



ÉTUDE EXPERIMENTALE EN DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES

Raisonnement déductif et reconnaissance de figures géométriques

Impact d'une intervention didactique en cycle 3

PROBLÉMATIQUE

Dans quelle mesure une intervention ciblée sur la reconnaissance de figures géométriques peut-elle améliorer le raisonnement déductif des élèves de cycle 3 ?

Camille FIDELAIRE

camille-lea-mar.fidelaire@ac-creteil.fr

Année scolaire 2025–2026

Laboratoire de Mathématiques · Collège les Cités Unies
École de l'Orée du Bois · École de la Tour l'Aleron

Table des matières

I.	Contexte.....	4
I1.	Constat au collège.....	4
I1a.	Classes de sixième.....	5
I1b.	Classes de quatrième.....	7
I1c.	Classes de cinquième.....	8
I1d.	Constat global.....	9
I2.	Constat en primaire.....	12
I1a.	Résultats des évaluations nationales.....	12
I1b.	Précision des tracés géométriques.....	14
I1c.	Codage des figures.....	14
II.	Proposition de remédiation.....	16
II1.	Matériel spécifiquement conçu pour les séances.....	16
II1a.	Geobble : Configurations non prototypiques.....	16
II1b.	GeomSpeed : Identifications de figures usuelles avec le codage.....	17
II1c.	Mathimagicien et Maths de Foot : Précision du tracé.....	17
II2.	Séances et objectifs.....	18
II3.	Evaluations diagnostiques.....	19
I1a.	Test spécifique « Espace et Géométrie ».....	19
I1b.	Importance du codage des figures et aisance géométrique.....	19
III.	Collecte des données.....	22
IV.	Méthodologie statistique.....	25
IV1.	L'effet de réapprentissage.....	25
IV2.	Traitement des données manquantes.....	25
IV3.	Les tests statistiques utilisés.....	25
IV4.	Limites méthodologiques.....	26
V.	Analyse des évaluations diagnostiques.....	27
V1.	Comparabilité initiale des groupes.....	27
V2.	Évolution du score global entre ED-1 et ED-2.....	27
V3.	Transfert à un nouveau format (ED-3).....	29
V4.	Catégorie NA : configuration non-prototypique et codage absent.....	30
V4a.	Score de réussite.....	31
V4b.	Réponses en vraies grandeurs.....	32
V5.	Autres catégories.....	33
V6.	Progression individuelle.....	35
V6a.	Effet de l'intervention entre ED-1 et ED-2.....	35
V6b.	Effet de l'intervention entre ED-1 et ED-3.....	36
VI.	Synthèse et conclusion générales.....	37
Conclusion Générale :		37
VII.	Perspectives et applications concrètes.....	38
VII1.	Poursuite de l'étude en 2026-2027.....	38
VII2.	Propositions concrètes d'application pour les équipes pédagogiques.....	38
VII2a.	Apprentissage par le jeu mathématique.....	38
VII2b.	Interventions inter-degré en cycle 3.....	38
VIII.	Remerciements.....	39

IX.	Annexes.....	40
IX1.	Fiches de préparations et supports de cours.....	40
IX2.	Enoncé des évaluations diagnostiques.....	54
IX3.	Détail des tests statistiques (IV.3).....	57
IX3a.	<i>Test de Shapiro-Wilk</i>	57
IX3b.	<i>Test de Wilcoxon</i>	58
IX3c.	<i>Test de Mann-Whitney</i>	58
IX4.	Détail des résultats statistiques (V.1–V.4).....	59
IX4a.	Comparabilité initiale des groupes (ED-1)	59
IX4b.	Évolution du score global entre ED-1 et ED-2.....	59
IX4c.	Transfert à un nouveau format (ED-3).....	59
IX4d.	Catégorie NA - Score de réussite.....	60
IX4e.	Catégorie NA - Réponses en vraies grandeurs	60
IX5.	Code Python pour les tests statistiques	61
IX5a.	Création des tableaux de valeurs pour les résultats aux ED-1 et ED-2	61
IX5b.	<i>Test de Shapiro (IV.3)</i>	62
IX5c.	<i>Test de Wilcoxon (V.2)</i>	63
IX5d.	<i>Test de Mann-Withney (V.2)</i>	64

I. Contexte

J'ai analysé les évaluations nationales passées par les élèves du collège et de la primaire.

Voici quelques définitions du vocabulaire spécifique qui sera utilisé dans cette partie :

- **Test spécifique** : Série de questions portant sur un domaine précis du programme de mathématiques, à savoir :
 - Automatismes : Mobiliser directement des procédures et des connaissances
 - Résolution de problèmes : Résoudre des problèmes en utilisant des nombres et des grandeurs
 - Espace et géométrie : Connaître et utiliser des notions de géométrie
 - Grandeurs et mesures : Connaître des grandeurs et utiliser des unités de mesure
 - Nombres et calculs : Connaître les nombres et les utiliser dans des calculs
- **Items** : Questions posées dans chaque test spécifique
- **Niveau de maîtrise** : Catégorie associée à chaque test spécifique correspondant au nombre d'items réussis. Dans l'ordre croissant de réussite, ces niveaux de maîtrise sont :
 - Pas de restitution : moins de la moitié des items ont été répondus
 - A besoin
 - Fragile
 - Satisfaisant

I1. Constat au collège

J'ai reçu les résultats des évaluations nationales sous formes de données brutes, pour chacune de nos classes.

Voici par exemple, le document reçu pour une classe de sixième :

Classe	Prénom élève	Nom élève	Test spécifique en automatismes Mobiliser directement des procédures et des connaissances	Test spécifique en résolution de problèmes Résoudre des problèmes en utilisant des nombres et des grandeurs	Espace et géométrie Connaître et utiliser des notions de géométrie	Grandeurs et mesures Connaître des grandeurs et utiliser des unités de mesure	Nombres et calculs Connaître les nombres et les utiliser dans des calculs
6F			Fragile	Fragile	Fragile	Satisfaisant	Fragile
6F			Satisfaisant	Satisfaisant	Satisfaisant	Satisfaisant	Satisfaisant
6F			À besoins	À besoins	À besoins	À besoins	À besoins
6F			Satisfaisant	Satisfaisant	Fragile	Satisfaisant	Satisfaisant
6F			Fragile	Fragile	À besoins	Fragile	À besoins
6F			Satisfaisant	Fragile	Fragile	Fragile	Satisfaisant
6F			Satisfaisant	Fragile	À besoins	Fragile	Fragile
6F			Fragile	Satisfaisant	Fragile	Satisfaisant	Fragile
6F			Fragile	Fragile	À besoins	Satisfaisant	Fragile
6F			À besoins	À besoins	À besoins	À besoins	À besoins
6F			Satisfaisant	Fragile	Satisfaisant	Fragile	Fragile
6F			Fragile	Fragile	À besoins	À besoins	Fragile
6F			Fragile	À besoins	À besoins	À besoins	À besoins
6F			Satisfaisant	Fragile	À besoins	Fragile	Fragile
6F			Fragile	À besoins	À besoins	À besoins	Fragile
6F			Satisfaisant	Fragile	Satisfaisant	Satisfaisant	Fragile
6F			Satisfaisant	Satisfaisant	Satisfaisant	Satisfaisant	Satisfaisant
6F			Fragile	À besoins	À besoins	À besoins	À besoins
6F			Fragile	À besoins	À besoins	À besoins	Fragile
6F			Fragile	Fragile	À besoins	À besoins	Fragile
6F			Fragile	À besoins	À besoins	À besoins	À besoins
6F			Fragile	Fragile	Satisfaisant	Fragile	Fragile
6F			Fragile	Fragile	À besoins	Fragile	Fragile
6F			Satisfaisant	Fragile	Fragile	Fragile	Satisfaisant
6F			Satisfaisant	À besoins	À besoins	Fragile	À besoins
6F			Satisfaisant	Satisfaisant	Fragile	Satisfaisant	Satisfaisant

Cette masse de données est difficilement exploitable en l'état. J'ai donc cherché une méthode d'analyse statistique simple qui fasse émerger des éléments concrets dans le but d'améliorer l'enseignement et de combler les lacunes identifiées.

11a. Classes de sixième

Dans notre établissement, 167 élèves ont passé les évaluations nationales en 6^{ème}.

Pour chaque test spécifique, j'ai calculé l'effectif et la fréquence d'élèves associée à chacun des niveaux de maîtrise en pourcentage.

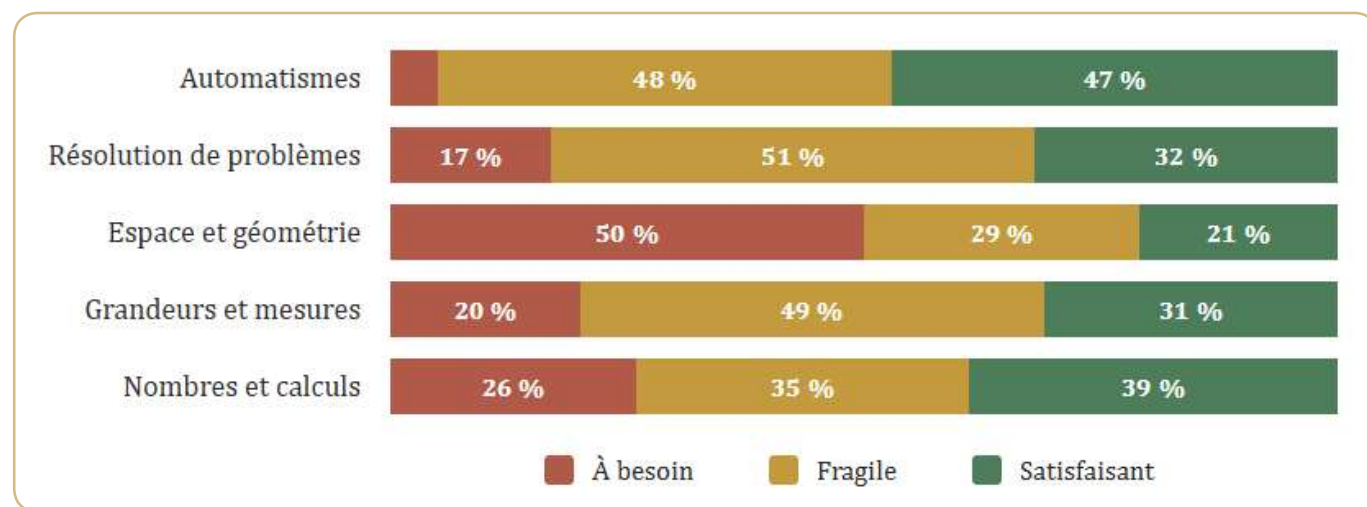


Figure 1 : Répartition des niveaux de maîtrise par test spécifique. 6e (167 élèves)

J'ai donné pour chaque test spécifique un taux de réussite de l'ensemble des élèves. Le tableau suivant indique leur positionnement sur chaque test spécifique en fonction du nombre d'items réussis.

	A besoins	Fragile	Satisfaisant
Automatismes	de 0 à 6 items réussis	de 7 à 12 items réussis	de 13 à 23 items réussis
Résolution de problèmes	de 0 à 4 items réussis	de 5 à 9 items réussis	de 10 à 19 items réussis
Espace et géométrie	de 0 à 5 items réussis	de 6 à 8 items réussis	de 9 à 14 items réussis
Grandeurs et mesures	de 0 à 5 items réussis	de 6 à 9 items réussis	de 10 à 18 items réussis
Nombres et calculs	de 0 à 10 items réussis	de 11 à 16 items réussis	de 17 à 30 items réussis

Exemple : Pour le test spécifique « Automatismes », la maîtrise « A besoins » correspond à 0 à 6 items réussis sur 23.

Les différents niveaux de maîtrise (« A besoin », « Fragile », « Satisfaisant ») étant des caractères qualitatifs, il n'est pas possible de calculer de moyenne.

Pour répondre à ce problème, j'ai associé à chaque niveau de maîtrise un pourcentage moyen de réussite. Pour le déterminer, j'ai pris le pourcentage du nombre moyen d'items réussis du niveau de maîtrise par rapport au nombre total d'items du test spécifique.

Exemple : Pour le test spécifique « Automatismes », la maîtrise « A besoins » a une moyenne de 3 items réussis. Cela donne ainsi un taux de réussite de $\frac{3}{23} \approx 0,13$ donc 13%.

Voici les résultats pour l'ensemble des niveaux de maîtrise des différents items, calculés par rapport au tableau précédent.

	A besoins	Fragile	Satisfaisant
Automatismes	13%	41%	78%
Résolution de problèmes	11%	37%	76%
Espace et géométrie	18%	50%	82%
Grandeurs et mesures	14%	42%	78%
Nombres et calculs	17%	45%	78%

Concrètement, un élève ayant le niveau de maîtrise « A besoin » dans le test spécifique « Automatisme » a eu **13%** d'items réussis, en moyenne.

Pour chaque test spécifique, j'ai regroupé ces pourcentages avec la fréquence d'élèves associée.

Test spécifique	Automatismes			Résolution de problèmes			Espace et géométrie			Grandeurs et mesures			Nombres et calculs		
Niveau de maîtrise ⁽¹⁾	AB	F	S	AB	F	S	AB	F	S	AB	F	S	AB	F	S
Pourcentage d'items réussi associé	13	41	78	11	37	76	18	50	82	14	42	78	17	45	78
Fréquence des élèves	5%	48%	47%	17%	51%	32%	50%	29%	19%	20%	49%	31%	26%	35%	39%

(1) Les différents niveaux de maîtrise sont écrits avec leurs initiales. Ainsi « AB » correspond au niveau de maîtrise « A Besoins », « F » à « Fragile » et « S » à « Satisfaisant ».

Exemple : Pour le test spécifique « Automatismes », 5% des élèves de 6ème du collège ont eu en moyenne 13% d'items réussis, ce qui correspond au niveau de maîtrise « A besoins »

Je vais maintenant pouvoir calculer un taux de réussite sur chaque test spécifique, pour l'ensemble des élèves de 6^{ème} de notre établissement.

Pour le test spécifique « Automatisme » j'ai le tableau de fréquence suivant (pour rappel, la fréquence des élèves est calculée en faisant le quotient du nombre d'élève concerné par le nombre d'élève total, à savoir 167) :

Niveau de maîtrise	A besoin	Fragile	Satisfaisant
Pourcentage d'items réussi associé	13	41	78
Fréquence des élèves	5%	48%	47%

Pour obtenir le taux de réussite global sur le test spécifique « Automatisme » il suffit de calculer la moyenne des pourcentages d'items réussis pondéré par la fréquence des élèves associée :

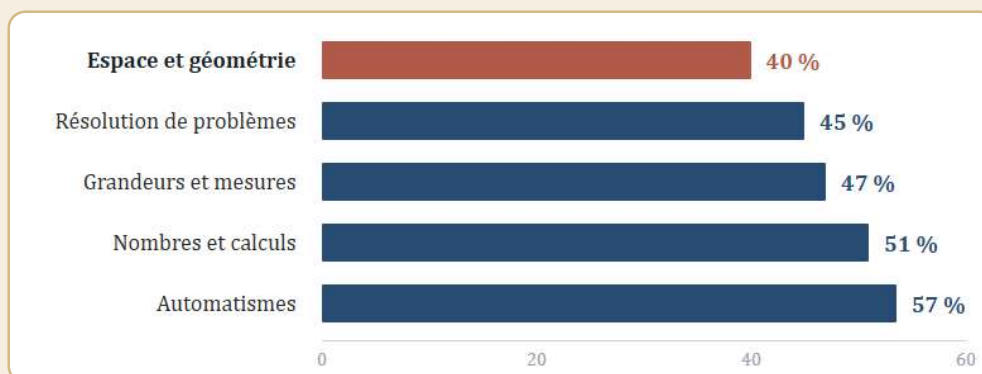
$$\begin{array}{ccccccc}
 \frac{13 \times 0,05}{\text{Pourcentage d'items réussi pour la maîtrise "A besoin" pondéré par le taux d'élèves concernés}} & + & \frac{41 \times 0,48}{\text{Pourcentage d'items réussi pour la maîtrise "Fragile" pondéré par le taux d'élèves concernés}} & + & \frac{78 \times 0,47}{\text{Pourcentage d'items réussi pour la maîtrise "Satisfaisant" pondéré par le taux d'élèves concernés}} & \approx & 57
 \end{array}$$

Le taux de réussite global sur le test spécifique « Automatisme » est donc de 57% Taux de réussite global.

J'ai fait la même chose pour tous les tests spécifiques, et j'ai rassemblé les résultats dans le tableau suivant :

	Automatismes	Résolution de problèmes	Espace et géométrie	Grandeurs et mesures	Nombres et calculs
Taux de réussite global	57%	45%	40%	47%	51%

J'ai pu classer les items du moins réussi au plus réussi :



11b. Classes de quatrième

J'ai utilisé la même méthode d'analyse statistique pour les 154 élèves ont passé les évaluations nationales en 4ème.

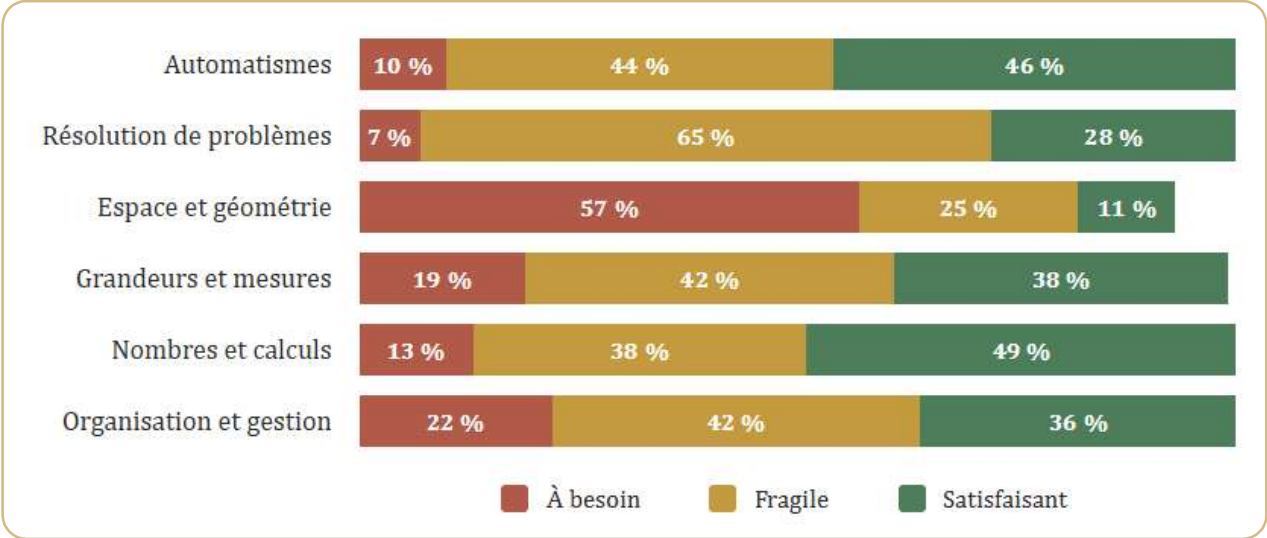


Figure 2 : Répartition des niveaux de maîtrise par test spécifique- 4e (154 élèves)

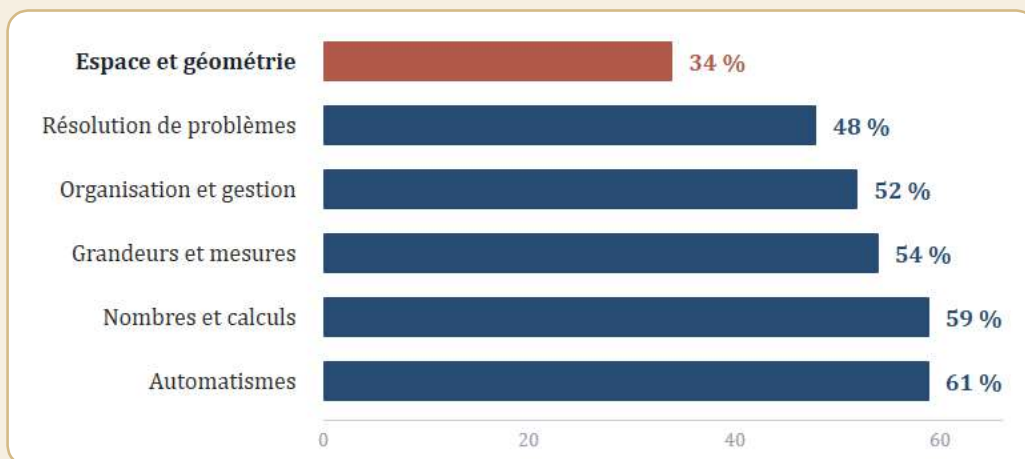
Le tableau suivant indique le positionnement des élèves en fonction du nombre d'items réussis.

	A besoins	Fragile	Satisfaisant
Espace et géométrie	6 au maximum	de 7 à 9 items réussis	de 10 à 15 items réussis
Grandeurs et mesures	5 au maximum	de 6 à 8 items réussis	de 9 à 15 items réussis
Nombres et calculs	6 au maximum	de 7 à 9 items réussis	de 10 à 17 items réussis
Organisation et gestion de données, fonctions	5 au maximum	de 6 à 8 items réussis	de 9 à 15 items réussis
Automatismes	7 au maximum	de 8 à 12 items réussis	de 13 à 22 items réussis
Résolution de problèmes	4 au maximum	de 5 à 10 items réussis	de 11 à 19 items réussis

En appliquant le même procédé qu'avec les résultats sur les élèves de sixième, j'ai pu calculer un pourcentage de réussite global sur chacun des items. Tous les nombres du tableau sont exprimés en pourcentage.

	Automatismes		Résolution de problèmes		Espace et géométrie		Grandeurs et mesures		Nombres et calculs		Organisation et gestion de données	
	Elèves concernés	Items réussis	Elèves concernés	Items réussis	Elèves concernés	Items réussis	Elèves concernés	Items réussis	Elèves concernés	Items réussis	Elèves concernés	Items réussis
Satisfaisant	46	79	28	79	11	83	38	80	49	79	36	80
Fragile	44	53	65	39	25	53	42	47	38	47	42	47
A besoin	10	18	7	11	57	20	19	17	13	18	22	17
Réussite globale	61		48		34		54		59		52	

J'ai pu classer les items du moins réussi au plus réussi :



Le constat sur les classes de quatrième est le même que sur les sixièmes, et cela est même encore plus alarmant concernant l'item « Espace et géométrie »

11c. Classes de cinquième

Les classes de cinquième n'ont été évaluées que sur l'item « Automatismes ». Je voulais vérifier que ce test spécifique, plutôt bien maîtrisé par nos sixièmes et quatrièmes, l'était tout autant par les cinquièmes.

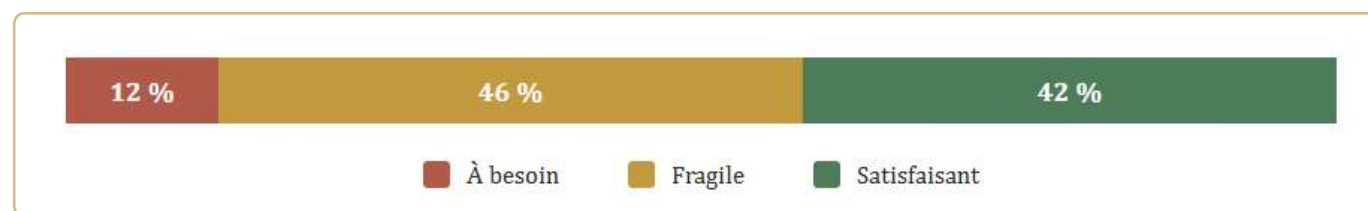


Figure 3 : Répartition des niveaux de maîtrise pour le test spécifique « Automatismes » pour la classe de 5e

	A besoins	Fragile	Satisfaisant
Automatismes	9 au maximum	de 10 à 17 items réussis	de 18 à 30 items réussis

En appliquant le même procédé qu'avec les résultats sur les élèves de sixième, j'ai pu calculer un pourcentage de réussite global sur chacun des items. Tous les nombres du tableau sont exprimés en pourcentage.

