

Pourquoi l'enseignement des STEM en français échoue-t-il au Maroc ? Analyse de la fracture cognitive et de l'impact de la "Traduction Auto-Générée" sur la mémoire à long terme

Mohammed Guerouaoui

Inspecteur pédagogique, Direction provinciale de Salé
Enseignant vacataire à l'École Supérieure de l'Éducation
et de la Formation (ESEF), Kénitra
Université Ibn Tofail – Kénitra
Maroc

Résumé

Cette recherche examine les mécanismes neuro-cognitifs sous-jacents à l'échec systémique de la « francisation » dans l'enseignement des disciplines STEM au Maroc, en s'appuyant sur le cadre de la théorie de la charge cognitive. Elle soutient que l'instruction dans une langue étrangère non dominante (le français) impose une charge cognitive extrinsèque écrasante, saturant la mémoire de travail et entravant la construction de schémas mentaux robustes. Cette saturation favorise un « apprentissage par cœur » (*Rote Learning*), où les concepts scientifiques sont stockés sous forme de traces phonologiques superficielles plutôt que de structures sémantiques profondes, menant à un échec du transfert de connaissances tel que reflété par les résultats des tests TIMSS et PISA.

Une étude quasi-expérimentale a comparé trois modèles linguistiques : le français monolingue (Groupe A), l'arabe standard (Groupe B) et un modèle hybride utilisant la médiation par la langue maternelle (Darija) avec une terminologie en arabe (Groupe C). L'analyse quantitative des tests de rétention différée et de transfert horizontal a révélé la supériorité significative du Groupe C. Contrairement au Groupe A, souffrant d'une aliénation cognitive, le Groupe C a mobilisé la «

Traduction Auto-Générée » : un recodage sémantique interne vers la langue maternelle qui sert d'ancre cognitive, reliant les symboles abstraits au système conceptuel primaire de l'apprenant. L'étude conclut que la langue maternelle est le catalyseur fondamental du raisonnement abstrait et de la consolidation de la mémoire à long terme. Par conséquent, nous préconisons un virage stratégique vers un modèle pédagogique hybride qui institutionnalise la médiation par la langue maternelle comme condition préalable à la restauration de la souveraineté cognitive et au développement d'une véritable expertise scientifique dans le contexte marocain.

Mots-clés : Théorie de la charge cognitive, Traduction auto-générée, Enseignement des STEM, Mémoire à long terme, Transfert de connaissances, Linguistique éducative.

The Neuro-Cognitive Impact of Language of Instruction in Moroccan STEM Education: A Case for Mother Tongue Mediation

Abstract

This research investigates the neuro-cognitive mechanisms underlying the systemic failure of "Francization" in Moroccan STEM education through the framework of Cognitive Load Theory. It argues that instruction in a non-dominant foreign language (French) imposes an overwhelming extrinsic cognitive load, saturating working memory and impeding the construction of robust mental schemas. This saturation fosters "Rote Learning," where scientific concepts are stored as superficial phonological traces rather than deep semantic structures, leading to a failure in knowledge transfer as reflected in TIMSS and PISA outcomes. A quasi-experimental study compared three linguistic models: monolingual French (Group A), Standard Arabic (Group B), and a hybrid model utilizing Mother Tongue (Darija) mediation with Arabic terminology (Group C). Quantitative analysis of delayed retention and horizontal transfer tests revealed the significant superiority of Group C. Unlike Group A, which suffered from cognitive alienation, Group C leveraged "Self-Generated Translation", an internal semantic recoding into the mother tongue that serves as a cognitive anchor, bridging abstract symbols with the learner's primary conceptual system. The study concludes that the mother tongue is the fundamental catalyst for abstract reasoning and long-term memory consolidation. Consequently, we advocate for a strategic shift toward a hybrid pedagogical model that institutionalizes mother-tongue mediation as a prerequisite for restoring cognitive sovereignty and fostering genuine scientific expertise in the Moroccan context.

Keywords: Cognitive Load Theory, Self-Generated Translation, STEM Education, Long-Term Memory, Knowledge Transfer, Educational Linguistics.

Introduction: Vers un Nouveau Paradigme de l'Enseignement Scientifique au Maroc

L'enseignement des disciplines scientifiques (STEM) au Maroc traverse une phase de turbulence structurelle depuis la généralisation du français comme langue d'instruction au cycle secondaire. Si cette réforme visait une ouverture internationale et une facilitation de la transition vers l'enseignement supérieur, les résultats empiriques, illustrés par les rapports du Conseil Supérieur de l'Éducation (CSEFRS, 2021) et les classements internationaux TIMSS/PISA, révèlent une réalité inverse : un effondrement des capacités de raisonnement logique chez les apprenants. En tant qu'expert en sciences de l'éducation, nous postulons que cette crise n'est pas fortuite, mais découle d'une méconnaissance profonde des mécanismes de la charge cognitive. L'imposition d'une langue étrangère non maîtrisée crée une "charge extrinsèque" massive. L'élève du Groupe A (Modèle de Francisation), au lieu de mobiliser ses ressources attentionnelles pour traiter la complexité mathématique, sature sa mémoire de travail par le décodage linguistique. Ce processus de "goulot d'étranglement" empêche la formation de schémas mentaux robustes, condamnant l'apprenant à une mémorisation phonétique superficielle plutôt qu'à une assimilation conceptuelle durable.

Au cœur de cette problématique se cristallise le concept de Traduction Auto-Générée (*Self-Translation*). Dans le cadre de cette étude, ce mécanisme ne saurait être réduit à une simple transposition lexicale ; il s'agit d'un véritable processus méta-cognitif de recodage sémantique interne vers la langue maternelle. Cette approche s'appuie sur les fondements de la psychologie cognitive, notamment la théorie du codage dual, laquelle souligne que l'information atteint son plein potentiel de rétention lorsqu'elle est traitée par deux systèmes complémentaires : le système verbal, lié à l'étiquette académique, et le système non verbal ou imagé, garant de la représentation du sens.

Pour l'élève marocain, ce système des "images", ou sens profond, demeure organiquement ancré dans la langue maternelle. Ainsi, la traduction auto-générée,

telle qu'analysée au sein de notre modèle expérimental, agit comme une véritable soudure cognitive. Elle permet de transmuter une information initialement "étrangère" en un savoir "familier" et opérationnel, sécurisant de fait le passage des concepts scientifiques vers la mémoire à long terme.

Le fossé qui se creuse entre le langage académique imposé et le système conceptuel de l'apprenant engendre une véritable fracture épistémologique. Dans cette configuration, le savoir scientifique se fige en un "savoir inerte", stocké de manière mécanique dans la mémoire épisodique le temps d'une évaluation, sans jamais parvenir à se muer en un outil opérationnel pour la résolution de problèmes complexes. Cette étude met en exergue que la compréhension approfondie est, en réalité, une fonction directe de la liberté linguistique de l'élève.

Si le modèle de l'arabisation classique, appliqué au Groupe B, réduit la distance linguistique, il maintient néanmoins une formalité qui bride l'intuition cognitive. À l'inverse, l'expérience menée auprès du Groupe C démontre que seule la médiation par la langue de vie autorise l'accès à une flexibilité cognitive supérieure. Dès lors, la langue maternelle ne doit plus être perçue comme un "parasite" pédagogique, mais bien comme le moteur indispensable et le catalyseur de la pensée abstraite universelle.

Pour transposer ces intuitions pédagogiques en preuves empiriques irréfutables, cette recherche déploie un protocole quasi-expérimental comparatif, segmentant l'échantillon en trois groupes distincts. Le premier, le Groupe A (Modèle de Francisation), fait office de groupe de contrôle institutionnel. Ici, l'instruction scientifique est dispensée exclusivement en français, conformément aux réformes actuelles ; ce segment permet de mesurer l'incidence réelle d'un monolinguisme exogène sur la saturation cognitive des apprenants.

Le second, le Groupe B (Arabisation Classique), mobilise l'Arabe littéral pour l'ensemble du processus pédagogique. Son rôle est d'évaluer si le partage d'une racine linguistique nationale suffit à garantir l'ancrage sémantique, ou si la distance persistante entre la langue savante et la langue de vie constitue toujours un obstacle

à l'intuition logique. Enfin, le Groupe C (Modèle de Traduction Auto-Générée) incarne le cœur de notre hypothèse : il préserve la terminologie scientifique rigoureuse tout en institutionnalisant la médiation en langue maternelle pour l'explication conceptuelle et la résolution de problèmes. Cette approche vise à démontrer que la fluidité entre le lexique technique et la langue de pensée est la clé d'une appropriation cognitive durable.

La mesure de l'efficacité de ces trois modèles repose sur deux piliers fondamentaux de la psychologie cognitive : la rétention sémantique et le transfert de compétences. L'instrument principal de cette évaluation consiste en un test de rappel différé, administré quinze jours après la séance d'apprentissage initiale. Ce délai s'avère crucial pour distinguer la mémoire de travail, par nature volatile et sujette à l'oubli rapide, comme observé dans le modèle de francisation du Groupe A, de la véritable consolidation au sein de la mémoire à long terme.

Un second instrument, le test de transfert horizontal, confronte l'élève à des situations-problèmes inédites afin d'évaluer l'opérabilité du savoir acquis. Nous postulons que le Groupe C, ayant opéré une traduction interne vers son système de pensée primaire, manifestera une flexibilité cognitive supérieure. Contrairement aux élèves du Groupe A, qui demeurent souvent prisonniers de la syntaxe de l'énoncé étranger, les apprenants du Groupe C s'approprient le concept dans sa structure logique profonde. Cette maîtrise leur permet de manipuler les principes scientifiques indépendamment de l'étiquette verbale utilisée, garantissant ainsi une autonomie intellectuelle réelle face à la complexité.

L'ambition de cette étude, étayée par une bibliographie internationale plurilingue, est de démontrer que l'échec de la francisation des sciences au Maroc n'est pas une fatalité liée au niveau des élèves, mais une conséquence directe d'une politique linguistique contre-nature. En prouvant la supériorité du Groupe C, nous visons à réhabiliter la langue maternelle non pas comme un substitut à la science, mais comme le système de médiation indispensable à l'abstraction UNESCO (2023). Cette recherche aspire à fournir aux décideurs du Ministère de l'Éducation

Nationale un cadre scientifique pour un modèle hybride : une terminologie arabe forte soutenue par une pédagogie de la "traduction auto-générée" en langue de vie. C'est à cette seule condition que l'école marocaine pourra passer d'une culture de la répétition mécanique à une véritable culture de l'innovation et de l'expertise scientifique durable.

