,8	15,8
	5,0. 10 ⁻² s	7	11,7	12,3	28,1
	5,0. 10 ⁻¹ s	13	21,7	22,8	50,9
	5,0. 10 ⁻⁴ s	13	21,7	22,8	73,7
	5,0. 10 ⁻⁶ s (BR)	3	5,0	5,3	78,9
	5,0. 10 ² s	5	8,3	8,8	87,7
	5,0. 10 ⁻⁹ s	3	5,0	5,3	93,0
	5,0. 10 ⁹ s	4	6,7	7,0	100,0
	Total	57	95,0	100,0	
Manquant	Système	3	5,0		
Total		60	100,0		

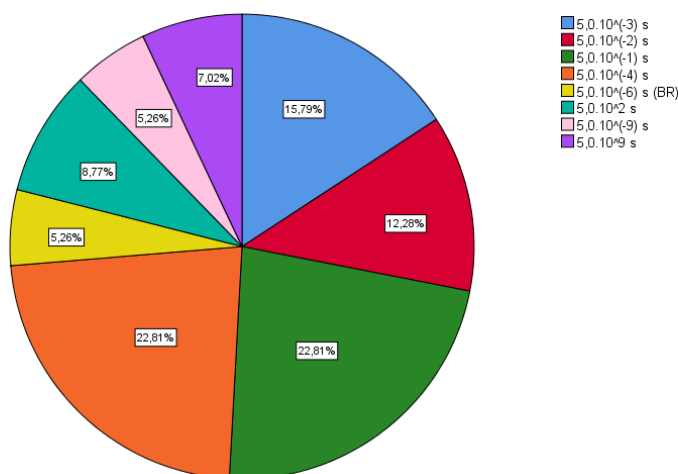


Figure 49 : Conversion de 5 μs en secondes, en écriture scientifique

La question 2 du questionnaire vise à évaluer la capacité des apprenants à convertir un sous-multiple de la seconde, en l'occurrence le microseconde (μs), en seconde, tout en l'exprimant sous forme scientifique. Cette compétence est un prérequis essentiel dans la détermination graphique de la période d'un courant alternatif, car les oscillogrammes présentent souvent des graduations exprimées en μs ou ms, qu'il convient de ramener à l'unité standard SI (la seconde) pour toute interprétation ou comparaison quantitative rigoureuse.

Or, le taux de réussite à cette question est particulièrement faible : seulement 3 élèves sur 60, soit 5,3 % (voir tableau 4 et figure 49), ont coché la bonne réponse (BR) : $5,0 \times 10^{-6} \text{ s}$.

Cette performance extrêmement basse reflète une méconnaissance généralisée du facteur de conversion entre microseconde et seconde ($1 \mu\text{s} = 1,0 \times 10^{-6} \text{ s}$).

Les choix erronés les plus fréquents illustrent bien l'ampleur de la confusion conceptuelle :

- 22,8 % ont choisi $5,0 \times 10^{-1} \text{ s}$ (confusion entre micro et milli ou inversion de l'ordre de grandeur),
- 22,8 % également ont opté pour $5,0 \times 10^{-4} \text{ s}$ (sous-estimation de l'ordre de grandeur, erreur de 100×),
- 15,8 % pour $5,0 \times 10^{-3} \text{ s}$, correspondant à la valeur correcte pour 5 millisecondes (ms), ce qui révèle une erreur de reconnaissance de préfixe (confondre μs et ms).

Par ailleurs, certaines réponses relèvent de fantaisies exponentielles, comme :

- $5,0 \times 10^{-9} \text{ s}$ (sous-estimation extrême, soit 1000× trop petit),
- $5,0 \times 10^9 \text{ s}$ ou $5,0 \times 10^2 \text{ s}$, manifestement issues d'une mauvaise compréhension des puissances positives.

Le cumul des réponses incorrectes témoigne d’une lacune structurelle dans la maîtrise des puissances de 10 et des préfixes d’unités, aussi bien dans leur signification que dans leur manipulation algébrique.

Question 3

Tableau 5 : Conversion de 5 hs en secondes, en écriture scientifique

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	$5,0. 10^{-3} \text{ s}$	5	8,3	8,8	8,8
	$5,0. 10^{-2} \text{ s}$	8	13,3	14,0	22,8
	$5,0. 10^{-1} \text{ s}$	10	16,7	17,5	40,4
	$5,0. 10^{-4} \text{ s}$	9	15,0	15,8	56,1
	$5,0. 10^{-6} \text{ s (BR)}$	4	6,7	7,0	63,2
	$5,0. 10^2 \text{ s}$	11	18,3	19,3	82,5
	$5,0. 10^{-9} \text{ s}$	3	5,0	5,3	87,7
	$5,0. 10^9 \text{ s}$	7	11,7	12,3	100,0
	Total	57	95,0	100,0	
Manquant	Système	3	5,0		
Total		60	100,0		

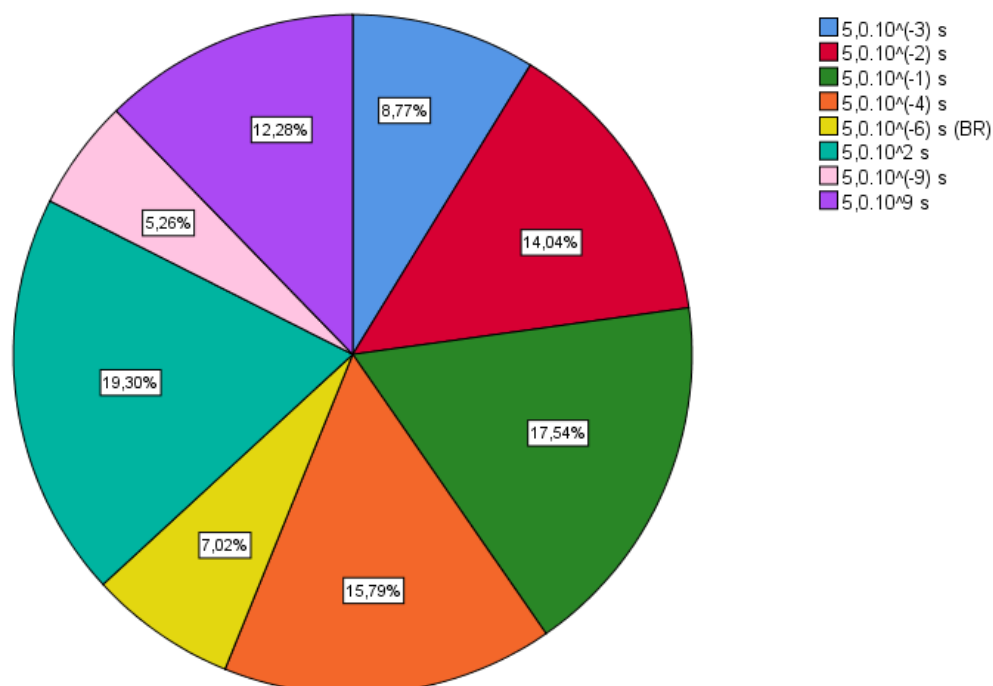


Figure 50 : Conversion de 5 hs en secondes, en écriture scientifique

La conversion correcte de 5 hs en secondes repose sur la connaissance du préfixe "hecto", qui correspond à 10^2 . Ainsi, 5 hs équivaut à $5,0 \times 10^2$ secondes. La bonne réponse attendue était donc $5,0 \times 10^2$ s. Pourtant, seulement 11 élèves sur 60, soit 19,3 % (Voir tableau 5 et figure 50), ont sélectionné cette réponse. Ce résultat révèle que moins d'un élève sur cinq maîtrise cette conversion élémentaire, malgré sa simplicité apparente.

L'analyse des erreurs montre une large dispersion des réponses et une confusion marquée entre les multiples et les sous-multiples du système international. Plusieurs élèves ont choisi des puissances de 10 erronées, notamment $5,0 \times 10^{-1}$ s (17,5 %), indiquant une assimilation incorrecte du préfixe hecto avec un sous-multiple. D'autres ont répondu $5,0 \times 10^{-4}$ s (15,8 %), une inversion complète du sens de la conversion. L'erreur $5,0 \times 10^{-2}$ s (14,0 %) est probablement liée à la confusion entre "hecto" et "centi", deux préfixes très différents. Certains ont opté pour $5,0 \times 10^9$ s (12,3 %), ce qui traduit une confusion entre hecto (10^2) et giga (10^9), tandis que d'autres réponses extrêmes comme $5,0 \times 10^{-3}$ s, $5,0 \times 10^{-6}$ s, ou même $5,0 \times 10^{-9}$ s montrent une perte complète de repères dans l'échelle des puissances de 10.

Cette question permet d'évaluer la compréhension des multiples du Système international d'unités, en particulier celui lié au préfixe "hecto", ainsi que la capacité à associer ce préfixe à sa puissance de 10 correspondante.

Le faible taux de bonnes réponses souligne que les préfixes supérieurs comme "hecto" sont mal maîtrisés par les élèves, contrairement à des préfixes plus fréquemment rencontrés dans les unités usuelles comme "kilo" ou "centi". De manière générale, les confusions entre "hecto", "centi", "micro", "milli" ou "giga" révèlent une connaissance superficielle ou incomplète des puissances de 10 et de leur rôle dans la construction des unités.

Pour améliorer cet apprentissage, il est indispensable d'intégrer dans la séquence didactique une activité spécifique sur les préfixes du Système international, leur signification, leur valeur numérique, et leur application en physique. L'utilisation de tableaux de conversion logiques ou visuels permettrait de mieux situer chaque préfixe dans une hiérarchie claire. Enfin, il est essentiel de montrer que la conversion d'unités n'est pas une compétence isolée : elle est directement liée à la lecture et à l'interprétation correcte des oscillogrammes, et conditionne la précision dans la détermination de grandeurs comme la période d'un signal.

Question 4

Tableau 6 : Conversion de 5 Gs en secondes, en écriture scientifique

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	$5,0. 10^{-3} s$	3	5,0	5,3	5,3
	$5,0. 10^{-2} s$	6	10,0	10,5	15,8
	$5,0. 10^{-1} s$	7	11,7	12,3	28,1
	$5,0. 10^{-4} s$	12	20,0	21,1	49,1
	$5,0. 10^{-6} s$	8	13,3	14,0	63,2
	$5,0. 10^2 s$	6	10,0	10,5	73,7
	$5,0.10^{(-9)} s$	7	11,7	12,3	86,0
	$5,0.10^9 s$ (BR)	8	13,3	14,0	100,0
	Total	57	95,0	100,0	
Manquant	Système	3	5,0		
Total		60	100,0		

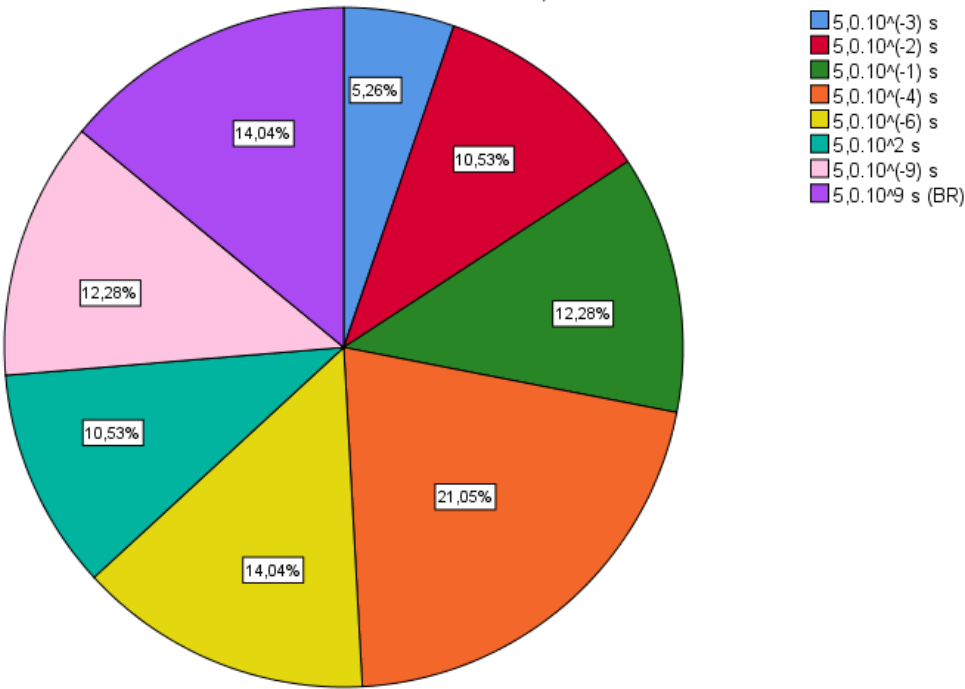


Figure 51 : Conversion de 5 Gs en secondes, en écriture scientifique

Cette question a pour objectif de vérifier si les apprenants sont capables de convertir correctement une valeur exprimée dans un multiple de la seconde, en l’occurrence 5 gigasecondes (Gs), en secondes, en utilisant l’écriture scientifique. La bonne réponse est : 5 Gs

$= 5,0 \times 10^9$ s, puisque le préfixe "giga" correspond à 10^9 dans le système international d'unités. Pourtant, seuls 8 élèves sur 60, soit 14,0 % (voir figure 51 et tableau 6), ont choisi la bonne réponse. Ce taux de réussite très faible reflète une maîtrise limitée des grands multiples du système international et en particulier une méconnaissance du préfixe "giga".

L'analyse des réponses erronées révèle une répartition assez dispersée, signe d'une confusion conceptuelle généralisée. Ainsi, 21,1 % des élèves ont répondu $5,0 \times 10^{-4}$ s, traduisant une inversion complète entre multiple et sous-multiple, probablement due à une confusion entre "giga" et des préfixes comme "milli" ou "micro". D'autres choix erronés montrent également des sous-estimations importantes : 14,0 % ont sélectionné $5,0 \times 10^{-6}$ s, 12,3 % ont opté pour $5,0 \times 10^{-1}$ s et 10,5 % pour $5,0 \times 10^{-2}$ s. Ces choix peuvent s'expliquer par des automatismes erronés issus d'exercices plus fréquents sur les conversions de millisecondes ou de microsecondes, qui sont plus familiers des élèves. Par ailleurs, 10,5 % ont répondu $5,0 \times 10^2$ s, ce qui reste très éloigné de la bonne réponse mais montre une tentative de situer la grandeur parmi les multiples. Cela suggère une confusion entre différents préfixes (kilo, méga, giga). Des erreurs plus extrêmes ont également été observées, comme les réponses $5,0 \times 10^{-9}$ s ou $5,0 \times 10^{-3}$ s, qui traduisent une mauvaise manipulation ou une méconnaissance profonde des puissances de dix. L'ensemble de ces erreurs montre que, si les sous-multiples comme "milli" ou "micro" semblent un peu plus connus, les multiples de la seconde restent très peu maîtrisés. Les élèves peinent à associer correctement les préfixes aux puissances de dix, ce qui reflète également un manque de compréhension des ordres de grandeur. Cela rend difficile la construction de sens physique autour de la notion de durée ou de temps mesuré à l'aide d'un oscillogramme.

Ces résultats indiquent l'importance de renforcer l'enseignement des conversions d'unités en début de séquence. Il est nécessaire de travailler aussi bien les multiples que les sous-multiples à l'aide d'outils visuels, tels que des tableaux de conversion systématiques ou des représentations logarithmiques illustrant différentes échelles de temps. Une telle activité permettrait de mieux ancrer les ordres de grandeur dans l'esprit des élèves et d'éviter les erreurs de transposition lors de la lecture d'un oscillogramme, où la justesse de la conversion conditionne l'exactitude de la période mesurée. Par conséquent, l'analyse de cette question valide pleinement la pertinence d'introduire un travail explicite sur les préfixes et l'écriture scientifique au début de toute séquence didactique portant sur les signaux périodiques.

4.1.2. Compréhension qualitative d'un phénomène périodique

Question 5

Tableau 7 : Identification d'un signal périodique

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	OUI+BJ (BR)	5	8,3	8,6	8,6
	OUI+MJ	31	51,7	53,4	62,1
	OUI	5	8,3	8,6	70,7
	SR	2	3,3	3,4	74,1
	NON	15	25,0	25,9	100,0
	Total	58	96,7	100,0	
Manquant	Système	2	3,3		
Total		60	100,0		

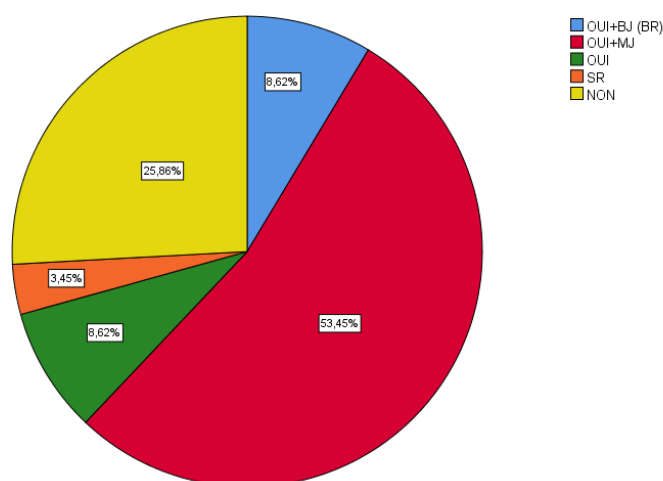


Figure 52 : Identification d'un signal périodique

Cette question vise à évaluer la capacité des élèves à reconnaître un signal périodique à partir de sa représentation graphique, en particulier sous forme d'oscillogramme. Il s'agit non seulement de repérer visuellement la périodicité, mais surtout de justifier cette reconnaissance en s'appuyant sur l'identification d'un motif élémentaire identique qui se répète dans le temps. C'est en effet cette répétition régulière et invariable qui définit rigoureusement un phénomène périodique en physique.

La bonne réponse attendue consistait à affirmer que le signal est périodique, tout en justifiant cette affirmation en mentionnant clairement la présence d'un motif élémentaire qui se reproduit à l'identique. Cette double compétence – reconnaissance et justification – est essentielle pour témoigner d'une réelle compréhension du concept.

L'analyse statistique des réponses révèle cependant de grandes difficultés. Seuls 8,6 % (voir tableau 7 et figure 52) des élèves ont fourni une réponse complète et scientifiquement correcte. Une majorité d'élèves, soit 53,4 %, ont répondu « oui », mais avec une justification incorrecte. Cela suggère qu'ils perçoivent une certaine régularité dans le tracé, mais qu'ils ne savent pas formaliser cette observation en des termes rigoureux. En d'autres termes, ils reconnaissent la périodicité intuitivement, sans être capables d'en expliciter le fondement scientifique.

Par ailleurs, 25,9 % des élèves ont affirmé que le signal n'était pas périodique, ce qui indique une mauvaise interprétation du graphique ou une difficulté à repérer le motif élémentaire. Enfin, un total de 3,3 % des réponses étaient absentes, ce qui pourrait refléter un manque de vocabulaire scientifique, une hésitation, ou encore une faible familiarité avec le type de graphique présenté.

Plusieurs difficultés émergent de ces résultats. La première réside dans la confusion entre une simple impression de régularité visuelle et la périodicité réelle, définie rigoureusement comme la reproduction identique d'un motif. Une autre difficulté est l'incapacité à formuler une justification fondée sur la notion de motif élémentaire. On constate également une faiblesse dans la lecture méthodique des oscillogrammes.

Ces constats soulignent l'importance d'un travail didactique explicite sur la construction du concept de période. Il est nécessaire d'introduire de manière progressive la notion de motif élémentaire, en s'appuyant sur des activités pratiques de repérage sur graphiques, de manipulations simples, et d'échanges collectifs.

Ce travail est essentiel pour ancrer durablement la compréhension du concept de période et pour préparer les élèves à une lecture critique et scientifique des phénomènes périodiques en électricité ou en physique générale.

4.1.3. Lecture des coordonnées des points

Question 6 : Coordonnées du point A en considérant 1 ms/Div et 1 V/Div

Tableau 8 : Coordonnées du point a en considérant 1 ms/Div et 1 V/Div

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	A (-7 ;3) (BR)	16	26,7	27,1	27,1
	A (-7 ; -3)	6	10,0	10,2	37,3
	A(7 ; -3)	7	11,7	11,9	49,2
	A (7 ; 3)	14	23,3	23,7	72,9
	A (-3 ;7)	5	8,3	8,5	81,4
	A (-3 ; -7)	4	6,7	6,8	88,1
	A (3 ; -7)	3	5,0	5,1	93,2
	A (3 ;7)	4	6,7	6,8	100,0
	Total	59	98,3	100,0	
Manquant	Système	1	1,7		
Total		60	100,0		

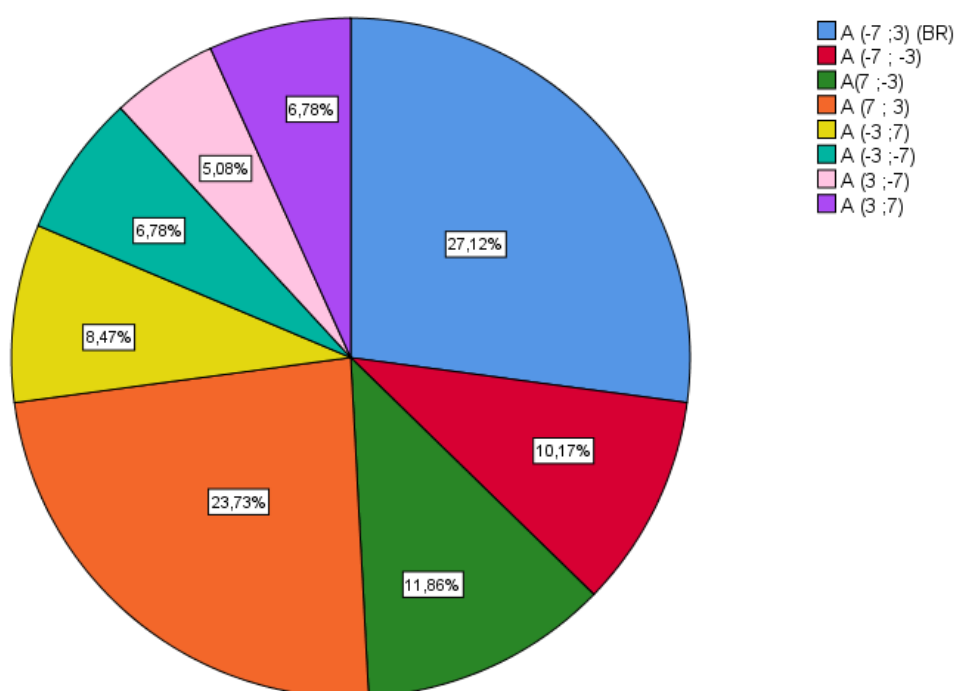


Figure 53 : Coordonnées du point a en considérant 1 ms/Div et 1 V/Div

Cette question a pour objectif d'évaluer la capacité des apprenants à lire correctement les coordonnées d'un point dans un repère cartésien, en tenant compte des échelles fournies : 1 milliseconde par division sur l'axe des abscisses (représentant le temps) et 1 volt par division sur l'axe des ordonnées (représentant la tension). Les élèves doivent ainsi déterminer les coordonnées du point A en multipliant le nombre de divisions par l'échelle appropriée, tout en respectant les signes selon la position du point par rapport à l'origine.

La bonne réponse attendue est A $(-7 ; 3)$, ce qui signifie que le point A est situé 7 divisions à gauche de l'origine sur l'axe des abscisses, soit -7 ms, et 3 divisions au-dessus de l'axe horizontal, soit $+3$ V.

L'analyse des réponses montre que seulement 27,1 % (voir tableau 8 et figure 53) des élèves ont donné la bonne réponse. Cela met en évidence une faible maîtrise globale de la lecture des coordonnées d'un point dans un repère graphique. Plus de 70 % des élèves se sont trompés, révélant plusieurs types de confusions. Certains ont inversé les signes, comme ceux qui ont répondu A $(7 ; 3)$ ou A $(7 ; -3)$: ils ont bien identifié les valeurs absolues, mais sans tenir compte du sens des déplacements dans le repère. D'autres ont permuté les coordonnées, comme en témoignent les réponses A $(-3 ; 7)$ ou A $(-3 ; -7)$, qui traduisent une confusion entre l'abscisse et l'ordonnée. Enfin, certains élèves ont cumulé les erreurs de signe et de position, comme dans les réponses A $(3 ; -7)$ ou A $(3 ; 7)$.

Ces résultats soulignent plusieurs difficultés didactiques. D'abord, certains apprenants confondent les deux axes du repère et ne parviennent pas à associer correctement l'axe horizontal au temps et l'axe vertical à la tension. Ensuite, la prise en compte des signes semble poser problème : les élèves ne reconnaissent pas que se situer à gauche ou en dessous de l'origine implique une valeur négative. En outre, le lien entre divisions et valeurs physiques n'est pas encore bien intégré. Enfin, ces erreurs révèlent une compréhension insuffisante du fonctionnement d'un repère orthonormé.

Sur le plan didactique, cette situation appelle à un renforcement des compétences de lecture graphique. Il est nécessaire de travailler davantage l'identification des axes, la compréhension des échelles et le positionnement dans le plan. Le sens physique des grandeurs représentées, notamment dans les oscillogrammes, doit également être clarifié : l'axe horizontal représente le temps, l'axe vertical, la tension ou l'intensité.

Question 7

Tableau 9 : Coordonnées du point C en considérant 5 ms/Div et 10 V/Div

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	C $(-3 ; 0)$	17	28,3	28,8	28,8
	C $(0 ; 3)$	2	3,3	3,4	32,2
	C $(0 ; -3)$	13	21,7	22,0	54,2
	C $(3 ; 0)$	12	20,0	20,3	74,6
	C $(-15 ; 0)$ (BR)	8	13,3	13,6	88,1

	C (0 ; 30)	1	1,7	1,7	89,8
	C (15 ; 0)	6	10,0	10,2	100,0
	Total	59	98,3	100,0	
Manquant	Système	1	1,7		
Total		60	100,0		

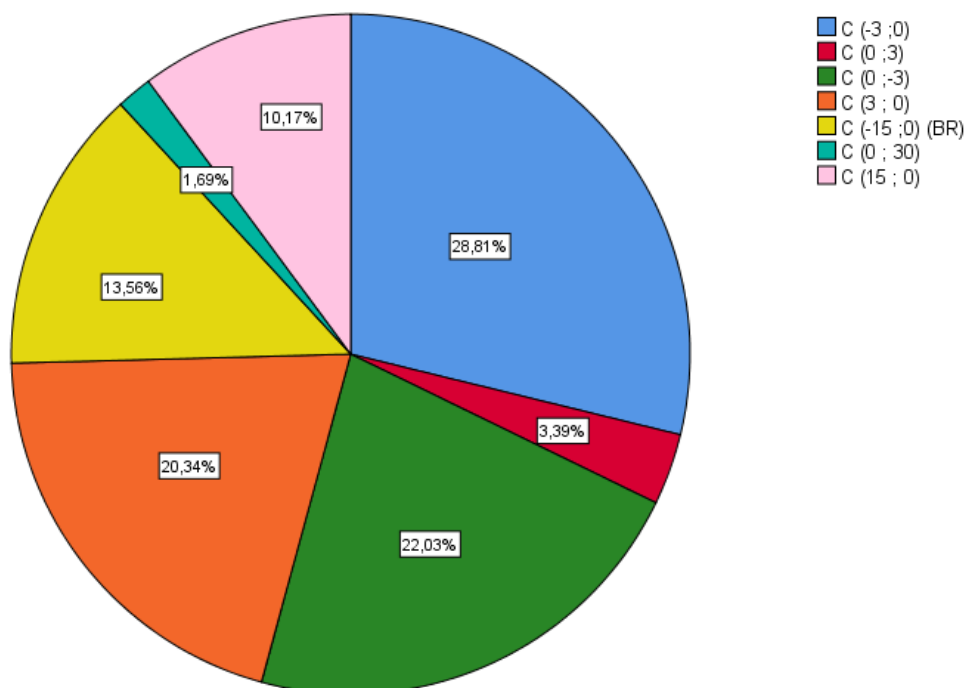


Figure 54 : Coordonnées du point c en considérant 5 ms/Div et 10 V/Div

Cette question vise à évaluer la capacité des apprenants à lire correctement les coordonnées du point C sur un graphique, en tenant compte des échelles fournies. L'axe des abscisses représente le temps avec une sensibilité de 5 ms par division, et l'axe des ordonnées représente la tension avec une sensibilité de 10 V par division. Les élèves doivent donc être capables d'appliquer les principes de lecture d'un repère en physique, notamment en multipliant le nombre de divisions par l'échelle correspondante.

La bonne réponse attendue est : C (-15 ; 0). En effet, le point C est situé à trois divisions à gauche de l'origine sur l'axe du temps, ce qui donne une abscisse de -15 ms ($-3 \times 5 \text{ ms/div}$). Comme le point est exactement sur l'axe horizontal, son ordonnée est nulle.

L'analyse des réponses montre que seuls 13,6 % (voir tableau 9 et figure 54) des élèves ont fourni la bonne réponse, ce qui révèle une faible maîtrise de l'utilisation des échelles dans la lecture graphique. Une majorité des élèves a donné des réponses comme (-3 ; 0) ou (3 ; 0),

ce qui indique qu'ils ont simplement lu le nombre de divisions sans le convertir à l'aide de l'échelle donnée. D'autres erreurs comme (0 ; -3) reflètent une confusion entre les axes, en associant à tort le déplacement horizontal à une valeur verticale. Enfin, certaines réponses comme (15 ; 0) montrent une inversion du sens sur l'axe du temps, où les élèves confondent la gauche et la droite par rapport à l'origine.

Ces erreurs traduisent plusieurs types de difficultés. D'une part, les élèves ont du mal à appliquer l'échelle correctement et ne parviennent pas à multiplier le nombre de divisions par la valeur associée à chaque division. D'autre part, ils confondent les axes, ce qui montre un manque d'expérience dans la lecture de graphiques en physique, notamment en ce qui concerne le repérage des coordonnées. Il existe également une incompréhension sur le rôle des signes, particulièrement pour l'axe temporel où les valeurs à gauche de l'origine devraient être négatives.

Ces constats impliquent un besoin de renforcer l'enseignement des compétences graphiques de base, notamment l'association entre division et unité physique. Les élèves doivent comprendre que trois divisions à 5 ms par division donnent une valeur de 15 ms, et non de 3 ms. Il est également essentiel d'intensifier le travail sur l'identification des axes, leur orientation, et leur signification physique.

Question 8

Tableau 10 : Coordonnées du point H en considérant 10 ms/Div et 15 V/Div

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	H (-7 ; 3)	10	16,7	16,9	16,9
	H (-7 ; -3)	2	3,3	3,4	20,3
	H (7 ; -3)	17	28,3	28,8	49,2
	H (7 ; 3)	16	26,7	27,1	76,3
	H (-70 ; 45)	5	8,3	8,5	84,7
	H (-70 ; -45)	2	3,3	3,4	88,1
	H (70 ; -45) (BR)	3	5,0	5,1	93,2
	H (70 ; 45)	4	6,7	6,8	100,0
	Total	59	98,3	100,0	
Manquant	Système	1	1,7		
Total		60	100,0		

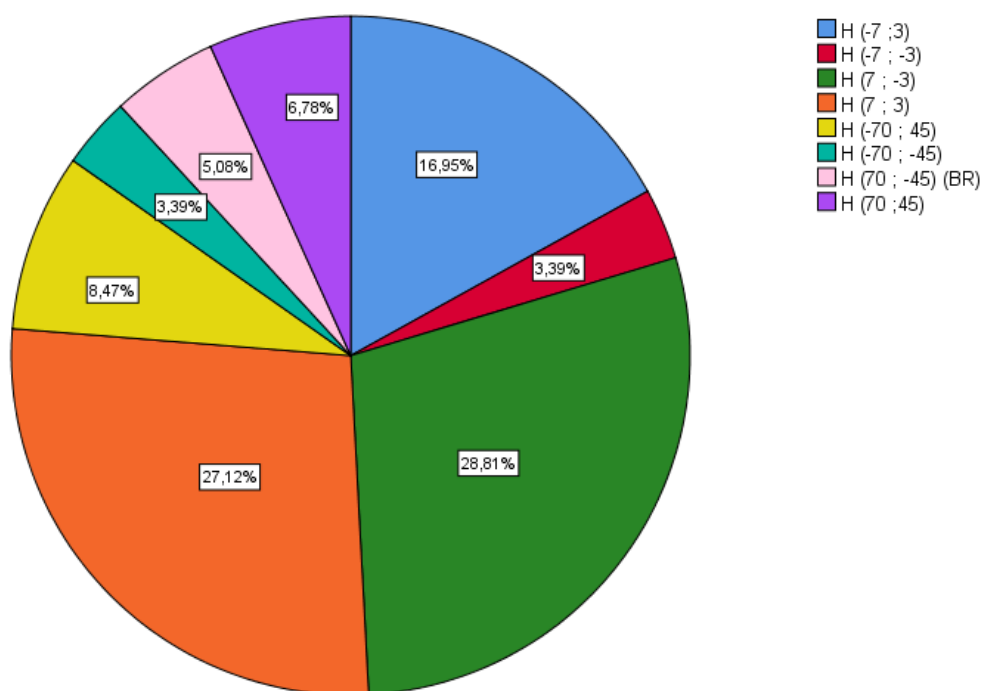


Figure 55 : Coordonnées du point H en considérant 10 ms/Div et 15 V/Div

Cette question vise à évaluer la capacité des apprenants à lire les coordonnées d'un point, ici le point H, dans un repère graphique. L'élève doit tenir compte des échelles données : 10 millisecondes par division sur l'axe des abscisses, correspondant à une grandeur temporelle, et 15 volts par division sur l'axe des ordonnées, correspondant à une grandeur électrique. Pour cela, il est nécessaire de multiplier le nombre de divisions parcourues par l'échelle correspondante, tout en respectant les signes selon la position du point par rapport à l'origine du repère.

La bonne réponse attendue est H (70 ; -45). Cela signifie que le point H se situe 7 divisions à droite de l'origine sur l'axe horizontal, soit 7 multiplié par 10 ms, donnant 70 ms, et 3 divisions en dessous de l'origine sur l'axe vertical, soit -3 multiplié par 15 V, ce qui donne -45 V.

L'analyse des réponses montre que seuls 5,1 % (voir tableau 10 et figure 55) des élèves ont donné la bonne réponse. La majorité d'entre eux ont choisi des réponses comme H (7 ; -3) ou H (7 ; 3), ce qui indique qu'ils ont repéré le nombre de divisions, mais n'ont pas procédé à la conversion en unités physiques. D'autres erreurs, comme H (-7 ; 3) ou H (-70 ; 45), témoignent de confusions plus profondes dans l'interprétation des signes et la correspondance entre les axes et les coordonnées.

Les principales difficultés identifiées concernent d'abord la non-application des échelles : les élèves semblent ignorer que les divisions doivent être converties en unités réelles, ce qui les amène à confondre les positions graphiques et les grandeurs physiques. Ensuite, beaucoup

d'élèves rencontrent des difficultés dans l'interprétation des signes : ils lisent correctement les divisions, mais oublient que le fait que le point soit en dessous ou à gauche de l'origine implique un signe négatif. Enfin, des erreurs plus globales dans la lecture du repère montrent que certains élèves inversent l'interprétation des axes ou attribuent les valeurs aux mauvaises coordonnées.

Sur le plan didactique, il apparaît urgent de renforcer la compréhension du lien entre les divisions graphiques et les unités de mesure. Les élèves doivent être accompagnés dans la distinction entre repérage visuel et interprétation physique. Il serait également pertinent de multiplier les activités de manipulation des graphiques en contexte de la physique, afin d'ancrer plus solidement la compréhension de ces représentations.

Il est recommandé de proposer des exercices où les élèves doivent d'abord identifier le nombre de divisions, ensuite appliquer les conversions à l'aide des échelles, et enfin attribuer correctement les signes selon la position du point. Des activités de repérage dans des repères à échelles variables ou des exercices de reconstruction graphique pourraient aussi améliorer leur maîtrise de ces compétences. Une telle approche renforcerait la capacité des élèves à passer de l'abstraction mathématique à une lecture rigoureuse d'un phénomène physique représenté graphiquement.

