Quel est le lien entre le niveau de compréhension de l'écrit des élèves de 3e et 4e année primaire et leur capacité à résoudre des problèmes mathématiques avec ou sans informations inutiles dans l'énoncé ?

Auteur : Mednouny, Sarah
Promoteur(s) : Fagnant, Annick
Faculté : þÿF a c u l t é d e P s y c h o l o g i e , L o g o p é d i e e t S c i e n c e s d e l ' E d u c a t i o n
Diplôme : Master en sciences de l'éducation, à finalité spécialisée en enseignement
Année académique : 2023-2024
URI/URL : http://hdl.handle.net/2268.2/19957

Quel est le lien entre le niveau de compréhension de l'écrit des élèves de 3e et de 4e année primaire et leur capacité à résoudre des problèmes mathématiques avec ou sans informations inutiles dans l'énoncé ?

Sous la direction de Mme A. Fagnant

Lecteurs : Mme D. Jaegers

Mme M. André

Mémoire présenté par Mednouny Sarah (S184280)

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences de l'Éducation

Année académique 2023 – 2024

Quel est le lien entre le niveau de compréhension de l'écrit des élèves de 3e et de 4e année primaire et leur capacité à résoudre des problèmes arithmétiques avec ou sans informations inutiles dans l'énoncé ?

Sous la direction de Mme A. Fagnant

Lecteurs :

Mémoire présenté par Mednouny Sarah (S184280)

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences de l'Éducation

Année académique 2023 – 2024

Remerciements

Je remercie les personnes qui m'ont aidée et soutenue lors de la réalisation de ce mémoire.

Tout d'abord, je souhaite remercier ma promotrice, madame Fagnant, pour ses conseils et son écoute tout au long de la réalisation de ce travail. Ensuite, je remercie son assistant, M. Lonhay, pour ses conseils et analyses statistiques.

Je remercie également tous les enseignants de l'Université de Liège pour leur enseignement.

J'adresse de vifs remerciements aux enseignants et aux élèves qui ont accepté de participer à cette étude.

J'adresse également ma gratitude à toutes les personnes qui m'ont soutenue et épaulée durant la réalisation de ce mémoire.

Je souhaite, finalement, remercier les personnes qui ont généreusement relu mon mémoire et apporté leur éclairage extérieur.

Table des matières

I. Introduction

Selon le nouveau référentiel de mathématiques guidant l'enseignement fondamental en Fédération Wallonie Bruxelles de Belgique (Fédération Wallonie Bruxelles, 2022, p.23) : « La résolution de problèmes est envisagée dès les premières années du tronc commun et tout au long de celui-ci, elle permet aux élèves de donner du sens et d'utiliser leurs connaissances numériques dans toute une série de situations ». La résolution de problème est donc au centre de l'enseignement des mathématiques dans notre système éducatif, dès les premières années de l'enseignement primaire. De plus, le nouveau référentiel de français (Fédération Wallonie Bruxelles, 2022, p. 18-19) indique que : « Apprendre les mathématiques, l'histoire, la géographie ou toute autre discipline, c'est aussi apprendre notamment à argumenter, reformuler, synthétiser des savoirs et savoir-faire, à l'oral ou à l'écrit de manière adaptée à la discipline. […] Tout enseignant doit être conscient de l'impact du langage sur la compréhension et l'appropriation des contenus qui relèvent de sa discipline ». Le lien entre le langage et les autres disciplines scolaires est donc souligné.

Dans le cadre de ce mémoire, nous nous intéresserons plus spécifiquement au lien entre le niveau de lecture des élèves et leur performance en résolution de problèmes. De nombreuses études ont déjà démontré le lien qui unit ces deux fondamentaux de l'apprentissage scolaire (Wang et al., 2016 ; Fuchs et al., 2015 ; Özsoy et al., 2015 ; Devidal et al., 1997…). Nous avons décidé d'approfondir cette connexion en examinant deux aspects la lecture technique et la compréhension à la lecture. En étudiant ces deux éléments, nous espérons peut-être mieux saisir comment ils influencent la performance dans la résolution de problèmes.

En plus de cette distinction, nous avons également décidé de nous intéresser à l'impact des informations non pertinentes dans les énoncés, vis-à-vis de la performance en résolution de problèmes. Les données non pertinentes sont des distracteurs numériques (ou linguistiques) présents dans l'énoncé. Elles ne doivent pas être utilisées par les élèves pour obtenir la réponse au problème. Ces informations permettent de rendre les problèmes plus réalistes et proches de ceux que les élèves rencontreront dans leur vie de tous les jours (Wang et al., 2016). En effet, il est rare que les problèmes qui se présentent dans la vie quotidienne et qui demandent une résolution mathématique soient uniquement composés d'informations utiles (Halladay & Neumann, 2012). Il est d'ailleurs souvent nécessaire de prendre en considération des informations venant de différentes sources (Fuchs et al., 2015). Passolunghi et al. (1999, cités par Kinne, 2003) ont démontré que les élèves qui ont une performance en résolution de problème faible se souviennent généralement de plus d’informations inutiles que leurs camarades qui ont une bonne performance. Vilenios-Tuohimaa et al. (2008) ont mis en évidence que la lecture technique (le fait de pouvoir décoder un texte) a un impact plus important sur la résolution de problèmes que la lecture compréhension. Cependant, d’après l’étude de Wang et al. (2016), la compréhension à la lecture n’a pas un effet supérieur sur la résolution de problèmes contenants des informations non pertinentes que sur ceux n’en contenant pas. C’est ce constat qui a motivé notre choix d’analyser les deux types de lectures dans notre étude afin de, peut-être, trouver des éléments d’explication à ce dernier.

Finalement, nous avons également décidé de nous intéresser aux types de problèmes : combinaison, changement et comparaison (Riley et al., 1983, cités par Fagnant, 2008). Il est important de varier les problèmes que nous proposons aux élèves, afin de les confronter à des situations différentes qui demandent des modèles de résolution différents (Van Dooren et al., 2015). Cela leur permet également de développer de nouvelles stratégies de résolution face à un problème qui leur semble nouveau en matière de démarches à réaliser pour le résoudre. Des études ont démontré que la difficulté d’un problème n’est pas tant liée aux opérations à effectuer pour le résoudre, mais plutôt à la relation sémantique entre les données (Fagnant, 2008). Nous avons donc décidé de nous intéresser aux différences de performance en fonction du type de problème proposé aux enfants.

Par conséquent, notre recherche s’intéresse au lien entre le niveau de lecture (technique et compréhension) des élèves de 3^e^ et 4^e^ primaire et leur performance en résolution de problèmes contenant ou non des informations non pertinentes. Nous nous intéressons également aux types de problèmes : comparaison et changement, selon la classification de Greeno et al. (1978, cités par Fagnant, 2008). Nous avons proposé des tests aux élèves afin d’évaluer leur niveau dans les deux types de lectures. De plus, nous avons évalué le niveau en calculs des élèves afin de vérifier si ce dernier prédit davantage la performance en résolution de problèmes que la performance en lecture. Nous avons également soumis les élèves à un test de problèmes de types différents contenant ou non des informations non pertinentes. Grâce aux résultats, nous tenterons d’apporter des éléments de réponses aux différentes composantes du questionnement que nous vous avons exposé ci-dessus.
La question de recherche qui anime ce travail est donc la suivante : « *quel est le lien entre le niveau de compréhension de l’écrit des élèves de 3^e^ et 4^e^ année primaire et leur capacité à résoudre des problèmes mathématiques avec ou sans informations inutiles dans l’énoncé ?* ».

II. Partie théorique

Dans cette partie théorique, nous allons aborder différents éléments concernant les problèmes mathématiques ainsi que la compréhension à la lecture, qui sont les deux grandes parties de notre question de recherche.

Pour commencer, nous nous intéresserons aux problèmes arithmétiques, en les définissant, en précisant leurs finalités et en découvrant les différents types de problèmes que nous utiliserons lors de cette étude. Ensuite, nous nous intéresserons au langage mathématique et à ses particularités, puisque cela aura un impact sur la compréhension à la lecture. En lien avec ce point, nous nous intéresserons à la formulation des énoncés et à son impact sur la résolution des problèmes. Par la suite, nous nous étendrons plus largement sur la résolution de problèmes à proprement parler. Nous nous pencherons sur la manière dont nous traitons les problèmes, nous découvrirons le processus de modélisation d'un problème qui est une des manières de modéliser le processus mental qu'un individu devrait développer pour résoudre efficacement un problème. Nous détaillerons la stratégie qui consiste à repérer des mots-clés dans les énoncés et ce que disent les recherches sur son efficacité. Nous terminerons cette partie sur le rôle de la mise en mémoire de procédure. Le point suivant traitera plus spécifiquement du rôle des calculs. Ce rôle sera important dans l'analyse de nos résultats et pour nous aider à comprendre les erreurs des élèves. Nous en viendrons alors au deuxième point important de notre recherche : la compréhension à la lecture. En effet, dans notre étude, nous essayons d'établir le lien entre la résolution de problème et la lecture. Nous nous intéresserons donc à son rôle et à l'importance des inférences qui sont omniprésentes, surtout en résolution de problèmes. Nous ferons également un arrêt sur le genre de texte utilisé par les problèmes. Pour terminer ce point, nous détaillerons les liens que la littérature scientifique a mis en évidence entre la compréhension à la lecture et la résolution de problèmes mathématiques. Nous continuerons en détaillant le rôle des informations non pertinentes dans les énoncés. Et enfin, pour terminer cette partie théorique, nous nous concentrerons sur l'étude de Wang et al. (2016), dans le prolongement de laquelle s'inscrit notre étude.

1. Définition des problèmes arithmétiques

Tout d'abord, nous allons définir le concept de « problème arithmétique ». En effet, il nous parait important de commencer notre partie théorique en clarifiant ce terme. Voici quelques définitions reprises dans des ouvrages de référence.

> Les problèmes arithmétiques verbaux ou à énoncés verbaux racontent des histoires. Ils sont donnés avec des mots et font intervenir peu de symbolisme mathématique. En anglais, on utilise les expressions « word problems » ou « story problems ». (Feyfan, 2015, p.9 cité par Houdement, 2017, p.1)
>
> Par problèmes verbaux, il faut entendre les descriptions verbales de situations problématiques qui, présentées en contexte d'apprentissage scolaire, adressent une question aux élèves. Cette question trouve sa réponse dans l'exécution d'une ou de plusieurs opérations arithmétiques appliquées sur les données numériques mises à disposition des élèves par l'énoncé du problème (Verschaffel et al., 2000, cités par Vandooren et al., 2015).

La résolution de problèmes est très importante dans l'apprentissage des mathématiques, car elle permet aux élèves de donner du sens aux connaissances qui s'y rapportent (MEN, 2002, cité par Pelter-Lecullee, 2004).

Selon Van Dooren et ses collègues (2015), l'objectif principal de la pédagogie est de mettre les élèves dans des situations proches de leur quotidien et attendre d'eux qu'ils mettent en œuvre ce qu'ils ont appris en classe. Le but est de transposer des réalités concrètes en classe, sans avoir les inconvénients ; comme les finances ou le matériel. Tout cela dans l'espoir que les élèves puissent utiliser ce qu'ils ont appris à l'école dans leur vie quotidienne (Van Dooren et al., 2015). L'école attendrait donc que les élèves utilisent dans leur quotidien ce qu'ils ont appris à l'école, et qu'ils utilisent leur connaissance du monde dans leurs apprentissages scolaires. Dans la vie de tous les jours, la population doit quotidiennement résoudre différents types de problèmes. Ces derniers sont généralement assez complexes et demandent une résolution non routinière. De ce fait, la résolution de ces problèmes non routiers est une compétence très importante pour notre société actuelle (Greiff et al., 2014 ; Griffin et al., 2012 ; Neubert et al., 2015 ; cités par Zhang et al., 2017).

Selon Fagnant et Vlassis (2010), la résolution de problèmes a deux finalités. La première est d'utiliser la résolution de problèmes pour développer l'apprentissage mathématique ; la deuxième est d'apprendre les démarches et les processus pour résoudre des problèmes. La première fait donc référence à l'utilité des problèmes pour développer d'autres apprentissages mathématiques, tandis que dans la deuxième, c'est la résolution de problèmes elle-même qui fait l'objet de l'apprentissage. Ces deux finalités sont également au cœur des programmes de l'enseignement francophone dans différents pays. En ce qui concerne la communauté française de Belgique, les « Socles de compétence » (qui ne sont plus utilisés depuis 2022, mais qui ont guidé l'écriture des nouveaux référentiels) précisent ceci : « C'est par la résolution de problèmes que l'élève développe des aptitudes mathématiques, acquiert des connaissances profondes et se forge une personnalité confiante et active » (Fagnant et Vlassis, 2010, p.50). Ce document met donc également en évidence les deux finalités, en indiquant que la résolution de problèmes permet à l'élève de développer des aptitudes mathématiques, tout en précisant que les élèves doivent maîtriser des compétences dédiées à la résolution de problèmes (Fagnant & Vlassis, 2010).

Toujours selon les mêmes auteurs, il faut également distinguer les « situations problèmes » et les « problèmes d'application ». Les situations problèmes sont proposées au début de l'apprentissage, elles ont pour objectif d'introduire de nouvelles connaissances, de nouveaux apprentissages. Les problèmes d'application, au contraire, interviennent plus tard dans le processus d'apprentissage, car ils permettent d'utiliser et d'entraîner les nouveaux apprentissages mathématiques (Fagnant & Vlassis, 2010).

Les problèmes d'addition et de soustraction ont été classés en trois catégories en 1978 par Greeno et ses associés (Fagnant, 2008 ; Riley et al., 1983, cités par Fuchs et al., 2015). Il s'agit des problèmes de type : changement, combinaison et comparaison (Riley et al., 1983, cités par Fagnant, 2008) :

- les problèmes de type **changement** se réfèrent à des situations actives ou dynamiques dans lesquelles certains évènements affectent la valeur d'une quantité initiale ;
- les problèmes de type **combinaison** font référence à des situations statiques impliquant deux quantités qui peuvent être considérées soit séparément soit en combinaison ;
- les problèmes de type **comparaison** impliquent deux quantités qui sont comparées, ainsi qu'une valeur impliquant la différence entre ces deux quantités. (p.54)

De nombreuses études se sont intéressées aux difficultés des problèmes en fonction de la classification de Greeno (1983) que nous venons de mentionner (par exemple : De Corte & Verschaffel, 1991 ; Greeno & Heller, 1983, cités par Fagnant, 2008). Ces études ont montré que la difficulté des problèmes n'est pas liée aux opérations à effectuer (Fayol, 1990, cité par Fagnant, 2008). Selon Fagnant (2008), deux problèmes sémantiquement différents, mais requérant la même opération peuvent être de difficulté différente, et ce à cause des concepts et des relations impliqués. Il ne suffit donc pas, selon cet auteur, de connaitre des calculs et de les appliquer pour résoudre des problèmes. Dans le même ordre d'idée, l'auteur poursuit en précisant qu'un problème requérant une addition peut être plus complexe qu'un autre qui relève d'une soustraction, alors que l'addition est généralement considérée comme conceptuellement plus simple. Dans notre étude, nous utiliserons cette classification des problèmes. Nous y reviendrons dans la partie méthodologique de ce travail.

Intéressons-nous à présent au langage mathématique. Selon Fuentes (1998, p.2) : « Apprendre les mathématiques, c'est apprendre un nouveau langage ». En effet, l'écriture et le langage mathématique sont uniques en raison des symboles, de la combinaison de mots et des syntaxes compactes utilisées. Chaque mot et chaque symbole a son importance, doit être pris en compte et surtout compris, car il sera nécessaire pour la résolution du problème. De plus, certains mots sont particuliers aux mathématiques, tandis que d'autres viennent du langage courant et peuvent ne pas avoir la même signification que celle qui nous utilisons tous les jours (par exemple : facteur, moyenne, réel…). En plus de cela, les symboles eux-mêmes peuvent avoir des significations différentes selon le contexte. Par exemple, « + » peut vouloir dire : somme, augmentation, addition, combinaison, etc. De plus, les élèves dont la langue principale n'est pas celle utilisée à l'école sont souvent désavantagés dans ce type de tâche, car ils ne maîtrisent pas suffisamment la langue pour en maîtriser toutes les subtilités (Fuentes, 1998).

Toujours d'après Fuentes (1998, p.3) : « Les élèves doivent devenir aptes à traduire des mots en symboles, des symboles en mots, alors qu'ils recherchent du sens et une solution ». L'exactitude de cette transcription est un élément essentiel pour répondre à la question du problème. Or, toujours selon le même auteur, la plupart des élèves ne parviennent pas à retranscrire avec exactitude l'équivalent numérique des mots qu'ils lisent (Fuentes, 1998).

> « Une fois que nous, en tant qu'enseignants, reconnaissons qu'enseigner aux élèves à comprendre des textes mathématiques est un résultat souhaitable de notre enseignement, nous sommes sur la bonne voie pour résoudre le problème. » (Fuentes, 1998, p.3)

Il a été prouvé (Riley et al., 1983, cités par Devidal et al., 1997) que la difficulté des problèmes peut être modulée grâce à des modifications dans la formulation des énoncés. Selon De Corte et Verschaffel (1987, cités par Devidal et al., 1997), le fait de mettre les informations dans l'ordre au sein de l'énoncé augmenterait le taux de réussite. De plus, les résultats seraient améliorés si la question se trouve au début ; ceci modifierait le processus de résolution des élèves, qui utiliseraient lors de leur lecture, les données numériques (Devidal et al., 1997). Les enfants pourraient ainsi activer directement le schéma correspondant au problème et y intégrer au cours de la lecture les données du problème. Ceci permettrait de réduire la charge de la mémoire de travail, ce qui libèrerait de la place pour la résolution à proprement parler. Les enfants fournissent dès lors davantage de bonnes réponses, surtout les élèves les plus faibles (comparativement à des problèmes dont la question se trouve à la fin de l'énoncé). Selon Dixon (1987, cité par Devidal et al., 1997), si une information organisatrice (une information qui aide l'enfant à comprendre le problème et à savoir ce qui est attendu de lui) se trouve au début de l'énoncé, celle-ci est lue plus lentement et la compréhension générale est améliorée. L'élève passera moins de temps à lire des informations non pertinentes et se focalisera sur les données essentielles.

Devidal et al. (1997) ont mis en évidence que dans la plupart des questions posées, figurent des indications sur l'opération à effectuer (« en tout », « reste », etc.). Ces mots peuvent aider des élèves qui utilisent la stratégie de « l'interprétation basée sur les mots » que nous avons développée précédemment. Nous avons cependant appris que cette stratégie n'est pas la plus efficace pour résoudre des problèmes. Par l'utilisation des indications sur l'opération, les enseignants entretiennent cette stratégie qu'il serait préférable d'abandonner à l'avantage de « l'interprétation basée sur l'action ».

2. La résolution de problèmes arithmétiques

Intéressons-nous maintenant un peu plus à la résolution de problèmes en elle-même et à la modélisation de ceux-ci. Selon Verschaffel et De Corte (1997, cités par Fagnant, 2008), on peut distinguer trois niveaux de stratégie en résolution de problèmes : les stratégies superficielles, informelles et expertes.

> Les **stratégies informelles** consistent à mettre en acte les actions et les relations décrites dans les problèmes et entremêlent ainsi les étapes de construction de la représentation et de résolution proprement dite du problème (Fagnant, 2008, p.63).

Les enfants, dans les premières années de primaire, sont capables de mettre en place de nombreuses stratégies informelles et ainsi de résoudre beaucoup de problèmes (Fagnant, 2008). Il s'agit, par exemple, du dénombrement d'objets physiques ou des doigts, de l'oralisation de la litanie des nombres… Le manque de sens donné aux calculs et la pauvreté des problèmes proposés aux élèves, notamment, incitent les élèves, selon Carpenter et al. (1983, cités par Fagnant, 2008), à remplacer progressivement ces stratégies par des stratégies superficielles. Ces **stratégies superficielles** consistent, pour les élèves, à choisir une opération en se basant sur des critères superficiels comme des mots-clés (« perdre », « plus »…), déduire l'opération grâce aux nombres de l'énoncé, utiliser la dernière technique découverte en classe, etc. (Fagnant, 2008). Lorsque les élèves utilisent ces stratégies, ils ne se servent pas de leurs connaissances du monde réel ou du contexte du problème. Ils font un calcul avec les données du problème (Fagnant, 2008). Van Dooren et al. (2015) ajoutent que le modèle mathématique utilisé lors de ces stratégies est basé sur des indices de surface et que les élèves ne vérifient pas si la réponse qu'ils trouvent est en adéquation avec la situation de départ. Dans la suite de ce travail, nous allons découvrir le processus de modélisation mathématique (Fagnant, 2008 ; Verschaffel et al., 2008). Les démarches superficielles court-circuitent certaines phases de ce processus (Van Dooren et al., 2015).

Finalement, les **stratégies expertes** sont celles vers lesquelles l'enseignement devrait tendre, selon Fagnant (2008). La construction d'une représentation de la situation y a une place essentielle, contrairement aux stratégies superficielles. C'est grâce à une représentation riche et correcte du problème que l'élève peut sélectionner les opérations à réaliser (Fagnant, 2008). Selon Van Dooren et al. (2015), les démarches expertes mobilisent toutes les phases du processus de modélisation que nous développerons ci-dessous.

Selon Verschaffel et al. (2000, cités par Fagnant, 2008), au début de l'enseignement primaire, les élèves sont majoritairement confrontés à des problèmes pauvres, dans lesquels l'application d'une des opérations de base avec toutes les données numériques permet la résolution. Ces problèmes, ainsi que le peu de sens donné aux calculs, montrent donc aux élèves que l'utilisation de stratégies superficielles est efficace pour la résolution. Cela n'incite pas les élèves à se préoccuper du contexte, à rechercher les données pertinentes, etc., au contraire, cela les incite à penser que le contexte est un habillage qui n'est pas pertinent (Verschaffel et al., 2000, cités par Fagnant, 2008).

De manière générale, la résolution de problème nécessite que l'élève coordonne les informations qu'il a en mémoire et celles qu'il connait du monde. De plus, il doit stocker plusieurs étapes de raisonnement dans sa mémoire de travail pour construire son processus de résolution et parvenir à la solution (Kintsch & Greeno, 1985, cités par Wang et al., 2016, LeFevre et al., 2010, cités par Wang et al., 2016). Il ne s'agit donc pas « simplement » de lire le problème et de le résoudre. Il y a différentes étapes qui guident la réflexion de l'élève. Ces étapes doivent faire partie de leur stratégie de résolution pour réussir.

D'après Baker (1995, cité par Fuentes, 1998) et Christen et al. (1991, cités par Fuentes, 1998), il existerait trois causes à l'échec de compréhension d'un énoncé de problème. Premièrement, le lecteur ne peut pas interpréter le sujet, car il n'en possède pas assez de connaissance. Deuxièmement, le lecteur possède des connaissances sur le sujet, mais n'a pas suffisamment d'indices dans l'énoncé pour savoir quelles connaissances mobiliser. Troisièmement, le lecteur peut interpréter le message de manière cohérente, mais celle-ci ne correspond pas à l'intention de l'auteur. Ces auteurs suggèrent donc que le lecteur doit disposer de suffisamment de connaissances se rapportant au sujet du problème et que les indices dans le texte doivent être suffisamment clairs pour qu'ils soient compris sans que le lecteur doive chercher une signification plausible pour lui qui serait différente de celle de l'auteur (Fuentes, 1998). D'après Alvarez et al. (1989, cités par Fuentes, 1998), les lecteurs ne doivent pas seulement avoir beaucoup d'informations sur le sujet en mémoire, il faut que ces dernières soient organisées et accessibles dans la mémoire à long terme. Ce sont ces connaissances organisées qui sont utilisées lors de la lecture (Alvarez et al., 1989, cités par Fuentes, 1998). Plus ces connaissances sont organisées et riches et plus le lecteur pourra les utiliser face à un problème et plus il aura de chance de comprendre le sujet (Fuentes, 1998). Cela implique donc, pour les professeurs, d'apprendre à leurs élèves à stocker les nouvelles informations apprises en classe de manière organisée et accessible dans leur mémoire à long terme (Fuentes, 1998).