	Automatismes	
	Elèves concernés	Items réussis
Satisfaisant	42	80
Fragile	46	45
A besoin	12	15
Réussite globale	56	

Le pourcentage de réussite global (**56%**) se rapproche beaucoup de celui observé en sixième (**57%**) et en quatrième (**61%**).

11d. Constat global

Comme les classes de cinquième n'ont été évaluées que sur un seul test spécifique, je me suis concentrée sur les classes de sixième et de quatrième. Le graphique suivant représente les pourcentages de réussite globaux sur les différents items évalués, pour les deux niveaux.

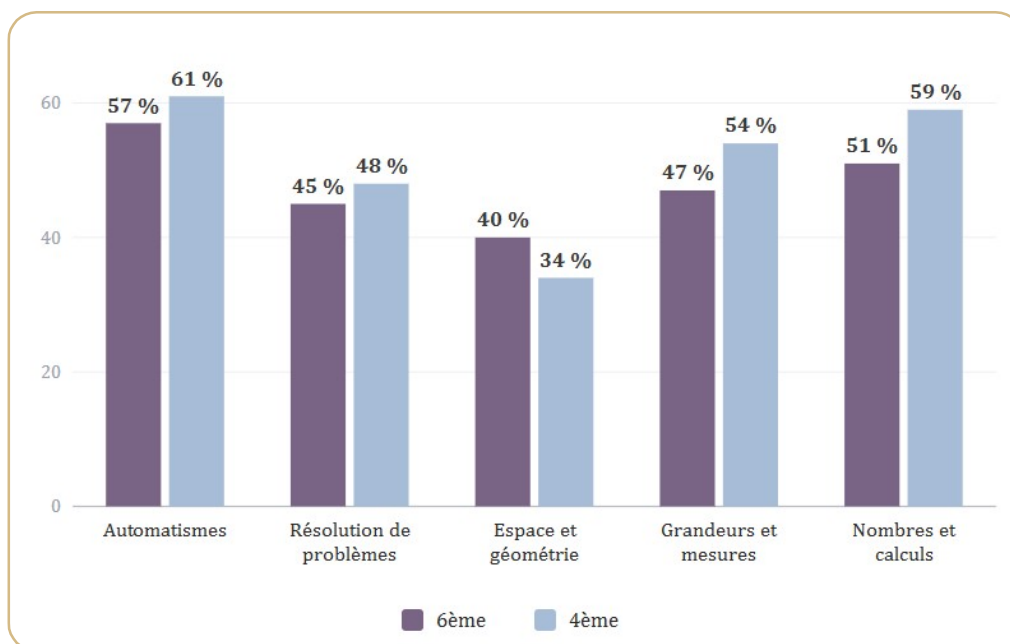


Figure 4 : Réussite globale comparée 6^e vs 4^e sur les différents tests spécifiques

A l'exception du test spécifique « Espace et Géométrie », les résultats sont relativement acceptables. En effet, les élèves venaient à peine de reprendre le rythme scolaire lors de la passation : l'entrée dans les apprentissages et les évaluations n'était pas optimale. Les résultats sont bien en deçà des autres plutôt alarmants.

Le support numérique de l'évaluation pourrait constituer un obstacle pour les élèves de sixième, peu habitués à manipuler des figures géométriques sur écran : en CM1 et CM2, la géométrie se pratique quasi exclusivement sur papier. J'ai d'ailleurs pu observer des élèves de sixième tenter de mesurer des longueurs avec une règle graduée posée directement sur leur écran, révélant une confusion entre les deux supports. Si ce facteur joue effectivement un rôle, on devrait observer une proportion moindre d'élèves classés « A besoin » ou « Fragile » en quatrième, les élèves ayant eu davantage d'exposition aux outils numériques (TNI, GeoGebra, ...) au fil de leur scolarité au collège.

Au final, ce n'est pas le cas : **79%** des élèves sont dans la catégorie « A besoins » ou « Fragile », que ce soit en sixième ou quatrième. On observe également que **9%** des élèves de quatrième n'ont pas de résultats pour cet item. C'est-à-dire qu'ils n'ont pas répondu à plus de la moitié des questions. Cela suggère donc une détérioration de la maîtrise de l'item « Espace et Géométrie » entre la classe de 6^{ème} et de 4^{ème}.

Comme les élèves de 6^{ème} et de 4^{ème} proviennent d'une cohorte différente, la conclusion énoncée ci-dessous peut manquer de pertinence. J'ai donc décidé d'analyser en plus les résultats des 6^{èmes} d'il y a deux ans (qui sont donc les quatrièmes de cette année).

Voici le graphique représentant les différents degrés de maîtrises pour chaque test spécifique ainsi que le tableau des pourcentages de réussite globaux de ces tests spécifiques.

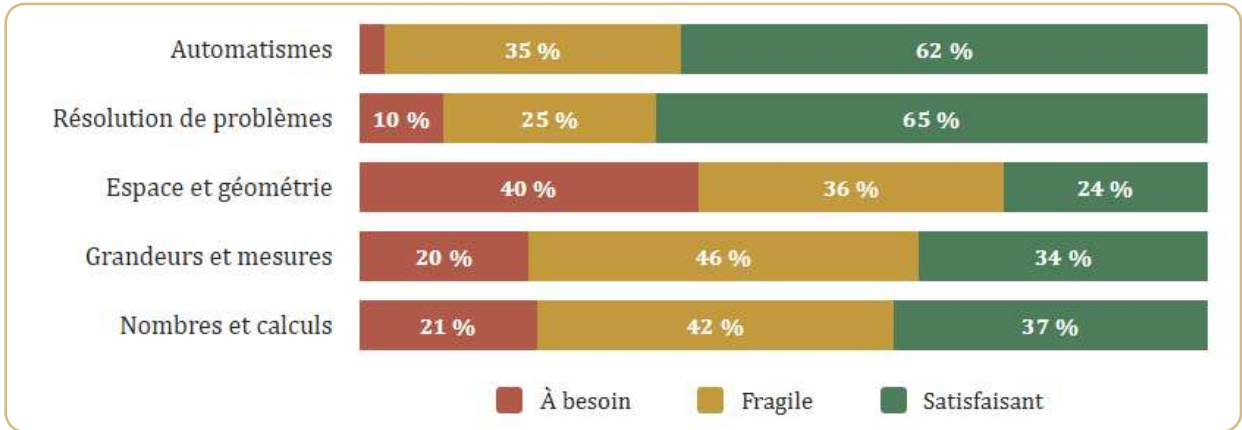


Figure 5 : Répartition des niveaux de maîtrise par test spécifique 6e 2023 (4e actuels)

	Automatismes	Résolution de problèmes	Espace et géométrie	Grandeurs et mesures	Nombres et calculs
Taux de réussite global	63%	59%	45%	49%	51%

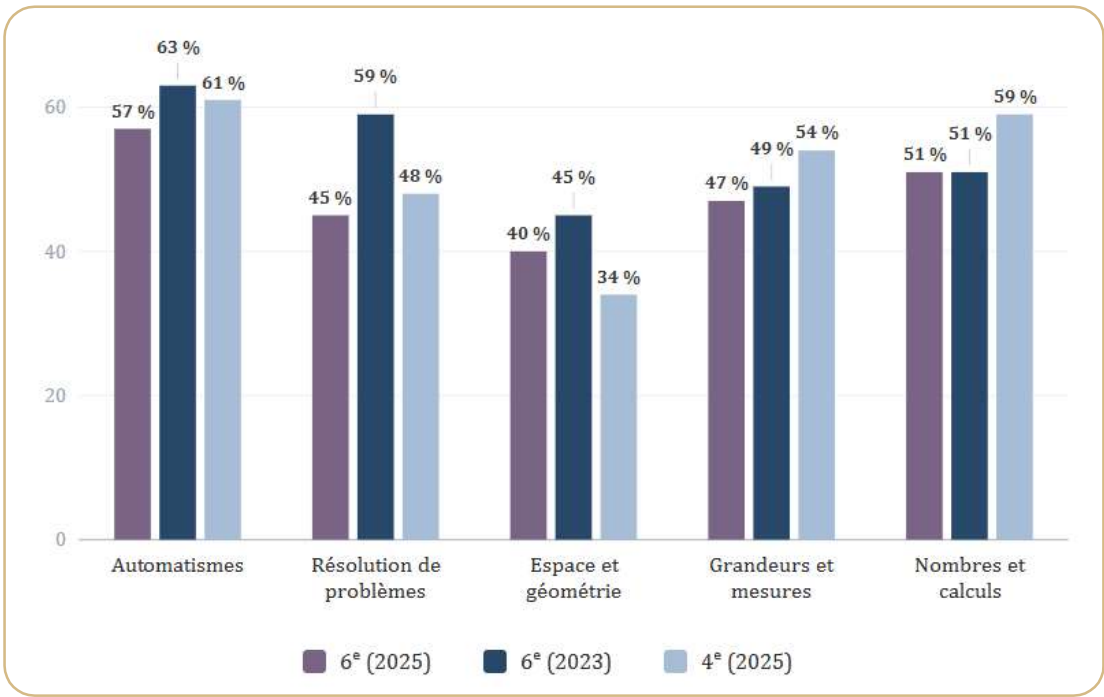


Figure 6 : Réussite globale comparée 6e (2025) vs 6e(2023) vs 4e (2025)

Il convient également de noter que les élèves de quatrième ayant participé à cette étude présentaient, en sixième, un niveau initial globalement supérieur à celui des élèves de sixième actuellement évalués :

- + 6% pour le test spécifique Automatismes
- +14% pour le test spécifique Résolution de problèmes
- +5% pour le test spécifique Espace et géométrie
- +2% pour le test spécifique Grandeurs et mesures
- +0% pour le test spécifique Nombres et calculs

Les élèves de quatrième ayant participé à cette étude affichaient, lors de leurs évaluations nationales de sixième, des performances en moyenne supérieures de **5,4%** à celles des élèves de sixième actuellement évalués.

Lorsque l'on compare les résultats des élèves de quatrièmes actuels avec ceux qu'ils ont obtenu en sixième (en 2023), j'observe :

- Un taux de réussite global similaire sur le test spécifique Automatismes (-2%)
- Un taux de réussite global en hausse sur les tests spécifiques Grandeurs et mesures (+5%) et Nombres et calculs (+8%)
- Un taux de réussite global en baisse sur les tests spécifiques Résolution de problèmes (-11%) et Espace et géométrie (-11%)

De manière globale, à l'exception du test spécifique « Espace et géométrie », les élèves ont des résultats globaux acceptables (au-delà de la moyenne ou presque). On pourrait penser dans un premier temps que les faibles taux de réussite globaux dans ce test spécifique s'expliquent, en 6^{ème}, par le manque de manipulation d'objets géométriques avec l'outil numérique.

Cependant, en classe de quatrième, les élèves utilisent les outils numériques comme GeoGebra (souvent une démonstration par le professeur) ou Scratch et ils se détachent de plus en plus du papier et de la mesure avec les instruments. L'utilisation du numérique en géométrie ne devrait plus être un obstacle à la réussite.

En conclusion, le taux de réussite très bas dans le test spécifique « Espace et géométrie » s'explique donc par des difficultés plus profondes et complexes. Et je pense qu'il est pertinent d'essayer de comprendre d'où viennent ces difficultés, et ce, dès le cycle 3. C'est ce qui m'a poussé à agir dès le primaire.

J'ai donc décidé de mener un projet inter-degré avec une école élémentaire du secteur, l'école primaire de l'Orée du Bois de Combs-la-Ville, sur le thème de la géométrie.

I2. Constat en primaire

Avant de définir clairement les axes de travail, j'ai voulu analyser les résultats aux évaluations nationales des élèves de CM1 et de CM2 de l'école primaire de l'Orée du Bois.

I1a. Résultats des évaluations nationales

Les résultats des évaluations nationales des élèves de CM1 et de CM2 de l'école de l'Orée du bois avec laquelle je réalise ce projet étaient plus faciles à interpréter. J'ai analysé les résultats des deux niveaux séparément.

Analyse des résultats de CM1 (16 élèves)

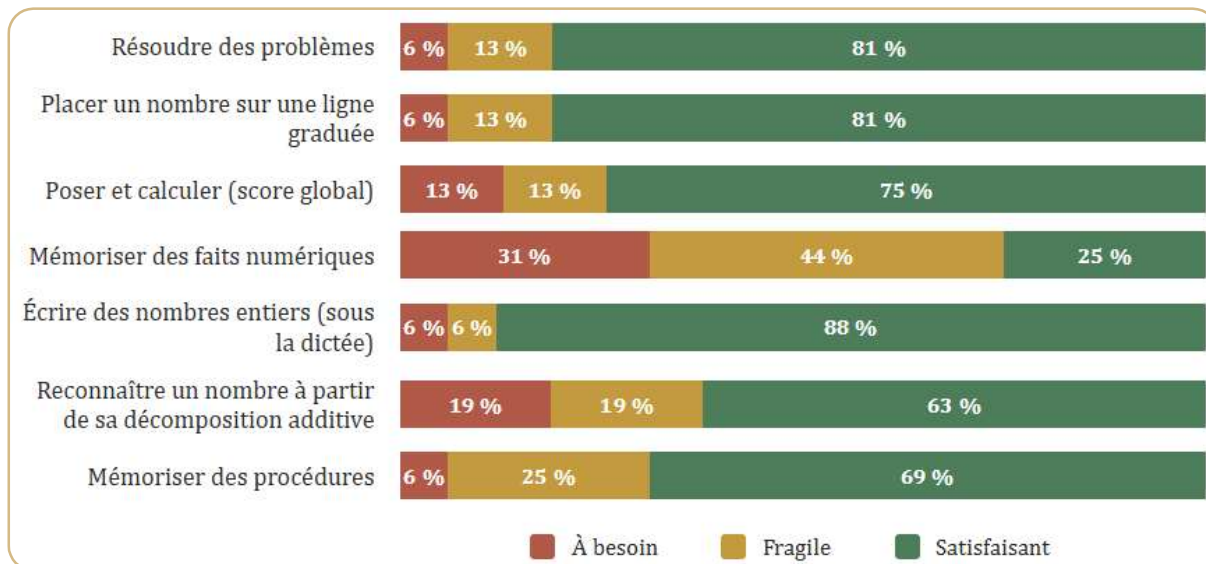


Figure 7 : Répartition des niveaux de maîtrise par test spécifique CM1

Les résultats détaillés sur chacun des tests spécifiques étaient donnés pour chacun des élèves, avec notamment le nombre de questions réussies et le pourcentage de réussite associé. J'ai donc pu établir un pourcentage de réussite global pour chacun des tests spécifiques.

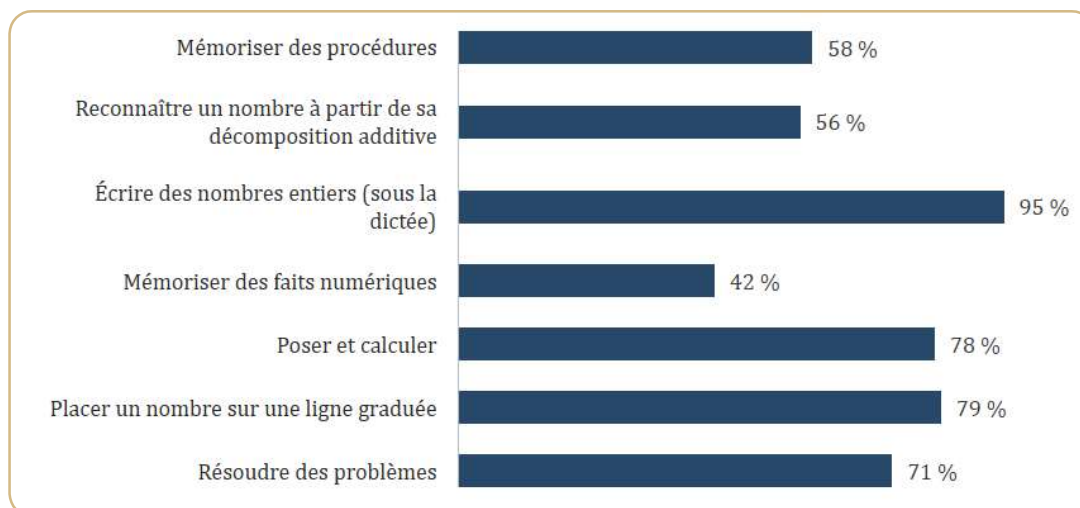


Figure 8 : Score globaux de réussite sur les différents tests spécifiques (CM1)

Les tests spécifiques les moins réussis globalement sont :

- Mémoriser des faits numériques
- Reconnaître un nombre à partir de sa décomposition additive
- Mémoriser des procédures

Analyse des résultats de CM2 (42 élèves)

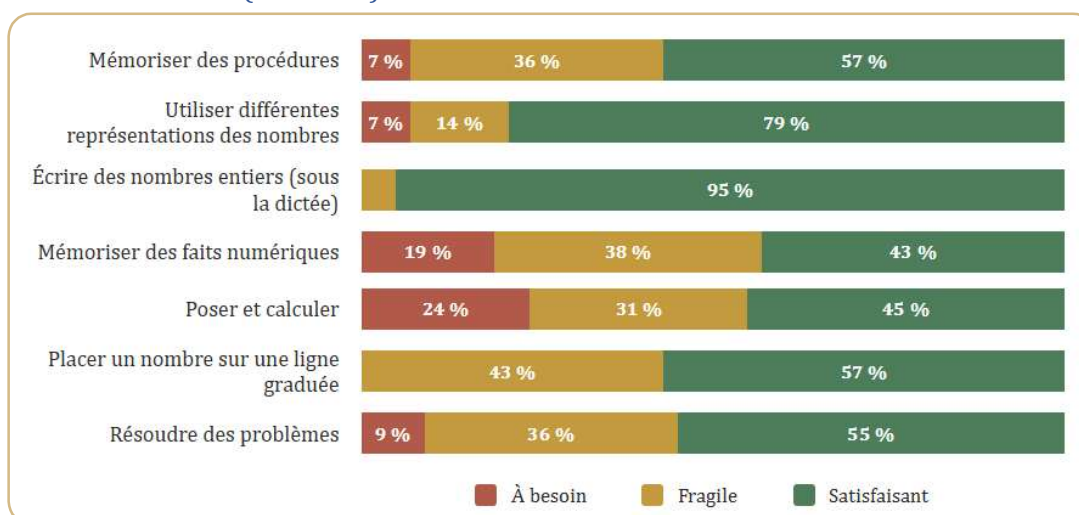


Figure 9 : Répartition des niveaux de maîtrise par test spécifique CM2

J'ai établi un pourcentage de réussite global pour chacun des tests spécifiques :

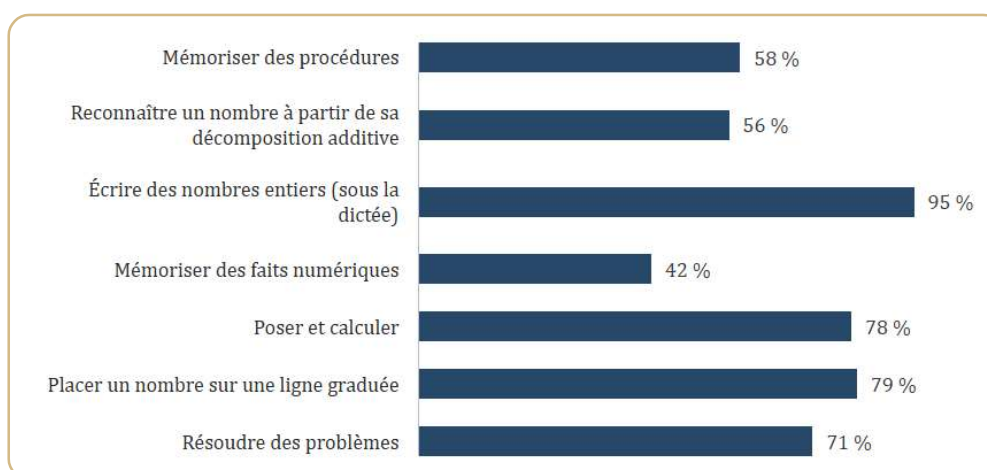


Figure 10 : Score globaux de réussite sur les différents tests spécifiques (CM2)

Les tests spécifiques les moins réussis globalement sont :

- Mémoriser des faits numériques
- Poser et calculer
- Mémoriser des procédures

Les évaluations nationales proposées en CM1 et en CM2 n'abordent pas les notions géométriques, alors qu'elles représentent une part importante de l'enseignement.

Ceci est une première piste pour expliquer les résultats alarmants que j'ai constaté sur les élèves de sixième. Mais cela n'explique pas les résultats tout aussi alarmants obtenus par les collégiens des autres niveaux alors qu'ils ont eu deux à trois ans de pratique.

En dehors des résultats aux évaluations nationales, les professeurs des écoles m'ont fait part des difficultés rencontrées par leurs élèves sur la géométrie. Elles se traduisent essentiellement au niveau de la précision des tracés avec les outils géométriques, du codage des figures et sur la notion de symétrie axiale.

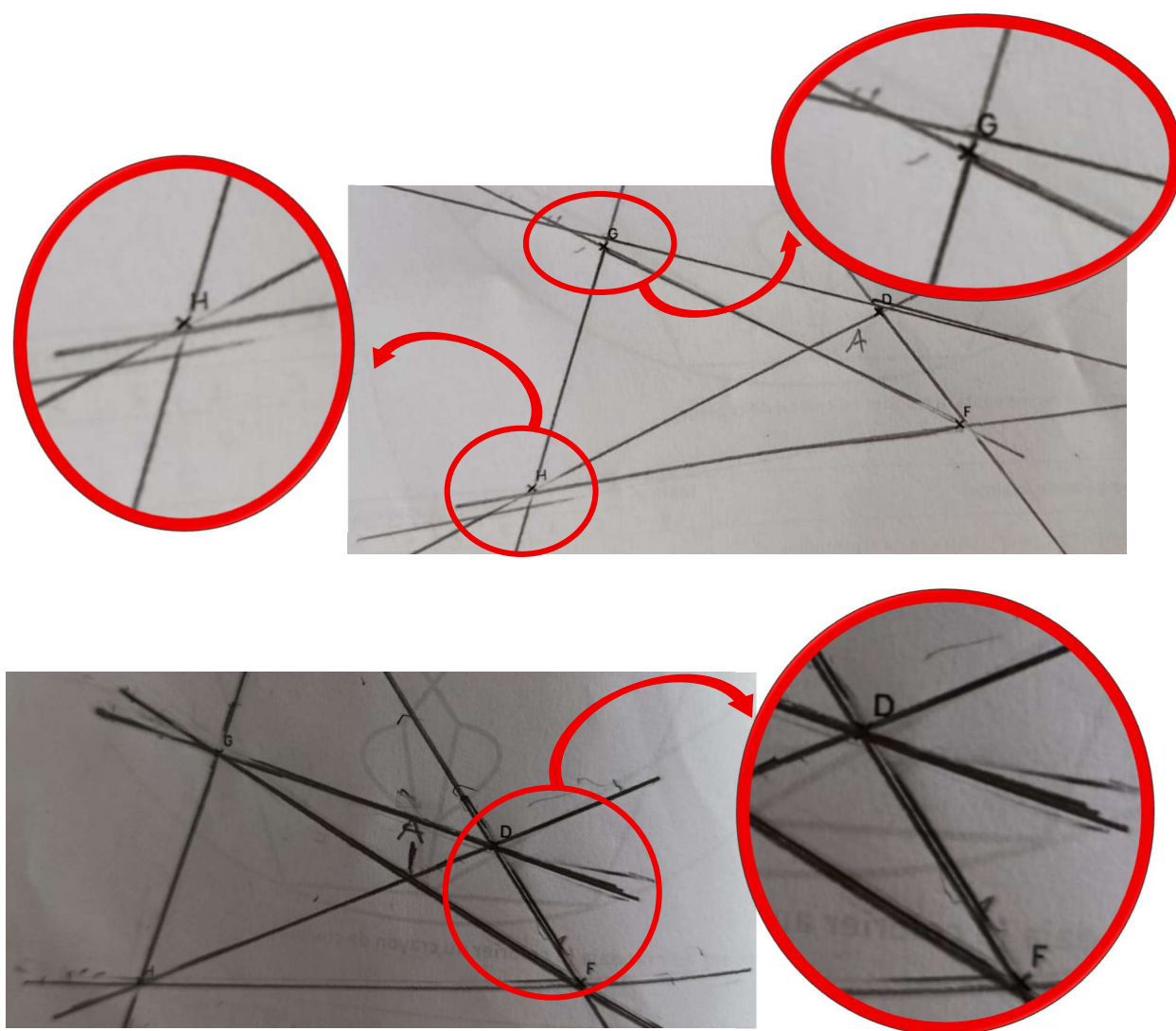
Note : Concernant les tests spécifiques « Poser et calculer » ainsi que « Mémoriser des procédures », le Laboratoire de Mathématiques du Collège Les Cités Unies propose pour ses classes de 5ème un projet d'EPI couplé avec l'Histoire-Géographie sur le thème du calcul au Moyen-Âge avec des abaques, en exploitant le CorMeCoULi.