4.1.4. Compréhension des grandeurs physiques portées par des segments horizontaux et verticaux

Question 9

Tableau 11 : Valeur du segment [AB] en considérant 1 ms/Div et 1 V/Div

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	-6	6	21,4	21,4	21,4
	35	1	3,6	3,6	25,0
	-7	7	25,0	25,0	50,0
	6 (BR)	14	50,0	50,0	100,0
	Total	28	100,0	100,0	

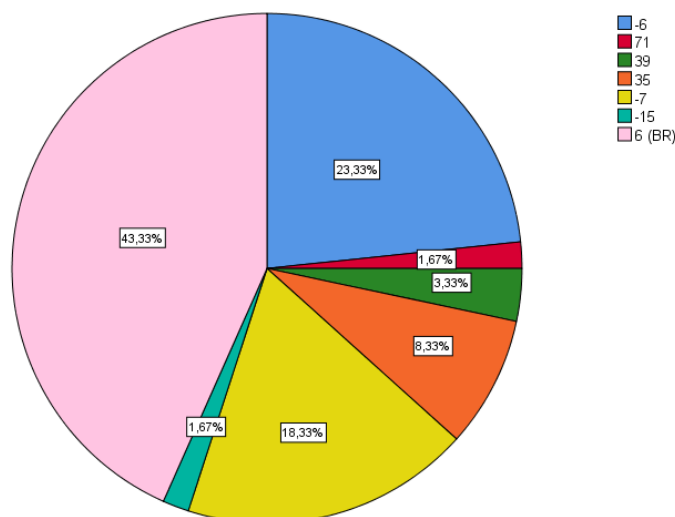


Figure 56 : Valeur du segment [AB] en considérant 1 ms/Div et 1 V/Div

Cette question vise à évaluer si l'élève est capable de lire correctement la longueur graphique d'un segment, en l'occurrence [AB], et de déterminer sa valeur numérique en tenant compte du nombre de divisions couvertes et de l'échelle verticale ou horizontale, selon l'orientation du segment. Lorsque le segment [AB] couvre six divisions dans un repère où une division correspond à 1 volt, la bonne réponse attendue est tout simplement 6 volts. Il s'agit d'une mesure de grandeur physique scalaire, la tension, dont la valeur doit être positive par convention.

Les résultats montrent que 43,3 % (voir tableau 11 et figure 56) des élèves ont donné la bonne réponse. Toutefois, une part importante, représentant près de 41,6 % des réponses, a attribué une valeur négative au segment, avec des réponses telles que -6 ou -7 . Cela révèle une confusion fréquente entre la notion de grandeur mesurée (qui est toujours positive lorsqu'on mesure une distance ou une tension) et l'orientation dans un repère, qui concerne plutôt les coordonnées des points.

Cette confusion traduit une mauvaise distinction entre la lecture d'une valeur absolue sur un graphique et l'interprétation des coordonnées signées d'un point. Certains élèves semblent assimiler le segment [AB] à un déplacement entre deux points ayant des ordonnées opposées, ce qui est pertinent en géométrie, mais pas ici dans le contexte d'une mesure physique de type tension. D'autres erreurs, comme des réponses très éloignées telles que 35 ou 71, traduisent soit une lecture incorrecte du graphique, soit une mauvaise application du coefficient d'échelle.

Ces résultats suggèrent la nécessité de clarifier avec les élèves que la longueur d'un segment, dans le contexte de mesure physique, est toujours positive, à moins qu'on ne soit dans

une situation vectorielle explicitement définie. La tension est une grandeur scalaire, ce qui signifie qu'elle n'a pas de direction associée dans ce contexte ; seule la valeur absolue du segment importe.

D'un point de vue didactique, il apparaît essentiel de travailler la distinction entre les coordonnées (qui peuvent être positives ou négatives selon le repère) et les grandeurs physiques extraites des segments, qui, elles, dépendent uniquement de la longueur et de l'échelle. Des exercices spécifiques pourraient être proposés pour faire cette distinction, notamment des comparaisons entre la valeur d'un segment et les coordonnées de ses extrémités. Il serait également utile de varier les repères graphiques pour habituer les élèves à interpréter correctement les échelles et les orientations sans perdre de vue la nature de la grandeur étudiée.

En somme, cette question met en lumière un obstacle conceptuel courant : la difficulté à articuler lecture graphique, sens des grandeurs physiques et repérage spatial. Un travail régulier sur des activités contextualisées et visuelles permettrait aux élèves d'ancrer plus solidement ces compétences fondamentales pour la lecture d'oscillogrammes.

Question 10

Tableau 12 : Nom de la grandeur physique portée par [AB]

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	Volume	8	13,3	13,3	13,3
	Vitesse	1	1,7	1,7	15,0
	Distance	20	33,3	33,3	48,3
	Tension (BR)	21	35,0	35,0	83,3
	Masse	2	3,3	3,3	86,7
	Poids	2	3,3	3,3	90,0
	Intensité du courant	3	5,0	5,0	95,0
	Temps	3	5,0	5,0	100,0
	Total	60	100,0	100,0	

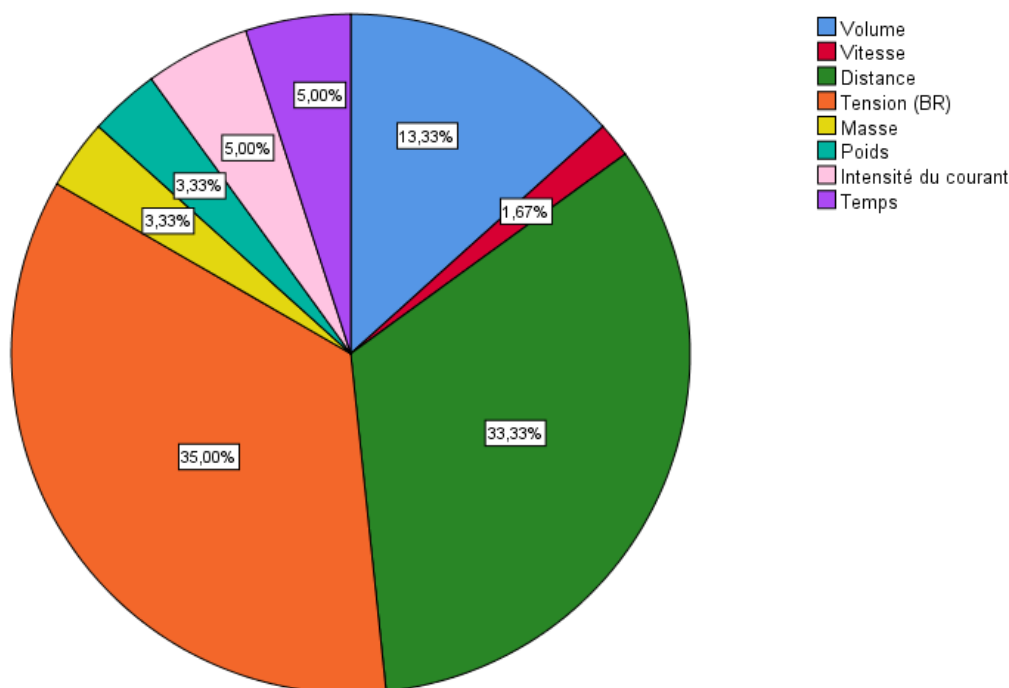


Figure 57 : Nom de la grandeur physique portée par [AB]

Cette question vise à évaluer la capacité des élèves à identifier correctement la nature de la grandeur physique représentée par un segment graphique, en l'occurrence le segment [AB], en tenant compte de son orientation, de l'axe concerné et du contexte de l'activité. La bonne réponse attendue est la tension, puisqu'il s'agit d'une grandeur couramment portée sur l'axe des ordonnées dans un oscillogramme représentant une tension alternative.

Les résultats montrent que seuls 35 % (voir tableau 12 et figure 57) des élèves ont effectivement identifié cette grandeur comme étant la tension. Ce taux relativement faible laisse apparaître des difficultés dans la lecture interprétative du graphique. Une proportion presque équivalente (33,3 %) a choisi la distance, ce qui suggère un transfert inapproprié de savoirs antérieurs, notamment en géométrie ou dans d'autres disciplines où un segment vertical est spontanément interprété comme une mesure de longueur. D'autres réponses telles que le volume, la vitesse ou la masse, choisies par environ 18 % des élèves, indiquent une confusion plus générale dans la catégorisation des grandeurs physiques.

Trois difficultés majeures peuvent être identifiées à travers cette question. D'abord, de nombreux élèves semblent appliquer des schémas familiers à un contexte inadéquat, transposant ainsi des conceptions issues de la géométrie ou de la vie courante à l'analyse d'un oscillogramme. Ensuite, il apparaît une méconnaissance du rôle des axes, notamment celui des ordonnées, qui dans ce type de graphique, représente une grandeur électrique bien spécifique. Enfin, certains élèves montrent une incapacité à relier correctement une unité de mesure à la

grandeur correspondante : ainsi, même si l'unité « volt » est identifiée dans d'autres questions, elle n'est pas toujours reliée au nom « tension ».

Ces résultats soulignent la nécessité d'un renforcement explicite des liens entre la grandeur physique, son symbole, son unité de mesure et sa représentation graphique. Une telle articulation, fondamentale dans l'apprentissage de la physique, ne semble pas suffisamment maîtrisée par une majorité d'élèves. Les confusions avec des grandeurs telles que la distance ou le volume traduisent un déficit de conceptualisation disciplinaire qui mérite une attention particulière.

Pour remédier à ces difficultés, il est recommandé d'introduire des activités spécifiques où les élèves doivent analyser plusieurs graphiques, lire les étiquettes des axes, associer chaque grandeur à son unité, et justifier leurs choix. Ces activités peuvent être conçues de manière progressive, en partant de graphiques annotés pour ensuite arriver à des documents non annotés qui nécessitent une inférence raisonnée. Ce travail méthodique permettra de développer chez les élèves des compétences d'analyse graphique plus rigoureuses et ancrées dans une compréhension disciplinaire solide.

Question 11

Tableau 13 : Unité de mesure de la grandeur portée par [AB]

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	Litre	2	3,3	3,3	3,3
	Nanoseconde	2	3,3	3,3	6,7
	Kilogramme	10	16,7	16,7	23,3
	Millivolt	3	5,0	5,0	28,3
	Seconde	6	10,0	10,0	38,3
	Volt (BR)	21	35,0	35,0	73,3
	Microseconde	3	5,0	5,0	78,3
	Milliseconde	13	21,7	21,7	100,0
	Total	60	100,0	100,0	

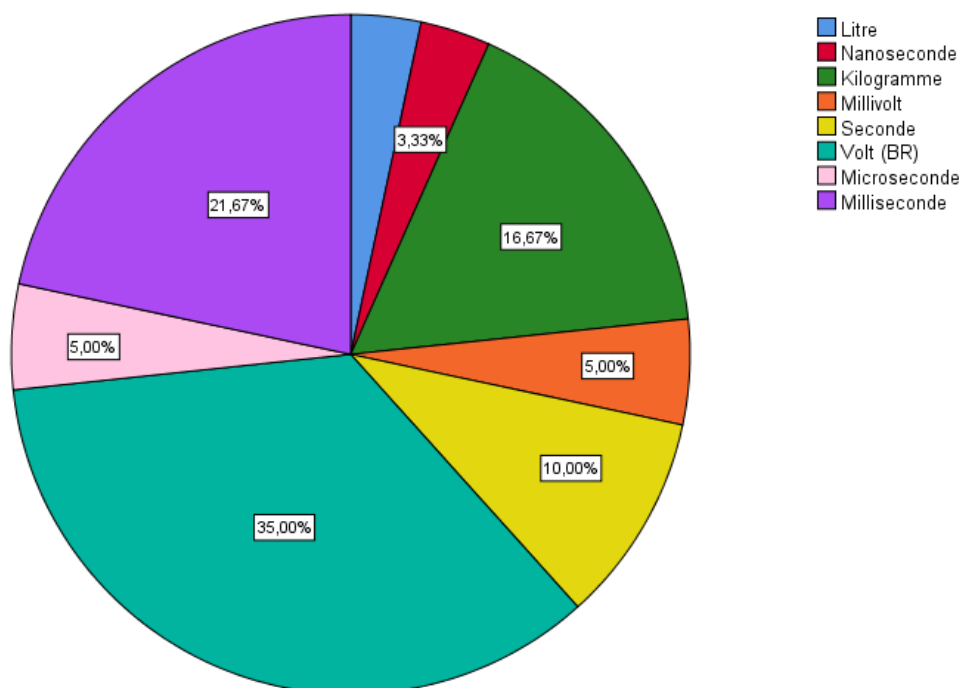


Figure 58 : Unité de mesure de la grandeur portée par [AB]

L'objectif de cette question est d'évaluer si l'élève est capable d'identifier correctement l'unité de mesure associée à une grandeur physique représentée graphiquement, en particulier dans le cas du segment [AB]. Plus précisément, il s'agit de vérifier si l'apprenant sait que, dans le contexte donné (1 V/div sur l'axe des ordonnées), ce segment représente une tension, dont l'unité correspondant sur le graphique est le volt (V).

Les résultats révèlent que seuls 35 % (voir tableau 13 et figure 58) des élèves ont correctement identifié le volt comme unité correspondant à la grandeur portée par [AB]. Cette proportion relativement faible montre que la relation entre une grandeur physique et son unité n'est pas encore solidement acquise. En revanche, une part importante des élèves (21,7 %) a choisi la milliseconde, ce qui laisse supposer une confusion fréquente entre l'axe des abscisses, généralement utilisé pour le temps, et l'axe des ordonnées, qui dans ce cas précis représente la tension. D'autres élèves (16,7 %) ont opté pour le kilogramme, ce qui indique une difficulté encore plus fondamentale à associer les unités à leurs grandeurs physiques respectives.

Le choix d'unités telles que la seconde, la microseconde ou la nanoseconde semble aussi traduire une tendance à se focaliser sur les échelles temporelles, probablement parce que celles-ci sont présentes dans plusieurs autres questions du questionnaire. Cette erreur systématique suggère une lecture trop rapide ou un manque de prise en compte du contexte graphique spécifique.

Plusieurs difficultés majeures peuvent ainsi être identifiées. La plus fréquente semble être la confusion des axes du repère, qui conduit certains élèves à associer à tort des unités

temporelles à des grandeurs portées par l'axe vertical. On observe également une maîtrise partielle ou incorrecte des associations classiques entre grandeur et unité : tension et volt, temps et seconde ou milliseconde, masse et kilogramme, etc. Par ailleurs, certains élèves semblent fonder leur réponse uniquement sur la valeur numérique du segment, sans prendre le temps de décoder la nature de la variable mesurée ni l'axe concerné.

Ces constats soulignent l'importance de renforcer l'enseignement des correspondances entre grandeurs physiques, unités et représentations graphiques. Il serait pertinent, par exemple, d'utiliser des activités spécifiques pour travailler ces correspondances, comme des exercices d'association ou des cartes à relier. En classe, une attention particulière devrait être portée à l'analyse rigoureuse des graphiques, en insistant sur la lecture des étiquettes des axes, la reconnaissance des unités et la compréhension du contexte de la mesure.

Question 12

Tableau 14 : Valeur du segment [DG] en considérant 5 ms/Div et 10 V/Div

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	-70	2	3,3	3,4	3,4
	8	11	18,3	18,6	22,0
	71	1	1,7	1,7	23,7
	39	3	5,0	5,1	28,8
	35 (BR)	2	3,3	3,4	32,2
	-7	12	20,0	20,3	52,5
	-15	7	11,7	11,9	64,4
	7	21	35,0	35,6	100,0
	Total	59	98,3	100,0	
Manquant	Système	1	1,7		
Total		60	100,0		

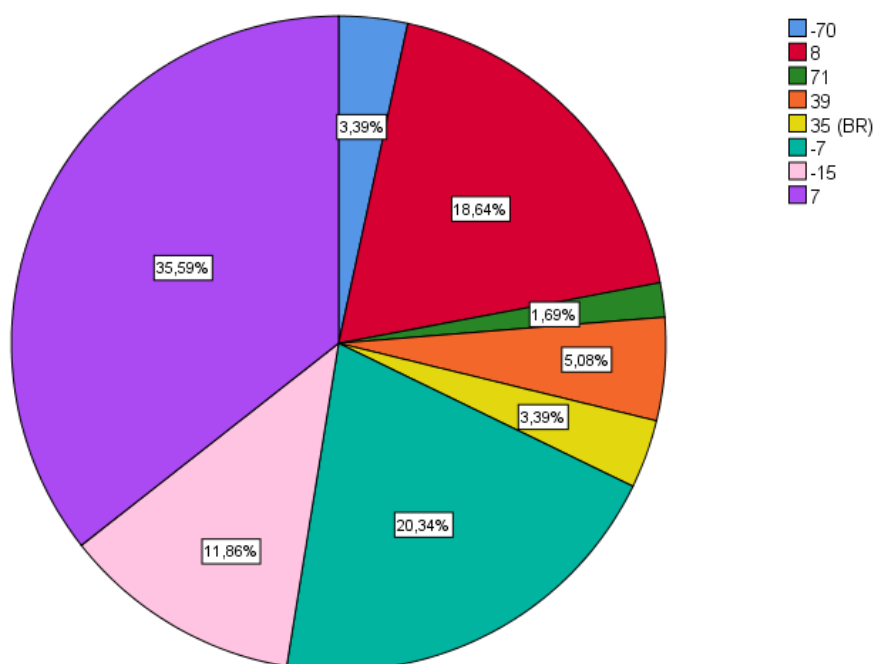


Figure 59 : Valeur du segment [DG] en considérant 5 ms/Div et 10 V/Div

Cette question a pour objectif de vérifier si les élèves sont capables de lire correctement la valeur d'un segment vertical sur un oscillogramme, en tenant compte du nombre de divisions qu'il couvre ainsi que de l'échelle verticale indiquée. Elle vise aussi à évaluer leur capacité à effectuer l'opération correcte, c'est-à-dire multiplier le nombre de divisions par l'échelle, ici fixée à 10 V/div, pour fournir une valeur numérique précise, exprimée dans l'unité appropriée. La bonne réponse attendue est 35 V, ce qui suppose que le segment [DG] couvre 3,5 divisions verticales.

Les résultats obtenus montrent que seuls 3,4 % (voir tableau 14 et figure 59) des élèves ont fourni la réponse correcte, ce qui révèle une maîtrise extrêmement faible de cette compétence. Une majorité relative, soit 35,6 %, a répondu 7, ce qui laisse supposer une confusion entre le nombre de divisions observées et la valeur réelle, ou une absence d'application de l'échelle. Les réponses négatives comme -7 ou -15 peuvent être le signe d'une mauvaise interprétation de l'orientation du segment, en particulier s'il est perçu comme descendant sur l'oscillogramme, ou d'une confusion entre les axes, notamment entre l'axe vertical (ordonnée) et l'axe horizontal (abscisse). Enfin, certaines réponses telles que 8, 39 ou 70 paraissent issues de raisonnements approximatifs ou aléatoires, sans application claire de la procédure attendue.

Plusieurs difficultés ont ainsi été mises en évidence. Tout d'abord, les élèves semblent éprouver des difficultés à identifier avec précision le nombre de divisions couvertes par un segment vertical. Ensuite, la notion d'échelle n'est pas maîtrisée par tous : une proportion

importante des élèves oublie de multiplier le nombre de divisions par la valeur associée à l'échelle verticale. À cela s'ajoutent des erreurs de raisonnement numérique, certains se contentant d'indiquer le nombre brut de divisions observées, sans effectuer le calcul attendu. Enfin, des confusions spatiales entre les axes peuvent également fausser la réponse.

Ces résultats soulignent des lacunes importantes dans la lecture graphique et le traitement proportionnel des données. Il apparaît nécessaire de renforcer l'enseignement de la procédure de lecture d'un segment, en insistant sur la distinction entre les axes, sur l'identification correcte du nombre de divisions et sur l'application rigoureuse de l'échelle. Pour remédier à ces difficultés, il est recommandé d'introduire des activités guidées avec des exemples illustrés, de varier les situations (par exemple, en proposant des échelles différentes pour un même segment), et de proposer des tâches inversées, où l'élève doit tracer un segment de valeur donnée à partir d'une échelle imposée.

Question 13

Tableau 15 : Nom de la grandeur physique portée par [DG]

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	Volume	7	11,7	11,7	11,7
	Vitesse	4	6,7	6,7	18,3
	Distance	16	26,7	26,7	45,0
	Tension	9	15,0	15,0	60,0
	Masse	1	1,7	1,7	61,7
	Intensité du courant	3	5,0	5,0	66,7
	Temps (BR)	20	33,3	33,3	100,0
	Total	60	100,0	100,0	

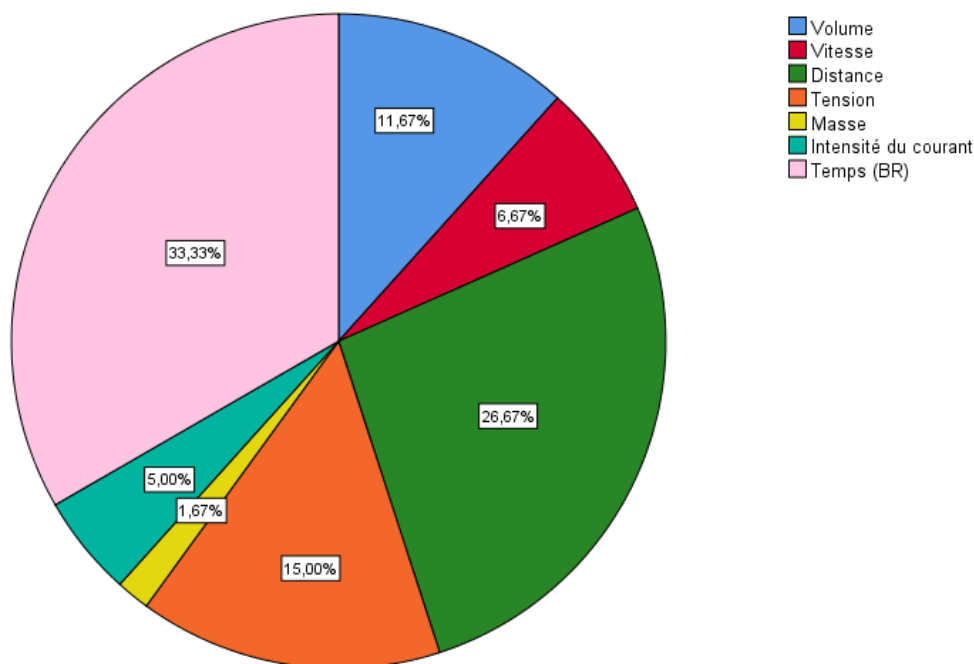


Figure 60 : Nom de la grandeur physique portée par [DG]

Cette question vise à évaluer la capacité des apprenants à identifier correctement la grandeur physique représentée par un segment donné sur un oscillogramme, en l'occurrence le segment horizontal [DG]. Elle permet de vérifier si les élèves sont capables d'associer le segment horizontal à l'axe des abscisses et, par conséquent, de reconnaître que celui-ci représente la variable temporelle, le temps. Elle permet également d'estimer leur aptitude à distinguer les grandeurs physiques selon l'axe sur lequel elles sont représentées, et à établir un lien entre le segment mesuré et la nature de la grandeur qu'il exprime.

Les résultats montrent que seuls 33,3 % (voir tableau 15 et figure 60) des élèves ont identifié correctement le temps comme la grandeur physique portée par le segment [DG]. Cette proportion relativement faible révèle qu'une majorité significative, soit 66,7 %, n'a pas su reconnaître cette notion fondamentale. Parmi les autres réponses, 26,7 % des élèves ont opté pour la distance, ce qui traduit une confusion fréquente entre le temps, généralement représenté sur l'axe des abscisses, et la distance, habituellement associée à des contextes de mouvement. Par ailleurs, 15 % ont sélectionné la tension, et 5 % l'intensité du courant, ce qui suggère que certains élèves associent de manière systématique toute représentation graphique dans un contexte électrique à ces deux grandeurs, sans tenir compte de la nature de l'axe concerné. Enfin, des réponses telles que le volume, la masse ou la vitesse ont également été relevées, bien qu'elles soient sans pertinence dans ce contexte, ce qui laisse supposer des réponses aléatoires ou une absence totale de lecture du graphique.

Plusieurs difficultés peuvent expliquer ces erreurs. Une confusion persistante entre les axes semble être au cœur du problème. Certains élèves n'identifient pas clairement si le segment mesuré est horizontal ou vertical, ce qui compromet l'interprétation correcte de la grandeur associée. De plus, l'absence de lecture attentive des axes et des échelles mentionnées sur le graphique empêche une analyse rigoureuse. On observe également une généralisation incorrecte de certains apprentissages : les élèves ont tendance à associer tout graphique en électricité aux grandeurs de tension ou d'intensité, sans évaluer la position du segment mesuré. Enfin, une méconnaissance des conventions usuelles en physique est apparente : beaucoup d'élèves ignorent que, par convention, l'axe horizontal d'un oscillogramme représente systématiquement le temps.

Ces constats soulignent l'urgence d'un renforcement didactique autour de l'analyse des axes et des représentations graphiques en physique. Il serait pertinent d'intégrer explicitement dans l'enseignement des séquences consacrées à la lecture des oscillogrammes, avec un accent particulier sur la reconnaissance des axes, des unités de mesure et des grandeurs associées.

Question 14

Tableau 16 : Unité de mesure de la grandeur portée par [DG]

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	Litre	5	8,3	8,5	8,5
	Nanoseconde	2	3,3	3,4	11,9
	Kilogramme	8	13,3	13,6	25,4
	Millivolt	5	8,3	8,5	33,9
	Seconde	16	26,7	27,1	61,0
	Volt	5	8,3	8,5	69,5
	Microseconde	3	5,0	5,1	74,6
	Milliseconde (BR)	15	25,0	25,4	100,0
	Total	59	98,3	100,0	
Manquant	Système	1	1,7		
Total		60	100,0		

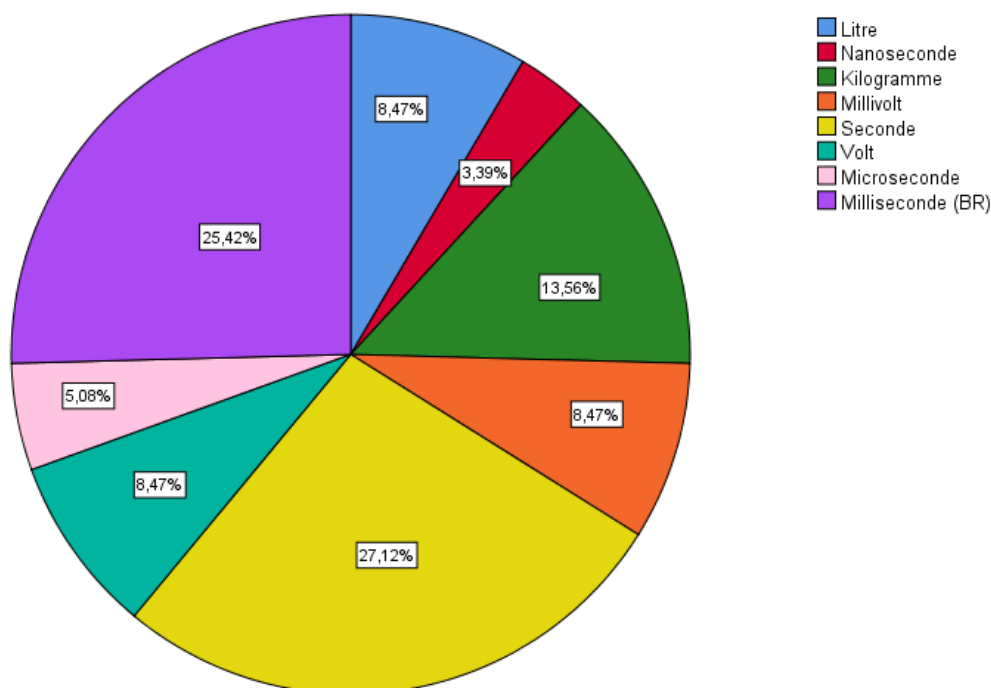


Figure 61 : Unité de mesure de la grandeur portée par [DG]

Cette question a pour objectif d'évaluer la capacité des apprenants à identifier correctement l'unité de mesure associée à une grandeur temporelle représentée par un segment horizontal sur un oscillogramme. Elle vise ainsi à tester la compréhension des élèves sur la lecture des axes, la reconnaissance de la nature de la grandeur physique considérée, ici le temps, et la sélection de l'unité correspondante en fonction de l'échelle précisée, en l'occurrence la milliseconde (ms).

Les résultats montrent que seuls 25,4 % (voir tableau 16 et figure 61) des élèves ont correctement choisi la milliseconde comme unité de mesure pour le segment [DG], pourtant horizontal et exprimé selon une sensibilité temporelle. Une part légèrement supérieure (27,1 %) a sélectionné la seconde, indiquant une certaine compréhension de la grandeur temporelle, mais sans prise en compte rigoureuse de l'unité associée à l'échelle graphique (ms/div). Les autres réponses, représentant un total de 47,5 %, se répartissent entre des unités physiques sans rapport direct avec la grandeur mesurée – telles que le kilogramme, le litre, le volt ou le millivolt – traduisant soit une confusion entre les unités, soit une approche non contextualisée de la question.

Ces réponses mettent en lumière plusieurs types de difficultés rencontrées par les élèves. Premièrement, une lecture imprécise de l'échelle semble être à l'origine de nombreuses erreurs : les élèves identifient parfois la bonne grandeur (le temps), mais ne lisent pas correctement l'unité précisée (ms). Deuxièmement, des confusions récurrentes apparaissent entre unités

électriques (telles que le volt) et unités temporelles, ce qui suggère un manque de lien entre l'orientation du segment (horizontal ou vertical) et la nature de la grandeur physique associée. Troisièmement, le recours à des unités totalement inappropriées, comme le litre ou le kilogramme, montre une tendance chez certains élèves à répondre de manière intuitive ou aléatoire, sans raisonnement fondé. Enfin, une difficulté plus conceptuelle semble liée à la maîtrise des préfixes du Système international, tels que milli (10^{-3}), micro (10^{-6}) ou nano (10^{-9}), et à leur application correcte dans le contexte de la mesure.

D'un point de vue didactique, ces observations révèlent la nécessité d'un renforcement ciblé sur la relation entre les grandeurs physiques et leurs unités, en particulier dans le cadre de la lecture d'oscillogrammes. Il convient de consacrer du temps à l'enseignement explicite de la lecture des axes, à la distinction claire entre les grandeurs temporelles et électriques, ainsi qu'à la compréhension des échelles en lien avec les préfixes d'unités du Système international. En complément, des exercices concrets de repérage d'unités sur des graphiques, d'interprétation de segments horizontaux et verticaux, ou encore de conversion d'unités dans des contextes réels, contribueraient à renforcer ces apprentissages.

4.1.5. Interprétation des oscillogrammes

Question 17

Tableau 17 : Calcul de la période à partir des réglages de l'oscilloscope (S_h et S_v)

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	Utilisation acceptable de la relation du type $T=n \times b$ (BR)	7	11,7	12,1	12,1
	Utilisation non acceptable de la relation du type $T=n \times b$	24	40,0	41,4	53,4
	Utilisation de la relation du type $T=n/b$ ou bien $T=b/n$	26	43,3	44,8	98,3
	Sans réponse	1	1,7	1,7	100,0
	Total	58	96,7	100,0	
Manquant	Système	2	3,3		
Total		60	100,0		

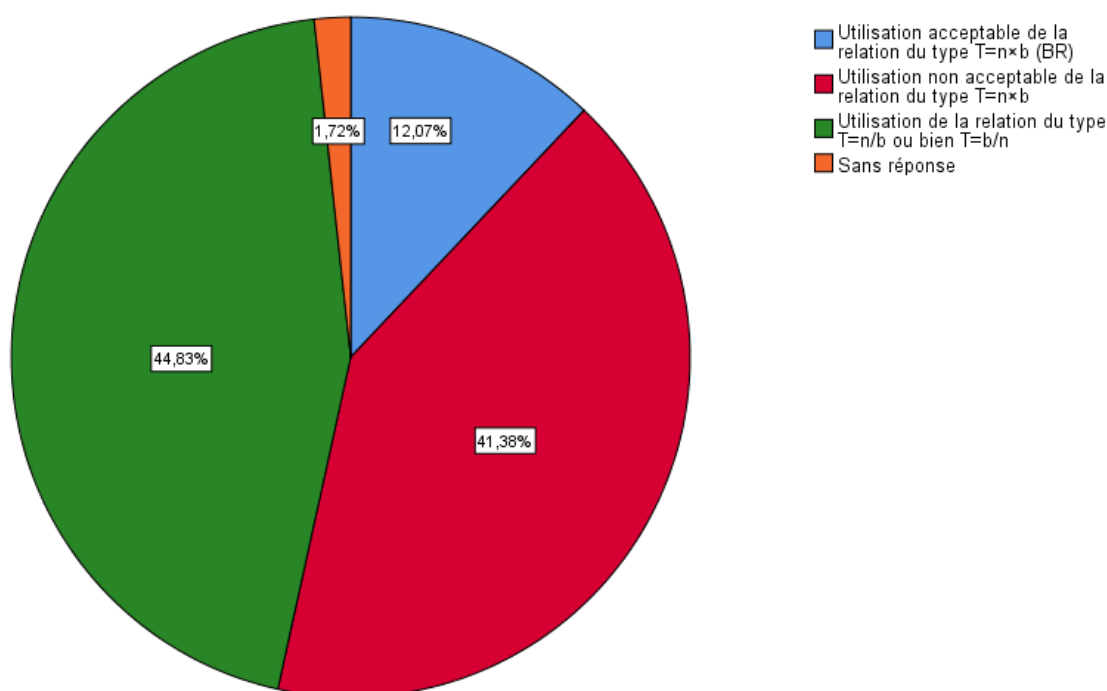


Figure 62 : Calcul de la période à partir des réglages de l'oscilloscope (S_h et S_v)

Cette question a pour objectif principal d'évaluer la capacité de l'élève à mobiliser la relation correcte entre trois éléments fondamentaux dans la lecture d'un oscillogramme sous : le nombre de divisions occupées par un motif périodique (noté n), la sensibilité horizontale (S_h ou b) exprimée en ms/div, et la formule mathématique permettant de déterminer la période ($T = n \times b$).

L'analyse des résultats révèle que seuls 12,1 % (voir tableau 19 et figure 64) des élèves interrogés ont su mobiliser correctement cette formule. Une proportion importante, soit 41,4 %, a tenté de l'utiliser, mais de manière erronée, traduisant une confusion sur les valeurs à manipuler. Par ailleurs, 44,8 % des réponses font apparaître une inversion de la relation attendue, en proposant des formules telles que $T = \frac{n}{b}$, $T = \frac{b}{n}$, $T = \frac{S_h}{S_v}$, $T = \frac{S_v}{S_h}$, témoignant d'une difficulté persistante à interpréter correctement le rôle de la sensibilité horizontale dans le contexte graphique. Enfin, un petit nombre d'élèves (1,7 %) n'a pas fourni de réponse.

Ces résultats mettent en évidence plusieurs difficultés conceptuelles et méthodologiques. D'abord, une confusion entre les grandeurs mises en jeu : de nombreux élèves semblent hésiter sur le fait de devoir multiplier ou diviser le nombre de divisions par la sensibilité horizontale. Ensuite, une méconnaissance du fonctionnement de l'oscilloscope, notamment le fait que chaque division horizontale représente un intervalle de temps donné par S_h ou b . De plus, la faible maîtrise du raisonnement proportionnel apparaît comme un obstacle,

certaines élèves cherchant maladroitement à appliquer une règle de trois inversée. Enfin, ces erreurs révèlent une difficulté à relier la représentation graphique à une interprétation mathématique rigoureuse.