Dans le point suivant, nous allons revenir sur deux théorisations du processus mental de résolution de problème en trois étapes. Ces modèles y présentent la place de la lecture et des informations non pertinentes. En effet, pour comprendre l'impact de ces deux éléments, il faut comprendre où ils interviennent dans le processus de résolution. Les deux prochains modèles nous permettent également d'introduire la troisième modélisation, celle que nous mettrons principalement en regard de nos résultats.

2.1 Deux théorisations sur les étapes de la résolution de problèmes

Selon Gernsbacher (1997, cité par Kinne, 2003), il y aurait trois processus en jeu lors de la compréhension d'un problème. Tout d'abord, l'élève utilise les informations contenues dans la première phrase du problème pour construire les bases de la structure du problème. Les informations qui arrivent ensuite sont rattachées à cette structure pour l'enrichir. Dans le cas de problèmes contenant des informations non pertinentes, d'autres structures sont créées pour y placer ces informations. Un changement dans la compréhension du problème intervient alors. S'en suit un travail d'activation ou de suppression dans la mémoire de travail, en fonction de ce que le sujet identifie comme pertinent ou non. Ceci implique donc que la représentation mentale d'un problème contenant des informations non pertinentes est plus complexe que celle d'un problème n'en contenant pas, en raison des sous-structures qui se construisent (Gernsbacher, 1997, cité par Kinne, 2003).

Le travail mathématique à proprement parler, lui, ne débute qu'à partir du moment où l'élève a compris la situation, ce qui lui est demandé et qu'il peut se concentrer sur la démarche de résolution à établir pour le résoudre (MEN, 2002, cité par Peltier-Lecullee, 2004). En effet, pour résoudre un problème, il faut comprendre ce qu'il s'y passe et quelles sont les connaissances à mobiliser pour le résoudre (Peltier-Lecullee, 2004).

Lorsque les élèves résolvent des problèmes mathématiques, ils doivent donc comprendre la langue du problème et se représenter correctement le problème mentalement en se basant sur les informations fournies dans l'énoncé. Ils doivent ensuite concevoir et suivre un plan pour la résolution, qui correspond à l'énoncé. Par la suite, ils doivent concevoir des calculs correspondant au problème et les résoudre (Desoete et al., 2003, cités par Özsoy et al., 2015). Il a donc été démontré que la langue (la lecture et la compréhension à la lecture), la mémoire de travail, l'utilisation de connaissances mathématiques, l'utilisation des opérations mathématiques et le raisonnement non-verbal sous-tendent la résolution de problèmes. Ces composantes ont bien été étudiées avec des problèmes « traditionnels », mais on ne sait pas si leur impact est identique sur des problèmes complexes, avec des informations non pertinentes (Wang et al., 2016 ; Özsoy et al., 2015). Cette réflexion a permis de guider la question de recherche de ce travail vers les problèmes comportant des informations non pertinentes. Nous développerons d'ailleurs dans les points suivants les apports des recherches précédentes sur ces différentes composantes.

Intéressons-nous maintenant à un autre modèle en trois étapes pour les représentations mentales de la résolution de problèmes. Il a été élaboré par plusieurs auteurs (Riley et al., 1983, cités par Fuchs et al., 2015 ; Kintsch & Greeno, 1985, cités par Wang et al., 2016, LeFevre et al., 2010, cités par Wang et al., 2016) :

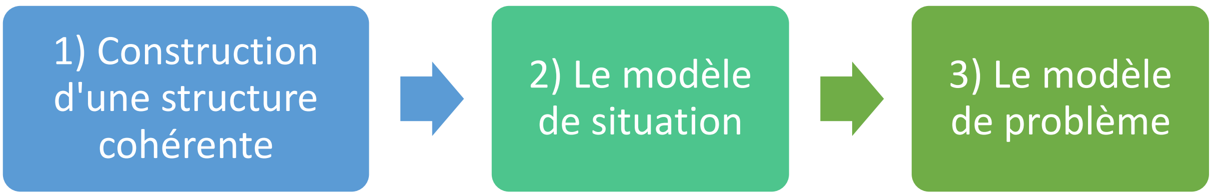


Figure 1 : Représentation du modèle en trois étapes des représentations mentales de la résolution de problèmes (Riley et al., 1983, cités par Fuchs et al., 2015 ; Kintsch & Greeno, 1985, cités par Wang et al., 2016, LeFevre et al., 2010, cités par Wang et al., 2016)

1) La construction d'une structure cohérente pour capter les idées essentielles de l'énoncé. Cet élément se déroule lors de la lecture du problème. Il s'agit de comprendre la structure du texte.

2) Le modèle de situation. Celui-ci se base sur ce que l'élève connait du monde, notamment les relations qui existent entre les quantités et dépassent le texte écrit.

3) Le modèle de problème ou le schéma. C'est à ce stade que l'élève formalise les relations qu'entretiennent les données du problème. Il utilise un schéma ou un modèle de problème, c'est-à-dire un guide (mental ou non) de la manière de résoudre un problème en fonction de son type (changement, combinaison…). Ce raisonnement se produit de manière non verbale, pour sélectionner les informations essentielles et éliminer celles qui ne le sont pas (Tolar et al., 2012, cités par Wang et al., 2016).

Comme nous pouvons le constater, le modèle de Kinne (2003) et celui que nous venons de présenter sont proches. Ils mettent en évidence que la première étape est liée à la lecture de l'énoncé. Selon Kinne, la première étape se limite à la lecture de la première phrase afin de commencer à élaborer un modèle de situation, puis les informations supplémentaires vont se rattacher au modèle et la détection des informations non pertinentes se situe à ce niveau. Dans le modèle que nous venons de voir, la totalité de l'énoncé est prise en compte et la sélection des données utiles y débute. Le modèle de situation permet de mettre en lien ces informations avec ce que l'élève connait du monde, afin de finalement créer le modèle de problème, étape commune aux deux modèles, où l'élève va formaliser en langage mathématique sa compréhension.

2.2 La mise en mémoire de catégories de schémas de problèmes

Selon Julo (1995, cité par Houdement, 2017), pour résoudre un problème, le résolveur va se construire une représentation de celui-ci. En cas de réussite, il va enrichir sa mémoire des problèmes en encodant cette nouvelle représentation. Cette mémoire, toujours selon le même auteur, joue un rôle crucial dans la manière dont le résolveur appréhendera les nouveaux problèmes à résoudre, en essayant d'y raccrocher une représentation mise en mémoire précédemment. Si une représentation convient, il pourra l'utiliser, l'enrichir/l'adapter et ainsi résoudre le problème de manière efficace. Si aucune représentation ne convient, le résolveur pourra en créer une nouvelle qui viendra enrichir sa mémoire de problèmes, qui se présente, toujours selon Julo (1995, cité par Houdement, 2017, p.5), sous forme de « schémas de problèmes ». Kintsch et al. (1985, cités par Kinne, 2003) et Mwangi et al. (1998, cités par Kinne, 2003) soutiennent également que c'est grâce aux représentations mentales du problème rencontré que les élèves vont définir la stratégie de résolution et que leur niveau de réussite est directement lié à ces représentations.

Pour Cooper et Sweller (1987 ; Wang et al., 2016), il y a 3 variables qui contribuent à la résolution de problèmes :

- La maîtrise des étapes de résolution de problèmes : c'est-à-dire que les enfants doivent d'abord lire le problème, le traduire en une phrase mathématique (un calcul), puis résoudre ce calcul et, finalement, vérifier si la réponse à un sens par rapport à l'énoncé ;
- Le développement de catégories ou de schémas pour classer des problèmes ayant des méthodes de résolution similaires ;
- La connexion des nouveaux problèmes (ou problèmes complexes) à des problèmes résolus précédemment (Wang et al., 2016).

Nous pouvons établir un lien entre la première variable ci-dessus et les modélisations de processus que nous venons de détailler dans le point précédent. En effet, il faut avoir résolu le problème, en étant passé par toutes les étapes du processus pour mettre en mémoire le modèle de situation et lui associer le modèle de problème, qui pourra ensuite être réutilisé pour des problèmes similaires.

Dans le dernier point, les enfants se rendent compte que la structure et la manière de résoudre le problème restent identiques, même si l'on ajoute certaines sources de complexité qui rendent le problème différent (Wang et al., 2016). Les élèves apprennent donc à associer des problèmes complexes à des catégories de problèmes qu'ils ont déjà travaillées et pour lesquelles ils ont appris une stratégie de résolution (Wang et al., 2016). Les élèves doivent prendre conscience que relier des problèmes nouveaux à des structures connues va leur permettre d'améliorer leur compréhension (Pressley, 2000, cité par Halladay & Neumann, 2012). Autrement dit, lorsque les élèves sont face à un problème mathématique, ils doivent le décoder pour l'associer à un modèle de résolution qu'ils ont déjà appris.

La sélection de stratégies de résolution dépend également de la compréhension du problème (Kinne, 2003). En effet, si le lecteur ne comprend pas ce qu'il lit, il ne pourra pas relier le problème à une représentation qu'il a en mémoire ni trouver les stratégies pour le résoudre (Kinne, 2003 ; Fuchs et al., 2008, cité par Kikas, 2020).

En fonction de la mise en mémoire des procédures de résolution de problèmes, un problème pourra être résolu facilement par un élève ayant une procédure encodée en mémoire, ou demander un effort pour comprendre la tâche et élaborer une stratégie pour un élève n'ayant pas (encore) encodé la procédure qui convient pour le type de problème proposé (Poirier & Proulx, 1999, cités par Balslev et al., 2005).

Selon Julo (1995, cité par Houdement, 2017), afin de soutenir l'enseignement à la résolution de problèmes, il est nécessaire de présenter aux élèves des problèmes nécessitant des schémas de résolution différents afin d'enrichir leur mémoire des problèmes. Pour ce faire, il ne suffit pas de les soumettre aux élèves, il faut que ces derniers les résolvent jusqu'au bout afin de les encoder dans leur mémoire. De ce fait, les élèves seraient plus à même d'utiliser les schémas ou de repérer des analogies avec des schémas encodés, face à un nouveau type de problème. (Julo, 1995, cité par Houdement, 2017)

Le National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (2000, cité par Halladay & Neumann, 2012) veut que les élèves utilisent des stratégies en les ajustant à des tâches spécifiques. Cela montre bien l'importance des « structures » de problèmes qui doivent être acquises pour pouvoir les transférer à de nouveaux problèmes.

Comme le rappellent Lesh et Doerr (2003, cités par Van Dooren et al., 2015), les enseignants ont souvent comme objectif quand ils proposent un problème aux élèves qu'ils développent un modèle mathématique qu'ils peuvent réutiliser et transférer face à d'autres situations. Les élèves sont censés reconnaitre des classes de problèmes et réutiliser les modèles qu'ils ont en mémoire, et à terme développer des routines qui garantissent l'obtention rapide d'une réponse (Van Dooren et al., 2015). Cependant, la limite de cette approche est que les élèves seront tentés d'appliquer des modèles mathématiques entraînés et familiers à tous les problèmes rencontrés même lorsque cela n'est pas utile. Cette manière de procéder peut même conduire à des erreurs (Van Dooren et al., 2015).

2.3 Le processus de modélisation

Venons-en maintenant au processus de modélisation que nous mentionnions précédemment. Nous avons choisi de le développer de manière plus importante que les deux modèles précédents, car il nous permet de cibler plus précisément les étapes précises où interviennent la compréhension à la lecture et les informations non pertinentes. Il nous permet également de mieux comprendre les erreurs des élèves, que nous développerons dans nos résultats. Ce processus est illustré dans la figure 2. Il s'agit d'une démarche cyclique et non linéaire, dans laquelle l'élève peut revenir en arrière pour affiner son raisonnement. Mais nous y reviendrons ci-dessous.

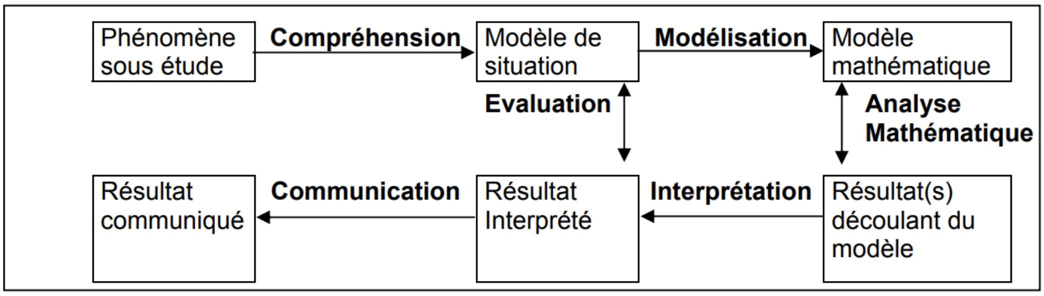


Figure 2 : La résolution de problèmes conçue comme un processus complexe de modélisation mathématique (Verschaffel et al., 2000, cités par Fagnant, 2008).

La première phase du processus est la compréhension du phénomène à étudier (Van Dooren et al., 2015 ; Fagnant ; 2008 ; Verschaffel & De Corte, 2008). Suite à cela, l'élève se construit ou modélise la situation. Pour ce faire, les élèves doivent déterminer les éléments essentiels et les liens qui les unissent et écarter les informations non pertinentes. L'élève doit posséder des connaissances relatives au phénomène sous étude pour effectuer cette analyse et faire des allers et retours constants entre ce qu'il fait dans la suite du processus et le contexte de départ. Ce modèle de situation doit ensuite être traduit sous une forme mathématique. Il s'agit de repérer les informations essentielles et leurs relations afin de les traduire en formule mathématique. Pour cela, l'élève doit aller chercher dans ses connaissances les calculs, opérations, formules, etc., qu'il connait et qu'il peut appliquer à la situation. Lorsque l'élève obtient un résultat, il doit l'interpréter par rapport au problème de départ et l'évaluer afin de vérifier s'il correspond à la situation problème de départ. Si le résultat ne convient pas, l'élève repart alors dans une nouvelle boucle de modélisation afin d'affiner ou de modifier complètement sa réponse. En revanche, si le résultat obtenu est évalué favorablement par l'élève, il doit le communiquer en fonction de la question de départ (Van Dooren et al., 2015 ; Fagnant ; 2008 ; Verschaffel & De Corte, 2008).

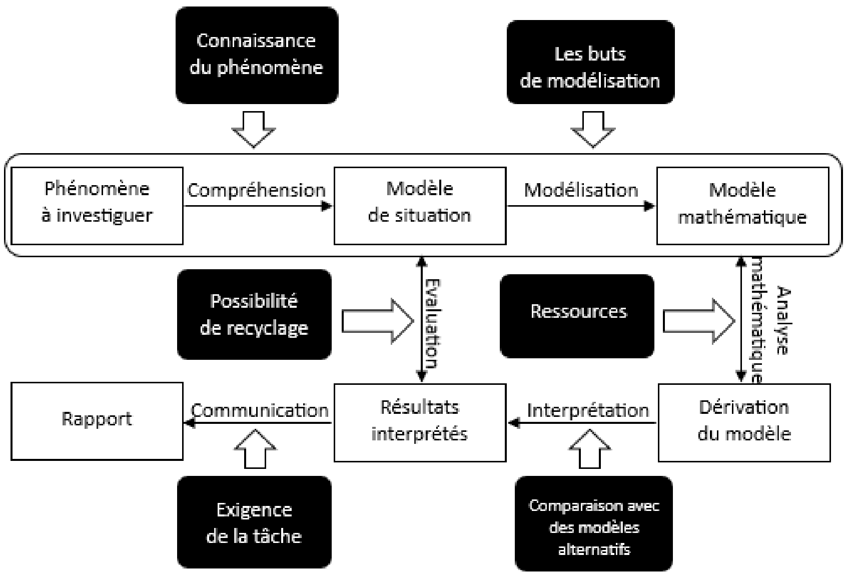


Figure 3 : Vision élaborée du processus de modélisation (Verschaffel et al., 2000, p.168, cités par Van Dooren et al., 2015, p.209)

La modélisation ci-dessus est plus complète et met en évidence plusieurs éléments supplémentaires. Tout d'abord, la connaissance des phénomènes réels est précieuse dans la première étape. C'est grâce à elle que les élèves peuvent donner tout son sens à la situation et en comprendre tous les tenants (Verschaffel & De Corte, 2008). Ensuite, la modélisation est fortement influencée par les buts implicites de la situation qui sont imposés par l'enseignant. De plus, beaucoup de ressources de l'élève sont sollicitées lors de la modélisation mathématique. Lors de l'interprétation, l'élève doit comparer des modèles alternatifs à celui qu'il a sélectionné afin de vérifier s'ils ne sont pas plus adéquats. Et finalement, lors de la communication du résultat, l'élève peut aller plus loin que simplement donner la réponse obtenue, en fonction de la question posée et de l'exigence de celle-ci (comme donner un avis sur la possibilité de réaliser quelque chose en fonction du résultat) (Verschaffel & De Corte, 2008).

2.4 La recherche de mots-clés

De plus, selon Voyer et al. (2012), afin de mobiliser adéquatement les processus mathématiques nécessaires à la résolution du problème, le lecteur doit analyser les relations qu'entretiennent les différentes données. Sans cela, l'élève cherchera des mots-clés (moins, en plus, etc.) afin de déterminer quelle opération mathématique effectuer, sans accorder de sens à la situation proposée. Or, le fait de se fier uniquement à ces mots peut induire un mauvais choix d'opération. « Ainsi, la compréhension d'un énoncé de problème exige davantage qu'une simple compréhension de l'énoncé textuel et renvoie plutôt à une compréhension des relations logiques entre les différentes informations de l'énoncé » (Voyer et al., 2012, p.411). Grâce à des stratégies de repérage en lecture, l'élève repère les données de l'énoncé du problème, mais cela n'est pas suffisant, il doit comprendre les liens existants entre celles-ci. Pour cela, il va générer des inférences afin de sélectionner les informations utiles, comprendre les liens entre celles-ci et choisir l'opération qui convient. En effet, « le fait de convertir les informations textuelles en une équation mathématique, exige nécessairement la génération d'inférences » (Voyer et al., 2012, p.412).

Lors de la résolution de problèmes, d'après Ulu (2017), il y a deux démarches principalement utilisées par les élèves :

- « L'interprétation basée **sur des mots** » : les enfants réalisent une addition, car il y a le mot « plus » dans l'énoncé par exemple. Il s'agit donc de chercher des indices dans l'énoncé au niveau des mots employés ;
- « L'interprétation basée **sur l'action** » : est davantage centrée sur les relations qu'entretiennent les composants de l'énoncé. Elle est plus efficace que la première. Autrement dit, il est plus intéressant de se concentrer sur les phrases entières dans l'énoncé que sur des mots ou des nombres particuliers.

3. Les informations non pertinentes dans les énoncés de problèmes

Venons-en à présent à l'une des composantes majeures de la question de recherche de ce travail : les informations non pertinentes dans un énoncé. La résolution de problèmes est nécessaire pour surmonter les défis de la vie de tous les jours, bien au-delà de l'école. En règle générale, comme nous l'avons déjà mentionné, les situations de problèmes mathématiques rencontrées hors du contexte scolaire ne sont pas présentées sous la forme d'énoncés écrits. Au contraire, ils sont inclus dans le contexte de la situation et intègrent naturellement des informations venant de diverses sources qu'il faut récupérer et intégrer, tout en les déchiffrant pour formuler une phrase mathématique (Fuchs et al., 2015). Ceci suggère que présenter des problèmes très simples aux enfants, sans informations à retrouver ou à exclure, ne correspond pas à la réalité qu'ils devront affronter. Il faut donc aller plus loin. Il est important que les élèves apprennent à distinguer les informations essentielles et non pertinentes d'un énoncé (Halladay & Neumann, 2012). Cet élément est peu utilisé dans les écoles. De ce fait, les élèves ont souvent des difficultés à déchiffrer et résoudre des problèmes qui se rapprochent de situations réelles et qui incorporent les éléments de difficultés de ces situations (Wang et al., 2016). Il est également opportun de fournir des tableaux ou des schémas aux élèves pour qu'ils y recherchent des informations utiles pour le problème, afin de coller au mieux à la réalité.

Selon Passolunghi et al. (1999, cités par Kinne, 2003), les élèves qui résolvent moins bien les problèmes se souviennent de plus d'informations inutiles que leurs camarades résolvant bien les problèmes.

Plusieurs chercheurs se sont penchés sur la question de l'inhibition des informations non pertinentes. Selon Harnishfeger et al. (1996, cités par Kinne, 2003), c'est au moment de la récupération des informations dans l'énoncé pour résoudre le problème que les informations inutiles sont inhibées. En ce qui concerne Kinne et al. (1997, cités par Kinne, 2003), c'est l'attention de l'élève qui permettrait l'inhibition des données inutiles. Pour Hasher et al. (1979, cités par Kinne, 2003), le mécanisme n'est pas aussi linéaire. Il existerait trois manières de les inhiber. Premièrement, les informations inutiles pourraient ne pas entrer en mémoire de travail, grâce à l'attention sélective (Tipper, 1985, cité par Kinne, 2003). Deuxièmement, le rappel des informations inutiles en mémoire de travail peut être diminué, comme des études sur la suppression cognitive l'ont démontré (Gernsbacher et al., 1990, cités par Kinne, 2003). Troisièmement, les informations inutiles peuvent ne pas revenir en mémoire de travail, l'oubli dirigé (Harnishfeger et al., 1996 ; Lehman et al., 1997, cités par

Kinne, 2003). Selon Harnishfeger (1995, cité par Kinne, 2003), l'inhibition a tantôt été considérée comme un processus automatique et préconscient et tantôt comme un processus délibéré et intentionnel. Cependant, comme nous l'avons mentionné précédemment, Houdement (2017) pense, quant à lui, que la sélection de ces informations pertinentes ne peut se faire que lors du traitement du problème, quand le résolveur essaie de créer un modèle de situation et décide donc de quelles informations il a besoin pour parvenir à un résultat. Nous constatons donc que les chercheurs ne sont pas d'accord entre eux et que des études plus centrées sur la sélection des informations pertinentes pourraient nous aider à y voir plus clair.

Kinne (2003), affirme que l'inhibition des informations non pertinentes s'améliore en grandissant. Ainsi, le nombre d'informations non pertinentes entrant en mémoire de travail se réduit et davantage de ressources sont libérées pour traiter les informations utiles à la résolution (Kinne, 2003).

En outre, selon Kinne (2003), toutes les informations non pertinentes ne sont pas similaires. En effet, certaines sont directement considérables comme non pertinentes, alors que d'autres paraissent pertinentes, mais, en raison d'un changement d'objectif, peuvent s'avérer, finalement, inutiles.

Selon Kinne (2003), le fait de demander aux élèves de rechercher des informations non pertinentes dans les problèmes semble les aider à être plus précis dans leur résolution et leur solution. En effet, le fait t'attirer leur attention sur le fait que toutes les informations du problème ne sont pas utiles leur permet de ne pas les considérer toutes et d'affiner leur analyse du problème (Kinne, 2003).

D'après une étude de Littlefield et al. (1993, cités par Kinne, 2003), lorsque les informations pertinentes se situent au début du problème, celles-ci seraient mieux discriminées par les élèves.

Selon une autre étude, cette fois-ci d'Enigert et al. (1987, cités par Kinne, 2003), les problèmes contenant des informations non pertinentes de type linguistique ne sont pas plus difficiles à résoudre que les problèmes ne contenant pas d'informations inutiles. Ce qui n'est pas le cas des problèmes contenant des informations non pertinentes numériques, qui, eux, sont plus résistants aux élèves. Selon Kinne (2003, p. 16-17), « les informations linguistiques non pertinentes sont les moins saillantes dans la mémoire explicite des enfants […] les enfants sont plus enclins à percevoir les informations numériques non pertinentes dans un problème comme pertinentes, et donc à ne pas filtrer ces informations […] les problèmes contenant des informations linguistiques non pertinentes ne sont pas aussi difficile que les problèmes contenant des informations numériques non pertinentes ».

De plus, Gernsbacher et al. (1995, cités par Kinne, 2003), ont démontré que face à des mots polysémiques, tous les lecteurs activaient toutes les significations d'un mot, quel que soit leur niveau de lecture. Cependant, Gernsbacher (1993, cité par Kinne, 2003) et Gernsbacher et al. (1990, cités par Kinne, 2003), ajoutent que les lecteurs qui ont une meilleure compréhension à la lecture vont vite inhiber les significations non pertinentes dans le contexte, contrairement aux élèves qui ont une compréhension à la lecture faible, qui auront toutes les significations qui vont interférer dans leur compréhension.