Concernant le test spécifique « Résolution de problèmes », un autre projet inter-degré est mené entre les 6èmes du collège et des CM1-CM2 de l'école primaire de la Tour l'Aleron sur un échange de problème et la réalisation d'un escape game numérique.

I1b. Précision des tracés géométriques

Les élèves ont du mal à faire des tracés propres ou précis, même si les enseignants passent beaucoup de temps en classe à utiliser les instruments de géométrie comme la règle, l'équerre, le compas. Les tracés sont imprécis, par exemple pour le cas des droites parallèles et perpendiculaires, les élèves ont tendance à mal positionner leur équerre. Le tracé de droites passant par deux points donnés est également imprécis : la droite à tracer ne passe pas ces points. Le soin apporté aux tracés laisse parfois à désirer : les élèves peuvent repasser leurs tracés, laissant ainsi une figure peu soignée.

Ces constats ont également été retrouvés auprès des élèves de sixième, lors de leur première évaluation en géométrie. Ci-dessous, des productions d'élèves de sixième dont l'exercice consistait à tracer des droites pour déterminer des points d'intersection.



I1c. Codage des figures

Les élèves de CM1 et CM2 ont beaucoup de mal à se défaire des outils de mesure pour identifier la nature d'objets géométriques (équerre pour trouver des angles droits, règle graduée déterminer la mesure des côtés, ...). Dans la même idée, les différents triangles et quadrilatères étudiés au cycle 3 sont retenus dans leur configuration prototypique :

- Le carré est « posé » sur son côté

- Le losange est « planté » sur un sommet
- Le rectangle est « posé » sur sa longueur (plus longue que sa largeur)
- Le triangle isocèle est « posé » sur sa base
- ...

Lorsqu'on présente un polygone sous une configuration non prototypique, les élèves ont beaucoup plus de mal à l'identifier.

Le codage des figures est une partie du programme qui met en difficulté les élèves car ils doivent s'abstraire de tout ce qu'ils ont fait auparavant, c'est-à-dire se fier à leurs yeux, à ce qu'ils voient.

II. Proposition de remédiation

Suite à ces analyses et à l'échange que j'ai eu avec les enseignantes de l'école primaire de l'Orée du Bois, j'ai identifié les thèmes importants à travailler dans le domaine de la géométrie :

- L'identification des polygones usuels avec des configuration non prototypiques, avec le codage
- La précision des tracés
- La symétrie axiale

Notre souhait était de co-intervenir auprès des élèves de CM1 et de CM2 afin de proposer une remédiation sur ces points. J'ai la chance d'avoir deux heures hebdomadaires pour le laboratoire de mathématiques qui coïncide avec des heures d'enseignement en primaire. J'ai décidé d'intervenir dans l'enceinte de l'école primaire selon ces modalités :

- Les mardis après-midi, de 13h30 à 15h sur la 5^{ème} période (5 mai au 30 juin)
- Auprès d'élèves issus de 2 classes :
 - Classe de CM2 : 30 élèves
 - Classe de CM1-CM2 : 13 CM2 et 16 CM1
- Séances de 45 minutes

II.1. Matériel spécifiquement conçu pour les séances

Les membres du laboratoire de mathématiques ont eu l'opportunité de participer à la formation « MATHS CRÉONS ET JOUONS ENSEMBLE » encadrée par Nicolas Lemoine et Cyril Michau. Nous avons déjà lancé le projet de remédiation en géométrie et avons ainsi créé quatre jeux qui seront mis en pratique avec les élèves. Tous les jeux ont été inventés par le laboratoire et réalisés à la main, via impression, plastification et découpage.

L'utilisation de jeux de société mathématiques en géométrie est particulièrement pertinente car elle permet de rendre les apprentissages plus concrets et motivants pour les élèves. En manipulant des formes ou en résolvant des défis, les élèves développent leur compréhension des notions géométriques de manière active. Le jeu favorise également l'engagement, la coopération et la réflexion stratégique, tout en réduisant l'anxiété souvent associée aux mathématiques. Ainsi, il constitue un outil pédagogique efficace pour apprendre autrement et consolider les compétences de façon ludique.

A plusieurs reprises d'ailleurs, des élèves ont demandé avec entrain « est-ce qu'on va encore jouer aujourd'hui ? », comme si ces séances n'étaient pas à vocation éducative mais uniquement ludiques.

II.1a. Geobble : Configurations non prototypiques



Le but du Geobble est similaire à celui du Dooble. Il y a 57 cartes strictement différentes sur lesquelles figurent 8 triangles et quadrilatères de différente nature et couleur. Sur une paire de carte, il existe une et une seule figure en commun : même nature, même couleur, mais dans les proportions différentes.

Sur l'exemple ci-contre, c'est le triangle isocèle jaune qui est en commun. Il existe plusieurs modes de jeu, mais dans chaque mode, l'élève qui identifie la figure présente en deux exemplaires gagne des points.

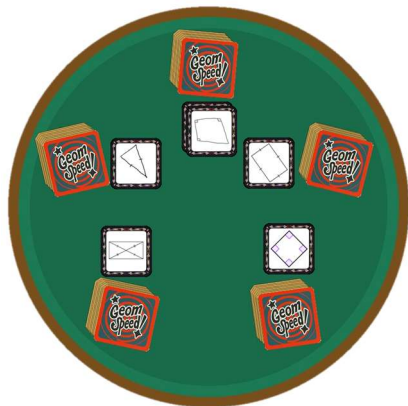
Le Geobble permet de consolider les acquis sur l'identification des figures géométriques suivantes :

- Le triangle isocèle
- Le triangle rectangle
- Le triangle équilatéral
- Le triangle isocèle rectangle
- Le losange
- Le rectangle

- Le carré
- Le trapèze rectangle

Les cartes sont de forme circulaire et l'agencement des huit figures est aléatoire : les figures sont dans des configurations non prototypiques. Ainsi, les élèves travaillent l'identification des polygones grâce aux propriétés « visibles » sur les côtés et angles.

II1b. GeomSpeed : Identifications de figures usuelles avec le codage



Le but du GeomSpeed est similaire à celui du JungleSpeed. Les joueurs doivent identifier sur les cartes des autres joueurs s'il y a une figure de la même nature que celle sur sa carte. Contrairement au Geobble où l'élève se fie à ce qu'il voit, dans le GeomSpeed, il doit analyser sa figure et le codage qui y figure.

Sur l'exemple ci-contre les deux cartes du haut représentent des rectangles. Celle en bas à droite un parallélogramme et celle en bas à gauche un quadrilatère quelconque.

Le GeomSpeed permet de consolider les acquis sur l'identification des figures suivantes à partir de leur codage :

- Le triangle isocèle
- Le triangle rectangle
- Le triangle équilatéral
- Le triangle isocèle rectangle
- Le losange
- Le rectangle
- Le carré

Le GeomSpeed permet d'aborder l'identification des polygones de manière progressive :

- Figures à main levée avec codage des côtés et des angles
- Figures à main levée avec codage des diagonales (quadrilatères uniquement)
- Figures semblant en vraie grandeur mais dont le codage prédomine
- Figures trompeuses dont les grandeurs suggèrent une nature, mais le codage en indique une autre

II1c. Mathimagicien et Maths de Foot : Précision du tracé



Le but de Mathimagicien est similaire au jeu Imagicien. Les élèves suivent un programme de construction écrit sous la forme d'une recette de potion magique. La figure obtenue est un objet clairement identifiable. Lorsque l'objet est identifié, les élèves ont possibilité de vérifier leur réponse en scannant le QR-Code au dos de la carte. Ce QR-Code renvoie vers un cadenas numérique dont le mot de passe est le nom de l'objet identifié.

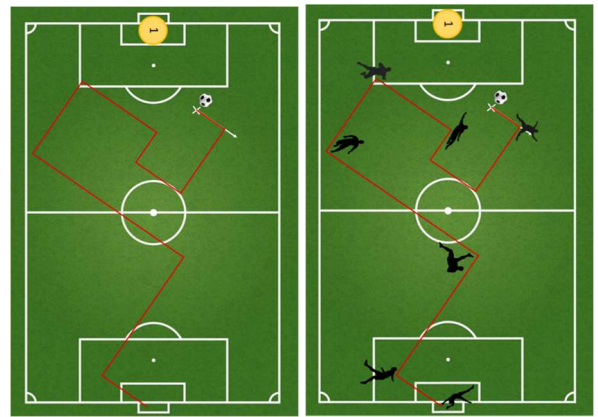


Dans l'exemple ci-contre, la recette n°1 donne un poisson.

Le but du jeu Maths de Foot est de faire tracer les élèves avec une grande précision (en termes de longueur et de mesure d'angle). Les élèves doivent suivre les indications d'un entraîneur pour essayer de marquer un but. Si le tracé est suffisamment précis, la balle entrera dans le but adverse en évitant les défenseurs.



Exemple de plan de jeu



Tracé associé et superposition de la défense adverse

II.2. Séances et objectifs

La planification des séances et les objectifs ont été revus en cours d'intervention, car sur la période 5, de nombreuses activités et sorties ont perturbé le planning initial. Voici le tableau synthétique des séances réalisées :

	Thèmes géométriques abordés Support	Objectifs
1	Rappels sur les figures : Les différents quadrilatères et triangles Les reconnaître, les identifier <i>Géobble</i>	• Identifier les quadrilatères et triangles • Revoir les propriétés de base (côtés et angles) • Se faire une image mentale des triangles et quadrilatères
2	Séance au collège : Géométrie et numérique <i>Compas dans l'œil</i> Milieu, Symétrie, parallèle, perpendiculaire	• Apprendre à utiliser l'ordinateur (souris, clavier, ...) • Créer des automatismes visuels • Améliorer la précision des tracés à la main
3	Propriétés sur les figures Importance du codage <i>Geom Speed</i> : mode facile avec les figures en vraies grandeurs + codage	• Reconnaître des polygones usuels à partir de leurs propriétés • Passage de la géométrie GI à la géométrie GII puis à la géométrie GIII (<i>Paradigmes géométriques et enseignement de la géométrie</i> Catherine Houdement, Alain Kuzniak)
4	Visite du collège : <i>Maths de Foot</i>	• Tracer des perpendiculaires de manière précise • Tracer des segments de mesure donnée de manière précise
5	Séance au collège (suite) : Géométrie et numérique <i>Compas dans l'œil</i> Milieu, Symétrie, parallèle, perpendiculaire	• Apprendre à utiliser l'ordinateur (souris, clavier, ...) • Créer des automatismes visuels • Améliorer la précision des tracés à la main

Le détail du déroulé des séances est donné en annexe (IX1).

II3. Evaluations diagnostiques

I1a. Test spécifique « Espace et Géométrie »

Je pense que les séances sur GeoGebra permettront aux élèves de se sentir plus à l'aise avec l'outil numérique et plus particulièrement son utilisation en géométrie. J'espère constater un impact positif sur les résultats aux évaluations nationales d'entrée en sixième.

Cette analyse se tiendra donc à la rentrée 2026-2027 où je vais comparer les résultats des élèves de l'Orée du Bois à ceux des autres écoles sur le tests spécifiques « Espace et Géométrie ». En effet, je pense qu'il existe deux freins à la réussite des élèves dans ce test spécifique :

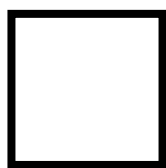
- le manque d'aisance face à l'outil numérique, notamment pour les élèves qui n'ont que très peu manipulé un ordinateur (certains découvrent l'effet du clic de la souris lors de l'évaluation)
- le manque d'habitude de manipuler des objets géométriques sur des logiciels, notamment GeoGebra

En levant ces difficultés, ces séances devraient avoir des effets visiblement positifs sur la réussite des élèves dans le test spécifique « Espace et Géométrie ».

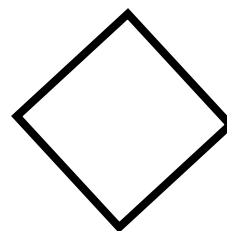
I1b. Importance du codage des figures et aisance géométrique

Cette étude cherche à mesurer concrètement l'effet de l'intervention sur deux difficultés bien connues en géométrie du cycle 3 :

- La reconnaissance de figures dans des configurations non prototypiques avec une orientation inhabituelle.

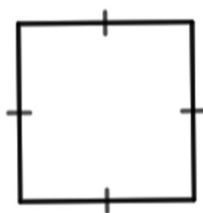


Configuration prototypique d'un carré, « posé » sur un de ses côtés.



Configuration non prototypique du même carré, bien souvent assimilé à un losange.

- La reconnaissance fondée sur le codage plutôt que sur l'apparence visuelle : une figure qui ressemble à un carré n'en est un que si le codage le confirme. En l'absence de codage, le quadrilatère est quelconque.



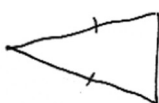
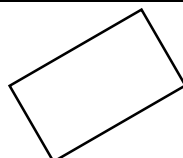
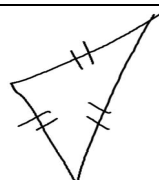
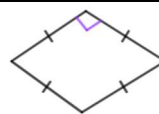
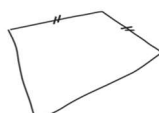
Cette figure ressemble à un carré, dans sa configuration prototypique, mais le codage n'indique pas d'angle droits.
Cette figure est donc un losange

L'intervention compare deux groupes : un groupe « intervention » de deux classes ayant bénéficié de l'intervention pédagogique et un groupe « témoin » de deux classes n'ayant pas bénéficié de l'intervention sur la période étudiée.

Trois évaluations diagnostiques (ED) ont été passées par les élèves. Les énoncés des évaluations diagnostiques sont donnés en annexe (IX2)

- ED-1 : évaluation initiale, identique pour les deux groupes ;
- ED-2 : évaluation strictement identique à ED-1 (mêmes items), passée après quelques séances pour le groupe intervention, et également repassée par le groupe témoin (permettant d'isoler un éventuel effet de réapprentissage du test lui-même, indépendant de l'intervention) ;
- ED-3 : évaluation portant sur les mêmes compétences mais avec une présentation différente, permettant de tester le transfert des apprentissages à un nouveau format.

Chaque figure a été catégorisée selon deux axes, permettant une lecture plus fine des résultats que le simple score global. Le premier axe définit le type de figure et est expliqué dans le tableau suivant :

Code	Catégorie	Description	Exemple
NC	Configuration non-prototypique Codage cohérent	La figure ne ressemble pas spontanément à ce qu'elle est, mais le codage l'indique clairement.	 Cette figure, bien qu'à main levée, ressemble à un triangle isocèle. Cette hypothèse visuelle est confirmée par le codage. Cette figure est un triangle isocèle.
NA	Configuration non-prototypique Codage absent	La figure a l'air d'une figure particulière dans une configuration prototypique, mais le codage ne l'indique pas : elle est effectivement quelconque.	 Cette figure ressemble à un rectangle. Cette hypothèse visuelle n'est pas confirmée car le codage est absent. La figure est quelconque
N2P	Configuration doublement non prototypique Codage Piègeur	La figure semble avoir une nature particulière, dans une configuration non prototypique, mais le codage indique une nature différente	 Cette figure, bien qu'à main levée ressemble à un triangle rectangle dans une configuration non prototypique, car il n'est pas « posé » sur un des côtés de l'angle droit. Le codage indique trois côtés de même longueur : c'est un triangle équilatéral, dans une configuration non prototypique
PP	Configuration prototypique Codage piègeur	La figure a l'air d'une figure particulière dans une configuration prototypique, mais le codage le contredit : la figure n'est pas ce qu'elle semble, mais elle n'est pas quelconque	 Cette figure ressemble visuellement à un losange. Cette hypothèse visuelle n'est pas confirmée par le codage qui indique la présence d'un angle droit. La figure est un carré.
QC	Quadrilatère quelconque Codage cohérent	La figure semble quelconque et le codage n'est pas suffisant pour indiquer une nature particulière	 Cette figure ne ressemble pas à une figure particulière, le codage va également dans ce sens. La figure est quelconque.

Un second axe distingue le type de tracé : M (main levée) et D (figure « droites », semble en vraies grandeurs) et. Les catégories NA, N2P et PP sont celles qui mobilise le plus directement la compétence visée par l'intervention : lire le codage plutôt que se fier à l'apparence.

Le tableau suivant répertorie chacune des figures présentes dans les évaluations diagnostiques. ED1-1.7 fait référence à la figure 7 de l'exercice 1 de l'évaluation diagnostique 1. L'ED-2 étant identique à l'ED-1, seules ED-1 et ED-3 sont répertoriées.

Catégorie	Nombre d'items	Figures associées
NC-M	6	ED1-1.2, ED1-1.4, ED1-1.6, ED1-1.7, ED1-1.8 ED3-1.8
NC-D	1	ED3-1.3
NA-D	20	ED1-2.1, ED1-2.2, ED1-2.3, ED1-2.4, ED1-2.5, ED1-2.6, ED1-3.1, ED1-3.2, ED1-3.3, ED1-3.4, ED1-3.5, ED1-3.6, ED1- 3.7 ED3-1.2, ED3-1.5, ED3-1.7 ED3-2.2, ED3-2.5, ED3-2.7, ED3-2.9
N2P-M	4	ED1-1.3, ED1-1.5, ED1-1.9 ED3-1.6
PP-D	6	ED1-1.10 ED3-1.1, ED3-1.4 ED3-2.1, ED3-2.3, ED3-2.8
PP-M	2	ED3-2.4, ED3-2.6
QC-M	2	ED1-1.1, ED3-1.9

III. Collecte des données

Près d'une centaine d'élèves, issus de deux écoles du secteur (Orée du Bois pour le groupe intervention et Tour l'Aleron pour le groupe témoin), ont participé à l'expérimentation. La grande majorité a passé les trois évaluations diagnostiques. Cela représente donc près de **300** copies à analyser dont chacune compte une vingtaine de figures.

Au final, près de **6000** réponses ont été récoltées et reportées dans un tableur et a représenté un travail long et fastidieux, mené copie par copie. Cette saisie rigoureuse a permis d'avoir toutes les données ordonnées de manière très organisée. Cela a ainsi permis de construire des diagrammes et faire des tests statistiques de manière plus automatisée.

Pour chaque figure à analyser, j'ai mis dans un tableur la bonne nature associée, mais aussi la réponse la plus probable que pourraient fournir les élèves dans le cas où la figure serait trompeuse (catégories NA, N2P ou PP). Un code couleur a été appliqué :

- **Vert** : Bonne réponse
- **Bleu** : Réponse en vraies grandeurs (par exemple on reconnaît la forme d'un rectangle, mais il n'a aucun codage qui indique cela)
- **Jaune** : Réponse partiellement juste (par exemple triangle isocèle à la place de triangle isocèle rectangle)
- **Rouge** : Réponse « totalement » fausse

Voici un extrait d'une feuille de calcul concernant l'ED-2, sur l'exercice 2, pour le groupe intervention. On peut y voir la catégorie de la figure, sa nature correcte, ainsi que la nature en vraie grandeur (celle attendue pour un élève qui ne prendrait pas en compte le codage). Sont répertoriées ensuite les réponses des élèves de la classe avec un code couleur spécifique.

L	M	N	O	P	Q
Exercice 2 — Quadrilatères					
Quadrilatère 1	Quadrilatère 2	Quadrilatère 3	Quadrilatère 4	Quadrilatère 5	Quadrilatère 6
Quadrilatère quelconque	Quadrilatère quelconque	Quadrilatère quelcc	Quadrilatère quelconque	Quadrilatère quelconque	Quadrilatère quelconque
PP-I	PP-I	PP-I	PP-I	PP-I	PP-I
Rectangle	Trapèze	Carré	Parallélogramme	Losange	Trapèze rectangle
Trapèze rectangle	Trapèze	Carré	Losange	Rectangle	Quadrilatère quelconque
Trapèze	Trapèze rectangle	Losange	Trapèze	Quadrilatère quelconque	Rectangle
Rectangle	Trapèze rectangle	Carré	Trapèze	Losange	Quadrilatère quelconque
Rectangle	Trapèze	Carré	Trapèze rectangle	Quadrilatère quelconque	Quadrilatère quelconque
Rectangle	Trapèze	Carré	Trapèze rectangle	Quadrilatère quelconque	Trapèze rectangle
Rectangle	Trapèze	Carré	Trapèze rectangle	Losange	Quadrilatère quelconque
Rectangle	Trapèze rectangle	Carré	Losange	Trapèze	
Rectangle	Trapèze rectangle	Carré	Rectangle	Losange	Trapèze
Rectangle	Trapèze	Carré	Trapèze	Trapèze rectangle	Quadrilatère quelconque
Rectangle	Trapèze rectangle	Carré	Trapèze	Trapèze rectangle	Quadrilatère quelconque
Carré	Rectangle	Carré	Rectangle	Carré	Trapèze rectangle
Rectangle	Trapèze rectangle	Carré	Losange	Quadrilatère quelconque	Trapèze
Rectangle	Quadrilatère quelconque	Carré	Trapèze rectangle	Losange	Trapèze
Rectangle	Trapèze	Carré	Quadrilatère quelconque	Rectangle	Trapèze rectangle
Rectangle	Trapèze	Carré			Quadrilatère quelconque
Rectangle	Trapèze	Carré	Trapèze rectangle	Losange	Quadrilatère quelconque
Rectangle	Trapèze rectangle	Carré	Rectangle	Losange	Trapèze

Cette organisation a permis de calculer, pour chaque figure et groupe, le pourcentage par type de réponse, ainsi qu'un score individuel par élève. Les graphiques comparatifs entre les deux groupes ont été produits directement à partir de ces données.

Le tableau partiel suivant présente, pour l'ED-2, le score global obtenu sur chacun des exercices, ainsi que la répartition en pourcentage des types de réponses, à l'échelle de l'évaluation dans son ensemble et exercice par exercice. Ces données permettent d'établir le score global de la classe.