Face à ces constats, plusieurs enjeux didactiques se dégagent. Il est essentiel de renforcer la compréhension du rôle des échelles, et plus particulièrement de la sensibilité horizontale, qui n'est pas une grandeur absolue, mais une mesure par division. Un retour à l'ancrage empirique peut également s'avérer utile : faire observer que chaque division horizontale correspond à une durée spécifique, et que la période est le produit du nombre de divisions par cette durée. Des exercices progressifs et guidés, qui varient à la fois n et S_h ou b , peuvent permettre aux élèves d'automatiser leur raisonnement et de mieux comprendre les liens entre les différentes grandeurs.

Question 18

Tableau 18 : Calcul de la période avec indication directe dans l'oscillogramme

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	Utilisation acceptable de la relation du type $T=n \times b$ (BR)	6	10,0	11,1	11,1
	Utilisation non acceptable de la relation du type $T=n \times b$	24	40,0	44,4	55,6
	Utilisation de la relation du type $T=n/b$ ou bien $T=b/n$	19	31,7	35,2	90,7
	Sans réponse	4	6,7	7,4	98,1
	Utilisation de la relation du type $T=1/f$	1	1,7	1,9	100,0
	Total	54	90,0	100,0	
Manquant	Système	6	10,0		
Total		60	100,0		

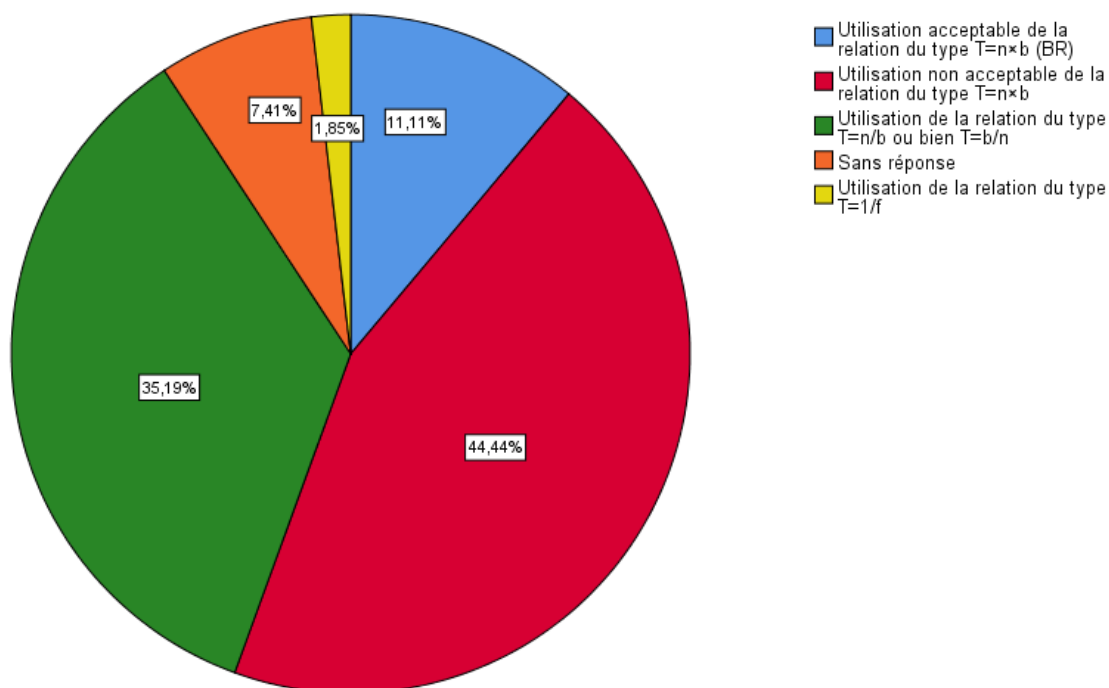


Figure 63 : Calcul de la période avec indication directe dans l'oscillogramme

L'objectif de cette question est de vérifier si l'élève est capable d'exploiter l'indication graphique explicite d'un motif élémentaire sur un oscillogramme et de déterminer correctement la valeur de la période (T) à l'aide de la formule $T = n \times b$, où n représente le nombre de divisions horizontales et S_h ou b la sensibilité horizontale. La bonne réponse attendue correspond donc à l'utilisation correcte de cette relation.

L'analyse des résultats révèle que seuls 11,1 % (voir tableau 20 et figure 65) des apprenants ont effectivement mobilisé la formule correcte. En revanche, 44,4 % ont tenté de l'utiliser, mais de manière erronée, indiquant des erreurs soit dans l'identification des paramètres, soit dans les calculs associés. Par ailleurs, 35,2 % des élèves confondent encore multiplication et division, traduisant une incompréhension de la structure proportionnelle sous-jacente à la lecture graphique d'un oscillogramme. D'autres, bien que minoritaires, ont mobilisé une formule hors de propos, comme $T = \frac{1}{f}$, sans que la fréquence ne soit donnée dans l'énoncé, montrant ainsi un usage automatique et non réfléchi de formules mémorisées.

Plusieurs difficultés majeures se dégagent de cette situation d'évaluation. Premièrement, une mauvaise interprétation du graphique, qui se traduit par une incapacité à identifier précisément le nombre de divisions couvertes par le segment représentant la période. Deuxièmement, une confusion persistante sur la formule à appliquer : de nombreux élèves utilisent encore $T = \frac{n}{b}$, $T = \frac{b}{n}$, $T = \frac{S_h}{S_v}$, $T = \frac{S_v}{S_h}$, révélant une compréhension erronée du lien

proportionnel entre les grandeurs en jeu. Troisièmement, l'indice visuel explicite du motif élémentaire n'est souvent pas exploité, suggérant un manque de compétence en lecture d'oscillogrammes. Enfin, l'utilisation mécanique de la formule $T = \frac{1}{f}$ montre que certains apprenants mobilisent leurs connaissances sans prendre en compte les données du contexte.

Sur le plan didactique, cette question met en lumière la nécessité de renforcer l'ancrage visuel et empirique du concept de période. L'observation directe d'un motif élémentaire devrait être systématiquement associée à l'usage de la formule, afin de faciliter l'articulation entre expérience sensible et modélisation mathématique. Il conviendrait également de travailler la cohérence des unités et de favoriser la manipulation critique des grandeurs et des rapports. En cela, les élèves doivent être formés à identifier les unités en jeu, à justifier leurs choix de formule et à relier ces choix aux données graphiques.

4.2. Analyse des productions en cours de séquence

Ces lacunes soulignent un enseignement souvent détaché des fondements empiriques et méthodologiques des sciences, tels que valorisés par la Nature of Science. Elles justifient l'intégration d'une approche didactique fondée sur l'observation, la manipulation et la réflexion collective.

4.2.1. Construction qualitative du concept de période

La phase exploratoire de cette activité a été conçue pour amener les apprenants à construire intuitivement le concept de période à partir de l'observation et de l'analyse d'un oscillogramme.

Étape 1 : Tracé individuel et familiarisation visuelle

Dans un premier temps, chaque apprenant a reçu un document comportant deux oscillogrammes dont les formes sont suggérées par des pointillés. Il leur a été demandé de reproduire deux fois, individuellement, le tracé de l'oscillogramme. Cette étape vise à favoriser une première appropriation du phénomène périodique en permettant à l'apprenant de "sentir" le mouvement de la courbe et de repérer intuitivement un motif élémentaire récurrent.

Étape 2 : Travail collaboratif et identification du motif élémentaire

Dans un second temps, les apprenants ont été invités à exprimer, en petits groupes de quatre, leurs observations concernant l'éventuelle présence d'un motif qui se répète de manière identique. Une fois ce motif identifié, chaque groupe devait effectuer un tracé collectif : les

motifs étaient tracés successivement par différents membres du groupe, chacun utilisant une couleur de stylo différente pour marquer l'alternance des contributions et des motifs. Cette procédure visait à favoriser une co-construction du savoir à travers la discussion, la confrontation d'idées et la mise en œuvre collective.

À l'issue de cette activité, cinq types de productions ont été identifiés :

- **Catégorie 1 : Identification correcte d'un motif élémentaire**

Deux groupes ont correctement identifié le motif élémentaire correspondant à une alternance complète (positive suivie d'une négative) dans une fonction sinusoïdale (voir figure 66). Leur tracé respectait l'intégralité de la courbe pointillée, sans omission ni redondance.

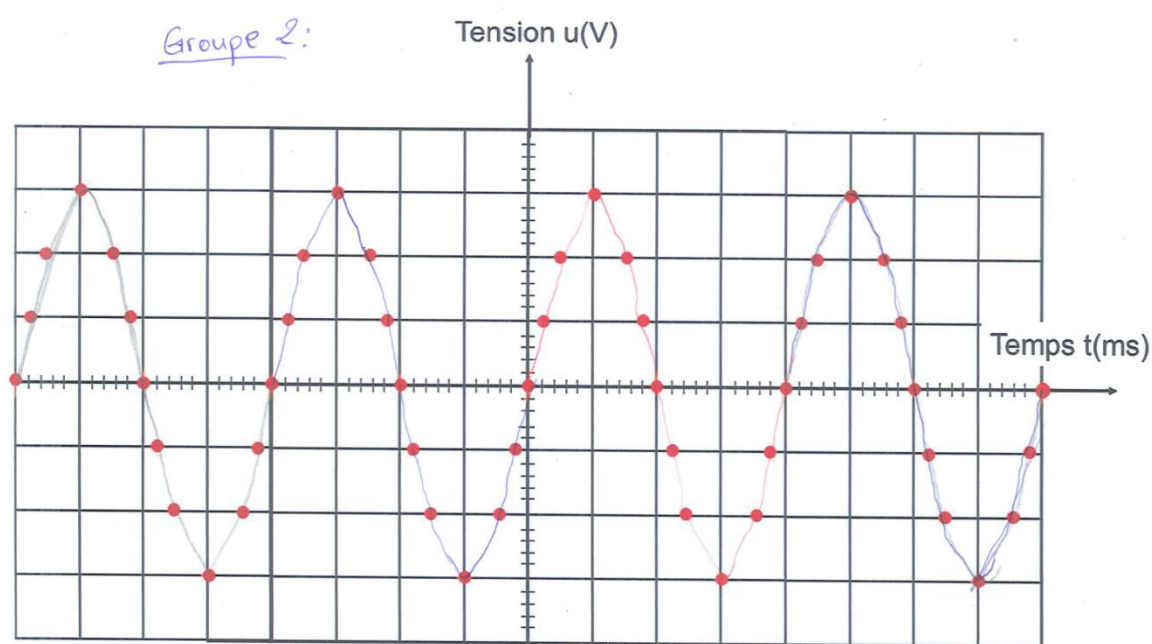


Figure 64 : Identification correcte d'un motif élémentaire

- **Catégorie 2 : Identification correcte avec gestion d'une difficulté**

Deux autres groupes ont défini le motif élémentaire comme l'intervalle entre deux crêtes positives (voir figure 67). Cette approche, bien que partiellement correcte, laissait à chaque extrémité de l'oscillogramme des portions de courbe non prises en compte. Pour pallier ce problème, les groupes ont décidé d'ajouter ces fragments aux motifs situés en bordure, ce qui a entraîné une hétérogénéité dans la définition du motif.

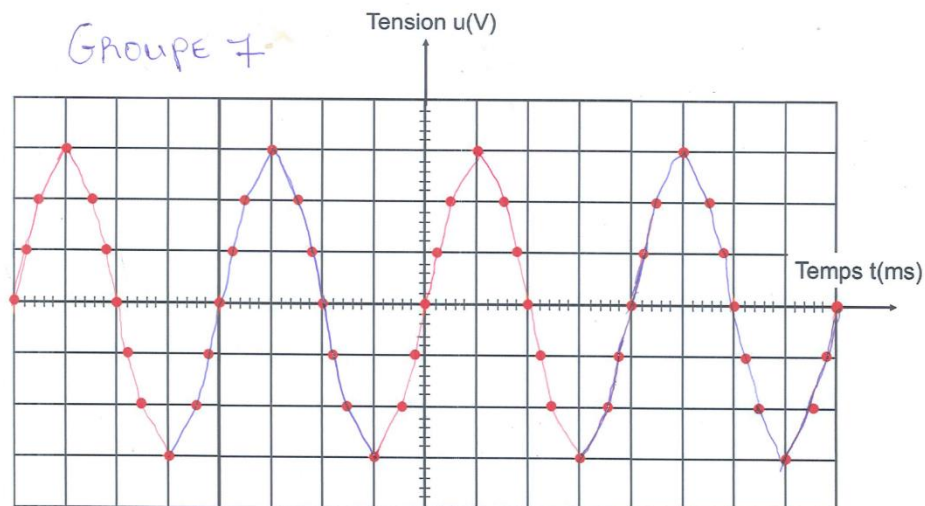


Figure 65 : Identification correcte d'un motif élémentaire avec gestion d'une difficulté

- **Catégorie 3 : Identification d'une alternance comme motif élémentaire**

Un groupe a identifié une seule alternance (positive ou négative) comme motif élémentaire. Les membres ont considéré les deux alternances comme équivalentes, s'appuyant sur leur similarité visuelle et symétrique (voir figure 68).

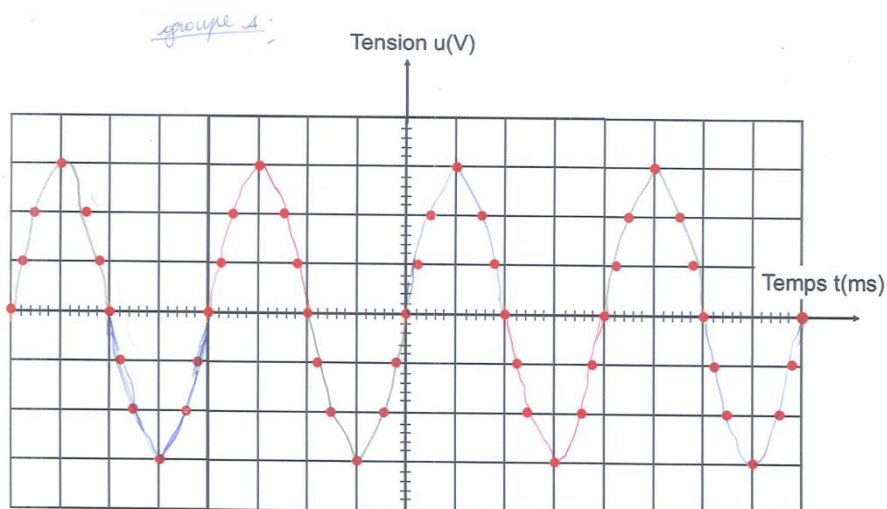


Figure 66 : Identification d'une alternance comme motif élémentaire

- **Catégorie 4 : Alternance avec gestion d'une difficulté**

Deux groupes ont choisi une alternance allant d'une crête supérieure à une crête inférieure (ou inversement) comme motif. Cette approche engendrait, comme dans la catégorie 2, des fragments résiduels de courbe aux extrémités. Ces fragments ont été ajoutés aux derniers motifs, altérant ainsi leur régularité (voir figure 69).

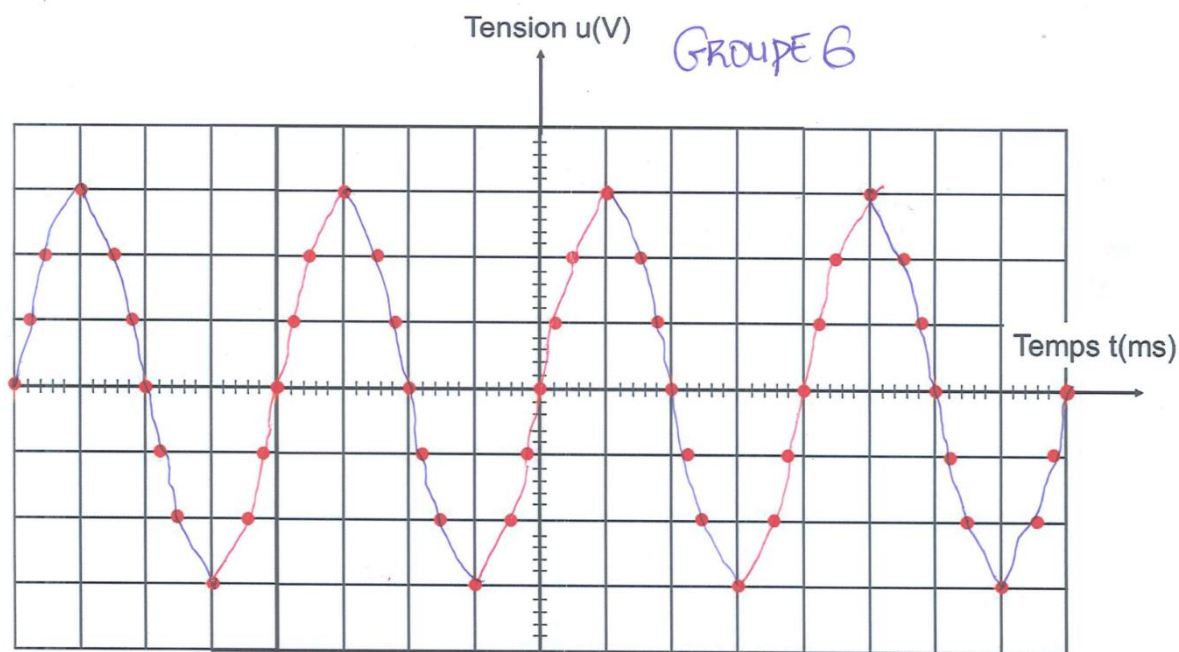


Figure 67 : Identification d'une alternance comme motif élémentaire avec gestion d'une difficulté

- **Catégorie 5 : Absence d'identification cohérente**

Un groupe n'a pas réussi à identifier un motif élémentaire unique. Leur production présentait une combinaison arbitraire de segments équivalents à un quart, une moitié, trois quarts ou un motif complet, sans logique claire ni justification commune (voir figure 70).

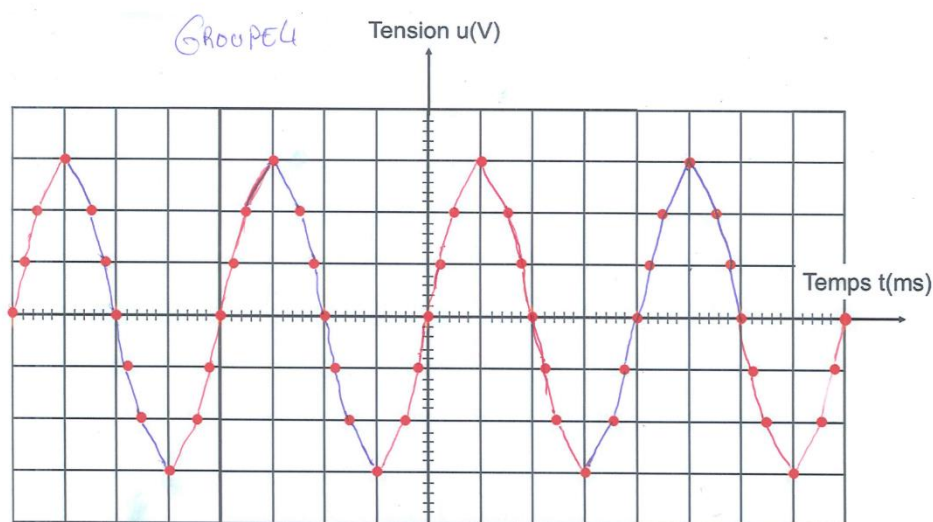


Figure 68 : Incapacité d'identification d'un motif unique comme motif élémentaire

Phase de régulation collective et conceptualisation

Une mise en commun a ensuite été organisée au niveau de la classe pour discuter les différentes productions et converger vers une représentation consensuelle du motif élémentaire.

Cette discussion collective a permis d'amorcer une phase de **conceptualisation** (voir figure 71), au cours de laquelle l'enseignant a progressivement formalisé les concepts suivants :

- **Période** : durée correspondant à un motif élémentaire d'un signal périodique.
- **Signal périodique** : signal dont le motif élémentaire se répète identiquement à intervalles de temps réguliers.
- **Signal non périodique** : signal qui ne présente aucune répétition régulière d'un motif identifiable.

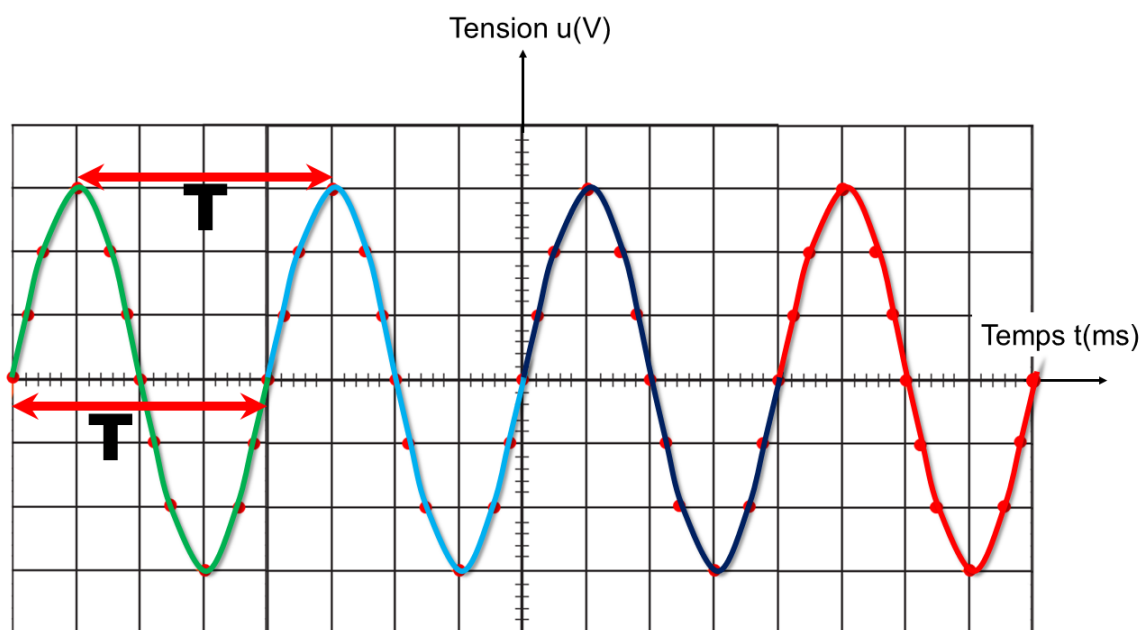


Figure 69 : régulation collective et conceptualisation à partir d'un oscillogramme

Ainsi, la définition du concept de période s'est construite à partir d'une expérience concrète et collective, permettant aux apprenants d'ancrer leurs représentations dans une démarche inductive fondée sur l'observation et la coopération.

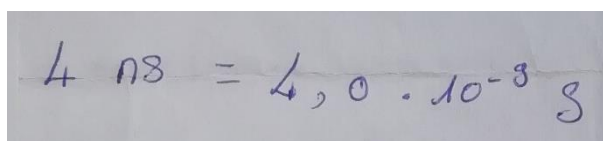
4.2.2. Formalisme mathématique pour la détermination de la période

Cette partie présente l'analyse détaillée des productions des élèves, centrée sur leur maîtrise du formalisme mathématique pour déterminer la période. Elle examine notamment leur capacité à convertir les unités de temps, à lire précisément les coordonnées des points, et à comprendre les grandeurs physiques associées aux segments graphiques. L'observation est également mise en lumière comme un outil clé dans ce processus de compréhension.

4.2.2.1. Conversion des unités de temps en secondes à l'aide de l'écriture scientifique

Pour faciliter la compréhension de la conversion des unités de temps vers la seconde et leur expression en écriture scientifique, un tableau de conversion a été conçu et remis à chaque

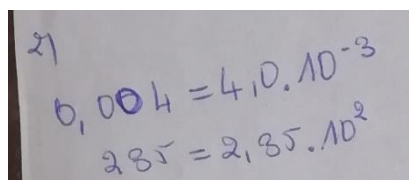
groupe d'apprenants. Ce tableau, pensé comme un outil didactique, intègre une phrase mnémotechnique destinée à aider à la mémorisation des équivalences entre multiples et sous-multiples de seconde. Dans un premier temps, l'enseignant a présenté de manière interactive, au tableau, le principe général de conversion en secondes. À travers des exemples simples (valeurs comprises entre 1 et 9), les élèves ont été sollicités pour proposer eux-mêmes les résultats des conversions. Par exemple, l'expression « $5 \text{ ms} = 5,0 \times 10^{-3} \text{ s}$ » a servi d'illustration. Par la suite, deux exercices ont été proposés aux différents groupes : tous sont parvenus à la bonne réponse (voir Figure 72).



$$4 \text{ ns} = 4,0 \cdot 10^{-9} \text{ s}$$

Figure 70 : Réponse du groupe 5

Dans un second temps, l'enseignant a introduit le concept d'écriture scientifique pour des nombres très petits ou très grands. À travers des exemples tels que « $0,0004 = 4,0 \times 10^{-4}$ » et « $2378 = 2,378 \times 10^3$ », les élèves ont été guidés dans l'identification du chiffre significatif devant la virgule et dans le calcul de la puissance de 10 correspondant au déplacement de la virgule. Là encore, tous les groupes ont su répondre correctement aux deux exercices proposés (voir Figure 73).



$$\begin{aligned} 0,004 &= 4,0 \cdot 10^{-3} \\ 2378 &= 2,378 \cdot 10^3 \end{aligned}$$

Figure 71 : Réponses du groupe 2

Dans une troisième phase, des exercices combinés de conversion d'unités de temps et de passage en écriture scientifique ont été proposés. Il s'agissait, pour chaque groupe, de convertir une durée exprimée dans une unité dérivée (comme la nanoseconde) vers la seconde, exprimer le résultat final en écriture scientifique. Les résultats observés se répartissent comme suit :

- ◆ Groupe 6 : Seul groupe ayant réussi l'exercice dans son intégralité, en tenant compte à la fois de la puissance de 10 liée à l'unité (nano = 10^{-9}) et de celle liée à l'écriture scientifique du nombre initial (par exemple, $8458 = 8,458 \times 10^3$) (voir Figure 74).

$$8458_{ns} = 8,458 \cdot 10^{-6} s$$

Figure 72 : Réponse du groupe 6

- ◆ Trois groupes : Bien qu'ils aient correctement identifié la valeur de conversion du préfixe « nano » (10^{-9}), ils ont omis de prendre en compte le déplacement de la virgule dans le nombre 8458 lors de son passage en écriture scientifique. Ils ont produit une réponse incomplète du type : $8458 \text{ ns} = 8,458 \times 10^{-9} \text{ s}$ (voir Figure 75).

$$8458 \text{ ns} = 8,458 \cdot 10^{-9} s$$

Figure 73 : Réponse du groupe 4

- ◆ Groupe 7 : A effectué correctement la conversion d'unités, mais sans traduire le résultat final en écriture scientifique (voir Figure 76).

$$8458 \text{ ns} = 8458,0 \cdot 10^9 s$$

Figure 74 : Réponse du groupe 7

- ◆ Groupe 5 : A identifié la puissance de 10 correspondant au préfixe « nano », mais a confondu l'écriture scientifique avec une écriture décimale ordinaire, en se limitant à un seul chiffre après la virgule sans gestion des puissances (voir Figure 77).

$$8458 \text{ ns} = 845,8 \cdot 10^{-9} s$$

Figure 75 : Réponse du groupe 5

- ◆ Groupe 3 : A exprimé le nombre initial en écriture scientifique ($8458 = 8,458 \times 10^3$) sans appliquer la conversion de l'unité « ns » vers « s » en termes de puissances de 10. Le symbole a été remplacé sans changement d'ordre de grandeur (voir Figure 78).

$$8458 \text{ ns} = 8,458 \cdot 10^3 s$$

Figure 76 : Réponse du groupe 3

Chaque restitution de groupe a donné lieu à une discussion collective au sein de la classe, permettant une confrontation des démarches et un ajustement progressif des représentations initiales. À l'issue de ces échanges, la majorité des groupes a su intégrer correctement le principe de conversion associé à l'écriture scientifique.

4.2.2.2. Lecture des coordonnées des points

Avant d'entamer l'activité principale sur la lecture des coordonnées, les apprenants ont été invités à déterminer les coordonnées du point A dans un repère cartésien plan, en appliquant les conventions mathématiques habituelles (voir Figure 80). Il s'agissait ici d'un exercice diagnostique permettant d'évaluer les acquis antérieurs sur la lecture des coordonnées dans un repère orthonormé.

Sur les sept groupes d'élèves, seuls trois ont correctement identifié les coordonnées du point A (voir figure 79), en tenant compte de l'échelle graphique (échelle 1/1).

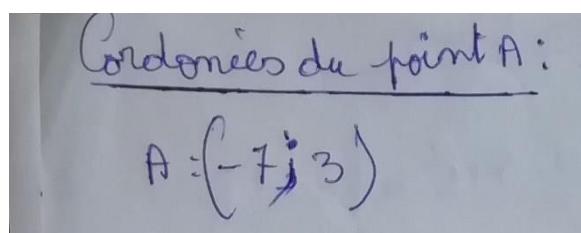


Figure 77 : Coordonnées du point A (Groupe 4)

Cela suggère que, pour une majorité d'élèves, des difficultés conceptuelles ou procédurales persistent quant à l'interprétation du système de coordonnées.

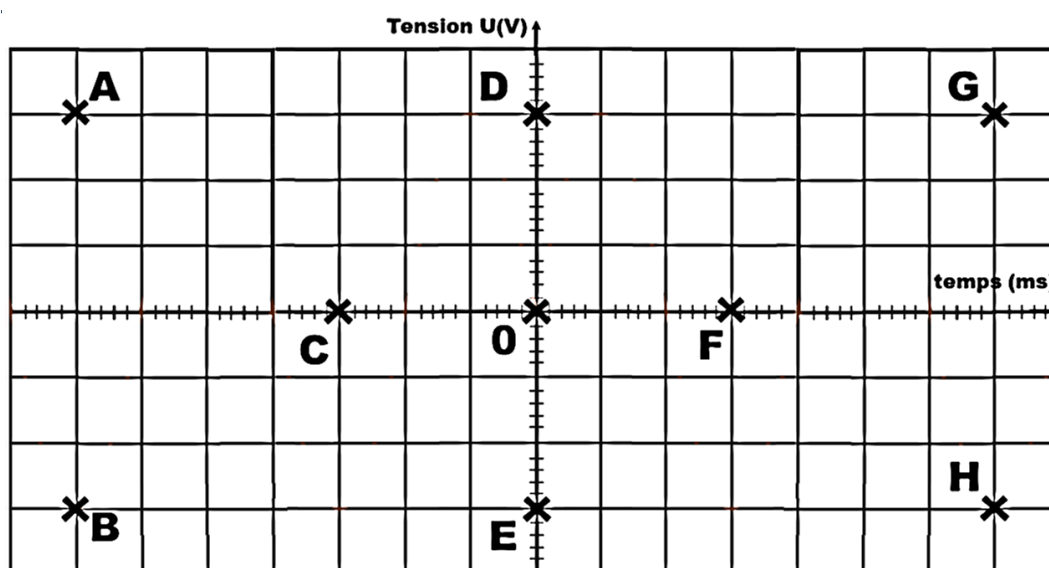


Figure 78 : Repère cartésien dans le plan

- **Groupe 5 : méconnaissance du principe de lecture**

Ce groupe ne semble pas maîtriser le principe fondamental de lecture des coordonnées d'un point dans un repère cartésien. L'absence de correspondance avec les axes ou l'échelle témoigne d'une lacune conceptuelle importante (voir Figure 81).

A handwritten note showing the coordinates of point A as $A(0, 0)$. The numbers are written in a cursive, somewhat messy style.

Figure 79 : Coordonnées du point A (groupe 5)

- **Groupe 6 : confusion entre axes et erreur d'échelle**

Les élèves de ce groupe ont confondu l'axe des abscisses et celui des ordonnées. De plus, chaque subdivision a été considérée comme représentant une unité entière, sans prise en compte de l'échelle réelle indiquée sur le graphique (voir Figure 82).

A handwritten note showing the coordinates of point A as $A(15; 35)$. The semicolon is used as a separator between the two values.

Figure 80 : Coordonnées du point A (groupe 6)

- **Groupe 3 : omission de la seconde coordonnée**

Ce groupe a associé au point A une seule coordonnée, celle de l'abscisse. Or, la représentation d'un point dans un plan nécessite impérativement deux coordonnées (x, y), ce qui révèle une compréhension partielle du système (voir Figure 83).

A handwritten note showing the coordinates of point A as $A(7)$. Only one coordinate is provided.

Figure 81 : Coordonnées du point A (groupe 3)

- **Groupe 1 : incertitude dans la lecture et méconnaissance du signe**

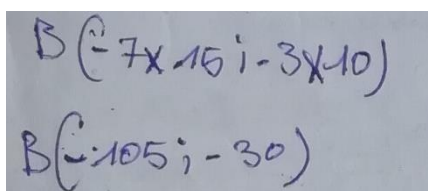
Les élèves de ce groupe manifestent une hésitation dans le comptage des divisions entre graduations (oscillation entre 6 et 7) et montrent des difficultés à attribuer le bon signe selon le quadrant où se situe le point A. De plus, la notation des coordonnées n'est pas conforme aux normes attendues (voir Figure 84).

A handwritten note showing the coordinates of point A as $A(\frac{6}{3})$. The fraction 6/3 is written inside the parentheses.

Figure 82 : Coordonnées du point A (groupe 1)

À la suite de l'analyse des productions initiales, une reprise explicite du principe de lecture des coordonnées dans un repère orthonormé a été faite par l'enseignant, au tableau, en

mobilisant les élèves par des interactions dirigées. Après cela, tous les groupes ont été en mesure de déterminer correctement les coordonnées de divers points proposés (voir figure 85).



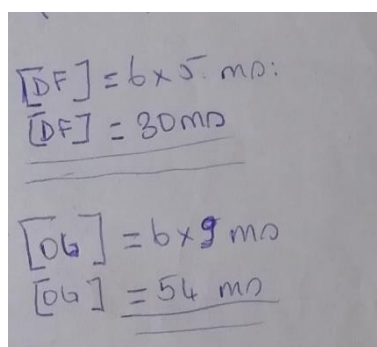
$$B(-7 \times 15; -3 \times 10)$$

$$B(-105; -30)$$

Figure 83 : Coordonnées du point en tenant compte des échelles

4.2.2.3. COMPRÉHENSION DES GRANDEURS PHYSIQUES PORTÉES PAR DES SEGMENTS HORIZONTALS ET VERTICAUX

L'enseignant a expliqué le principe de lecture de la valeur de la grandeur portée par un segment horizontal ou vertical en explicitant sa nature et son unité par lecture graphique. Après cela, de manière générale, tous les groupes ont été en mesure de lire la valeur, la nature et l'unité de la grandeur physique portée par un segment horizontal ou vertical (voir figure 86).



$$[DF] = 6 \times 5 \text{ ms}$$

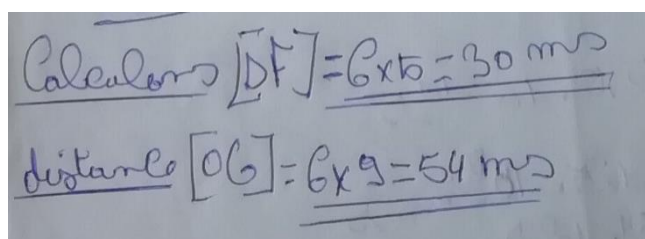
$$[DF] = 30 \text{ ms}$$

$$[OG] = 6 \times 9 \text{ ms}$$

$$[OG] = 54 \text{ ms}$$

Figure 84 : Grandeur physique portée par un segment (réponse)

Cependant, malgré une compréhension globale du principe, certains groupes manifestent encore des confusions conceptuelles. Chez ces derniers, un segment est interprété à tort comme une distance, indépendamment de l'axe auquel il est associé. Bien que, la valeur et l'unité de la grandeur physique sont bien attribuées mais cette grandeur est toujours perçue par ces apprenants comme une distance, alors qu'il correspond en réalité à un intervalle de temps (en millisecondes) sur l'axe des abscisses, ou à une tension (en volts) sur l'axe des ordonnées (voir Figure 87).



$$\text{Calculons } [DF] = 6 \times 5 = 30 \text{ ms}$$

$$\text{distance } [OG] = 6 \times 9 = 54 \text{ ms}$$

Figure 85 : Grandeur du temps considérée comme une distance

4.2.2.4. Observation comme outil de compréhension du formalisme mathématique pour la détermination de la période

Deux oscillogrammes présentant une apparence graphique similaire (voir figure 88) sont soumis à l'analyse des apprenants. Malgré cette ressemblance visuelle, ces oscillogrammes se distinguent sur plusieurs aspects fondamentaux : les échelles graduées diffèrent à la fois sur l'axe des abscisses et sur celui des ordonnées ; les unités de temps varient (millisecondes dans le premier cas, secondes dans le second) ; enfin, les grandeurs physiques représentées sur l'axe vertical ne sont pas les mêmes (tension en volts pour le premier oscillogramme, intensité du courant en ampères pour le second).