Un autre résultat intéressant provient de l'étude de Zhang et al. (2017). Les élèves qui accordent davantage d'importance aux informations non pertinentes ont tendance à réaliser des démarches, des calculs inutiles à la résolution du problème. Selon eux, ces élèves veulent travailler sur chaque élément du problème, dans un souci de bien faire, sans se demander si ces éléments étaient utiles à la réponse. L'étude de Zhang et al. (2014, cités par Zhang et al., 2017) a démontré que les élèves de l'enseignement secondaire tendent à résoudre toutes les opérations suggérées dans le problème, même si elles ne sont pas utiles pour répondre à la question posée.

Verschaffel et al. (2000, cités par Fagnant, 2008), ont dressé une liste de présupposé que les enfants auraient et qui influenceraient leur manière d'aborder les problèmes. En voici un qui expliquerait pourquoi les élèves considèrent qu'il n'y a pas d'informations inutiles dans un problème (Verschaffel et al., 2000, cités par Fagnant, 2008) :

> Supposer que cette réponse unique, précise et numérique peut être et doit être obtenue en mettant en œuvre une ou plusieurs opérations arithmétiques ou formules au départ des nombres proposés dans l'énoncé et certainement avec tous les nombres. (p.66)

4. Le rôle du calcul dans la résolution de problèmes arithmétiques

Un élément important de la résolution de problèmes est le calcul. Verschaffel et De Corte (1985, cités par Fagnant, 2008) déterminent deux fonctions pour les calculs dans la résolution de problèmes. Premièrement, ils peuvent représenter formellement les relations sémantiques entre les données connues et inconnues du problème (Fagnant, 2008). Autrement dit, ils peuvent être une traduction sous forme d'équation de ce que le problème expose, en intégrant les données chiffrées connues et nécessaires pour la résolution, ainsi que les données inconnues qui devront être trouvées. Deuxièmement, les calculs peuvent aussi être la transcription mathématique des opérations qui doivent être réalisées pour résoudre le problème (Fagnant, 2008). Autrement dit, ils peuvent également être la transcription des calculs réalisés par l'élève (mentalement ou non) et dont il a besoin pour trouver la réponse finale. Dans certains cas, un même calcul peut remplir les deux fonctions. Prenons l'exemple de ce problème (Fagnant, 2008) :

> « Pierre a 6 pommes. Il en donne 2 à Anne. Combien de pommes a-t-il maintenant ? », où, le calcul « 6 – 2 = ? » représente la structure sémantique du problème, ainsi que l'opération arithmétique standard. (p.58)

Dans d'autres cas, le problème demande des calculs différents selon les deux aspects, comme dans l'exemple suivant, tiré de Fagnant (2008) :

> « Pierre avait quelques pommes. Il a donné 3 pommes à Anne. Maintenant, il a 5 pommes. Combien de pommes avait-il ? », pour résoudre ce problème, il faut additionner les deux nombres (5 + 3 = ? /3 + 5 = ?). Le calcul qui représente la relation sémantique sous-jacente au problème entre en conflit avec cette opération puisqu'il s'exprime sous une forme soustractive (? – 3 = 5). (p.58)

Vergnaud (1982, cités par Fagnant, 2008) nomme les deux types de calculs que nous venons de découvrir d'une manière différente. En effet, les « **calculs numériques** » sont les calculs dont l'inconnue se trouve à la fin, après le signe d'égalité. Les « **calculs relationnels** » sont les calculs où l'inconnue se trouve à l'intérieur de l'opération, juste avant ou après le signe de l'opération (par exemple : ? – b = c) (De Corte & Verschaffel, 1985, cités par Fagnant, 2008).

5. L'implication de la lecture dans la résolution de problèmes arithmétiques

Revenons-en à notre question de recherche et au lien que nous essayons de déterminer entre la lecture et la résolution de problèmes mathématiques.

5.1 Le rôle de la compréhension à la lecture en résolution de problèmes

Dans notre étude, nous mettons en relation les problèmes arithmétiques et la compréhension à la lecture. « Comprendre ce qu'on lit, c'est construire un modèle mental (Johnson-Laird, 1983, 1993) ou un modèle de situation (Kintsch, 1979) de ce qui est relaté dans le texte » (Devidal et al., 1997, p.9). Le modèle de situation dans ce cas-ci renvoie à la construction mentale réalisée par le lecteur en cours de lecture. Il s'agit d'identifier le type de texte et les composantes du texte en fonction de son type (par exemple, pour un texte narratif : le héros, la situation problème, le lieu…). Le lecteur possède des connaissances sur les concepts qu'évoque le texte lu, le fonctionnement général de la langue et l'activité de lecture en elle-même (Devidal et al., 1997). La lecture est donc la mise en lien des informations qui se trouvent dans le texte et ce que le lecteur connait déjà. Selon Özsoy, Kuruyer et Çakiroglu (2015), les éléments cités ci-dessus sont très proches de ceux que nous avons mentionnés pour la résolution de problèmes. Par exemple, le lien avec les informations que l'élève connait déjà, la sélection de la stratégie (de lecture ou de résolution de problèmes), l'utilisation du contexte… Ceci nous montre une nouvelle fois que les deux compétences sont liées et font appel à des processus mentaux similaires.

Selon Fayol (1996, cité par Peltier-Lecullee, 2004), il existe trois types de compréhension à la lecture :

1. « **La compréhension littérale** » : il s'agit de prélever des renseignements et informations explicites dans le texte de manière ponctuelle. Cela suppose que le lecteur a une représentation linéaire et successive des informations. Cela fait appel à des compétences de bas niveau ;
2. « **La compréhension intégrale** » : elle demande une vue globale du texte et des relations entre les données. Il s'agit également de repérer les différentes parties du texte, de pouvoir le découper ou le résumer ;
3. « **La compréhension fine** » : il s'agit de l'implicite du texte, du questionnement sur le texte, aller plus loin que la compréhension première, faire des liens avec ce que l'on sait sur le monde, etc. (1996, cité par Peltier-Lecullee, 2004).

La compréhension qui est dès lors utilisée pour résoudre efficacement les problèmes est la compréhension fine. Elle permet aux élèves de faire des liens entre ce qu'ils lisent et leur compréhension du monde, afin de les aider à appréhender le problème.

La compréhension à la lecture demande donc des processus de traitements automatiques, mais également contrôlés (régulation de la vitesse et de la compréhension par exemple) (Fayol, 1992, cité par Devidal et al., 1997). Les études rapportent que les bons lecteurs ont recours à des stratégies de traitement et de prise d'informations. Ces compétences leur permettent d'identifier et de combler les lacunes de leur compréhension (Palincsar & Brown, 1984, cités par Halladay & Neumann, 2012). Les faibles lecteurs, quant à eux, ont des attitudes plus passives, qui ne leur permettent pas de se rendre compte de leurs problèmes de compréhension (Duffy & Roehler, 1987, cités par Devidal et al., 1997 ; Johnston & Winograd, 1985, cités par Devidal et al., 1997). En d'autres mots, ces derniers déchiffrent sans prendre le temps de se demander ce qu'ils lisent, s'ils comprennent le sens des mots et des phrases. Les stratégies de lecture se manifestent avant (mobilisation de connaissances relatives au texte), pendant (construction du sens) et après la lecture (vérification et intégration des nouvelles informations à celles déjà existantes) (Paris et al., 1990, cités par Devidal et al., 1997). Ainsi, le fait de prononcer correctement un texte et de fournir les bonnes réponses aux questions ne signifie pas que l'élève a atteint des compétences en compréhension à la lecture. Ceci peut être réalisé au hasard, ou sur base de suppositions (Dufy, 2009 ; cité par Özsoy et al., 2015). De plus, les personnes qui n'ont pas acquis la reconnaissance et l'automatisation des mots dans la lecture dépensent la majeure partie de leur énergie cognitive à articuler avec précision (lors de la lecture à voix haute) et à déchiffrer (lors de la lecture à voix haute et silencieuse). Ces faibles lecteurs pourraient donc mettre de côté l'objectif principal de la lecture : la compréhension (Vilger, 2008, cité par Ulu, 2017 ; Rasinski, 2004, cité par Ulu, 2017 ; Samuel, 1979, cité par Ulu, 2017). « La prosodie est ce qui donne un sens à la lecture, car la prosodie ne peut être ressentie que lorsque la lecture est significative » (Schwanenflugel et al., 2004, cités par Ulu, 2017, p.45). Cette dernière citation signifie qu'un enfant ne pourra lire à voix haute en respectant la prosodie de la parole que s'il comprend ce qu'il lit. En effet, si l'élève ne comprend pas ce qu'il est en train de lire, il ne saura pas faire les pauses aux bons endroits, prendre sa respiration adéquatement et respecter les groupes de sens dans la phrase. Or, ces éléments sont essentiels pour comprendre le sens de ce qui est lu. Ce sont tous ces éléments qui permettent de qualifier le niveau de lecture que nous observerons dans notre étude suite aux épreuves de lecture.

D'après Fuentes (1998), les élèves pensent que les mathématiques n'impliquent que des nombres et des symboles abstraits, en oubliant que les mathématiques demandent également des processus de pensée et de langage. Les élèves cloisonnent ce qu'ils apprennent pendant les cours de français et n'utilisent pas ces compétences lorsqu'ils font des mathématiques. Pourtant, afin de pouvoir résoudre efficacement des problèmes mathématiques, il faut avant tout pouvoir les comprendre (Fuentes, 1998).

Cependant, Fuentes (1998) rappelle que les élèves ne développent pas leurs compétences en lecture et en mathématiques au même rythme. Certains élèves peuvent être très bons en résolution de calculs et être totalement bloqués face à un problème mathématique. « Lorsque la tâche d'apprentissage consiste à décider s'il faut calculer des sommes, des produits ou des quotients, lorsque l'information est présentée sous forme de mots dans des phrases, les élèves doivent d'abord comprendre la langue du texte avant de pouvoir utiliser un algorithme approprié. » (Fuentes, 1998, p.2). Toujours selon cet auteur, il faut améliorer la lecture des élèves pour améliorer leurs compétences mathématiques.

Afin d'aider les élèves dans la compréhension à la lecture des problèmes mathématiques, Fuentes (1998) préconise la méthode « FLIP » (Schummm et al., 1991, cités par Fuentes, 1998). Cette méthode a deux objectifs : « élever la conscience des élèves sur le rôle et l'intérêt des connaissances préalables en lecture et sur l'utilité d'identifier la structure d'un texte et les difficultés langagières » (Fuentes, 1998, p.7). Il s'agit d'une stratégie de prélecture, mais ayant des répercussions pendant et après également (Fuentes, 1998). Les élèves doivent survoler et parcourir le texte pour rechercher des caractéristiques particulières, des difficultés potentielles qu'ils pourraient rencontrer durant la lecture (Fuentes, 1998). De cette manière, les élèves peuvent alors décider de quelle(s) stratégie(s) ils vont avoir besoin en cours de lecture.

5.2 Les inférences dans la résolution de problèmes

Intéressons-nous au rôle des inférences dans la lecture. Qu'est-ce que l'habilité à générer une inférence ? D'après Giasson (2011, cité par Voyer et al., 2012, p.405) et Rossi et Campion (2008, cités par Voyer et al., 2012, p.405), il s'agit de « produire des informations qui ne sont pas explicitées ». En effet, lorsque le lecteur lit un problème mathématique, il ne doit pas uniquement décoder le texte. Il doit s'engager dans un processus volontaire pour résoudre le problème et construire le sens de l'écrit. Il doit utiliser les éléments implicites et explicites du texte en lien avec ses propres connaissances afin de se construire une représentation mentale cohérente du problème (Giasson, 2011 ; National Reading Panel, 2000, cités par Voyer et al., 2012). Afin de décoder l'implicite du problème, le lecteur doit réaliser des inférences avec ses propres connaissances, ou le reste du texte (Observatoire national de la lecture, 2005, cité par Voyer et al., 2012). La compréhension que le lecteur va se forger est « influencée par des facteurs personnels tels que ses connaissances, ses attitudes, ses émotions, ses intérêts et ses habiletés, mais également par des facteurs extrinsèques tels que le contenu et la forme du texte de même que les contextes psychologiques, sociaux, physiques et socioculturels dans lesquels prend place son expérience de lecture » (Catts, 2009 ; Giasson, 2003 ; Siegel et al., 1996 ; Snow, 2002, cités par Voyer et al., 2012, p.403). C'est grâce aux inférences que le lecteur rend ses représentations mentales de la situation cohérentes (Giasson, 2011 ; Rossi & Campion, 2008, cités par Voyer et al., 2012). Sans ces inférences, les informations sont comprises de manière isolée et une intégration de toutes les informations est impossible (Observatoire national de la lecture, 2005, cité par Voyer et al., 2012).

De ce fait, selon Bowyer-Crane et Snowling (2005, cités par Voyer et al., 2012), les problèmes qui demandent la réalisation d'inférences afin de trouver la solution sont plus difficiles que ceux qui demandent uniquement de retrouver la réponse dans le texte. Plusieurs auteurs (Oakhill, 1982, 1984 ; Cain & Oakhill, 1999 ; Cain et al., 2001 ; Long et al., 1997 ; Observatoire national de la lecture, 2005, cités par Voyer et al., 2012) s'accordent pour dire que tous les lecteurs ne parviennent pas à générer des inférences et que les lecteurs moins à l'aise avec la lecture sont ceux qui en font le moins. Giasson (2011, cité par Voyer et al., 2012) soutient également que la réalisation d'inférences demande un effort cognitif plus grand que la compréhension basique d'un texte, sans inférence. Les questions inférentielles ou de repérage font donc référence à des habiletés de lecture différentes (Voyer et al., 2012). Par conséquent, les énoncés de problèmes demandant de réaliser des inférences sont plus complexes pour les lecteurs que les questions pour lesquelles un repérage d'informations suffit à la résolution.

Lors de la résolution de problèmes, l'élève va développer des inférences (mobiliser une connaissance) et des contrôles sur le résultat, avant de le traduire en réponse pour le problème (Houdement, 2017). Selon Houdement (2017, p.9) : « Les inférences et les contrôles sont des constructions mentales personnelles (souvent implicites, voire inconscientes) qui font avancer le sujet ». Cependant, un contrôle n'est pas un gage de réponse correcte. Il s'agit surtout, pour l'élève, de réduire l'incertitude qu'il a envers sa réponse et d'en vérifier la vraisemblance ; dans le cas contraire, il peut rectifier son processus de résolution (Coppé, 1995, cité par Houdement, 2017).

Selon Houdement (2017), les inférences et contrôles sont de trois natures différentes :

1. « Nature sémantique » : les associations qui sont déclenchées par l'élève se font en fonction de son interprétation du problème et la représentation qu'il s'en fait. Ces inférences se font avant le choix de l'opération à effectuer et permettent à l'élève, en fonction de sa représentation du problème, de choisir l'opération adéquate à utiliser (Vergnaud, 1997 ; Julo, 1995, cités par Houdement, 2017).
2. « Nature pragmatique » : les connaissances que l'élève a sur le monde lui permettent d'inférer ou de contrôler le résultat. En fonction de ses connaissances, un élève peut trouver l'ordre de grandeur impossible ou l'unité de mesure incorrecte. Ces raisonnements peuvent pousser l'élève à changer son calcul. Il s'agit d'un couteau à double tranchant, car la réalité du problème n'est pas toujours celle que l'élève côtoie dans sa vie de tous les jours et cela peut l'induire en erreur (Houdement, 2017).

3. « Nature syntaxique » : il s'agit des conversions entre le langage oral de la réflexion et le langage écrit de la résolution de problèmes (Duval, **2006**, cité par Houdement 2017).

5.3 Le genre de texte des problèmes arithmétiques

Selon Gerofsky (1996, cité par Voyer et al., 2012, p.411), « les énoncés de problèmes mathématiques doivent être considérés comme un genre littéraire en soi ». Le langage des problèmes mathématiques est bien différent des textes narratifs ou informatifs (Fuentes, 1998). Dans ces derniers, l'auteur étoffe ses propos, prend le temps de les développer. En revanche, le texte d'un problème est beaucoup plus compact. Les relations mathématiques ne sont pas explicites. Elles sont généralement cachées, sous-entendues. Un lecteur qui lit un texte narratif doit souvent filtrer les informations, les résumer pour percevoir les éléments les plus essentiels. Dans la lecture d'un problème, c'est l'inverse qui s'opère. Le lecteur doit tenter d'élaborer du sens de certaines manières, d'élargir son champ de pensée pour dépasser la simple lecture du texte. Cette manière d'aborder le texte ressemble à celle utilisée lors de la lecture d'un poème. Il s'agit d'une lecture engagée, dans laquelle le lecteur doit essayer de lever l'ambiguïté. Cela ne peut se faire que si le lecteur est conscient qu'il doit développer un grand nombre de stratégies pendant sa lecture s'il veut comprendre le sens du texte (Fuentes, 1998).

5.4 Quelques recherches sur les liens entre lecture et résolution de problèmes

Examinons à présent le lien entre la résolution de problèmes et la compréhension à la lecture qui a été mis en évidence dans la littérature.

Cummins et al. (1988, cités par Fuchs et al., 2015) ont démontré que les erreurs lors de la résolution de problèmes sont davantage liées à la compréhension à la lecture qu'au traitement mathématique du problème. Ils ont également découvert qu'un changement mineur dans l'énoncé pouvait affecter considérablement la précision de la réponse donnée pour les élèves. Autrement dit, les difficultés des élèves seraient plus souvent liées à la compréhension du langage qu'à leurs compétences mathématiques. Ainsi, il a été démontré (Mayer et al., 1992, cités par Özsoy et al., 2015 ; Nathan et al., 2002, cités par Özsoy et al., 2015) que les problèmes sont plus difficiles pour les enfants que la résolution de calculs « traditionnels » (par exemple, les colonnes de calculs). La difficulté de la compréhension à l'écrit est une nouvelle fois mise en évidence.

Devidal, Fayol et Barrouillet (1997, p. 11-12) avancent que l'on peut améliorer la compréhension à la lecture auprès des élèves faibles en les amenant à traiter plus complètement les informations les plus importantes. Autrement dit, en les incitant à utiliser des stratégies de lecture différentes. Ces incitations peuvent venir d'interventions sur le lecteur lui-même, sur des modifications apportées à l'énoncé ou sur l'ajout d'informations au problème. Ces modifications faciliteraient la construction de la représentation mentale de la situation, surtout chez les faibles lecteurs (Devidal et al., 1997). Halladay et Neumann (2012) ajoutent que les enseignants peuvent améliorer l'apprentissage des élèves en lecture et en mathématiques ainsi que dans des situations liant les deux, en se servant des parallèles naturels qui existent entre ces deux domaines. Autrement dit, en se servant des liens qui existent entre la compréhension du langage et les mathématiques, les enseignants pourraient faire progresser leurs élèves dans chacun des domaines, mais également en résolution de problèmes, car ils doivent mêler les deux. Cependant, travailler uniquement les compétences en lecture ne suffira certainement pas à faire progresser tous les élèves. Il faut donc travailler la lecture en lien avec la résolution de problèmes, en travaillant l'analyse d'énoncés par exemple.

Afin de compléter les précédentes réflexions, intéressons-nous à ce que suggèrent Fuchs et al. (2015). Il existerait deux formes de compréhension à la lecture impliquées dans la résolution de problèmes.

1) « **La compétence linguistique générale** », qui est applicable à toutes les situations de compréhension à la lecture en général ;
2) « **Le langage spécifique aux problèmes** » qui, comme son nom l'indique, est spécifique à la résolution de problèmes.

D'après leur étude, les deux formes de compréhension ont un effet significatif sur la résolution de problèmes, en tenant sous contrôle les effets directs et indirects. Les effets indirects de la lecture sur la résolution de problèmes sont les effets que la lecture a, par exemple, sur la formulation d'une réponse ou sur la construction d'un calcul (grâce à l'identification des éléments pertinents). L'effet direct est le fait de comprendre l'énoncé et de pouvoir y déceler les informations importantes, la question posée, etc. De plus, les enseignants doivent garder en mémoire que les difficultés des élèves au niveau de la compréhension peuvent venir de différents domaines : la reconnaissance de mots, la connaissance du vocabulaire, la réalisation d'inférences… (Halladay & Neumann, 2012). L'étude de Vilenius-Tuohimaa, Aunola et Nurmi (2008) a mis en évidence que, même sous contrôle de « la lecture technique » (le fait de pouvoir déchiffrer un texte pour pouvoir le lire à voix haute), « la lecture compréhension » (le fait de comprendre ce qu'on lit, le sens du texte) a un impact sur la résolution de problèmes. Cette dernière étude a également montré que « la lecture technique » peut être un levier en compréhension à la lecture et en compétences mathématiques. En effet, les élèves qui se débattent en décodant le texte auront de moins bonnes performances en résolution de problèmes. En travaillant « la lecture technique », les deux autres compétences peuvent s'améliorer significativement (Van Keer & Verhaeghe, 2005, cités par Vilenius-Tuohimaa et al., 2008). D'après les résultats de l'étude d'Ulu (2017), la compréhension inférentielle (comprendre ce qui est dit implicitement dans le texte) est plus prédictive des performances en résolution de problème que la compréhension littérale, mais les deux réunies prédisent 77 % la performance en résolution de problèmes.

Pour résumer toutes ces études, nous pouvons dire que le simple fait de pouvoir décoder un énoncé n'est pas un gage de succès lors de la résolution. En effet, cela ne permet pas aux élèves d'accéder au sens du texte et donc à comprendre les informations et par conséquent ce qui leur est demandé. Il faut donc, entre autres, améliorer ce déchiffrage pour qu'il devienne automatique chez les élèves afin qu'ils libèrent de l'espace en mémoire de travail pour accéder à la compréhension du texte. Cette amélioration leur permettra, dans le cadre de la résolution de problèmes, de mieux comprendre la situation, ce qu'ils doivent rechercher, quelles informations sont utiles et lesquelles ne le sont pas.

Dans l'étude de Devidal et al. (1997), les bons lecteurs résolvent mieux les situations problèmes que les faibles lecteurs (72 % vs 61 % de bonnes réponses). D'autres études sont également arrivées aux mêmes conclusions (Light & Defries, 1995, Geray, 1996, cités par Vilenius-Tuohimaa et al., 2008 ; Geray et al., 2000, cités par Vilenius-Tuohimaa et al., 2008 ; Jordan et al., 2003, cités par Vilenius-Tuohimaa et al., 2008 ; Jordan et al., 2002, cités par Vilenius-Tuohimaa et al., 2008 ; Jordan & Montani, 1997, cités par Vilenius-Tuohimaa et al., 2008 ; Özsoy et al., 2015). Ces études ont démontré qu'il existait un lien entre les performances mathématiques et les compétences en lecture. La première étape importante en résolution de problèmes est la compréhension de l'énoncé ; lorsque l'élève ne comprend pas ce qu'il lit, il produit des résultats qui n'ont aucun sens avec la situation, car ils utilisent les données chiffrées au hasard (Ulu, 2017). Autrement dit, si l'élève ne comprend pas ce qu'il lit dans l'énoncé, il va se servir des données chiffrées dont il dispose et faire un calcul. Il obtiendra une solution qui n'a pas forcément de sens par rapport au problème posé. Cela ne veut cependant pas dire que si l'élève comprend ce qu'il lit, il saura forcément résoudre correctement les problèmes. Il y a d'autres processus mathématiques en jeu (comme mentionné dans le point sur la résolution de problèmes).