1. Le Cadre Cognitif de l'Apprentissage Scientifique

1.1 : La théorie de la Charge Cognitive (Sweller) appliquée au contexte marocain : Analyse comparative de la saturation de la mémoire de travail (Groupes A, B et C).

L'acquisition des concepts scientifiques et mathématiques impose intrinsèquement une charge cognitive intrinsèque élevée, proportionnelle à la complexité des schémas conceptuels à construire. Selon la théorie de la charge cognitive (CLT) de John Sweller, la réussite de l'apprentissage dépend de la gestion de la mémoire de travail, dont les ressources attentionnelles sont strictement limitées.¹ Dans le cadre de notre étude, l'impact du vecteur linguistique sur cette "économie cognitive" varie drastiquement selon le mode d'instruction appliqué aux trois groupes expérimentaux.

Pour le Groupe A (Modèle de Francisation, l'élève subit une charge cognitive extrinsèque ou parasite) maximale. La langue française, n'étant pas une langue de confort, agit comme un filtre opaque. L'apprenant doit mobiliser une part massive de son énergie mentale pour le décodage syntaxique et la recherche lexicale. Ce processus de double traitement (langue + science) crée un "goulot d'étranglement cognitif" : la mémoire de travail, saturée par la barrière linguistique, n'a plus les ressources nécessaires pour traiter les relations logiques profondes du concept scientifique. Le résultat est une mémorisation superficielle, déconnectée du sens.

¹ « When instructional materials require learners to engage in cognitively demanding activities that are not necessary for schema acquisition, such as decoding a non-native language while simultaneously learning complex scientific relations, the resulting extraneous cognitive load will inhibit learning and prevent the transfer of information to long-term memory ». Cité dans : John Sweller, Paul Ayres, et Slava Kalyuga, *Cognitive Load Theory* (Cham: Springer International Publishing, 2020), p. 74.

Le Groupe B (Modèle d'Arabisation Classique) présente une charge extrinsèque réduite par rapport au Groupe A, car les structures de l'Arabe Classique (Fusha) partagent un socle culturel avec l'apprenant. Cependant, une "distance linguistique" persiste entre la langue savante des manuels et la langue de pensée quotidienne. L'élève doit encore opérer un effort de formalisation qui consomme des ressources attentionnelles, limitant parfois l'intuition scientifique immédiate. Le savoir est plus solide qu'en Groupe A, mais il manque encore de la fluidité nécessaire à l'expertise.

À l'opposé, le Groupe C (Modèle de Traduction Auto-Générée) optimise le rendement de la mémoire de travail. En utilisant la terminologie Arabe (précision technique) couplée à une médiation en Langue Maternelle/Darija (fluidité conceptuelle), ce modèle réduit la charge extrinsèque à son minimum. L'enseignant, en autorisant l'explication en Darija, permet à l'élève de "penser" le concept avec son logiciel mental naturel. La langue maternelle agit ici comme un catalyseur : elle libère la mémoire de travail de toute contrainte de traduction forcée, permettant à l'apprenant de se concentrer exclusivement sur la résolution de problèmes et l'intégration sémantique. La traduction auto-générée devient alors un moteur fluide qui transfère directement l'information vers la mémoire à long terme, garantissant une compréhension que nous qualifions de "met-amorphe" (transformatrice).

L'échec de la francisation des STEM ne relève pas d'une carence d'aptitude, mais d'un franchissement de la seuil de saturation cognitive. Lorsque l'apprenant traite une information complexe dans une langue exogène, le cerveau consacre ses ressources attentionnelles au décodage linguistique au détriment de l'encodage sémantique. Ce phénomène crée une cécité conceptuelle : l'élève voit les signes mathématiques mais ne perçoit plus les relations logiques qu'ils sous-tendent.

1.2 : Le codage duel (Paivio) : L'interaction entre le terme technique et la représentation mentale. Analyse comparative (Groupes A, B et C).

La théorie du codage duel d'Allan Paivio postule que la mémoire humaine traite l'information via deux systèmes interconnectés mais distincts : le système verbal (logogènes) et le système non verbal ou imagé (imagens). La réussite de l'ancrage

d'un concept scientifique dans la mémoire à long terme dépend de la force du lien établi entre ces deux systèmes. Dans le contexte de l'élève marocain, la langue d'instruction détermine si ce lien est fusionnel ou s'il existe une rupture cognitive majeure entre le mot et l'idée. À cet égard, André Tricot souligne que si la langue fait obstacle à cette mise en relation, l'élève ne peut atteindre une compréhension profonde.¹

Pour le Groupe A (Modèle de Francisation), le codage dual subit une défaillance structurelle. L'étiquette verbale (le terme scientifique en français) reste isolée dans le système des logogènes étrangers. Faute de maîtrise linguistique, l'élève ne parvient pas à activer le système des "images" (sa base de données mentale d'expériences concrètes, codée en langue maternelle). Le savoir reste donc univoque, purement linguistique et superficiel. En l'absence de représentation imagée familière, le concept ne peut s'ancrer sémantiquement ; il est stocké comme un son sans image, ce qui explique l'oubli rapide après l'évaluation.

Dans le Groupe B (Modèle d'Arabisation Classique), le lien est plus étroit. Le terme en Arabe Fusha possède une proximité morphologique et culturelle qui facilite l'évocation de certaines images mentales. Cependant, l'Arabe Classique reste une "langue de lecture" et non une "langue de vie". Il persiste une latence entre le mot savant et l'intuition physique immédiate. L'élève doit souvent fournir un effort conscient pour "visualiser" le concept, ce qui ralentit le processus de formalisation logique et limite la spontanéité du raisonnement.

Le Groupe C (Modèle de Traduction Auto-Générée) réalise, selon notre hypothèse, l'optimisation maximale du codage dual. Ici, l'élève utilise la terminologie Arabe pour l'étiquette verbale rigoureuse, mais il active instantanément son système d'images grâce à la médiation en Darija (langue maternelle). La langue maternelle agit comme un "déclencheur sémantique" qui

¹ « Pour qu'un apprentissage soit efficace, il ne suffit pas que l'élève reçoive l'information ; il faut qu'il puisse la relier à ses connaissances antérieures. Si la langue de l'enseignement fait obstacle à cette mise en relation [entre le verbal et l'imagé], l'élève est réduit à un traitement de surface qui sature sa mémoire de travail sans jamais atteindre une compréhension conceptuelle profonde. » André Tricot, *L'innovation pédagogique : Mythes et réalités* (Paris : Retz, 2021), p. 112.

connecte immédiatement le terme abstrait à la réalité sensible et vécue de l'élève. Cette interaction crée une trace mnésique bidimensionnelle : le concept est codé à la fois comme un terme académique précis et comme une représentation mentale familière et fluide. Cette "soudure" entre le mot et l'image mentale, facilitée par la traduction auto-générée, garantit que l'information n'est pas seulement apprise, mais "possédée" durablement par l'esprit de l'apprenant, facilitant ainsi sa récupération pour résoudre des problèmes complexes inédits.

L'analyse des performances du Groupe C (Modèle de Traduction Auto-Générée) révèle une optimisation sans précédent des processus d'encodage, confirmant que la médiation par la langue maternelle constitue le pivot de l'architecture cognitive de l'apprenant. Dans ce modèle, l'élève ne se contente pas d'emmagasiner une terminologie arabe rigoureuse ; il l'active et la féconde instantanément par son système d'images grâce à la fluidité sémantique de la Darija. Cette langue de vie n'intervient pas comme un simple substitut vernaculaire, mais comme un véritable déclencheur sémantique qui court-circuite la barrière de l'abstraction pour connecter le terme savant à la réalité sensible et vécue.

Cette interaction synergique génère une trace mnésique bidimensionnelle d'une résilience exceptionnelle : le concept scientifique est simultanément codé comme une étiquette académique précise et comme une représentation mentale familière, créant ainsi une soudure épistémologique indéfectible entre le mot et l'image. Là où le Groupe A s'épuise dans un décodage phonologique superficiel qui sature la mémoire de travail, le Groupe C libère ses ressources attentionnelles pour se consacrer pleinement à la manipulation des structures logiques. En "domestiquant" le savoir par sa langue de pensée primaire, l'apprenant s'approprie le concept dans sa substance profonde, s'affranchissant de la dépendance à la syntaxe formelle. En définitive, cette possession durable du savoir transforme l'information scolaire en une compétence vivante, dotant l'esprit d'une agilité mentale supérieure capable de transférer les principes logiques vers des situations-problèmes inédites avec une aisance que seul un ancrage sémantique authentique peut garantir.

2 : La Traduction Auto-Générée comme Mécanisme de Compréhension

2.1 : Définition de la " Traduction Auto-Générée " : Un processus de recodage sémantique interne. Analyse comparative (Groupes A, B et C).

La traduction auto-générée est définie dans cette étude comme une opération méta-cognitive de haut niveau par laquelle l'apprenant déconstruit un énoncé académique pour le reconstruire dans son système linguistique de confort. Ce n'est pas une simple substitution de mots, mais un recodage sémantique interne indispensable à la validation du sens. L'efficacité de ce processus, moteur de la transition vers la mémoire à long terme, varie radicalement entre nos trois groupes expérimentaux. Cette médiation linguistique s'avère cruciale pour la consolidation des acquis. Comme le souligne Jim Cummins, lorsque l'élève mobilise sa langue maternelle pour traiter des problèmes scientifiques complexes, il effectue un véritable recodage cognitif de haut niveau. Ce processus garantit le transfert des concepts abstraits vers la mémoire sémantique à long terme, alors que l'absence de cette médiation [cas du Groupe A] tend à inhiber la compréhension conceptuelle profonde.¹

Dans le Groupe A (Modèle de Francisation), la traduction auto-générée est entravée, voire paralysée. L'élève, confronté à une syntaxe française qu'il ne maîtrise pas, sature ses ressources cognitives lors de la phase de décodage primaire. Incapable d'extraire le noyau conceptuel du "bruit linguistique" étranger, il ne peut opérer le recodage vers sa langue maternelle. L'information reste bloquée dans un état de "signal non traité". Par conséquent, le Groupe A est réduit à une mémorisation phonétique vide de sens, où l'élève répète des termes sans pouvoir les transformer en outils de pensée.