Exercice 1	Exercice 2	Exercice 3	Global
20	16,7	28,6	21,7
20	16,7	28,6	21,7
20	16,7	28,6	21,7
30	33,3	28,6	30,4
30	16,7	28,6	26,1
60	16,7	14,3	34,8
20	0	28,6	17,4
40	0	28,6	26,1
70	16,7	42,9	47,8
40	16,7	14,3	26,1
10	0	0	4,3
30	16,7	14,3	21,7
10	16,7	14,3	13
50	16,7	28,6	34,8
20	16,7	28,6	21,7
30	16,7	28,6	26,1
0	0	0	0

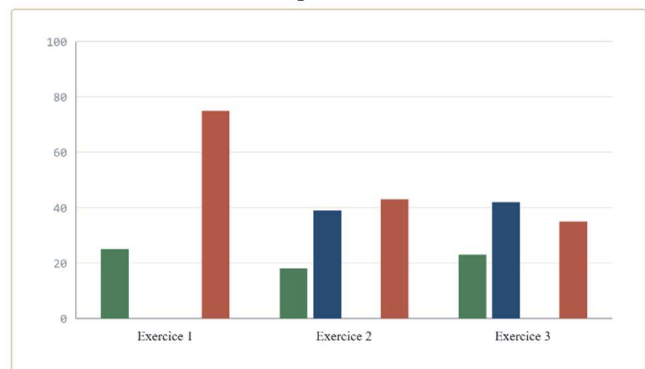
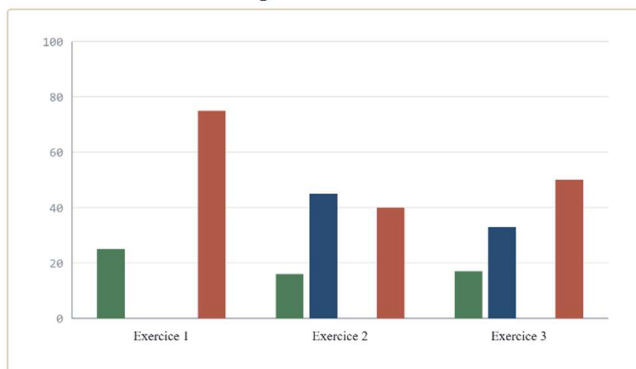
Exercice 1	Exercice 2	Exercice 3	Global
43,3	14,9	19,7	28,7
0	48,9	62,1	31,6
0	0	0	0
56,7	36,2	18,2	39,7

La répartition des types de réponses par exercice a ensuite permis de construire des représentations graphiques pour chaque groupe, à chacune des trois évaluations.

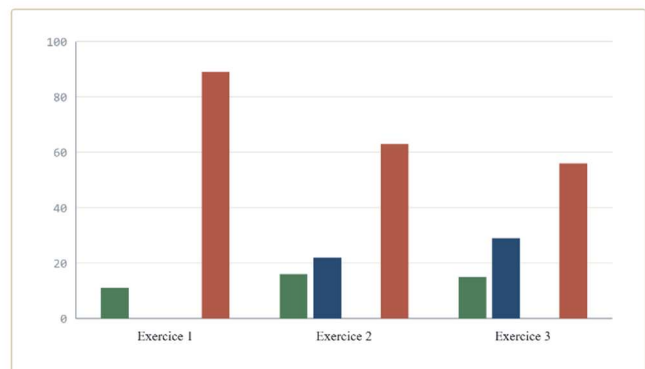
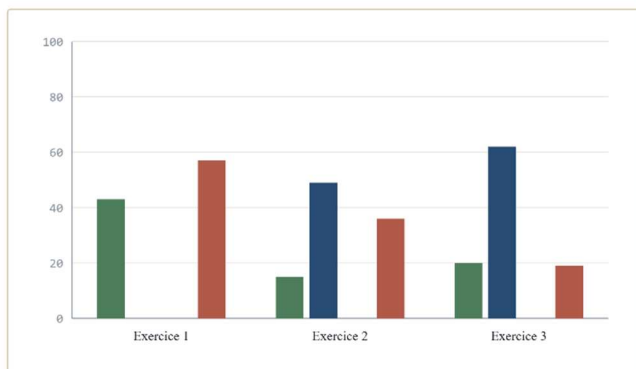
Groupe intervention

Groupe témoin

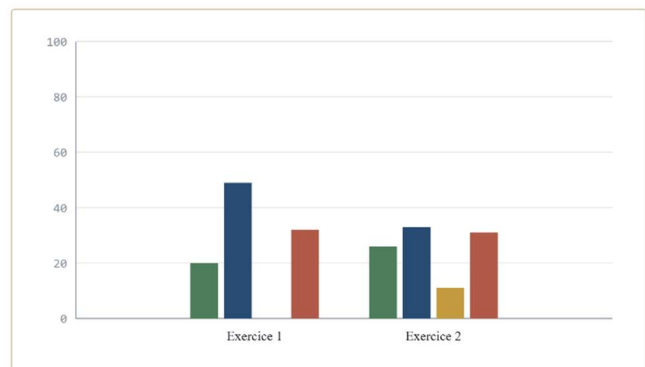
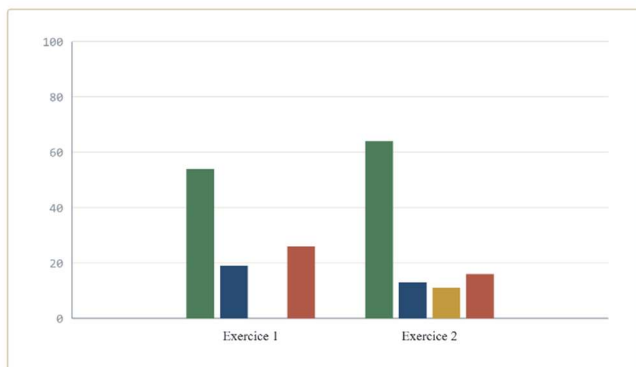
ED-1



ED-2



ED-3



En comparant visuellement les résultats j'observe :

- Une **augmentation du pourcentage de bonnes réponses** (barres vertes) entre les évaluations diagnostiques 1 et 2 (ED-1 et ED-2) pour la classe intervention, et plus particulièrement pour l'exercice 1. Ces augmentations sont plus sensibles pour les autres exercices.
- Une **diminution du pourcentage de réponses fausses** (barres rouges) entre ED-1 et ED-2 pour le groupe intervention. Ces diminutions semblent se faire au profit d'une augmentation des réponses en vraies grandeurs pour les exercices 2 et 3. C'est un progrès notable, mais pas idéal, car les élèves font abstraction de l'absence de codage.
- Une **augmentation nette du pourcentage de bonnes réponses à ED-3** pour la classe intervention. Cette progression est très encourageante pour valider l'hypothèse d'un effet positif de l'intervention.
- Une **légère baisse du pourcentage de bonnes réponses entre ED-1 et ED-2 pour la classe témoin**. Et des résultats très similaires à ED-1 pour ED-3.

Ces résultats semblent encourageants, mais je voulais pousser l'analyse plus loin qu'un simple aspect visuel. C'est pourquoi les analyses statistiques qui suivent sont indispensables pour sortir de l'interprétation intuitive.

IV. Méthodologie statistique

R est un logiciel et langage de programmation principalement utilisé pour le calcul statistique, l'analyse de données et la visualisation graphique. Il est très prisé en recherche, en data science et en biostatistique pour manipuler des données et créer des modèles statistiques. Mon dernier usage de R remonte à environ dix ans.

Plutôt que d'y revenir à la hâte, j'ai choisi d'utiliser le langage Python, suffisamment complet pour les besoins de cette étude, notamment ses bibliothèques SciPy et Pingouin.

Les analyses statistiques mobilisées dans cette étude sont d'une complexité suffisante pour que leur exposition détaillée (hypothèses, résultats intermédiaires, interprétation statistique) nuise à la lisibilité des conclusions. Intégrer ces développements au fil du texte aurait alourdi la lecture et fragmenté le raisonnement. Le détail des tests est donc reporté en annexe, où le lecteur souhaitant examiner la démarche statistique dans son intégralité pourra s'y référer.

IV1. L'effet de réapprentissage

Le groupe intervention a passé deux fois exactement la même évaluation (ED-1 et ED-2), avec l'intervention pédagogique entre les deux passations. Une progression du score entre ED-1 et ED-2 chez ce groupe ne peut donc pas être attribuée uniquement à l'intervention. En effet, une partie de cette progression peut venir du simple fait d'avoir déjà vu le test une première fois (mémorisation des questions qui ne surprennent plus, familiarisation avec le format, ...), indépendamment de tout apprentissage réel.

Pour mesurer l'effet net de l'intervention sans l'effet de réapprentissage, il faut disposer d'une mesure de ce dernier, c'est-à-dire la progression que l'on observerait en repassant le même test sans aucune intervention entre les deux passations. C'est précisément le rôle du groupe témoin, qui a repassé ED-2 sans bénéficier de l'intervention.

L'effet net de l'intervention est donc calculé via le delta noté Δ (à savoir une différence positive ou négative) entre les scores aux ED1 et ED2 du groupe intervention et le delta entre les scores aux ED1 et ED2 du groupe témoin. Mathématiquement, cela donne :

$$\begin{aligned}\text{Effet net} &= \Delta_{ED2-ED1 \text{ groupe intervention}} - \Delta_{ED2-ED1 \text{ groupe témoin}} \\ &= (\text{Score}_{ED2 \text{ groupe intervention}} - \text{Score}_{ED1 \text{ groupe intervention}}) - (\text{Score}_{ED2 \text{ groupe témoin}} - \text{Score}_{ED1 \text{ groupe témoin}})\end{aligned}$$

IV2. Traitement des données manquantes

Un nettoyage préalable des données a été nécessaire : certains élèves enregistrés dans le fichier de résultats étaient en réalité absents lors d'une passation, ce qui aurait artificiellement fait chuter leur score à 0% si on les avait conservés. Ces élèves ont été exclus du calcul pour l'évaluation concernée, sans toutefois être exclus des autres évaluations où ils étaient présents. Seuls les élèves ayant répondu à au moins un item ont été retenus pour chaque comparaison.

De même, pour les comparaisons appariées (avant/après), seuls les élèves ayant passé les deux évaluations concernées ont été conservés, ce qui réduit légèrement les effectifs par rapport au nombre total d'élève de chaque groupe. Les effectifs des deux groupes seront donnés pour chaque comparaison.

IV3. Les tests statistiques utilisés

Compte tenu des effectifs modestes (35 à 56 élèves selon les comparaisons) et de la nature des données (scores en pourcentages), des tests non paramétriques ont été privilégiés : le test de Wilcoxon pour les comparaisons intra-groupe (mêmes élèves avant/après) et le test de Mann-Whitney pour les comparaisons inter-groupe.

La significativité est évaluée via la p-value (seuil conventionnel : $p < 0,05$) et complétée par une taille d'effet r .

La pertinence de cette approche a été vérifiée visuellement à partir des distributions des deltas et détaillée en annexe(IX5b).

Le détail complet de chaque test est présenté en annexe (IX3b pour le test de Wilcoxon et IX3c pour le test de Mann-Withney).

IV4. Limites méthodologiques

Cette étude ne peut pas être associée à un essai randomisé : l'affectation des classes au groupe intervention ou témoin n'est pas aléatoire. La possibilité de différences de composition entre groupes (niveau initial, contexte de classe, enseignant, etc.) est donc bien réelle et pourrait fausser les résultats.

Concernant la quantité de données analysées, les effectifs ont beau être honorables pour une étude en contexte scolaire réel à petite échelle, il réside tout de même un déséquilibre d'effectif entre le groupe intervention et le groupe témoin. Le groupe témoin est presque 30% plus petit que le groupe intervention, ce qui rend les évolutions de ce groupe entre les ED-1 et ED-2 (fatigue de fin de période, baisse de motivation pour un test perçu comme sans enjeu, ...) plus impactantes que sur un plus grand effectif.

Pour le cas particulier de l'analyse par catégorie de figures, les effectifs sur certaines d'entre elles deviennent plus modestes. Ainsi les résultats obtenus sont statistiquement moins robustes.

V. Analyse des évaluations diagnostiques

V1. Comparabilité initiale des groupes

Avant le début de l'intervention face aux élèves, les élèves des deux groupes découvrent l'ED-1 avec sensiblement le même degré de connaissance au niveau de la reconnaissance des figures. Une variation des savoirs géométriques et aisance face à ce type de figures existe tout de même car les élèves n'ont pas forcément suivi la même progression et n'ont pas abordé les concepts de la même manière avec leur enseignant(e).

J'ai voulu vérifier si les deux groupes avaient un niveau initial différent sur la reconnaissance de figures. Concernant les scores globaux pour l'ED-1, les deux groupes sont proches avec **19,7%** en moyenne pour le groupe intervention ($n=52$) contre **22,9%** pour le groupe témoin ($n=50$).

Cette différence n'est pas statistiquement significative, ce qui confirme que les deux groupes partaient d'un niveau globalement comparable sur l'ED-1. Le détail du test de Mann-Withney utilisé est présenté en Annexe (IX4a).

Les écarts qui pourront être observés plus loin dans ce document ne s'expliqueront donc pas par une différence de niveau préexistante entre les classes.

L'écart entre les deux groupes de 15,2 points est lui-même beaucoup trop marqué pour être expliqué par le hasard de la composition des groupes.

V2. Évolution du score global entre ED-1 et ED-2

Sur les élèves présents aux deux passations ($n=49$ pour le groupe intervention, $n=35$ pour le groupe témoin après exclusion des absences), l'évolution du score global entre ED-1 et ED-2 est la suivante.

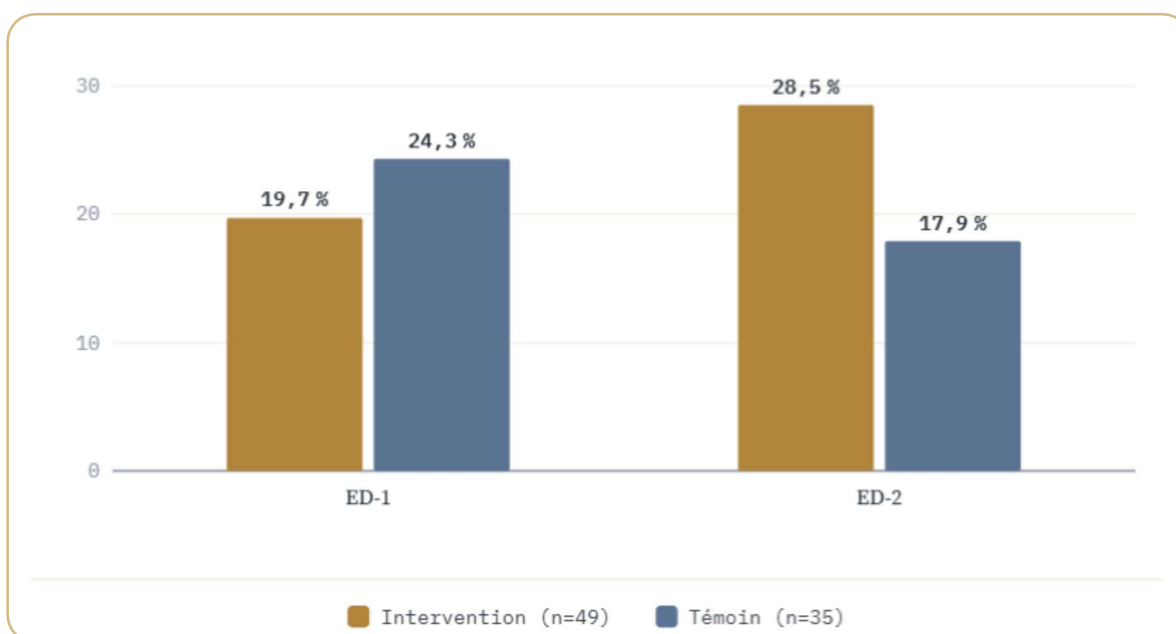


Figure 11 : Evolution du score global sur ED-1 et ED-2

Le groupe intervention a progressé comme attendu. La surprise vient du groupe témoin : nous anticipions une progression modérée (effet de réapprentissage seul), mais il régresse de **6,5** points. C'est le résultat le plus inattendu de cette analyse.

Cela contredit l'hypothèse usuelle d'un effet de réapprentissage positif (amélioration du score liée à la simple familiarité avec le test), et invite à la prudence dans l'interprétation.

Groupe	ED-1 (%)	ED-2 (%)	Évolution (pts)
Intervention (n=49)	19,7	28,5	+8,8
Témoin (n=35)	24,3	17,9	-6,5

On trouve alors un effet net de l'intervention de +15,2 points (+8,8 - (-6,5)) en faveur du groupe intervention.

Afin de déterminer si les progressions des deux groupes étaient significatives, j'ai réalisé deux tests de Wilcoxon sur les deltas observés. De même j'ai réalisé un test de Mann-Whitney pour comparer les deux groupes. Le détail complet est présenté en Annexe (IX4b).

On peut conclure que le groupe intervention progresse réellement et que cela n'est pas dû au hasard, mais le groupe témoin régresse également réellement sans que cela ne soit dû au hasard.

L'écart entre les deux groupes de 15,2 points est lui-même beaucoup trop marqué pour être expliqué par le hasard de la composition des groupes.

La régression du groupe témoin entre ED-1 et ED-2 m'a beaucoup étonné et il m'a semblé important de me pencher sur les explications à ce phénomène. Les élèves du groupe témoin ont fait ces évaluations sans mon intervention. Un intervenant externe est particulièrement stimulant pour les élèves qui se projettent ainsi sur leur rentrée en sixième. De plus, l'ED-2 peut être perçue comme une simple répétition de l'ED-1 et générer un sentiment de lassitude ou de motivation moindre. L'enjeu pédagogique des évaluations a certainement été moins apparent pour ces élèves. Certains élèves du groupe témoin n'ont pas répondu à toutes les questions et ont même parfois rendu une copie blanche, peut-être à cause de cet effet de lassitude ou de perte d'enjeu. Ce sous-effectif partiel sur certains items peut accentuer la régression des résultats sans nécessairement traduire une vraie perte de compétence.

Un autre point important est que les élèves du groupe témoin ont passé l'ED-2 à un moment différent que le groupe intervention, dans des conditions météorologiques difficiles (chaleur extrême, fin d'année imminente). La fatigue des élèves a très probablement été plus élevée que dans le groupe intervention.

Même si cela nous semble peu probable et contre intuitif, cette régression peut s'expliquer par une dérive réelle. Cette possibilité ne peut pas être exclue mais il faudrait récolter des données complémentaires (observation de la passation, entretiens individuels, ...). Malheureusement, par manque de temps, cette étude complémentaire n'a pas pu être effectuée.

Cette régression renforce la conclusion principale : l'écart entre les deux groupes ne peut pas s'expliquer par un simple effet de réapprentissage du test (qui aurait dû, si présent, profiter symétriquement aux deux groupes). Elle invite cependant à une lecture prudente de l'ampleur exacte de l'effet net rapporté (**+15,2** points), qui pourrait être en partie gonflé par cette dérive du témoin plutôt que purement porté par le seul gain du groupe intervention.

V3. Transfert à un nouveau format (ED-3)

ED-3 reprend les mêmes compétences avec une présentation différente (autres figures, mélange direct des catégories NA, N2P et PP au sein des mêmes exercices). Il s'agit ici d'une comparaison transversale entre groupes (élèves différents d'un groupe à l'autre, pas de suivi individuel).

Voici la moyenne des scores globaux obtenus pour chacun des groupes ainsi que l'écart-type associé. A titre de précision, l'écart-type mesure la dispersion des scores individuels autour de la moyenne : il donne une idée de l'homogénéité de chaque groupe. Si l'écart-type est grand, les données sont très dispersées et s'il est petit, les données sont plus homogènes autour de la moyenne.

Groupe	Score global ED-3 (%)	Écart-type
Intervention (n=55)	63,5	25,6
Témoin (n=46)	29,2	13,4

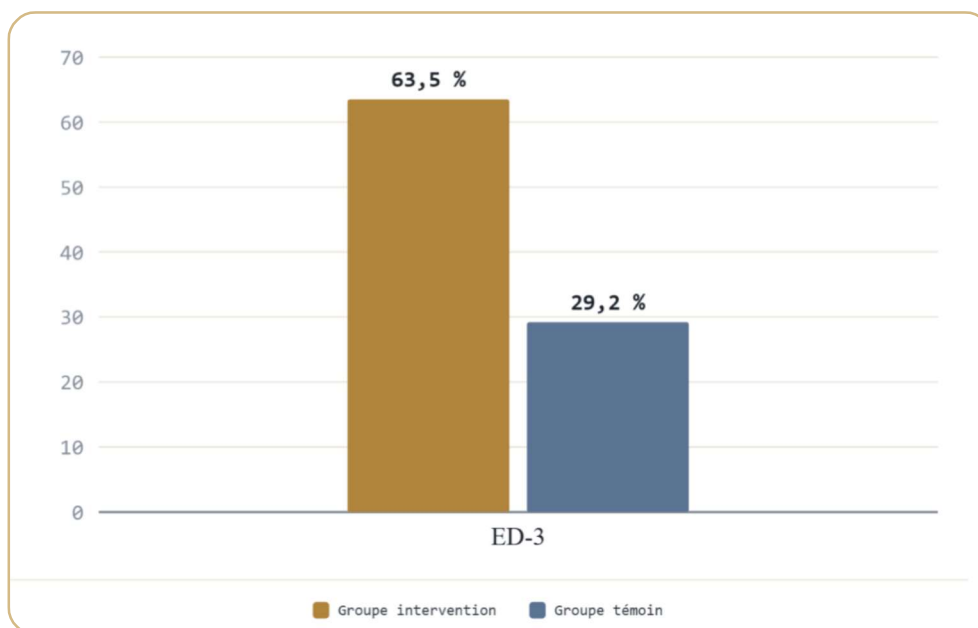


Figure 12 : Score global de réussite pour ED-3

Les scores globaux et les écarts-types sont très éloignées entre les deux groupes, il m'a semblé pertinent de représenter leur dispersion à l'aide d'une boîte à moustache (appelé aussi boxplot).

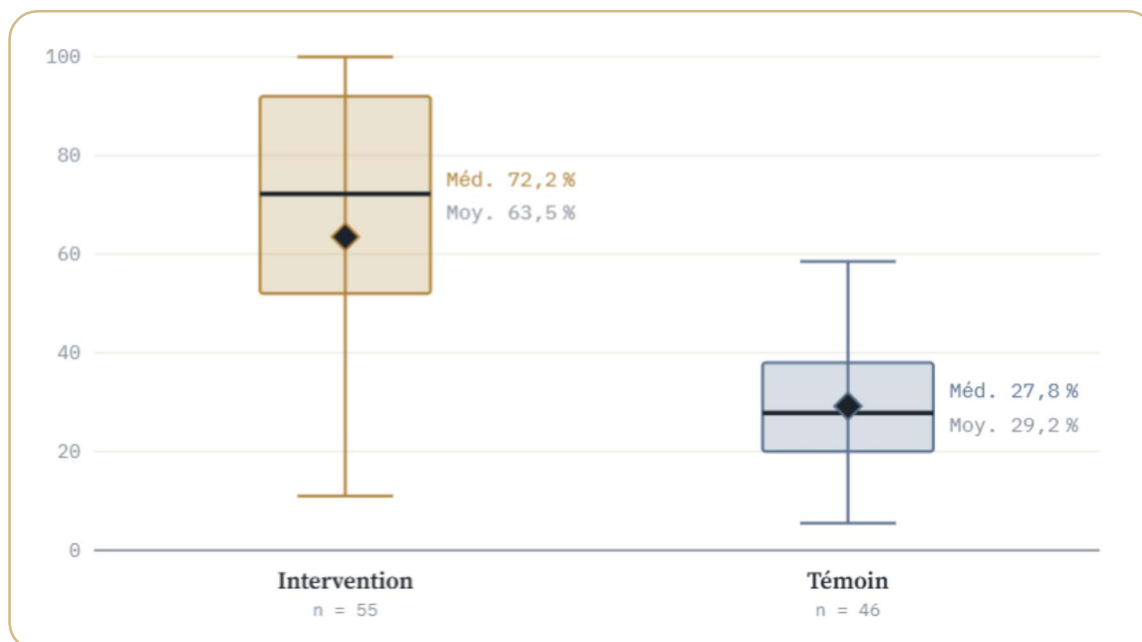


Figure 13 : Distribution des scores de réussite globaux pour ED-3

On remarque que la médiane du groupe intervention (**72,2%**) est bien au-dessus de la moyenne (**63,5%**). Lorsqu'on recoupe cette information avec l'écart-type élevé (**25,6 points**), on en déduit que le groupe est tiré vers le bas par quelques élèves très faibles. La forte hétérogénéité du groupe est confirmée par l'écart interquartile (**40 points**).