Dans le cadre de l'activité, des discussions intra-groupes sont organisées afin d'amener les apprenants à justifier les différences observées entre le segment [OA] sur chacun des deux oscillogrammes.

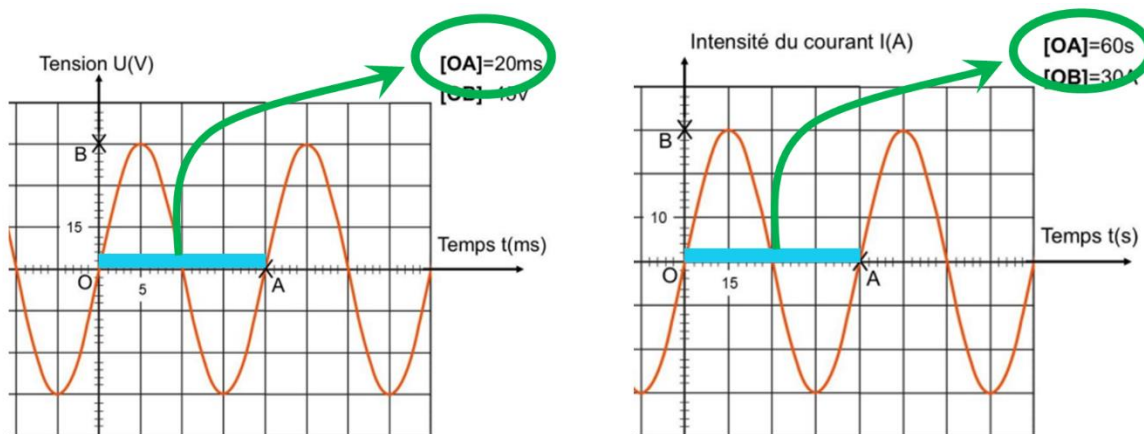


Figure 86 : Oscillogrammes similaires

Les échanges au sein des groupes révèlent une compréhension satisfaisante des écarts constatés (voir figure 89). La majorité des apprenants identifie correctement les différences d'échelles, de variables physiques représentées sur les axes, ainsi que les unités associées. Cette capacité à articuler des justifications pertinentes témoigne d'un début de maîtrise des conventions graphiques et d'une prise de conscience du rôle des axes dans l'interprétation des données expérimentales.

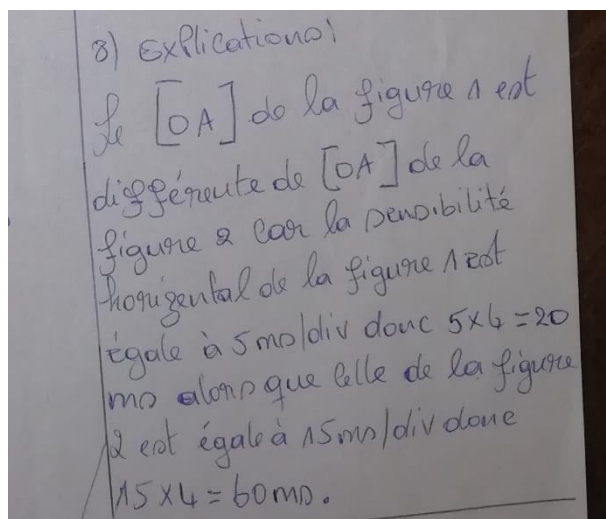


Figure 87 : Compréhension satisfaisante de la différence entre les deux oscillogrammes

Cependant, un groupe se distingue par une justification atypique : ne maîtrisant vraisemblablement pas le concept ou le vocabulaire associé à la notion d'échelle, ses membres expliquent la différence par une « variation des coordonnées » (voir figure 90). Bien que l'expression soit imprécise, l'analyse de leur argumentation montre qu'ils font, de manière intuitive, référence à la valeur attribuée à une même position graphique, ce qui traduit une perception implicite de la variation d'échelle sur les axes. Cette observation souligne la nécessité d'un enseignement explicite du vocabulaire spécifique (notamment les termes *échelle*, *unité*, *variable*) pour favoriser une meilleure structuration conceptuelle.

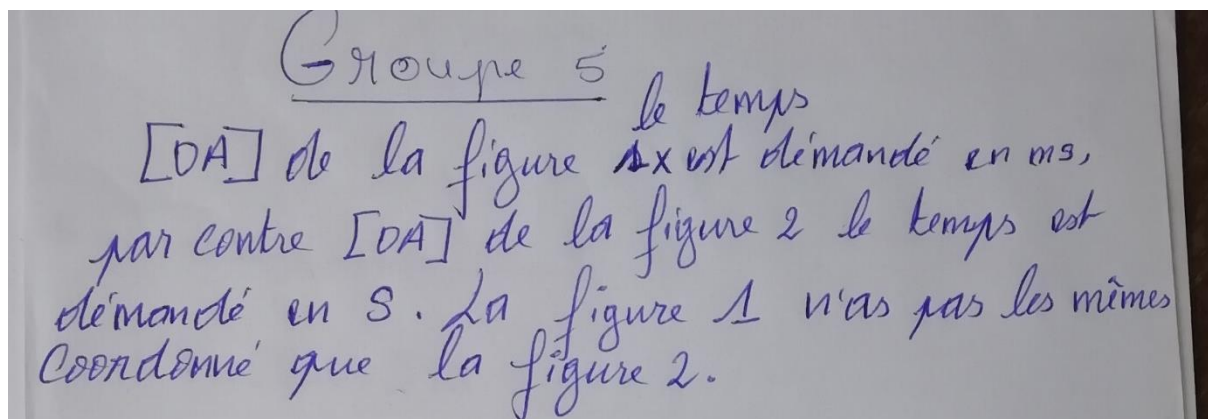


Figure 88 : Compréhension insatisfaisante de la différence entre les deux oscillogrammes

4.2.3. Consolidation intégrée du concept de période du courant alternatif

L'enseignant a procédé, au tableau et de manière interactive, à la détermination de la période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme. Cette démarche a mobilisé à la fois

la construction qualitative du concept de période fondée sur l'identification du phénomène périodique et du motif élémentaire et le formalisme mathématique associé à son calcul.

Cette activité joue un double rôle au sein de la séquence didactique : elle constitue à la fois un temps de consolidation des apprentissages et une synthèse des notions abordées tout au long de la séquence.

Les réactions des apprenants indiquent que la conceptualisation des notions clés telles que motif élémentaire, phénomène périodique et période commence à s'opérer. On observe chez plusieurs élèves une meilleure articulation entre la représentation graphique, la structure temporelle du signal et son interprétation mathématique.

4.2.4. Validation de la construction du concept de période

Dans cette étape de la séquence didactique, il est demandé à chaque apprenant de déterminer la période d'un courant alternatif en résolvant la situation-problème fondée sur l'interprétation d'un oscillogramme. Il s'agit, pour les élèves, d'identifier un **motif élémentaire** du signal périodique, c'est-à-dire une portion du graphe qui se répète identiquement, et d'en déterminer la durée, autrement dit la période.

La majorité des apprenants parviennent à résoudre la tâche proposée en identifiant correctement le motif élémentaire et en déterminant la période par lecture appropriée du graphe (voir figure 91).

9) Calculons la Période:

$$T = n \times b$$

AN: $T = 5 \times 4 = 20 \text{ ms}$

$T = 0,02 \text{ s}$

Figure 89 : Détermination correcte de la période

Cependant, certaines productions révèlent encore des **confusions conceptuelles persistantes**. En particulier, un certain nombre d'élèves désignent à tort un demi-motif comme motif élémentaire. Fait paradoxal, ces mêmes apprenants déterminent malgré tout la période en mesurant l'intervalle de temps entre deux crêtes consécutives, ce qui correspond à une approche correcte. Cette **dissonance entre l'identification du motif élémentaire et le calcul de la période** peut s'expliquer par une mémorisation mécanique de la règle « la période se mesure de crête en crête », sans compréhension profonde du lien entre le concept de période et le motif

élémentaire. Ces élèves n'ont donc pas encore établi la correspondance conceptuelle entre la notion de motif élémentaire et celle de période.

Par ailleurs, des difficultés liées à la **conversion d'unités de temps** (par exemple de millisecondes en secondes) subsistent chez certains apprenants, ce qui entrave la justesse du calcul final (voir figure 92). Cela suggère la nécessité de renforcer les compétences transversales en traitement de l'information graphique, en particulier celles liées à la gestion des unités, à la lecture des échelles et à l'interprétation des caractéristiques temporelles d'un signal périodique.

1 - la période:

$$T = n \times b \quad \text{AN: } n = 4$$

$$b = 5$$

$$T = 4 \times 5$$

$$T = 20 \text{ ms}$$

$$T = 20 \text{ ms} = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$T = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

ou

$$T = 0,002 \text{ s}$$

Figure 90 : Difficulté de la conversion dans la Détermination de la période

Il existe également des apprenants qui n'arrivent pas à construire le concept de période à partir du contexte graphique. Ils ont utilisé cette formule hors contexte où la période est l'inverse de la fréquence (voir figure 93). La fréquence n'étant pas donné, ils ont adopté la valeur numérique du balayage temporel à sa place pour faire le calcul de la période.

1) Déterminons la période du courant Alternatif

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{AN: } T = \frac{1}{5} \quad T = 0,2 \text{ s}$$

Figure 91 : Détermination erroné et hors contexte de la période

4.3. Résultats du post-test et comparaison intergroupes

Une semaine après l'expérimentation, un post-test a été administré aux groupes témoin et expérimental. Les résultats ont été analysés statistiquement. On observe une amélioration significative dans le groupe expérimental.

Tableau 19 : Comparaison des scores et des écarts entre du prétest et du posttest du groupe expérimental

Colonne1	Prétest	Posttest	Écart
Question 1	6 (21.4%)	19 (67.9%)	13 (46.4%)
Question 2	2 (7.1%)	21 (75.0%)	19 (67.9%)
Question 3	2 (7.1%)	22 (78.6%)	20 (71.4%)
Question 4	4 (14.3%)	20 (71.4%)	16 (57.1%)
Question 5	3 (10.7%)	19 (67.9%)	16 (57.1%)
Question 6	8 (28.6%)	17 (60.7%)	9 (32.1%)
Question 7	2 (7.1%)	14 (50.0%)	12 (42.9%)
Question 8	2 (7.1%)	18 (64.3%)	16 (57.1%)
Question 9	14 (50.0%)	25 (89.3%)	11 (39.3%)
Question 10	8 (28.6%)	20 (71.4%)	12 (42.9%)
Question 11	12 (42.9%)	22 (78.6%)	10 (35.7%)
Question 12	1 (3.6%)	15 (53.6%)	14 (50.0%)
Question 13	12 (42.9%)	23 (82.1%)	11 (39.3%)
Question 14	6 (21.4%)	18 (64.3%)	12 (42.9%)
Question 15	6 (21.4%)	19 (67.9%)	13 (46.4%)
Question 16	10 (35.7%)	21 (75.0%)	11 (39.3%)
Question 17	6 (21.4%)	23 (82.1%)	17 (60.7%)
Question 18	5 (17.9%)	20 (71.4%)	15 (53.6%)

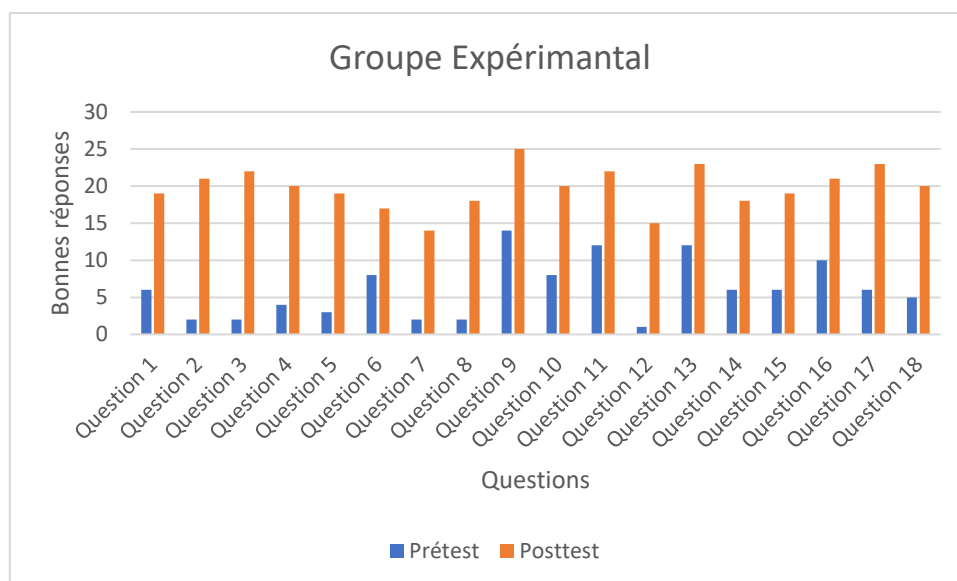


Figure 92 : Comparaison des scores et des écarts entre du prétest et du posttest du groupe expérimental

Le graphique présente une comparaison des résultats au prétest et au post-test du groupe expérimental, en nombre de bonnes réponses par question (sur un total de 28 élèves). Ce groupe a bénéficié d'une séquence didactique fondée sur des principes issus de la Nature of Science (NOS), avec un accent mis sur l'observation raisonnée, la manipulation graphique et la construction active du concept de période.

L'analyse visuelle montre une amélioration nette et généralisée entre le prétest et le post-test. Pour chaque question, les barres orange (post-test) sont considérablement plus hautes que les barres bleues (prétest), traduisant une progression significative des apprentissages (voir tableau 21 et figure 94).

Certaines questions affichent une progression particulièrement marquée, notamment :

- Q1 à Q4, qui concernent les conversions d'unités de temps : le nombre de bonnes réponses passe de moins de 5 à plus de 20 ;
- Q5 qui concerne la construction qualitative de la période : le nombre de bonnes réponses est passé de 3 à 19 ;
- Q6 à Q8, liées à la lecture des coordonnées dans un repère cartésien dans le plan en contexte de physique : des hausses de plus de 10 points sont observées ;
- Q9 à Q14 qui concernent la lecture d'une grandeur physique portée par un segment horizontal ou vertical :
- Q15 et Q16 qui concerne la définition du concept de période à partir d'un oscillogramme ;
- Q17 à Q18, qui explorent la détermination de la période : là aussi, les gains sont manifestes.

Cette évolution témoigne d'une assimilation effective des compétences visées, probablement favorisée par l'activité basée sur l'expérience sensorielle du tracé manuel (papier-crayon) d'un oscillogramme, l'activité fondée sur l'observation comme outil de construction du formalisme mathématique de la détermination de la période, les discussions collectives et le travail sur l'interprétation d'oscillogrammes. Contrairement au groupe témoin, dont les résultats étaient relativement stables voire stagnants, les élèves du groupe expérimental semblent avoir intégré les notions fondamentales relatives au concept de période, aux conversions d'unités, à la lecture graphique et à la reconnaissance de régularités dans les signaux.

En conclusion, ces résultats confirment l'impact positif d'une transposition didactique structurée et fondée sur des fondements épistémologiques solides de la Nature of Science tels que l'expérience sensorielle et l'observation. Ils plaident en faveur d'un enseignement des sciences qui valorise à la fois l'expérience, l'analyse critique et la compréhension conceptuelle.

À l'inverse, les élèves du groupe témoin, qui n'ont pas bénéficié de la démarche fondée sur la NOS, montrent une progression nettement moins marquée. Leurs productions révèlent une compréhension partielle ou confuse de la notion de période.

Tableau 20 : Comparaison des scores et des écarts entre du prétest et du posttest du groupe témoin

Colonne1	Prétest	Posttest	Écart
Question 1	3 (10.7%)	4 (14.3%)	1 (3.6%)
Question 2	1 (3.6%)	3 (10.7%)	2 (7.1%)
Question 3	2 (7.1%)	1 (3.6%)	-1 (-3.6%)
Question 4	4 (14.3%)	5 (17.9%)	1 (3.6%)
Question 5	2 (7.1%)	3 (10.7%)	1 (3.6%)
Question 6	5 (17.9%)	4 (14.3%)	-1 (-3.6%)
Question 7	6 (21.4%)	5 (17.9%)	-1 (-3.6%)
Question 8	3 (10.7%)	5 (17.9%)	2 (7.1%)
Question 9	10 (35.7%)	9 (32.1%)	-1 (-3.6%)
Question 10	12 (42.9%)	10 (35.7%)	-2 (-7.1%)
Question 11	8 (28.6%)	9 (32.1%)	1 (3.6%)
Question 12	1 (3.6%)	3 (10.7%)	2 (7.1%)
Question 13	7 (25.0%)	7 (25.0%)	0 (0.0%)
Question 14	8 (28.6%)	9 (32.1%)	1 (3.6%)
Question 15	8 (28.6%)	7 (25.0%)	-1 (-3.6%)

Question 16	11 (39.3%)	11 (39.3%)	0 (0.0%)
Question 17	11 (39.3%)	12 (42.9%)	1 (3.6%)
Question 18	1 (3.6%)	3 (10.7%)	2 (7.1%)

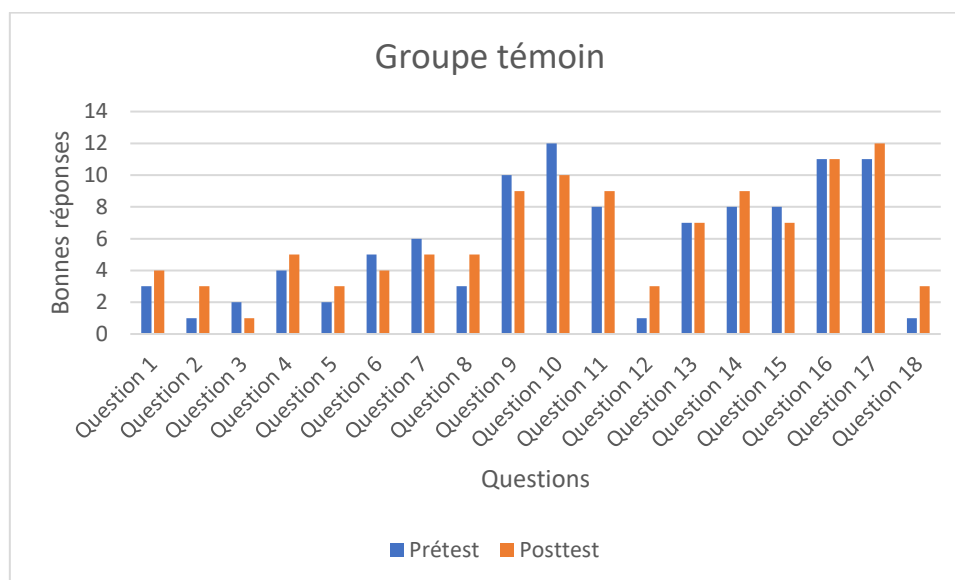


Figure 93 : Comparaison des scores et des écarts entre du prétest et du posttest du groupe témoin

Le graphique ci-dessus présente une comparaison des résultats obtenus par le groupe témoin à un prétest et à un post-test composés de 18 questions. Ces résultats sont exprimés en nombre de bonnes réponses par question. L'analyse met en évidence une progression globale très limitée, voire une stagnation, des performances entre les deux évaluations (voir tableau 22 et figure 95).

De manière générale, les écarts entre les barres bleues (prétest) et les barres orange (post-test) sont relativement faibles. Pour certaines questions (ex. Q2, Q6, Q11, Q13), une légère amélioration est observable, ce qui peut indiquer une assimilation ponctuelle ou intuitive des connaissances. Toutefois, cette progression reste modeste et ne témoigne pas d'un renforcement systématique des compétences visées.

Dans plusieurs cas (ex. Q10, Q16, Q18), le nombre de bonnes réponses diminue au post-test, ce qui suggère une régression ou un manque de consolidation des acquis. D'autres questions (Q4, Q5, Q9) présentent des résultats presque identiques entre les deux évaluations, traduisant une absence de progrès significatif.

Ces données soulignent que, en l'absence d'une intervention pédagogique structurée, les élèves du groupe témoin n'ont pas manifesté d'amélioration notable dans la compréhension

du concept de période ou dans les compétences associées (lecture d'oscillogramme, conversion d'unités, interprétation graphique, etc.). Ce constat confirme le rôle crucial d'une transposition didactique explicite, fondée sur des principes éducatifs tels que ceux issus de la Nature of Science (NOS), pour susciter un apprentissage durable et structuré des concepts scientifiques.

Ainsi, les résultats obtenus par le groupe témoin constituent un repère important pour évaluer l'efficacité comparative de l'approche utilisée auprès du groupe expérimental, en mettant en évidence l'effet limité d'un simple enseignement traditionnel non ciblé.

4.4. Discussion, interprétation et suggestions

Les résultats du questionnaire diagnostique permettent d'identifier les principaux obstacles rencontrés par les élèves avant la mise en œuvre de la séquence. Ils fournissent un éclairage précieux sur leurs conceptions initiales et leurs difficultés. Cette analyse se structure autour de cinq axes fondamentaux liés à la lecture et à l'interprétation des oscillogrammes. Elle constitue un point de départ pour comprendre les besoins d'apprentissage.

4.4.1. Résultats du questionnaire diagnostique

Cette section présente les résultats issus du questionnaire diagnostique proposé en amont de la séquence. Elle met en lumière les principales difficultés rencontrées par les élèves dans cinq domaines clés : la conversion des unités temporelles, la compréhension d'un phénomène périodique, la lecture graphique, l'identification des grandeurs physiques et l'interprétation des oscillogrammes. Ces résultats servent de point d'appui pour analyser les obstacles didactiques.

4.4.1.1. Conversion des unités temporelles et maîtrise de l'écriture scientifique

Les résultats issus des quatre questions portant sur la conversion d'unités temporelles en secondes (15 ms, 5 μ s, 5 hs et 5 Gs) révèlent une faiblesse structurelle chez les apprenants quant à la maîtrise conjointe des préfixes du Système international (SI) et de leur transcription en écriture scientifique. Alors que ces conversions constituent un prérequis fondamental à toute interprétation quantitative d'un oscillogramme, notamment pour déterminer la période d'un signal périodique, les taux de réussite enregistrés sont très faibles, oscillant entre 5,3 % (pour 5 μ s) et 19,3 % (pour 5 hs).

Ce déficit s'explique principalement par une méconnaissance des puissances de dix associées aux préfixes d'unités, tant pour les sous-multiples (milli, micro) que pour les

multiples (hecto, giga). Les réponses erronées illustrent diverses sources de confusion : inversion entre préfixes proches (ex. : milli et micro), mauvaise estimation de l'ordre de grandeur (ex. : giga confondu avec méga ou kilo), ou encore manipulation incorrecte de l'écriture scientifique (notamment les puissances négatives). La fréquence des réponses aberrantes (comme $5,0 \times 10^9$ s pour des valeurs exprimées en μ s) suggère également un recours à des intuitions erronées plutôt qu'à des procédures maîtrisées.

Une autre source d'erreur identifiée concerne l'automatisation partielle et décontextualisée de la conversion. Certains élèves semblent appliquer des règles mécaniques sans vérification du sens physique des résultats obtenus, ce qui les empêche de détecter l'incohérence de certaines réponses. Ce phénomène est particulièrement préoccupant dans des disciplines comme la physique, où l'ordre de grandeur des grandeurs mesurées est crucial pour interpréter correctement les phénomènes (Dorko, 2012).

Ces résultats confirment la pertinence de positionner l'apprentissage des conversions d'unités et de l'écriture scientifique au début de la séquence didactique, et de le traiter non pas comme un simple rappel mathématique, mais comme une compétence transversale indispensable à la lecture rigoureuse d'un oscillogramme. En effet, l'exactitude de la détermination de la période repose sur la capacité à passer rapidement et précisément d'une unité donnée (souvent exprimée en ms ou μ s) à l'unité SI (la seconde), tout en utilisant l'écriture scientifique pour faciliter le calcul et l'analyse. Ces résultats confirment les observations de plusieurs auteurs dans la littérature qui ont fait écho des difficultés des apprenants par rapport à la conversion d'unités (Boudreaux et al., 2015; Cebesoy & Yeniterzi, 2016; Dorko, 2012; Gilman, 2013).

Didactiquement, il apparaît nécessaire comme l'a défendu Gilman (2013) de concevoir des activités spécifiques sur les conversions d'unités visant à consolider la reconnaissance des préfixes (de pico à giga), leur valeur numérique associée, et leur position dans l'échelle des puissances de 10. L'utilisation de supports visuels (tableaux, schémas logarithmiques, comparaisons d'ordres de grandeur), associée à des tâches contextualisées (comme la lecture d'un oscillogramme réel), peut favoriser l'ancrage conceptuel de ces conversions. Enfin, l'intégration systématique de justifications orales ou écrites des conversions opérées permettrait de mobiliser un raisonnement fondé, au lieu de simples automatismes.

En résumé, l'analyse des performances des élèves face aux conversions d'unités temporelles souligne la nécessité de renforcer explicitement cette compétence, à l'interface entre les savoirs mathématiques et les exigences expérimentales de la physique. La

consolidation de cette maîtrise conditionne non seulement la justesse des calculs, mais aussi l'accession à une compréhension fine des phénomènes périodiques étudiés.

4.4.1.2. Compréhension qualitative d'un phénomène périodique

Les résultats de la question portant sur l'identification d'un signal périodique révèlent une difficulté marquée des élèves à articuler perception visuelle et raisonnement scientifique. Bien que plus de la moitié des répondants (53,4 %) reconnaissent intuitivement une forme de régularité dans le signal présenté, seuls 8,6 % parviennent à justifier correctement cette reconnaissance en s'appuyant sur la notion clé de motif élémentaire identique qui se répète.

Cette faible proportion de réponses scientifiquement fondées montre que la définition physique rigoureuse d'un phénomène périodique, bien qu'intuitive en apparence, reste largement méconnue ou mal maîtrisée. L'identification d'un motif répétitif constitue pourtant une compétence de base pour aborder la lecture d'un oscillogramme. Le fait qu'un quart des élèves (25,9 %) affirment même que le signal n'est pas périodique indique un véritable obstacle conceptuel ou graphique, renforcé probablement par une méconnaissance des critères objectifs de périodicité.

L'analyse met également en lumière un déficit dans la maîtrise du langage scientifique : de nombreux élèves échouent non pas à percevoir la périodicité, mais à la nommer, la justifier, et l'expliquer dans les termes adéquats. Cela signale l'absence d'une conceptualisation stabilisée, et non d'une simple erreur de lecture. Par ailleurs, les réponses incomplètes (OUI seul, sans justification) ou les silences traduisent un inconfort face à la formalisation écrite d'une observation graphique.

Ces constats confirment la nécessité de renforcer l'enseignement de la notion de période non seulement du point de vue calculatoire, mais aussi conceptuel et langagier. Un travail systématique sur l'idée de motif élémentaire à la fois comme entité graphique repérable et comme unité de temps mesurable s'avère indispensable. Pour cela, des activités ciblées de tri de signaux, de repérage visuel guidé et de justification argumentée peuvent favoriser une compréhension plus robuste du phénomène périodique.

En somme, cette question diagnostique met en évidence une compétence-clé encore fragile, pourtant essentielle à toute analyse de signaux périodiques. Elle valide la nécessité d'un enseignement explicite, progressif et intégré du concept de période sur l'aspect qualitatif, condition préalable à l'interprétation correcte des oscillogrammes.

4.4.1.3. Lecture des coordonnées des points

Les trois questions portant sur la lecture des coordonnées des points A, C et H visaient à évaluer la capacité des élèves à lire correctement des points situés sur un repère en contexte de physique, en tenant compte des échelles des axes (en ms/div et V/div) et de la structure du repère cartésien. Cette compétence graphique est essentielle pour interpréter les signaux périodiques, notamment lors du repérage des instants caractéristiques (crête, zéro, période, etc.).

Les résultats obtenus révèlent des difficultés persistantes et profondes :

- Pour le point A (1 ms/div et 1 V/div), **seulement 27,1 %** des élèves ont donné la bonne réponse A (−7 ; 3). Beaucoup se sont trompés sur les signes ou ont inversé abscisse et ordonnée.
- Pour le point C (5 ms/div et 10 V/div), **seulement 13,6 %** ont fourni la réponse correcte C (−15 ; 0). Nombreux sont ceux qui ont ignoré l'effet de l'échelle et donné simplement le nombre de divisions (ex. −3 au lieu de −15).
- Pour le point H (10 ms/div et 15 V/div), **seuls 5,1 %** des élèves ont répondu correctement H (70 ; −45), ce qui montre une difficulté majeure à appliquer les conversions à partir de divisions multiples.

Ces résultats mettent en évidence **quatre difficultés majeures** :

1. **Non-application des échelles** : Beaucoup d'élèves lisent les divisions sans les convertir en unités physiques (temps ou tension), ce qui indique une confusion entre le repérage spatial et la grandeur représentée.
2. **Confusion entre axes** : Plusieurs erreurs résultent d'une inversion entre l'axe du temps (horizontal) et celui de la tension (vertical), ou d'une mauvaise identification de ce que chaque coordonnée représente.
3. **Mauvaise gestion des signes** : Le positionnement à gauche ou en dessous de l'origine n'est pas systématiquement interprété comme une valeur négative, ce qui fausse les résultats.
4. **Incompréhension globale du repère cartésien appliqué à la physique** : Certaines réponses montrent une mauvaise coordination entre lecture mathématique (coordonnées) et interprétation physique (temps et tension).

Ces difficultés signalent la nécessité de consolider les compétences fondamentales de lecture graphique dès le début de toute séquence sur les oscillogrammes. Il ne s'agit pas uniquement d'un exercice mathématique, mais d'un travail de transposition entre repérage visuel et interprétation physique, qui mobilise plusieurs registres de savoirs.

En conclusion, cette série de questions confirme que la lecture graphique, lorsqu'elle implique des conversions d'échelles et une interprétation physique, constitue une compétence transversale fragile. Sa maîtrise conditionne pourtant la réussite des activités ultérieures portant sur la mesure de la période, l'amplitude ou d'autres caractéristiques des signaux périodiques. D'où la nécessité de l'intégrer précocement et systématiquement dans l'enseignement de la physique expérimentale. Ces résultats qui illustrent les difficultés des apprenants dans la lecture des coordonnées des points dans un repère cartésien ne contredisent les observations de Maryanto et al. (2022), Phage (2020). Il est donc important de mettre en place des activités pour l'enseignement-apprentissage du concept des coordonnées comme l'ont recommandé Maryanto et al. (2022) et Phage (2020). Ces activités doivent mettre un accent sur le contexte physique notamment les variables sur les axes, les échelles et les unités de mesure.

4.4.1.4. Compréhension des grandeurs physiques portées par des segments horizontaux et verticaux

Les six questions analysées (9 à 14) visaient à évaluer une compétence fondamentale dans l'interprétation des oscillogrammes : la compréhension du lien entre l'orientation d'un segment, la grandeur physique qu'il représente, et l'unité de mesure correspondante. Ces compétences impliquent à la fois une lecture graphique rigoureuse, une maîtrise des échelles et une connaissance précise des grandeurs physiques représentées dans un repère orthonormé en contexte physique.

◆ Difficultés dans la lecture de la valeur d'un segment (questions 9 et 12)

Dans les questions portant sur la valeur d'un segment vertical ([AB] et [DG]), les résultats montrent une faible application des échelles (1 V/div ou 10 V/div) et une confusion entre valeur physique et coordonnées signées. Par exemple, pour le segment [AB], seulement 50 % des élèves ont indiqué la bonne valeur (6 V), tandis que d'autres ont donné des valeurs négatives, révélant une assimilation erronée entre grandeur scalaire (tension) et direction graphique. Pour le segment [DG], seul 3,4 % a fourni la bonne réponse (35 V), la majorité se limitant à la lecture brute du nombre de divisions. La grande différence entre le score de la question 9 et celui de la question 12 est essentiellement due aux échelles différentes de 1/1 qui sont introduites dans la question 12. Autrement dit, une différence de 46,6 % entre une lecture sans échelle (échelle 1/1) et une lecture avec échelle. L'introduction des échelles différentes de 1/1 complique la lecture pour les apprenants comme l'ont indiqué Ruf et al. (2024). En plus, on

a noté une difficulté due à la confusion entre *position* (coordonnée) et *grandeur mesurée* (valeur absolue). Cela trahit un déficit d'interprétation physique du graphique.

◆ Difficultés dans l'identification de la grandeur physique représentée (questions 10 et 13)

Concernant la nature de la grandeur portée par les segments, seuls 35 % (pour [AB]) et 33 % (pour [DG]) des élèves ont identifié correctement les grandeurs concernées (respectivement la tension et le temps). Dans le cas de la tension portée par le segment [AB] (question 10), une part importante d'élèves a répondu « distance » (33,3 %) ou « volume » (26,7 %), illustrant des transferts de sens inappropriés depuis la géométrie. Dans le cas du temps porté par le segment [DG] (question 12), une part importante d'élèves a répondu « distance » (26,7 %), « tension » (15,0 %) ou « volume » (11,7 %). Si on peut comprendre la réponse « tension » qui serait due à une confusion d'axes, par contre les réponses « distance » et « volume » laissent penser à des transferts de sens inappropriés de la géométrie. On constate que dans les deux cas, la réponse « distance » vient toujours en tête après la bonne réponse. Selon Viennot (2011), les apprenants voient ce graphique comme une carte géographique. Du coup, la valeur numérique entre deux points de cette carte est considérée comme une distance.

◆ Difficultés dans l'association avec l'unité de mesure correcte (questions 11 et 14)

Sur l'identification des unités, seuls 35 % ont relié la tension au volt, et 25 % ont relié le temps à la milliseconde, malgré la présence explicite des échelles sur les axes. L'erreur fréquente consistant à choisir l'unité du mauvais axe (ms au lieu de V ou inversement) confirme une confusion persistante des axes. D'autres élèves choisissent des unités totalement hors contexte (litre, kilogramme, etc.), ce qui suggère un raisonnement intuitif déconnecté du contexte physique. La grande difficulté est due à une mauvaise maîtrise des associations grandeur / unité / axe et l'ignorance des préfixes du SI (milli, micro, nano...).

4.4.1.5. Interprétation des oscillogrammes

Les résultats des évaluations montrent que seulement 28,1 % des élèves ont identifié correctement la période dans le cas du signal sinusoïdal, et 39,3 % dans le cas du signal cosinusoidal. Une proportion importante d'apprenants confond la demi-période et la période, avec 36,8 % dans le cas du sinus et 41,1 % dans le cas du cosinus. Cette confusion est en accord avec des résultats déjà signalés dans la littérature (Wan et al., 2016 ; Young & Heckler, 2018).

Par ailleurs, 31,6 % des élèves ont confondu un multiple de la période notamment le double de la période avec la période elle-même dans le cas du sinus, contre 14,3 % pour le cosinus. Cela révèle que certains élèves parviennent à reconnaître un motif qui se répète de manière identique, mais ne réussissent pas à isoler le plus petit motif élémentaire correspondant à une période. Ainsi, en considérant un motif double comme élémentaire, ils commettent une erreur fondamentale sur la définition même de la période.