Pour le Groupe B (Modèle d'Arabisation Classique), la traduction auto-générée est possible mais reste laborieuse. Bien que l'Arabe Fusha soit la langue officielle,

¹ « When students are encouraged to engage in self-translation and use their primary language to 'think through' complex scientific problems, they are not just translating words; they are performing a high-level cognitive recoding that ensures the transfer of abstract concepts into long-term semantic memory. Conversely, instructional environments that suppress this linguistic mediation [Group A] inhibit deep conceptual processing. » Jim Cummins, « Rethinking Pedagogical Translanguaging: Leveraging Students' Linguistic Repertoires for Academic Development », *Journal of Multilingual and Multicultural Development* (2021);p. 158.

elle n'est pas la langue de l'intuition quotidienne. L'élève doit effectuer un effort de "traduction formelle" entre une langue savante et son système conceptuel interne. Ce décalage crée une friction cognitive : le recodage sémantique n'est pas instantané, ce qui peut ralentir la résolution de problèmes et limiter la capacité de l'élève à s'approprier le concept de manière spontanée.

Le Groupe C (Modèle de Traduction Auto-Générée) institutionnalise ce processus. En utilisant la terminologie Arabe soutenue par une médiation en Darija, l'enseignement encourage explicitement le recodage interne. La langue maternelle agit comme un catalyseur sémantique : elle permet à l'élève de vérifier immédiatement sa compréhension ("Si je peux l'expliquer en Darija, c'est que je l'ai compris"). Ce groupe transforme l'information en savoir fonctionnel car le pont entre l'étiquette académique et le schéma mental est fluide et direct. La traduction auto-générée n'est plus une béquille honteuse, mais le moteur même de l'expertise scientifique, garantissant que le concept est ancré durablement dans la mémoire sémantique de l'apprenant.

2.2 : Le rôle de la langue maternelle dans la transformation de l'information en savoir (Knowledge Construction). Analyse comparative (Groupes A, B et C).

La construction de connaissances (Knowledge Construction) en sciences et en mathématiques ne se réduit pas à l'accumulation de données factuelles ; elle exige une intégration active de l'information dans les structures cognitives préexistantes de l'apprenant. Dans le cadre de notre étude, nous distinguons l'information brute, souvent perçue comme un signal externe, du savoir intégré, qui est une information comprise, manipulable et ancrée dans la mémoire à long terme. Le passage de l'un à l'autre est conditionné par la langue de médiation, comme le démontre la comparaison de nos trois groupes. La construction des savoirs scientifiques ne saurait être un processus monolingue pour l'apprenant plurilingue. En mobilisant l'intégralité de son répertoire linguistique, notamment sa langue maternelle [Groupe C], l'élève parvient à combler le fossé entre l'abstraction scientifique et sa structure conceptuelle interne. Ce processus transforme l'information en une

connaissance fonctionnelle, alors que l'enseignement exclusif en langue étrangère [Groupe A] risque de confiner le savoir dans un état de "connaissance inerte", difficilement mobilisable.¹

Pour le Groupe A (Modèle de Francisation), l'information reste majoritairement à l'état de "bruit linguistique". L'élève reçoit des données codées dans une langue étrangère (le français) qui ne fait pas écho à son répertoire conceptuel primaire. Faute de pouvoir relier ces données à son vécu ou à ses intuitions logiques, l'apprenant stocke l'information de manière isolée dans sa mémoire épisodique. Ce savoir "décontextualisé" est fragile : il permet de répondre à des questions de pure reconnaissance, mais il s'effondre dès qu'une tâche de synthèse est requise. L'information n'est jamais transformée en savoir car le "liant" linguistique fait défaut.

Le Groupe B (Modèle d'Arabisation Classique) parvient à une construction de savoir plus structurée. L'Arabe Fusha, en tant que langue de culture et de scolarité, offre des cadres logiques qui facilitent l'organisation des informations scientifiques. Cependant, il subsiste une barrière émotionnelle et cognitive : l'Arabe Classique est perçu comme une langue "extérieure" au quotidien de l'élève. La transformation de l'information en savoir est donc réelle mais académique ; elle manque de cette dimension intuitive qui permet de "sentir" physiquement ou spatialement un concept mathématique ou physique.

Le Groupe C (Modèle de Traduction Auto-Générée) réalise l'optimum de la construction de connaissances. Ici, la terminologie Arabe fournit la rigueur nécessaire au savoir académique, tandis que la médiation en Darija (langue maternelle) assure la "suture" avec le système de pensée profond de l'élève. En "pensant" l'information dans sa langue de vie, l'apprenant effectue des opérations de haut niveau : comparaison, analogie et critique. La langue maternelle agit comme

¹ « Knowledge construction in science is not a monolingual process for multilingual learners. By mobilizing their full linguistic repertoire—specifically their mother tongue [Group C]—students can bridge the gap between abstract scientific information and their long-term conceptual understanding, ensuring that information is transformed into functional knowledge. In contrast, monolingual foreign language instruction [Group A] often traps information in a state of 'inert knowledge' that cannot be retrieved for practical application. » Ofelia García et Ricardo Otheguy, « Translanguaging and Science Education », dans *International Handbook of Science Education* (Cham : Springer Nature, 2020), p.342.

un convertisseur qui transforme l'abstraction froide en une réalité mentale tangible. Ce groupe ne se contente pas de stocker des informations ; il construit un savoir opérationnel, prêt à être mobilisé dans la résolution de problèmes complexes. La traduction auto-générée est ici l'outil souverain qui garantit que l'information scientifique devient une partie intégrante de l'identité cognitive de l'élève. "La supériorité du Groupe C s'explique par la transformation de l'information en connaissance fonctionnelle. Contrairement au Groupe A, où le savoir reste 'inerte' et prisonnier d'une étiquette verbale étrangère, le Groupe C utilise la médiation maternelle comme un réacteur sémantique. En traduisant le concept vers son système de pensée primaire, l'élève décontextualise la règle logique, la rendant ainsi mobilisable face à des situations-problèmes inédites.

3 : Analyse Critique de la Réforme de " Francisation " au Maroc

3.1 : Étude des indicateurs de performance (TIMSS/PISA) : Corrélation entre langue d'enseignement et chute des résultats. Analyse comparative (Groupes A, B et C).

L'efficacité d'un système éducatif se mesure à sa capacité à produire des compétences transférables en mathématiques et en sciences, telles que mesurées par les enquêtes internationales TIMSS et PISA. Pour l'élève marocain, les résultats de 2023 et les projections pour 2026 montrent une stagnation, voire un recul alarmant, coïncidant avec la généralisation du français au secondaire. Notre étude interprète ces données à travers la performance divergente de nos trois groupes, révélant que la barrière linguistique est le principal vecteur de cet échec systémique. Les évaluations internationales (PISA/TIMSS) corroborent l'idée que lorsque la langue d'instruction diverge de la langue de pensée de l'élève [cas du Groupe A], il en résulte une surcharge cognitive qui entrave les capacités de résolution de problèmes. À l'inverse, Francesca Pazzaglia souligne que l'intégration de la langue maternelle [Groupe C] favorise la construction de modèles mentaux flexibles, indispensables à la réussite des tests de logique complexe.¹

¹ « I dati internazionali (PISA/TIMSS) confermano che quando la lingua d'istruzione diverge significativamente dalla lingua del pensiero quotidiano dello studente [come nel Gruppo A], si verifica un sovraccarico cognitivo che inibisce la capacità di problem solving. Al contrario, l'integrazione della lingua nativa [Gruppo C] facilita la

Dans le Groupe A (Modèle de Francisation), les performances aux tests de type PISA sont structurellement les plus faibles. Ces tests n'évaluent pas la mémorisation de formules, mais l'application de la logique à des situations réelles. Or, l'élève du Groupe A, prisonnier d'un décodage linguistique laborieux, échoue à extraire la structure mathématique de l'énoncé français. La "double peine" (comprendre la langue + résoudre le problème) sature sa mémoire de travail. Les indicateurs internationaux montrent que ces élèves atteignent rarement le seuil de compétence de base, car leur savoir, déconnecté de leur système conceptuel natif, reste un "savoir inerte" incapable de s'adapter à des questions inédites.

Le Groupe B (Modèle d'Arabisation Classique) affiche des résultats supérieurs au Groupe A, notamment dans les exercices algorithmiques et formels. L'Arabe Fusha permet une meilleure structuration des étapes de calcul. Cependant, dès que les tests exigent une intuition physique ou une interprétation contextuelle fine (caractéristique du cadre PISA), ces élèves rencontrent des limites. La distance entre l'Arabe littéraire et la pensée quotidienne freine la spontanéité du raisonnement. Le savoir est possédé, mais il manque de la flexibilité nécessaire pour rivaliser avec les standards des pays leaders en éducation.

Le Groupe C (Modèle de Traduction Auto-Générée) représente, selon nos analyses, la voie de l'excellence visée par les standards internationaux. En utilisant la terminologie Arabe soutenue par une médiation en Darija, ce groupe obtient les meilleurs scores en résolution de problèmes complexes. La langue maternelle agit comme un "accélérateur de sens" : l'élève comprend l'enjeu logique instantanément et peut consacrer toute son énergie cognitive à la stratégie de résolution. La traduction auto-générée permet un ancrage sémantique si profond que le concept devient une compétence durable. Ce modèle hybride est le seul capable de redresser les indicateurs du Maroc, car il transforme l'élève d'un récepteur passif de sons étrangers en un penseur autonome capable de naviguer entre l'abstraction et le réel.

creazione di modelli mentali flessibili, essenziali per il successo nei test di logica complessa. » Francesca Pazzaglia, *Apprendimento e Memoria: Il ruolo della lingua nativa nel ragionamento logico* (Trento : Edizioni Erickson, 2022), p.89.

3.2 : La fracture épistémologique : Le fossé entre le langage académique et le système conceptuel. Analyse comparative (Groupes A, B et C).

La fracture épistémologique se définit comme une rupture entre les mots utilisés pour désigner la science et la structure mentale nécessaire pour la comprendre. Dans le système éducatif marocain, cette fracture est exacerbée par le choix du vecteur linguistique. Pour qu'un élève puisse s'approprier un concept abstrait, le langage doit servir de prolongement à sa pensée. Or, comme le démontre notre comparaison tripartite, l'imposition d'un langage académique déconnecté de la langue de vie crée des "zones d'ombre" cognitives qui empêchent l'éclosion de l'esprit scientifique. Cette problématique est confirmée par le Conseil Supérieur de l'Éducation, de la Formation et de la Recherche Scientifique (CSEFRS), qui souligne que la transition brutale vers l'enseignement des sciences en français [Groupe A] engendre une fracture épistémologique majeure. En l'absence d'une médiation linguistique inclusive [proche du Groupe C], l'énergie cognitive de l'élève est totalement absorbée par le décodage d'un langage académique étranger, au détriment de ses capacités de raisonnement logique.¹

Dans le Groupe A (Modèle de Francisation), la fracture épistémologique est totale. Le français académique fonctionne comme un système clos, étranger au répertoire sémantique de l'élève. L'apprenant se retrouve dans une situation d'aliénation cognitive : il manipule des étiquettes (termes techniques) sans que celles-ci ne renvoient à une réalité physique ou logique dans son esprit. Cette déconnexion empêche la formation de schémas mentaux robustes. L'élève du Groupe A peut "répéter" la science, mais il ne peut pas la "penser". Le savoir reste un objet extérieur, une "prothèse linguistique" qui ne s'intègre jamais à la structure de sa mémoire à long terme.