Dans leur étude de 2008, Vilenius-Tuohimaa et al. ont été un cran plus loin. Ils ont comparé la progression en mathématiques d'enfants ayant des problèmes dans ce domaine à des enfants ayant des difficultés en compréhension à la lecture. Ils ont démontré que ces derniers progressaient moins vite que les autres. Autrement dit, des élèves ayant des difficultés en compréhension à la lecture progressent moins rapidement en mathématiques que des enfants ayant des difficultés dans le domaine mathématique (Jordan et al., 2002, cités par Jordan et al., 2003). Toujours selon leur étude (p.418) « la covariance entre la performance sur les problèmes mathématiques et la compréhension en lecture est forte (estimation standardisée = 0.67) : meilleures sont les compétences de compréhension en lecture des enfants, meilleures sont leurs performances sur les problèmes mathématiques ». Toujours dans cette même étude, les auteurs ont démontré que certains problèmes mathématiques ont plus de composantes liées à compréhension à la lecture qu'aux mathématiques. Ils ont ainsi conclu que les problèmes mathématiques qui nécessitent une résolution en plusieurs étapes de calculs sont davantage liés à des compétences mathématiques, que les énoncés qui nécessitent un traitement détaillé des informations linguistiques, qui sont quant à eux davantage liés aux compétences en compréhension à la lecture. Par exemple, si l'enfant doit décoder l'énoncé pour déterminer les informations utiles ou décoder un message qui n'est volontairement pas clair, la compétence de compréhension à la lecture sera davantage sollicitée. Contrairement à cela, si l'énoncé prévoit que l'élève fasse plusieurs calculs pour calculer l'aire d'un champ par exemple (déterminer la longueur d'un côté par rapport à un autre, puis calculer l'aire totale par exemple), alors les compétences mathématiques seront plus sollicitées que celles liées à la lecture. Cependant, Jordan, Hanich et Kaplan (2003) ont prouvé que les compétences en mathématiques n'influencent pas les compétences linguistiques. Il s'agit donc d'un effet à sens unique. Ils ajoutent tout de même que les difficultés linguistiques restent stables tout au long de la scolarité, alors que les difficultés en mathématiques peuvent être améliorées par l'apprentissage linguistique. En d'autres termes, plus l'enfant apprend des éléments linguistiques, plus ses compétences mathématiques s'améliorent ; mais un élève ayant des difficultés linguistiques dès le début du primaire risque de les garder tout au long de sa scolarité. Geary et Hoard (2001, cités par Jordan et al., 2003 p.834) vont même plus loin en disant « qu'il existe une relation entre les déficits de traitement des sons, caractéristique de la dyslexie, et l’accès aux faits arithmétiques dans la mémoire à long terme ». Le lien est donc une nouvelle fois souligné entre les compétences mathématiques et linguistiques.

Selon, Halladay et Neumann (2012) ce qui est attendu des élèves en lecture et en mathématiques est similaire : faire des prédictions, surveiller leur compréhension, déterminer l’importance des éléments et établir des liens. Ainsi, lorsque les enseignants demandent à leurs élèves de justifier leurs prédictions face à un problème mathématique ou un calcul en se basant sur leurs connaissances, ils utilisent une approche pédagogique similaire à celle utilisée en lecture lorsqu’ils demandent aux enfants de deviner ce qui va se passer dans une histoire par exemple (Halladay & Neumass, 2012). De plus, lorsque les jeunes élèves se concentrent sur les informations essentielles d’un texte, ils s’en construisent une structure mentale. Lors de la résolution de problèmes, un mécanisme similaire se met en place quand les élèves utilisent une stratégie qui consiste à déterminer quelles sont les informations pertinentes ou non dans un énoncé (Carpenter et al., 1999, cités par Halladay & Neumann, 2012). Un autre élément essentiel, apporté par le NCTM (2000, cité par Halladay & Neumann, 2012) est l’établissement de liens entre les informations nouvelles et celles qui sont préexistantes qui renforce la compréhension autant en mathématiques qu’en compréhension du langage. Il existe donc de nombreux liens entre la compréhension du langage et les stratégies de résolution de problèmes mathématiques. Les élèves peuvent donc utiliser des schémas de pensées similaires dans les deux domaines (Halladay & Neumann, 2012 ; Reikeras, 2006, cité par Özsoy et al., 2015).

Fuchs et al. (2015) ont découvert qu’en plus de la compréhension générale du langage, les bons résolveurs de problèmes utilisent un langage spécifique aux problèmes. Ce dernier est une compétence spécifique à la résolution de problèmes et n’intervient pas dans la lecture de textes classiques. Il s’agit d’une compréhension spécifique des termes propres aux problèmes mathématiques. Un travail ciblé sur ce langage permettrait aux enfants de mieux comprendre les énoncés et, par conséquent, d’augmenter leur taux de bonnes réponses.

Notre étude se basant largement sur celle de Wang et ses collègues (2016), nous allons nous intéresser à leurs résultats. Selon eux, lorsque l’on ajoute des informations non pertinentes dans un problème dont les élèves connaissent la structure, il semble déroutant et nouveau. Les élèves ne font pas instantanément le lien entre ce problème et ceux déjà abordés en classe. Les informations non pertinentes perturbent donc leur analyse de la situation. Ces informations ne modifient pas le type de problème, mais elles le rendent moins accessible. En effet, face à un problème de type « combinaison », les élèves s'attendent à combiner deux termes pour trouver l'inconnue de la situation. Pour complexifier cette situation, il suffit d'ajouter un nombre dans l'énoncé. Les élèves qui l'abordent de manière superficielle sans réfléchir à la manière dont l'information non pertinente les empêche de reconnaitre le type de problème ne vont pas parvenir à l'associer à une structure connue et ne vont donc pas pouvoir le résoudre. (Wang et al., 2016).

Dans certains cas, les données non pertinentes sont présentées dans des tableaux ou des graphiques (Wang et al., 2016). Les élèves doivent alors faire le tri entre les données dont ils ont besoin et les autres.

L'utilisation d'informations non pertinentes semble donc complexifier les énoncés. Si nous reprenons les trois composantes du traitement mental de la résolution de problèmes, nous constatons que lors du déchiffrage de la situation, les élèves doivent identifier les informations manquantes ou inutiles. Cela demande un coût mental supérieur en mémoire de travail (Kintsch et al., 1985, cités par Wang et al., 2016). Au-delà de cela, le coût mental est également plus élevé lors de la construction du modèle de situation et de problème, car les élèves doivent fournir davantage d'efforts et utiliser de manière plus poussée leur raisonnement et leurs ressources linguistiques pour reconnaitre le type de problème auquel ils sont confrontés (Wang et al., 2016). Dans leur étude, Wang et al. (2016) ont démontré que les problèmes contenant des informations inutiles étaient plus difficiles à résoudre que les mêmes problèmes sans ces informations. La taille de l'effet était de 0.73, sachant que les élèves obtenaient de meilleurs résultats dans la condition sans informations non pertinentes.

L'utilisation de ce type d'informations augmente généralement la longueur de l'énoncé. Les élèves doivent donc lire davantage de texte pour y déceler les données essentielles (Wang et al., 2016). Cet élément est également l'un des facteurs qui font que les informations inutiles augmentent la complexité d'un énoncé.

Suite aux éléments précités, nous pourrions nous attendre à ce que les effets de la compréhension à la lecture soient plus importants lors de la résolution de problèmes contenant des informations non pertinentes. Cependant, dans l'étude de Wang et al. (2016), la langue était un prédicteur significatif de la résolution de problèmes, mais il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les deux conditions (0.11 pour les problèmes sans informations non pertinentes et 0.14 pour les problèmes contenant des informations non pertinentes). Cette étude soutient donc les études citées précédemment qui confirment un lien entre la compréhension du langage et la résolution de problèmes, mais elle ne montre pas une différence d'effet entre les deux conditions. Autrement dit, dans cette étude, nous ne pouvons pas affirmer qu'il y a un effet plus important de la compréhension du langage sur la résolution de problèmes contenant des informations non pertinentes, comparativement à la résolution de problèmes sans ces informations. Les auteurs s'attendaient cependant « à une différence, car des informations non pertinentes ajoutent des informations linguistiques et un défi linguistique à un problème » (Wang et al., 2016 p.22).

III. Partie pratique

1. Question de recherche

Notre recherche s'inscrit dans la suite de la recherche de Wang et al. (2016). Leurs résultats montrant que les effets de la lecture compréhension ne sont pas supérieurs lorsque le problème contient des informations non pertinentes par rapport à ceux n'en contenant pas nous a interpellés et nous a poussés à creuser la question. Nous nous sommes penchés sur les effets de deux composantes de la lecture : la lecture technique et la lecture compréhension. En effet, dans leur étude, Vilenius-Tuohimaa, Aunola et Nurmi (2008) ont démontré le rôle de ces deux types de lectures dans la résolution de problème, nous nous demandons donc si ces résultats peuvent apporter des pistes de réponses aux résultats surprenants de l'étude de Wang et al. (2016). Nous souhaitons également tenir sous contrôle le niveau de calcul des élèves, afin de vérifier que les effets en lecture sont significatifs, même si nous tenons cette variable sous contrôle. L'enjeu de notre étude est également d'étudier l'effet des informations non pertinentes en fonction du type de problème, afin d'affiner les résultats obtenus dans l'étude précitée. Une nouvelle fois, nous sommes conscients que notre recherche ne sera pas généralisable, mais elle permettra peut-être d'apporter des éclaircissements aux résultats de la précédente étude.
Notre question de recherche est la suivante : « *quel est le lien entre le niveau de compréhension de l'écrit des élèves de 3e et 4e années primaires et leur capacité à résoudre des problèmes arithmétiques avec ou sans informations inutiles dans l'énoncé ?* ».

2. Hypothèses de recherche

Quatre hypothèses de recherche ont également été rédigées :

1) Les élèves ayant un niveau de compréhension à l'écrit élevé résoudraient de manière plus efficace les problèmes mathématiques. Cette hypothèse a déjà été vérifiée dans les études abordées dans la partie théorique de notre recherche (Halladay & Neumann, 2012 ; Vilenius-Tuohimaa, Aunola & Nurmi, 2008 ; Ulu, 2017 ; Devidal et al., 1997 ; Wang et al., 2016), mais elle permet de vérifier si notre étude est dans la même lignée.
    a. La lecture technique aurait un effet plus important sur la résolution de problèmes que la lecture compréhension. Cette hypothèse se base sur les études (Ulu, 2017 ; Özsoy et al., 2015 ; Devidal et al., 1997) ayant montré que

ces deux types de compétences en lecture interviennent dans la résolution de problèmes. Vilenius-Tuohimaa et al. (2008), ont découvert dans leur étude que la lecture technique aurait un impact plus important sur la résolution de problèmes que la lecture compréhension. De plus, la différence entre ces deux éléments permettrait peut-être de comprendre les résultats de l'étude de Wang et al. (2016) et de vérifier si la lecture technique est bien davantage associée à la résolution de problèmes que la compréhension à la lecture et avoir un impact sur le traitement des données non pertinentes.

2) La compréhension à l'écrit prédirait davantage la performance en résolution de problèmes, que la compétence de résolution de calculs. En effet, selon plusieurs auteurs (Fayol, 1998 ; Vilenius-Tuohimaa et al., 2008 ; Jordan et al., 2003), les deux compétences ne se développent pas au même rythme chez les enfants. Un enfant qui a de bonnes connaissances en calculs peut dès lors rester bloqué face à un problème si ses compétences en lecture sont faibles.
3) La compréhension de l'écrit aurait un impact plus important lorsque les problèmes contiennent des informations non pertinentes. Les élèves ayant des difficultés en compréhension de l'écrit auraient plus de difficultés à résoudre des problèmes contenant des informations non pertinentes. Cette hypothèse est identique à celle émise par Wang et al. (2016) et permet de vérifier si nous obtenons des résultats aussi surprenants que les leurs. En effet, les chercheurs ne s'attendaient pas à un tel résultat et ils restent surpris par celui-ci, tout comme nous.
4) Les élèves auraient des résultats différents en fonction du type de problème (comparaison et changement, classification de Greeno et al. [cités par Fagnant, 2008 ; Riley et al., 1983, cités par Fuchs et al., 2015]).
    a. La différence entre les problèmes contenant ou non des informations non pertinentes varierait en fonction du type de problème (comparaison et changement). Cette hypothèse nous permet de différencier notre recherche de celle menée par Wang et al. (2016) et d'essayer d'affiner les résultats. En effet, une différence d'impact de la compréhension à la lecture sur les problèmes contenants ou non des informations inutiles, en fonction du type de problème pourrait exister et se fondre lorsque les types de problèmes sont mélangés.
    b. La lecture influencerait de manière différente la résolution des problèmes, en fonction de leur type (toujours en suivant la classification de Greeno et al. [cités par Fagnant, 2008 ; Riley et al., 1983, cités par Fuchs et al., 2015]).

3. Méthodologie de la recherche

Cette partie a pour objectif de présenter la méthodologie utilisée pour la réalisation de notre recherche. Un prétest des instruments utilisés lors de notre recherche a été réalisé. L'annexe 1 présente celui-ci. Nous allons donc vous présenter ci-dessous les tests effectivement utilisés pour notre étude.

- ***Échantillon***

Notre échantillon est composé de dix classes de troisième et/ou quatrième année, pour un total de 127 élèves. Avec 10 classes, nous visions entre 180 et 220 élèves, mais malheureusement ce quota n'a pas pu être atteint. En effet, les tests ont été réalisés dans le courant du mois de mars 2022. Le taux d'absentéisme était très élevé à cette période, en raison d'une épidémie de grippes et gastroentérites. De plus, beaucoup de parents se sont montrés réticents par rapport aux consentements à signer et à la fiche d'informations qui les accompagnaient. Nous avons reçu un nombre important de retours de parents qui pensaient que leur enfant allait subir des tests importants, qu'il allait être évalué sur ses compétences et jugé sur celle-ci. Ne pouvant pas répondre personnellement à chaque parent, étant donné que les tests étaient réalisés dans des écoles différentes, certains parents n'ont pas pu être rassurés et n'ont pas donné leur accord. Nous pouvons également nous demander si ce ne sont pas les parents d'élèves en difficulté qui n'ont pas donné leur accord. Ce nombre sera à tenir en compte lors des analyses. Ces dix classes sont réparties dans sept écoles de la province de Liège. Les indices socioéconomiques des écoles sont : 5, 10, 11, 13, 15, 16 et 20. Il y a donc une variété dans les indices. Cependant, il y a peu d'indices socioéconomiques faibles.

- ***Passation des épreuves***

Les épreuves sont dispensées par les professeurs dans leurs classes. Ils ont reçu, en même temps que les tests, un guide de passation (annexe 2) expliquant la marche à suivre et le minutage à respecter. Les épreuves sont réparties en deux séances de 50 minutes et il est demandé aux enseignants d'espacer ces séances d'une semaine. En effet, les problèmes mathématiques étant similaires, une semaine entre les deux séances permet aux enfants d'oublier le contenu exact du test et de ne pas (ou moins) voir les redondances et par la même occasion, éviter un effet d'apprentissage.

- ***Instruments de mesure***

Les instruments de mesure sont au nombre de quatre. Le premier, est un test de lecture technique, le deuxième un test de lecture compréhension, le troisième un test de résolution de calculs mentaux et le dernier est le test de résolution de problèmes.

Le test de lecture technique

Il s'agit d'un test inspiré de l'épreuve externe non certificative de 2021 élaborée par la Fédération Wallonie-Bruxelles avec un temps réduit à 1 minute, afin de tenir compte des capacités de lecture des élèves en fin d'année scolaire et d'affiner la précision du niveau de lecture des élèves pour notre étude. Ce test propose aux enfants une série d'images d'objets de la vie de tous les jours. Pour chaque image, les enfants doivent sélectionner parmi cinq mots celui qui convient. Les mots distracteurs ressemblent au mot cible, avec une lettre ou un phonème de différence. Étant donné que les élèves de troisième année ont déjà passé ce test, les mots et images ont été changés par d'autres mots du quotidien des enfants. Ce test présente 20 images et donc 100 mots à lire (voir annexe 3).

Le test de lecture compréhension

Comme pour le test de lecture précédent, nous avons repris une épreuve externe non certificative de la Fédération Wallonie-Bruxelles, mais cette fois-ci de 2016. Étant donné que les élèves de l'échantillon n'ont pas été soumis à cette épreuve, le texte et les questions n'ont pas été modifiés. Nous avons donc repris le texte narratif d'une longueur d'une page. Une sélection a cependant été opérée parmi les questions, afin de limiter le test dans le temps et d'éviter un effet de fatigue chez les enfants. Au total, 6 questions ont été retenues. Il s'agit de questions à choix multiple ou à réponse ouverte courte. Elles portent sur les informations implicites et explicites du récit. Une nouvelle fois, comme le test est conçu au départ pour des élèves en début de troisième année, les questions les plus simples ont été enlevées pour ne garder que les plus pertinentes, qui montrent une réelle compréhension du récit, puisque c'est ce que nous cherchons à mesurer ici. Le temps accordé pour cette épreuve est de 15 minutes. Ce test se trouve à l'annexe 4.

Le test de résolution de calculs

Le test a été créé spécialement pour l'étude. Il s'agit d'une série de 16 calculs que les élèves doivent résoudre. Voici la répartition des calculs : deux calculs DU+U sans passage, deux calculs DU+U avec passage, deux calculs DU+DU sans passage, deux calculs DU+DU avec passage, deux calculs DU-U sans passage, deux calculs DU-U avec passage, deux calculs

DU-DU sans passage et deux calculs DU-DU avec passage (annexe 5). Les élèves disposent de 15 minutes pour résoudre un maximum de calculs. Comme pour le test de lecture technique, une variété de résultats n'est pas ce qui est attendu. Le but de ce test est de pouvoir s'assurer que le niveau de résolution d'opérations mathématiques n'influence pas les résultats de l'étude, afin de bien pouvoir isoler l'effet de la compréhension en lecture.

Le test de résolution de problèmes

Il s'agit de six problèmes (annexe 6), contenant ou non des informations non pertinentes. Sur les six problèmes, nous avons deux problèmes de type changement et quatre problèmes de type comparaison. Nous avons choisi de varier les types de problèmes dans notre étude, car, comme nous l'avons mentionné dans la partie théorique, la difficulté d'un problème ne dépend pas de l'opération à effectuer, mais plutôt du sens que l'on met derrière cette opération (Fayol, 1990, cité par Fagnant, 2008). Nous pouvons regrouper nos six problèmes en trois duos. Ces duos sont des problèmes de type identique et d'énoncé similaire. La différence entre les deux se situe au niveau des informations non pertinentes. L'un des problèmes en contient et l'autre pas. Afin d'éviter un effet de fatigue, les problèmes ont été séparés en deux tests de trois problèmes. Pour ce faire, nous avons séparé les problèmes homologues. Voici un tableau récapitulatif :

	Test de problèmes n° 1	**Test de problèmes n° 2**
Problème 1	Type comparaison Avec informations non pertinentes	Type comparaison Sans information non pertinente
Problème 2	Type changement Sans information non pertinente	Type changement Avec informations non pertinentes
Problème 3	Type comparaison Avec informations non pertinentes	Type comparaison Sans information non pertinente

Figure 4 : Tableau des problèmes répartis dans les deux tests

- ***Démarche d'analyse***

Pour analyser les données récoltées, nous avons d'abord procédé à la correction des tests et à l'encodage des résultats dans un tableau. Les données des différents tests ont été attribuées aux élèves auxquels elles appartiennent et mises dans un seul tableau afin de pouvoir en faire des comparaisons. Un élément important à préciser est que chaque enfant s'est vu attribuer un code afin d'anonymiser les résultats. Le tableau reprenant le code associé à chaque enfant est confidentiel et est dans un fichier différent du tableau reprenant le codage de leurs réponses.

Lors de la correction des problèmes, le raisonnement (calcul ou schéma) a été compté sur un point, ainsi que la réponse donnée. Ce choix a été fait afin de valoriser les procédés (calculs ou schémas) corrects, mais pour lesquels une erreur dans la réponse a été commise. Mais également pour valoriser les élèves qui savent donner la bonne réponse, mais ne parviennent pas à écrire un calcul ou à matérialiser leur raisonnement. Nous reviendrons plus longuement sur ces cas de figure dans notre analyse des résultats.

À la suite du codage des réponses des élèves, des analyses statistiques ont été réalisées. Nous vous les présenterons dans la partie suivante. Pour compléter ces analyses, nous analyserons également quelques productions d'élèves de manière plus qualitative et en lien avec nos hypothèses de recherche, afin d'apporter plus de nuances.

4. Présentation des résultats

Cette partie présente les données récoltées grâce aux différents tests proposés aux 127 élèves. Cependant, nous avons réalisé les analyses sur 120 élèves, car 7 enfants de l'échantillon n'ont pas été présents lors de la passation de tous les tests. De manière générale, les résultats obtenus dans notre étude ne peuvent pas être généralisables, étant donné que notre échantillon est un échantillon de convenance, regroupant des écoles ayant bien voulu participer à l'étude. De plus, comme nous l'avons expliqué précédemment, le nombre d'enfants de l'échantillon initial n'ayant pas participé à l'étude est élevé et doit être pris en considération dans nos analyses.

a) Analyse de la cohérence interne des tests

Afin d'analyser nos résultats, nous avons d'abord établi les alphas de Cronbach pour nos différents tests, afin d'en vérifier la cohérence interne. Nous prendrons comme seuil de fiabilité 0.70.

En ce qui concerne le test de résolution de calculs, l'alpha de Cronbach est de 0.78. Étant donné le seuil de fiabilité que nous utilisons, le test est donc considéré comme fiable, d'après cet outil de mesure (annexe 6).

Pour notre test de compréhension à la lecture, l'alpha de Cronbach est égal à 0.59 (annexe 7). Celui-ci est donc en dessous de notre seuil de fiabilité. Cependant, nous choisissons quand même de calculer des scores sur cette base et en tiendrons compte lors de l'analyse de ceux-ci. Dans notre cas, le nombre d'items composant le test a été réduit par rapport à l'épreuve externe non certificative de la Fédération Wallonie Bruxelles de 2021. Lors de la sélection des items, nous avons évincé les questions qui nous semblaient les plus évidentes pour ne garder que celles relevant d'une réelle compréhension fine du texte.

La réduction et la sélection des items peuvent expliquer l'alpha plus faible que le seuil généralement toléré.

Venons-en maintenant aux tests de résolution de problèmes. Dans un premier temps, afin de répondre à notre question de recherche et à nos hypothèses, nous envisagions de réaliser des analyses en séparant les problèmes contenant des informations inutiles et ceux n'en contenant pas. Malheureusement, les alphas de Cronbach n'étaient pas suffisamment élevés : 0.52 pour les problèmes contenant des informations non pertinentes (annexe 8) et 0.45 pour ceux n'en contenant pas (annexe 9). Le calcul de corrélations ou de régression au départ de ces données utilisées séparément n'est donc pas envisageable. En revanche, lorsque nous regroupons tous ces problèmes, l'alpha de Cronbach est de 0.73, le seuil de fiabilité est donc atteint (annexe 10). Dès lors, pour la suite des analyses, nous utiliserons un score global pour les problèmes contenant ou non des informations inutiles.

À la suite de ces constats, nous n'allons donc pas statistiquement pouvoir différencier les données provenant des problèmes contenants ou non des informations non pertinentes. De plus, nous ne pouvons pas calculer un alpha de Cronbach pour les types de problèmes, car nous avons un nombre trop réduit d'items dans les deux catégories (quatre pour le type comparaison et deux pour le type changement). Nous avons fait le choix de limiter le nombre de problèmes pour éviter un effet de fatigue, mais ce choix est regretté lorsqu'il s'agit de la possibilité de calculer l'alpha de Cronbach. Une analyse prudente et qualitative sera dès lors proposée.

b) Présentation des corrélations entre les variables de la recherche

Afin de nous rendre compte des liens existants entre nos différentes variables, nous avons réalisé des corrélations. Chaque variable a été testée en duo avec les autres variables de notre étude. Voici un tableau afin d'en rendre compte de manière synthétisée.

	Calculs	Lecture compréhension	Résolution de problèmes
Lecture technique	r=0.33 p=0.0002	r=0.24 p=0.0079	r=0.32 p=0.0003
Lecture compréhension	r=0.41 p<.0001		r=0.49 p<.0001
Résolution de problèmes	r=0.43 p<.0001		

Figure 5 : présentation des corrélations entre les variables de la recherche

Nous pouvons constater que toutes les corrélations reprises dans notre tableau rejettent l'hypothèse nulle, puisque leur p-value est toujours inférieure à $p<0.05$ (seuil habituellement utilisé dans les études en sciences de l'éducation). Nous pouvons également constater que toutes nos corrélations sont positives. Cela signifie que lorsque le score à l'une des variables augmente, le score à l'autre variable augmente également. Observons chaque corrélation d'un peu plus près.

La performance en calcul est corrélée positivement à la résolution de problèmes (r=0.43) (annexe 11). Autrement dit, plus la performance d'un élève est élevée en calculs, plus la performance en résolution de problèmes l'est également.