Ces difficultés traduisent un problème de repérage graphique, notamment dans la capacité à identifier visuellement le motif élémentaire complet. Elles soulignent aussi l'importance d'un enseignement explicite du concept de motif élémentaire, afin d'aider les élèves à distinguer la période d'une demi-période ou de ses multiples.

Concernant le calcul de la période à partir de l'échelle horizontale de l'oscillogramme (questions 17 et 18), les résultats sont également préoccupants. Seuls 12,1 % des élèves (question 17) et 11,1 % (question 18) ont correctement mobilisé la formule attendue : $T = n \times b$, où n représente le nombre de divisions horizontales correspondant à une période, et b la sensibilité horizontale (ou balayage temporel). Il semble que les élèves aient plus de mal à lire cette échelle directement sur l'oscillogramme lorsque celle-ci n'est pas clairement indiquée, comme dans la question 18.

Une proportion importante d'élèves (41,4 % à la question 17 et 44,4 % à la question 18) connaît la formule $T = n \times b$, mais ne comprend pas le sens des termes n et b . Beaucoup se contentent de multiplier les deux sensibilités (horizontale et verticale), pensant qu'il s'agit des bonnes données à associer. Cette erreur révèle une méconnaissance du concept d'unité, d'échelle et de division sur l'oscillogramme.

De plus, un grand nombre d'élèves (44,8 % à la question 17 et 35,2 % à la question 18) ont utilisé une formule incorrecte de type $T = \frac{b}{s_v}$, probablement par analogie avec $T = \frac{1}{f}$, sans que la fréquence ne soit fournie dans l'énoncé. Cela montre une tendance à l'application mécanique de formules mémorisées, sans prise en compte du contexte ni compréhension réelle.

Enfin, une petite minorité d'élèves a directement utilisé la formule $T = \frac{1}{f}$, alors que la fréquence n'était pas donnée, ce qui confirme un usage automatique et non réfléchi des connaissances.

Ces résultats mettent en lumière plusieurs difficultés clés : une incompréhension du rôle des sensibilités, des confusions entre multiplication et division, une lecture approximative de l'oscillogramme, et un recours non critique à des formules apprises par cœur.

Sur le plan didactique, plusieurs recommandations se dégagent. Il est essentiel de travailler l'ancrage graphique, en entraînant les élèves à repérer visuellement le nombre de divisions n et à lire correctement la sensibilité horizontale b . Il convient également d'encourager la verbalisation des procédures, en amenant les élèves à expliquer ce que chaque grandeur représente avant d'effectuer le calcul. Enfin, il est utile de proposer une structuration claire du raisonnement en trois étapes : identifier $\rightarrow$ associer $\rightarrow$ calculer.

En conclusion, ces évaluations révèlent des difficultés persistantes dans la construction du concept de période à partir d'un oscillogramme. Ces obstacles sont à la fois conceptuels (définition du motif élémentaire, signification des grandeurs physiques) et méthodologiques (repérage graphique, usage correct des formules). Ils soulignent la nécessité d'un enseignement intégrant fortement l'expérience visuelle, la manipulation active et la modélisation mathématique contextualisée.

4.4.3. Séquence didactique

La discussion de la séquence didactique met en lumière les effets de l'intervention pédagogique sur les apprentissages des élèves. Elle analyse comment les activités proposées ont contribué à renforcer la compréhension des concepts étudiés. Ce bilan permet d'évaluer les progrès réalisés ainsi que les difficultés persistantes. Il ouvre également des pistes pour l'amélioration des pratiques enseignantes.

4.4.3.1. Période qualitative

L'activité proposée visait à amener les apprenants à construire qualitativement et progressivement le concept de période à partir de l'analyse d'un oscillogramme. L'approche adoptée repose sur une articulation entre exploration individuelle, co-construction collective et formalisation progressive, en accord avec les principes d'un apprentissage socio-constructiviste.

La phase de tracé individuel a permis une première prise de contact sensorielle avec le phénomène périodique. En reproduisant la courbe pointillée, les apprenants ont mobilisé leur perception visuelle et leur motricité pour s'approprier intuitivement le motif élémentaire. Cette

familiarisation initiale est essentielle dans la construction de représentations mentales stables d'un phénomène graphique.

La phase de collaboration en petits groupes a ensuite permis de confronter les différentes représentations initiales. Les échanges entre pairs, centrés sur l'identification d'un motif récurrent, ont favorisé la négociation de sens et la mise en œuvre d'un raisonnement collectif. Les productions des groupes, réparties en cinq catégories distinctes, révèlent une diversité de conceptions du motif élémentaire, reflet d'un processus de construction conceptuelle en cours. Cette diversité est particulièrement instructive sur le plan didactique.

Les groupes ayant identifié un motif élémentaire (catégorie 1) montrent une compréhension plus aboutie de la périodicité, intégrant la symétrie du signal sinusoïdal. À l'inverse, les groupes de la catégories 2, bien qu'ayant perçu une forme de régularité, ont été confrontés à des difficultés liées à la gestion des limites du graphique. Ces stratégies de "réparation" consistant à ajouter des fragments restants traduisent une compréhension partielle, mais néanmoins opérante. Elles signalent que la notion de périodicité est en voie d'acquisition, mais pas encore consolidée. Ici, la perception du motif élémentaire ayant deux possibilités, premièrement du minima au minima consécutif de même niveau d'évolution ou du maxima au maxima consécutif, l'oscillogramme en question présenté en pointillés se pose comme un obstacle au repérage des motifs élémentaires. Pour résoudre ce problème structurel, il faut élargir le repère au de-là des pointillés (voir figure 96). Ensuite, il faut ajouter une consigne en indiquant que les apprenants ont la possibilité d'ajouter des pointillés en respectant l'évolution de la courbe afin que tous les motifs élémentaires soient identiques.

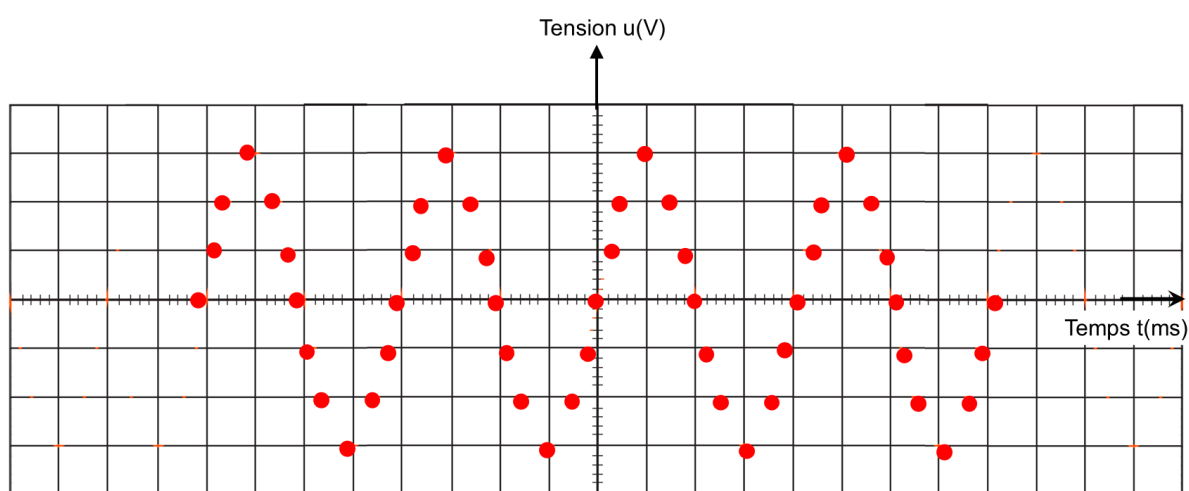


Figure 94 : Possibilité d'extension des pointillés

La catégorie 3 illustre une confusion fréquente entre un demi motif élémentaire qui correspond à la demi-période et un motif élémentaire qui correspond à la période, en réduisant le motif élémentaire à une seule alternance positive ou négative. Cela met en lumière une assimilation incomplète du caractère bidirectionnel du signal périodique. Les groupes de la catégorie 4, bien qu'ayant perçu un demi motif élémentaire comme une forme de régularité, ont été confrontés à des difficultés liées à la gestion des limites du graphique.

La cinquième catégorie, quant à elle, témoigne d'une absence d'ancrage conceptuel clair, avec une segmentation aléatoire du signal. Cela indique que certains élèves n'ont pas encore perçu la régularité fondamentale du phénomène.

La mise en commun en classe a constitué un moment clé du processus d'apprentissage. En confrontant collectivement les différentes productions, les élèves ont pu corriger certaines représentations erronées et s'approprier une définition plus rigoureuse du motif élémentaire et de la période. L'intervention progressive de l'enseignant dans cette phase de régulation a permis d'introduire les concepts scientifiques de manière formelle tout en s'appuyant sur les expériences vécues par les apprenants.

En somme, cette activité illustre l'importance d'un enseignement fondé sur la manipulation, l'observation et la discussion collective pour la construction des concepts scientifiques abstraits. Le recours à un support visuel tel que l'oscillogramme, couplé à une pédagogie active, s'est révélé particulièrement pertinent pour favoriser une compréhension en profondeur de la notion de période.

4.4.3.2. Conversion

Les résultats de cette activité révèlent des niveaux de compréhension hétérogènes chez les apprenants, en particulier lorsqu'il s'agit d'articuler correctement la conversion des unités de temps avec la notation scientifique. Les premières phases de l'activité, centrées respectivement sur la conversion simple vers la seconde et sur l'expression en écriture scientifique, ont été bien assimilées par l'ensemble des groupes. Cela montre que, prises isolément, ces deux compétences sont accessibles aux élèves lorsqu'elles sont introduites de manière progressive et accompagnées d'exemples concrets.

Cependant, dès que les deux compétences sont sollicitées conjointement, des difficultés apparaissent. En effet, seuls certains groupes, comme le groupe 6, ont été capables de mobiliser de manière coordonnée les connaissances relatives à la conversion d'unités (par exemple, $1 \text{ ns} = 10^{-9} \text{ s}$) et à la notation scientifique correcte du nombre initial (par exemple, $8458 =$

$8,458 \times 10^3$). Cette capacité à articuler les deux démarches semble constituer un véritable seuil de compréhension, nécessitant à la fois une bonne maîtrise des mécanismes mathématiques sous-jacents et une vigilance dans l'application des règles opératoires.

L'erreur la plus fréquente observée concerne l'omission de l'une des deux puissances de 10 (liée soit à l'unité, soit au nombre initial), ou une confusion entre écriture scientifique et simple écriture décimale. Cela traduit une conception partielle du processus de transformation, où les apprenants peuvent isoler et appliquer une règle sans nécessairement en comprendre l'articulation logique avec l'ensemble de la procédure.

Les échanges entre groupes et les discussions collectives ont joué un rôle clé dans la régulation des représentations erronées. Cette phase d'explicitation et de confrontation des démarches a permis à plusieurs élèves de corriger leurs erreurs, montrant l'efficacité d'un dispositif d'enseignement fondé sur la verbalisation et la coopération.

En somme, cette séquence met en lumière l'importance d'un enseignement explicite et progressif pour l'acquisition de compétences complexes comme la conversion accompagnée de l'écriture scientifique. Elle souligne aussi la nécessité de créer des situations d'apprentissage qui permettent aux élèves de relier différents savoirs mathématiques à travers des tâches contextualisées.

4.4.3.3. Lecture des coordonnées

L'analyse des productions initiales des groupes met en évidence des difficultés persistantes chez une majorité d'apprenants en ce qui concerne la lecture des coordonnées dans un repère cartésien. Bien que cette compétence soit censée être acquise dès les niveaux antérieurs, seuls trois groupes sur sept ont correctement identifié les coordonnées du point A en tenant compte de l'échelle proposée. Cette situation soulève plusieurs enjeux didactiques liés à la compréhension du système de coordonnées, à l'interprétation des axes et à la gestion de l'échelle.

Les erreurs observées sont de plusieurs ordres. Certains groupes, comme le groupe 5, révèlent une méconnaissance fondamentale du principe même de lecture des coordonnées, tandis que d'autres, à l'instar du groupe 6, présentent une confusion entre les axes et une mauvaise interprétation de l'unité graphique. Le cas du groupe 3 témoigne quant à lui d'une compréhension incomplète du repérage dans le plan, avec l'oubli de l'une des deux coordonnées indispensables à la localisation d'un point. Enfin, les productions du groupe 1 montrent à la fois

une hésitation dans le comptage des subdivisions et une difficulté à attribuer le bon signe selon la position du point dans le repère.

Ces erreurs traduisent à la fois des lacunes conceptuelles et des automatismes insuffisamment stabilisés. Elles illustrent également l'importance d'une prise en compte explicite de l'échelle, souvent négligée par les élèves, et de la nécessaire articulation entre représentation graphique et compréhension spatiale du repérage.

L'intervention de l'enseignant, centrée sur une reprise collective au tableau et appuyée par des interactions ciblées avec les élèves, s'est révélée efficace. En explicitant le rôle des axes, en réactivant les procédures de repérage (abscisse puis ordonnée) et en insistant sur la cohérence de l'écriture des coordonnées (forme conventionnelle $(x ; y)$), il a permis une remédiation rapide et fonctionnelle. À l'issue de cette régulation, tous les groupes ont pu lire correctement les coordonnées de nouveaux points.

Ces résultats confirment l'intérêt d'un enseignement fondé sur une évaluation diagnostique suivie d'un ajustement pédagogique adapté. Ils soulignent également la nécessité d'un renforcement des automatismes de base dans les compétences de repérage, même en contexte scientifique (ex. physique), où les outils mathématiques sont mobilisés comme langages de description et d'analyse.

4.4.3.4. Lecture des segments

Les résultats obtenus révèlent une compréhension globalement satisfaisante du principe de lecture graphique des grandeurs physiques associées à des segments horizontaux ou verticaux. Après l'explicitation faite par l'enseignant, la majorité des groupes a su identifier correctement la valeur, la nature et l'unité des grandeurs représentées graphiquement. Cela témoigne d'une assimilation efficace des conventions de lecture, en lien avec les axes de représentation (abscisses et ordonnées).

Cependant, une analyse plus fine des productions met en lumière des confusions persistantes chez certains groupes, en particulier dans la signification physique attribuée aux segments. Si les élèves parviennent à lire correctement la valeur numérique et à associer la bonne unité à chaque segment, une erreur d'interprétation conceptuelle subsiste : les grandeurs extraites sont systématiquement perçues comme des distances, indépendamment de leur nature réelle.

Ce phénomène est particulièrement observable pour les segments horizontaux correspondant à des intervalles de temps, qui sont interprétés comme des longueurs mesurées en mètres, au lieu d'être reconnus comme des durées exprimées en millisecondes. De même,

les segments verticaux correspondant à une variation de tension sont parfois également assimilés à des distances (voir Figure 61). Ces erreurs suggèrent une confusion entre la représentation spatiale sur le graphique (longueur d'un segment) et la grandeur physique qu'il symbolise, déterminée par l'axe auquel il est associé.

Ces résultats mettent en évidence la nécessité d'un travail didactique spécifique visant à désamorcer l'analogie spontanée entre longueur et distance physique, qui semble s'ancrer dans l'intuition perceptive des élèves. Un renforcement de l'enseignement des conventions graphiques et une mise en évidence plus explicite du rôle de chaque axe (temporel, électrique, etc.) apparaissent ainsi comme des leviers pertinents pour améliorer la compréhension des élèves.

En somme, bien que la compétence technique de lecture graphique soit en voie d'acquisition, des obstacles conceptuels subsistent quant à la signification des grandeurs physiques, nécessitant un accompagnement pédagogique ciblé pour favoriser une compréhension plus profonde et transférable.

4.4.3.5. Le rôle de l'observation dans la compréhension du formalisme mathématique de la période

Les résultats de l'activité montrent que la mise en confrontation de deux oscillogrammes visuellement similaires mais conceptuellement distincts constitue une stratégie efficace pour favoriser la compréhension des grandeurs physiques et de leur formalisation mathématique. L'exercice d'observation, appuyé par des discussions collectives, a permis aux apprenants de confronter leurs représentations initiales et de mobiliser des compétences d'analyse critique.

De manière générale, les apprenants ont su identifier les principales différences entre les deux oscillogrammes : échelles différentes sur les axes, variation des unités de temps (millisecondes versus secondes), et changement de la grandeur physique portée par l'axe vertical (tension vs intensité). Cette capacité à différencier les oscillogrammes témoigne non seulement d'une lecture graphique fonctionnelle, mais également d'une amorce de conceptualisation mathématique du phénomène périodique observé.

La comparaison des segments [OA] sur les deux figures a ainsi servi de levier pour appréhender les effets de changement d'échelle et l'importance du choix des unités dans la détermination rigoureuse de la période. Les apprenants ont progressivement compris que la lecture de la période ne peut se limiter à une simple mesure graphique, mais qu'elle doit être rapportée au

contexte métrique de l'oscillogramme (unité, échelle, variable représentée), soulignant la complémentarité entre observation, interprétation graphique et formalisme mathématique.

Cependant, l'analyse fine des productions orales révèle des limites dans la maîtrise du vocabulaire scientifique. Un groupe, en particulier, évoque une « variation des coordonnées » pour justifier les différences constatées. Cette formulation, bien que non conventionnelle, laisse entrevoir une compréhension intuitive du rôle des échelles dans la représentation graphique. Cela souligne l'importance de l'enseignement explicite des notions-clés telles qu'échelle, *unité* et *grandeur représentée*, pour permettre aux élèves de passer d'une lecture intuitive à une interprétation rigoureusement fondée.

Ces observations confirment que l'observation graphique, lorsqu'elle est didactiquement encadrée, peut devenir un **outil puissant d'intelligibilité du formalisme mathématique** lié aux phénomènes périodiques. Elle permet d'articuler lecture qualitative, interprétation quantitative et langage scientifique, tout en favorisant l'émergence d'une pensée critique sur les représentations graphiques.

4.4.3.6. Consolidation

L'activité de détermination de la période du courant alternatif, conduite de manière interactive au tableau par l'enseignant, a constitué un moment clé de la séquence. En mobilisant à la fois une approche qualitative — centrée sur la reconnaissance du caractère périodique du signal et l'identification d'un motif élémentaire — et le formalisme mathématique associé au calcul de la période, cette activité a permis de faire le lien entre perception graphique, conceptualisation physique et modélisation quantitative.

Ce moment pédagogique, à la fois **récapitulatif et structurant**, a joué un rôle de **consolidation des acquis** tout en facilitant une **synthèse intégrative** des différentes dimensions abordées au cours de la séquence (lecture graphique, grandeurs temporelles, repérage des motifs, passage à l'expression mathématique).

Les échanges et réactions des apprenants laissent entrevoir une **évolution favorable dans la compréhension conceptuelle**. Nombre d'entre eux manifestent désormais une capacité à articuler plusieurs registres de représentation : lecture sur l'oscillogramme, repérage temporel, et raisonnement mathématique. Cette progression témoigne d'un **début de structuration du concept de période** et d'une **compréhension plus cohérente du lien entre phénomène périodique, motif élémentaire et durée d'un cycle complet**.

Il convient toutefois de rester attentif aux éventuelles persistance d'obstacles, notamment chez les apprenants qui pourraient encore dissocier la visualisation du motif et le sens du calcul associé à la période. Un accompagnement différencié, appuyé sur des exemples variés et des questionnements guidés, pourrait contribuer à ancrer davantage ces acquis.

4.4.3.7. Validation de la construction du concept de période

Cette étape de la séquence didactique visait à évaluer la capacité des apprenants à mobiliser leurs acquis pour déterminer la période d'un courant alternatif à partir de l'analyse d'un oscillogramme. Il leur était demandé d'identifier un **motif élémentaire** (portion du signal qui se répète identiquement) et d'en déduire la durée, autrement dit, la **période**.

Les résultats montrent que **la majorité des élèves parviennent à accomplir la tâche attendue** : ils repèrent correctement le motif élémentaire et déterminent la période par une lecture adaptée du graphe. Cela témoigne d'un **début de maîtrise du concept de périodicité**, ainsi que d'une **capacité à faire le lien entre représentation graphique et grandeur temporelle**.

Cependant, l'analyse fine des productions révèle encore **des confusions conceptuelles persistantes**. Un nombre significatif d'apprenants identifient à tort un **demi-motif** comme motif élémentaire, tout en procédant correctement au **calcul de la période** en mesurant l'intervalle entre deux crêtes successives. Ce paradoxe suggère que **la règle "la période se mesure de crête en crête" a été retenue de manière mécanique**, sans qu'elle soit adossée à une compréhension profonde du lien entre périodicité du signal et définition du motif élémentaire.

Cette **dissociation entre la reconnaissance du motif et la détermination de la période** traduit une conceptualisation encore partielle : les élèves concernés n'ont pas encore intégré que **le motif élémentaire constitue la base temporelle du phénomène périodique**, et que la période en est la durée de répétition.

Par ailleurs, certains apprenants rencontrent **des difficultés dans la conversion des unités de temps**, notamment pour passer des millisecondes aux secondes. Ces obstacles, bien que techniques, compromettent la précision des calculs et révèlent **des lacunes en compétences transversales**, notamment en gestion des unités, lecture d'échelles et interprétation des axes temporels.

Ces constats mettent en évidence **l'importance d'un enseignement explicite et structuré**, non seulement des concepts fondamentaux (période, motif élémentaire, phénomène périodique), mais aussi des compétences instrumentales associées, comme l'analyse d'échelles, la lecture quantitative des graphiques et les conversions d'unités.

4.5. Implications didactiques

L'analyse des productions et des interactions observées au cours de la séquence met en lumière plusieurs pistes didactiques majeures pour l'enseignement du concept de période à partir d'un oscillogramme.

1. **Le tracé manuel d'un oscillogramme favorise la construction qualitative du concept de période** : Le tracé manuel d'un oscillogramme, en tant qu'acte sensorimoteur, ne doit pas être considéré comme une simple activité préparatoire ou illustrative, mais comme un véritable **moment de conceptualisation**. Il devient pertinent d'introduire des activités de dessin, de reproduction manuelle ou de suivi gestuel des motifs périodiques dans les séquences d'enseignement de la période, pour favoriser une appropriation incarnée et intuitive du concept.
2. **L'observation active et comparative d'oscillogrammes similaires facilite l'acquisition du formalisme mathématique ($T = n \times b$)**. L'analyse de deux oscillogrammes présentant des similitudes favorise l'émergence de régularités visuelles (nombre de motifs, échelles, période), qui peuvent ensuite être transposées sur le plan mathématique.
3. **Renforcer l'articulation entre les registres de représentation** : Les élèves doivent être guidés pour passer du visuel (forme du signal), au conceptuel (notion de motif élémentaire), puis au symbolique (calcul de la période). Cette transition entre les registres doit être explicitement travaillée.
4. **Travailler le vocabulaire scientifique spécifique** : La précision du langage est un levier fondamental pour la structuration conceptuelle. Il est nécessaire de faire acquérir les notions d'*échelle*, *unité*, *variable*, *période*, *motif élémentaire*, etc., de manière progressive.
5. **Soutenir les compétences transversales** : Les difficultés rencontrées en lecture de coordonnées et en conversion d'unités montrent qu'il faut intégrer ces compétences dans l'enseignement des sciences physiques, en lien avec les mathématiques.
6. **Valoriser les erreurs comme indicateurs d'apprentissage** : Certaines erreurs révèlent des conceptions en voie de construction. Plutôt que de les sanctionner, il faut les exploiter comme leviers pour susciter la prise de conscience et engager un raisonnement plus rigoureux.

7. **Encourager la verbalisation et la coopération** : Les discussions en groupes et la mise en commun en classe permettent aux élèves de confronter leurs représentations, de clarifier leur raisonnement, et de construire collectivement les concepts visés.
8. **Assurer une continuité des apprentissages** : Les compétences mobilisées (repérage dans le plan, lecture d'échelles, gestion des unités) doivent être consolidées tout au long du parcours scolaire, à travers des contextes variés et intégrés dans les démarches expérimentales.

Conclusion du chapitre

L'ensemble des résultats met en évidence l'efficacité pédagogique d'une séquence didactique conçue selon une transposition inspirée de la Nature of Science. L'articulation entre expériences sensorielles, observation raisonnée et formalisme mathématique a permis aux élèves du groupe expérimental de mieux comprendre, intégrer et mobiliser le concept de période du courant alternatif. Ce chapitre met ainsi en lumière l'intérêt d'un ancrage explicite de l'enseignement des sciences dans les fondements de la NOS, pour promouvoir une compréhension authentique et durable des phénomènes physiques.

Conclusion générale

La présente recherche s'est inscrite dans une double perspective, à la fois épistémologique et didactique : d'un côté, comprendre les obstacles à l'appropriation du concept de période du courant alternatif par les apprenants du secondaire ; de l'autre, proposer une transposition didactique innovante, fondée sur les principes de la *Nature of Science* (NOS), afin de faciliter cette construction conceptuelle.

L'analyse diagnostique menée au moyen d'un questionnaire a mis en évidence les difficultés des élèves à maîtriser les prérequis nécessaires à la lecture et à l'interprétation d'un oscillogramme. Ces difficultés concernent notamment la conversion des unités de temps, la lecture graphique des coordonnées et des segments, ainsi que l'identification d'un signal périodique. Ces constats ont justifié l'élaboration d'une séquence didactique structurée, centrée sur l'expérience sensible, l'observation raisonnée, et la mise en activité des élèves à travers des tâches collaboratives.

Le recours aux fondements de la NOS a permis de replacer l'enseignement de la physique dans un cadre épistémologique cohérent, en mettant en avant des aspects essentiels de la pratique scientifique, tels que le rôle de l'observation, le recours à la nature empirique des concepts et la dimension progressive de la construction des savoirs. Cette approche a favorisé une meilleure articulation entre compréhension intuitive et formalisme mathématique.

Les résultats issus du post-test et de l'analyse qualitative des productions des élèves montrent que cette démarche a permis une amélioration significative de la compréhension du concept de période chez les apprenants du groupe expérimental. La comparaison avec le groupe témoin, non exposé à cette séquence, atteste de l'efficacité de la transposition didactique fondée sur la NOS.

En définitive, ce travail confirme que l'intégration explicite des dimensions de la *Nature of Science* dans les pratiques d'enseignement-apprentissage constitue un levier pertinent pour surmonter les obstacles conceptuels et didactiques liés à l'enseignement de la physique. Il ouvre également des perspectives de recherche pour d'autres concepts scientifiques complexes, souvent enseignés de manière formelle, mais rarement abordés à travers leur genèse empirique et épistémologique.

La présente recherche, en plaçant la *Nature of Science* au cœur de la transposition didactique, invite à repenser l'enseignement des sciences physiques au-delà du simple transfert de savoirs. Elle suggère la nécessité d'un enseignement plus réflexif, qui valorise l'histoire des

concepts, les démarches empiriques et les controverses scientifiques ayant conduit à leur stabilisation.

Une suite naturelle à ce travail consisterait à explorer l'intégration d'autres dimensions de la NOS dans l'enseignement d'autres grandeurs physiques, telles que la fréquence, la tension efficace ou la puissance électrique. De plus, une extension de cette démarche aux niveaux d'enseignement supérieur (notamment en classes préparatoires ou dans les filières technologiques) permettrait de tester la robustesse de cette approche dans des contextes pédagogiques plus spécialisés.

Enfin, au-delà de la discipline physique, cette démarche pourrait inspirer des innovations didactiques dans d'autres disciplines scientifiques (biologie, chimie, sciences de la Terre), afin de promouvoir une culture scientifique plus critique, contextualisée et intellectuellement outillée pour faire face aux défis contemporains liés à la science, à la technologie et à la société.

Références

- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665–701.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/09500690050044044>
- Académie Française. (1798). *Dictionnaire de l'Académie Française* (5e éd.). éditions eBooks France.
- Académie Française. (1838). *Dictionnaire de l'Académie Française* (6e éd.). Adophlpe Wahlen.
- Aïvanhov, O. M. (2012). *Le langage des figures géométriques*. Editions Prosveta.
- Andry, T. (2021). *Beauté des données: quelle est l'influence de l'ornementation des visualisations de données sur la construction de sens de l'utilisateur?* [Thèse de doctorat, UCL-Université Catholique de Louvain]. <http://hdl.handle.net/2078.1/244129>.
- Andry, T., Kieffer, S., & Lambotte, F. (2022). *Les fondamentaux de la visualisation de données*. De Boeck Supérieur.
- Angers, M. (2014). *IPMSH: Initiation pratique à la méthodologie des sciences humaines*. Les éditions CEC.
- Antczak, S., Marechal, J.-F. Le, Barbe, E., Barbe, R., Bottos, P., Braganti, K., Chapellet, L.-L., Charmont, P., Coince, T., Encrenaz, C., Garcia, G., Gardet, M., Grasset, C., Peiron, M., Roques, S., Roux, M., Tournus, C., & Serra, A. V. M. (2012). *Micromega Physique-Chimie Tle S enseignement spécifique*. Hatier.
- Arsac, G. (1992). L'évolution d'une théorie en didactique: l'exemple de la transposition didactique. *Recherches En Didactique Des Mathématiques*, 12(1), 7–32. <https://revue-rdm.com/1992/l-evolution-d-une-theorie-en/>
- Astolfi, J.-P. (2005). Problèmes scientifiques et pratiques de formation. In O. Maulini & C. Montandon (Eds.), *Les formes de l'éducation: variété et variation* (pp. 65–81). De Boeck Supérieur.
- Astolfi, J.-P. (2008). *La saveur des savoirs: disciplines et plaisir d'apprendre*. ESF Editeur.

- Astolfi, J.-P. (2020). *L'erreur, un outil pour enseigner*. ESF Sciences humaines.
- Astolfi, J.-P., Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y., & Toussaint, J. (2008). *Mots-clés de la didactique des sciences : Repère, définitions, bibliographies* (2e édition). De Boeck.
- Astolfi, J.-P., & Develay, M. (2016). *La didactique des sciences* (7e éd.). Que sais-je ?
- Ayina, B. (2024). *DID 521 : Analyse des pratiques didactiques*. Recueil inédit, Université de Yaoundé I.
- Ayina, B., Nchia, L. N., Sigha, P.-M., Mfeyet, B.-A., Aimée, A. N., Ateba, J. A., Nchinmoun, M., Meli, N. D., & Soudani, M. (2024a). The foundations of the nature of science as a tool for teaching and learning scientific concepts. *International Journal of Science and Research Archive*, 13(01), 113–120. <https://doi.org/10.30574/ijstra.2024.13.1.1589>
- Ayina, B., Nchia, L. N., Sigha, P.-M., Mfeyet, B.-A., Aimée, A. N., Ateba, J. A., Nchinmoun, M., Meli, N. D., & Soudani, M. (2024b). The foundations of the nature of science as a tool for teaching and learning scientific concepts. *International Journal of Science and Research Archive*, 13(01), 113–120. <https://doi.org/https://doi.org/10.30574/ijstra.2024.13.1.1589>
- Baker, J. (2013). *Les lois essentielles de la physique pour tous*. Librio.
- Bali, S. P. (2013). *Electrical technology : electrical fundamentals: Vol. I*. Pearson.
- Barrette, C. (2007). Enseigner les sciences par la culture du doute. In P. Potvin, M. Riopel, & S. Masson (Eds.), *Regards multiples sur l'enseignement des sciences* (pp. 49–58). Editions MultiMondes.
- Batt, N. (2004). *Penser par le diagramme: de Gilles Deleuze à Gilles Châtelet*. Presses Universitaires de Vincennes Université Paris 8.
- Bayle, J.-L. L. del. (2000). *Initiation aux méthodes des sciences sociales*. L'Harmattan.
- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62(8), 750–762. <https://doi.org/10.1119/1.17449>
- Benoist, L. (1989). *Signes, symboles et mythes*. Presses universitaires de France.
- Blanc, V., Corno, C., Roy, É., Lacelle, M.-A., & Perreault, G. (2015). *IPMSH: une approche multidisciplinaire de la recherche en sciences humaines*. Chenelière éducation.

- Boll, M. (1948). *Électricité, Magnétisme*. Presses universitaires de France.
- Boudreaux, A., Kanim, S., & Brahmia, S. (2015). Student facility with ratio and proportion: Mapping the reasoning space in introductory physics. *ArXiv Preprint ArXiv:1511.08960*.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.1511.08960>
- Bouveresse-Quilliot, R. (1996). *L'empirisme anglais*. FeniXX.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. National Academy Press.
- Bronckart, J.-P. (2019). *Théories du langage : Nouvelle introduction critique*. Éditions Mardaga.
- Bronckart, J.-P., & Plazaola Giger, M. I. (1998). La transposition didactique. Histoire et perspectives d'une problématique fondatrice. *Pratiques*, 97–98, 35–58.
<https://doi.org/10.3406/prati.1998.2480>
- Bruner, J. S. (2011). *Le développement de l'enfant : SAVOIR FAIRE, SAVOIR DIRE* (8e éd.). Presses universitaires de France.
- Campbell, L., Campbell, B., & Dickinson, D. (2006). *Les intelligences multiples : au coeur de l'enseignement et de l'apprentissage (Traduction et adaptation: Gervais Sirois)*. Chenelière Education.
- Cebesoy, Ü., & Yeniterzi, B. (2016). 7th grade students' mathematical difficulties in force and motion unit. *Turkish Journal of Education*, 5(1), 18–32.
<https://doi.org/10.19128/turje.06150>
- Chalmers, A., & Biezunski, M. (1987). *Qu'est-ce que la science?: récents développements en philosophie des sciences: Popper, Kuhn, Lakatos, Feyerabend*. La Découverte.
- Chateigner, G., Boës, M., Chopin, J.-P., & Verkindère, D. (2008). *Électricité en 19 fiches : Régimes sinusoïdal et non-sinusoïdal*. Dunod.
- Chauviré, C. (1995). *Peirce et la signification : introduction à la logique du vague*. Presses universitaires de France.
- Chevallard, Y., & Johsua, M.-A. (1991). *La transposition didactique : Du savoir savant au savoir enseigné suivi de Un exemple d'analyse de la transposition didactique*. La Pensée sauvage.

- Chevrier, J. (2009). Chapitre 3 : La spécification de la problématique. In B. Gauthier (Ed.), *Recherche sociale : De la problématique à la collecte des données* (5e éd., pp. 53–88). Presses de l'Université du Québec.
- Chi, M. T. H. (2005). Commonsense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *The Journal of the Learning Sciences*, 14(2), 161–199. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1402_1
- Chiss, J.-L., David, J., & Reuter, Y. (2015). *Didactique du français: fondements d'une discipline*. De Boeck Supérieur.
- Cuq, J.-P. (2003). *Dictionnaire de didactique du français: langue étrangère et seconde*. CLE International.
- De Vecchi, G. (2010). *Aider les élèves à apprendre*. Hachette éducation.
- Delacôte, G., Mundy, J. F., Foucart, S., Girel, M., Houdé, O., Issola, R., Klein, E., Krankel, R., Le Guyader, H., & Léna, P. (2013). *Partager la science: L'illettrisme scientifique en question*. Éditions Actes Sud.
- Demba, H. A. (2020). *L'impact de l'utilisation des simulations informatiques sur la compréhension des concepts de la physique en situation d'enseignement en classe entière au collège en Côte d'Ivoire. Étude du cas d'un simulateur d'oscilloscope* [Thèse de doctorat, CY Cergy Paris Université]. <https://theses.hal.science/tel-03274905v1>
- Deniz, K., & KEÂŽAN, C. (2018). The Effect of Time on Difficulty of Learning (The Case of Problem Solving with Natural Numbers). *MOJES: Malaysian Online Journal of Educational Sciences*, 5(1), 56–74. <https://jati.um.edu.my/index.php/MOJES/article/view/12635>
- Dépelteau, F. (2005). *La démarche d'une recherche en sciences humaines : de la question de départ à la communication des résultats*. De Boeck.
- Deslauriers, J. (1991). *Recherche qualitative : guide pratique*. Chenelière ; McGraw-Hill Montréal.
- Develay, M. (1995). Le sens d'une réflexion épistémologique. In M. Develay (Ed.), *Savoirs scolaires et didactiques des disciplines : Une encyclopédie pour aujourd'hui* (pp. 17–31). ESF.