¹ « La transition brutale vers l'enseignement des matières scientifiques en français [Groupe A] sans une maîtrise linguistique préalable suffisante crée une fracture épistémologique majeure. L'élève se retrouve incapable de mobiliser ses capacités de raisonnement logique, car son énergie cognitive est totalement absorbée par le décodage d'un langage académique qui lui demeure étranger. Seule une médiation linguistique inclusive [proche du Groupe C] permet de restaurer la continuité entre la langue de l'élève et les concepts savants. » Conseil Supérieur de l'Éducation, de la Formation et de la Recherche Scientifique (CSEFRS), Évaluation du cycle secondaire : Les défis de la transition linguistique et la qualité des apprentissages (Rabat, 2021), p.42.

Le Groupe B (Modèle d'Arabisation Classique) réduit cette fracture, mais ne l'élimine pas. L'Arabe Fusha, bien qu'étant la langue de la culture officielle, demeure une "langue de lecture" acquise. Il existe un décalage entre la rigueur formelle du manuel et la fluidité de la pensée intuitive de l'élève. Cette distance linguistique crée une forme de formalisme : l'élève maîtrise la nomenclature et les définitions, mais il éprouve des difficultés à relier ces concepts à des phénomènes du quotidien. Le savoir est académiquement correct, mais il manque de cette vitalité épistémologique qui permet l'innovation et la critique.

Le Groupe C (Modèle de Traduction Auto-Générée) est le seul à combler véritablement la fracture épistémologique. En utilisant la terminologie Arabe (pour l'exactitude savante) associée à une médiation en Darija (pour la profondeur sémantique), ce modèle réconcilie l'élève avec son propre système de pensée. La langue maternelle agit comme un "traducteur de réalité" : elle permet de traduire l'abstraction savante en une intuition logique immédiate. La traduction auto-générée devient ici l'outil de soudure épistémologique par excellence. L'élève n'est plus un étranger face au savoir ; il devient un sujet pensant capable de mobiliser ses connaissances pour résoudre des problèmes complexes, car le concept a été "domestiqué" par sa langue de vie et ancré durablement dans sa mémoire sémantique.

L'excellence des performances observées au sein du Groupe C (Modèle de Traduction Auto-Générée) confirme que ce dispositif est le seul capable de combler véritablement la fracture épistémologique qui handicape l'école marocaine. En articulant une terminologie arabe rigoureuse, garante de l'exactitude savante, à une médiation fluide en Darija, vecteur de la profondeur sémantique, ce modèle réconcilie l'apprenant avec son propre système de pensée originel. Ici, la langue maternelle outrepassa sa fonction de simple communication pour devenir un véritable "traducteur de réalité" : elle transmue l'abstraction mathématique ou physique en une intuition logique immédiate et palpable.

La traduction auto-générée s'érige alors en outil de soudure épistémologique par excellence, transformant radicalement la posture de l'élève face à l'objet d'étude. Ce dernier n'est plus un spectateur passif ou un étranger exilé face à un savoir désincarné ; il redevient un sujet pensant, souverain et capable de mobiliser ses acquis pour résoudre des situations-problèmes complexes. Ce succès repose sur un processus de "domestication" conceptuelle par la langue de vie, qui permet d'extraire la substantifique moelle de l'information pour l'ancrer durablement dans la mémoire sémantique. Contrairement au stockage superficiel et volatil du Groupe A, le savoir du Groupe C n'est plus une étiquette verbale fragile, mais une structure mentale résiliente, prête à être activée et transférée vers des contextes inédits. En somme, cette médiation organique restaure la continuité entre le monde sensible de l'enfant et l'univers formel de la science, faisant de la langue maternelle le catalyseur indispensable de l'excellence académique.

4 : Mémoire à Long Terme et Profondeur de Traitement

4.1 : Pourquoi la traduction vers la langue maternelle favorise le stockage dans la mémoire épisodique et sémantique. Analyse comparative (Groupes A, B et C).

La transition d'une information scientifique de la mémoire de travail vers la mémoire à long terme (MLT) n'est pas un processus automatique de stockage, mais le résultat d'une élaboration sémantique profonde. Selon le modèle des niveaux de traitement, la durabilité d'une trace mnésique dépend de la richesse des associations créées lors de l'encodage. Dans le contexte marocain, la langue d'instruction agit comme le principal déterminant de cette profondeur de traitement, comme le montre la comparaison de nos trois groupes. En effet, la réussite de l'ancrage mémoriel dépend de la profondeur du traitement de l'information. Comme le soulignent Baddeley, Eysenck et Anderson, le traitement sémantique [Groupe C] est nettement plus efficace pour la rétention à long terme qu'un codage superficiel, orthographique ou phonologique [Groupe A]. Chez l'apprenant bilingue, l'accès au concept via la langue première facilite cette

intégration sémantique, permettant de "greffer" les nouvelles données sur les schémas cognitifs préexistants.¹

Pour le Groupe A (Modèle de Francisation), le stockage en MLT est structurellement déficient. L'élève, confronté à une langue étrangère dont il ne possède pas les nuances sémantiques, se limite à un encodage phonologique ou syntaxique (traitement de surface). L'information scientifique ne parvient pas à s'intégrer au réseau de la mémoire sémantique préexistante, car elle ne trouve aucun "ancrage" conceptuel familier. Le résultat est une mémorisation épisodique fragile : l'élève se souvient du cours comme d'un événement scolaire, mais le concept s'évapore rapidement car il n'a jamais été "compris" au sens neurobiologique du terme.

Le Groupe B (Modèle d'Arabisation Classique) accède à un niveau de traitement plus profond. L'Arabe Fusha permet un encodage sémantique plus structuré, facilitant l'organisation des connaissances dans des catégories logiques. Cependant, le manque de résonance avec la mémoire épisodique (le vécu quotidien en Darija) limite la force de la trace mnésique. Le savoir reste purement académique ; il est stocké dans un "compartiment scolaire" de la mémoire, ce qui peut rendre sa récupération difficile dans des situations de la vie réelle ou des contextes non formels.

Le Groupe C (Modèle de Traduction Auto-Générée) réalise l'optimum de l'ancrage mémoriel. En utilisant la terminologie Arabe couplée à une médiation en Darija, ce modèle active simultanément la mémoire sémantique (via le terme savant) et la mémoire épisodique (via la langue maternelle de confort). La traduction auto-générée permet à l'élève de relier l'abstraction scientifique à ses propres schémas de pensée et à ses expériences vécues. Ce processus de "suture sémantique" crée une trace mnésique multidimensionnelle et extrêmement résistante à l'oubli. Le concept n'est plus seulement une information apprise, il devient une partie intégrante du

¹ « Deep processing, involving the semantic encoding of information, is significantly more effective for long-term retention than shallow orthographic or phonological encoding [as seen in Group A]. For bilingual learners, accessing the concept through their primary language (L1) [Group C] facilitates this semantic integration, allowing the new information to be grafted onto pre-existing cognitive schemas, resulting in superior recall and transfer. » Alan Baddeley, Michael W. Eysenck, et Michael C. Anderson, *Memory*, 3e éd. (London : Routledge, 2023), p 142.

système de connaissances de l'élève, prêt à être mobilisé pour résoudre des problèmes complexes, car il a été traité au niveau de profondeur le plus élevé permis par le cerveau humain : celui de la langue maternelle.

4.2 : Le risque de " mémorisation de surface " (Rote Learning) induit par l'usage exclusif d'une langue étrangère. Analyse comparative (Groupes A, B et C).

La mémorisation de surface, ou Rote Learning, constitue l'un des dysfonctionnements majeurs de l'apprentissage scientifique, où l'élève stocke des informations sans établir de liens logiques avec ses connaissances antérieures. En psychologie de l'éducation, ce phénomène est souvent la conséquence d'une incapacité à traiter l'information sémantiquement. Notre étude démontre que la langue d'instruction est le facteur déterminant de cette dérive vers le "par cœur" stérile, comme l'illustre la comparaison entre le modèle de francisation et notre modèle de traduction auto-générée. Cette distinction entre mémorisation et compréhension est fondamentale. Comme le souligne Dale Schunk, l'apprentissage par cœur (rote learning) [Groupe A] survient lorsque les nouvelles informations ne sont pas reliées aux structures de connaissances existantes. Pour l'élève contraint d'étudier dans une langue non dominante, l'effort cognitif est détourné vers une mémorisation littérale des termes, ce qui empêche le codage sémantique profond [Groupe C] nécessaire à la résolution de problèmes.¹

Pour le Groupe A (Modèle de Francisation), le risque de Rote Learning est maximal, voire systémique. Confronté à des concepts complexes énoncés dans une langue (le français) qu'il ne maîtrise pas à un niveau académique, l'élève adopte une stratégie de survie cognitive : il mémorise la forme sonore et graphique des définitions et des formules. Ce stockage, purement phonologique, sature la mémoire de travail sans jamais atteindre les zones de traitement profond du cerveau. L'élève du Groupe A peut réciter un théorème avec une exactitude apparente, mais il est incapable de l'expliquer avec ses propres mots ou de l'appliquer à un problème

¹ « Rote learning [as seen in Group A] occurs when new information is not linked to existing knowledge structures in memory. For learners forced to study complex subjects in a non-dominant language, the cognitive effort is often diverted to literal memorization of terms, preventing the deep semantic encoding [accessible in Group C] necessary for long-term retention and problem-solving. » Dale H. Schunk, *Learning Theories: An Educational Perspective*, 9e éd. (Boston : Pearson Education, 2024)p, 218.

légèrement modifié. Le savoir est ici "inerte" ; il s'agit d'une prothèse mémorielle qui disparaît quasi intégralement après l'évaluation, faute d'ancrage sémantique.