Pour le groupe témoin, la médiane (**27,8%**) et la moyenne (**29,2%**) sont très proches. L'écart-type plutôt petit et l'écart interquartile faible confirme une distribution plus symétrique et resserrée.

Les deux boîtes ne se chevauchent quasiment pas ce qui illustre visuellement la séparation nette entre les deux groupes. On observe un écart moyen de **+34,3 points** en faveur du groupe intervention.

Un test de Mann-Whitney confirme que l'écart de score entre les deux groupes est très important et statistiquement très significatif. Le détail est présenté en Annexe (IX4c).

Ces résultats confirment l'existence d'un effet de transfert robuste de la séquence d'intervention. Les élèves du groupe intervention obtiennent des scores significativement supérieurs sur une évaluation qu'ils n'avaient jamais rencontrée, mobilisant les mêmes compétences dans une présentation inédite. Cet écart de +34,3 points, validé statistiquement, ne peut être attribué à une simple familiarisation avec le format des exercices : il témoigne d'une appropriation plus profonde des notions de géométrie et de fractions travaillées durant la séquence.

V4. Catégorie NA : configuration non-prototypique et codage absent

La catégorie NA occupe une place centrale dans notre analyse, car elle mobilise deux compétences à la fois : repérer une figure hors de sa configuration habituelle, et comprendre que l'absence de codage signifie "quelconque".

Je vais ainsi analyser deux types de réponse des élèves : le score de réponse en vraies grandeurs (l'élève reconnaît ainsi la figure dans sa configuration non prototypique) et le score de réussite (l'élève dépasse ce stade et se fie uniquement au codage inexistant et en déduit que la figure est quelconque).

A titre de rappel, la catégorie NA repose sur 20 figures.

V4a. Score de réussite

Voici la représentation en barre des scores de réussite des deux groupes entre l'ED-1 et l'ED-2 :

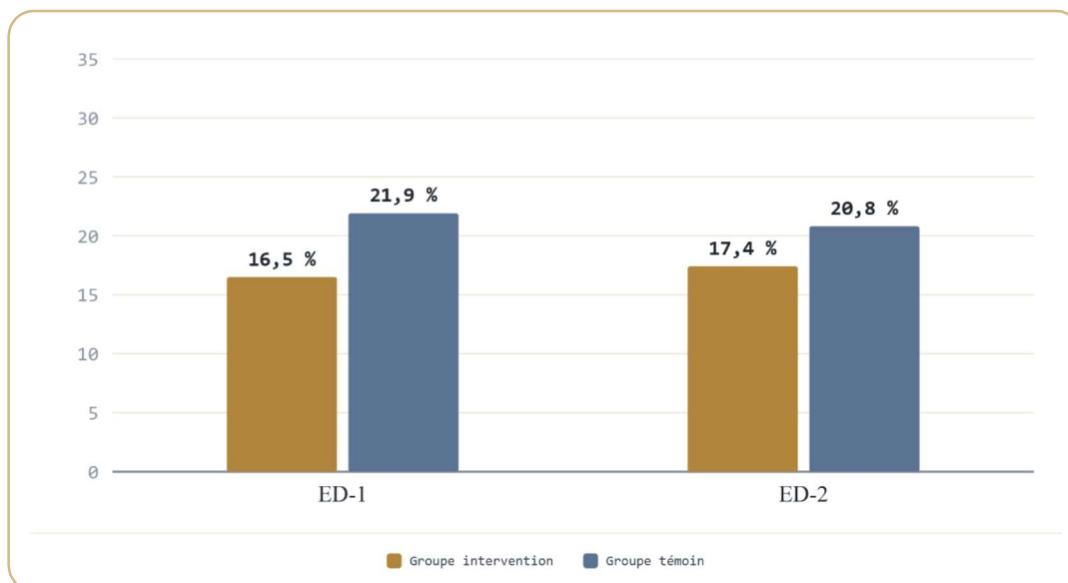


Figure 14 : Evolution du score sur la catégorie NA entre ED-1 et ED-2

La progression ne semble pas significative, quel que soit le groupe étudié car les évolutions sont minimales :

Groupe	ED-1 (%)	ED-2 (%)	Évolution (pts)
Intervention (n=49)	16,5	17,4	+0,9
Témoin (n=34)	21,9	20,8	-1,1

On trouve alors un effet net de l'intervention de +2 points (+0,9-(-1,1)) non significatif, avec des tests de Wilcoxon sur les deltas. Ces tests sont détaillés en Annexe (IX4d).

Nous en déduisons que l'intervention n'a pas eu d'effet entre l'ED-1 et l'ED-2 concernant la catégorie NA.

Lorsque l'on regarde maintenant les résultats entre les deux groupes sur l'ED-3, les résultats sont tout autre, comme on peut l'observer sur ce diagramme en barres :

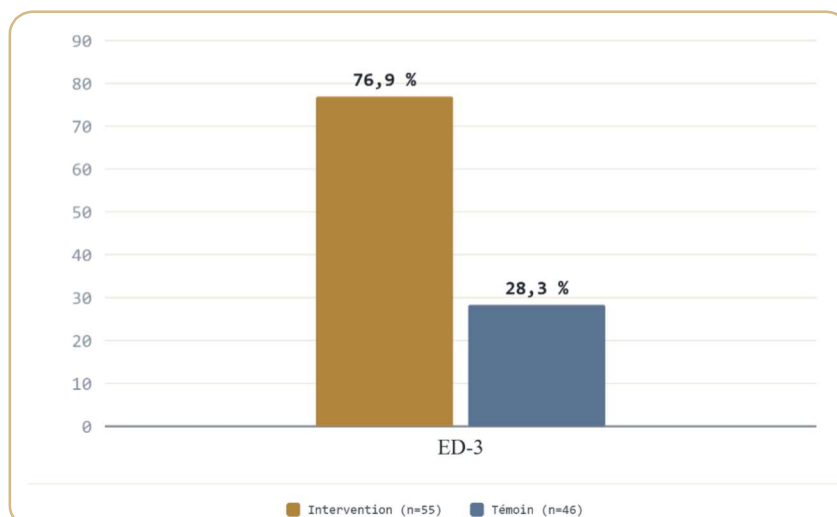


Figure 15 : Score sur la catégorie NA pour ED-3

J'ai réalisé un test de Mann-Whitney pour mesurer la significativité de cet écart. La différence très prononcée entre les deux groupes est confirmée et statistiquement très significative : l'impact de l'intervention a été important sur l'effet de transfert. Le détail est en Annexe (IX4d).

L'intervention produit ainsi un effet de transfert marqué sur la catégorie NA : là où les deux groupes étaient comparables en ED-1 et ED-2, un écart très significatif se creuse en ED-3 en faveur du groupe intervention. Les élèves ayant bénéficié de la séquence parviennent davantage, face à des figures inédites, à s'affranchir de la configuration prototypique et à raisonner sur le seul codage.

V4b. Réponses en vraies grandeurs

Même si les résultats précédents sont très satisfaisants et gratifiants quant à l'impact de notre intervention, j'ai voulu pousser notre analyse un peu plus loin. En effet, le manque d'impact de notre intervention sur les scores de réussite entre les ED-1 et ED-2 étaient un peu frustrant.

La catégorie NA a, comme énoncé plus haut, un double rôle, notamment dans la reconnaissance de figures en vraies grandeurs dans des configurations non prototypiques. Une réponse en vraies grandeurs est une erreur type de stratégie perceptive mais elle témoigne de la capacité d'un élève à reconnaître des configurations non prototypiques, même s'il n'applique pas la règle du codage absent. Cette compétence est difficile à acquérir pour les élèves, et la maîtriser est un point important en géométrie.

Voici la représentation en barre des réponses en vraies grandeurs des deux groupes entre l'ED-1 et l'ED-2 :

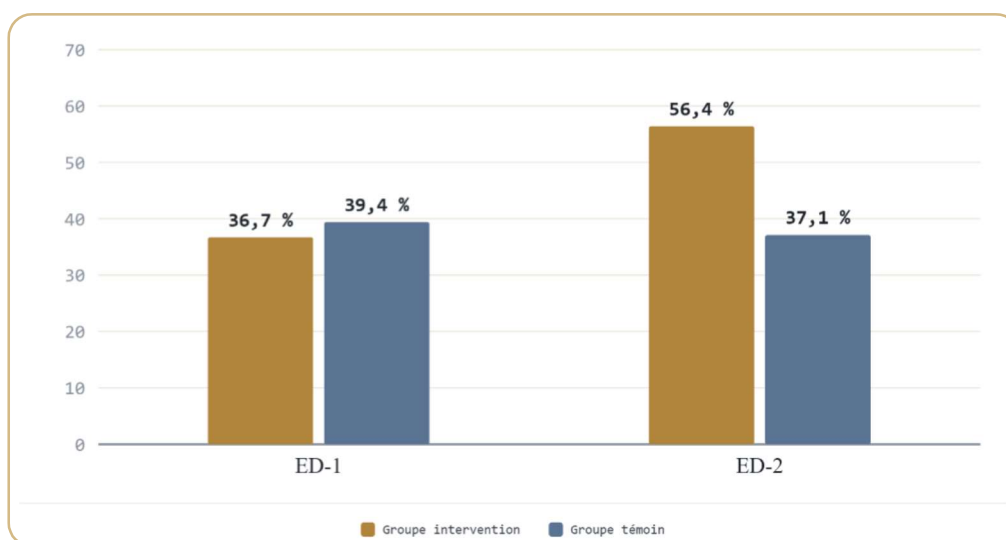


Figure 16 : Evolution du taux de réponse en vraies grandeurs entre ED-1 et ED-2

On remarque une hausse des réponses en vraies grandeurs dans le groupe intervention et une légère baisse chez le groupe témoin. Quantifions la significativité de ces résultats à l'aide de tests de Wilcoxon :

Groupe	ED-1 (%)	ED-2 (%)	Évolution (pts)
Intervention (n=49)	36,7	56,4	+19,6
Témoin (n=34)	39,4	37,1	-2,3

Cela confirme la hausse très significative du groupe intervention dans ses réponses en vraies grandeurs, alors que le groupe témoin reste stable. L'effet net de l'intervention (**+21,9** points) est également significatif et à effet large. Le détail est présenté en Annexe (IX4e).

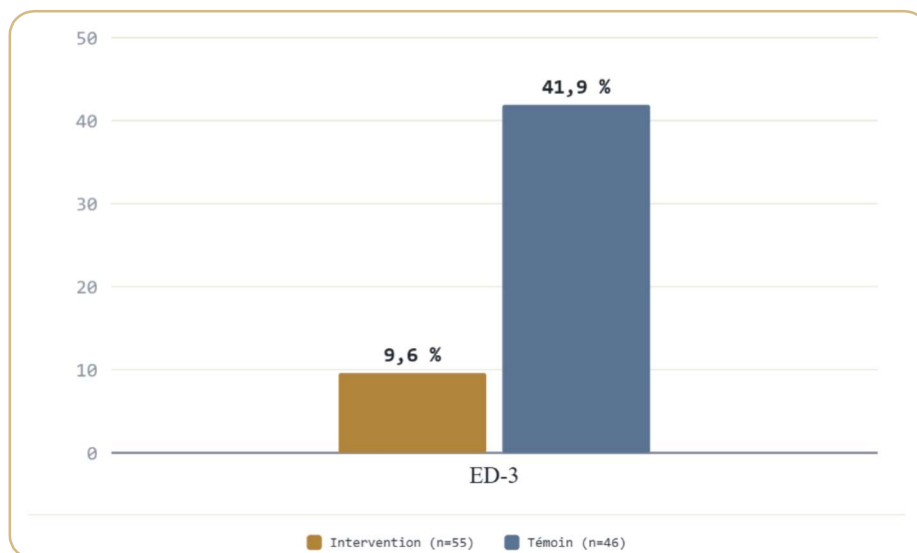


Figure 17 : Taux de réponse en vraies grandeurs pour ED-3

À l'inverse, on observe un abandon massif des réponses en vraies grandeurs dans le groupe intervention sur ED-3 : la quasi-totalité des élèves du groupe intervention présente un taux de vraie grandeur inférieur à presque tous les élèves du groupe témoin. Le détail du test de Mann-Whitney le confirmant est en Annexe (IX4e).

Nous en déduisons alors que notre intervention a eu un impact en deux temps. Tout d'abord, les élèves se sont saisis de la stratégie perceptive sur les figures de la catégorie NA, en les identifiant visuellement avec plus de justesse, malgré une configuration non prototypique. Ensuite, ils ont abandonné massivement cette stratégie pour appliquer la règle du codage absent pour en déduire que la figure était quelconque.

V5. Autres catégories

J'aurais souhaité pouvoir mener des analyses similaires sur les catégories de figures NC, N2P, PP et QC. Malheureusement, le nombre d'items pour chaque catégorie sur l'ED-1 (et donc l'ED-2) et l'ED-3 étaient très faibles. Par exemple certaines catégories n'avaient qu'un seul item (PP et QC en ED-1/ED-2 ; N2P en ED-3) ce qui limite la puissance statistique des tests statistiques utilisés. Ces derniers renvoyaient pour la plupart des valeurs non significatives.

J'ai choisi de présenter ici les données brutes, sans tests statistiques : le nombre d'items par catégorie est trop faible pour les appliquer valablement. Ces résultats sont à lire comme une tendance, pas comme une conclusion définitive. Une prochaine étude, avec des évaluations mieux calibrées au niveau du nombre d'items de chaque catégorie, permettrait d'aller plus loin avec la même rigueur.

Tout d'abord voici un graphique donnant l'évolution des scores de réussite sur chacune des catégories entre l'ED-1 et l'ED-2 :

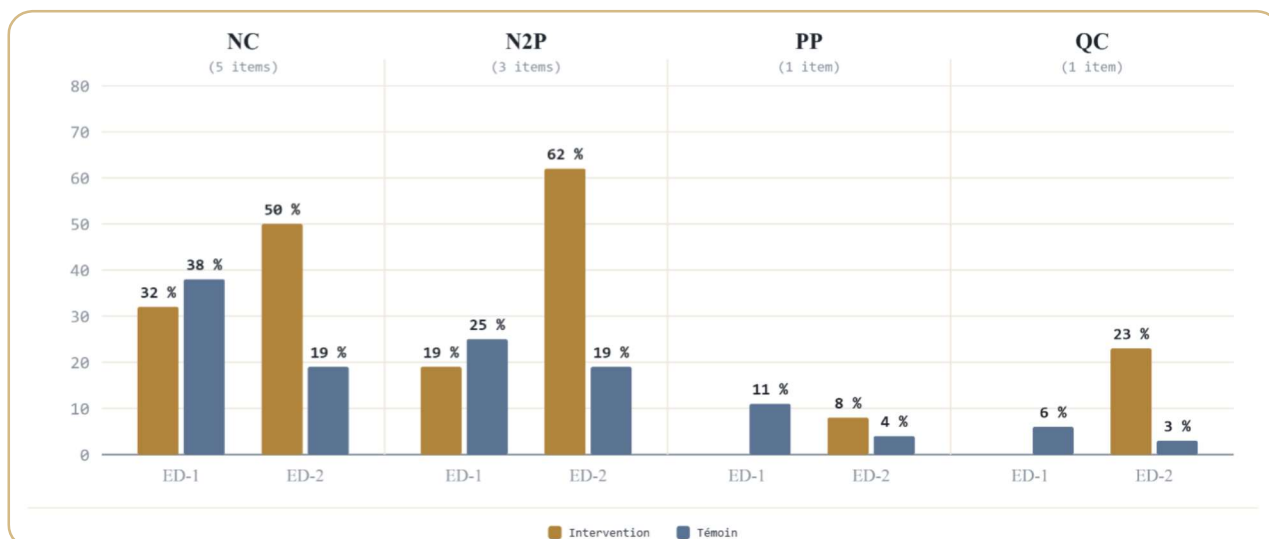


Figure 18 : Evolution du taux de réussite entre ED-1 et ED-2 pour les différentes catégories

Nous remarquons que les catégories NC et N2P montrent les évolutions les plus claires entre ED-1 et ED-2, en faveur du groupe intervention. A contrario, les catégories PP et QC ne permettent pas de conclusion, faute d'un nombre suffisant d'items.

Voici maintenant un graphique donnant les scores de réussite sur chacune des catégories pour l'ED-3 :

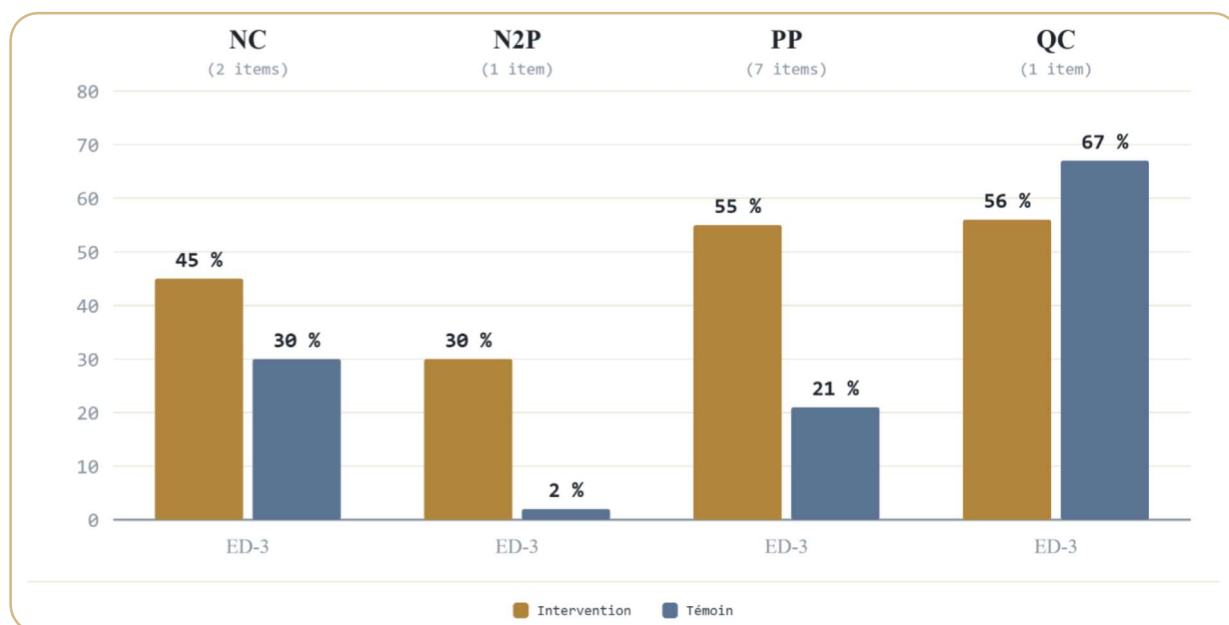


Figure 19 : Scores de réussite pour les différentes catégories pour l'ED-3

Concernant l'ED-3, la seule catégorie réellement interprétable est PP, avec 7 items. Elle montre un avantage clair du groupe intervention. Pour la catégorie NC, cette tendance est confirmée, dans des proportions moindres, mais est seulement indicative. Les catégories N2P et QC ne reposent que sur un seul item et ne permettent pas non plus de conclusion.

V6. Progression individuelle

J'ai dans les parties précédentes établi avec significativité que l'intervention a permis une progression nette de la classe sur les compétences visées. Je me suis demandé si cette progression était similaire par rapport au niveau de départ des élèves.

Pour cela, j'ai analysé la progression individuelle des élèves du groupe intervention à partir de deux indicateurs : la progression entre l'ED-1 et l'ED-2 et la progression entre l'ED-1 et l'ED-3.

J'ai réalisé un nuage de points avec en abscisse le score initial ED-1 et en ordonnée le delta absolu (score ED-2 ou ED-3 – score ED-1), afin d'isoler la part de progression due à l'intervention ou au transfert.

Les élèves sont répartis en trois terciles de niveau initial, représentés par des couleurs :

- **rouge** pour les faibles ($\leq 17\%$)
- **orange** pour les moyens ($17-26\%$)
- **vert** pour les forts ($> 26\%$)

La ligne pointillée $\Delta = 0$ marque l'absence de changement. Pour chaque nuage de points, j'ai testé six modèles de régression et comparés afin de tenter d'en trouver un adapté à la situation.

V6a. Effet de l'intervention entre ED-1 et ED-2

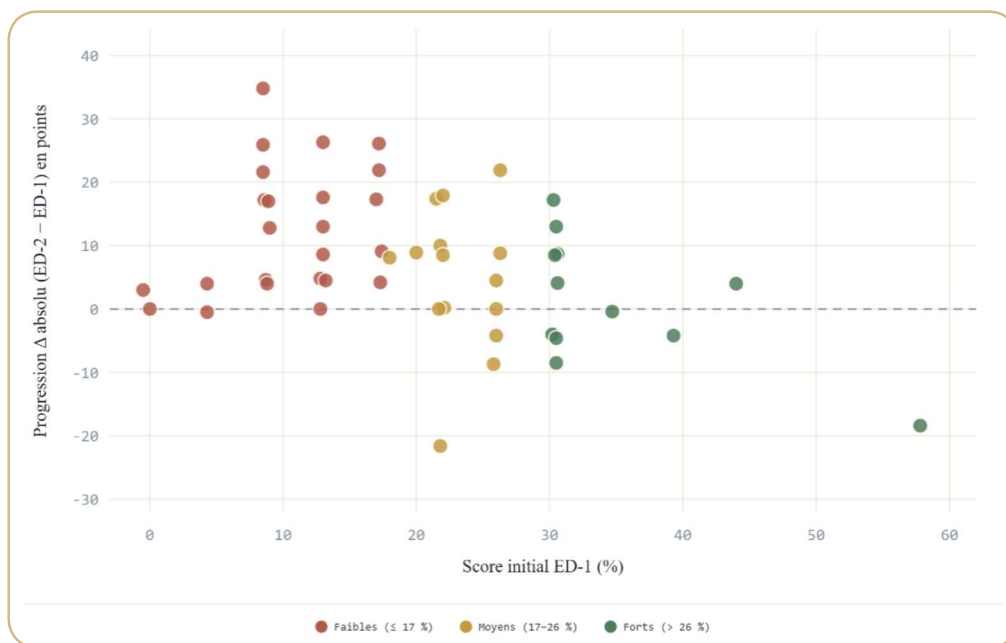


Figure 20 : Nuage de points de la progression entre ED-1 et ED-2 en fonction du score à l'ED-1 pour le groupe intervention

Une tendance décroissante est nettement visible : moins les élèves partent d'un niveau de départ faible, plus ils progressent. La dispersion est importante dans tous les groupes, ce qui indique une forte variabilité individuelle au-delà de l'effet du niveau initial.

Six modèles de régression décroissante ont été testés :

- linéaire, du type $y = ax + b$
- quadratique, du type $y = ax^2 + bx + c$
- cubique, du type $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$
- logarithmique, du type $y = a \ln(x + 1) + b$
- racine carrée, du type $y = a\sqrt{x} + b$
- inverse, du type $y = \frac{a}{x} + b$

Seules les régressions linéaire, quadratique et cubique ont donné des résultats significatifs. Ainsi, j'ai décidé de ne pas détailler les résultats pour les trois autres types de régression.