La corrélation entre les deux types de lectures (annexe 14) est positive, mais l'effet n'est pas élevé : r=0.24. Cependant, la corrélation entre la performance en lecture technique et la performance en résolution de calculs semble davantage élevée r=0.33 (annexe 12). Dans le même ordre d'idée, la corrélation entre la performance en lecture compréhension et la performance en calculs semble également plus élevée r=0.41 (annexe 14). Il semblerait donc que les deux types de lectures soient davantage liées à la résolution de calculs qu'elles ne le sont entre elles. Ces résultats surprenants sont peut-être dus à la fiabilité modérée du test de lecture compréhension ou à notre échantillon.

Un autre constat étonnant de nos résultats est que la corrélation entre la performance en résolution de calculs et la performance en résolution de problème (r=0.43) est très proche de la corrélation entre la performance en calculs et la performance en lecture compréhension (r=0.41). Autrement dit, dans notre étude, il y aurait un lien aussi important entre, d'une part, les calculs et d'autre part la résolution de problèmes ou la lecture compréhension. Ces résultats semblent surprenants étant donné que la compréhension à la lecture provient d'une discipline différente (le français) des deux autres variables (les mathématiques).

Intéressons-nous maintenant au lien entre la lecture technique et la résolution de problèmes. La corrélation est significativement positive avec r=0.32 (annexe 15). Nous pouvons donc dire que, pour notre étude, le lien qui unit la lecture technique et la résolution de problèmes existe, mais de manière modérée. En effet, le coefficient de corrélation n'est pas élevé.

En ce qui concerne la corrélation entre la lecture compréhension et la résolution de problèmes, elle est significativement positive, avec r=0.49 (annexe 16). Le lien entre la compréhension à la lecture et la résolution de problèmes est donc bien établi dans notre échantillon. Cependant, ce lien ne semble pas nettement différent du lien entre la performance en calculs et la performance en résolution de problèmes (r =0.43) ni du lien entre la performance en résolution de calculs et la performance en compréhension à la lecture (r=0.41).

Notre recherche étant principalement axée sur les deux types de lectures, nous avons décidé de comparer les deux corrélations qui les unissent à la résolution de problèmes. Nous avons calculé l'intervalle de confiance à 95 % autour de chacune d'elles afin de vérifier s'ils ne se chevauchent pas.

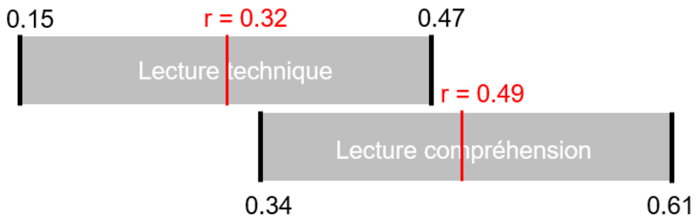


Figure 6 : présentation des intervalles de confiance des corrélations en lecture

Sur la figure ci-dessus, nous pouvons constater que les intervalles de confiance se chevauchent. Nous ne pouvons donc pas affirmer que la lecture compréhension a un lien plus fort avec la résolution de problème que la lecture technique. La suite de nos analyses statistiques, avec les régressions linéaires, va nous permettre de mieux appréhender les liens et différences entre ces deux variables.

c) Présentation des régressions autour du lien entre la lecture et la résolution de problèmes

Afin d'affiner davantage notre analyse du lien entre les types de lectures et la résolution de problème, nous avons également réalisé des régressions linéaires. En ce qui concerne l'effet de la lecture compréhension sur la résolution de problème, sans tenir compte des autres paramètres de notre étude, elle expliquerait 23 % de la variabilité du test de résolution de problème (R2=0.23, F=36.45 avec p<.0001, voir annexe 17). Cette prédiction ne serait donc pas liée au hasard. Cependant, lorsque nous incluons dans le modèle la variable de la lecture technique, il s'agit de 26 % de la variabilité du test en résolution de problème qui pourraient être expliqués par la lecture compréhension et la lecture technique (R2=0.26, F=21.86 avec p<.0001, voir annexe 18). Autrement dit, le niveau de lecture compréhension et le niveau de lecture technique, ensemble, prédiraient 26 % du test de résolution de problèmes et cette prédiction ne serait pas liée au hasard. Le tableau suivant reprend les différents résultats de ces régressions pour une vue plus claire.

Variable dépendante	Variable(s) indépendante(s)	R2	F	*p*
La résolution de problèmes	La lecture compréhension	0.23	36.45	<.0001
La résolution de problèmes	La lecture compréhension + la lecture technique	0.26	21.86	<.0001

Figure 7 : Présentation des résultats des régressions linéaires avec les variables de lecture

De plus, les effets individuels de ces deux variables ont un $p<.05$, ce qui voudrait dire qu'elles auraient toutes les deux un rôle significatif dans le modèle ($p<.0001$ pour la lecture compréhension et $p=0.0166$ pour la lecture technique). L'effet de la lecture compréhension a un coefficient de régression de 0.87, ce qui est proche de 1. Selon ce modèle, la lecture compréhension, sous contrôle de la lecture technique, influencerait fortement la résolution de problème. La lecture technique, quant à elle, a un coefficient de régression de 0.14. Cette association est faible, mais tout de même positive. Dans le tableau ci-dessous, nous reprenons ces résultats.

Variable indépendante	Variable dépendante	Variable sous contrôle	Coefficient de régression	*p*
La résolution de problèmes	La lecture compréhension	La lecture technique	0.87	<.0001
La résolution de problèmes	La lecture technique	La lecture compréhension	0.14	0.0166

Figure 8 : Présentation des coefficients de régression en lecture

Finalement, ajoutons dans cette régression linéaire le test de calcul. Nous avons donc une variable dépendante : le niveau au test de résolution de problème ; et trois variables indépendantes : le niveau aux tests de calculs, de lecture technique et de lecture compréhension. À présent, ce sont 31 % de la variabilité des résultats en résolution de problème qui pourraient être expliqués par le modèle et cette prédiction ne serait pas liée au hasard ($R2=0.31$, $F=18.7$ avec $p<.0001$, voir annexe 19). Autrement dit, les performances en lecture technique, lecture compréhension et résolution de calculs expliqueraient, ensemble, 31 % de la variabilité des performances en résolution de problèmes. Le tableau suivant reprend les résultats des trois régressions afin d'en avoir une vue globale.

Variable dépendante	Variable(s) indépendante(s)	R2	F	*p*
La résolution de problèmes	La lecture compréhension	0.23	36.45	<.0001
La résolution de problèmes	La lecture compréhension + la lecture technique	0.26	21.86	<.0001
La résolution de problèmes	La lecture compréhension + la lecture technique + la résolution de calculs	0.31	18.7	<.0001

Figure 9 : Présentation des résultats des régressions linéaires avec les variables de lecture et de calculs

Cependant, si nous nous intéressons à l'effet de chaque variable indépendante, sous contrôle des deux autres, l'effet de la lecture technique n'est plus significatif (*p*=0.13). Autrement dit, sous contrôle de la lecture compréhension et de la résolution de calculs, la lecture technique n'influence plus significativement la résolution de problème. Les deux autres variables indépendantes ont toujours, quant à elles, un effet significatif. En effet, la résolution de calcul a un coefficient de régression de 0.36 (*p*=.0003). Il y a donc un effet positif significatif de la performance en résolution de calculs sur la performance en résolution de problème, sous contrôle de la performance dans les deux tests de lecture. En ce qui concerne la lecture compréhension, son effet sous contrôle des deux autres variables est de 0.69 (*p*<.0001). Il y a donc un effet positif assez important de la lecture compréhension sur la résolution de problème, en tenant sous contrôle la lecture technique et la résolution de calculs.

Variable indépendante	Variable dépendante	Variable sous contrôle	Coefficient de régression	*p*
La résolution de problèmes	La lecture compréhension	La lecture technique + les calculs	0.69	<.0001
La résolution de problèmes	La lecture technique	La lecture compréhension + les calculs	0.09	0.13
La résolution de problèmes	Les calculs	La lecture compréhension + la lecture technique	0.36	0.0003

Figure 10 : Présentation des coefficients de régression en lecture et calculs

Revenons-en à notre hypothèse 1.a « *la lecture technique aurait un effet plus important sur la résolution de problèmes mathématiques ».* Comme nous l'avons déjà mentionné plus avant, nous n'avons pas pu calculer de score différenciant les problèmes contenants ou non des informations pertinentes dans nos analyses. Cependant, nous pouvons dire, grâce aux régressions linéaires réalisées, que l'effet de la lecture technique est toujours inférieur à l'effet de la lecture compréhension, même lorsque nous tenons sous contrôle l'autre niveau de lecture. De plus, l'effet de la lecture technique sur la performance en résolution de problèmes n'est plus significatif lorsque nous tenons sous contrôle la lecture compréhension et la résolution de calculs. Donc, d'après ces modèles, notre hypothèse 1.a n'est pas vérifiée. Dans le contexte de notre étude et selon ces analyses, la lecture compréhension aurait un impact plus important sur la résolution de problèmes que la lecture technique, qui n'a plus d'effet lorsque nous tenons sous contrôle la résolution de calculs. De plus, la lecture compréhension a un effet toujours significatif sur la performance en résolution de problème, que nous tenions sous contrôle uniquement la lecture technique ou en tenant également sous contrôle la performance en calculs. Le tableau ci-dessous reprend l'effet de cette variable en fonction des variables tenues sous contrôle.

Variable indépendante	Variable dépendante	Variable sous contrôle	Coefficient de régression	*p*
La résolution de problèmes	La lecture compréhension	/	0.97	<.0001
La résolution de problèmes	La lecture compréhension	La lecture technique	0.87	<.0001
La résolution de problèmes	La lecture compréhension	La lecture technique + les calculs	0.69	<.0001

Figure 11 : Présentation des coefficients de régression de la lecture compréhension en fonction des variables tenues sous contrôle

Grâce à ce dernier tableau, nous voyons que l'effet de la compréhension à la lecture diminue progressivement, lorsque nous contrôlons d'autres variables. Cela nous donne à voir que la lecture compréhension n'est pas le seul prédicateur de la performance en résolution de problèmes, mais qu'il a tout de même un effet positif significatif assez important.

d) Présentation du lien entre le niveau de lecture et la présence ou non d'informations non pertinentes dans un problème

Bien que le design de notre étude ne nous permette pas de vérifier statistiquement de manière fiable le lien qui peut exister entre le niveau de lecture des élèves et la présence ou non d'informations non pertinentes dans les énoncés des problèmes, nous avons tout de même procédé à une analyse plus qualitative de nos données. En effet, nous avons réalisé les quartiles des performances des élèves en lecture compréhension, puisque c'est cette partie de la lecture qui semble jouer davantage sur la performance en résolution de problèmes. Ensuite, nous avons calculé la moyenne des résultats des élèves des différents quartiles pour chaque problème, contenant ou non des informations non pertinentes. Nous avons consigné les résultats dans le tableau ci-dessous. Le score maximal étant de 6 points. Afin de permettre de comparer les résultats avec ou sans données inutiles, nous avons placé les problèmes homologues en vis-à-vis et calculé la différence entre leurs scores.

	Moyenne des résultats pour les problèmes ne contenants pas d'informations inutiles	Moyenne des résultats pour les problèmes contenants des informations inutiles	Différence entre les deux résultats
Quartile 1 (inférieur)	P1 : 0.23	P4 : 0.40	-0.17
	P2 : 0.08	P5 : 0.35	-0.27
	P3 : 1.08	P6 : 0.65	0.43
Quartile 2	P1 : 0.82	P4 : 0.83	-0.01
	P2 : 0.67	P5 : 0.60	0.07
	P3 : 1.27	P6 : 0.95	0.32
Quartile 3	P1 : 0.95	P4 : 0.95	0
	P2 : 0.75	P5 : 0.96	-0.21
	P3 : 1.64	P6 : 1.20	0.44
Quartile 4 (supérieur)	P1 : 1.42	P4 : 1.11	0.31
	P2 : 0.84	P5 : 0.84	0
	P3 : 1.78	P6 : 1.56	0.22

Figure 12 : Présentation de la moyenne des scores pour chaque problème contenant ou non des informations non pertinentes, par quartile de performance en lecture

Dans un premier temps, nous pouvons constater, comme nous l'avons déjà démontré dans nos autres résultats, que plus le score en lecture augmente, plus la performance en résolution de problème augmente également. Cependant, nous pouvons constater dans ce tableau que la différence entre les problèmes contenants ou non des informations inutiles est quatre fois en faveur des problèmes contenant des informations inutiles (voir les nombres négatifs dans les différences). Cela veut dire que pour ces 4 problèmes là, résolus par le quartile associé, la version contenant des informations non pertinentes a été mieux réalisée que la version n'en contenant pas. Il s'agit d'un tiers des différences calculées ici. Si nous observons plus finement, nous remarquons qu'il s'agit uniquement des deux premiers problèmes (l'un de type comparaison et l'autre de type changement). Nous remarquons également que pour le quartile inférieur, cette différence négative est présente pour deux des trois problèmes. Cela veut dire que, dans notre étude, les moins bons lecteurs ont résolu plus efficacement les problèmes 4 et 5 contenants des informations inutiles, comparativement aux problèmes 1 et 2 n'en contenant pas. Cela est surprenant, car cela voudrait dire que les moins bons lecteurs sont parvenus à inhiber les informations non pertinentes et qu'en plus de cela, ils auraient mieux compris les problèmes qui les contiennent. Nous y reviendrons dans la discussion de ce travail.

Si nous prenons le problème numéro 3 et son homologue 6. Nous voyons que la différence est toujours en faveur de la version sans donnée inutile. De plus, nous pouvons voir que, la différence la plus faible entre les deux problèmes se trouve dans le quartile supérieur. Autrement dit, la différence entre ces deux problèmes homologue est moindre chez les élèves bons lecteurs, donc ils sont moins perturbés par la présence de ces informations. En outre, le quartile inférieur et le quartile 3 ont une différence similaire. Cela laisse sous-entendre que l'impact de ces informations inutiles serait similaire pour ces deux quartiles.

Il est également intéressant de constater que deux différences sont nulles. Autrement dit, pour deux problèmes résolus par les quartiles correspondants, il n'y a pas de différence de performance entre le problème contenant des informations inutiles et celui n'en contenant pas.

Finalement, il est à constater que les problèmes ont des variations différentes. En effet, le problème 3 semble provoquer un écart de performance plus important s'il contient ou non des informations non pertinentes que les deux autres. Ceci pourrait indiquer que l'information non pertinente semble plus utile à la résolution du problème que les informations non pertinentes des deux autres problèmes. Ces différences sont donc potentiellement liées à la rédaction des problèmes de notre étude.

e) Présentation du lien entre le type de problème et la performance en résolution de problèmes

Comme nous l'avons mentionné précédemment, nous ne pouvons pas analyser statistiquement les résultats des problèmes de notre étude en fonction de leur type. Cependant, nous avons repris dans le tableau ci-dessous le pourcentage de réussite de chaque problème, en fonction de son type.

	Type de problème	Présence d'informations non pertinentes	Pourcentage de réussite
Problème 1	Comparaison	Oui	41.3 %
Problème 2	**Changement**	Non	30.1 %
Problème 3	Comparaison	Oui	54.1 %
Problème 4	Comparaison	Non	43.3 %
Problème 5	**Changement**	Oui	35.2 %
Problème 6	Comparaison	Non	73.7 %

Figure 13 : Présentation du pourcentage de réussite de chaque problème en fonction de son type

Une nouvelle fois, nous ne pouvons pas en tirer de conclusions fiables statistiquement, mais, dans notre étude, il semblerait que les problèmes de type changement semblent moins bien réussis que les problèmes de type comparaison. En effet, les deux problèmes ayant été les moins bien réussis avec 30.1 % et 35.2 % sont les problèmes de type changement. De plus, grâce à ce tableau, nous pouvons observer que le dernier problème a été sensiblement mieux réussi que les autres (73.7 % de réussite). Son homologue a également un pourcentage de réussite supérieur aux deux autres problèmes de comparaison (54.1 % de réussite contre 41.3 % et 43.3 %). Ce résultat est contradictoire à ce qui est constaté habituellement, mais est sans doute lié à la particularité de nos problèmes, comme nous avons déjà pu le soulever dans l'analyse précédente.

Grâce à ce tableau, nous pouvons également constater que pour les paires de problèmes homologues de type comparaison (1-4 et 3-6), le problème ne contenant pas d'informations non pertinentes semble mieux réussi que celui en contenant. Par contre, pour les problèmes de type changement qui sont également homologues (2-5), la tendance est inversée. Il semblerait que le problème contenant des informations inutiles ait été mieux réussi que le problème n'en contenant pas.

5. Interprétation et discussion des résultats

Sur base des résultats dont nous venons de rendre compte et des études que nous avons présentées dans le cadre de notre revue de la littérature, nous allons tenter de vérifier nos hypothèses afin de répondre à notre question de recherche : « *quel est le lien entre le niveau de compréhension de l'écrit des élèves de 3e et 4e année primaire et leur capacité à résoudre des problèmes arithmétiques avec ou sans informations inutiles dans l'énoncé ?* ».

Nous allons articuler notre discussion autour des quatre hypothèses que nous avions formulées. Nous commencerons donc par analyser les liens entre la performance en lecture et la résolution de problèmes. Pour ce faire, nous nous intéresserons également à la différence entre les deux types de lectures que nous avons distingués dans notre étude. En effet, nous pensions que cette comparaison nous permettrait de mieux comprendre les résultats étonnants de l'étude de Wang et al. (2016). Ensuite, nous vérifierons si ces liens ont un effet plus important sur la résolution de problèmes que la résolution de calculs, comme nous le supposions dans notre deuxième hypothèse. Toujours grâce aux liens entre la lecture et la résolution de problèmes, nous nous intéresserons à la différence de cet effet si les problèmes contiennent ou non des informations non pertinentes. En effet, nous supposions que la lecture a un effet plus important sur la résolution de problèmes contenants des informations non pertinentes, comparativement aux problèmes homologues n'en contenant pas. Nous nous pencherons également sur les types de problèmes (comparaison et changement) afin de vérifier si, comme nous le pensions, les informations non pertinentes jouent un rôle différent en fonction du type de problème. Nous vérifierons finalement si la lecture influence de manière différente les problèmes en fonction de leur type.

a) La performance en lecture et la résolution de problèmes arithmétiques

Lors de la présentation de nos résultats, nous avons pu constater que les deux types de lectures corrèlent positivement avec la performance en résolution de problèmes. De plus, lors de l'analyse des régressions linéaires proposées, nous avons pu constater que la lecture a toujours un effet significatif sur la performance en résolution de problèmes. Il semblerait donc que notre hypothèse 1 « *Les élèves ayant un niveau de compréhension à l'écrit élevé résoudraient de manière plus efficace les problèmes mathématiques* » soit vérifiée. Ce résultat concorde avec les études que nous avions présentées et qui avaient déjà établi ce lien (Halladay & Neumann, 2012 ; Vilenius-Tuohimaa et al., 2008 ; Ulu, 2017 ; Devidal et al., 1997 ; Wang et al., 2016). Nous allons maintenant nous pencher davantage sur la différence entre les deux types de lectures que nous avions sélectionnés pour notre étude : la lecture technique et la lecture compréhension.

Les deux corrélations que nous avons réalisées entre les deux types de lectures et la performance en résolution de problèmes ne sont pas statistiquement différentes (lecture compréhension r=0.49/lecture technique r=0.32). Les différentes régressions réalisées par la suite afin d'affiner ce constat montrent l'impact de la lecture (les deux types confondus) sur la performance en résolution de problèmes. Cependant, il y a une seule analyse de régression qui permet d'identifier une variable qui n'a pas d'effet sur la performance en résolution de problème. Il s'agit de la lecture technique, lorsque l'on tient sous contrôle la lecture compréhension et les calculs. Autrement dit, si nous nous intéressons uniquement au rôle que joue la lecture sur la performance en résolution de problèmes, sans tenir compte du niveau de calcul, les deux types de lectures sont significativement liés. Lorsque nous tenons sous contrôle le niveau de calcul, il n'y a plus que la lecture compréhension qui le reste. Ce constat nous permet de penser que notre hypothèse 1.a est possiblement vérifiée. Ceci irait donc à l'encontre de ce que Vilenius-Tuohimaa et al. (2008) ont constaté dans leur étude. En effet, dans leurs résultats, l'effet de la lecture technique était toujours significatif sur la performance en résolution de problème, même si la lecture compréhension était tenue sous contrôle. D'après eux, cela allait de soi, puisque des élèves qui ont des difficultés pour décoder les mots de l'énoncé auront des difficultés pour résoudre le problème puisqu'ils ne peuvent pas accéder au sens de ce qui est écrit.

Si nous reprenons la classification en trois types de la compréhension à la lecture de Fayol (1996) : la compréhension littérale, la compréhension intégrale et la compréhension fine, ce dernier niveau, le plus élevé dans la compréhension, permet à l'élève qui le maîtrise de questionner le texte, en lien avec ce qu'il sait du monde. Ce niveau permet donc à l'élève de mieux percevoir les détails de l'énoncé et de pouvoir se créer un modèle de situation (Verschaffel et al., 2000, cités par Fagnant, 2008) d'autant plus juste et précis. Cette meilleure compréhension permet donc aux élèves d'être plus efficaces en résolution de problème, comme nous pouvons le constater dans les résultats de notre étude. Les élèves ayant une compréhension moins développée se contentent de prélever des informations données explicitement dans les énoncés, sans les mettre en relation et ne se rendent pas compte de leurs erreurs de compréhension (Duffy & Roehler, 1987, cités par Devidal et al., 1997 ; Johnston & Winograd, 1985, cités par Devidal et al., 1997). Cela peut nuire à la compréhension de la relation entre ces données et à la détection d'éléments perturbateurs.

Cependant, les faibles lecteurs, qui ne parviennent pas à décoder le texte écrit, ne peuvent pas accéder au sens du texte. Le fait que la lecture technique a un effet moins élevé sur la résolution de problème est peut-être dû au fait que le nombre d'élèves en incapacité de décoder le texte n'est pas suffisamment représenté dans notre échantillon. Nous avons également eu un taux de refus de participation assez important. Nous pouvons également nous demander si les enfants n'ayant pas pu participer à l'étude ne sont pas en difficulté pour la lecture et que leurs parents n'ont pas souhaité qu'ils soient « évalués » sur ce point. Notre échantillon est donc peut-être biaisé pour cette relation.

En ce qui concerne la lecture compréhension, les élèves ayant un niveau élevé sont plus enclins à réaliser des inférences en cours de lecture. Ces inférences sont essentielles pour comprendre un énoncé de problèmes en faisant, notamment, des liens avec la réalité qu'il connait (Observatoire national de la lecture, 2005, cité par Voyer et al., 2012 ; Ulu, 2017). C'est grâce à ces inférences que les élèves vont pouvoir établir des liens entre les données de l'énoncé et pouvoir résoudre efficacement le problème (Giasson, 2011 ; Rossi & Campion, 2008, cités par Voyer et al., 2012). Nous pouvons donc supposer que les élèves qui ont un bon niveau de compréhension à la lecture dans notre étude ont réalisé plus efficacement des inférences pour résoudre de manière plus efficiente les problèmes que leurs camarades ayant un niveau de compréhension à la lecture plus faible. Selon Houdement (2017), ces inférences ne seraient pas conscientes chez les bons lecteurs, ils en réaliseraient sans s'en rendre forcément compte.

De plus, selon Voyer et al. (2012), il n'est pas uniquement question de comprendre ce qui est lu pour résoudre un problème. Il est nécessaire que les élèves se posent des questions sur les relations et les opérations mathématiques qui sous-tendent le problème. Sans cela, les élèves utilisent des mots-clés des énoncés pour en déduire l'opération à effectuer et cela peut leur jouer des tours.

Un autre élément à tenir en compte dans la compréhension à la lecture, c'est que le lecteur adapte ses stratégies de lecture en fonction du type de texte auquel il est confronté (Gerofsky, 1996, cité par Voyer et al., 2012 ; Fuentes, 1998). Or, un élève faible lecteur ou ayant des difficultés à comprendre ce qu'il lit, n'aura pas assez de place mentalement pour élaborer des stratégies avant sa lecture. Dans notre étude, les enfants bons lecteurs ont certainement abordé la lecture des énoncés en essayant déjà de repérer les relations entre les différents éléments, en cherchant quelle pourrait être l'inconnue avant même de lire la question, ou de classer les informations qu'ils lisent en fonction de leur type par exemple. Ceci a pu les aider à résoudre de manière plus efficace les problèmes. D'ailleurs, Devidal et al. (1997), préconisent d'apprendre ces stratégies aux élèves faibles lecteurs afin qu'ils puissent essayer de les mettre en place.