- Dewey, J. (2011). *Démocratie et éducation: suivi de Expérience et Éducation*. Armand Colin.
- Dewi, A., Putra, N., & Sumarto, S. (2018). Analysis of graphic representation ability in oscillation phenomena. *Journal of Physics: Conference Series*, 983, 12024. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/983/1/012024>
- DiSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10(2&3), 105–225. <https://www.jstor.org/stable/3233725>
- Dissakè, E. M. (2001). *Feyerabend : Epistémologie, anarchisme et société libre*. Presses universitaires de France.
- Dorko, A. (2012). Calculus Students' Understanding of Area and Volume in Non-calculus Contexts. *The Research Council on Mathematics Learning*, 8(1), 23–46. <https://digitalcommons.library.umaine.edu/etd/1707/>
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. McGraw-Hill Education (UK).
- Dupont, P. (2019). *Des compétence(s) et des savoir(s) pour enseigner et pour apprendre: controverses, compromis et questions vives*. Harmattan.
- Ebogo, D. A. [Jean M. K. (1976). *Carte d'identité*. <http://sharevideo1.com/v/V05WS1hvZEVsM2c=?t=ytb&f=wh>
- Encyclopædia Universalis. (2016). *Dictionnaire de la philosophie : Les dictionnaires*. Encyclopædia Universalis France.
- Falcade, R. (2002). Cabri-géomètre outil de médiation sémiotique pour la notion de graphe de fonction. *Petit X*, 58, 47–81. <https://bibnum.publimath.fr/IPX/IGR02013.pdf>
- Fijalkow, J., & Nault, T. (2002). *La gestion de la classe*. De Boeck Université.
- Fink, M., Le Bellac, M., & Leduc, M. (2021). *Le temps: mesurable, réversible, insaisissable?* EDP sciences.
- Fournier, M.). (2016). *Éduquer et former : Connaissances et débats en Éducation et Formation*. Sciences Humaines Éditions.
- Frutiger, A. (2004). *L'homme et ses signes : signes, symboles et signaux*. Atelier Perrousseaux éditeur.

- Galillée, G. (1972). *Discours concernant deux sciences nouvelles* (A. Koyré & B. Cohen, Trad.). Vrin.
- Gauthier, B. (2003). *Recherche sociale: de la problématique à la collecte des données*. PUQ.
- Gilman, J. (2013). *Have You Met Ric?: Student Misconceptions of Metric Conversions and the Difficulties Behind Metric Unit Estimation*. State University of New York at Fredonia.
- Giot, B., & Quittre, V. (2008). Images, dessins et schémas scientifiques: comment sont-ils perçus par les enfants? *Cahiers Des Sciences de l'Education*, 27.
- Gisèle Lemoyne, Alain Mercier, A. R. (2016). *Le génie didactique : Usages et mesurages des théories de l'enseignement*. De Boeck Supérieur.
- Grawitz, M. (2001). *Méthodes des sciences sociales* (11e éd.). Dalloz.
- Grinschpoun, M.-F. (2014). *Construire un projet de recherche en sciences humaines et sociales : Une procédure de mise en lien* (2e éd.). Enrick B. Editions.
- Guilbert, L., Lagane, R., & Niobey, G. (1975). *Grand Larousse de la langue française en sept volumes*. Larousse.
- Hammer, D., Elby, A., Scherr, R. E., & Redish, E. F. (2005). Resources, framing, and transfer. *Transfer of Learning from a Modern Multidisciplinary Perspective*, 89, 705.
- Herman, S. L. (2011). *Alternating current fundamentals* (8e éd.). Delmar, Cengage Learning.
- Hottois, G. (1998). *De la Renaissance à la Postmodernité. Une histoire de la philosophie moderne et contemporaine*. De Boeck.
- Institut National de la Statistique du Cameroun(INS). (2019). Chapitre 3 : caractéristiques de la population. In *Annuaire statistique du Cameroun* (pp. 23–29). https://ins-cameroun.cm/wp-content/uploads/2021/02/0CHAPITRE-3_CARACTERISTIQUES-DE-LA-POPULATION.pdf
- Ismael, J. (2022). *Le temps*. EDP sciences.
- Ivanjek, L., Planinic, M., Hopf, M., & Susac, A. (2017). Student difficulties with graphs in different contexts. In K. Hahl, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto, & J. Lavonen (Eds.), *Cognitive and Affective Aspects in Science Education Research: Selected Papers from the ESERA 2015 Conference* (pp. 167–178). Springer.

- Ivanjek, L., Susac, A., Planinic, M., Andrasevic, A., & Milin-Sipus, Z. (2016). Student reasoning about graphs in different contexts. *Physical Review Physics Education Research*, 12, 10106. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.010106>
- Johsua, S., & Dupin, J.-J. (1999). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques* (2e éd.). Presses universitaires de France.
- Jonnaert, P., & M'Batika, A. . (2004). *Les réformes curriculaires: regards croisés*. PUQ.
- Jullien, F. (2001). *Du «temps»*. Grasset.
- Klein, É. (2019). *Le temps*. Bayard Adulte.
- Kuhn, T. S., & Meyer, L. (1983). *La structure des révolutions scientifiques*. Flammarion.
- Lafrance, R. (2014). *Physique 2 : Électricité et magnétisme*. Chenelière éducation.
- Lapointe, Y. (2007). Enseigner les sciences en privilégiant d'abord la compréhension qualitative du phénomène. In P. Potvin, M. Riopel, & S. Masson (Eds.), *Regards multiples sur l'enseignement des sciences* (pp. 266–281). Editions MultiMondes.
- Le Strat, S. (1990). *Épistémologie des sciences physiques*. Nathan.
- Lecourt, D. (1998). *Encyclopédie des sciences*. La pochothèque.
- Lecourt, D. (dir.). (2006). *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences* (4e éd.). Quadrige/Presses universitaires de France.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331–359. <https://doi.org/10.1002/TEA.3660290404>
- Lederman, N. G. (2006). Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science : implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 301–318). Springer.
- Lederman, N., Wade, P., & Bell, R. L. (2002). Assessing Understanding of the Nature of Science: A Historical Perspective. In W. F. McComas (Ed.), *The role and character of the nature of science in science education : Rationales and Strategies* (pp. 331–350). Kluwer Academic Publishers.
- Linn, M. C., Eylon, B., & Davis, E. A. (2004). The knowledge integration perspective on

- learning. In M. C. Linn, E. D. A., & P. Bell (Eds.), *Internet environments for science education* (pp. 29–46). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Littré, É. (1873). *Dictionnaire de la langue française* (Vol. 1). Hachette.
- Littré, É. (1874). *Dictionnaire de la langue française* (Vol. 2). Hachette.
- Littré, E., & Beaujean, A. (1883). *Dictionnaire de la langue française: Abrégé du dictionnaire de Littré*. Hachette.
- Littré, E., & Beaujean, A. (1900). *Dictionnaire de la langue française: Abrégé du dictionnaire de Littré*. Hachette.
- Lowe, R. (1996). Les nouvelles technologies, voie royale pour améliorer l'apprentissage des sciences par l'image? *Aster: Recherches En Didactique Des Sciences Expérimentales*, 22(1), 173–194. https://www.persee.fr/doc/aster_0297-9373_1996_num_22_1_1075
- Mahrazi, M. (2011). *Dictionnaire de l'électrotechnique: Français-Tamazight*. ENAG éditions.
- Maingain, A., Dufour, B., & Fourez, G. (2002). *Approches didactiques de l'interdisciplinarité*. De Boeck Université.
- Malo, M. (1996). *Guide de la communication écrite au cegep, à l'université et en entreprise*. Éditions Québec/Amérique.
- Martin, O. (2020). *L'empire des chiffres: Sociologie de la quantification*. Armand Colin.
- Martinand, J.-L. (1983). Questions pour la recherche : La référence et le possible dans les activités scientifiques scolaires (Cours). In G. Delacôte & A. Tiberghien (Eds.), *Recherche en didactique de la physique : les actes du premier atelier international* (pp. 227–249). CNRS Éditions.
- Martinand, J.-L. (1995). Rudiments d'épistémologie appliquée pour une discipline nouvelle : la technologie. In M. Develay (Ed.), *Savoirs scolaires et didactiques des disciplines : Une encyclopédie pour aujourd'hui* (pp. 339–355). ESF.
- Maryanto, A., Faizah, H., & Sugandi, E. (2022). A JUNIOR HIGH SCHOOL STUDENTS' ERROR: ANALYSIS IN MATHEMATICAL STORY OF CARTESIAN COORDINATES USING POLYA STEPS. *Kadikma*, 13, 162. <https://doi.org/10.19184/kdma.v13i3.33648>

- Matthews, M. R. (1997). The Nature of Science and Science Education—Editorial. *Science & Education*, 6(4), 323–329. <https://doi.org/10.1023/A:1008627112693>
- Maulini, O., & Montandon, C. (Ed.). (2005). *Les formes de l'éducation: variété et variations (Raisons éducatives)*. De Boeck Supérieur.
- Mayé, P. (2015). *Pratique de l'oscilloscope numérique en 30 fiches-outils*. Dunod.
- McComas, W. F., Clough, M. P., & Almazroa, H. (2002). The Role And Character of The Nature of Science in Science Education. In W. F. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education : Rationales and Strategies* (pp. 3–40). Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W. F., & Kampourakis, K. (2015). Using the history of biology, chemistry, geology, and physics to illustrate general aspects of nature of science. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 9(1), 47–76. <https://doi.org/10.26220/rev.2240>
- Mevarech, Z. R., & Kramarsky, B. (1997). From verbal descriptions to graphic representations: Stability and change in students' alternative conceptions. *Educational Studies in Mathematics*, 32(3), 229–263.
- Mialaret, G. (2004a). *Les méthodes de recherche en sciences de l'éducation*. Presses Universitaires de France.
- Mialaret, G. (2004b). *Les méthodes de recherche en sciences de l'éducation*. PUF.
- Minder, M. (2007). *Didactique fonctionnelle : Objectifs, stratégies, évaluation Le cognitivisme opérant* (9e éd.). De Boeck ; Larcier.
- Ministère de l'Eau et de l'Énergie(MINEE). (2016). *Plan Directeur d'Électrification Rurale du Cameroun (PDER)*. https://rise.esmap.org/data/files/library/cameroon/Electricity Access/Cameroon_PDER.pdf
- Morin, J.-B. (1809). *Dictionnaire étymologique des mots français dérivés du Grec, tome premier*. B. Warée.
- N'da, P. (2015). *Recherche et méthodologie en sciences sociales et humaines: réussir sa thèse, son mémoire de master ou professionnel, et son article*. Editions L'Harmattan.
- Nassima, M. (2021). La théorie historico-culturelle et la didactique professionnelle : Quelles articulations et quels apports ? *Aleph. Langues, Médias et Sociétés*, 8(2), 59–70.

- Nguyen Thi, N. (2011). *La périodicité dans les enseignements scientifiques en France et au Vietnam: une ingénierie didactique d'introduction aux fonctions périodiques par la modélisation* [Thèse de doctorat, Université de Grenoble].
<https://www.theses.fr/2011GRENS015.pdf&ved=2ahUKEwiQg-vGpfuCAxVvUKQEHEcAboQFnoECA4QAQ&usg=AOvVaw3GTjG0Wf40gFgw5icBx-Jj>.
- Nguyen Thi, N. (2013). Fonctions trigonométriques et phénomènes périodiques : un accès à la modélisation dans l'enseignement secondaire ? *Petit X*, 91, 27–48.
- Nguyen Thi, N. (2014). Notion de temps et périodicité : une séquence expérimentale. *Petit X*, 95, 5–23.
- Ntam Nchia, L., Ayina, B., Awomo Ateba, J., & Halidou, H. (2024). Cameroonian Pre-service Science Teachers' Conceptions of the Nature of Science and its Determinants. *Journal of Education and Practice*, 8, 51–63. <https://doi.org/10.47941/jep.1807>
- Onwu, G. O. M. (1993). Line graphing ability of some Nigerian secondary science students. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 24(3), 385–390.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections* (Vol. 13). London: The Nuffield Foundation.
- Ouertatani, L. (2009). *L'enseignement-apprentissage des acides et des bases en tunisie : une etude transversale du lycée à la première année d'université* [Thèse de doctorat, Université Bordeaux 2 et Université de Tunis].
https://doi.org/https://www.academia.edu/26611299/Lenseignement_apprentissage_des_acides_et_des_bases_en_Tunisie_une_%25C3%25A9tude_transversale_du_lyc%25C3%25A9e_%25C3%25A0_la_premi%25C3%25A8re_ann%25C3%25A9e_duniversit%25C3%25A9&ved=2ahUKEwiK4JH-o4iHAXX6MVkFHV_jCWUQFnoECBoQAQ&usg=AOvVaw1YPyC1LFQKk2dv4SJQfRWn
- Paquette, G. (2002). *Modélisation des connaissances et des compétences*. PUQ.
- Pastré, P. (2011). *La didactique professionnelle : Approche anthropologique du développement chez les adultes* (1re éd.). Presses universitaires de France.

- Peirce, C. S. (1931). *Collected papers of charles sanders peirce* (C. Hartshorne, P. Weiss, & A. Burks (eds.)). Harvard University Press.
- Peirce, C. S. (1994). *Collected papers of charles sanders peirce* (C. Hartshorne, P. Weiss, & A. Burks (eds.)); Vols. 1931–1958). Harvard University Press.
- Pérez-Echeverría, M. del P., Postigo, Y., & Marín, C. (2018). Understanding of graphs in social science undergraduate students: selection and interpretation of graphs. *Irish Educational Studies*, 37(1), 89–111. <https://doi.org/10.1080/03323315.2018.1440248>
- Perraudau, M. (2006). *Les stratégies d'apprentissage : Comment accompagner les élèves dans l'appropriation des savoirs*. Armand Colin.
- Perrenoud, P. (1998). La transposition didactique à partir de pratiques: des savoirs aux compétences. *Revue Des Sciences de l'éducation*, 24(3), 487–514. <https://doi.org/https://doi.org/10.7202/031969ar>
- Phage, I. (2020). *Discipline, Task and Reader Characteristics of Introductory Physics Students' Graph Comprehension in Mathematics and Kinematics*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.88235>
- Piaget, J. (1970). *Science of education and the psychology of the child*. Viking Press.
- Planinic, M., Ivanjek, L., Susac, A., & Milin-Sipus, Z. (2013). Comparison of university students' understanding of graphs in different contexts. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 9(2), 20103. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.9.020103>
- Poincaré, H. (1901). *Electricité et optique*. Quai des Grands-Augustins.
- Popper, K. R. (2014). *The Logic of Scientific Discovery*. Martino Fine Books.
- Pourtois, J.-P., & Desmet, H. (2014). *L'éducation postmoderne*. PUF.
- Raby, C., & Viola, S. (dir.). (2016). *Modèles d'enseignement et théories d'apprentissage : pour diversifier son enseignement*. Les Editions CEC.
- Reuter, Y. (ed.), Cohen-Azria, C., Daunay, B., Delcambre-Derville, I., & Lahanier-Reuter, D. (2013). *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques* (3e éd.). De Boeck Supérieur.
- Robert, P. (2005). *Le Grand Robert de la langue française : les Dictionnaires Le Robert*.

- Roegiers, X. (2011). *Curricula et apprentissages au primaire et au secondaire: la pédagogie de l'intégration comme cadre de réflexion et d'action*. De Boeck.
- Roy, D., & Sablonnière, É. de la. (2015). *MQ*. Groupe Modulo.
- Ruf, V., Thues, D., Malone, S., Kuechemann, S., Becker-Genschow, S., Vogel, M., Bruenken, R., & Kuhn, J. (2024). A Systematic Review of Empirical Research on Graphing Numerical Data in K-12 STEM Education. *ArXiv Preprint ArXiv:2411.13195*.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2411.13195>
- Saadi, J. (2003). *Les conceptions et les difficultés des étudiants concernant l'électrocinétique en courant alternatif: essai de remédiation en utilisant la simulation modélisante* [Thèse de doctorat non publiée]. Lyon 1
- Schwab, J. J. (1964). The teaching of science as enquiry. In J. J. Schwab & P. F. Brandwein (Eds.), *The teaching of science* (pp. 3 1-102). Cambridge, MA, Harvard University Press.
- Shouse, A. W., Schweingruber, H. A., & Duschl, R. A. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. National Academies Press.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.1177/002205741319300302>
- Simard, C. (2018). *Méthodes quantitatives* (6e édition). Groupe Modulo.
- Soury-Lavergne, S., & Bessot, A. (2012). Modélisation de phénomènes variables à l'aide de la géométrie dynamique. *Espace Mathématique Francophone* 2012, 742–753.
https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/281328995_Modelisation_de_phenomenes_variables_a_l'aide_de_la_geometrie_dynamique
- Spagnou, P. (2015). *Les mystères du temps. De Galilée à Einstein*. CNRS éditions, Paris.
- Stefanel, A. (2019). Graph in physics education: From representation to conceptual understanding. *Mathematics in Physics Education*, 195–231.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-04627-9_9
- Tairab, H. H., & Khalaf Al-Naqbi, A. K. (2004). How do secondary school science students interpret and construct scientific graphs? *Journal of Biological Education*, 38(3), 127–132. <https://doi.org/10.1080/00219266.2004.9655920>
- Tchibozo, G. (2019). *Introduction pratique aux méthodes quantitatives en Sciences de*

l'éducation et de la formation. Atramenta.

- Teodorani, M. (2012). *Tesla - L'éclair du génie. L'histoire et les découvertes du plus grand inventeur du XXe siècle*. Macro Éditions.
- Thouin, M. (2014). *Réaliser une recherche en didactique*. Éditions MultiMondes.
- Tremblay, M.-A. (1968). *Initiation à la recherche dans les sciences humaines*. Éditeurs McGraw-Hill.
- Tsafak, G. (2001). *Comprendre les sciences de l'éducation*. L'Harmattan.
- Université de Yaoundé 1. (2024). *Guide de rédaction des mémoires et thèses de la Faculté des Sciences de l'Éducation de l'Université de Yaoundé I (Master - Doctorat)*.
- Van der Maren, J. M. (2004). *Méthodes de recherche pour l'éducation. Méthodes en sciences humaines* (2ème éd.). De Boeck Université.
- Vial, M. (dir.). (2012). *Se repérer dans les modèles de l'évaluation: méthodes, dispositifs, outils* (1re éd.). De Boeck.
- Viennot, L. (1996). *Raisonnement en physique: la part du sens commun*. De Boeck Supérieur.
- Viennot, L. (2011). *En physique, pour comprendre*. EDP Sciences.
- Vincent, S. (2001). Le trajet du « savoir à enseigner » dans les pratiques de classe : Une analyse de points de vue d'enseignants. In P. Jonnaert & S. Laurin (Eds.), *Les didactiques des disciplines : Un débat contemporain* (pp. 209–239). Presses de l'Université du Québec.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45–69. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90018-3](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90018-3)
- Vygotski, L. S. (1997). *Pensée et langage. Suivi de Commentaire sur les remarques critiques de Vygotski*. La dispute.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes* (Vol. 86). Harvard university press.
- Wan, T., Emigh, P. J., Passante, G., & Shaffer, P. S. (2016). Student understanding of period in introductory and quantum physics courses. *Proceedings of the Physics Education Research Conference 2016*, 380–383. <https://doi.org/10.1119/perc.2016.pr.090>

- Wittwer, O. M. (2025). Reflective empiricism: Bias reflection and introspection as a scientific method. *ArXiv Preprint ArXiv:2504.12310*.
- Young, N. T., & Heckler, A. F. (2018). Observed hierarchy of student proficiency with period, frequency, and angular frequency. *Physical Review Physics Education Research*, *14*(1), 10104.
<https://doi.org/https://dx.doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.010104>

(Dissakè, 2001)(Malo, 1996)

(Université de Yaoundé 1, 2024)

Glossaire

Un glossaire est une « liste alphabétique placée à la fin d'un texte et donnant la définition des mots clés spécialisés qui y sont utilisés » (Malo, 1996, p. 113). Quelques concepts présentés ci-dessous par ordre alphabétique seront définis dans ce glossaire (Université de Yaoundé 1, 2024).

1. Apprentissage
2. Concept
3. Conflit (socio)cognitif
4. Courant alternatif
5. Empirisme
6. Enseignement
7. Épistémologie
8. Nature of science (NOS)
9. Oscillogramme
10. Période
11. Représentation graphique
12. Transposition didactique
13. Zone Proximale de développement (ZPD)

N°	Concepts	Significations
01	Apprentissage	L'apprentissage est un processus qui permet aux apprenants d'acquérir de nouveaux savoirs, de construire des connaissances et de développer des compétences.
02	Concept	Le concept est une idée abstraite ou générale qui représente une catégorie, un principe ou un modèle. C'est une construction mentale qui permet de comprendre et d'organiser le monde qui nous entoure.
03	Conflit sociocognitif	Le conflit sociocognitif est un phénomène courant qui survient lorsque des individus ou des groupes ont des perspectives, des valeurs ou des croyances divergentes. Ces différences peuvent engendrer des tensions, des incompréhensions et des désaccords, conduisant à des situations conflictuelles.
04	Courant alternatif	Le courant alternatif est un type de courant électrique qui change de direction périodiquement.
05	Empirisme	L'empirisme est une théorie philosophique qui souligne l'importance de l'expérience sensorielle comme source de la connaissance.
06	Enseignement	L'enseignement est un processus au cours duquel un enseignant mène un certain nombre d'activités avec des apprenants afin de permettre à ceux-ci d'acquérir des savoirs, de construire des connaissances et de développer des compétences.
07	Épistémologie	L'épistémologie est une science qui étudie la nature, la source, la validité et les limites de ce que nous savons.
08	NOS (Nature of science)	La NOS (Nature Of Science) est une description du fonctionnement de la science en prenant en compte d'une manière simultanée les connaissances actualisées de l'histoire de la science, de philosophie de la science, de sociologie de la science et de la psychologie de la science.
09	Oscillogramme	Un oscillogramme est une représentation graphique d'un signal électrique en fonction du temps.
10	Période du courant alternatif	La période du courant alternatif est le temps qui couvre un cycle complet c'est-à-dire le temps pour deux alternances (négative et positive).
11	Représentation graphique	La représentation graphique est un outil essentiel qui permet de visualiser des données, de mettre en évidence des tendances et de faciliter la compréhension d'analyses.
12	Transposition didactique	La transposition didactique est un concept qui décrit le processus par lequel les savoirs scientifiques, culturels, techniques et technologiques sont transformés pour être enseignables et accessibles aux apprenants.
13	Zone proximale de développement (ZPD)	La zone proximale de développement (ZPD) est un concept développé par le psychologue russe Lev Vygotski qui décrit l'écart entre ce qu'un individu peut accomplir seul et ce qu'il peut accomplir avec l'aide d'un adulte ou d'un pair plus compétent.

Table des matières

TABLE DES MATIÈRES

Dédicace.....	ix
Remerciements.....	x
Liste des abréviations, des sigles et des acronymes	xi
Liste des tableaux	xii
Liste des figures	xiii
Résumé	xvi
Abstract	xvii
Introduction générale.....	1
Première partie : Cadre théorique de l'étude.....	6
Chapitre 1 : Revue de la littérature et état de la question	7
Introduction du chapitre.....	8
1.1. Définition des concepts clés.....	8
1.1.1. Enseignement	8
1.1.2. Apprentissage	9
1.1.3. Courant alternatif	9
1.1.4. Oscillogramme.....	11
1.1.5. Construction d'un concept	12
1.1.6. Concept de Période	12
1.1.7. NOS (Nature of science)	13
1.1.8. Transposition didactique	14
1.1.8.1. Transposition didactique externe : Du savoir savant au savoir à enseigner	16
1.1.8.2. Transposition didactique interne : Du savoir à enseigner au savoir enseigné	17
1.1.8.3. Critiques de la transposition didactique selon Chevallard	17
1.1.9. Modes de transposition didactique.....	18
1.2. État de la question sur la période.....	19
1.2.1. Difficultés conceptuelles autour de la période en contexte universitaire : apports et limites pour l'enseignement du courant alternatif (Wan et al., 2016)	19
1.2.2. Difficultés hiérarchisées dans la compréhension de la période, de la fréquence et de la pulsation angulaire : enseignements de l'étude de Young et Heckler (2018)	20
1.3. Études historiques et épistémologiques	22
1.3.1. Études historique et épistémologique du concept de temps	22
1.3.1.1. Avant l'invention de la notion du temps	22
1.3.1.2. Temps comme nécessité sociale	25
1.3.1.3. Temps physique.....	26
1.3.2. Études historique et épistémologique du concept de période.....	27

1.3.2.1.	Concept de période au sens étymologique.....	27
1.3.2.2.	Évolution du concept de période	29
1.4.	Choix épistémologique et didactique de la recherche	31
1.5.	Théories de référence	32
1.5.1.	Nature of science.....	32
1.5.1.1.	Conceptions des apprenants sur la NOS	33
1.5.1.2.	Conceptions des enseignants sur la NOS	33
1.5.1.3.	Principaux aspects de la Nature of Science.....	34
1.5.1.4.	Enjeux de la nature of science (NOS) dans l'enseignement/apprentissage.....	36
1.5.1.5.	NOS comme mode de transposition didactique	38
1.5.2.	Socioconstructivisme.....	43
1.5.2.1.	Concept de zone proximale de développement	43
1.5.2.2.	Rôle de l'étayage dans l'apprentissage	44
1.5.2.3.	Conflit (socio)cognitif : moteur de la conceptualisation	45
1.5.3.	Théorie peircienne.....	47
	Conclusion du chapitre	49
	Chapitre 2 : Problématique de recherche	50
	Introduction du chapitre.....	51
2.1.	Contexte et justification de l'étude	51
2.1.1.	Contexte institutionnel.....	53
2.1.1.1.	Place du concept de période dans les programmes des lycées et collèges	54
2.1.1.2.	Recommandations institutionnelles pour l'enseignement/apprentissage du concept de période	59
2.1.2.	Contexte scientifique.....	60
2.1.2.1.	Importance des graphiques en sciences et en physique.....	61
2.1.2.2.	Connaissances pour une utilisation efficiente des graphiques	63
2.1.2.3.	Difficultés des apprenants dans l'utilisation des graphiques.....	65
2.1.2.4.	Origine des difficultés dans l'interprétation des graphiques	66
2.1.2.5.	Présentation de l'oscillogramme et difficultés dans l'interprétation de la période dans la littérature	67
2.1.3.	Motivations	68
2.1.3.1.	Amélioration de la compréhension des concepts en physique	68
2.1.3.2.	Répondre à un besoin éducatif spécifique	68
2.1.3.3.	Explorer l'efficacité des outils graphiques dans l'apprentissage.....	68
2.1.3.4.	Contribuer à la didactique des sciences physiques.....	69
2.1.3.5.	Expérimenter une approche par la Nature of Science (NOS).....	69
2.1.3.6.	Répondre à un défi professionnel en tant qu'enseignant.....	69

2.2. Position et formulation du problème	69
2.2.1. Constats.....	70
2.2.1.1. Difficulté des apprenants à déterminer la période à partir d'un oscillogramme après enseignement.....	70
2.2.1.2. Absence d'une approche d'enseignement/apprentissage spécifique dans la littérature	71
2.2.1.1. Difficulté à lire un repère orthonormé à deux dimensions.....	71
2.2.1.4. Confusion entre l'axe des abscisses et l'axe des ordonnées.....	71
2.2.1.5. Difficulté à prendre en compte les variables sur les axes et leurs unités	71
2.2.1.6. Difficulté à prendre en compte les échelles dans la lecture de l'oscillogramme.....	72
2.2.1.7. Une difficulté didactique liée à la conversion de la période du courant alternatif lors de sa détermination graphique.....	72
2.2.2. Formulation du Problème	72
2.2.3. Questions de recherche	74
2.2.4. Hypothèses de recherche.....	75
2.2.5. Objectifs de recherche	77
2.2.6. Intérêts de l'étude.....	78
2.2.6.1. Oscillogramme comme outil didactique	78
2.2.6.2. Période comme concept clé en physique	79
2.2.6.3. Importance de la visualisation dans la didactique de la physique	79
2.2.6.4. Construction du raisonnement scientifique à travers l'analyse des oscillogrammes	79
2.2.7. Délimitations de l'étude	80
2.2.7.1. Délimitation théorique de l'étude.....	80
2.2.7.2. Délimitation empirique de l'étude	80
Conclusion du chapitre	81
Deuxième partie : Cadre méthodologique et opératoire de l'étude	82
Chapitre 3 : Méthodologie de la recherche	83
Introduction du chapitre.....	84
3.1. Type de l'étude.....	84
3.2. Délimitations (géographique et théorique) de l'étude.....	85
3.2.1. Délimitation géographique de l'étude	85
3.2.1.1. Collège Saint Bruno de Logbikoy	85
3.2.2. Délimitation temporelle	86
3.3. Population	86
3.4. Échantillon et méthode d'échantillonnage	87
3.5. Instrument de collecte des données.....	88
3.5.1. Questionnaire.....	88
3.5.1.1. Analyse <i>a priori</i> du questionnaire	89

3.5.2. Validation du questionnaire	98
3.5.2.1. Validité du questionnaire	99
3.5.2.2. Fiabilité du questionnaire.....	99
3.5.2.3. Opérationnalité du questionnaire	100
3.6. Séquence didactique	101
3.6.1. Contexte	102
3.6.2. Présentation de la séquence didactique : Construction du concept de période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme	102
3.6.3. Analyse <i>a priori</i> de la séquence didactique.....	104
3.6.3.1. Analyse a priori de l'Activité 1 : Construction qualitative du concept de période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme	104
3.6.3.2. Analyse a priori de l'Activité 2 : Conversion des unités de temps et écriture scientifique	108
3.6.3.3. Analyse a priori de l'Activité 3 : Lecture et interprétation graphique des coordonnées.....	111
3.6.3.4. Analyse a priori de l'activité 4 : Lecture de segments (horizontaux ou verticaux) graphiques dans un repère.....	116
3.6.3.5. Analyse a priori de l'Activité 5 : Observation pour l'acquisition du mathématique de base dans l'interprétation d'un oscillogramme	121
3.6.3.6. Analyse a priori de l'activité 6 : Consolidation intégrée du concept de période du courant alternatif.....	124
3.6.4.7. Analyse a priori de l'activité d'évaluation sommative : Validation de la construction du concept de période	127
3.7. Procédure de collecte des données	130
3.8. Méthode d'analyse des données.....	131
Conclusion du chapitre	132
Chapitre 4 : Présentation et discussion des résultats	133
Introduction du chapitre.....	134
4.1. Résultats issus du questionnaire diagnostique.....	134
4.1.1. Conversion des unités de temps en secondes à l'aide de l'écriture scientifique.....	134
4.1.2. Compréhension qualitative d'un phénomène périodique.....	142
4.1.3. Lecture des coordonnées des points.....	143
4.1.4. Compréhension des grandeurs physiques portées par des segments horizontaux et verticaux	149
4.1.5. Interprétation des oscillogrammes	161
4.2. Analyse des productions en cours de séquence.....	165
4.2.1. Construction qualitative du concept de période.....	165
4.2.2. Formalisme mathématique pour la détermination de la période	169
4.2.2.1. Conversion des unités de temps en secondes à l'aide de l'écriture scientifique.....	169

4.2.2.2. Lecture des coordonnées des points.....	172
4.2.2.3. COMPRÉHENSION DES GRANDEURS PHYSIQUES PORTÉES PAR DES SEGMENTS HORIZONTAUX ET VERTICAUX	174
4.2.2.4. Observation comme outil de compréhension du formalisme mathématique pour la détermination de la période	175
4.2.3. Consolidation intégrée du concept de période du courant alternatif	176
4.2.4. Validation de la construction du concept de période	177
4.3. Résultats du post-test et comparaison intergroupes.....	179
4.4. Discussion, interprétation et suggestions.....	183
4.4.1. Résultats du questionnaire diagnostique.....	183
4.4.1.1. Conversion des unités temporelles et maîtrise de l'écriture scientifique	183
4.4.1.2. Compréhension qualitative d'un phénomène périodique	185
4.4.1.3. Lecture des coordonnées des points.....	186
4.4.1.4. Compréhension des grandeurs physiques portées par des segments horizontaux et verticaux	187
4.4.1.5. Interprétation des oscillogrammes	188
4.4.3. Séquence didactique	190
4.4.3.1. Période qualitative	190
4.4.3.2. Conversion.....	192
4.4.3.3. Lecture des coordonnées	193
4.4.3.4. Lecture des segments	194
4.4.3.5. Le rôle de l'observation dans la compréhension du formalisme mathématique de la période	195
4.4.3.6. Consolidation.....	196
4.4.3.7. Validation de la construction du concept de période	197
4.5. Implications didactiques	198
Conclusion du chapitre	199
Conclusion générale	200
Références	203
Glossaire.....	217
Table des matières	219
Index	226
Annexes	227
Annexe 1 : Autorisation de recherche	228
Annexe 2 : Questionnaire.....	229
Annexe 3 : Autorisation au Lycée de Ngoa-Ekellé	237
Annexe 4 : Extrait des livres-programmes.....	238

Annexe 5 : Structure et phases de la séquence didactique sur la période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme	240
Annexe 6 : Scénario didactique	241

Index

- apprentissage, iv, v, 3, 4, 8, 9, 15, 19, 36, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 49, 51, 54, 59, 60, 61, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 79, 80, 81, 85, 90, 102, 104, 105, 116, 124, 130, 131, 139, 153, 183, 184, 187, 190, 192, 193, 198, 201, 205, 210, 212, 213, 218, 221, 222, 243
- concept, iii, iv, v, vi, vii, x, xiii, xvi, xvii, 2, 3, 4, 5, 8, 12, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 38, 43, 44, 45, 49, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 65, 67, 68, 69, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 84, 88, 89, 91, 92, 93, 97, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 108, 124, 127, 130, 131, 132, 134, 143, 165, 169, 170, 176, 177, 178, 180, 181, 183, 185, 187, 189, 190, 196, 197, 198, 199, 201, 218, 220, 221, 222, 223, 224, 228, 239, 241, 242, 243, 252, 254
- conceptions, 33, 37, 66, 93, 130, 131, 152, 183, 191, 198, 203, 206, 209, 211, 214
- conflit (socio)cognitif, 43
- courant alternatif, iii, v, vi, vii, viii, xiii, xvi, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 13, 19, 21, 30, 49, 53, 54, 55, 60, 61, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 76, 77, 78, 79, 81, 88, 89, 97, 100, 101, 102, 104, 108, 111, 121, 124, 125, 127, 130, 131, 134, 137, 176, 177, 196, 197, 199, 201, 214, 218, 220, 222, 223, 224, 225, 228, 239, 240, 241, 242, 243, 252, 254
- demi-période, xvi, 3, 5, 31, 67, 73, 77, 92, 97, 188, 189
- diagramme, 11, 12, 47, 48, 204
- électricité, xvi, 2, 3, 4, 10, 19, 22, 30, 52, 53, 54, 61, 67, 68, 78, 79, 130, 143, 159
- enseignement, iii, iv, v, xvi, 3, 4, 8, 12, 14, 15, 16, 17, 19, 21, 31, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 43, 44, 49, 51, 53, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 85, 86, 87, 89, 90, 101, 102, 104, 130, 131, 132, 141, 147, 155, 157, 159, 161, 165, 176, 181, 183, 185, 187, 189, 190, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 208, 209, 212, 213, 218, 220, 221, 222, 228
- épistémologie, xvi, 4, 13, 22, 27, 31, 32, 34, 75, 77, 210, 218
- étayage, iv, 43, 44, 80, 116, 221
- expérience sensorielle, xiii, xvi, 5, 31, 32, 38, 40, 41, 42, 74, 75, 76, 77, 80, 104, 105, 108, 181, 218
- formalisme, vii, xvi, 26, 74, 76, 77, 89, 91, 103, 108, 121, 124, 127, 130, 169, 175, 177, 181, 195, 196, 198, 199, 201, 224, 250
- Nature of Science*, iv, xvi, xvii, 4, 5, 8, 14, 31, 32, 34, 36, 38, 49, 69, 74, 75, 76, 77, 81, 84, 134, 165, 180, 181, 183, 199, 201, 209, 211, 212, 221
- observation, vii, xvi, xvii, 4, 21, 29, 31, 32, 34, 38, 39, 40, 56, 69, 74, 75, 76, 77, 79, 80, 91, 102, 104, 105, 108, 124, 130, 143, 165, 169, 176, 180, 181, 185, 192, 195, 196, 198, 199, 201, 224
- oscillogramme, iv, v, vi, viii, xii, xiii, xiv, xvi, 2, 3, 4, 5, 8, 11, 13, 21, 39, 42, 47, 48, 49, 53, 59, 60, 61, 63, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 79, 80, 84, 88, 89, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 116, 121, 125, 126, 128, 130, 131, 135, 141, 142, 152, 156, 158, 159, 160, 162, 163, 164, 165, 166, 169, 175, 176, 177, 180, 181, 183, 184, 185, 189, 190, 191, 192, 196, 197, 198, 201, 218, 221, 222, 223, 225, 228, 233, 234, 235, 239, 241, 242, 243, 252, 254
- Peirce, xvi, xvii, 4, 47, 48, 64, 205, 213
- période, iii, iv, v, vi, vii, viii, x, xii, xiii, xiv, xv, xvi, 2, 3, 4, 5, 8, 12, 13, 19, 20, 21, 22, 27, 28, 29, 30, 31, 38, 39, 49, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 81, 84, 88, 89, 91, 92, 93, 94, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 108, 118, 121, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 135, 136, 137, 139, 141, 143, 161, 162, 163, 164, 165, 169, 175, 176, 177, 178, 180, 181, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 192, 195, 196, 197, 198, 199, 201, 218, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 228, 235, 239, 240, 241, 242, 243, 250, 252, 254
- séquence didactique, vi, viii, xvi, 4, 8, 32, 84, 101, 102, 103, 104, 108, 111, 121, 129, 131, 132, 134, 136, 139, 141, 177, 180, 184, 190, 197, 199, 201, 223, 225, 239
- socioconstructivisme, xvi, 4, 8, 32, 43, 49, 80
- théorie, xvi, 15, 27, 29, 30, 32, 36, 39, 41, 45, 63, 66, 78, 79, 80, 203, 211, 218
- transposition didactique, iii, iv, xiii, xvi, 3, 4, 5, 8, 15, 16, 17, 18, 19, 38, 49, 69, 74, 75, 76, 77, 80, 81, 84, 134, 181, 183, 201, 203, 205, 213, 218, 220, 221
- zone proximale de développement, iv, xiii, 43, 44, 80, 218, 221

Annexes

Sommaire des annexes

Annexe 1 : Autorisation de recherche

Annexe 2 : Questionnaire de recherche

Annexe 3 : Autorisation au Lycée de Ngoa-Ekellé

Annexe 4 : Extraits des livres-programmes

Annexe 5 : Structure de la séquence didactique

Annexe 6 : Scénario didactique

Annexe 1 : Autorisation de recherche

REPUBLIQUE DU CAMEROUN ***** Paix – Travail – Patrie ***** UNIVERSITE DE YAOUNDE I ***** FACULTE DES SCIENCES DE L'EDUCATION ***** DEPARTEMENT DE DIDACTIQUE DES DISCIPLINES		REPUBLIC OF CAMEROON ***** Peace – Work – Fatherland ***** UNIVERSITY OF YAOUNDE I ***** FACULTY OF EDUCATION ***** DEPARTMENT OF DIDACTICS
--	---	---

N° 005 /24/UYI/FSE/DID

AUTORISATION DE RECHERCHE

Je soussigné, **Professeur BELA Cyrille Bienvenu**, Doyen de la Faculté des Sciences de l'Éducation de l'Université de Yaoundé I, certifie que l'étudiant **NGATABA Justin**, Matricule **22V3767** est inscrit en **Master II** à la Faculté des Sciences de l'Education, Département de **DIDACTIQUE DES DISCIPLINES**, Option **DIDACTIQUE DE PHYSIQUE**.