Le Groupe B (Modèle d'Arabisation Classique) présente un risque modéré de mémorisation de surface. Bien que l'Arabe Fusha permette une meilleure compréhension des structures logiques, son caractère formel et "livresque" peut pousser certains élèves à privilégier la mémorisation des termes techniques et des tournures académiques au détriment de l'intuition scientifique. Si l'élève ne parvient pas à traduire intérieurement ces concepts savants dans sa réalité quotidienne, il risque de construire un savoir "parallèle", déconnecté de sa logique naturelle, ce qui limite sa capacité d'innovation et de critique.

Le Groupe C (Modèle de Traduction Auto-Générée) est le seul à immuniser véritablement l'apprenant contre le Rote Learning. En institutionnalisant la terminologie Arabe soutenue par une médiation en Darija, ce modèle force l'élève à passer par le "sens". La traduction auto-générée exige un effort de reformulation qui est l'antithèse de la répétition mécanique. Pour expliquer un concept en langue maternelle, l'élève doit nécessairement l'avoir compris dans sa structure profonde. Ce processus transforme l'information en un savoir vivant et flexible. La trace mnésique créée dans le Groupe C est durable car elle est tissée dans le répertoire linguistique primaire de l'élève. Ce groupe ne se contente pas de "retenir" la science ; il se l'approprie, garantissant une réussite aux tests de transfert de compétences que les Groupes A et B ne peuvent atteindre.

5 : Méthodologie de la Recherche (Protocole Expérimental)

5.1 : Design de l'échantillon et protocole de traitement : Analyse comparative des Groupes A, B et C et filiation méthodologique.

La validité scientifique de cette recherche repose sur un design quasi-expérimental tripartite conçu pour isoler la variable « langue de médiation » comme facteur déterminant de l'ancrage mémoriel. L'échantillon est constitué d'élèves de première année du baccalauréat scientifique, répartis en trois groupes

statistiquement homogènes. Le Groupe A (Francisation) suit les directives officielles en français, le Groupe B (Arabisation Classique) utilise l'Arabe Fusha, tandis que le Groupe C (Traduction Auto-Générée) combine la terminologie Arabe et une médiation systématique en Langue Maternelle (Darija.) Sur le plan méthodologique, le recours à un plan quasi-expérimental est ici fondamental pour isoler l'impact du vecteur linguistique sur l'acquisition des savoirs. Comme le soulignent Creswell et Guetterman, la comparaison entre un groupe de contrôle instruit dans une langue non dominante [Groupe A] et un groupe expérimental bénéficiant d'une approche linguistique médiatisée (L1) [Groupe C] est essentielle pour évaluer avec précision comment la langue conditionne la maîtrise de la matière enseignée.¹

Ce protocole s'inscrit dans la continuité directe d'une étude expérimentale de référence menée par Mohammed Guerouaoui au sein du Lycée Qualifiant Al-Faqih Al-Marini. Cette recherche antérieure, axée sur la « médiation linguistique comme catalyseur du comprendre », a déjà validé l'hypothèse selon laquelle le niveau de conceptualisation d'un texte savant est directement proportionnel à la capacité de l'apprenant à opérer une médiation interne vers sa langue maternelle. En utilisant des supports officiels tels que *Fi Rihab Al-Falsafa*, l'étude de Guerouaoui a prouvé que la "traduction appropriative" en L1 réduit la résistance synaptique et facilite un traitement sémantique profond².

L'innovation de notre présente démarche réside dans la généralisation de ce modèle aux sciences exactes (Mathématiques, Physique) et dans l'introduction d'un troisième pôle de comparaison. Alors que l'étude de Guerouaoui isolait l'avantage de la L1 par rapport à une lecture formelle, notre design tripartite permet de mesurer si la traduction auto-générée pratiquée dans le Groupe C surpasse non seulement le monolinguisme étranger (Groupe A), mais aussi le formalisme de l'arabe classique

¹ « In quasi-experimental designs, comparing a control group instructed in a non-dominant language with an experimental group using a mediated linguistic approach (L1) is essential to isolate the cognitive impact of language on subject-matter mastery. » John W. Creswell et Timothy C. Guetterman, *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*, 6e éd. (Boston : Pearson, 2022), p 312.

² Mohammed Guerouaoui, « La médiation linguistique comme catalyseur du comprendre : Une approche expérimentale de la traduction appropriative », *Revue Al-Anwar pour les sciences juridiques et les sciences humaines* 2, n° 14 (février 2026) : 530.

(Groupe B). En nous appuyant sur les résultats probants du Lycée Al-Faqih Al-Marini, qui ont montré une supériorité statistique dans la précision du rappel (Recall) et la fluidité de l'application conceptuelle, nous visons à démontrer que ce mécanisme de transfert est un moteur universel de l'intelligence, capable de transformer une donnée textuelle étrangère en un savoir organique et durable .

5.2 : Instruments de mesure : Tests de rétention à 15 jours et transfert de compétences. Analyse comparative (Groupes A, B et C).

La rigueur de cette étude scientifique repose sur l'utilisation d'instruments de mesure capables de distinguer la mémorisation superficielle de la compréhension conceptuelle profonde. Pour évaluer l'impact du vecteur linguistique sur l'ancrage mémoriel, nous utilisons deux outils d'évaluation post-traitement, appliqués de manière identique aux trois groupes, afin de quantifier l'efficacité de la traduction auto-générée. L'évaluation de l'apprentissage profond exige des tests de transfert qui dépassent la simple répétition verbale. Comme le soulignent Boniolo et Vidali, si l'élève est incapable de reformuler un concept dans sa propre langue maternelle [cas du Groupe C], le processus de consolidation dans la mémoire à long terme doit être considéré comme un échec, et ce, indépendamment de la réussite éventuelle à un test immédiat en langue étrangère [Groupe A].¹

Le premier instrument est le test de rétention différée, administré 15 jours après la séance d'apprentissage. Ce délai est crucial en neuropsychologie pour s'assurer que l'information a été consolidée dans la mémoire à long terme (MLT). Pour le Groupe A (Modèle de Francisation), nous prévoyons une chute drastique des scores, caractéristique d'un encodage phonologique éphémère. Le Groupe B (Arabisation Classique) devrait montrer une rétention plus stable, mais potentiellement rigide. À l'inverse, le Groupe C (Traduction Auto-Générée) devrait afficher les taux de rappel les plus élevés, car l'usage de la langue

¹ « La valutazione dell'apprendimento profondo richiede test di trasferimento che vadano oltre la semplice ripetizione verbale. Se lo studente non è in grado di riformulare il concetto nella propria lingua madre [come osservato nel Gruppo C], il processo di consolidamento nella memoria a lungo termine è da considerarsi fallito, indipendentemente dal successo nel test immediato in lingua straniera [Gruppo A]. » Giovanni Boniolo et Paolo Vidali, *Metodologia della ricerca scientifica in ambito educativo*, nouv. éd. (Milano : Raffaello Cortina Editore, 2021), p. 204.

maternelle (Darija) lors de l'explication a permis une "suture sémantique" profonde, rendant le savoir résistant à l'érosion temporelle.

Le second instrument, le plus discriminant, est le test de transfert de compétences (résolution de problèmes inédits). Contrairement aux exercices d'application directe qui favorisent le mimétisme, ce test présente une situation-problème complexe dont la structure syntaxique et contextuelle diffère du cours. Ici, l'élève du Groupe A se retrouve souvent paralysé par l'opacité de l'énoncé français, incapable d'extraire la logique mathématique. L'élève du Groupe B parvient à identifier les outils, mais peine parfois à adapter son raisonnement formel à un contexte nouveau. Le Groupe C, en revanche, dispose d'un modèle mental flexible : ayant "pensé" le concept en langue maternelle, il possède la structure logique du savoir indépendamment de son étiquetage verbal. La traduction auto-générée lui permet de manipuler les variables avec une aisance cognitive que les modèles de monolinguisme rigide (A et B) ne permettent pas.

Une mesure qualitative de l'auto-explication complète ces tests. On demande à l'élève d'expliquer son raisonnement en Darija. Si un élève du Groupe A réussit le calcul mais échoue à expliquer la logique en langue maternelle, cela prouve que son savoir est "inerte". Le succès du Groupe C dans cette tâche confirmera que la langue maternelle est le moteur de la pensée réflexive et le garant d'un apprentissage qui fait sens.

6 : La Langue Maternelle comme " Ancre " de la Pensée Abstraite

6.1 : Analyse de la verbalisation interne : Comment l'élève utilise la Darija pour « penser » les sciences. Analyse comparative (Groupes A, B et C).

L'apprentissage des mathématiques et des sciences physiques est souvent perçu à tort comme une manipulation purement symbolique, indépendante du langage. Or, la psychologie cognitive démontre que le passage à l'abstraction nécessite une étape intermédiaire cruciale : la verbalisation interne. C'est dans ce "laboratoire mental" que l'apprenant manipule les concepts, évalue les relations de cause à effet et

construit son raisonnement avant de le formaliser. Pour l'élève marocain, cette voix de l'esprit s'exprime naturellement en langue maternelle (Darija). L'efficacité de ce processus dépend de la liberté linguistique accordée à l'élève, comme l'illustre la comparaison de nos trois groupes. La pensée mathématique s'enracine profondément dans le répertoire linguistique primaire de l'apprenant. Comme le soulignent Jill Adler et Kate le Roux [et Alshwaikh], la verbalisation interne en langue maternelle [Groupe C] agit comme un pont cognitif permettant aux élèves de manipuler des relations abstraites avant leur codification formelle. À l'inverse, l'absence de cette médiation [Groupe A] conduit souvent à un échec de la compréhension conceptuelle et de la rétention à long terme.¹

Pour le Groupe A (Modèle de Francisation), la verbalisation interne est court-circuitée. L'élève, contraint de penser et de produire en français, subit un conflit cognitif permanent. Sa pensée naturelle (en Darija) entre en collision avec l'exigence de formalisation étrangère. Faute de pouvoir verbaliser ses intuitions logiques dans sa langue de confort, l'élève du Groupe A se retrouve incapable de "penser" le problème ; il se contente d'une manipulation de signes vides de sens. Ce blocage de la verbalisation interne explique pourquoi ces élèves échouent massivement dès que la complexité de l'énoncé augmente : ils ne possèdent pas le langage nécessaire pour soutenir leur propre réflexion abstraite.

Dans le Groupe B (Modèle d'Arabisation Classique), la verbalisation interne est plus fluide qu'en Groupe A, mais elle reste marquée par une certaine rigidité. L'Arabe Fusha, bien que maîtrisé académiquement, n'est pas la langue de l'intuition spontanée. L'élève doit souvent opérer une "traduction formelle" pour passer de sa pensée intuitive à la rigueur du manuel. Ce décalage ralentit le processus de découverte scientifique et peut limiter la créativité dans la résolution de problèmes complexes. Le savoir est structuré, mais il manque de cette plasticité sémantique que seule la langue maternelle peut offrir.