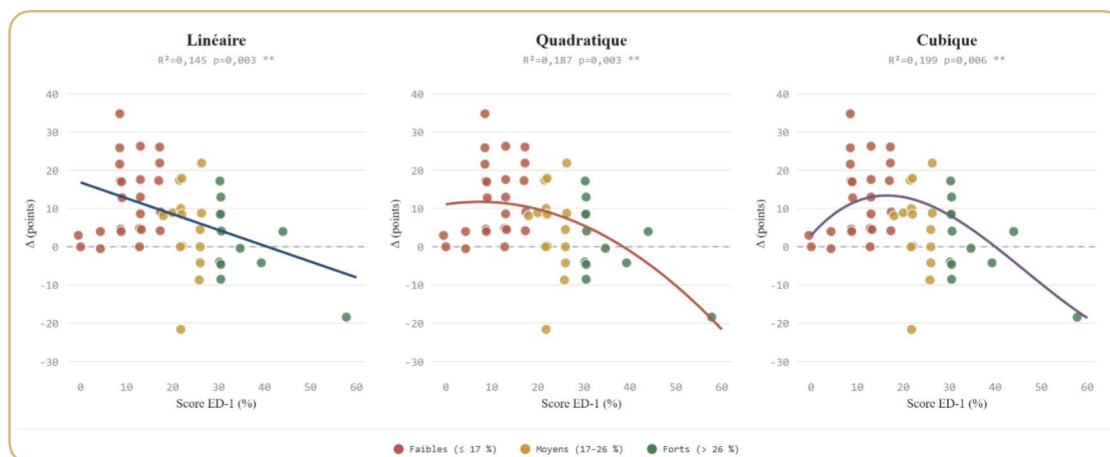


Figure 21 : Représentation des régressions linéaire, quadratiques et cubiques

Groupe	ED-1 (%)	R ²	pvalue
Linéaire	$y = -0,414 \cdot x + 16,82$	0,145	0,003
Quadratique	$y = -0,012 \cdot x^2 + 0,175 \cdot x + 11,11$	0,187	0,003
Cubique	$y = 0,00041 \cdot x^3 - 0,057x^2 + 2,31x + 1,96$	0,199	0,006

La relation entre niveau initial (score sur l'ED-1) et le delta entre ED-1 et ED-2 est décroissante et statistiquement significative. Les trois modèles polynomiaux (linéaire, quadratique, cubique) sont tous significatifs. Le modèle linéaire reste le plus défendable, du fait de son nombre de paramètres réduit (2 contre 3 pour la quadratique et 4 pour la cubique). En moyenne, chaque point en moins au score initial ED-1 correspond à une progression de **0,41** point entre ED-1 et ED-2.

L'effet pédagogique de l'intervention est réducteur d'inégalités : les élèves faibles progressent davantage que les élèves déjà performants.

V6b. Effet de l'intervention entre ED-1 et ED-3

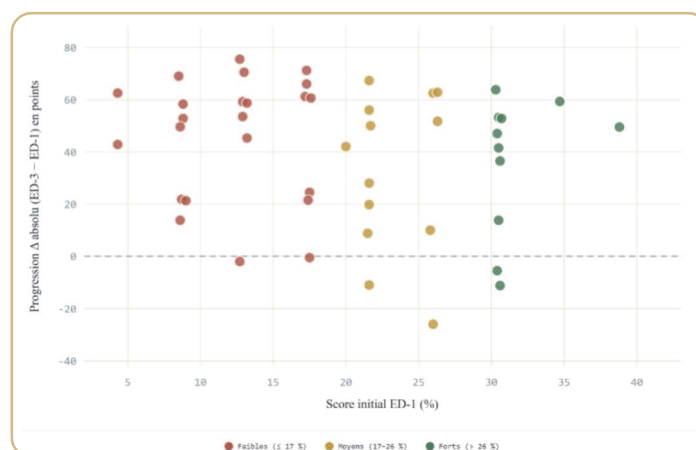


Figure 22 : Nuage de points de la progression entre ED-1 et ED-3 en fonction du score à l'ED-1 pour le groupe intervention

La progression est massive pour la quasi-totalité des élèves : presque tous les élèves ont progressé avec une moyenne de **+41,5** points. Seuls quelques élèves régressent légèrement, sans lien apparent avec leur niveau initial.

Lorsque j'ai testé les six types de régression, aucun n'a donné de résultat significatif. Ainsi, l'effet de transfert est indépendant du niveau initial : Que l'élève parte de **4 %** ou de **40 %**, il progresse en moyenne d'une quarantaine de points en ED-3. Ainsi, l'intervention a bénéficié à tous les profils d'élèves de façon homogène.

En combinant les deux analyses effectuées, nous concluons que l'intervention agit d'abord en comblant des lacunes basiques de reconnaissance avec un effet différentiel plus important chez les élèves les plus faibles. L'intervention installe ensuite une compétence plus profonde universelle, qui ne dépend plus du niveau de départ.

VI. Synthèse et conclusion générales

Les deux groupes étaient proches en ED-1 : 52 élèves dans le groupe intervention, 50 dans le groupe témoin (hors absents), avec un écart de seulement **3,2** points sur le score global, en faveur du groupe témoin. Le point de départ est donc comparable.

Entre ED-1 et ED-2, le groupe intervention progresse de **+8,8** points tandis que le groupe témoin régresse de **-6,5** points. Cette régression du groupe témoin est inattendue et elle s'explique vraisemblablement par une combinaison de démotivation, de conditions de passation défavorables en fin d'année et d'un enjeu pédagogique moins perceptible pour des élèves non accompagnés par l'enseignante du collège.

L'effet net de l'intervention est de **+15,2** points, statistiquement très significatif avec une taille d'effet large. Cette amplitude est à lire avec prudence : une partie peut être gonflée par la dérive du groupe témoin plutôt que portée uniquement par le gain du groupe intervention.

Sur l'ED-3, qui mobilise les mêmes compétences dans un format inédit, les scores globaux sont de **63,5 %** pour le groupe intervention contre **29,2 %** pour le groupe témoin, soit un écart de **+34,3** points, très significatif avec une taille d'effet large. La comparaison par boîte à moustaches confirme que les distributions des deux groupes ne se chevauchent quasiment pas.

Sur la compétence NA la plus exigeante (reconnaître qu'une figure est quelconque en l'absence de codage) l'intervention n'a pas produit de gain de réussite stricte entre ED-1 et ED-2. En revanche, les réponses en vraies grandeurs progressent de **+19,6** points dans le groupe intervention, contre **-2,3** points dans le groupe témoin. Cela révèle que les élèves ont d'abord acquis la capacité à reconnaître visuellement les configurations non prototypiques, puis ont massivement abandonné cette stratégie perceptive en faveur de la lecture du codage. Cela est confirmé par le score de réussite sur ED-3 : **76,9 %** pour le groupe intervention contre **28,3 %** pour le groupe témoin.

L'analyse des progressions individuelles apporte un éclairage supplémentaire. Sur l'évolution entre ED-1 et ED-2, la relation entre niveau initial et progression est linéaire décroissante et significative : les élèves faibles progressent davantage que les élèves déjà performants, conférant à l'intervention un effet réducteur d'inégalités. En revanche, l'intervention bénéficie à tous les profils d'élèves de façon égale en ce qui concerne le transfert (ED-3).

Conclusion Générale :

Les résultats montrent que l'intervention a eu un impact clair sur les apprentissages. Les élèves ne se sont pas contentés de retenir des réponses ou des procédures : ils ont développé une véritable compétence qu'ils sont capables de réutiliser dans des situations nouvelles.

L'effet observé est double. Dans un premier temps, l'intervention aide surtout les élèves les plus en difficulté en comblant certaines lacunes liées à la reconnaissance visuelle, ce qui contribue à réduire les écarts entre les élèves. Dans un second temps, elle permet à l'ensemble des élèves, quel que soit leur niveau initial, d'acquérir une maîtrise plus profonde et transférable des notions travaillées.

Ces résultats s'inscrivent dans une progression cohérente de l'apprentissage géométrique : les élèves passent progressivement d'une compréhension fondée sur l'apparence des figures à une compréhension fondée sur leur codage et leurs propriétés. L'intervention semble ainsi favoriser la construction d'une compétence durable, mobilisable au-delà des situations d'entraînement.

VII. Perspectives et applications concrètes

VII1. Poursuite de l'étude en 2026-2027

Une mesure importante de l'effet de l'intervention reste encore à mettre en place : quantifier l'effet de l'intervention sur les résultats aux évaluations diagnostiques d'entrée en sixième.

Cette mesure sera effectuée lors de la rentrée 2026-2027, sur les évaluations des élèves ayant participé à l'expérimentation. Cette dernière s'est déclinée sur deux niveaux, à savoir le CM1 et le CM2. L'effectif des deux groupes sera donc réduit, d'autant plus que des élèves de CM2 seront affectés sur d'autres établissements (dérogations, orientation dans le privé, ...). L'étude statistique sera alors moins robuste. Cependant, les données d'autres élèves seront disponibles et pourront ainsi agrandir l'effectif du groupe témoin de manières très significative.

Afin de garantir des tests statistiques valides sur toutes les catégories, ce projet sera poursuivi sur l'année scolaire 2026-2027 avec un recalibrage des évaluations diagnostiques. Nous veillerons à augmenter le nombre d'items par catégorie (NC, NA, N2P, PP, QC) pour que les tests soient tous significatifs.

Dans une optique de rayonnement du laboratoire du collège, nous souhaitons partager les jeux conçus ainsi que le protocole de l'intervention avec les collègues du réseau des laboratoires de mathématiques.

VII2. Propositions concrète d'application pour les équipes pédagogiques

À l'issue de cette recherche, deux axes d'application directe se dégagent, à destination des équipes pédagogiques souhaitant s'engager dans une démarche similaire.

VII2a. Apprentissage par le jeu mathématique

L'intégration de jeux mathématiques dans l'enseignement constitue un levier puissant pour l'implication des élèves et la consolidation des apprentissages. Le jeu favorise une mémorisation active, réduit l'anxiété face aux mathématiques et permet de revisiter des notions complexes dans un cadre motivant.

Plusieurs jeux développés et expérimentés en classe sont disponibles à l'impression, accompagnés de fiches de préparation clé en main : *Geobble*, *GeomSpeed*, *Math de Foot*...

Un site dédié est en cours de constitution, qui proposera à terme des ressources téléchargeables ainsi que des vidéos explicatives pour accompagner la mise en œuvre de séances de jeu, y compris pour des enseignants peu familiers de ce format.

Des formations et retours d'expérience seront proposés aux équipes intéressées, en lien avec le laboratoire de mathématiques du collège. Ces échanges peuvent prendre la forme d'interventions ponctuelles, de co-animation ou d'accompagnement à la prise en main des supports.

VII2b. Interventions inter-degré en cycle 3

Un second levier réside dans l'organisation de séances avec un intervenant extérieur du second degré, à destination des classes de CM1-CM2. Ces interventions poursuivent plusieurs objectifs complémentaires :

- **Favoriser une transition apaisée** vers le collège, en réduisant l'appréhension liée au changement d'établissement ;
- **Renforcer l'implication des élèves** dans leur scolarité à un moment charnière ;
- **Créer un premier contact** avec les futurs enseignants, rendant la rentrée moins anxiogène ;
- **Permettre une identification précoce des profils d'élèves**, directement en situation, pour mieux anticiper leur accompagnement dès la 6e.

La mise en place de ces interventions peut être abordée lors du conseil de cycle 3 qui se tient généralement en début d'année scolaire dans les établissements.

VIII. Remerciements

Je tiens à exprimer ma gratitude à toutes les personnes qui ont rendu ce travail possible.

Mes remerciements vont en premier lieu à la principale du collège, Madame Céline Hannoun, dont le soutien institutionnel a permis l'ouverture du laboratoire de mathématiques ainsi que la valorisation de certaines heures consacrées à ses activités.

Je souhaite également adresser mes sincères remerciements aux professeurs des écoles qui m'ont accueillie au sein de leurs classes et qui ont pris le temps de faire passer les évaluations diagnostiques à leurs élèves : Mme Delphine De Salvo, Mme Anne-Sophie Vicquery et Mme Catherine Choart, de l'école de l'Orée du Bois, ainsi que Mme Houda Majoub et M. Clément Bonnet, de l'école de la Tour d'Aleron. Leur disponibilité et leur confiance ont été indispensables à la conduite de ce travail de recherche, et cette collaboration inter degré en constitue l'une des richesses essentielles.

Je remercie chaleureusement Messieurs Nicolas Lemoine et Cyril Michaud pour leur formation « *Maths, créons et jouons ensemble* », qui a constitué le socle à partir duquel les jeux présentés dans ce rapport ont pu être conçus et développés.

Ma reconnaissance va également à Mesdames Ophélie Lefrançois et Cindy Coindin, pour leur investissement dans la conception des jeux *Geobble* et *GeomSpeed!*, dont les apports ont été précieux à chaque étape du processus créatif.

Enfin, je remercie Nicolas Broussan, chargé départemental des laboratoires de mathématiques en Seine-et-Marne, pour le temps qu'il m'a accordé et la qualité de son accompagnement tout au long de ce projet.

Camille FIDELAIRE

camille-lea-mar.fidelaire@ac-creteil.fr

Année scolaire 2025–2026

Laboratoire de Mathématiques · Collège les Cités Unies
École de l'Orée du Bois · École de la Tour l'Aleron

IX. Annexes

IX1. Fiches de préparations et supports de cours

Séance 1 (45 minutes) Présentation du projet et identification des figures dans des configurations non prototypiques

OBJECTIFS :

- Identifier les quadrilatères et triangles
- Revoir les propriétés de base (côtés et angles)
- Se faire une image mentale des triangles et quadrilatères

MODALITES :

- A l'école
- QCMCam (distribuer les marqueurs en amont)
- Évaluation diagnostique 1

Etape	Déroulé	Rôle enseignant	Rôle élève	Durée
1	<u>Présentation du projet :</u>	« Ce projet est un projet inter-degré : vous serez amenés à travailler avec des élèves de 5 ^{ème} du collège des Cités Unies où vous serez scolarisés l'année prochaine. Nous allons travailler sur la géométrie : reconnaître des figures, tracer des figures, en faisant des jeux et des séances sur l'ordinateur. Nous ferons également des cours, un peu comme si vous étiez déjà des collégiens ! Nous (les enseignants) nous aimerions savoir si ce projet, qui est tout nouveau, vous permet également de progresser. C'est pour cela que nous vous donnerons régulièrement des petits contrôles à faire. Mais rassurez-vous, il n'y aura pas de note. Ils serviront uniquement à voir ce que vous avez retenu des séances, et ils nous aideront à améliorer le projet. Nous allons nous voir 4 fois au total : cette séance dans votre école, 1 dans le collège où vous découvrirez la salle informatique et 2 autres au collège avec les sixièmes »	Questions diverses	3'
2	<u>Révision des quadrilatères et triangles particuliers</u>	« Le but de cette séance est de faire des rappels sur les quadrilatères et les triangles usuels. C'est-à-dire les figures que vous allez étudier tout au long de votre scolarité en mathématiques. Tout d'abord, est-ce que l'un ou l'une d'entre vous pourrait nous donner la définition d'un triangle ? [Réponse élève] Connaissez-vous des triangles particuliers ? [Réponse élève] Faire comprendre que les dénominations ne sont pas exclusives (un triangle équilatéral est isocèle, un triangle peut être isocèle, rectangle ou les deux). Est-ce que l'un ou l'une d'entre vous pourrait nous donner la définition d'un quadrilatère ? [Réponse élève] Connaissez-vous des quadrilatères particuliers ? [Réponse élève] Faire comprendre que les dénominations ne sont pas exclusives (un carré est un rectangle, un losange, un parallélogramme et un trapèze, ...).	Coller la trace écrite Répondre aux questions Compléter le cours	15'
3	<u>Questions Flash</u>	« Maintenant que nous avons revu les triangles et quadrilatères particuliers, nous allons faire des petites questions flash pour vérifier que vous maîtrisez. »		7'

	Projeter les questions flash Utilisation de Plickers/QCMCam		
4	<u>Explication Geobbb</u> Explication des règles et projeter le diaporama des règles. « Est-ce que vous connaissez le principe du Dobble ? » - [Réponse élève] ou « Vous avez deux cartes et sur chacune des cartes, il y a 8 images. Le but est de trouver le plus vite possible l'image en commun sur les deux cartes. Il n'y a qu'une et une seule image en commun, mais elles peuvent être de taille différente » « Le Geobbb c'est presque la même chose, mais les images sont les formes géométriques que nous avons vues aujourd'hui. Il faut donc identifier deux figures géométriques identiques sur les deux cartes présentes sur la table : • Elles ont la même forme et la même couleur • Attention il y a des pièges : certaines figures sont de même nature, mais elle ne sont pas identiques (losange plus pointu, rectangle plus allongé, ...) Nous allons faire un petit test au tableau pour s'entraîner à ne pas tomber dans les pièges » Projeter la configuration de jeu Projeter les exemples	Répondre aux questions Questions diverses	2'
5	<u>Geobbb : phase de jeu</u> « Maintenant à vous de jouer, mais il faut veiller à garder un volume sonore correct. » Passage dans les rangs et vérification de la bonne application des consignes Régulation du volume sonore	Mise en jeu	15'
6	<u>Distribution évaluation diagnostique</u> « Comme annoncé en début de séance, vous allez devoir faire une petite évaluation non notée. Même s'il n'y a pas de note, nous vous demandons de la faire avec le plus de sérieux possible et de faire tout ce que vous pouvez. Si un exercice vous paraît difficile, essayez quand même de le faire même en partie. Cette évaluation nous servira à déterminer ce que vous savez faire ou non et vous aurez deux autres évaluations similaires plus tard. Nous pourrions ainsi voir votre progression sur les notions géométriques et si les séances que nous faisons ensemble sont efficaces pour vous faire progresser en géométrie. Evaluer les connaissances de base ✓ Identification des figures ✓ Codage ✓ Précision du tracé (segments, demi-droites, cercles) ✓ Figure à main levée (ex 6 de la fiche quadrilatères)		



Thème : Espace et Géométrie

Séance 1: Reconnaître les triangles et quadrilatères usuels dans des configurations non prototypiques



Compétences à acquérir	Auto-évaluation
Reconnaître et nommer les quadrilatères et triangles usuels en s'appuyant sur leur définition	☆☆☆☆☆
Connaître les propriétés de parallélisme des côtés opposés, des égalités de longueurs et d'angles pour les figures usuelles	☆☆☆☆☆

I - Triangles usuels

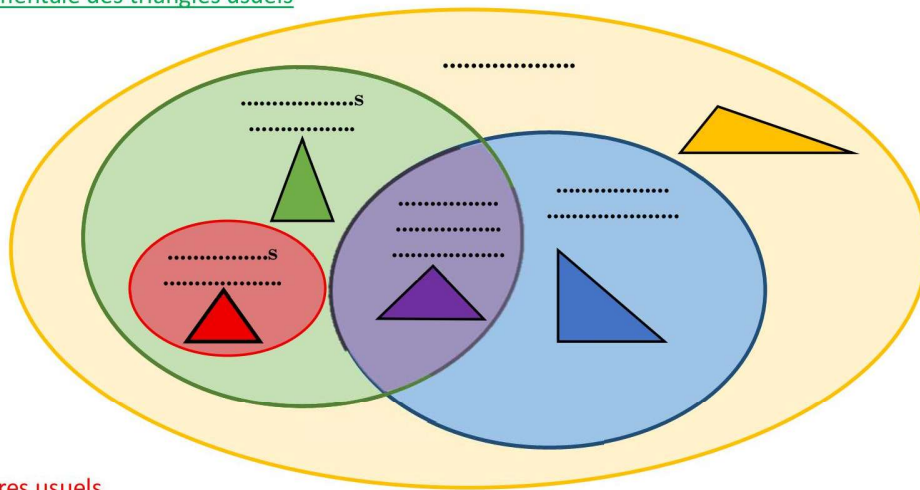
1 - Définition



Définition :

Un triangle est

2 - Carte mentale des triangles usuels



II - Quadrilatères usuels

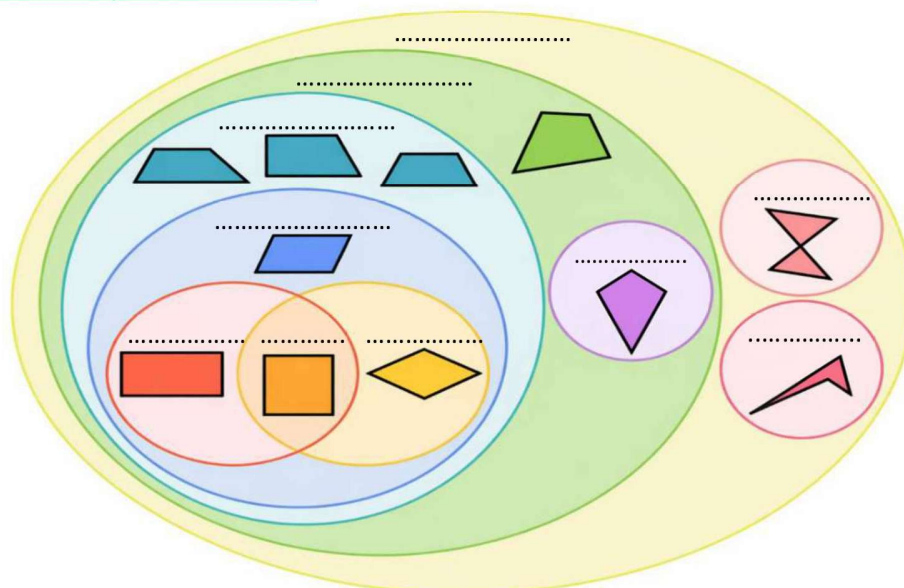
1 - Définition



Définition :

Un quadrilatère est

2 - Carte mentale des quadrilatères usuels



Séance 2 + 5 (45 minutes + 1h30) :

Géométrie sur l'outil numérique : Geogebra / Compas dans l'œil

OBJECTIFS :

- Apprendre à utiliser l'ordinateur (souris, clavier, ...)
- Créer des automatismes visuels
- Améliorer la précision des tracés à la main

MODALITES :

- Au collège (salle multimédia)
- PC de la salle + chariot(s)
- Favoriser 1 élève par ordinateur, sinon 2 maximum
- Evaluation diagnostique 3 (séance 5)

Etape	Déroulé	Rôle enseignant	Rôle élève	Durée
-1	<u>Séance préparatoire</u> (Par les PE de l'Orée)	Lancer la page compas dans l'œil et cliquer sur « Geogebra » pour lancer l'activité. - Milieu - Symétrique d'un point - Centre d'un cercle - Triangle équilatéral - Perpendiculaires - Parallèles - Intersection de droites Montrer le principe de chaque exercice et le fonctionnement des outils, puis des essais et moyenne.		
0	<u>Préparation de la salle</u>	Allumer tous les PC Connecter tous les PC (Demander compte invité) Lancer la page compas dans l'œil PC en veille		
1	<u>Présentation de la séance :</u>	« Aujourd'hui, nous allons travailler sur des automatismes en géométrie, afin d'améliorer votre représentation de concepts clés comme le milieu d'un segment, la symétrie d'un point par rapport à une droite, le centre d'un cercle, le triangle équilatéral, le parallélogramme, les perpendiculaires et parallèles à une droite. Le travail va se faire sur les ordinateurs, qui sont pour le moment éteints. Vous avez autant de temps que vous le souhaitez pour placer correctement l'objet géométrique demandé. Une fois l'élément placé, un score s'affiche. Cela correspond à une note sur 20 de précision. Vous avez également après plusieurs essais une moyenne. Votre but est le suivant : obtenir une moyenne supérieure à 18/20 avec au moins 8 essais. Nous passerons dans les rangs pour valider cet objectif sur les 7 thèmes que vous avez à traiter. »	Poser des questions	5'

		 Attention avec ce bouton !!! Nous allons vous montrer comment cela fonctionne avant de vous laisser en autonomie.		
2	<u>Compas dans l'œil</u>	Déverrouiller les PC Passer dans les rangs pour vérifier les moyennes et le nombre d'essai		30'
3	<u>Fin de la séance</u>	« Maintenant, avant de quitter la salle informatique, vous allez éteindre les ordinateurs. Attention, ce n'est pas juste éteindre l'écran. Je vous montre comment on fait. » [Prendre le contrôle d'un ordinateur de la salle et montrer] « A vous maintenant » Eteindre les ordinateurs encore allumés à l'aide d'IMPERO	Eteindre les ordinateurs	5'



Thème : Espace et Géométrie

Séance 2: Utiliser l'outil numérique en géométrie et identifier des objets géométriques particuliers

1	2	2	4	5
---	---	---	---	---

Compétences à acquérir	Auto-évaluation
Maîtriser la notion de droites sécantes, perpendiculaires et parallèles	☆☆☆☆☆☆
Maîtriser la notion de symétrie axiale	☆☆☆☆☆☆
Maîtriser la notion de milieu d'un segment, du centre d'un cercle	☆☆☆☆☆☆
Maîtriser la notion de triangle équilatéral	☆☆☆☆☆☆

I - Identification des objets géométriques à l'œil nu

1 - Milieu d'un segment

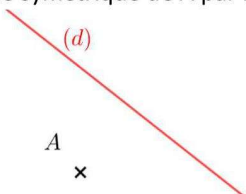
Place I le milieu de $[AB]$.