L'intéressé doit effectuer des travaux de recherche en vue de la préparation de son diplôme de Master. Il travaille sous la direction du **Pr. AYINA BOUNI**. Son sujet est intitulé: *Enseignement-Apprentissage des sciences physiques: construction du concept de période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme par la NOS comme mode de transposition didactique.*

Je vous saurai gré de bien vouloir le recevoir et mettre à sa disposition toutes les informations susceptibles de l'aider à conduire ses travaux de recherches.

En foi de quoi, cette attestation de recherche lui est délivrée pour servir et valoir ce que de droit.

Fait à Yaoundé, le 15 JAN 2024.

Pour le Doyen et par Ordre



BENGO Etienne
Professeur

RÉPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix – Travail – Patrie

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I

FACULTÉ DES SCIENCES DE
L'ÉDUCATION

DÉPARTEMENT DE DIDACTIQUE
DES DISCIPLINES



REPUBLIC OF CAMEROON ^{229/7}
Peace – Work – Fatherland

THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

THE FACULTY OF EDUCATION

DEPARTMENT OF DIDACTICS

Annexe 2 : Questionnaire

Coordonnées des responsables de l'enquête :

Directeur de l'étudiant : **Pr. AYINA BOUNI**
ayinabounijp@yahoo.fr

Nom de l'étudiant : **NGATABA Justin**
ngatabajustin@gmail.com

À propos de cette enquête

L'enquête sur la construction du concept du courant alternatif à partir d'un oscillogramme cherche à évaluer la capacité des apprenants à avoir une construction pertinente et à déterminer graphiquement la période du courant alternatif.

Confidentialité

Toutes les informations recueillies dans le cadre de cette enquête seront traitées de manière confidentielle. La participation à cette enquête est un acte volontaire. Tout participant peut se retirer à tout moment.

À propos de ce Questionnaire

☐ Le questionnaire concerne tout élève des classes de troisième (ESG), de Quatrième année (ESTP) ainsi que les élèves du second cycle de l'enseignement secondaire général (ESG) et de l'enseignement secondaire technique et professionnel (ESTP).

☐ Il vous faudra une heure environ pour répondre à ce questionnaire.

☒ Pour répondre à ce questionnaire, il suffit de cocher une case de la bonne réponse par question pour les questions à choix multiples et répondre dans les lignes réservées pour les questions ouvertes.

Partie 1 : Conversion d'un temps et écriture sous forme scientifique

Objectif : L'objectif de cette partie est d'évaluer la capacité des apprenants à convertir un temps quelconque exprimé dans un multiple ou sous-multiple de la seconde en seconde.

Question 1 : Quelle est la valeur de **15 ms (millisecondes)** exprimée en **secondes (s)**, en utilisant l'écriture scientifique ?

- A. $1,5 \cdot 10^{-3}$ s
- B. $1,5 \cdot 10^{-2}$ s
- C. $1,5 \cdot 10^{-1}$ s
- D. $1,5 \cdot 10^{-4}$ s
- E. $1,5 \cdot 10^{-6}$ s
- F. $1,5 \cdot 10^2$ s
- G. $1,5 \cdot 10^{-9}$ s
- H. $1,5 \cdot 10^3$ s

Question 2 : Quelle est la valeur de **5 μ s (microsecondes)** exprimée en **secondes**, en utilisant l'écriture scientifique ?

- A. $5,0 \cdot 10^{-3}$ s
- B. $5,0 \cdot 10^{-2}$ s
- C. $5,0 \cdot 10^{-1}$ s
- D. $5,0 \cdot 10^{-4}$ s
- E. $5,0 \cdot 10^{-6}$ s
- F. $5,0 \cdot 10^2$ s
- G. $5,0 \cdot 10^{-9}$ s
- H. $5,0 \cdot 10^3$ s

Question 3 : Quelle est la valeur de **5hs (hectosecondes)** exprimée en **secondes**, en utilisant l'écriture scientifique ?

- A. $5,0 \cdot 10^{-3}$ s
- B. $5,0 \cdot 10^{-2}$ s
- C. $5,0 \cdot 10^{-1}$ s
- D. $5,0 \cdot 10^{-4}$ s
- E. $5,0 \cdot 10^{-6}$ s
- F. $5,0 \cdot 10^2$ s
- G. $5,0 \cdot 10^{-9}$ s
- H. $5,0 \cdot 10^3$ s

Question 4 : Quelle est la valeur de **5Gs (Gigasecondes)** exprimée en **secondes(s)**, en utilisant l'écriture scientifique ?

- A. $5,0 \cdot 10^{-3}$ s
- B. $5,0 \cdot 10^{-2}$ s
- C. $5,0 \cdot 10^{-1}$ s
- D. $5,0 \cdot 10^{-4}$ s
- E. $5,0 \cdot 10^{-6}$ s
- F. $5,0 \cdot 10^2$ s
- G. $5,0 \cdot 10^{-9}$ s
- H. $5,0 \cdot 10^3$ s

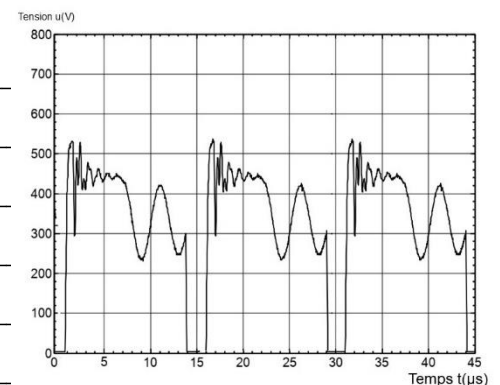
Partie 2 : Identification d'un signal périodique ou non

Objectif : L'objectif de cette partie est d'évaluer la capacité des apprenants à identifier un signal périodique ou non.

On considère le graphique ci-contre :

Question 5 : Ce signal électrique est-il périodique ?

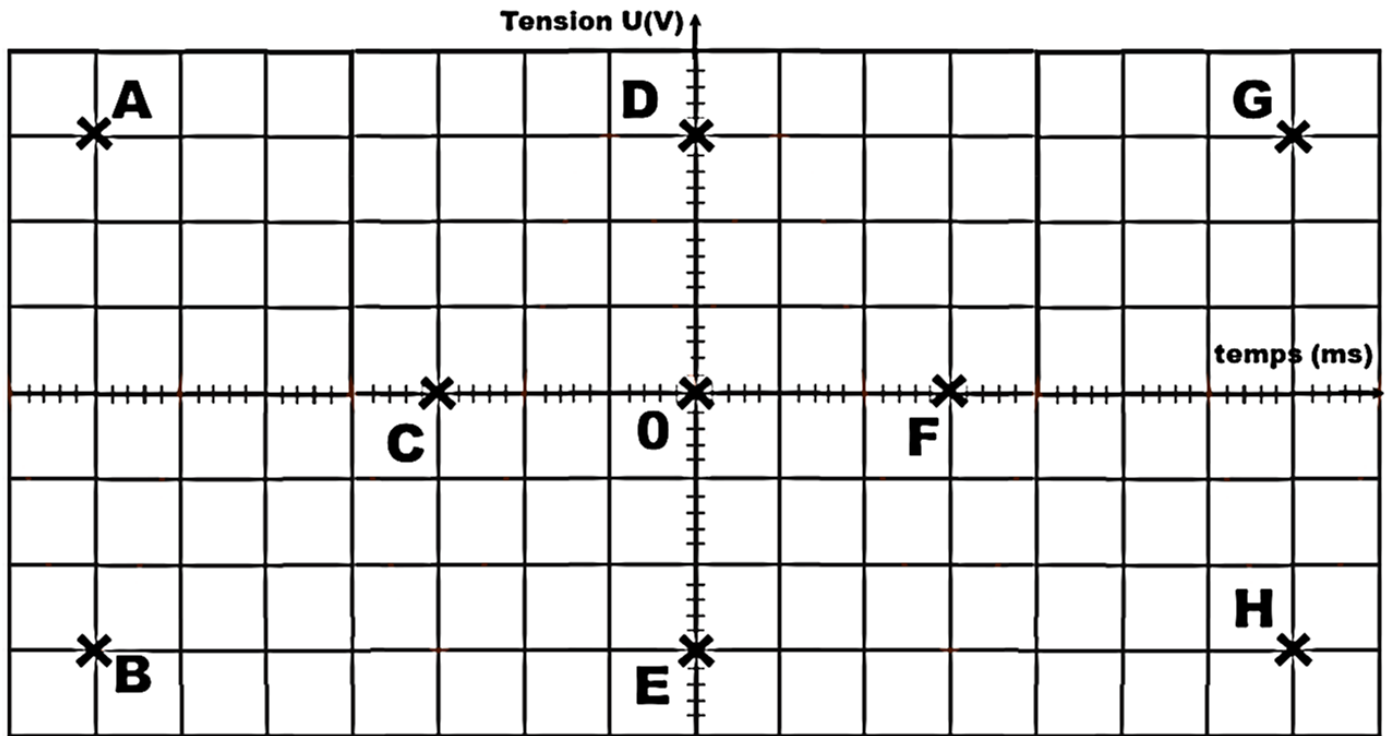
Justifier votre réponse. _____



Partie 3 : Lecture des coordonnées des points

Objectif : L'objectif de cette partie est d'évaluer la capacité des apprenants à relever les coordonnées des points dans un repère à 2 dimensions en tenant compte chaque fois des échelles.

On considère la figure ci-dessous :



Question 6 : Quelles sont les coordonnées du point A en considérant 1ms/division sur l'axe des abscisses et 1V/division pour l'axe des ordonnées ?

- a. A (-7 ;3) ☐
- b. A (-7 ; -3) ☐
- c. A (7 ; -3) ☐
- d. A (7 ; 3) ☐
- e. A (-3 ;7) ☐
- f. A (-3 ; -7) ☐
- g. A (3 ; -7) ☐
- h. A (3 ;7) ☐

Question 7 : Quelles sont les coordonnées du point C en considérant 5ms/division sur l'axe des abscisses et 10V/division pour l'axe des ordonnées ?

- a. C (-3 ;0) ☐
- b. C (0 ;3) ☐
- c. C (0 ; -3) ☐
- d. C (3 ; 0) ☐
- e. C (-15 ;0) ☐
- f. C (0 ; 30) ☐
- g. C (0 ; -30) ☐
- h. C (15 ; 0) ☐

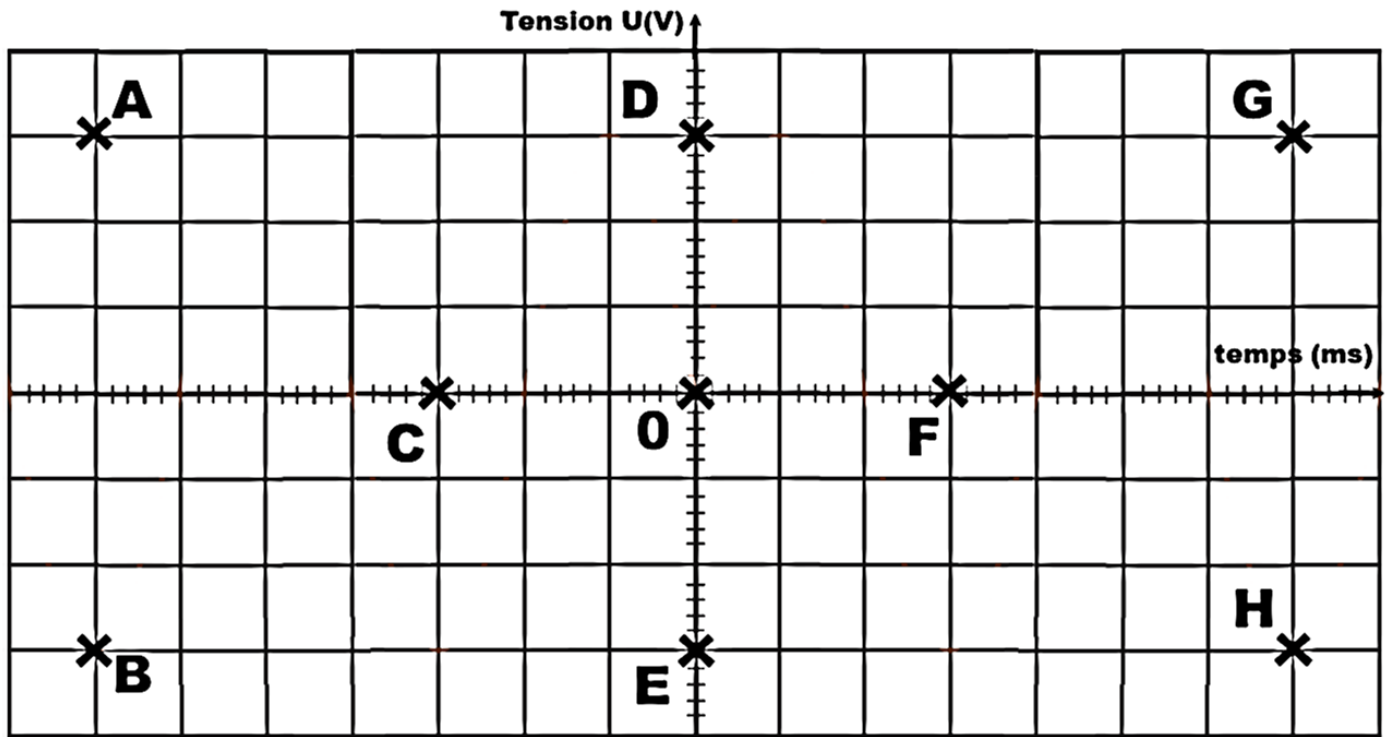
Question 8 : Quelles sont les coordonnées du point H en considérant 10ms/div sur l'axe des abscisses et 15V/div pour l'axe des ordonnées ?

- a. H (-7 ;3) ☐
- b. H (-7 ; -3) ☐
- c. H (7 ; -3) ☐
- d. H (7 ; 3) ☐
- e. H (-70 ; 45) ☐
- f. H (-70 ; -45) ☐
- g. H (70 ; -45) ☐
- h. H (70 ;45) ☐

Partie 4 : Lecture des segments

Objectif : L'objectif de cette partie est d'évaluer la capacité des apprenants à relever les valeurs des segments dans un repère à 2 dimensions en tenant compte chaque fois des échelles et en déterminant le nom et l'unité de mesure de la grandeur considérée.

On considère la figure ci-dessous :



Question 9 : Quelle est la **valeur du segment [AB]** en considérant 1ms/division sur l'axe des abscisses et 1V/division pour l'axe des ordonnées ?

- a. -70 ☐
- b. -6 ☐
- c. 71 ☐
- d. 39 ☐
- e. 35 ☐
- f. -7 ☐
- g. -15 ☐
- h. 6 ☐

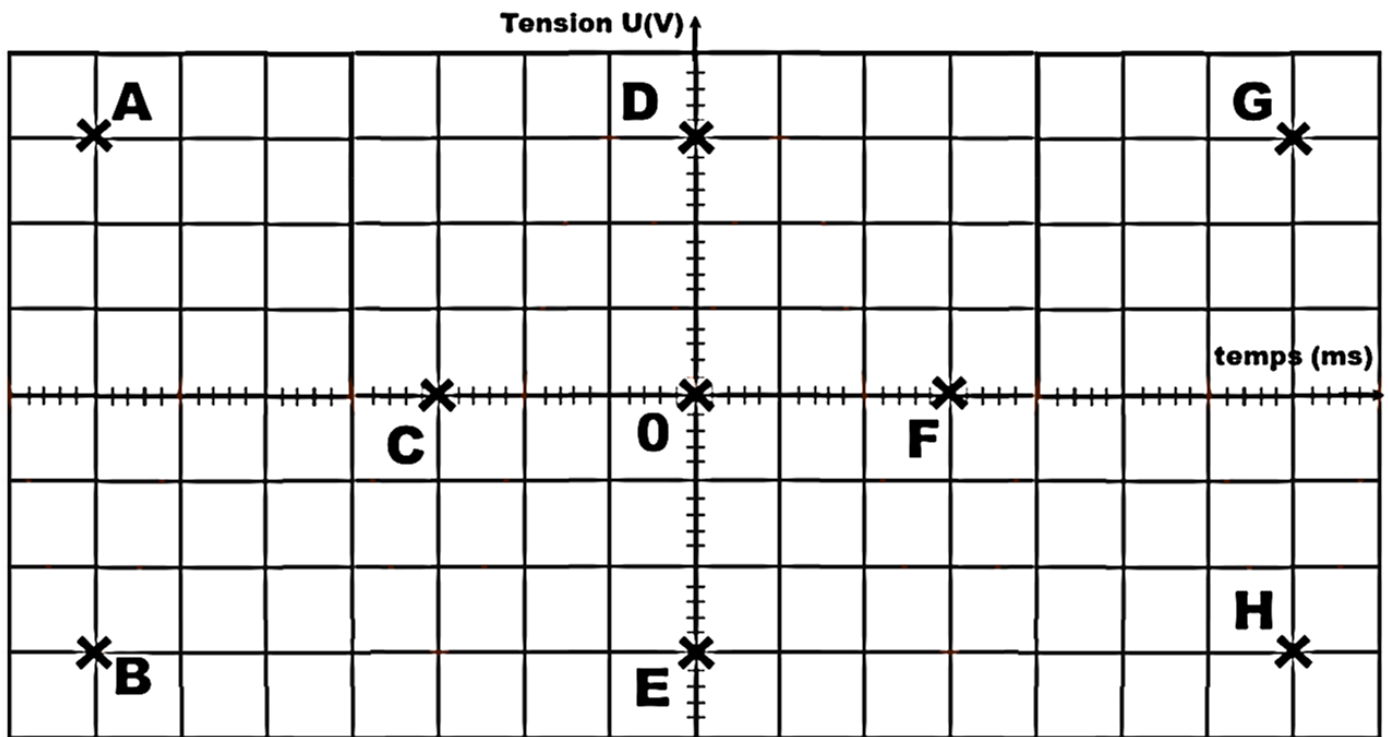
Question 10 : Quelle est le **nom** de la grandeur physique portée par la valeur du segment [AB] ?

- a. Volume ☐
- b. Vitesse ☐
- c. distance ☐
- d. tension ☐
- e. masse ☐
- f. poids ☐
- g. intensité du courant ☐
- h. temps ☐

Question 11 : Quelle est l'**unité** de mesure de la grandeur physique portée par la valeur du segment [AB] ?

- a. l (litre) ☐
- b. ns (nanoseconde) ☐
- c. kg (kilogramme) ☐
- d. mV (millivolt) ☐
- e. s (seconde) ☐
- f. V (volt) ☐
- g. μ s (microseconde) ☐
- h. ms (milliseconde) ☐

On considère la figure ci-dessous :



Question 12 : Quelle est la valeur du segment [DG] en considérant 5ms/division sur l'axe des abscisses et 10V/division pour l'axe des ordonnées ?

- a. -70 ☐
- b. 8 ☐
- c. 71 ☐
- d. 39 ☐
- e. 35 ☐
- f. -7 ☐
- g. -15 ☐
- h. 7 ☐

Question 13 : Quelle est le nom de la grandeur physique portée par la valeur du segment [DG] ?

- a. Volume ☐
- b. Vitesse ☐
- c. distance ☐
- d. tension ☐
- e. masse ☐
- f. poids ☐
- g. intensité du courant ☐
- h. temps ☐

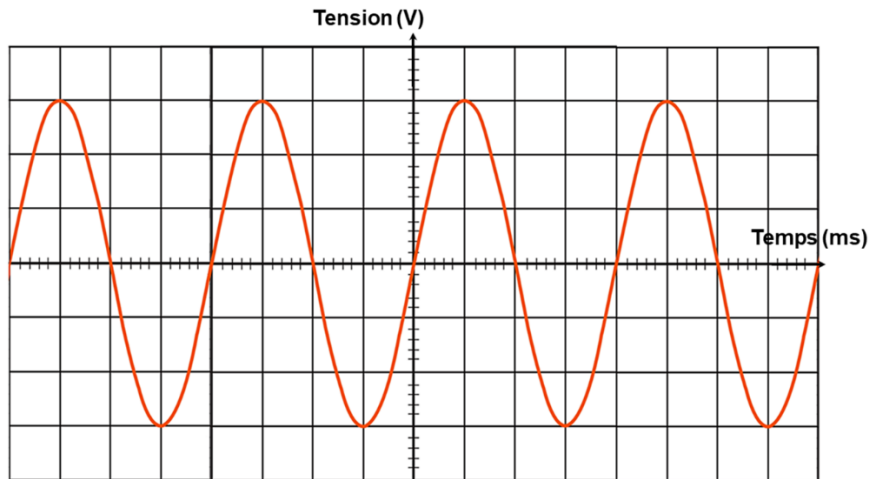
Question 14 : Quelle est l'unité de mesure de la grandeur physique portée par la valeur du segment [DG] ?

- a. l (litre) ☐
- b. ns (nanoseconde) ☐
- c. kg (kilogramme) ☐
- d. mV (millivolt) ☐
- e. s (seconde) ☐
- f. V (volt) ☐
- g. μ s (microseconde) ☐
- h. ms (milliseconde) ☐

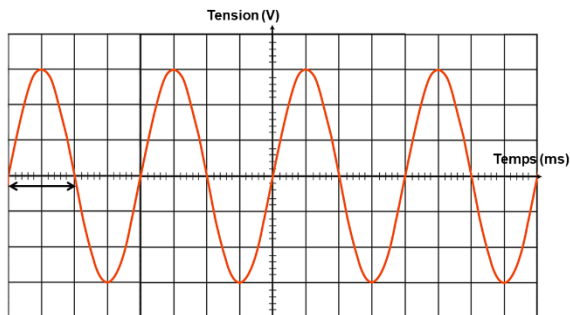
Partie 5 : Lecture d'un oscillogramme

Objectif : Objectif de cette partie est d'évaluer la capacité des apprenants à lire et à interpréter un oscillogramme.

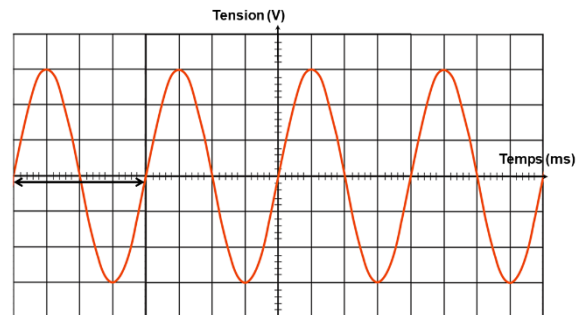
Question 15 : On considère l'oscillogramme donné à la figure suivante :



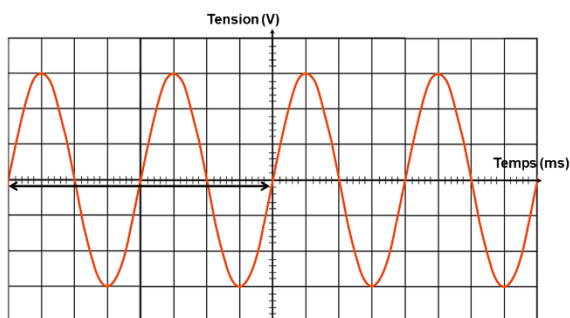
Quelle est l'intervalle du temps qui correspond au plus petit motif qui se reproduit d'une manière identique ?
(NB : Cet intervalle est représenté sur la figure par un segment fléché aux deux extrémités)



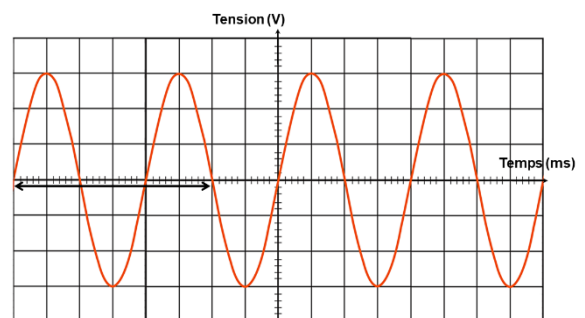
a. ☐



b. ☐

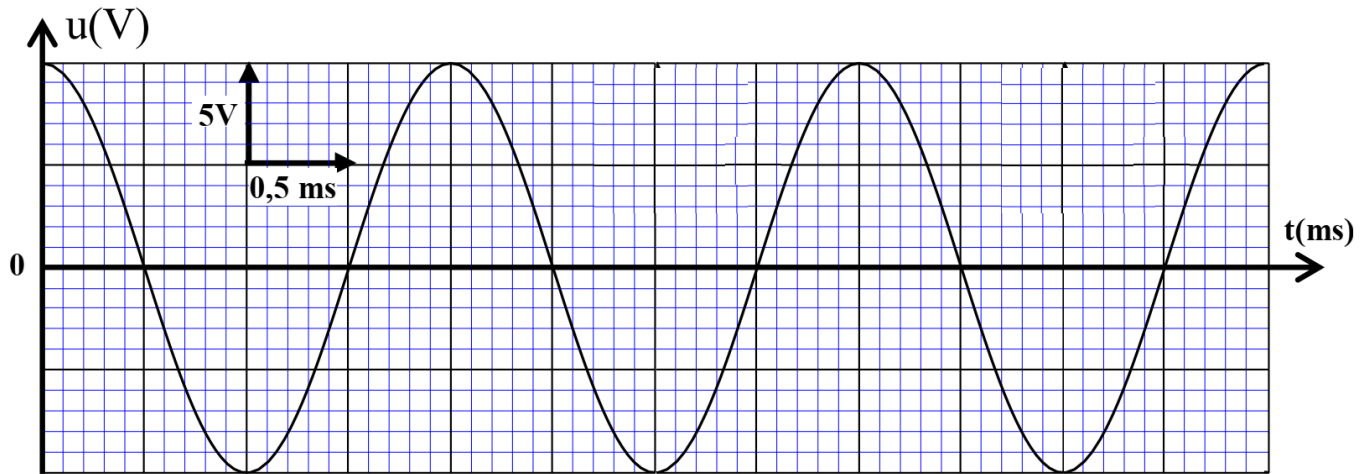


c. ☐

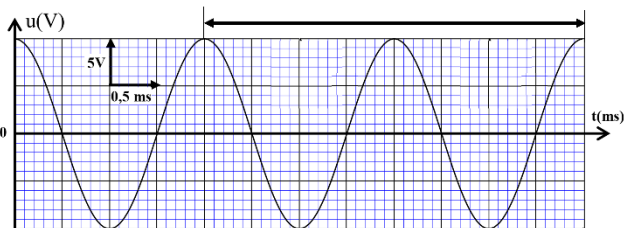


d. ☐

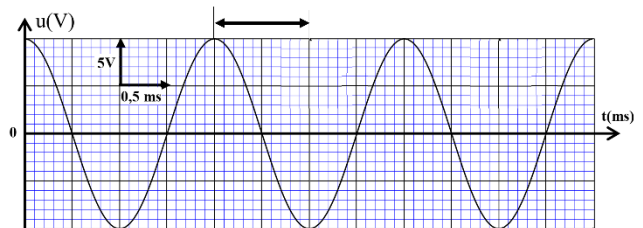
Question 16 : On considère l'oscillogramme donné à la figure suivante :



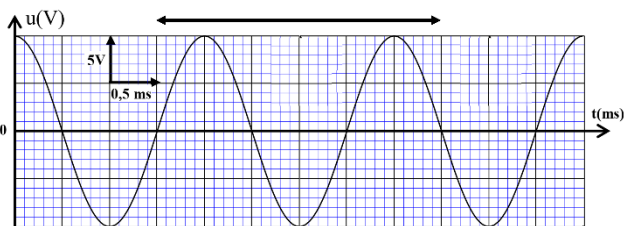
Quelle est l'intervalle du temps qui correspond au plus petit motif qui se reproduit d'une manière identique ?
(NB : Cet intervalle est représenté sur la figure par un segment fléché aux deux extrémités)



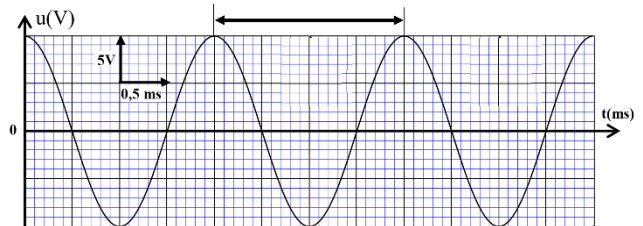
a. ☐



b. ☐



c. ☐



d. ☐

Question 17 : On considère l'oscillogramme donné à la figure suivante :

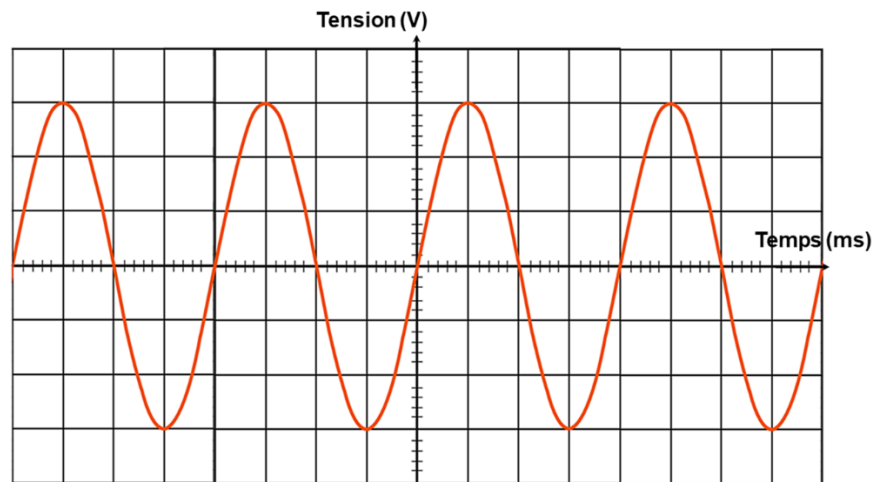
Réglages effectués :

La sensibilité horizontale :

$S_h = 5 \text{ ms/division.}$

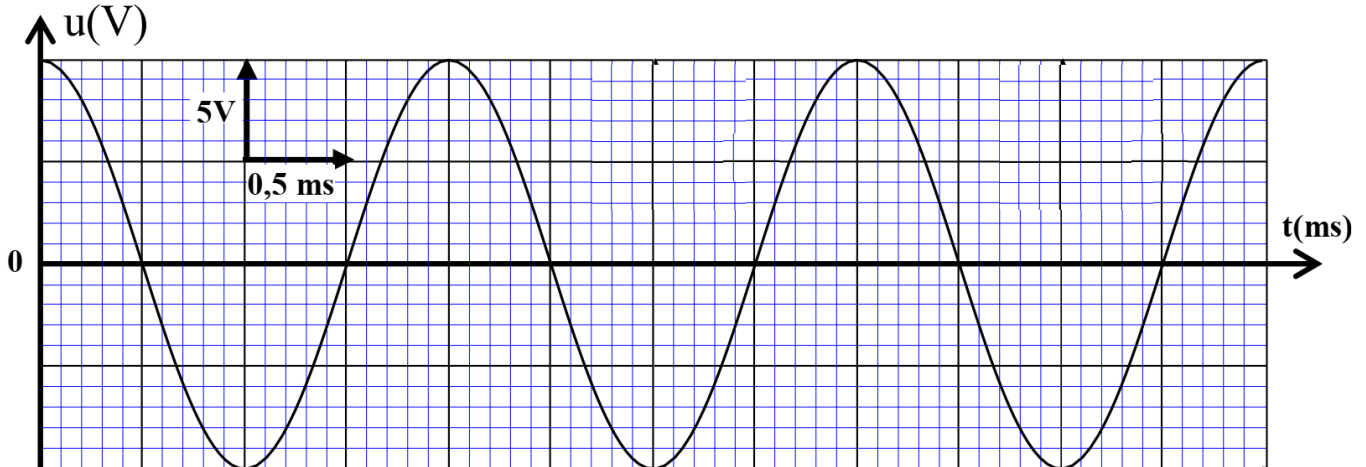
La sensibilité verticale :

$S_v = 10 \text{ V/division}$



Calculer, en s, la période T de la tension en utilisant l'oscillogramme ci-dessus.

Question 18 : On considère l'oscillogramme donné à la figure suivante :



Calculer, en s, la période T de la tension en utilisant l'oscillogramme ci-dessus.