Penchons-nous maintenant sur l'étude de Wang et al. (2016), dont nous étions proche. Ils ont également des résultats qui montrent que la lecture est un prédicteur significatif de la résolution de problème. Cependant, dans leur étude, ils n'ont pas trouvé de différence significative de l'effet de la compréhension à la lecture dans la résolution de problème selon que ceux-ci contiennent ou non des informations non pertinentes. Nous avions donc décidé d'analyser l'effet de deux types de lectures dans notre étude afin de vérifier si nous pouvions apporter quelques réponses à leur constat étonnant. Si nous nous basons sur nos résultats, la lecture compréhension a un effet prépondérant sur la résolution de problèmes, comparativement à la lecture technique, qui n'est plus significative lorsque l'on tient sous contrôle la performance en calcul. Nous avons déjà argumenté le fait que les élèves bons lecteurs font directement dans leur tête et sans forcément le savoir des liens entre les données d'un problème et ne sont, de ce fait, peut-être pas dérangés par les informations non pertinentes. Or, les élèves ayant des difficultés en lecture ne parviennent déjà par forcément à créer un modèle de situation cohérent face à un énoncé ne contenant que des informations pertinentes. Les informations non pertinentes ajoutées à l'énoncé ne changent donc peut-être pas grand-chose au résultat qu'ils auraient pu obtenir si le problème n'en contenait pas. Les élèves bons lecteurs, quant à eux, utiliseraient donc des stratégies qui leur permettrait de faire fi des informations inutiles et cela ne changerait pas non plus le résultat de leur performance. Voici donc une proposition d'éclairage face aux résultats étonnants de l'étude de Wang et al. (2016), sur base des résultats de notre étude.

b) Comparaison des liens entre la performance en lecture et la performance en résolution de calculs sur la résolution de problèmes arithmétiques

Dans le point précédent, nous avons longuement insisté sur les liens entre la lecture et la performance en résolution de problèmes. Cependant, lors de la présentation des résultats, nous avons pu observer à plusieurs reprises (dans les corrélations et dans les analyses de régression) que la performance en résolution de calculs était également significativement liée à la performance en résolution de problèmes. Vérifions donc si notre hypothèse 2 « *La compréhension à l'écrit prédirait davantage la performance en résolution de problèmes que la compétence de résolution de calculs ».* En effet, la corrélation entre la performance en calcul et la résolution de problèmes est de 0.43 alors que celle entre la lecture compréhension (dont le lien est plus fort que la lecture technique sur la résolution de problèmes) et la résolution de problèmes est de 0.49. Il semblerait donc que la compréhension à la lecture aurait un lien plus important que les calculs avec la résolution de problèmes. Cependant, cette différence semble faible. Si nous revenons aux analyses de régressions, les deux variables de lecture prédiraient ensemble 26 % de la performance en résolution de calculs. Si nous ajoutons à cette régression la variable de résolution de calculs, ce sont à présent 31 % de la performance qui seraient prédits. Cela voudrait donc dire que la lecture seule ne prédit pas toute la performance en résolution de problèmes et que, notamment, la résolution de calculs a également un rôle à jouer. Cependant, si nous nous intéressons aux effets individuels des deux variables qui nous intéressent dans la dernière régression dont nous parlions, la lecture compréhension a un coefficient de régression de 0.69 alors que la résolution de calcul en a un de 0.36. Il semblerait donc que la lecture compréhension a un effet supérieur à la résolution de calculs pour prédire la performance en résolution de problèmes dans notre étude. Notre deuxième hypothèse semble donc vérifiée.

Si nous revenons un instant sur les éléments théoriques sur lesquels se base notre théorie, nous nous rendons compte que selon Fayol (1990, cité par Fagnant, 2008), la difficulté des problèmes arithmétiques ne se trouve pas dans les opérations à effectuer et donc n'implique pas de manière majeure les compétences de calculs des élèves. Selon Fagnant (2008), ce sont les relations sémantiques entre les données qui sont plus difficiles à cerner. C'est peut-être pour cela que la compréhension à la lecture a un impact prépondérant sur la performance en résolution de problèmes par rapport aux calculs. En effet, pour comprendre les relations entre les données, il faut lire l'énoncé et comprendre la situation. L'utilisation exclusive des données chiffrées sans lire les phrases du problème qui expliquent les relations entre ces données ne peut mener qu'à des stratégies superficielles (Fagnant, 2008) et la réalisation d'une opération aléatoire. Il est donc important de faire prendre conscience aux élèves que les données d'un problème sont reliées entre elles par des relations précises. Pour ce faire, une piste est d'élaborer des énoncés qui ne permettent pas aux élèves de les résoudre en utilisant ces stratégies superficielles et qui les poussent à lire davantage les énoncés afin de comprendre les relations entre les données afin de développer des stratégies expertes de résolution de problème (Verschaffel et al., 2000, cités par Fagnant, 2008).

Cependant, un constat étonnant a été réalisé lorsque nous avons présenté les corrélations. En effet, la corrélation entre la résolution de calculs et la résolution de problème ($r=0.43$) est très proche de la corrélation entre la résolution de calculs et la lecture compréhension ($r=0.41$). Autrement dit, il y a un lien similaire entre la résolution de calculs et les deux autres variables précitées. Ce constat semble étonnant. Nous pourrions nous attendre à ce que le lien entre les calculs et les problèmes soit plus élevé puisqu'il s'agit de deux compétences du même domaine scolaire : les mathématiques, alors que la compréhension à la lecture fait partie du domaine scolaire : le français. Au premier abord, ce lien entre les calculs et la lecture compréhension semble curieux. Cependant, d'après Özsoy et al. (2015), la compréhension à la lecture demande plus que de simplement déchiffrer des mots. Il s'agit également de mettre en lien les informations et de développer des stratégies de contrôle de l'information (Devidal et al., 1997 ; Halladay & Neumann, 2012). Il s'agit donc d'un processus mental complexe, qui semble lié à des compétences développées généralement dans les leçons de mathématiques. Geary et Hoard (2001, cités par Jordan et al., 2003) vont également dans ce sens, en affirmant qu'il existe des liens entre les difficultés à traiter les sons et l'accès à la mémoire qui permet de traiter les faits arithmétiques. De plus, selon Jordan et al. (2003), les compétences mathématiques peuvent être améliorées grâce à l'amélioration des compétences linguistiques. Cependant, toujours selon ces auteurs, la relation sera unilatérale et l'inverse ne serait pas vrai. Le constat que nous avons fait dans notre étude ne serait donc finalement pas si surprenant au vu de la littérature.

c) La performance en lecture et l'impact des informations non pertinentes en résolution de problèmes arithmétiques

Les résultats que nous avons obtenus pour établir le lien entre le niveau de lecture des élèves et l'impact des informations non pertinentes dans la résolution de problèmes sont, comme nous l'avons déjà évoqué, tirés d'analyses qui ne sont pas statistiquement incontestables. Cependant, nous allons les analyser dans ce travail, sans pour autant pouvoir en tirer de conclusion significative.

Le tableau (figure 11) que nous avons établi lors de la présentation de nos résultats ne nous permet pas de vérifier notre hypothèse 3 : « *la compréhension de l'écrit aurait un impact plus important lorsque les problèmes contiennent des informations non pertinentes. Les élèves ayant des difficultés en compréhension de l'écrit auraient plus de difficultés à résoudre des problèmes contenant des informations non pertinentes.* ». En effet, la différence entre les problèmes contenants ou non des informations non pertinentes en fonction du niveau de lecture des élèves est variable d'un problème à l'autre dans notre étude. Cependant, nous observons que les moins bons élèves de notre étude parviennent parfois mieux à résoudre les problèmes contenant des informations non pertinentes. Ce constat reste surprenant. En revanche, si nous observons le troisième problème de notre étude et son homologue (le sixième problème), nous observons que l'impact des informations non pertinentes est plus grand pour les élèves moins bons lecteurs (une différence de 0.43 point pour le quartile 1) que pour les meilleurs lecteurs (une différence de 0.22 point pour le quartile 4). Ce résultat va dans le sens de notre hypothèse, mais il n'est pas généralisable aux autres problèmes de notre étude. Comme nous l'avons mentionné précédemment, ce constat peut être dû à nos problèmes, mais comme nous ne pouvons pas le vérifier, nous ne pas vérifier cette hypothèse. Cependant, dans leur étude, Wang et al. (2016) ont démontré (avec une taille d'effet de 0.73) que les problèmes contenants des informations non pertinentes étaient plus difficiles à résoudre pour les élèves. En effet, dans leur étude de 2008, Vilenius-Tuohimaa et al. ont démontré que les problèmes arithmétiques demandant un traitement détaillé des informations écrites (comme la présence d'informations non pertinentes par exemple) sont davantage liés à la compétence de compréhension de lecture, plutôt qu'aux compétences purement mathématiques.

Selon le modèle de Verschaffel et al. (2000, cités par Fagnant, 2008), les informations non pertinentes se situent au niveau de la compréhension du problème. C'est à ce moment-là que les enfants vont les rencontrer. En effet, lors de la construction du modèle de situation, ils vont devoir déterminer quels sont les éléments essentiels de l'énoncé dont ils vont avoir besoin pour résoudre la situation. Or, les élèves qui utilisent les données inutiles ne parviennent pas à comprendre suffisamment le problème et à construire un modèle qui lui correspond.

Il est également possible que les élèves aient en mémoire des modèles de problèmes (Julo, 1995, cité par Houdement, 2017) auxquels ils peuvent raccrocher les problèmes de notre étude. Or, si les élèves n'ont pas été confrontés à des problèmes contenant des données non pertinentes, ils sont susceptibles d'utiliser les modèles qu'ils ont en mémoire et qui utilisent toutes les données de l'énoncé. Certains enfants se rendent compte que l'énoncé est similaire au modèle qu'ils ont en tête, et vont pouvoir adapter le modèle qu'ils ont en tête afin de filtrer les informations non pertinentes (Wang et al., 2006). Mais, selon Kinne (2003), il est important que l'élève comprenne ce qu'il lit pour rechercher les représentations similaires déjà en mémoire et développer des stratégies. Il est donc important de confronter les élèves à des problèmes différents et parfois non routiniers afin de leur permettre d'élargir leurs représentations et de développer des stratégies efficaces face à un nouveau problème (Julo, 1995, cité par Houdement, 2017).

De plus, les faibles lecteurs ont généralement des attitudes passives lors de leur lecture, ce qui ne leur permet pas d'accéder au sens de ce qu'ils lisent (Duffy & Roehler, 1987, cités par Devidal et al., 1997 ; Johnston & Winograd, 1985, cités par Devidal et al., 1997). Ceci les conduit également à adopter des stratégies inefficaces de résolution de problème, en utilisant toutes les données chiffrées du problème et à les utiliser dans une opération (Voyer et al., 2012). Or, les bons lecteurs adoptent généralement des stratégies de lecture pour construire du sens pendant leur lecture et vérifier leur compréhension en cours et à la fin de la lecture (Paris et al., 1990, cités par Devidal et al., 1997). Ceci leur permet donc de repérer plus facilement les éléments distracteurs dans l'énoncé du problème. C'est pour cela que Fuentes (1998) et Fuchs et al. (2015) soutiennent qu'il est important d'améliorer la lecture des élèves pour améliorer leurs compétences en mathématiques.

d) La résolution de problèmes arithmétiques et les types de problèmes

Nous avons pu constater, par la comparaison du pourcentage de réussite de chaque problème, que les problèmes de type changement dans notre étude semblent moins bien réussis que les problèmes de type comparaison.

Nous devons cependant garder une certaine prudence. En effet, les problèmes de types changement dans notre étude comprenaient une subtilité dans l'énoncé. Il s'agissait en effet de parties de billes dans une cour de récréation et nous recherchions le nombre de billes d'une personne à la fin d'un certain nombre de parties. Cependant, nous avons utilisé le verbe « gagner » pour l'adversaire de cette personne. Cette subtilité a pu induire les élèves en erreur, car ils ont l'habitude de réaliser une addition lorsqu'ils voient ce verbe, alors qu'ici il fallait réaliser une soustraction. Les erreurs pour ces problèmes pourraient donc venir de stratégies superficielles de résolution de problème (Fagnant, 2008 ; Voyer et al., 2012). Dans notre cas, les élèves voient le verbe « gagner », mais ne prennent pas en considération le contexte qui informe que c'est l'adversaire qui gagne des billes.

Nous pouvons donc confirmer l'hypothèse 4 de notre étude *« Les élèves auraient des résultats différents en fonction du type de problème »*, car il semble y avoir une différence dans notre étude.

Revenons à présent donc à notre hypothèse 4.a *« La différence entre les problèmes contenant ou non des informations non pertinentes varierait en fonction du type de problème »*. Il semblerait que, pour notre étude, les informations non pertinentes auraient un impact négatif sur la performance en résolution de problèmes de type comparaison. Étonnamment, les informations non pertinentes auraient un impact positif sur les problèmes de type changement. Cette différence ne doit pas être généralisable, étant donné le faible nombre de problèmes testés dans notre étude. Cependant, nous pouvons nous poser la question de savoir si la différence provient de la construction du test ou si elle vient d'une réelle différence sur le rôle des informations non pertinentes en fonction du type de problème. En effet, les élèves parviendraient peut-être plus facilement à repérer les informations non pertinentes dans les problèmes de type changement, alors qu'ils les décèleraient moins facilement lorsque le problème est de type comparaison. L'hypothèse 4.a semble donc confirmée.

Afin d’aller plus loin dans l’analyse des difficultés des problèmes en fonction de leur type, d’autres études pourraient s’y intéresser, en veillant à garder une difficulté similaire dans les énoncés des types de problèmes, afin de pouvoir les comparer réellement.

Finissons ce point avec l’hypothèse 4.b *« La lecture influencerait de manière différente la résolution des problèmes, en fonction de leur type. ».* Afin de vérifier celle-ci, nous nous sommes intéressés à la figure 11 de notre étude. Sur celle-ci, nous constatons que pour tous les problèmes de type comparaison, le score augmente au fur et à mesure que le niveau en lecture augmente. Le seul problème qui est mieux réussi par le quartile 3 que par le quartile 4 est le 5^{e} problème, qui est de type changement. L’autre problème de type changement a vu son score augmenté en fonction de l’accroissement du niveau en lecture, mais la différence de score semble moins élevée que pour les problèmes de type comparaison. Il semblerait que la lecture exerce une influence moindre sur les problèmes de type changement, comparativement aux problèmes de type comparaison. Ce constat reste une nouvelle fois à prendre avec prudence, étant donné que nous n’avons pas un nombre suffisant de problèmes. De plus, cette différence pourrait également être liée à la particularité de nos problèmes. Si nous estimons que la lecture a un impact plus important sur les problèmes de type comparaison, nous pourrions penser que leurs énoncés impliquent principalement les données linguistiques et de ce fait, les compétences linguistiques et dans une moindre mesure les compétences mathématiques des élèves. Les énoncés des problèmes de type changement, quant à eux, impliqueraient davantage les compétences mathématiques des élèves (Vilenius-Tuohimaa et al., 2008).

IV. Limites

Notre recherche présente plusieurs limites dont nous avons déjà fait état lors de la présentation de notre étude. Tout d'abord, notre échantillon étant un échantillon de convenance, nous ne pouvons pas affirmer que les résultats auraient été différents avec un échantillon différent. De plus, un nombre important d'élèves n'a pas participé à l'étude, à cause de l'épidémie de grippe ou par défaut de consentement des parents. Ces derniers ont été plutôt réticents face au consentement à signer et ont pensé à des examens assez poussés de leur enfant. N'ayant pas pu être présents lors de la réalisation des tests dans toutes les écoles, nous n'avons pas pu les rassurer.

De plus, le nombre réduit d'items du test de problèmes ne nous a pas permis d'avoir un indice de consistance interne nous permettant de réaliser davantage d'analyses statistiques sur les questions concernant les types de problèmes et les informations non pertinentes.

En ce qui concerne les types de problèmes, comme nous l'avons déjà abordé, les énoncés n'étant pas de difficulté similaire au niveau de subtilité langagière, il n'est pas possible d'en faire une analyse très fiable.

Toutes ces raisons ont pu influencer les résultats de notre étude et doivent être prises en considération, dans le fait que notre étude ne peut être généralisable et que nous ne pouvons pas tirer de conclusions fermes de celle-ci.

V. Conclusion et perspectives

Dans le cadre de ce mémoire, nous nous sommes intéressés au lien entre le niveau de compréhension à la lecture (technique et compréhension) et la performance en résolution de problèmes de différents types contenants ou non des informations non pertinentes. Pour ce faire, nous avons soumis des élèves de troisième et de quatrième primaire à différents tests afin de mesurer leur niveau en lecture technique, en compréhension à la lecture et en calculs. Nous avons également proposé des problèmes de types différents aux élèves, contenants ou non des informations non pertinentes. Tout ceci dans le but de répondre à notre question de recherche : « *quel est le lien entre le niveau de compréhension de l'écrit des élèves de 3e et 4e année primaire et leur capacité à résoudre des problèmes mathématiques avec ou sans informations inutiles dans l'énoncé ?* ».

Les recherches menées précédemment sur le sujet montraient en effet un lien important entre le niveau de lecture et la performance en résolution de problèmes (Wang et al., 2016 ; Fuchs et al., 2015 ; Özsoy et al., 2015 ; Devidal et al., 1997…). Cependant, l'étude de Wang et al. (2016) a montré que le niveau de lecture des élèves n'influençait pas davantage la performance si les problèmes contenaient des informations inutiles. Ce constat nous avait interpellés et nous avait donné envie de nous intéresser plus particulièrement à deux aspects de la lecture : la lecture technique et la lecture compréhension. Ces deux types de lectures ont également intéressé Vilenius-Tuohimaa et al. (2008), qui ont constaté que la lecture technique avait un effet supérieur à celui de la lecture compréhension. Lors de notre étude, nous avons pu constater que le niveau global en lecture impacte fortement la performance en résolution de problème. La lecture compréhension a toujours un effet significatif sur la performance en résolution de problèmes, peu importe les variables indépendantes que nous ajoutons dans notre modèle (niveau de lecture technique et niveau de calculs). Cependant, la lecture technique perd son effet si nous ajoutons le niveau de calculs en plus du niveau de lecture compréhension dans l'analyse de régression. Il semblerait donc que, dans notre étude, la compréhension à la lecture a un impact significatif sur la résolution de problèmes, alors que la lecture technique perd de son effet si nous tenons sous contrôles les deux autres variables.

Nous avons également constaté que le niveau en lecture compréhension prédirait davantage la performance en résolution de problèmes que le niveau de calculs. Cependant, comme d'autres auteurs (Özsoy et al., 2015 ; Devidal et al., 1997 ; Halladay & Neumann, 2012…) l'ont démontré, nous avons également constaté que la lecture compréhension et la résolution de calculs sont fortement liées, ce qui a également été démontré par d'autres auteurs. Fuschs et al. (2015 ; Fuentes, 1998) soutiennent que d'améliorer le niveau en compréhension à la lecture des élèves permettrait d'améliorer leurs performances en mathématiques.

Les analyses qualitatives réalisées afin de vérifier si les informations non pertinentes ont un impact négatif sur la résolution de problèmes ne nous ont pas permis de tirer de conclusions. En effet, l'effet de ces informations varierait d'un problème à l'autre. Certains problèmes étaient même mieux réussis lorsqu'ils contenaient des informations non pertinentes chez les faibles lecteurs. De même, le lien entre le niveau de lecture et l'impact de ces données non-pertinentes n'a pas pu être démontré puisque de telles différences existaient également.

En ce qui concerne les types de problèmes, il semblerait que les problèmes de type changement aient été moins bien réussis que les problèmes de type comparaison. De plus, nous avons constaté que les informations non pertinentes auraient un effet positif sur la résolution des problèmes de type changement, alors qu'elles ont un effet négatif sur les problèmes de type comparaison. Le niveau en lecture compréhension semble avoir moins d'effet sur les problèmes de type changement que sur les problèmes de type comparaison. Cependant, ces analyses sont à prendre avec beaucoup de prudence, en fonction des limites énoncées précédemment.

Nous terminerons cette étude en rappelant l'importance de proposer aux élèves des problèmes variés et proches de la réalité afin de les préparer au mieux aux défis de leur vie d'adulte (Fagnant, 2008 ; Van Dooren et al., 2015).

VI. Bibliographie :

Balslev, K., Claret-Girard, V., Mazurczak, K., Saada-Robert, M., & Veuthey, C. (2005). La résolution de problèmes en français scriptural : un outil pour enseigner/apprendre. *Revue française de pédagogie, 150*, 59-72. https://www.jstor.org/stable/41202027

Devidal, M., Fayol, M. & Barrouillet, P. (1997). Stratégies de lecture et résolution de problèmes arithmétiques. L'année psychologique, 97 (1), 9-31. doi : 10.3406/psy.1997.28935.

Fagnant, A. (2008). Des outils didactiques pour développer la résolution de problèmes dans l'enseignement fondamental. Aperçu des fondements théoriques et entrée au cœur de quelques activités. *Cahier des Sciences de l'éducation, 27*, p. 51-94.

Fagnant, A., & Vlassis, J. (2010). Le rôle de la résolution de problèmes dans les apprentissages mathématiques : questions et réflexions. *Éducation Canada, 50* (1), p. 50-52

Fédération Wallonie Bruxelles (2016). Évaluations externes non certificatives 2021. Bruxelles.

Fédération Wallonie Bruxelles (2021). Évaluations externes non certificatives 2021. Bruxelles.

Fédération Wallonie Bruxelles (2022). Référentiel de Français et langues anciennes. Bruxelles

Fédération Wallonie Bruxelles (2022). Référentiel de Mathématiques. Bruxelles.

Fuentes, P. (1998). Reading comprehension in mathematics. *The Clearing House, 72* (2), p. 81-88. https://www.jstor.org/stable/30189563

Fuchs, L. S., Fuchs, D., Compton, D. L., Hamlett, C.L. & Wang, A.Y. (2015). Is word-problem solving a form of text comprehension ? Society for the Scientific Study of Reading. doi :10.1080/10888438.2015.1005745.

Halladay, J. L., Neumann M.D. (2012). Connecting reading and mathematical strategies. *The Reading Teacher, 65(7),* 471-476. doi : 10.1002/TRTR.01070.

Houdement, C. (2017). Résolution de problèmes arithmétiques à l'école. *Grand N, Revue de mathématiques, de sciences et technologie pour les maîtres de l'enseignement primaire, 100*, p. 59-78. https://hal.science/hal-01902810

Jordan, N.C., Hanich, L. B. & Kaplan, D. (2003). A longitudinal study of mathematicalcompetencies in children with specific mathematics difficulties versus children with comorbid mathematics and reading difficulties. Child Development, 74(3), 834-850.

Kikas, E., Mädamürk, K., Palu, A. (2020). What role do comprehension-oriented learning strategies have in solving math calculation and word problems at the end of midddle school ? *British Journal of Educational Psychology, 90*, p.105-123. https://doi.org/10.1111:bjep.12308

Kinne, L. (2003). *Differential memory for relevant and irrelevant information in arithmetic word problems.* University of Minnesota, Minneapolis. https://eric.ed.gov/?id=ED478490

Özsoy, G., Kuruyer, H. G. & Çakiroglu, A. (2015). Evaluation of students' mathematical problem solving skills in relation to their reading levels. International Electronic Journal of Elementary Education, 8(1), 113-132.

Peltier-Lecullee, I., & Sayac, N. (2004). Questionner l'énoncé pour résoudre le problème. *Grand N, Revue de mathématiques, de sciences et technologie pour les maîtres de l'enseignement primaire, 74*, p. 53-65. https://publimath.univ-irem.fr/numerisation/GN/IGR04029/IGR04029.pdf

Ulu, M. (2017). The effect of reading comprehension and problem solving strategies on classifying elementary 4th grade students with high and low problem solving success. Journal of Education and Training Studies, 5(6), 44-63. doi : 10.11114/jets.v5i6.2391.

Van Dooren, W., Verschaffel, L., Greer, B., De Bock, D., & Crahay, M. (2015). La modélisation des problèmes mathématiques. In M. Crahay & M. Dutrévis (Eds), *Psychologie des apprentissages scolaires 2e édition* (pp. 200-220). Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur.