B
x

A
x

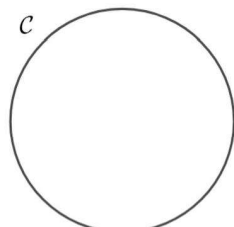
2 - Symétrie d'un point

Place A' le symétrique de A par rapport à (d) .



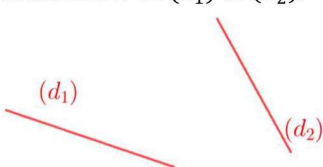
3 - Centre d'un cercle

Place O le centre du cercle C .



4 - Intersection de droites

Place P l'intersection de (d_1) et (d_2) .



5 - Triangle équilatéral

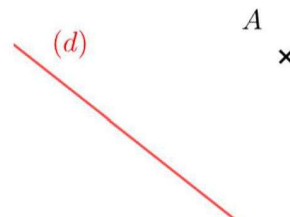
Place C tel que ABC soit un triangle équilatéral.

A
x

B
x

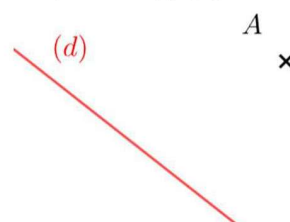
6 - Perpendiculaires

Place B tel que $(AB) \perp (d)$



7 - Parallèles

Place B tel que $(AB) \parallel (d)$



II - Tampons réussites

Milieu d'un segment	Symétrie d'un point	Centre d'un cercle	Intersection de droites

Triangle équilatéral	Perpendiculaire	Parallèle

Séance 3 (55 minutes) :
Identification des figures à l'aide de leurs propriétés (G1 -> G3)

OBJECTIFS :

- Reconnaître des polygones usuels à partir de leurs propriétés
- Passage de la géométrie G1 à la géométrie GII puis à la géométrie GIII
(Paradigmes géométriques et enseignement de la géométrie Catherine Houdement, Alain Kuzniak)

MODALITES :

- A l'école primaire
- Rappels sur les propriétés des figures + trace écrite
- Questions flash
- Geom Speed
- **Evaluation diagnostique 2**

Etape	Déroulé	Rôle enseignant	Rôle élève	Durée
1	<u>Présentation de la séance :</u>	« Lors de la première séance faite à l'école, nous avons revu les propriétés sur les côtés des triangles et quadrilatères usuels. Aujourd'hui, nous allons voir d'autres propriétés sur ces figures, notamment sur les angles des triangles et les diagonales des quadrilatères. Nous verrons également l'importance du codage des figures. »	Questions diverses	3'
2	<u>Cours : identification des triangles avec leurs propriétés</u>	Le but de cette séance est de découvrir des propriétés qui ne sont pas forcément évidentes sur les quadrilatères et les triangles usuels. C'est-à-dire les figures que vous allez étudier tout au long de votre scolarité en mathématiques. Tout d'abord, nous allons revoir le vocabulaire spécifique du triangle. Partie vocabulaire Est-ce que l'un ou l'une d'entre vous pourrait nous redonner la liste des triangles particuliers que vous connaissez ? [Réponse élève] Partie propriétés des triangles particuliers. Maintenant, nous allons revoir le vocabulaire spécifique du quadrilatère. Est-ce que l'un ou l'une d'entre vous pourrait nous redonner la liste des quadrilatères particuliers que vous connaissez ? [Réponse élève] Partie propriétés des triangles particuliers. Si les élèves ont des difficultés à appréhender les propriétés sur les diagonales, les faire sentir avec les bandelettes.	Coller la trace écrite Répondre aux questions Compléter le cours	25'

		Au collège et même plus tard dans votre scolarité, nous allons de moins en moins tracer les figures en vraies grandeurs. Il faudra utiliser les figures à main levée, mais aussi ne pas croire tout ce que vous voyez. Vous allez donner votre avis à main levée concernant la première figure : qui pense que c'est un losange ? un rectangle ? un carré ? un parallélogramme ? aucune des quatre propositions ? A l'œil nu, on dirait un carré : on dirait que la longueur des tous les côtés sont égales. Mais on ne le sait pas ! Tout ce que l'on sait c'est qu'il y a quatre angles droits : cette figure est un rectangle ! Nous allons poursuivre l'exercice du cours sous forme de question flash avec les marqueurs.		
3	<u>Questions Flash</u>	Projeter les questions flash Utilisation de Plickers/QCMCam		10'
4	<u>Explication Geobble</u>	Explication des règles et projeter le diaporama des règles. « Est-ce que vous connaissez le principe du Jungle Speed ? » - [Réponse élève] ou « » Projeter la configuration de jeu Projeter les exemples	Répondre aux questions Questions diverses	2'



Thème : Espace et Géométrie

Séance 3 : Identifier des triangles et quadrilatères usuels à l'aide de leurs propriétés

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Compétences à acquérir	Auto-évaluation
Connaître les définitions et le vocabulaire relatifs aux polygones usuels	☆☆☆☆☆☆
Coder et représenter des polygones usuels	☆☆☆☆☆☆

I - Triangles usuels

Vocabulaire :



Dans le triangle ABC :

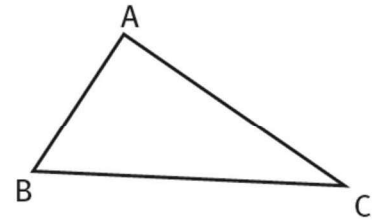
Les points A, B et C sont les

Les segments [AB], [BC], [AC] sont les

L'angle $\widehat{ABC}$ aussi nommé $\widehat{CBA}$ est compris entre les côtés [AB] et [BC].

Le point C est le au côté [AB].

Le côté [AC] est le au sommet B.



Propriétés :



➤ Un triangle est un triangle qui possède deux côtés de même longueur.

Le sommet situé entre ces deux côtés de même longueur est appelé

et son côté opposé la

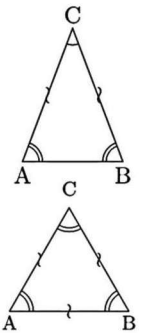
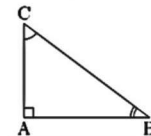
Les angles situés à la base sont de même mesure.

➤ Un triangle est un triangle qui possède ses trois côtés de même longueur.

Les angles d'un triangle équilatéral sont de même mesure.

➤ Un triangle est un triangle qui possède un angle droit.

Le côté opposé à l'angle droit s'appelle



II - Quadrilatères usuels

1 - Vocabulaire

Vocabulaire :

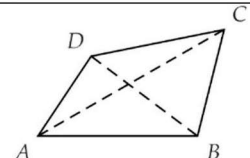


Dans le quadrilatère ABCD ci-contre :

➤ A, B, C et D sont les quatre

➤ [AB], [BC], [CD] et [DA] sont les quatre

➤ [AC] et [BD] sont les



Remarques :



Pour nommer un quadrilatère, on choisit un point de départ, puis on nomme les autres points dans l'ordre en tournant dans un sens ou dans l'autre.

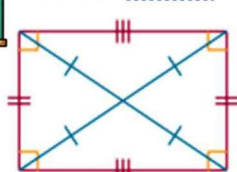
Il existe donc plusieurs noms au quadrilatère de l'encadré ci-dessus : ABCD, BCDA, CDAB, DABC mais aussi ADCB, DCBA, CBAD, BADC.

2 - Propriétés sur le rectangle, le losange et le carré

Propriété :



Dans un



➤ Pour les côtés :

Les côtés opposés sont

➤ Pour les angles :

Il y a

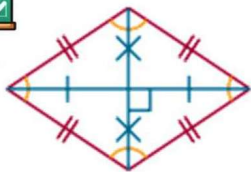
➤ Pour les diagonales :

Les diagonales sont de

Propriété :



Dans un _____ :

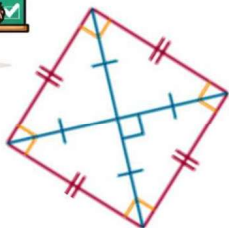


- Pour les côtés :
Les quatre côtés sont de _____
- Pour les angles :
Les angles _____
- Pour les diagonales :
Les diagonales sont _____

Propriété :



Dans un _____ :



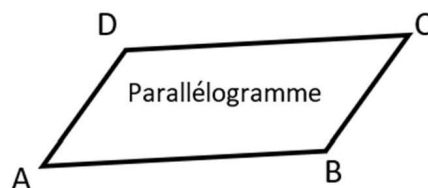
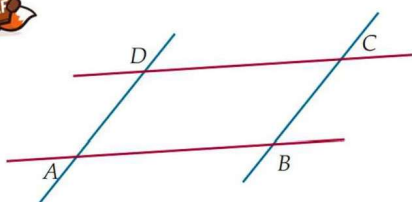
- Pour les côtés :
Les quatre côtés sont de _____
- Pour les angles :
Il y a _____
- Pour les diagonales :
Les diagonales sont de _____

3 - Un nouveau quadrilatère : le parallélogramme

Définition :



Un _____ est un quadrilatère dont les côtés sont deux à deux parallèles

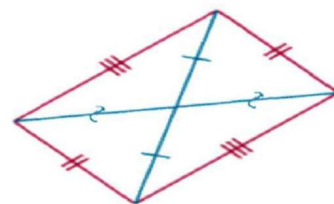


Propriété :



Dans un _____ :

- Pour les côtés : Les quatre côtés sont _____
- Pour les angles : Les angles _____
- Pour les diagonales : Les diagonales se _____



Exercice : Compléter le tableau suivant



Figure					
Nature					
Figure					
Nature					

Séance 4 (55 minutes) :

Tracer précisément des segments de longueur donnée et des perpendiculaires – Maths de Foot

OBJECTIFS :

- Tracer des perpendiculaires de manière précise
- Tracer des segments de mesure donnée de manière précise
- Utiliser correctement le matériel de géométrie

MODALITES :

- Au collège (visite CM2), à l'école (CE2-CM1)
- Trace écrite perpendiculaires et parallèles
- Maths de Foot

Etape	Déroulé	Rôle enseignant	Rôle élève	Durée
1	<u>Présentation de la séance :</u>	« Cette séance est en continuité avec celles que vous avez déjà faites avec moi (avec Mme Fidelaire) au cours des précédentes semaines. Aujourd'hui, nous allons travailler sur la précision des tracés, et plus particulièrement des segments de longueur donnée et des perpendiculaires et parallèles. A la fin de la séance, nous allons jouer à un jeu dont le but sera de marquer le maximum de buts possibles et de remporter un match face à l'équipe adverse. »	Questions diverses	3'
2	<u>Cours : identification des triangles avec leurs propriétés</u>	Comme dit précédemment, nous allons voir ou revoir pour certains d'entre vous ce que l'on appelle la position relative de deux droites. Est-ce que l'un ou l'une d'entre vous pourrait nous dire comment peuvent être deux droites l'une par rapport à l'autre ? [Réponse élève] Partie définition position relatives. Tracer une droite (d) (à la règle) et placer un point A n'appartenant pas à cette droite. En levant la main, à votre avis, combien de droites sont perpendiculaires à (d) et passent par A ? [Réponse élève] + Faire venir tracer « plusieurs » droites. En levant la main, à votre avis, combien de droites sont parallèles à (d) et passent par A ? [Réponse élève] + Faire venir tracer « plusieurs » droites. Partie propriétés de l'unicité de la perpendiculaire/parallèle à une droite donnée passant par un point donné. Maintenant, vous trouverez dans le cours quatre méthodes : deux pour tracer une perpendiculaire et deux pour tracer une parallèle avec deux types d'outils : la règle et l'équerre et la réquerre. La réquerre est un outil très pratique que vous recevrez l'année prochaine lorsque vous passerez le concours kangourou.	Coller la trace écrite Répondre aux questions Compléter le cours	25'

		Je vais vous montrer au tableau comment faire. Vous n'avez rien à écrire, juste à regarder au tableau les méthodes. N'hésitez pas à m'interrompre si vous ne comprenez pas ce que je suis en train de faire. Faire les deux méthodes à la règle et à l'équerre. A la fin de la leçon, vous avez un exercice où il faut tracer une perpendiculaire et une parallèle. A vous de le faire le plus proprement possible. Si vous avez besoin d'aide n'hésitez pas à me demander de l'aide ou à demander de l'aide à votre voisin ou voisine s'il ou elle est à l'aise. Passer dans les rangs. Faire passer un ou une volontaire.		
4	<u>Explication Maths de Foot</u>	Explication des règles et projeter le diaporama des règles. Projeter la configuration de jeu Projeter les exemples « Maintenant à vous de jouer, mais il faut veiller à garder un volume sonore correct. » Passage dans les rangs et vérification de la bonne application des consignes Régulation du volume sonore	Répondre aux questions Questions diverses Mise en jeu	5'
5	<u>Maths de Foot : phase de jeu</u>			20'



Thème : Espace et Géométrie

Séance 4: Tracer précisément des segments de longueur donnée et des perpendiculaires

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Compétences à acquérir	Auto-évaluation
Utiliser les outils géométriques usuels : règle, règle graduée et équerre	☆☆☆☆☆
Reconnaître et utiliser les notions de perpendicularité et parallélisme	☆☆☆☆☆

I - Définitions

1 - Droites sécantes



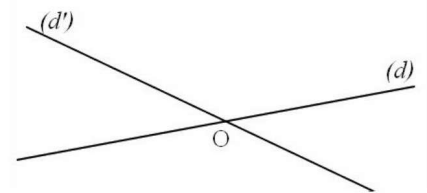
Définition :

Deux droites sécantes sont deux droites ayant que l'on appelle le

Exemple :



Les droites (d) et (d') sont sécantes en O. Autrement dit, le point d'intersection des droites (d) et (d') est le point O.



2 - Droites perpendiculaires



Définition :

Deux droites perpendiculaires sont formant

Lorsque deux droites (d) et (d') sont perpendiculaires, on note

On code également la figure avec un

3 - Droites parallèles



Définition :

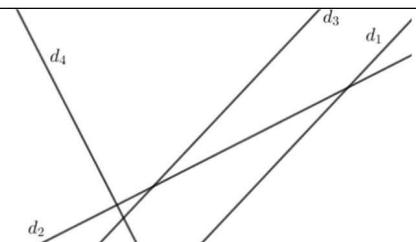
Deux droites sont dites parallèles si elles

Lorsque deux droites (d) et (d') sont perpendiculaires, on note

Exemple :



Dans la figure ci-contre, on a $(d_1) // (d_3)$ et $(d_2) \perp (d_4)$.



II - Tracer des droites parallèles et perpendiculaires



Propriétés :

- Par un point donné, il ne passe qu'une seule droite
- Par un point donné, il ne passe qu'une seule droite

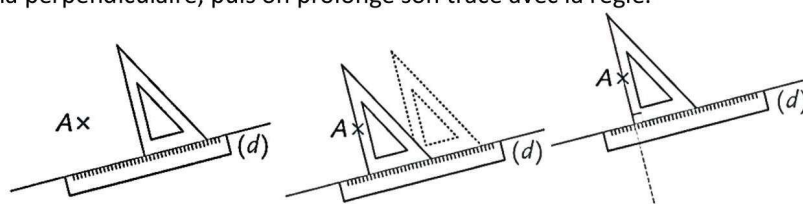
Méthode : Avec la règle et l'équerre



Pour tracer la droite perpendiculaire à (d) passant par A.

1°) On place un côté de l'angle droit de l'équerre le long de (d). Tout en restant le long de la droite, on glisse l'équerre jusqu'à ce que l'autre côté de l'angle droit passe par le point A.

2°) On trace la perpendiculaire, puis on prolonge son tracé avec la règle.

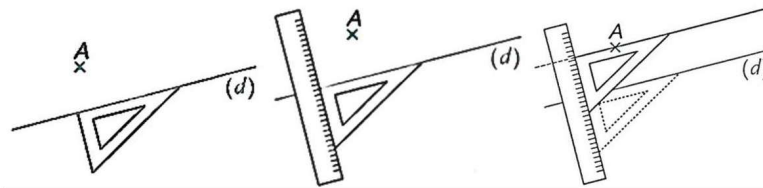


Méthode : Avec la règle et l'équerre



Pour tracer la droite parallèle à (d) passant par A.

- 1° On place un côté de l'angle droit de l'équerre le long de (d). On place la règle contre l'autre côté de l'angle droit de l'équerre.
- 2° On maintient la règle bloquée pendant que l'on glisse l'équerre jusqu'au point A. On termine en traçant une demi droite que l'on prolonge ensuite en une droite.

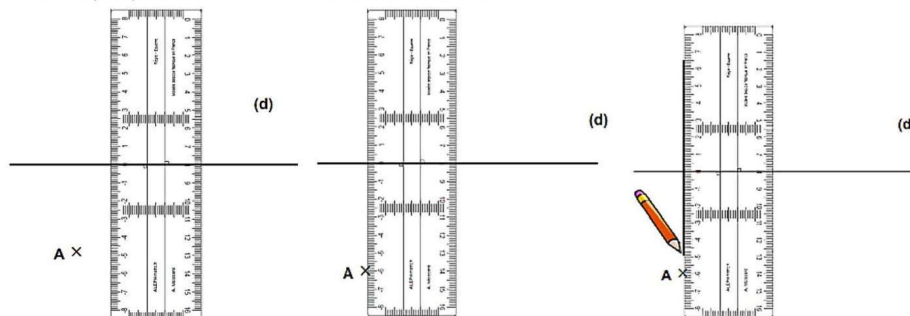


Méthode : Avec la réquerre



Pour tracer la droite perpendiculaire à (d) passant A.

- 1° On place le trait central de la réquerre sur la droite (d).
- 2° Tout en laissant le trait central le long de la droite, on glisse l'équerre jusqu'à ce que qu'un bord de la réquerre touche A.
- 3° On trace la perpendiculaire en s'aidant du bord.

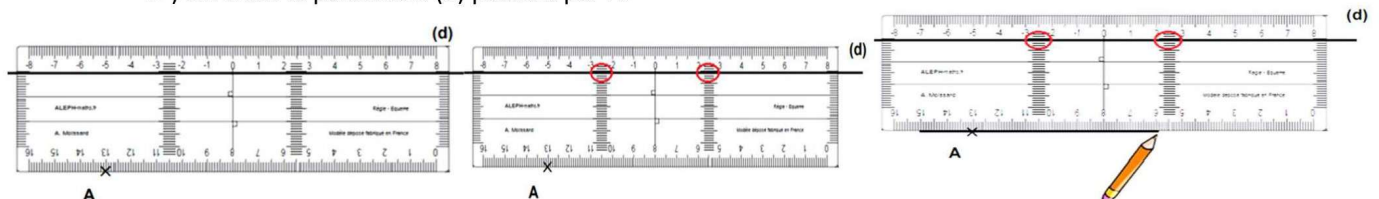


Méthode : Avec la réquerre



Pour tracer la droite perpendiculaire à (d) passant A.

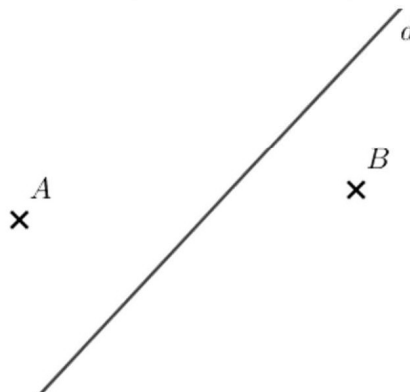
- 1° On place un bord de la réquerre sur le point A. On fait pivoter la réquerre autour du point A pour que le bord de la réquerre soit parallèle à la droite (d). Pour ajuster la position de la réquerre, il faut que la droite (d) passe par les mêmes graduations.
- 2° On trace la parallèle à (d) passant par A.



Exercice :



Tracer sur la figure ci-dessous la droite (d_1) perpendiculaire à (d) et passant par le point A.
Tracer ensuite la droite (d_2) telle que $(d) \parallel (d_2)$ et $B \in (d_2)$.

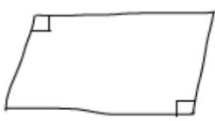
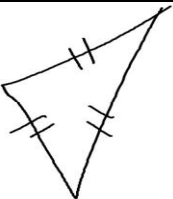
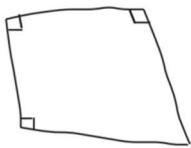
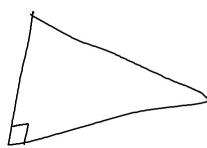
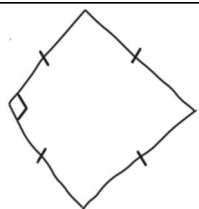
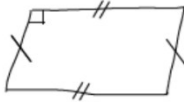
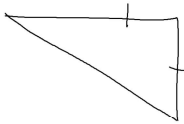
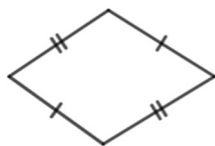


IX2. Enoncé des évaluations diagnostiques

Evaluation diagnostique n°1 et 2

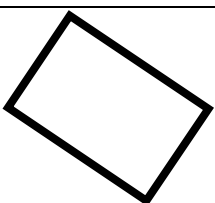
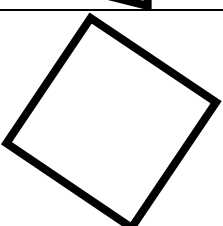
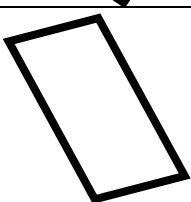
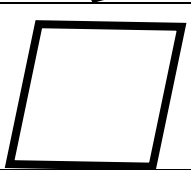
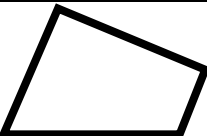
Exercice 1 :

Pour chaque figure, écris sa nature, le plus précisément possible :

Figure					
Nature					
Figure					
Nature					

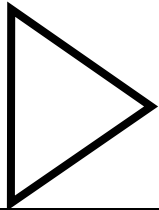
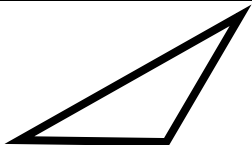
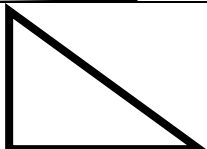
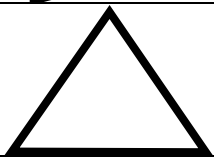
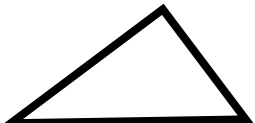
Exercice 2 :

Pour chaque quadrilatère, coche la case qui correspond à sa nature.