Nom de l'élève : _____

Classe : _____

Établissement : _____

Genre : Masculin ☐

Féminin ☐

Age : ans

Annexe 3 : Autorisation au Lycée de Ngoa-Ekellé

NGATABA Justin
Enseignant-chercheur

Tel : 695. 364.225

Courriel : ngatabajustin@gmail.com

Fait à Yaoundé le 10 janvier 2025

À Madame/Monsieur le Proviseur
de Ngoa-Ekellé du Lycée

Objet : Demande d'autorisation d'investigation de recherche dans les classes de troisième

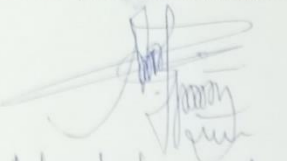
Madame/Monsieur le Proviseur

Dans le cadre de la rédaction de mon mémoire de Master en didactique de physique à la Faculté des Sciences de l'Éducation de l'Université de Yaoundé 1 sur le thème : « Enseignement/apprentissage des sciences physiques : Construction du concept de période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme par la NOS comme mode de transposition didactique » sous l'encadrement du Pr AYINA BOUNI. À cet effet, j'ai porté mon choix sur votre auguste institution afin de faire une expérimentation avec des élèves des classes de troisième sur ma thématique.

Je reste disponible pour toute information complémentaire concernant ma demande. Je joins à ma demande les pièces ci-dessous indiquées :

- Une photocopie de ma carte nationale d'identité ;
- Une photocopie de mon autorisation de recherche N°005/24/UYI/FSE/DID du 15 janvier 2024 ;
- Un plan de ma localisation.

Dans l'attente d'une suite favorable, je vous prie de bien vouloir agréer, Madame/Monsieur le Proviseur, avec mes remerciements anticipés, l'expression de ma profonde déférence.


Ngataba Justin

Annexe 4 : Extrait des livres-programmes

Utilisation de l'énergie électrique au quotidien	Alimentation d'un appareil en énergie électrique	Utilisation de l'énergie électrique	Utiliser un appareil électrique en courant alternatif.	4. Le courant alternatif 4.1. Tension et intensité en courant alternatif monophasé. - définition : période et fréquence ; - relation entre valeurs maximales et efficaces ; 4.2. Redressement d'un courant alternatif monophasé. - simple alternance - double alternance 4.3. Dangers du courant du secteur - règle de sécurité 4.4. Énergie et puissance en courant alternatif. 4.5. Électricité de la maison. - le compteur électrique - l'énergie consommée 4.6. Existence d'un courant triphasé - tension simple ; - tension composée	- Utiliser un oscilloscope ; - Redresser un courant alternatif ; - Lire une facture d'électricité.	- Gestion judicieuse et responsable des biens de consommation usuelle ; - Respect des normes de fonctionnement d'un appareil. Développer : - curiosité - objectivité - autonomie - rigueur - initiative - attitude propice à la recherche	
Utilisation de l'énergie mécanique au quotidien	Communication et information sur les actions mécaniques	Applications des actions mécaniques.	Caractérisation d'un mouvement	5. Dynamique 5.1. La R.F.D des translations 5.2. La R.F.D des rotations - Notion de moment d'inertie ; - Unité du moment d'inertie ; - Expressions des moments d'inertie simple (tige homogène, circonférence pesante, disque, sphère)	- Appliquer la relation : $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\overrightarrow{a_G}$ dans les cas suivants : (solide sur un plan horizontal, solide sur un plan incliné, chute libre verticale) - Appliquer la relation : $\sum M_{\overrightarrow{F_{ext}}} = J_{\Delta}\ddot{\theta}$	- persévérance - sens des responsabilités - engagement - curiosité	
		Utilisation de l'énergie mécanique	Déterminer l'énergie mécanique	6. Énergie mécanique 6.1. Énergie potentielle : - Énergie potentielle de pesanteur ; - Énergie potentielle élastique ; 6.2. Énergie cinétique : - de translation ; - de rotation ; - Théorème de l'énergie cinétique 6.3. Énergie mécanique : - Conservation ; - non conservation : apparition de la chaleur ; - principe de fonctionnement d'une centrale hydroélectrique.	- Calculer les énergies cinétiques, potentielles et mécaniques en utilisant les expressions : $E_C = \frac{1}{2} m v^2$, $E_C = \frac{1}{2} J \dot{\theta}^2$ $E_P = m g h$ $E_P = \frac{1}{2} C \theta^2$, $E_P = \frac{1}{2} K x^2$ $E_M = E_C + E_P$	intellectuelle - ouverture d'esprit - écoute - tolérance - confiance en soi et en l'autre - honnêteté - intégrité - attention à soi et aux autres - souci de clarification, ordonné et systématique	

CADRE DE CONTEXTUALISATION		AGIR COMPÉTENT		RESSOURCES			
Familles de situations	Exemples de Situations	Catégories d'actions	Exemples d'actions	Savoirs	Savoir-faire	Savoir être	Autres
Application des actions mécaniques	Achat et utilisation de biens usuels de consommation	Applications des actions mécaniques ;	Déplacer une charge d'un niveau à un autre.	1. Quelques machines simples (poulie simple, palan, treuil, plan incliné, ...) 1.1. Définition : machine simple ; 1.2. Schéma du dispositif ; 1.3. Relation de réduction des efforts ; 1.4. Limites liées à l'utilisation des machines simples ; 1.5. Avantages et inconvénients des machines simples.	- Indiquer les domaines d'utilisation de quelques machines simples ; - Indiquer les accessoires de quelques machines simples ; - Indiquer les forces qui interviennent dans les machines simples.	- Gérer judicieusement et de manière responsable des biens de consommation usuelle ; - Respecter les normes de fonctionnement d'un appareil ; - Être prudent ; - Être Curieux ; - Se maîtriser	
Utilisation de l'énergie électrique au quotidien	Achat et utilisation de biens usuels de consommation	Production de l'énergie électrique	Décrire quelques modes de production de l'énergie électrique	2. Production d'un courant alternatif - Description succincte de différents modes de production de l'énergie électrique distribuée au Cameroun ; - Description succincte des méthodes de transport de l'énergie électrique ; - Production d'un courant alternatif.	- Décrire succinctement les différents modes de production de l'énergie électrique distribuée au Cameroun ; - Décrire succinctement les méthodes de transport de l'énergie électrique. - Produire un courant alternatif à l'aide d'une bobine et d'un aimant.		-Bobine ; -Aimants ;
	Alimentation d'un appareil en énergie électrique	Utilisation de l'énergie électrique	Utiliser une tension alternative	3. L'électricité domestique. 3.1. Les tensions alternatives. - Définition: tension alternative, tension alternative sinusoïdale, fréquence ; - Les ordres de grandeur des tensions et des fréquences ; - Les dispositifs de production de tensions alternatives ; - La relation entre la valeur maximale et la valeur efficace d'une tension sinusoïdale ; 3.2. Énergie électrique et puissance électrique ; 3.2.1. Énergie électrique : unité et mesure ; 3.2.2. Puissance électrique : - Définition et unité ; - Instruments de mesure ; - Expression de la puissance électrique pour un résistor en courant continu et en courant alternatif.	- Identifier une tension alternative à partir de son graphe ; - Exploiter le graphe d'une tension alternative sinusoïdale ; - Mesurer la valeur maximale de la tension alternative ; - Mesurer la fréquence d'une tension alternative ; - Appliquer la relation entre la valeur maximale et la valeur efficace d'une tension alternative sinusoïdale. - Mesurer l'énergie électrique à partir d'un compteur ; - Mesurer la puissance avec un watt-mètre ; - Exploiter une des relations $W = Pt$, $P = UI$ (pour un résistor) ; - Comparer les puissances nominales des appareils électroménagers ; - Vérifier une facture d'électricité.		-Voltmètre ; -Adaptateur secteur ; -Appareils électroménagers ; -Wattmètre ; -Compteur ; -Facture d'électricité ;
Utilisation de l'énergie au quotidien	Protection contre les risques liés à l'utilisation de l'énergie	Utilisation de l'énergie électrique	Utiliser un appareil électrique	3.3. L'adaptateur secteur. Les fonctions de transformation, de redressement et de lissage d'un adaptateur secteur.	Utiliser un adaptateur secteur ; Prendre des précautions pour économiser l'énergie.	- Gérer judicieusement et de manière responsable des biens de consommation usuelle ; - Respecter les normes de fonctionnement d'un appareil ; - Être prudent ; - Être Curieux ; - Se maîtriser	Matériel expérimental

Annexe 5 : Structure et phases de la séquence didactique sur la période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme

1. Phase d'introduction : Situation-problème et objectifs d'apprentissages

- **Fonction** : Susciter l'intérêt des élèves et faire émerger un besoin de savoir.
- **Contenu** : Mise en contexte d'une difficulté rencontrée par les élèves pour déterminer la période d'un courant alternatif à partir d'un oscillogramme.

2. Phase de conceptualisation qualitative

- **Activité 1 : Construction qualitative du concept de période**
 - **Objectif** : Permettre aux élèves d'identifier visuellement le caractère périodique du signal et de repérer un motif élémentaire sur l'oscillogramme.

3. Phase de construction des outils méthodologiques

- **Activité 2 : Conversion d'unités temporelles**
 - **Objectif** : Amener les élèves à maîtriser la transformation des unités (ms, μ s, etc.) en secondes et à utiliser l'écriture scientifique.
- **Activité 3 : Lecture des coordonnées des points**
 - **Objectif** : Apprendre à lire précisément les coordonnées temporelles sur l'oscillogramme.
- **Activité 4 : Lecture des grandeurs physiques associées à des segments**
 - **Objectif** : Comprendre la signification des segments horizontaux (durée) et verticaux (intensité, tension).

4. Phase de formalisation mathématique

- **Activité 5 : Détermination mathématique de la période**
 - **Objectif** : Utiliser les acquis des activités 2, 3 et 4 pour calculer rigoureusement la période du signal à partir de l'oscillogramme.

5. Phase de consolidation

- **Activité 6 : Mise en relation entre approche qualitative et approche formelle**
 - **Objectif** : Articuler les représentations visuelles construites en activité 1 avec les méthodes mathématiques des activités 3 à 5 pour renforcer la compréhension globale du concept de période.

6. Phase d'évaluation

- **Activité 7 : Évaluation sommative**
 - **Objectif** : Vérifier la capacité des élèves à mobiliser l'ensemble des compétences travaillées pour déterminer correctement la période à partir d'un oscillogramme.

Annexe 6 : Scénario didactique

Matière : Physique	Module :	Enseignant :
Niveau : Troisième	Chapitre :	Établissement :
Filière :	Durée	Année scolaire : 2024-2025

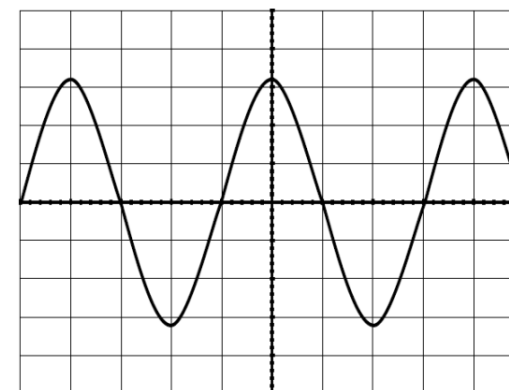
Prérequis	Outils didactiques
▪ Conversion en seconde ; ▪ Écriture scientifique et utilisation des puissances de 10 ▪ Lecture des coordonnées des points ; ▪ Lecture des grandeurs des segments verticaux ou horizontaux	▪ Tableau, craie et règles ; ▪ Fiches des élèves ; ▪ Activités

Situation-problème :

Dans une maison, plusieurs appareils électroménagers sensibles (réfrigérateur, télévision, ordinateur) fonctionnant avec le courant alternatif ont récemment été endommagés. Le technicien chargé du diagnostic suspecte une anomalie dans le signal du courant alternatif fourni par le réseau domestique.

Pour vérifier cette hypothèse, la tension du courant alternatif a été visualisé à partir d'un enregistrement effectué à l'aide d'un oscilloscope (voir figure ci-dessous). Vous devrez ensuite **déterminer graphiquement la période du signal**, puis **la comparer à la valeur standard attendue au Cameroun (20 ms)**.

Cette comparaison permettra d'évaluer si le signal délivré par le réseau est conforme aux normes, et donc si les défaillances constatées peuvent être attribuées à une **anomalie de la période**, ayant potentiellement entraîné **un dysfonctionnement des appareils**.



Réglage de l'oscilloscope :

Sensibilité horizontale : 5ms/div

Sensibilité verticale : 10V/div

1. Analyser l'oscillogramme et déterminer la période du courant alternatif.
2. Vérifier si la période mesurée correspond à la période standard de l'alimentation domestique au Cameroun qui est de 20 ms.

Liste des savoirs et savoir-faire exigibles

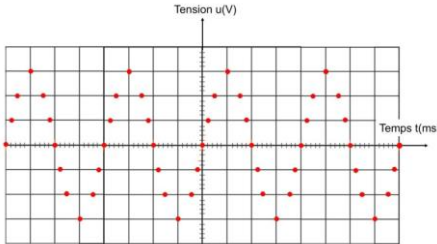
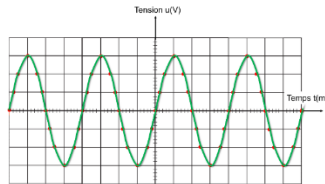
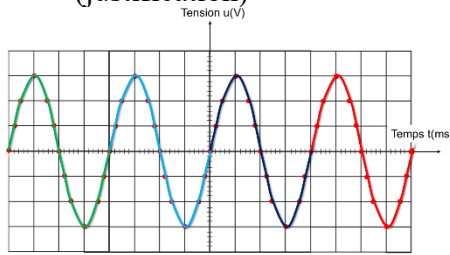
- Identifier un signal périodique ou non à partir de son graphe ;
- Exploiter le graphe d'une tension alternative sinusoïdale ;
- Déterminer la période d'une tension alternative sinusoïdale à partir d'un oscillogramme ;
- Déterminer la période d'un signal périodique quelconque à partir d'un oscillogramme.

Objectif général	Objectifs intermédiaires	Critères particuliers de performance
Construire le concept de période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme.	Convertir un temps en seconde à partir des sous-multiples et des multiples de la seconde	Conversion appropriée du temps en seconde à partir des sous-multiples et des multiples de la seconde
	Écrire un nombre sous forme scientifique	Écriture appropriée d'un nombre sous forme scientifique
	Savoir utiliser convenablement les puissances de 10 dans l'écriture sous forme scientifique d'un nombre	Utilisation appropriée des puissances de 10 dans l'écriture sous forme scientifique d'un nombre
	Lire les coordonnées des points en tenant compte des échelles	Lecture appropriée des points en tenant compte des échelles
	Lire la valeur d'un segment horizontal en précisant sa valeur, son unité de mesure et la nature de la grandeur portée par ce segment	Lecture appropriée de la valeur d'un segment horizontal en précisant sa valeur, son unité de mesure et la nature de la grandeur portée par ce segment

	Lire la valeur d'un segment vertical en précisant sa valeur, son unité de mesure et la nature de la grandeur portée par ce segment	Lecture appropriée de la valeur d'un segment vertical en précisant sa valeur, son unité de mesure et la nature de la grandeur portée par ce segment
	Connaître le rôle et l'utilisation de la sensibilité horizontale et de la sensibilité verticale	Utilisation appropriée des échelles dans la lecture des coordonnées des points et la lecture des valeurs des segments horizontaux et verticaux
	Repérer un motif élémentaire d'un courant alternatif sinusoïdal	Repérage approprié d'un motif élémentaire d'un courant alternatif sinusoïdal
	Définir le concept de période comme le temps correspondant à un motif élémentaire	Définition appropriée du concept de période
	Définir signal périodique	Définition appropriée d'un signal périodique
	Définir signal non périodique	Définition appropriée d'un signal non périodique
	Déterminer une période du courant alternatif sinusoïdal	Détermination appropriée d'une période du courant alternatif sinusoïdal
	Repérer et déterminer une période d'un courant alternatif périodique quelconque	Repérage et détermination appropriés d'une période d'un courant alternatif périodique quelconque

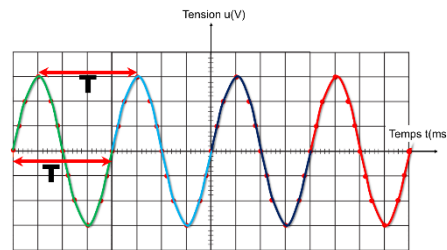
Leçon : Construction du concept de période du courant alternatif à partir d'un oscillogramme

Étapes	Éléments de contenu	Activités de l'enseignant	Activités des apprenants	Outils didactique	Durée
--------	---------------------	---------------------------	--------------------------	-------------------	-------

Phase de l'introduction	Situation-Problème	Donner la situation-problème	Prendre connaissance de la situation-problème et essayer de répondre aux questions de la situation-problème	Fiche	05 minutes
	Objectifs d'apprentissage	Donner les savoirs et savoir-faire exigibles	Prendre note de l'objectif général et des savoirs et savoir-faire exigibles	Tableau, craie et règles	05 minutes
Phase de conceptualisation qualitative	Construction du concept de période du courant alternatif : - Repérer un motif élémentaire - Définir la période comme le temps correspondant à un motif élémentaire - Définir un signal périodique - Définir un signal non périodique	Présenter des oscillogrammes en pointillés et demander aux apprenants de tracer les oscillogrammes en pointillés individuellement.  À la suite, l'enseignant demande aux apprenants de réaliser ce tracé de l'oscillogramme en répartissant de manière égale si possible la tâche du tracé entre les apprenants de chaque groupe. À la suite de cette activité, l'enseignant pose les questions suivantes : - Dans l'évolution du tracé, existe-t-il un motif élémentaire qui se reproduit d'une manière identique ? - Justifier votre réponse.	Chaque apprenant trace manuellement au moins deux fois la courbe en suivant les pointillés  Travailler en groupe et présenter les réponses du groupe Réponses probables : - Il existe un motif élémentaire. - Repérer un motif élémentaire (justification) 	Tableau, craie, règles et fiche des élèves	05 minutes

À l'issue de la phase exploratoire, l'enseignant **formalisera progressivement** les concepts suivants :

- **Période** : Temps correspondant à un **motif élémentaire** (voir figure 30).
- **Signal périodique** : Signal présentant une **répétition identique** d'un motif élémentaire au cours du temps.
- **Signal non périodique** : Signal ne présentant **aucune répétition identique** d'un motif élémentaire au cours du temps.



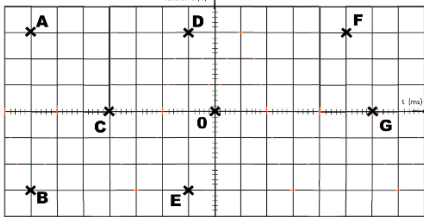
Réagir dans la phase de la formalisation conceptuelle.

Tableau,
craie,
règles et
fiche des
élèves

05
minutes

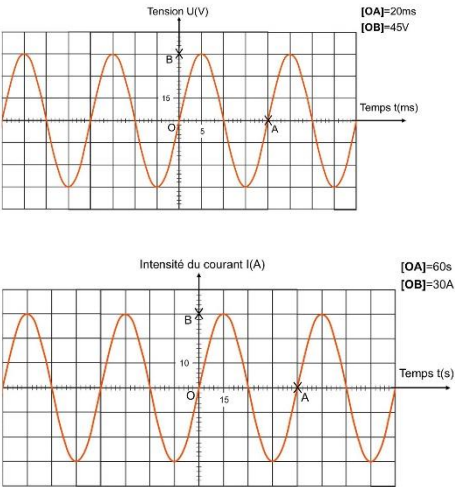
		L'enseignant définira un signal périodique comme un signal où un motif élémentaire se répète d'une manière identique et un signal non périodique comme un signal où il n'existe pas un motif élémentaire qui se répète d'une manière identique.	Réagir aux définitions d'un signal périodique et d'un signal non périodique.	Tableau, craie, règles et fiche des élèves	02 minutes																																												
Phase de construction des outils méthodologiques	-Prérequis sur la conversion ■ Seconde ■ Sous-multiples de la seconde : déci seconde (ds), centiseconde (sc), milliseconde (ms), microseconde (μs) et nanoseconde (ns)	<table><tr><th>Préfixe</th><th>Symbole</th><th>Multiplicateur</th><th>Phrase mnémotechnique</th></tr><tr><td>Giga</td><td>G</td><td>1.000.000.000 = 10⁹</td><td>Grand</td></tr><tr><td>Méga</td><td>M</td><td>1.000.000 = 10⁶</td><td>Mère</td></tr><tr><td>Kilo</td><td>k</td><td>1.000 = 10³</td><td>Kelly</td></tr><tr><td>Hecto</td><td>h</td><td>100 = 10²</td><td rowspan="5">CONNU !</td></tr><tr><td>Déca</td><td>da</td><td>10 = 10¹</td></tr><tr><td>Unité</td><td></td><td>1 = 10⁰</td></tr><tr><td>Déci</td><td>d</td><td>$\frac{1}{10} = \frac{1}{10^1} = 10^{-1}$</td></tr><tr><td>Centi</td><td>c</td><td>$\frac{1}{100} = \frac{1}{10^2} = 10^{-2}$</td></tr><tr><td>Milli</td><td>m</td><td>$\frac{1}{1.000} = \frac{1}{10^3} = 10^{-3}$</td><td>Mange</td></tr><tr><td>Micro</td><td>μ</td><td>$\frac{1}{1.000.000} = \frac{1}{10^6} = 10^{-6}$</td><td>Mille</td></tr><tr><td>Nano</td><td>n</td><td>$\frac{1}{1.000.000.000} = \frac{1}{10^9} = 10^{-9}$</td><td>Noix</td></tr></table> Expliquer le principe de la conversion en seconde à partir des sous-multiples et des multiples du temps en donnant des exemples détaillés : ■ Exemple 2 : $5\mu s = 5.10^{-6}s$	Préfixe	Symbole	Multiplicateur	Phrase mnémotechnique	Giga	G	1.000.000.000 = 10 ⁹	Grand	Méga	M	1.000.000 = 10 ⁶	Mère	Kilo	k	1.000 = 10 ³	Kelly	Hecto	h	100 = 10 ²	CONNU !	Déca	da	10 = 10 ¹	Unité		1 = 10 ⁰	Déci	d	$\frac{1}{10} = \frac{1}{10^1} = 10^{-1}$	Centi	c	$\frac{1}{100} = \frac{1}{10^2} = 10^{-2}$	Milli	m	$\frac{1}{1.000} = \frac{1}{10^3} = 10^{-3}$	Mange	Micro	μ	$\frac{1}{1.000.000} = \frac{1}{10^6} = 10^{-6}$	Mille	Nano	n	$\frac{1}{1.000.000.000} = \frac{1}{10^9} = 10^{-9}$	Noix	Réagir aux différentes explications.	Tableau, craie, règles et document 1	05 minutes
Préfixe	Symbole	Multiplicateur	Phrase mnémotechnique																																														
Giga	G	1.000.000.000 = 10 ⁹	Grand																																														
Méga	M	1.000.000 = 10 ⁶	Mère																																														
Kilo	k	1.000 = 10 ³	Kelly																																														
Hecto	h	100 = 10 ²	CONNU !																																														
Déca	da	10 = 10 ¹																																															
Unité		1 = 10 ⁰																																															
Déci	d	$\frac{1}{10} = \frac{1}{10^1} = 10^{-1}$																																															
Centi	c	$\frac{1}{100} = \frac{1}{10^2} = 10^{-2}$																																															
Milli	m	$\frac{1}{1.000} = \frac{1}{10^3} = 10^{-3}$	Mange																																														
Micro	μ	$\frac{1}{1.000.000} = \frac{1}{10^6} = 10^{-6}$	Mille																																														
Nano	n	$\frac{1}{1.000.000.000} = \frac{1}{10^9} = 10^{-9}$	Noix																																														

	▪ Multiples de la seconde : Gigaseconde (Gs), Mégaseconde (Ms), kiloseconde (ks), hectoseconde (hs), décaseconde (das)	▪ Exemple 3 : $5ks = 5.10^3s$			
		Donner deux cas de la conversion en seconde à partir des sous-multiples et des multiples du temps (seconde) ; Convertir les temps suivants en seconde : ▪ $15ms = \dots \dots \dots s$ ▪ $5Ms = \dots \dots \dots s$	Travailler en groupe et présenter les réponses du groupe Réponses probables ▪ $15ms = 15.10^{-3}s$ ▪ $5Ms = 5.10^9s$	Tableau, craie, règles et fiche des élèves	05 minutes
	-Prérequis sur la conversion ▪ Écriture sous la forme scientifique d'un nombre	Expliquer le principe de l'écriture d'un nombre sous forme des puissances de 10 avec des exemples détaillés : $0,0002 = 2,0.10^{-4}$ $8450 = 8,45.10^3$	Réagir aux différentes explications.	Tableau, craie, règles et fiche des élèves	
		Donner deux cas de l'écriture d'un nombre sous forme scientifique $0,004 = \dots \dots \dots$ $235 = \dots \dots \dots$	Travailler en groupe et présenter les réponses du groupe Réponses probables : $0,004 = 4,0.10^{-3}$ $235 = 2,35.10^2$	Tableau, craie, règles et fiche des élèves	05 minutes
	-Prérequis sur la conversion	Expliquer le principe de la multiplication des puissances de 10 avec des exemples détaillés :	Réagir aux différentes explications.	Tableau, craie, règles et	05 minutes

	Utilisation appropriée des puissances de 10 dans l'écriture sous forme scientifique d'un nombre	$5,0.10^{-3}.10^{-2} = 5,0.10^{-5}$		fiche des élèves	
		Donner deux cas de la multiplication des puissances de 10 : $5,0.10^{-6}.10^4 = \dots \dots \dots$	$5,0.10^{-6}.10^4 = 5,0.10^{-2}$	Tableau, craie, règles et fiche des élèves	05 minutes
	- Prérequis sur la lecture des coordonnées des points en tenant compte des échelles : - Repère orthonormé à deux dimensions - Origine du repère - Échelles - Nombre de divisions	Expliquer le principe de lecture des coordonnées des points en tenant compte des échelles avec des exemples :  - Relever les coordonnées du point A en tenant compte des échelles suivantes : 15ms/Div (axe des abscisses) et 10V/Div (Axe des ordonnées). B(-105 ;- 30) (Expliquez d'une manière pratique la procédure de cette lecture) - Relever les coordonnées du point A en tenant compte des échelles suivantes : 2ms/Div (axe des abscisses) et 3V/Div (Axe des ordonnées).	Réagir aux différentes explications.	Tableau, craie, règles et fiche des élèves	05 minutes

		A(-14 ; 9) (Expliquez d'une manière pratique la procédure de cette lecture			
		Donner deux cas de lecture des coordonnées à faire en groupe par les apprenants : - Relever les coordonnées du point D en tenant compte des échelles suivantes : 5ms/Div (axe des abscisses) et 15V/Div (Axe des ordonnées). - Relever les coordonnées du point F en tenant compte des échelles suivantes : 5ms/Div (axe des abscisses) et 5V/Div (Axe des ordonnées).	Travailler en groupe et présenter les réponses du groupe Réponses probables : - D(-5 ; 15) - F(25 ; 15)	Tableau, craie, règles et fiche des élèves	05 minutes
	- Prérequis sur la lecture d'un segment horizontal et d'un segment vertical en tenant compte des échelles	Expliquer d'une manière pratique la procédure de lecture d'un segment horizontal et d'un segment vertical en précisant la valeur, l'unité de mesure et la nature de la grandeur physique portée par le segment horizontal considéré avec les deux exemples suivants : Déterminer la valeur du segment [DF] en tenant compte des échelles suivantes : 15ms/Div (axe des abscisses) et 10V/Div (Axe des ordonnées). On précisera l'unité de mesure ainsi que le nom de la grandeur considérée.	Réagir aux différentes explications.	Tableau, craie, règles et fiche des élèves	05 minutes

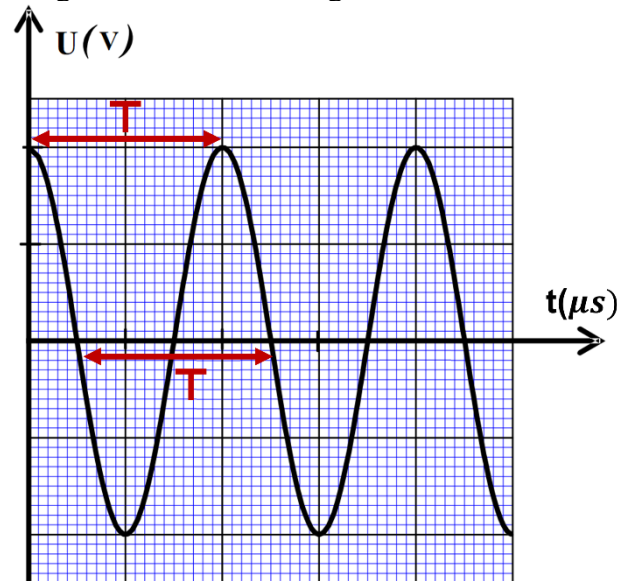
		[DF]=90ms (temps)(Expliquez d'une manière pratique la procédure de cette lecture) Déterminer la valeur du segment [AB] en tenant compte des échelles suivantes : 10ms/Div (axe des abscisses) et 5V/Div (Axe des ordonnées). On précisera l'unité de mesure ainsi que le nom de la grandeur considérée. [AB]=60V (tension) (Expliquez d'une manière pratique la procédure de cette lecture)			
		Donner deux cas de lecture d'un segment horizontal et d'un segment vertical à faire en groupe par les apprenants : - Déterminer la valeur du segment [CG] en tenant compte des échelles suivantes : 5ms/Div (axe des abscisses) et 20V/Div (Axe des ordonnées). On précisera l'unité de mesure ainsi que le nom de la grandeur considérée - Déterminer la valeur du segment [AB] en tenant compte des échelles suivantes : 10ms/Div (axe des abscisses) et 5V/Div (Axe des ordonnées). On précisera l'unité de mesure ainsi que le nom de la grandeur considérée	Travailler en groupe et présenter les réponses du groupe Réponses probables : [CG]=50V (tension) [AB]=30V (tension)	Tableau, craie, règles et fiche des élèves	05 minutes

Phase de formalisation mathématique	Construction du formalisme mathématique associé à la période ($T = n \times b$),	L'enseignant donne aux apprenants une fiche par groupe qui contient les deux figures suivantes :  L'enseignant pose successivement quatre questions structurantes à partir de deux figures : Question 1 : Comment expliquez-vous la différence entre la grandeur [OA] de la figure 1 et celle de la figure 2 ?	Réponse attendue à la question 1 : Dans les deux figures, le segment [OA] couvre quatre divisions. Cependant, les échelles sont différentes : ■ Dans la figure 1 : une division correspond à 5 ms. ■ Dans la figure 2 : une division correspond à 15 s.	Tableau, craie, règles et fiche des élèves	05 minutes
--	--	--	---	---	-------------------

		Question 2 : Comment expliquez-vous que l'unité de mesure de [OA] dans la figure 1 soit différente de celle de la figure 2 ? Question 3 : Comment expliquez-vous la différence entre la grandeur [OB] de la figure 1 et celle de la figure 2 ? Autrement dit, expliquez d'une manière pratique le principe de cette lecture dans chaque cas.	Ainsi, ▪ [OA] dans la figure 1 : $4 \times 5 = 20$ ms ; ▪ [OA] dans la figure 2 : $4 \times 15 = 60$ s. Réponse attendue à la question 2 : Les unités de mesure diffèrent car les unités du temps indiquées sur les axes des abscisses sont différentes : millisecondes (ms) pour la figure 1 et secondes (s) pour la figure 2. Réponse attendue : Le segment [OB] couvre trois divisions dans chaque graphique, mais : ▪ Dans la figure 1 : une division correspond à 15 V ; ▪ Dans la figure 2 : une division correspond à 10 A. Ainsi,		
--	--	--	---	--	--

		Question 4 : Comment expliquez-vous que l'unité de mesure de [OB] dans la figure 1 soit différente de celle de la figure 2 ?	▪ [OB] dans la figure 1 : $3 \times 15 = 45 \text{ V}$; ▪ [OB] dans la figure 2 : $3 \times 10 = 30 \text{ A}$. Réponse attendue à la question 4: Les unités diffèrent car les grandeurs physiques représentées sur l'axe des ordonnées sont différentes : la tension (V) pour la figure 1 et l'intensité du courant (A) pour la figure 2.		
Phase de consolidation	Construction du concept de période du courant alternatif : ▪ Courant alternatif sinusoïdal ▪ Signal périodique quelconque ▪ Signal pseudopériodique	Présentation interactive attendue de l'enseignant : ▪ Nature du signal : Le signal est périodique, car un motif élémentaire se reproduit de manière identique tout au long du tracé. ▪ Repérage du motif élémentaire : Un motif élémentaire est validé consensuellement à partir de l'oscillogramme et la période est repérée (voir figure 45). Un motif élémentaire est une	Les apprenants réagissent dans le processus de consolidation	Tableau, craie, règles et fiche des élèves	05 minutes

portion du signal qui se répète de manière identique le long de l'évolution du signal.



10 V/Div

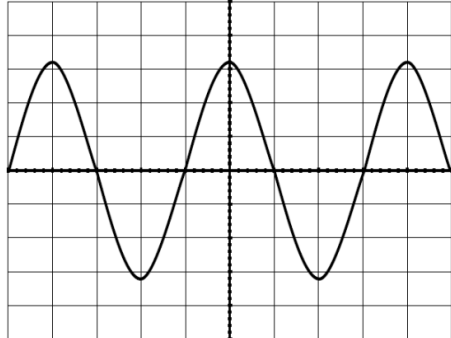
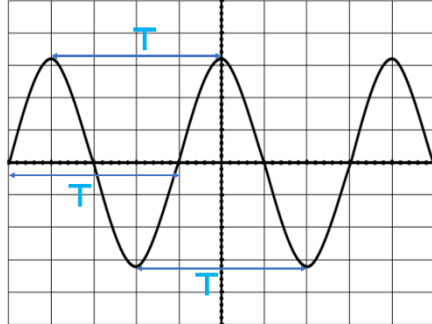
5 μs/Div

- **Détermination de la période :** La période T est déterminée en exploitant la relation mathématique de base : $T = n \times b$

où :

- $n = 2 \text{ divisions}$ où n est le **nombre de divisions** correspondant au motif élémentaire repéré ;
- $b = 5 \mu\text{s/division}$ où b est l'**échelle horizontale** exprimée en $\mu\text{s/div}$ (secondes par division).

Application numérique (cas étudié) :

		$T = 5 \times 4 = 20 \mu s$ Conversion en secondes, via l'écriture scientifique : $T = 20 \mu s = 2,0.10^1 \times 10^{-6}s = 2,0.10^{1-6}s = 2,0.10^{-5}s$			
Phase d'évaluation	Construction du concept de période du courant alternatif : ■ Courant alternatif sinusoïdal ■ Signal périodique quelconque ■ Signal pseudopériodique	Présentation d'un oscillogramme aux apprenants  <u>Réglage de l'oscilloscope :</u> Sensibilité horizontale : 5ms/div Sensibilité verticale : 10V/div • Pour chaque oscillogramme, l'enseignant pose systématiquement les deux questions suivantes : 1. Le signal est-il périodique ? Justifiez votre réponse. 2. Si oui, déterminez la période du signal en utilisant les éléments fournis (échelle, unités, nombre de divisions).	Travailler en groupe et présenter les réponses du groupe Réponses probables : ■ Le signal est périodique car un motif élémentaire se reproduit d'une manière identique. ■ Le repérage d'un motif élémentaire est présenté à la figure suivante :  <u>Réglage de l'oscilloscope :</u> Sensibilité horizontale : 5ms/div Sensibilité verticale : 10V/div ■ Détermination de la période :	Tableau, craie, règles et fiche des élèves	05 minutes

			$T = n \times b = 5 \times 4 = 20ms$ $= 2,0.10^1 \times 10^{-3}s$ $= 2,0 \times 10^{-2}s$		
--	--	--	---	--	--