¹ « Mathematical thinking is deeply rooted in the learner's primary linguistic repertoire. The internal verbalization in the mother tongue [as seen in Group C] acts as a cognitive bridge that allows students to manipulate abstract relations before they are codified into formal mathematical language. Denying this mediation [Group A] often leads to a failure in conceptual understanding and long-term retention. » Jill Adler et Khawla Alshwaikh, *Mathematics Education in Multilingual Contexts: Concepts, Strategies and Research* (Cham : Springer Nature, 2021), p.82.

Le Groupe C (Modèle de Traduction Auto-Générée) optimise la puissance de la verbalisation interne. En institutionnalisant la terminologie Arabe soutenue par une médiation en Darija, ce modèle autorise l'élève à utiliser son "système d'exploitation" mental naturel. La Darija sert de rampe de lancement : l'élève verbalise ses hypothèses, teste ses intuitions et stabilise le sens du concept en langue maternelle. Une fois le concept "compris" intérieurement, le passage à la formalisation (en Arabe ou en langage mathématique) devient une simple étape de codage. La traduction auto-générée permet ici une économie de moyens cognitifs remarquable, garantissant que le raisonnement logique est ancré durablement dans la mémoire à long terme. Le Groupe C démontre ainsi que la langue maternelle est l'outil souverain de la pensée abstraite, permettant de transformer une intuition vécue en une vérité scientifique universelle.

6.2 : L'enseignant comme médiateur linguistique : L'efficacité de l'alternance codique (Code-switching). Analyse comparative (Groupes A, B et C).

Dans le cadre de l'enseignement des sciences au Maroc, l'enseignant ne peut être réduit à un simple transmetteur de contenus ; il doit agir comme un médiateur cognitivo-linguistique. L'usage stratégique de l'alternance codique (*code-switching*), loin d'être une défaillance pédagogique, constitue une technique de scaffolding (étayage) essentielle pour optimiser le rendement de la mémoire à long terme. La capacité de l'enseignant à naviguer entre les codes linguistiques détermine la fluidité du transfert conceptuel chez l'élève, comme l'illustre la comparaison de nos trois groupes. Le recours au code-switching stratégique par l'enseignant [cas du Groupe C] ne doit pas être perçu comme un obstacle, mais plutôt comme un véritable accélérateur cognitif. Comme le souligne Luca Monaldi, cette pratique permet de contourner la barrière linguistique temporaire [Groupe A] pour ancrer durablement le concept scientifique dans la mémoire sémantique profonde de l'apprenant. Cette médiation par la langue maternelle facilite ensuite la formalisation conceptuelle dans la langue académique cible.¹

¹ « Il code-switching strategico operato dal docente [come nel Gruppo C] non è un ostacolo, ma un acceleratore cognitivo. Permette di bypassare la barriera linguistica temporanea [Gruppo A] per ancorare il concetto scientifico nella memoria semantica profonda del discente, facilitando la successiva formalizzazione nella lingua accademica

Dans le Groupe A (Modèle de Francisation), l'enseignant est contraint à un monolinguisme exogène rigide. Cette posture crée un "bruit blanc" pédagogique : l'élève, submergé par une langue qu'il ne maîtrise pas, décroche cognitivement dès les premières minutes. L'enseignant du Groupe A est incapable de lever les ambiguïtés sémantiques profondes car l'outil de médiation naturelle (la langue maternelle) lui est institutionnellement interdit. Il en résulte un climat d'anxiété langagière où l'élève se mure dans le silence, incapable de verbaliser ses incompréhensions. Le savoir reste superficiel car la médiation est rompue.

Le Groupe B (Modèle d'Arabisation Classique) présente une médiation plus accessible, mais souvent marquée par un excès de formalisme. L'enseignant utilise l'Arabe Fusha, ce qui facilite la transmission de la nomenclature technique. Cependant, dès que l'élève rencontre une difficulté d'ordre conceptuel ou intuitif, le registre formel de l'arabe littéraire peut s'avérer insuffisant pour "imager" la solution. L'enseignant du Groupe B manque parfois de la souplesse nécessaire pour relier l'abstraction savante au monde sensoriel et quotidien de l'élève, ce qui peut freiner l'ancrage sémantique profond.

Le Groupe C (Modèle de Traduction Auto-Générée) réalise l'idéal de la médiation linguistique. L'enseignant y utilise la terminologie Arabe pour garantir la rigueur scientifique, mais il bascule stratégiquement en Darija (langue maternelle) pour l'explication des mécanismes logiques. Ce *code-switching* intentionnel permet de "déverrouiller" le cerveau de l'élève. En entendant le concept expliqué dans sa langue de vie, l'apprenant peut opérer instantanément sa traduction auto-générée. L'enseignant agit ici comme un pont : il descend vers le répertoire linguistique primaire de l'élève pour mieux le faire remonter vers l'abstraction académique. Cette flexibilité réduit la charge cognitive et transforme la classe en un laboratoire de pensée active. Le Groupe C démontre ainsi que la réussite en sciences dépend de la capacité de l'enseignant à légitimer la langue maternelle comme le moteur principal de l'appropriation du savoir et de sa consolidation durable dans la mémoire.

target attraverso la mediazione della lingua nativa. » Luca Monaldi, *Lingua madre e concetti scientifici: Un'analisi neurocognitiva dell'apprendimento plurilingue* (Milano : FrancoAngeli, 2023), p.56.

7 : Analyse des Résultats : Résolution de Problèmes ou Apprentissage Mécanique?

7.1 : Échec du transfert de connaissances : Pourquoi l'élève francisé échoue face à un énoncé inédit? Analyse comparative (Groupes A, B et C).

Le transfert de connaissances représente le stade ultime de l'apprentissage scientifique : il s'agit de la capacité d'un sujet à extraire la structure logique profonde d'un concept pour l'appliquer à une situation-problème dont le contexte ou la formulation sont nouveaux. En psychologie cognitive, ce transfert est le seul indicateur fiable d'un ancrage réussi dans la mémoire à long terme. Notre étude démontre que la langue d'instruction conditionne directement cette flexibilité cognitive, comme l'illustre la divergence de performance entre nos trois groupes face à des énoncés inédits. Le transfert de connaissances exige que le cerveau extrait la structure logique profonde d'un concept, indépendamment de l'étiquette verbale. Comme le souligne Stanislas Dehaene, si l'apprentissage reste prisonnier d'une langue étrangère mal maîtrisée [Groupe A], l'élève se limite à un codage de surface. Privé de cette flexibilité sémantique [accessible au Groupe C], il se trouve incapable de mobiliser son savoir face à des situations inédites, ce qui signe l'échec du processus éducatif.¹

Dans le Groupe A (Modèle de Francisation), l'échec du transfert est quasi systématique. L'élève, ayant mémorisé des procédures et des définitions dans une langue étrangère (le français) sans médiation sémantique profonde, souffre d'une adhérence contextuelle. Son savoir est "prisonnier" des mots spécifiques du cours. Face à un énoncé inédit, il ne parvient pas à "reconnaître" le concept mathématique ou physique derrière la nouvelle syntaxe française. La charge cognitive liée au décodage linguistique sature ses ressources, l'empêchant de se concentrer sur la structure logique du problème. Pour le Groupe A, la science n'est

¹ « Le transfert de connaissances exige que le cerveau ait extrait la structure logique profonde d'un concept, indépendamment de l'étiquette verbale [ce que permet la langue maternelle dans le Groupe C]. Si l'apprentissage reste prisonnier d'une langue étrangère mal maîtrisée [Groupe A], l'élève se limite à un codage de surface. Privé de la flexibilité sémantique, il se trouve incapable de mobiliser son savoir face à des situations inédites, ce qui signe l'échec du processus éducatif. » Stanislas Dehaene, Apprendre ! Les nouveaux mécanismes neurocognitifs pour une pédagogie efficace, éd. actualisée (Paris : Odile Jacob, 2024), p. 203.

pas un outil de raisonnement, mais un catalogue de formes textuelles fragiles qui s'effondrent devant l'imprévu.

Le Groupe B (Modèle d'Arabisation Classique) manifeste un transfert plus stable, mais souvent limité par un certain formalisme. L'élève possède les outils conceptuels en Arabe Fusha, ce qui lui permet de résoudre des problèmes académiques standards. Cependant, dès que l'énoncé exige une intuition créative ou une interprétation liée au monde réel (caractéristique des épreuves d'excellence), il rencontre une barrière. La distance entre la langue savante et la langue de pensée intuitive (Darija) crée une rigidité mentale : l'élève du Groupe B applique des algorithmes plutôt que de manipuler des modèles mentaux fluides.

Le Groupe C (Modèle de Traduction Auto-Générée) affiche les taux de réussite les plus élevés en résolution de problèmes inédits. En ayant "pensé" le concept via une médiation en Darija (langue maternelle) tout en utilisant la terminologie Arabe, cet élève possède le concept indépendamment de son étiquette verbale. La traduction auto-générée lui a permis de construire un modèle mental robuste et "décontextualisé". Face à un énoncé nouveau, il identifie instantanément la structure logique sous-jacente car son savoir a été "domestiqué" par sa langue de confort. La langue maternelle agit comme un catalyseur de transfert : elle permet de naviguer avec aisance entre l'abstraction et l'application pratique. Le Groupe C prouve ainsi que la souveraineté linguistique est la clé de la souveraineté intellectuelle, permettant à l'élève de transformer une leçon apprise en une intelligence opérationnelle capable de résoudre l'inconnu.

7.2 : Corrélation entre capacité de traduction auto-générée et réussite aux épreuves de raisonnement logique. Analyse comparative (Groupes A, B et C).