Verschaffel, L., & De Corte, E. (2008). La modélisation et la résolution des problèmes d'application : de l'analyse à l'utilisation efficace. In M. Crahay, L. Verschaffel, E. De Corte, é J. Grégoire (Eds.), *Enseignement et apprentissage des mathématiques. Que disent les recherches psychopédagogiques ?* (p. 153-176). Bruxelles : De Boeck.

Vilenius-Tuohimaa, P.M., Aunola, K. & Nurmi J.-E. (2008). The association between mathematical word problems and reading comprehension. Educational Psychology, 28(4), 409-426. doi : 10.1080/01443410701708228.

Voyer, D., Beaudoin, I., & Goulet, M.-P. (2012). De la lecture à la résolution de problèmes : des habiletés spécifiques à développer. *Canadian Journal of Éducation/Revue canadienne de l'éducation, 35* (2), 401-421. https://www.jstor.org/stable/10 ;2307/canajeducrevucan.35.2.401

Wang, A. Y., Fuchs, L. S. & Fuchs, D. (2016). Cognitive and linguistic predictors of mathematical word problems with and without irrelevant information. Nashville : Vanderbilt University, Department of Special Education.

Zhang, L., Yu, S., Li, B., & Wang, J. (2017). Can students identify the relevant information to solve a problem? *Journal of Educational Technology & Society, 20* (4), p.288-299. https://www.jstor.org/stable/10.2307/26229224

VII. Table des illustrations

VIII. Annexes

Annexe 1 : Prétest des instruments

Un prétest des instruments a été réalisé afin de sélectionner et adapter les tests afin qu'ils ne soient ni trop difficiles pour les élèves de troisième année, ni trop faciles pour les élèves de quatrième année.

- ***Échantillon***

L'échantillon pour le prétest se compose de quatre classes : deux classes de quatrième année, une classe de troisième année et une classe-cycle de troisième et quatrième année. Ceci représente 46 élèves de quatrième année et 26 élèves de troisième année, soit 72 élèves au total. Trois classes se trouvent dans la même école, avec un indice socioéconomique de 15 et une classe d'une école en indice socioéconomique de 5. Cet échantillon permet donc d'avoir une diversité dans les indices socioéconomiques. Les deux écoles se trouvent en Province de Liège.

- ***Passation des épreuves***

Pour la réalisation des tests, les élèves sont en classe avec leur enseignant. C'est ce dernier qui donne les consignes des tests et qui s'occupe de leur bonne réalisation. Pour ce faire, un guide de passation a été envoyé aux enseignants, en même temps que les tests, il se trouve à l'annexe 2 de ce travail.

Les tests ont été répartis entre 2 séances d'un peu plus d'une heure, afin de ne pas créer de fatigue chez les élèves.

Une fois les épreuves réalisées, les tests ont été encodés et analysés afin de vérifier leur pertinence.

- ***Instruments de mesure***

Pour notre étude, quatre tests sont réalisés : deux tests de lecture (lecture technique et lecture compréhension), un test de calculs et un test de résolution de problèmes.

Le test de lecture technique

Ce test se base sur l'évaluation externe non certificative de 2021 élaborée par la Fédération Wallonie-Bruxelles. Ce test propose aux enfants une série d'images d'objets de la vie de tous les jours. Pour chaque image, les enfants doivent sélectionner parmi cinq mots celui qui convient. Les mots distracteurs ressemblent au mot cible, avec une lettre ou un phonème de différence. Étant donné que les élèves de troisième année ont déjà passé ce test, les mots et images ont été changés par d'autres mots du quotidien des enfants. Ce test présente 20 images et donc 100 mots à lire (voir annexe 3). Le temps alloué initialement à cette épreuve est d'une minute trente, après présentation des images par l'enseignant. L'épreuve a été créée au départ pour des élèves en début de troisième année. Lors du prétest, réalisé au mois de février, 70,8 % des élèves avaient atteint un score maximum. Afin de coller au mieux aux compétences des élèves qui sont en milieu de troisième ou de quatrième année et à leur évolution, le temps pour le test a donc été réduit à 1 minute pour notre étude. Cela nous permet donc une plus grande précision dans l'évaluation de la lecture technique chez les élèves.

Cependant, une grande variété dans les résultats n'est pas notre priorité. En effet, le but de ce test est de vérifier que les enfants n'éprouvent pas de difficulté pour le décodage en lecture. Si le décodage leur fait défaut, forcément la lecture compréhension également. Il s'agit donc d'une mesure complémentaire pour voir quel est l'impact de la lecture compréhension, sans difficulté de décodage.

Le test de lecture compréhension

Comme pour le test de lecture précédent, nous avons repris une épreuve externe non certificative de la Fédération Wallonie-Bruxelles, mais cette fois-ci de 2016. Étant donné que les élèves de l'échantillon n'ont pas été soumis à cette épreuve, le texte et les questions n'ont pas été modifiés. Nous avons donc repris le texte narratif d'une longueur d'une page. Une sélection a cependant été opérée parmi les questions, afin de limiter le test dans le temps et d'éviter un effet de fatigue chez les enfants. En tout, 6 questions ont été retenues. Il s'agit de questions à choix multiple ou à réponse ouverte courte. Elles portent sur les informations implicites et explicites du récit. Une nouvelle fois, comme le test est conçu au départ pour des élèves en début de troisième année, les questions les plus simples ont été enlevées pour ne garder que les plus pertinentes, qui montrent une réelle compréhension du récit, puisque c'est ce que nous cherchons à mesurer ici. Le temps accordé pour cette épreuve est de 15 minutes. Ce test se trouve à l'annexe 4.

Le test de calculs

Le test a été créé spécialement pour l'étude. Il s'agit d'une série de 16 calculs que les élèves doivent résoudre. Voici la répartition des calculs : deux calculs DU+U sans passage, deux calculs DU+U avec passage, deux calculs DU+DU sans passage, deux calculs DU+DU avec passage, deux calculs DU-U sans passage, deux calculs DU-U avec passage, deux calculs DU-DU sans passage et deux calculs DU-DU avec passage (annexe 5). Les élèves disposent de 15 minutes pour résoudre un maximum de calculs. Comme pour le test de lecture technique, une variété de résultats n'est pas ce qui est attendu. Le but de ce test est de pouvoir s'assurer que le niveau de résolution d'opérations mathématiques n'influence pas les résultats de l'étude, afin de bien pouvoir isoler l'effet de la compréhension en lecture.

Le test de résolution de problèmes

Ce test a été divisé en deux parties, afin de ne pas créer un effet de fatigue chez les élèves. Pour le prétest, 6 problèmes ont été testés à chaque séance, soit 12 problèmes au total. Le nombre de problèmes pour l'étude sera de six au total, mais nous avions besoin de tester les problèmes pour savoir ceux qui seraient utilisés pour l'étude. Parmi ces douze problèmes, il y avait six problèmes contenant des informations pertinentes et six problèmes homologues n'en contenant pas. Il y avait donc deux problèmes similaires dans leur histoire, type et difficulté, mais contenant ou non des informations pertinentes. Lors du prétest, il y avait également 4 problèmes de type combinaison, 4 problèmes de type changement et 4 problèmes de type comparaison. Pour chaque duo de problèmes homologues, une version difficile et une version plus facile ont été testées. Voici un tableau reprenant les différents problèmes :

	Présence d'informations non pertinentes	Absence d'informations non pertinentes
Problèmes de type changement	Problème facile	Problème facile
	Problème difficile	Problème difficile
Problèmes de type combinaison	Problème facile	Problème facile
	Problème difficile	Problème difficile
Problèmes de type comparaison	Problème facile	Problème facile
	Problème difficile	Problème difficile

Sur ce tableau, les problèmes qui se trouvent face à face sont donc homologues.

Suite au prétest, voici le même tableau, mais avec les pourcentages de réussite. Les problèmes qui ont été sélectionnés (marqué d'une *) sont ceux qui ont eu un taux de réussite qui n'est ni trop élevé ni trop bas, afin de pouvoir mener des analyses par la suite.

	Présence d'informations non pertinentes	Absence d'informations non pertinentes
Problèmes de type changement	Problème facile 40.3 %*	Problème facile 44.4 %*
	Problème difficile 9.7 %	Problème difficile 11.1 %
Problèmes de type combinaison	Problème facile 38.2 %	Problème facile 28.5 %
	Problème difficile 2.7 %	Problème difficile 4.2 %
Problèmes de type comparaison	Problème facile 60.4 %*	Problème facile 68.8 %*
	Problème difficile 42.2 %*	Problème difficile 51 % *

Nous pouvons constater, sur ce dernier tableau, que les problèmes de combinaisons initialement prévus n’ont pas été sélectionnés, mais que tous les problèmes de comparaison l’ont été. En effet, nous avons commis une erreur lors de cette sélection. Nous avons donc des problèmes de type comparaison et de type changement dans le test, mais pas de problèmes de type combinaison. Nous ne pourrons donc pas comparer les 3 types de problèmes entre eux, mais pourrons effectuer la comparaison entre les deux types présents dans les tests.

Annexe 2 : guide de l'enseignant pour la passation des épreuves

GUIDE DE PASSATION TESTS MEMOIRE UNIVERSITAIRE

Les tests seront effectués en deux séances d'une heure environ. Ces deux séances ne seront idéalement pas réalisées sur la même journée. Voici le descriptif des deux séances.

Pour les deux séances, demander aux enfants d'indiquer leurs noms et prénoms ainsi que d'entourer P3 ou P4 sur chaque questionnaire.

Séance 1 :

Lors de cette séance 3 tests seront passés :

1. **Le test de lecture technique (1 minute)**

Il s'agit du test avec les mots et les images. Avant de débuter le test, nommer chaque dessin avec les enfants pour s'assurer qu'ils connaissent tous les mots et identifient tous les dessins. Lorsque cela est fait, les enfants ont 1 minute pour retrouver pour chaque dessin le bon mot. Une fois la minute trente écoulée, reprendre les feuilles des élèves. S'ils n'ont pas terminé ce n'est pas grave.

2. **Le test de calculs (16 minutes)**

Il s'agit du test avec les calculs. Les enfants doivent résoudre les calculs en 16 minutes. Ils ne peuvent pas utiliser leur calculatrice. S'ils n'ont pas terminé en 16 minutes, les feuilles des élèves sont reprises.

3. **Le test numéro 1 des problèmes (15 minutes)**

Il s'agit du test de problèmes portant le numéro 1. Il y a en tout 3 problèmes. Les élèves doivent lire seuls les énoncés. Aucune explication ne peut être donnée aux enfants. Ils ont une place pour dessiner ou écrire leur raisonnement, une place pour écrire leur(s) calcul(s) et une place pour écrire leur réponse. Bien préciser aux enfants qu'ils doivent indiquer un calcul et une réponse, pas uniquement la réponse. Après 15 minutes les enfants rendent leurs feuilles, même s'ils n'ont pas terminé.

Séance 2 :

Lors de cette séance 2 tests seront passés :

1. **Le test de lecture compréhension (20 minutes)**

Il s'agit du test avec le texte et le questionnaire. Les enfants reçoivent les deux feuilles. Les questions sont lues avec les enfants, mais la lecture du texte est autonome. Les enfants répondent aux questions du questionnaire en autonomie. Aucune réponse ne peut être donnée concernant la compréhension du texte ni de son vocabulaire. Au bout des 20 minutes, reprendre les feuilles des enfants, même non terminées.

2. Le test numéro 2 des problèmes (15 minutes)

Il s'agit du test de problèmes portant le numéro 2. Il y a en tout 3 problèmes. Les élèves doivent lire seuls les énoncés. Aucune explication ne peut être donnée aux enfants. Ils ont une place pour dessiner ou écrire leur raisonnement, une place pour écrire leur(s) calcul(s) et une place pour écrire leur(s) réponse(s). Bien préciser aux enfants qu'ils doivent indiquer un calcul et une réponse, pas uniquement la réponse. Le raisonnement est facultatif. Après 15 minutes, les feuilles des enfants sont reprises, même incomplètes.

Annexe 3 : test de lecture technique

Nom .... Date ....

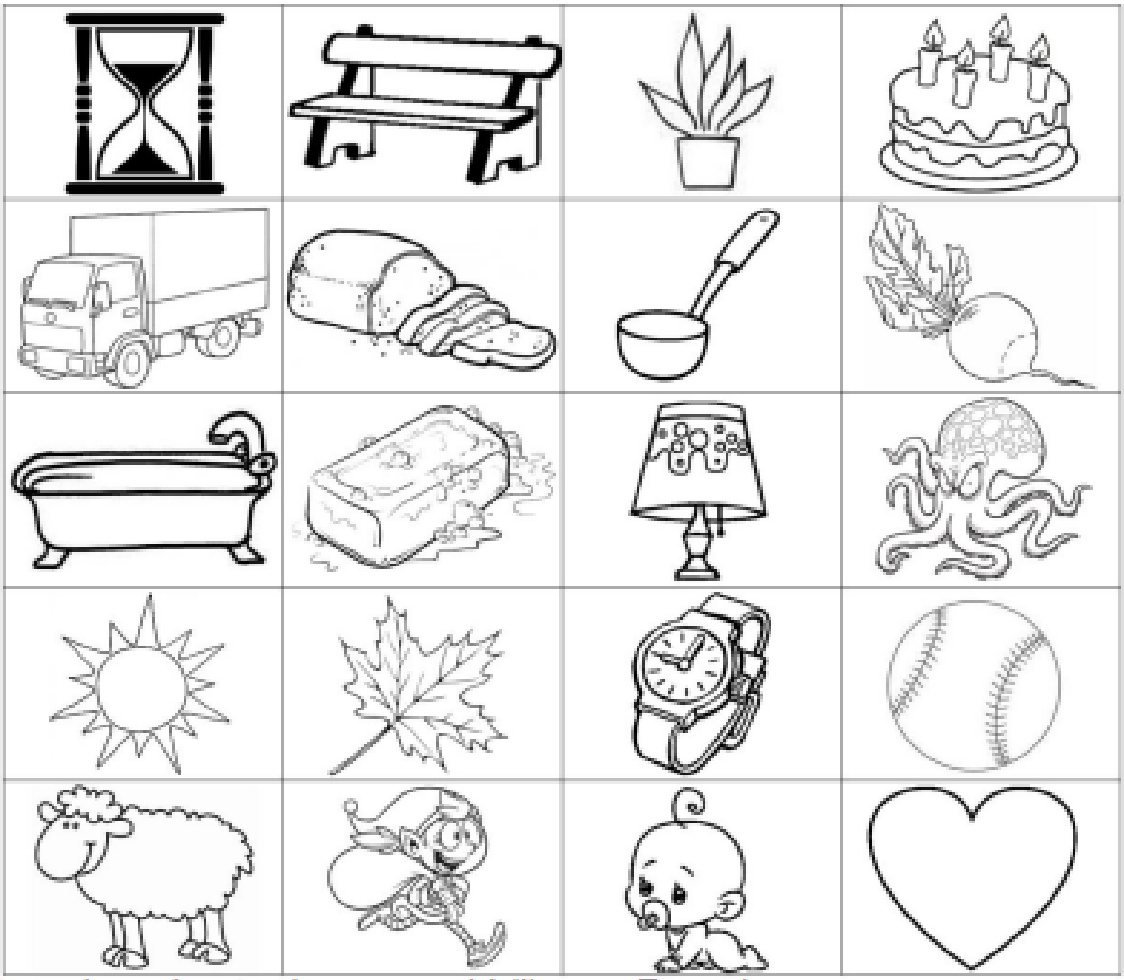
Prénom ....

P3-P4

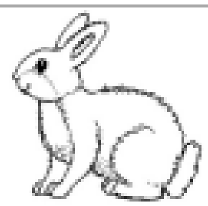
Code (à remplir par le chercheur) ....

LECTURE TECHNIQUE

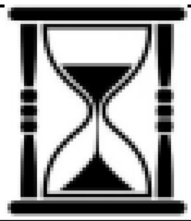
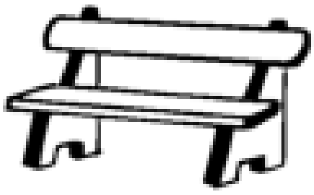
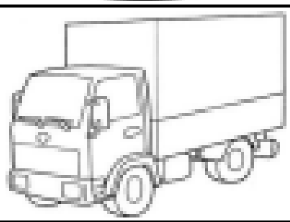
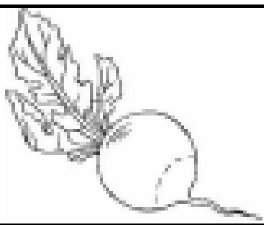
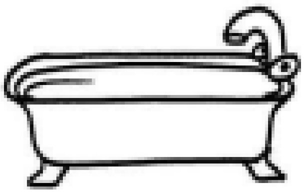
Tu ne peux retourner la page du carnet et commencer à travailler seul que quand ton enseignant donnera le signal. Tu as 1 minute pour trouver un maximum de mots. [1]

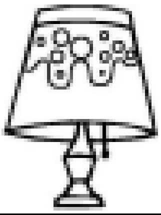
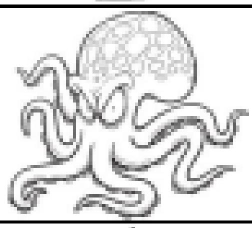
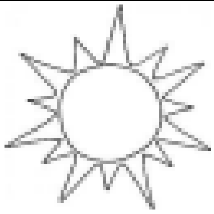
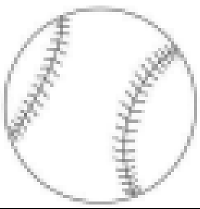
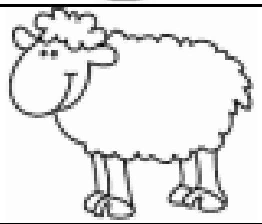
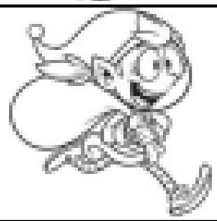


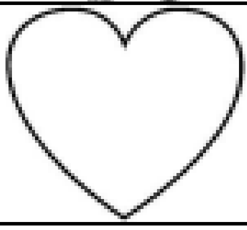
Entoure le seul mot qui correspond à l'image. Exemple :

	sapin – matin – lapin – patin – latin

[1] Cette épreuve est largement inspirée de l'évaluation externe non certificative de la FWB de 2021.

	sable – tablier – sablier – table – mobilier
	banc – dent – dans – lent – temps
	planche – plante – planter – plainte – plancher
	gâteau – bateau – cadeau – radeau – gâteux
	carton – gabion – camion – calmons – cartable
	bain – lin – rien – pain – daim
	douche – bouche – mouche – lourde – louche
	tapis – radis – radin – paradis – paris
	baignoire – peignoir – mangeoire – rasoir – miroir

	siphon – sapin – savon – salon – sirop
	rampe – pompe – lente – lampe – tempe
	pieuvre – pierre – preuve – lièvre – lèvre
	sommeil – sole – soleil – sorcière – miel
	fille – deuil – moelleux – feuille – écureuil
	tondre – montre – montrer – ronde – monter
	dalle – malle – balle – calle – râle
	crouton – lutin – bouton – mouton – chardon
	butin – lutin – moulin – lute – ruban

	pépé – mémé – bobo – été – bébé
	fleur – peur – corps – cœur – leur

Annexe 4 : test de compréhension à la lecture

Nom .... Date ....

Prénom ....

P3-P4

Code (à remplir par le chercheur) ....

LECTURE COMPRÉHENSION

Lis le texte « Sylvestre et l'oiseau » puis réponds aux questions. [1]

1. **Quel est le but de ce texte ?** Coche la réponse.

☐ Donner des informations sur les dragons.
☐ Raconter une histoire.
☐ Parler de la protection des oiseaux.
☐ Donner envie d'aller sur la lune.

2. **Ce récit est :** coche la réponse.

☐ réel.
☐ Imaginaire.

3. **Au début du texte, pourquoi Sylvestre est-il triste ?** Ecris la réponse.

....

....

4. **Pourquoi l'oiseau se met-il à tomber ?** Coche les deux réponses.

☐ Il a chaud.
☐ Il a froid.
☐ Il est épuisé.
☐ Il a faim.

[1] Cette épreuve est largement inspirée de l'évaluation externe non certificative de la FWB de 2016.

5. Numérote les phrases dans l'ordre du récit. Pour t'aider, deux phrases sont déjà numérotées.

1 ~~2~~ 3 ~~4~~ 5

4	Sylvestre sauve l'oiseau.
	Sylvestre s'envole vers la lune avec l'oiseau.
	Sylvestre se rend compte que l'oiseau est vraiment son meilleur ami.
2	Sylvestre rencontre l'oiseau.
	Sylvestre vit seul dans une maison couverte de feuillage.

6. Pour chaque phrase, trace une croix dans la case qui convient.

	D'après le texte, c'est...		Le texte ne le dit pas
	vrai	faux	
Sylvestre se sentait seul car l'oiseau parlait avec d'autres oiseaux.			
L'oiseau a un plumage bleu.			
Sylvestre est un oiseau.			
L'oiseau s'appelle Piou-Piou.			

Sylvestre et l'oiseau

Loin, très loin d'ici, tout en haut d'une haute montagne vivait un petit dragon qui brillait de tous ses feux. Il s'appelait Sylvestre.

Sylvestre aimait beaucoup sa maison couverte de feuillage, mais quelquefois, il était triste. Il avait cherché partout dans le vaste monde mais jamais il n'avait trouvé aucun dragon, et il se sentait bien seul.

Un jour, en tournant machinalement la tête, il vit juste au-dessous de lui un petit oiseau tout aussi surpris qu'il l'était.

L'oiseau était en train de bâtir un nid et Sylvestre pensa qu'il pourrait peut-être l'aider. C'est ainsi qu'ils devinrent amis.

C'était tellement bien d'être ensemble !

L'oiseau et Sylvestre étaient tout le temps ensemble, comme tous les vrais amis aiment l'être.

Cependant, lorsque l'oiseau se mit à gazouiller et à parler avec les autres oiseaux, Sylvestre se sentit bien seul. Évidemment, l'oiseau était avec ses semblables et Sylvestre était vraiment différent. Mais lui n'avait aucun dragon autour de lui.

Sylvestre s'éloigna tout en regardant là-haut vers le ciel étoilé. Qui sait ? D'autres dragons vivaient peut-être sur la lune. Il pourrait peut-être y aller voir, mais à la seule pensée de laisser l'oiseau, il se sentit plus triste que jamais.

L'oiseau voyait bien que Sylvestre n'était pas heureux. Il eut alors une idée ! Et s'ils grimpaient ensemble vers la lune ?

Les voilà partis, grimpant à toute allure vers les cieux d'un bleu limpide.

Mais alors que Sylvestre et l'oiseau s'élevaient de plus en plus dans le ciel, ce dernier sentit le froid et l'épuisement.

Soudain,

il commença à tomber,

tomber,

de plus en plus vite,

traversant les nuages.

Sylvestre poussa un grand cri et vira aussitôt de bord pour essayer d'attraper son tout petit ami et le ramener en sécurité vers la maison.

C'est ainsi que Sylvestre réalisa qu'il n'avait pas besoin d'autres dragons pour se sentir heureux. Ce petit oiseau adorable était vraiment son meilleur ami au monde.

Catherine Rayner, *Sylvestre et l'oiseau*, traduction de Julie Duteil, Minedition, Paris 2011

Annexe 5 : test de résolution de calculs

Nom ……………………………..   Date ……………………

Prénom …………………………

P3-P4

Code (à remplir par le chercheur) ……………………………..

OPERATIONS MATHÉMATIQUES

Écris la réponse à ces calculs. Tu as 15 minutes.

1) 12 + 4 = ……..

2) 35 + 2 = ……..

3) 17 + 4 = ……..

4) 63 + 8 = ……..

5) 45 + 22 = …….

6) 53 + 21 = ……..

7) 26 + 48 = ……..

8) 56 + 35 = ……..

9) 16 – 5 = ………

10) 78 – 6 = ………

11) 13 – 5 = ………

12) 46 – 9 = ………

13) 47 – 23 = ………

14) 63 – 51 = ………

15) 45 – 27 = ………

16) 33 – 15 = ………

Annexe 6 : tests de résolution de problèmes

Nom ………………………………..   Date ……………………..

Prénom …………………………..