	Trapèze	Trapèze rectangle	Losange	Rectangle	Carré	Quadrilatère quelconque
						
						
						
						
						
						

Exercice 3 :

Pour chaque triangle, coche la case qui correspond à sa nature.

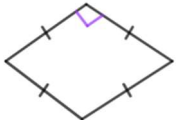
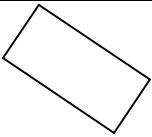
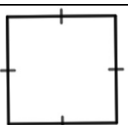
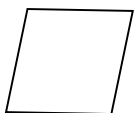
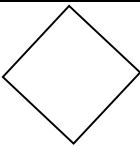
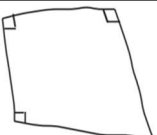
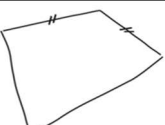
	Triangle rectangle	Triangle isocèle	Triangle équilatéral	Triangle quelconque
				
				
				
				
				
				
				

Evaluation diagnostique n°3

Prénom (en MAJUCULES) : Niveau :

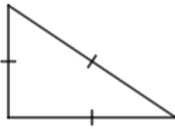
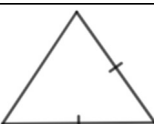
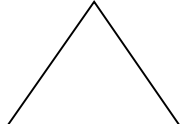
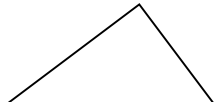
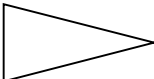
Pour chaque quadrilatère, indique sa nature avec une lettre :

- L pour Losange
- R pour Rectangle
- C pour Carré
- Q pour quadrilatère Quelconque

	L/C/R/Q
 Quadrilatère 1	
 Quadrilatère 2	
 Quadrilatère 3	
 Quadrilatère 4	
 Quadrilatère 5	
 Quadrilatère 6	
 Quadrilatère 7	
 Quadrilatère 8	
 Quadrilatère 9	

Pour chaque triangle, indique sa nature avec une lettre :

- R pour triangle Rectangle
- I pour triangle Isocèle
- E pour triangle Équilatéral
- Q pour triangle Quelconque

	R/I/E/Q
 Triangle 1	
 Triangle 2	
 Triangle 3	
 Triangle 4	
 Triangle 5	
 Triangle 6	
 Triangle 7	
 Triangle 8	
 Triangle 9	

IX3. Détail des tests statistiques (IV.3)

Cette annexe reprend le contenu détaillé de la section IV3. Elle décrit les tests statistiques mobilisés dans l'étude, leurs hypothèses, leurs statistiques de test et leur interprétation.

Les résultats des tests Python figurent dans l'annexe IX5.

Les scores étant des pourcentages et les effectifs par groupe modestes (35 à 56 élèves selon les comparaisons), il peut ne pas être judicieux d'utiliser des tests paramétriques qui supposent que les données suivent une loi connue. Je vais d'abord vérifier si les données suivent une loi particulière, et ainsi déterminer les tests statistiques qui leur sont les plus adaptés.

Les données récoltées sont influencées par un grand nombre de facteurs indépendants, par exemple la fatigue, l'attention le jour de l'évaluation, les connaissances, l'anxiété, la motivation, ... Ces facteurs indépendants qui s'ajoutent les uns aux autres font penser instinctivement à une loi normale. Vérifions si nos données suivent une loi dite normale grâce au test statistique de Shapiro-Wilk (décrit ci-dessous) qui est non paramétrique, c'est-à-dire qui ne suppose pas que les données suivent une loi de distribution connue. Ce test, comme la plupart des tests statistiques donne deux valeurs (ou trois en fonction de l'effectif de l'étude).

- **La statistique de test** (notée W, U, t selon le test utilisé) : sa valeur résume l'écart observé entre les groupes ou les mesures. L'interprétation de cette statistique est propre à chaque test.
- **La p-value** : nombre compris entre 0 et 1. Elle correspond en général à la probabilité que l'écart observé (à l'aide de la statistique précédente) soit dû au hasard. Les seuils d'interprétation sont, en général, les suivants :
 - $p < 0,05$ (5%) : seuil conventionnel en dessous duquel un résultat est considéré comme « statistiquement significatif » c'est-à-dire non dû au simple hasard.
 - $p < 0,01$ ou $p < 0,001$: preuve encore plus forte contre l'hypothèse du hasard.
 - $p > 0,05$: on ne peut pas conclure à un effet réel : l'écart observé est compatible avec une simple fluctuation aléatoire.

IX3a. Test de Shapiro-Wilk

Ce test vérifie si un ensemble de valeurs se répartit selon une courbe en cloche symétrique (c'est-à-dire une loi normale), ou non. Beaucoup de tests statistiques fiables et puissants supposent que les données étudiées suivent cette courbe en cloche. Lorsque ce n'est pas le cas, on utilise alors des tests qui ne font pas cette hypothèse.

Le test de Shapiro-Wilk donne :

- une statistique W entre 0 et 1 qui indique à quel point nos données sont proches de la normalité
- une p-value avec une particularité à bien retenir : ici, une valeur *élevée* est rassurante, contrairement à la plupart des tests où on cherche une p-value faible.

Dans cette étude, ce test a été appliqué aux écarts de score entre ED-1 et ED-2 (la progression ou régression de chaque élève).

Les résultats, à savoir **W=0,9800 ; p = 0,566** pour le groupe intervention (**n=49**) et **W=0,9596 ; p = 0,222** pour le groupe témoin (**n=35**) indiquent que ces progressions suivent une distribution compatible avec loi normale. Cependant les p-values sont relativement grandes. En effet, dans le cas d'un petit échantillon comme dans notre expérimentation, un test de Shapiro-Wilk peut manquer de puissance statistique pour détecter une vraie non-normalité.

Je vais donc vérifier visuellement si la distribution des deltas ressemble ou non à une courbe typique de loi normale. Pour cela j'ai construit un diagramme en bâton pour la distribution des deltas pour les deux groupes :

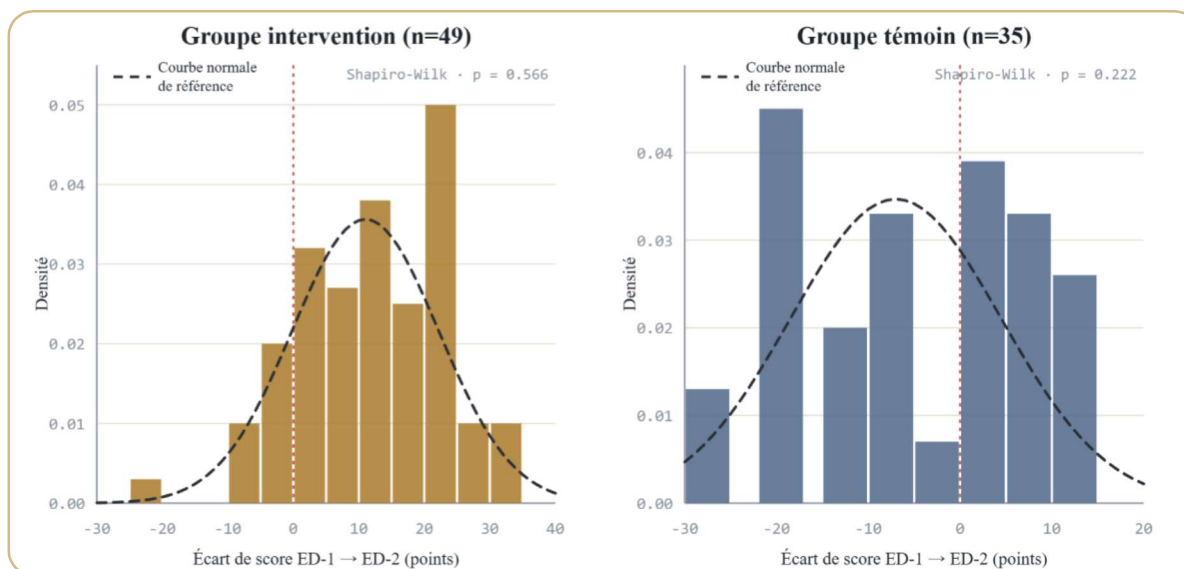


Figure 23 : Distribution des écarts de scores entre ED-1 et ED-2

Au vu de l'allure des courbes et plus particulièrement celle du groupe témoin, j'ai quelques réserves sur une distribution normale des deltas. J'ai donc préféré effectuer les tests non paramétriques, qui ne supposent aucune loi particulière pour la distribution des données.

Les différents tests non paramétriques utilisés dans notre étude sont décrits ci-dessous, afin de bien comprendre les enjeux de chacun d'entre eux et de bien comprendre l'interprétation que nous ferons des résultats.

IX3b. Test de Wilcoxon

Ce test sert à comparer chaque individu d'une population à lui-même sur des événements périodiques, c'est-à-dire qui se répètent dans des conditions très similaires. Les mêmes élèves repassant le même test (entre l'ED1 et l'ED2) ce test est particulièrement adapté.

Le test de Wilcoxon donne deux valeurs :

- une statistique W (ou T) entre 0 et $\frac{n(n+1)}{4}$ (où n est la taille de l'échantillon). Plus W est proche de 0, plus l'effet sera fort et cohérent. A l'inverse, plus W se rapproche de $\frac{n(n+1)}{4}$ (le centre) moins il y aura d'effet détectable. La statistique W se calcule ainsi :
 - On calcule le delta (différence de score positive ou négative) entre l'ED-1 et l'ED-2 pour chaque élève
 - On classe ces deltas par ordre croissants, et on leur attribue un rang (1 pour le plus petit, 2 pour le suivant, ...)
 - On calcule séparément la somme des rangs associés à un delta négatif et celle des rangs associés à un delta positif.
 - W (ou T) correspond à la plus petite de ces valeurs
- Une p-value, à interpréter avec la manière classique.

IX3c. Test de Mann-Whitney

Ce test compare deux groupes différents sur un même événement. Dans notre cas, il permettra de comparer le groupe intervention et le groupe témoin sur une même évaluation.

Le test de Mann-Whitney donne deux valeurs :

- Une statistique U entre 0 et $n \times m$ où n et m sont la taille respective des deux groupes étudiés. Plus U est proche de 0 et plus les résultats des deux groupes sont significativement différents. A l'inverse,

plus U se rapproche de $n \times m$ et plus les deux groupes se superposent et les écarts constatés liés au hasard.

- Une p-value, à interpréter avec la manière classique.

Un problème non négligeable dans notre étude est que la p-value est très sensible à la taille de l'échantillon : avec un petit échantillon, un effet réellement important peut parfois ne pas être considéré comme significatif (le cas où $p < 0,05$) simplement par manque de puissance statistique. On réalise ainsi une seconde mesure, a

- La **taille d'effet** (notée r) qui complète la valeur p : elle indique non pas la fiabilité de l'écart observé

mais son importance. Elle se calcule ainsi : $r = \frac{U - \frac{U_{max}}{2}}{\sigma_U \sqrt{n}}$ où σ_U est l'écart-type de U varie de -1 à +1

avec les conventions suivantes :

- Une valeur proche de 0 signifie une différence négligeable entre les deux groupes
- Une valeur proche de 1 (ou -1) signifie une séparation quasiment totale entre les deux groupes.
- Si $|r| > 0,5$, on considère la taille d'effet comme « large ».

Dans cette étude, ce test est utilisé de deux façons : pour comparer deltas (progressions ou régressions) du groupe intervention à celles du groupe témoin, et pour comparer directement les scores de l'évaluation ED-3 entre les deux groupes.

IX4. Détail des résultats statistiques (V.1-V.4)

Cette annexe regroupe les résultats statistiques détaillés (statistiques de test, p-values, tailles d'effet) pour chaque comparaison effectuée dans la partie V. Ils complètent les conclusions présentées dans le corps du texte.

IX4a. Comparabilité initiale des groupes (ED-1)

Test de Mann-Whitney sur les scores globaux ED-1 :

$$U = 1049,5 ; p = 0,091$$

Valeur maximale : **1300** ($\frac{50 \times 52}{2}$). U est proche de la valeur maximale : les deux groupes se superposent largement, l'écart est compatible avec les fluctuations aléatoires.

Les deux groupes partaient donc d'un niveau globalement comparable, car la différence entre les deux est non significative.

IX4b. Évolution du score global entre ED-1 et ED-2

Les tests de Wilcoxon pour l'évolution donnent les résultats suivants :

Groupe	ED-1 (%)	ED-2 (%)	Évolution (pts)	Wilcoxon
Intervention (n=49)	19,7	28,5	+8,8	$W = 115,5 ; p = 9,3 \times 10^{-6}$
Témoin (n=35)	24,3	17,9	-6,5	$W = 79,0 ; p = 2,7 \times 10^{-3}$

Ils indiquent des évolutions significatives : ni la hausse du groupe intervention ni la baisse du groupe témoin ne sont dues au hasard.

Un test de Mann-Whitney confirme que l'écart entre les deux groupes, donc l'effet net, est statistiquement très significatif et correspond à une taille d'effet large. Mann-Whitney inter-groupe sur les deltas :

$$U = 1413 ; p = 4,5 \times 10^{-7} ; r = -0,65$$

IX4c. Transfert à un nouveau format (ED-3)

Le test de Mann-Whitney sur les scores globaux ED-3 confirme la séparation nette entre les deux groupes, avec une taille d'effet large :

$$U = 2148,5 ; p = 1,64 \times 10^{-9} ; r = -0,70$$

$U = 2148,5$ est très proche du maximum (2530), indiquant une séparation quasi-totale des distributions des deux groupes. Effet observé : **+34,3** points en faveur du groupe intervention.

IX4d. Catégorie NA - Score de réussite

Les tests de Wilcoxon pour l'évolution des scores pour la catégorie NA donnent les résultats suivants :

Groupe	ED-1 (%)	ED-2 (%)	Évolution (pts)	Wilcoxon
Intervention (n=49)	16,5	17,4	+0,9	$W = 285 ; p = 0,446$
Témoin (n=34)	21,9	20,8	-1,1	$W = 167,0 ; p = 0,828$

Les tests de Wilcoxon, avec des p-value nettement supérieures à 0,05 confirment que ni le groupe intervention ni le groupe témoin n'ont une évolution significative de réussite.

L'effet net de l'intervention (+2 points) est également non significatif. Le détail du test de Mann-Whitney est présenté en Annexe

Le test de Mann-Whitney sur les deltas entre l'ED-1 et l'ED-2 (catégorie NA) permet d'affirmer que l'effet est négligeable. :

$$U = 934 ; p = 0,346 ; r = -0,121$$

$U = 934$ est plutôt éloigné de U maximum (1666). Il n'y a donc aucune évolution significative entre ED-1 et ED-2 sur la catégorie NA.

Le test de Mann-Whitney sur l'ED-3 (catégorie NA) confirme une différence très significative en faveur du groupe intervention, avec un effet large :

$$U = 2168,5 ; p = 2,73 \times 10^{-3} ; r = -0,714$$

$U = 2168$ est proche du U maximum (2530).

IX4e. Catégorie NA - Réponses en vraies grandeurs

Les tests de Wilcoxon pour l'évolution des réponses en vraies grandeurs pour la catégorie NA donnent les résultats suivants :

Groupe	ED-1 (%)	ED-2 (%)	Évolution (pts)	Wilcoxon
Intervention (n=49)	36,7	56,4	+19,6	$W = 26 ; p = 2,77 \times 10^{-8}$
Témoin (n=34)	39,4	37,1	-2,3	$W = 112,5 ; p = 0,283$

L'évolution du taux de réponses en vraies grandeurs du groupe témoin est forte et significative, à l'inverse de celle du groupe intervention qui est faible et non significative.

L'effet net de l'intervention (+21,9 points) est également significatif et à effet large, comme le confirme le test de Mann-Whitney :

$$U = 1412 ; p = 7,57 \times 10^{-8} ; r = -0,695$$

$U = 1412$ est proche de U maximum (1666).

L'abandon massif des vraies grandeurs dans le groupe intervention par rapport au groupe témoin, témoignant du passage à la stratégie du codage est significatif et à effet large, comme l'indique le test de Mann-Whitney

$$U = 315,5 ; p = 7,57 \times 10^{-8} ; r = -0,695$$

$U = 315,5$ est très éloigné de U maximum (2530), ce qui indique que les élèves du groupe intervention ont beaucoup moins de réponses en vraies grandeurs sur l'ED-3 que le groupe témoin.

IX5. Code Python pour les tests statistiques

Les captures d'écran ont été réalisées sur Jupyter

IX5a. Création des tableaux de valeurs pour les résultats aux ED-1 et ED-2

```
import numpy as np
from scipy.stats import shapiro, wilcoxon, mannwhitneyu

scores_ed1_interv = np.array([
    4.3, 17.4, 13.0, 17.4, 30.4, 8.7, 8.7, 26.1, 34.8, 8.7, 30.4, 8.7, 26.1,
    8.7, 26.1, 21.7, 30.4, 13.0, 30.4, 8.7, 30.4, 30.4, 30.4, 26.1, 8.7,
    8.7, 13.0, 17.4, 21.7, 4.3, 26.1, 21.7, 30.4, 13.0, 39.1, 13.0, 17.4, 26.1,
    21.7, 21.7, 17.4, 17.4, 26.1, 17.4, 21.7, 13.0, 13.0, 13.0
])

scores_ed2_interv = np.array([
    4.3, 26.1, 26.1, 21.7, 21.7, 13.0, 26.1, 30.4, 34.8, 13.0, 34.8, 26.1, 47.8,
    21.7, 17.4, 0.0, 39.1, 30.4, 47.8, 34.8, 43.5, 26.1, 39.1, 43.5, 34.8,
    30.4, 43.5, 39.1, 43.5, 39.1, 8.7, 17.4, 39.1, 26.1, 21.7, 34.8, 13.0,
    39.1, 21.7, 21.7, 30.4, 34.8, 34.8, 26.1, 26.1, 39.1, 17.4, 26.1, 17.4
])

scores_ed1_temoin = np.array([
    26.1, 26.1, 17.4, 26.1, 13.0, 21.7, 34.8, 21.7, 30.4, 0.0, 21.7, 21.7, 8.7,
    26.1, 30.4, 21.7, 30.4, 21.7, 21.7, 26.1, 13.0, 4.3, 13.0, 30.4, 30.4, 39.1,
    26.1, 21.7, 34.8, 21.7, 43.5, 39.1, 30.4, 39.1, 17.4
])

scores_ed2_temoin = np.array([
    13.0, 13.0, 17.4, 26.1, 21.7, 26.1, 43.5, 4.3, 13.0, 13.0, 26.1, 21.7, 17.4,
    21.7, 8.7, 8.7, 26.1, 8.7, 21.7, 21.7, 17.4, 8.7, 17.4, 21.7, 8.7, 13.0,
    13.0, 4.3, 17.4, 4.3, 43.5, 8.7, 21.7, 39.1, 13.0
])
```

VIII.1.a.i Calcul des deltas individuels

```
interv_delta = scores_ed2_interv - scores_ed1_interv
temoin_delta = scores_ed2_temoin - scores_ed1_temoin

print("=" * 60)
print("DELTAS (ED-2 - ED-1) par élève")
print("=" * 60)
print(f"Groupe intervention (n={len(interv_delta)}) :")
print(f"  Moyenne = {interv_delta.mean():.1f} pts")
print(f"  Écart-type = {interv_delta.std(ddof=1):.1f} pts")
print()
print(f"Groupe témoin (n={len(temoin_delta)}) :")
print(f"  Moyenne = {temoin_delta.mean():.1f} pts")
print(f"  Écart-type = {temoin_delta.std(ddof=1):.1f} pts")
```

```

=====
DELTAS (ED-2 - ED-1) par élève
=====
Groupe intervention (n=49) :
  Moyenne = 8.8 pts
  Écart-type = 11.1 pts

Groupe témoin (n=35) :
  Moyenne = -6.5 pts
  Écart-type = 11.1 pts

```

IX5b. Test de Shapiro (IV.3)

```

print()
print("=" * 60)
print("TEST SHAPIRO-WILK")
print("=" * 60)

W_i, p_i = shapiro(interv_delta)
W_t, p_t = shapiro(temoin_delta)

print(f"Groupe intervention (n={len(interv_delta)}) :")
print(f"  W = {W_i:.4f}")
print(f"  p = {p_i:.3f}")
print(f"  → {'Normalité non rejetée (p > 0.05)' if p_i > 0.05 else 'Normalité rejetée (p < 0.05)'}")
print()
print(f"Groupe témoin (n={len(temoin_delta)}) :")
print(f"  W = {W_t:.4f}")
print(f"  p = {p_t:.3f}")
print(f"  → {'Normalité non rejetée (p > 0.05)' if p_t > 0.05 else 'Normalité rejetée (p < 0.05)'}")

=====
TEST SHAPIRO-WILK
=====
Groupe intervention (n=49) :
  W = 0.9800
  p = 0.566
  → Normalité non rejetée (p > 0.05)

Groupe témoin (n=35) :
  W = 0.9596
  p = 0.222
  → Normalité non rejetée (p > 0.05)

```

IX5c. Test de Wilcoxon (V.2)

```
print()
print("=" * 60)
print("TEST WILCOXON SIGNED-RANK")
print("=" * 60)

W_interv, p_interv = wilcoxon(scores_ed1_interv, scores_ed2_interv)
W_temoin, p_temoin = wilcoxon(scores_ed1_temoin, scores_ed2_temoin)

print(f"Groupe intervention (n={len(scores_ed1_interv)}) :")
print(f"  W = {W_interv:.1f}")
print(f"  p = {p_interv:.2e}")
print(f"  → {'Significatif (p < 0.05)' if p_interv < 0.05 else 'Non significatif (p >= 0.05)'}")
print()
print(f"Groupe témoin (n={len(scores_ed1_temoin)}) :")
print(f"  W = {W_temoin:.1f}")
print(f"  p = {p_temoin:.3f}")
print(f"  → {'Significatif (p < 0.05)' if p_temoin < 0.05 else 'Non significatif (p >= 0.05)'}")

=====
TEST WILCOXON SIGNED-RANK
=====
Groupe intervention (n=49) :
  W = 115.5
  p = 9.32e-06
  → Significatif (p < 0.05)

Groupe témoin (n=35) :
  W = 79.0
  p = 0.003
  → Significatif (p < 0.05)
```

IX5d. Test de Mann-Whitney (V.2)

```
print()
print("=" * 60)
print("TEST MANN-WHITNEY")
print("=" * 60)

U, p = mannwhitneyu(interv_delta, temoin_delta, alternative="two-sided")

n1 = len(interv_delta)
n2 = len(temoin_delta)
U_max = n1 * n2
r = 1 - (2 * U) / (U_max)

print(f"n intervention = {n1}, n témoin = {n2}")
print(f"U = {U:.1f} (intervalle possible : 0 à {U_max})")
print(f"p = {p:.2e}")
print()
print(f"Taille d'effet (corrélation rang-biserial) :")
print(f"  r = {r:.3f}")
if abs(r) >= 0.5:
    print(f"  → Taille d'effet : LARGE (|r| >= 0.5)")
elif abs(r) >= 0.3:
    print(f"  → Taille d'effet : MOYENNE (0.3 <= |r| < 0.5)")
else:
    print(f"  → Taille d'effet : FAIBLE (|r| < 0.3)")
print()
print(f"  → {'Significatif (p < 0.05)' if p < 0.05 else 'Non significatif (p >= 0.05)'}")

=====
TEST MANN-WHITNEY
=====
n intervention = 49, n témoin = 35
U = 1413.0 (intervalle possible : 0 à 1715)
p = 4.54e-07

Taille d'effet (corrélation rang-biserial) :
  r = -0.648
  → Taille d'effet : LARGE (|r| >= 0.5)

  → Significatif (p < 0.05)
```