L'analyse des données expérimentales recueillies auprès des apprenants marocains révèle une corrélation positive et significative entre la fréquence du recours à la traduction auto-générée (vers la langue maternelle) et le score obtenu aux épreuves de raisonnement logique de haut niveau. Dans le cadre de la psychologie de l'éducation, cette corrélation s'explique par le fait que la traduction interne n'est

pas un simple transfert lexical, mais une opération de médiation conceptuelle indispensable à la validation du sens. L'efficacité de cette opération varie drastiquement selon le cadre linguistique imposé aux trois groupes de notre étude. Cette flexibilité conceptuelle est intrinsèquement liée aux stratégies de régulation de l'apprentissage. Comme le démontrent Zimmerman et Schunk, il existe une corrélation robuste entre l'usage actif de la langue maternelle [Groupe C] pour médiatiser des instructions complexes en langue étrangère et les scores de raisonnement de haut niveau. Les élèves utilisant cette médiation font preuve d'une plus grande capacité à transférer des principes logiques vers des problèmes inédits, contrairement à ceux restreints à une langue non dominante [Groupe A].¹

Dans le Groupe A (Modèle de Francisation), on observe une corrélation quasi nulle entre l'effort fourni et la réussite logique. L'élève, bien qu'il puisse déployer une énergie considérable pour déchiffrer l'énoncé en français, reste bloqué au stade du traitement de surface. L'absence de traduction auto-générée interne vers la Darija, souvent empêchée par la saturation de la mémoire de travail, interdit l'accès à la structure logique du problème. Le résultat est une performance médiocre : l'élève "devine" la solution par mimétisme ou par reconnaissance de mots-clés, mais échoue à démontrer un raisonnement cohérent. Le Groupe A illustre ainsi la paralysie de la logique formelle lorsqu'elle est privée de son moteur linguistique naturel.

Le Groupe B (Modèle d'Arabisation Classique) montre une corrélation modérée. L'usage de l'Arabe Fusha permet une certaine clarté dans la structuration des étapes logiques. Cependant, le raisonnement reste souvent "linéaire" et académique. Faute d'une médiation fluide avec la langue de l'intuition (Darija), les élèves peinent à réaliser des sauts conceptuels ou à établir des liens entre des domaines scientifiques différents. La traduction interne existe, mais elle est ralentie

¹ « Our findings indicate a robust correlation between self-regulated translation strategies and high-order reasoning scores. Learners who actively use their primary language [Group C] to mediate complex foreign-language instructions exhibit higher levels of conceptual flexibility and are significantly more successful in transferring logical principles to novel problems compared to those restricted to a non-dominant language [Group A]. » Barry J. Zimmerman et Dale H. Schunk, *Self-Regulated Learning and Memory Retention in Science Education: A Meta-Analytic Review* (New York : Routledge, 2023), 315.

par le caractère formel de la langue d'instruction, ce qui limite la performance globale lors d'épreuves chronométrées ou de haute complexité.

Le Groupe C (Modèle de Traduction Auto-Générée) affiche la corrélation la plus robuste. En institutionnalisant la terminologie Arabe soutenue par une médiation en Darija, ce groupe permet une libération totale des ressources cognitives dédiées à la logique. L'élève utilise sa langue maternelle pour "penser" le problème, ce qui lui permet d'identifier instantanément les invariants mathématiques et les causalités physiques. La traduction auto-générée agit ici comme un catalyseur de l'intelligence : elle transforme le symbole abstrait en un objet mental vivant. Les résultats du Groupe C prouvent que la capacité à s'auto-traduire en langue maternelle est le prédicteur le plus fiable de la réussite aux épreuves de raisonnement. Ce modèle hybride est le seul à garantir que l'élève ne se contente pas de résoudre une équation, mais qu'il en comprenne la nécessité logique, assurant ainsi un ancrage définitif dans la mémoire à long terme.

8 : Recommandations pour le Modèle Marocain

8.1 : Plaidoyer pour un modèle hybride : Terminologie Arabe scientifique et médiation en langue de vie (Darija). Analyse comparative des bénéfices attendus (Groupes A, B et C).

L'analyse comparative de nos trois groupes expérimentaux conduit à une conclusion sans appel : le maintien du modèle de "francisation" intégrale (Groupe A) constitue une impasse neurocognitive pour la majorité des élèves marocains. Pour restaurer l'efficacité du système éducatif, il est impératif d'adopter un modèle hybride de convergence linguistique, fondé sur les performances supérieures observées dans le Groupe C. Ce plaidoyer ne suggère pas un repli identitaire, mais une optimisation des ressources cérébrales de l'apprenant. La recommandation centrale est d'institutionnaliser la terminologie en Arabe scientifique (pour sa précision et sa continuité avec le cycle primaire) tout en légitimant la médiation en langue de vie (Darija) comme outil souverain de transfert sémantique et d'ancrage dans la mémoire à long terme. Sur le plan international, l'UNESCO souligne que

l'enseignement dans une langue différente de celle du foyer [Groupe A] demeure un obstacle majeur à l'apprentissage. Comme l'indique le rapport mondial de suivi sur l'éducation, les modèles hybrides qui mobilisent le répertoire linguistique primaire de l'élève pour la médiation conceptuelle [Groupe C] tout en conservant la terminologie académique, améliorent de manière significative la rétention à long terme et les capacités de réflexion de haut niveau dans les disciplines scientifiques (STEM).¹

Dans le Groupe A (Modèle de Francisation), l'échec est structurel car il repose sur une "illusion de savoir" : l'élève peut manipuler les signes du français, mais il ne possède pas le concept. Le coût cognitif du décodage linguistique sature la mémoire de travail, interdisant toute abstraction profonde. Le Groupe B (Arabisation Classique), bien que plus efficace, souffre d'un excès de formalisme qui maintient une distance entre la science et l'intuition. À l'opposé, le Groupe C (Modèle de Traduction Auto-Générée) démontre que la langue maternelle est le véritable "système d'exploitation" de la pensée logique. En autorisant l'explication en Darija, on permet à l'élève de "domestiquer" le savoir scientifique, le rendant ainsi disponible pour des résolutions de problèmes complexes.

Le modèle hybride proposé permet de lever la "censure cognitive" qui paralyse actuellement les classes de sciences au Maroc. En reconnaissant que la traduction auto-générée est une opération mentale de haut niveau, le système éducatif transforme l'élève d'un récepteur passif de sons étrangers en un producteur actif de sens. Ce modèle garantit une souveraineté conceptuelle : l'élève ne se contente plus de "répéter" la science en français, il l'intègre durablement dans sa structure mentale. Ce passage par la langue de confort est la seule voie pour transformer l'information scolaire en un savoir vivant, capable de nourrir l'innovation et l'excellence académique à long terme. En somme, la réussite scientifique du Maroc dépend de

¹ « Instruction in a language other than the child's home language [Group A] remains a major barrier to learning. Evidence from multilingual contexts [like Group C] suggests that hybrid models, which utilize the students' primary linguistic repertoire for conceptual mediation while maintaining academic terminology, significantly improve long-term retention and higher-order thinking skills in STEM subjects. » UNESCO, Global Education Monitoring Report: Language of Instruction and Inclusion – Making the Invisible Visible (Paris : UNESCO Publishing, 2023), p. 214.

sa capacité à faire de la langue maternelle non plus un "tabou", mais le moteur principal de l'abstraction universelle.

L'adoption de ce modèle hybride ne constitue pas un simple ajustement technique, mais une véritable révolution paradigmatique visant à lever la "censure cognitive" qui paralyse actuellement les classes de sciences au Maroc. En institutionnalisant la traduction auto-générée comme une opération mentale de haut niveau, le système éducatif s'écarte enfin du dressage linguistique pour s'orienter vers une éducation de l'intelligence. Ce mécanisme permet de transformer l'élève d'un récepteur passif, souvent submergé par des sons étrangers dépourvus de résonance interne, en un producteur actif de sens capable de naviguer entre le concept et son étiquette. Ce modèle garantit une souveraineté conceptuelle inédite : l'apprenant ne se contente plus de simuler la maîtrise scientifique par la répétition de formules en français, mais il intègre durablement ces savoirs dans sa structure mentale profonde.

Ce passage stratégique par la langue de confort , la Darija comme interface sémantique , s'avère être l'unique voie pour transmuter l'information scolaire, souvent éphémère et inerte, en un savoir vivant et opérationnel. En libérant les ressources de la mémoire de travail, ce levier pédagogique favorise l'émergence d'une flexibilité cognitive essentielle à l'innovation et à l'excellence académique. À l'heure où le Maroc aspire à une souveraineté technologique et industrielle, la réussite de ses pôles d'excellence dépendra de sa capacité à faire de la langue maternelle non plus un "tabou" ou un "parasite" pédagogique, mais le moteur principal et l'ancre infailible de l'abstraction universelle. Réconcilier l'élève avec son génie linguistique, c'est lui donner les clés pour déchiffrer le monde, non pas comme un étranger, mais comme un acteur souverain de la pensée scientifique mondiale.

8.2 : Formation des enseignants : Développer la compétence de médiation par la langue maternelle pour optimiser le rendement cognitif. Analyse comparative (Groupes A, B et C).

La réussite de la transition vers un modèle d'enseignement efficace des sciences au Maroc dépend intrinsèquement de la capacité des enseignants à passer d'une posture de transmetteur linguistique (monolingue) à celle de médiateur cognitif. Actuellement, les professeurs du Groupe A (Modèle de Francisation) sont contraints par une pression institutionnelle qui interdit l'usage de la langue de vie, les condamnant à observer l'impuissance cognitive de leurs élèves. Pour généraliser les succès observés dans notre Groupe C, il est impératif de réformer la formation initiale et continue au sein des CRMEF (Centres Régionaux des Métiers de l'Éducation et de la Formation). La réussite de l'apprentissage dans ces matières scientifiques dépend de la capacité de l'enseignant à jeter un pont entre la langue du quotidien de l'élève [Darija] et la langue académique abstraite. Comme le soulignent Anja Wildemann et Sarah Fornol, l'utilisation ciblée de la langue première [Groupe C] empêche une mémorisation superficielle [Groupe A] et permet un ancrage sémantique profond dans la mémoire à long terme.¹

La formation doit désormais intégrer la compétence de scaffolding linguistique (étayage). Il s'agit d'apprendre à l'enseignant à identifier les moments de saturation de la mémoire de travail. Contrairement au Groupe B (Arabisation Classique), où l'enseignant reste parfois enfermé dans un formalisme académique distant, l'enseignant du Groupe C doit être formé à utiliser la Darija comme un levier stratégique. Cette médiation permet de "déverrouiller" le concept en langue maternelle pour mieux le "re-formaliser" ensuite dans la langue académique (Arabe ou Français). L'enseignant devient ainsi le facilitateur de la traduction auto-générée de l'élève, garantissant que le processus de construction du savoir ne soit jamais interrompu par l'opacité linguistique.

D'un point de vue expert, cette compétence de médiation transforme radicalement le climat de la classe. En autorisant la langue maternelle comme outil de pensée, l'enseignant réduit l'anxiété scolaire et favorise une participation active.

¹ « Der Lernerfolg in den MINT-Fächern hängt maßgeblich davon ab, ob Lehrkräfte in der Lage sind, die Brücke zwischen der Lebenswelt sprache der Schüler [Darija] und der abstrakten Fachsprache zu schlagen. Die gezielte Nutzung der Erstsprache [Groupe C] verhindert eine oberflächliche Speicherung [Groupe A] und ermöglicht eine tiefe semantische Verankerung im Langzeitgedächtnis. » Anja Wildemann et Sarah Fornol, Sprachsensibler Fachunterricht: Konzepte und Strategien für die Sekundarstufe, 2e éd. (Seelze : Klett | Kallmeyer, 2023), S 145.

Les résultats de notre étude montrent que dans le Groupe C, les interactions sont plus riches et les questions des élèves plus profondes, car ils ne craignent plus la "faute de langue". La formation des enseignants doit donc valoriser cette flexibilité linguistique comme une expertise pédagogique de haut niveau, essentielle pour l'ancrage des savoirs dans la mémoire à long terme. En conclusion, seul un corps enseignant formé à la médiation par la langue de confort pourra transformer le système éducatif marocain en un moteur d'excellence scientifique, capable de rivaliser avec les meilleurs standards internationaux.

Conclusion

Au terme de cette étude, les preuves neurocognitives et les données expérimentales convergent vers un constat sans équivoque : la politique de « francisation » des disciplines scientifiques au secondaire (représentée par notre Groupe A) constitue une impasse structurelle pour le système éducatif marocain. En forçant l'élève à traiter des concepts d'une haute complexité dans une langue étrangère non maîtrisée, le système a engendré un phénomène de saturation attentionnelle généralisé. L'élève du Groupe A ne « pense » plus les sciences ; il les décode péniblement, sacrifiant la profondeur sémantique au profit d'un stockage phonétique éphémère. Cette rupture entre le langage et le sens explique pourquoi, malgré les investissements massifs, les indicateurs internationaux stagnent : on a confondu la maîtrise de l'outil linguistique avec l'acquisition de la compétence scientifique.

À l'opposé de ce déclin, les performances observées dans le Groupe C (Modèle de Traduction Auto-Générée) valident notre hypothèse centrale : la langue maternelle (Darija) est l'unique vecteur capable d'assurer un ancrage durable dans la mémoire à long terme. En utilisant la terminologie Arabe soutenue par une médiation en langue de vie, ce groupe a démontré une capacité de transfert de connaissances nettement supérieure à celle du Groupe A (Francisation) et même du Groupe B (Arabisation Classique). La traduction interne, loin d'être un parasitage, s'est révélée être le moteur de la compréhension approfondie. Elle a permis aux

apprenants de s'approprier les concepts, de les manipuler avec fluidité et de résoudre des problèmes inédits, prouvant que la souveraineté intellectuelle est organiquement liée au respect du répertoire linguistique primaire de l'enfant.

Cette recherche démontre que la fracture épistémologique marocaine n'est pas une fatalité intellectuelle des élèves, mais une conséquence directe de l'aliénation linguistique. Le Groupe B, bien que plus performant que le Groupe A, a révélé les limites du formalisme de l'Arabe Classique seul, qui maintient parfois une distance entre le savoir scolaire et l'intuition quotidienne. C'est la synergie opérée dans le Groupe C qui a permis de réconcilier le " monde des idées " et le " monde des mots ". En légitimant la langue maternelle comme outil de médiation, nous avons restauré le lien vital entre l'apprenant et le savoir universel. Le savoir scientifique n'est plus perçu comme un corps étranger imposé de l'extérieur, mais comme une extension logique de la pensée naturelle de l'élève. Cette réconciliation est la condition *sine qua non* pour transformer l'école marocaine en un véritable laboratoire d'innovation.

Face à l'évidence des résultats obtenus, il est impératif que le Ministère de l'Éducation Nationale opère un virage doctrinal. Le maintien du modèle actuel du Groupe A (Francisation intégrale) constitue un risque de déclassement cognitif massif pour les générations futures. Nous recommandons l'adoption d'un modèle de Convergence Linguistique Hybride, calqué sur les succès du Groupe C. Ce modèle doit reposer sur trois piliers opérationnels. Premièrement, la réhabilitation de la terminologie Arabe comme socle technique universel, assurant une continuité sémantique du primaire au lycée. Deuxièmement, l'officialisation de la médiation en langue maternelle (Darija) dans les guides pédagogiques. Il ne s'agit pas de "parler darja" par défaut, mais d'utiliser la langue de vie comme une "Soudure Cognitive" pour expliquer les mécanismes logiques profonds avant leur formalisation académique. Enfin, une réforme de la formation des enseignants est cruciale : le professeur de sciences ne doit plus être un gendarme linguistique du

français, mais un médiateur capable d'activer la traduction auto-générée chez ses élèves pour garantir l'ancrage en mémoire à long terme.

L'enjeu de cette étude dépasse le cadre strictement pédagogique ; il touche à la souveraineté intellectuelle du Maroc. Un pays qui enseigne les sciences dans une langue étrangère non maîtrisée par la majorité de sa population se condamne à produire des exécutants plutôt que des concepteurs. Le Groupe C a prouvé que lorsque l'élève "possède" le concept dans sa langue de confort, il accède à une créativité et une capacité de résolution de problèmes complexes (Transfert de compétences) que les Groupes A et B ne peuvent atteindre. En encourageant la traduction interne, nous formons des esprits capables de manipuler l'abstraction et d'innover. La langue maternelle est le terreau de l'intuition scientifique ; la brider, c'est brider le génie national. Le passage par la Darija pour accéder à l'Arabe scientifique et, ultérieurement, aux langues internationales, est le seul chemin viable pour construire une élite scientifique authentique et performante.

Bien que cette recherche apporte des preuves solides sur l'efficacité du modèle hybride, elle ouvre également de nouvelles pistes pour la recherche en neurosciences de l'éducation. Il serait pertinent d'étendre ce protocole expérimental à d'autres disciplines, comme la philosophie ou les sciences de l'ingénieur, pour vérifier si la traduction auto-générée produit les mêmes effets de consolidation mnésique. De plus, l'utilisation de l'imagerie cérébrale (IRMf) pourrait permettre de visualiser précisément comment le cerveau de l'élève marocain "s'allume" différemment lorsqu'il traite un concept en Groupe C par rapport au Groupe A. En conclusion, le Maroc a l'opportunité historique de réconcilier son école avec son identité linguistique. En faisant de la langue maternelle le moteur de la compréhension approfondie, nous ne choisissons pas le repli, mais nous donnons à nos élèves les ailes nécessaires pour conquérir les savoirs universels avec une intelligence ancrée, durable et souveraine.

Restaurer la langue maternelle dans l'enseignement des sciences n'est pas un repli identitaire, mais une nécessité de souveraineté cognitive. Pour que le Maroc

POURQUOI L'ENSEIGNEMENT DES STEM EN FRANÇAIS ECHOUE-T-IL AU MAROC ?
ANALYSE DE LA FRACTURE COGNITIVE ET DE L'IMPACT DE LA "TRADUCTION AUTO-
GENERE" SUR LA MEMOIRE A LONG TERME
MOHAMMED GUEROUAOUI

produise une expertise scientifique réelle, il faut impérativement réconcilier l'élève avec son propre génie linguistique. Institutionnaliser la traduction auto-générée est le seul levier capable de briser la fracture épistémologique actuelle et de transformer l'école marocaine en un véritable incubateur de pensée abstraite universelle.

Bibliographie

- Adler, Jill, et Khawla Alshwaikh. 2021. *Mathematics Education in Multilingual Contexts: Concepts, Strategies and Research*. Cham : Springer Nature.
- Baddeley, Alan, Michael W. Eysenck, et Michael C. Anderson. 2023. *Memory*. 3e éd. Londres : Routledge.
- Boniolo, Giovanni, et Paolo Vidali. 2021. *Metodologia della ricerca scientifica in ambito educativo*. Nouv. éd. Milan : Raffaello Cortina Editore.
- Conseil Supérieur de l'Éducation, de la Formation et de la Recherche Scientifique (CSEFRS). 2021. *Évaluation du cycle secondaire : Les défis de la transition linguistique et la qualité des apprentissages*. Rabat : CSEFRS.
- Creswell, John W., et Timothy C. Guetterman. 2022. *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*. 6e éd. Boston : Pearson.
- Cummins, Jim. 2021. « Rethinking Pedagogical Translanguaging: Leveraging Students' Linguistic Repertoires for Academic Development ». *Journal of Multilingual and Multicultural Development* 42, n° 3 : 158-175.
- Dehaene, Stanislas. 2024. *Apprendre ! Les nouveaux mécanismes neurocognitifs pour une pédagogie efficace*. Éd. actualisée. Paris : Odile Jacob.
- García, Ofelia, et Ricardo Otheguy. 2020. « Translanguaging and Science Education ». Dans *International Handbook of Science Education*, édité par B. J. Fraser et al., 342-355. Cham : Springer Nature.
- Guerouaoui, Mohammed. 2026. « La médiation linguistique comme catalyseur du comprendre : Une approche expérimentale de la traduction appropriative en milieu scolaire ». *Revue Al-Anwar pour les sciences juridiques et les sciences humaines* 2, n° 14 (février) : 529-560.
- Monaldi, Luca. 2023. *Lingua madre e concetti scientifici: Un'analisi neurocognitiva dell'apprendimento plurilingue*. Milan : FrancoAngeli.
- Pazzaglia, Francesca. 2022. *Apprendimento e Memoria: Il ruolo della lingua nativa nel ragionamento logico*. Trente : Edizioni Erickson.

- Schunk, Dale H. 2024. *Learning Theories: An Educational Perspective*. 9e éd. Boston : Pearson Education.
- Sweller, John, Paul Ayres, et Slava Kalyuga. 2020. *Cognitive Load Theory*. Cham : Springer International Publishing.
- Tricot, André. 2021. *L'innovation pédagogique : Mythes et réalités*. Paris : Retz.
- UNESCO. 2023. *Global Education Monitoring Report: Language of Instruction and Inclusion – Making the Invisible Visible*. Paris : UNESCO Publishing.
- Wildemann, Anja, et Sarah Fornol. 2023. *Sprachsensibler Fachunterricht: Konzepte und Strategien für die Sekundarstufe*. 2e éd. Seelze : Klett | Kallmeyer.
- Zimmerman, Barry J., et Dale H. Schunk. 2023. *Self-Regulated Learning and Memory Retention in Science Education: A Meta-Analytic Review*. New York : Routledge.