P3-P4

Code (à remplir par le chercheur) ……………………………….

PROBLÈMES MATHÉMATIQUES (1)

Problème 1

Lors d'une fête de famille, trois cousins comparent leurs collections de voitures. Nicolas a 7 voitures de plus que Lucas. En ce qui concerne Yanis, son cousin Nicolas en a 5 de plus que lui. Lucas, lui, en a 23. Il est content car son petit frère n'en a que 19. Combien de voitures ont Nicolas et Yanis ?

<table>
<tr><td colspan="2">Zone de recherche

</td></tr>
<tr><td>Calcul(s) :
……………………………………………………………
……………………………………………………………
……………………………………………………………</td><td>Réponse :
Nicolas a ……………………
Yanis a ………………………</td></tr>
</table>

Problème 2

Lucie a un sachet avec 15 billes. À la récréation, elle décide de jouer quelques parties avec Mélissa. À la première partie, Lucie gagne 5 billes. À la seconde partie, Mélissa gagne 8 billes. À la dernière partie, Lucie en perd 4. Combien de billes Lucie a-t-elle à la fin de la récréation ?

<table>
<tr><td colspan="2">Zone de recherche

</td></tr>
<tr><td>Calcul(s) :

....

....

....</td><td>Réponse :

................................</td></tr>
</table>

Problème 3

Julien a 30 petites voitures. Son cousin François en a 17 : 11 vertes et 6 rouges. Combien de voitures Julien a-t-il en plus que son cousin ?

<table>
<tr><td colspan="2">Zone de recherche

</td></tr>
<tr><td>Calcul(s) :

....

....

....</td><td>Réponse :

................................</td></tr>
</table>

Nom ………………………………..   Date …………………….

Prénom ………………………….

P3-P4

Code (à remplir par le chercheur) ……………………………..

PROBLÈMES MATHÉMATIQUES (2)

<u>Problème 1</u>

Dans la classe, trois copines comparent leurs collections de cartes. Lucie a 9 cartes de plus que Soline. En ce qui concerne Marie, son amie Lucie en a 5 de plus qu'elle. Soline, elle, en a 34. Combien de cartes ont Lucie et Marie ?

<table>
<tr><td colspan="2">Zone de recherche

</td></tr>
<tr><td>Calcul(s) :

………………………………………………………

………………………………………………………

………………………………………………………</td><td>Réponse :

Lucie a ……………………

Marie a ……………………</td></tr>
</table>

Problème 2

Zoé a un sachet avec 15 billes. À la récréation, elle décide de jouer quelques parties avec Julie. À la première partie, Zoé gagne 5 billes. À la seconde partie, Julie gagne 8 billes. À la dernière partie, Zoé en perd 4. Leur ami Luc vient leur montrer ses 32 billes. Combien de billes Zoé a-t-elle à la fin de la récréation ?

Zone de recherche	
Calcul(s) : …………………………………………………………… …………………………………………………………… ……………………………………………………………	Réponse : …………………………………

Problème 3

Timéo a 24 peluches. Sa sœur Juliette en a 16. Combien de peluches Timéo a-t-il en plus que sa sœur ?

Zone de recherche	
Calcul(s) : …………………………………………………………… …………………………………………………………… ……………………………………………………………	Réponse : …………………………………

Annexe 7 : alpha de Cronbach test de résolution de calculs

The SAS System

The CORR Procedure

16 Variables:	Calcul_1 Calcul_2 Calcul_3 Calcul_4 Calcul_5 Calcul_6 Calcul_7 Calcul_8 Calcul_9 Calcul_10 Calcul_11 Calcul_12 Calcul_13 Calcul_14 Calcul_15 Calcul_16

Simple Statistics							
Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum	Label
Calcul_1	126	0.96032	0.19599	121.00000	0	1.00000	Calcul 1
Calcul_2	126	0.96032	0.19599	121.00000	0	1.00000	Calcul 2
Calcul_3	126	0.96032	0.19599	121.00000	0	1.00000	Calcul 3
Calcul_4	126	0.94444	0.22998	119.00000	0	1.00000	Calcul 4
Calcul_5	126	0.90476	0.29472	114.00000	0	1.00000	Calcul 5
Calcul_6	126	0.92857	0.25857	117.00000	0	1.00000	Calcul 6
Calcul_7	126	0.84127	0.36688	106.00000	0	1.00000	Calcul 7
Calcul_8	126	0.83333	0.37417	105.00000	0	1.00000	Calcul 8
Calcul_9	126	0.93651	0.24482	118.00000	0	1.00000	Calcul 9
Calcul_10	126	0.93651	0.24482	118.00000	0	1.00000	Calcul 10
Calcul_11	126	0.96032	0.19599	121.00000	0	1.00000	Calcul 11
Calcul_12	126	0.75397	0.43242	95.00000	0	1.00000	Calcul 12
Calcul_13	126	0.84127	0.36688	106.00000	0	1.00000	Calcul 13
Calcul_14	126	0.86508	0.34300	109.00000	0	1.00000	Calcul 14
Calcul_15	126	0.51587	0.50174	65.00000	0	1.00000	Calcul 15
Calcul_16	126	0.65873	0.47603	83.00000	0	1.00000	Calcul 16

Cronbach Coefficient Alpha	
Variables	Alpha
Raw	0.780815
Standardized	0.782368

Cronbach Coefficient Alpha with Deleted Variable					
	Raw Variables		Standardized Variables		
Deleted Variable	Correlation with Total	Alpha	Correlation with Total	Alpha	Label
Calcul_1	0.135952	0.783053	0.150294	0.788312	Calcul 1
Calcul_2	0.254276	0.777633	0.268418	0.779474	Calcul 2
Calcul_3	0.409753	0.770357	0.452258	0.765180	Calcul 3
Calcul_4	0.346559	0.772450	0.400432	0.769277	Calcul 4
Calcul_5	0.362870	0.770520	0.371958	0.771506	Calcul 5
Calcul_6	0.280226	0.776063	0.289729	0.777851	Calcul 6
Calcul_7	0.465257	0.761646	0.459207	0.764626	Calcul 7
Calcul_8	0.398447	0.767790	0.386058	0.770404	Calcul 8
Calcul_9	0.105195	0.786055	0.131735	0.789676	Calcul 9
Calcul_10	0.466830	0.764998	0.449096	0.765431	Calcul 10
Calcul_11	0.444833	0.768691	0.434527	0.766588	Calcul 11
Calcul_12	0.263660	0.783007	0.251370	0.780766	Calcul 12
Calcul_13	0.557959	0.753025	0.529741	0.758953	Calcul 13
Calcul_14	0.472162	0.761352	0.453334	0.765094	Calcul 14
Calcul_15	0.549987	0.753124	0.511235	0.760451	Calcul 15
Calcul_16	0.541479	0.753717	0.510105	0.760542	Calcul 16

Pearson Correlation Coefficients, N = 126
Prob > |r| under H0: Rho=0

	Calcul_1	Calcul_2	Calcul_3	Calcul_4	Calcul_5	Calcul_6	Calcul_7	Calcul_8	Calcul_9	Calcul_10	Calcul_11	Calcul_12	Calcul_13	Calcul_14	Calcul_15	Calcul_16
Calcul_1	1.00000	0.16694	0.16694	0.30567	0.21105	0.10148	0.02296	0.12727	-0.05293	-0.05293	-0.04132	-0.11612	0.13421	-0.08028	0.12849	0.11093
Calcul 1		0.0617	0.0617	0.0005	0.0177	0.2582	0.7986	0.1556	0.5561	0.5561	0.6459	0.1954	0.1340	0.3715	0.1516	0.2162
Calcul_2	0.16694	1.00000	0.37521	0.30567	0.21105	0.25935	0.13421	0.01818	-0.05293	-0.05293	-0.04132	-0.11612	0.13421	0.15773	0.20984	0.28242
Calcul 2	0.0617		<.0001	0.0005	0.0177	0.0034	0.1340	0.8399	0.5561	0.5561	0.6459	0.1954	0.1340	0.0778	0.0184	0.0014
Calcul_3	0.16694	0.37521	1.00000	0.66065	0.21105	0.10148	0.35673	0.12727	0.11380	0.11380	0.16694	0.07267	0.24547	0.15773	0.20984	0.19667
Calcul 3	0.0617	<.0001		<.0001	0.0177	0.2582	<.0001	0.1556	0.2045	0.2045	0.0617	0.4187	0.0056	0.0778	0.0184	0.0273
Calcul_4	0.30567	0.30567	0.66065	1.00000	0.15738	0.06727	0.17910	0.07748	0.07894	0.22103	0.12819	0.10279	0.08428	0.10705	0.18103	0.26389
Calcul 4	0.0005	0.0005	<.0001		0.0784	0.4542	0.0448	0.3885	0.3796	0.0129	0.1526	0.2521	0.3481	0.2328	0.0425	0.0028
Calcul_5	0.21105	0.21105	0.21105	0.15738	1.00000	0.22496	0.08103	0.14510	0.02640	0.13728	0.21105	0.12854	0.22901	0.18843	0.28081	0.27969
Calcul 5	0.0177	0.0177	0.0177	0.0784		0.0113	0.3670	0.1050	0.7692	0.1253	0.0177	0.1515	0.0099	0.0346	0.0014	0.0015
Calcul_6	0.10148	0.25935	0.10148	0.06727	0.22496	1.00000	0.21685	0.20672	0.05416	0.18054	0.10148	0.19932	0.13252	0.07087	0.10131	0.12535
Calcul 6	0.2582	0.0034	0.2582	0.4542	0.0113		0.0147	0.0202	0.5469	0.0431	0.2582	0.0252	0.1391	0.4303	0.2590	0.1620
Calcul_7	0.02296	0.13421	0.35673	0.17910	0.08103	0.21685	1.00000	0.38851	0.15410	0.24317	0.24547	0.20571	0.34623	0.14632	0.27455	0.32865
Calcul 7	0.7986	0.1340	<.0001	0.0448	0.3670	0.0147		<.0001	0.0849	0.0061	0.0056	0.0208	<.0001	0.1021	0.0019	0.0002
Calcul_8	0.12727	0.01818	0.12727	0.07748	0.14510	0.20672	0.38851	1.00000	0.14556	0.23289	0.23636	0.09065	0.27196	0.19739	0.24858	0.30692
Calcul 8	0.1556	0.8399	0.1556	0.3885	0.1050	0.0202	<.0001		0.1039	0.0087	0.0077	0.3127	0.0021	0.0267	0.0050	0.0005
Calcul_9	-0.05293	-0.05293	0.11380	0.07894	0.02640	0.05416	0.15410	0.14556	1.00000	0.19915	0.28053	0.00240	0.06503	0.08771	-0.05686	-0.05012
Calcul 9	0.5561	0.5561	0.2045	0.3796	0.7692	0.5469	0.0849	0.1039		0.0254	0.0015	0.9787	0.4694	0.3288	0.5271	0.5773
Calcul_10	-0.05293	-0.05293	0.11380	0.22103	0.13728	0.18054	0.24317	0.23289	0.19915	1.00000	0.44725	0.38024	0.24317	0.46878	0.26878	0.22446
Calcul 10	0.5561	0.5561	0.2045	0.0129	0.1253	0.0431	0.0061	0.0087	0.0254		<.0001	<.0001	0.0061	<.0001	0.0023	0.0115
Calcul_11	-0.04132	-0.04132	0.16694	0.12819	0.21105	0.10148	0.24547	0.23636	0.28053	0.44725	1.00000	0.26146	0.35673	0.39573	0.20984	0.19667
Calcul 11	0.6459	0.6459	0.0617	0.1526	0.0177	0.2582	0.0056	0.0077	0.0015	<.0001		0.0031	<.0001	<.0001	0.0184	0.0273
Calcul_12	-0.11612	-0.11612	0.07267	0.10279	0.12854	0.19932	0.20571	0.09065	0.00240	0.38024	0.26146	1.00000	0.20571	0.09803	0.22094	0.13294
Calcul 12	0.1954	0.1954	0.4187	0.2521	0.1515	0.0252	0.0208	0.3127	0.9787	<.0001	0.0031		0.0208	0.2748	0.0129	0.1378
Calcul_13	0.13421	0.13421	0.24547	0.08428	0.22901	0.13252	0.34623	0.27196	0.06503	0.24317	0.35673	0.20571	1.00000	0.52775	0.44839	0.37445
Calcul 13	0.1340	0.1340	0.0056	0.3481	0.0099	0.1391	<.0001	0.0021	0.4694	0.0061	<.0001	0.0208		<.0001	<.0001	<.0001
Calcul_14	-0.08028	0.15773	0.15773	0.10705	0.18843	0.07087	0.14632	0.19739	0.08771	0.46878	0.39573	0.09803	0.52775	1.00000	0.40766	0.35269
Calcul 14	0.3715	0.0778	0.0778	0.2328	0.0346	0.4303	0.1021	0.0267	0.3288	<.0001	<.0001	0.2748	<.0001		<.0001	<.0001
Calcul_15	0.12849	0.20984	0.20984	0.18103	0.28081	0.10131	0.27455	0.24858	-0.05686	0.26878	0.20984	0.22094	0.44839	0.40766	1.00000	0.54203
Calcul 15	0.1516	0.0184	0.0184	0.0425	0.0014	0.2590	0.0019	0.0050	0.5271	0.0023	0.0184	0.0129	<.0001	<.0001		<.0001
Calcul_16	0.11093	0.28242	0.19667	0.26389	0.27969	0.12535	0.32865	0.30692	-0.05012	0.22446	0.19667	0.13294	0.37445	0.35269	0.54203	1.00000
Calcul 16	0.2162	0.0014	0.0273	0.0028	0.0015	0.1620	0.0002	0.0005	0.5773	0.0115	0.0273	0.1378	<.0001	<.0001	<.0001	

Annexe 8 : Alpha de Cronbach test de lecture compréhension

The SAS System

The CORR Procedure

9 Variables:	Lecture_C_1 Lecture_C_2 Lecture_C_3 Lecture_C_4 Lecture_C_5 Lecture_C_6 Lecture_C_7 Lecture_C_8 Lecture_C_9

Simple Statistics							
Variable	**N**	**Mean**	**Std Dev**	**Sum**	**Minimum**	**Maximum**	**Label**
Lecture_C_1	117	0.67521	0.47031	79.00000	0	1.00000	Lecture C 1
Lecture_C_2	117	0.99145	0.09245	116.00000	0	1.00000	Lecture C 2
Lecture_C_3	117	0.88034	0.32596	103.00000	0	1.00000	Lecture C 3
Lecture_C_4	117	0.85470	0.23726	100.00000	0	1.00000	Lecture C 4
Lecture_C_5	117	0.63675	0.47626	74.50000	0	1.00000	Lecture C 5
Lecture_C_6	117	0.77778	0.41753	91.00000	0	1.00000	Lecture C 6
Lecture_C_7	117	0.91453	0.28078	107.00000	0	1.00000	Lecture C 7
Lecture_C_8	117	0.85470	0.35392	100.00000	0	1.00000	Lecture C 8
Lecture_C_9	117	0.87179	0.33576	102.00000	0	1.00000	Lecture C 9

Cronbach Coefficient Alpha	
Variables	**Alpha**
Raw	0.593854
Standardized	0.612023

Cronbach Coefficient Alpha with Deleted Variable					
	Raw Variables		**Standardized Variables**		
Deleted Variable	**Correlation with Total**	**Alpha**	**Correlation with Total**	**Alpha**	**Label**
Lecture_C_1	0.331348	0.552621	0.370915	0.563827	Lecture C 1
Lecture_C_2	0.120628	0.597593	0.138295	0.622729	Lecture C 2
Lecture_C_3	0.273012	0.567417	0.306256	0.580818	Lecture C 3
Lecture_C_4	0.368215	0.553963	0.361845	0.566240	Lecture C 4
Lecture_C_5	0.214732	0.596164	0.218777	0.603041	Lecture C 5
Lecture_C_6	0.291200	0.563677	0.280826	0.587368	Lecture C 6
Lecture_C_7	0.404628	0.539922	0.364097	0.565641	Lecture C 7
Lecture_C_8	0.340542	0.548672	0.296872	0.583244	Lecture C 8
Lecture_C_9	0.298748	0.560656	0.328794	0.574951	Lecture C 9

Pearson Correlation Coefficients, N = 117 Prob > |r| under H0: Rho=0	Lecture_C_1	Lecture_C_2	Lecture_C_3	Lecture_C_4	Lecture_C_5	Lecture_C_6	Lecture_C_7	Lecture_C_8	Lecture_C_9
Lecture_C_1 Lecture C 1	1.00000	0.13387 0.1502	0.19418 0.0359	0.30737 0.0007	0.02681 0.7742	0.11219 0.2285	0.24494 0.0078	0.28375 0.0019	0.17078 0.0656
Lecture_C_2 Lecture C 2	0.13387 0.1502	1.00000	0.25184 0.0062	0.13940 0.1339	-0.07112 0.4461	-0.04963 0.5952	-0.02838 0.7613	-0.03828 0.6820	0.24212 0.0085
Lecture_C_3 Lecture C 3	0.19418 0.0359	0.25184 0.0062	1.00000	0.16339 0.0784	0.16185 0.0813	-0.00704 0.9400	0.07568 0.4174	0.22163 0.0163	0.17370 0.0611
Lecture_C_4 Lecture C 4	0.30737 0.0007	0.13940 0.1339	0.16339 0.0784	1.00000	0.27272 0.0029	0.14987 0.1068	0.26489 0.0039	0.05440 0.5602	0.08879 0.3411
Lecture_C_5 Lecture C 5	0.02681 0.7742	-0.07112 0.4461	0.16185 0.0813	0.27272 0.0029	1.00000	0.11079 0.2344	0.24932 0.0067	0.09333 0.3169	0.05667 0.5439
Lecture_C_6 Lecture C 6	0.11219 0.2285	-0.04963 0.5952	-0.00704 0.9400	0.14987 0.1068	0.11079 0.2344	1.00000	0.35133 0.0001	0.24632 0.0074	0.22548 0.0145
Lecture_C_7 Lecture C 7	0.24494 0.0078	-0.02838 0.7613	0.07568 0.4174	0.26489 0.0039	0.24932 0.0067	0.35133 0.0001	1.00000	0.13420 0.1491	0.15709 0.0907
Lecture_C_8 Lecture C 8	0.28375 0.0019	-0.03828 0.6820	0.22163 0.0163	0.05440 0.5602	0.09333 0.3169	0.24632 0.0074	0.13420 0.1491	1.00000	0.20462 0.0269
Lecture_C_9 Lecture C 9	0.17078 0.0656	0.24212 0.0085	0.17370 0.0611	0.08879 0.3411	0.05667 0.5439	0.22548 0.0145	0.15709 0.0907	0.20462 0.0269	1.00000

Annexe 9 : alpha de Cronbach test de résolution de problèmes contenants des informations inutiles

The SAS System

The CORR Procedure

3 Variables:	PDI1 PDI2 PDI3

Simple Statistics							
Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum	Label
PDI1	100	0.89500	0.77621	89.50000	0	2.00000	PDI1
PDI2	100	0.80000	0.95346	80.00000	0	2.00000	PDI2
PDI3	100	1.20000	0.87328	120.00000	0	2.00000	PDI3

Cronbach Coefficient Alpha	
Variables	Alpha
Raw	0.522932
Standardized	0.531994

Cronbach Coefficient Alpha with Deleted Variable					
	Raw Variables		Standardized Variables		
Deleted Variable	Correlation with Total	Alpha	Correlation with Total	Alpha	Label
PDI1	0.363550	0.389294	0.369016	0.390504	PDI1
PDI2	0.265273	0.553392	0.263848	0.556169	PDI2
PDI3	0.395012	0.322784	0.405848	0.328510	PDI3

Pearson Correlation Coefficients, N = 100 Prob > |r| under H0: Rho=0			
	PDI1	PDI2	PDI3
PDI1 PDI1	1.00000	0.19654 0.0500	0.38520 <.0001
PDI2 PDI2	0.19654 0.0500	1.00000	0.24262 0.0150
PDI3 PDI3	0.38520 <.0001	0.24262 0.0150	1.00000

Annexe 10 : alpha de Cronbach test de résolution de problèmes ne contenants pas d'informations inutiles

The SAS System

The CORR Procedure

3 Variables:	P1 P2 P3

Simple Statistics							
Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum	Label
P1	100	0.94500	0.83453	94.50000	0	2.00000	P1
P2	100	0.62000	0.89646	62.00000	0	2.00000	P2
P3	100	1.58000	0.72725	158.00000	0	2.00000	P3

Cronbach Coefficient Alpha	
Variables	Alpha
Raw	0.450709
Standardized	0.458497

Cronbach Coefficient Alpha with Deleted Variable					
	Raw Variables		Standardized Variables		
Deleted Variable	Correlation with Total	Alpha	Correlation with Total	Alpha	Label
P1	0.347470	0.217297	0.357249	0.221540	P1
P2	0.207398	0.490144	0.204126	0.493644	P2
P3	0.286172	0.343729	0.290967	0.344458	P3

Pearson Correlation Coefficients, N = 100 Prob > |r| under H0: Rho=0			
	P1	P2	P3
P1 P1	1.00000	0.20806 0.0378	0.32771 0.0009
P2 P2	0.20806 0.0378	1.00000	0.12457 0.2169
P3 P3	0.32771 0.0009	0.12457 0.2169	1.00000

Annexe 11 : alpha de Cronbach tests de problèmes mélangés

The SAS System

The CORR Procedure

6 Variables:	PDI1 PDI2 PDI3 P1 P2 P3

Simple Statistics							
Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum	Label
PDI1	91	0.96703	0.77029	88.00000	0	2.00000	PDI1
PDI2	91	0.80220	0.95708	73.00000	0	2.00000	PDI2
PDI3	91	1.24176	0.88306	113.00000	0	2.00000	PDI3
P1	91	0.96703	0.84262	88.00000	0	2.00000	P1
P2	91	0.61538	0.89156	56.00000	0	2.00000	P2
P3	91	1.57143	0.73247	143.00000	0	2.00000	P3

Cronbach Coefficient Alpha	
Variables	Alpha
Raw	0.732550
Standardized	0.737788

Cronbach Coefficient Alpha with Deleted Variable					
	Raw Variables		Standardized Variables		
Deleted Variable	Correlation with Total	Alpha	Correlation with Total	Alpha	Label
PDI1	0.545669	0.675198	0.549796	0.678715	PDI1
PDI2	0.376393	0.725965	0.368153	0.730209	PDI2
PDI3	0.532914	0.675209	0.546108	0.679806	PDI3
P1	0.587430	0.659647	0.607416	0.661409	P1
P2	0.385089	0.720025	0.370028	0.729701	P2
P3	0.409831	0.711047	0.411966	0.718205	P3

Pearson Correlation Coefficients, N = 91 Prob > |r| under H0: Rho=0						
	PDI1	PDI2	PDI3	P1	P2	P3
PDI1 PDI1	1.00000	0.21713 0.0387	0.36713 0.0003	0.69161 <.0001	0.27256 0.0090	0.27008 0.0096
PDI2 PDI2	0.21713 0.0387	1.00000	0.25441 0.0150	0.14338 0.1751	0.48280 <.0001	0.17888 0.0898
PDI3 PDI3	0.36713 0.0003	0.25441 0.0150	1.00000	0.52227 <.0001	0.17587 0.0954	0.48835 <.0001
P1 P1	0.69161 <.0001	0.14338 0.1751	0.52227 <.0001	1.00000	0.24916 0.0172	0.37291 0.0003
P2 P2	0.27256 0.0090	0.48280 <.0001	0.17587 0.0954	0.24916 0.0172	1.00000	0.10209 0.3356
P3 P3	0.27008 0.0096	0.17888 0.0898	0.48835 <.0001	0.37291 0.0003	0.10209 0.3356	1.00000

Annexe 12 : corrélation entre le test de calculs et le test de problèmes

The SAS System

The CORR Procedure

1 With Variables:	Total_calculs
1 Variables:	Total_prob

Simple Statistics							
Variable	**N**	**Mean**	**Std Dev**	**Sum**	**Minimum**	**Maximum**	**Label**
Total_calculs	126	13.84127	2.45410	1744	4.00000	16.00000	Total calculs
Total_prob	124	5.32258	3.37205	660.00000	0	12.00000	

Pearson Correlation Coefficients Prob > |r| under H0: Rho=0 Number of Observations	
	Total_prob
Total_calculs Total calculs	0.43462 <.0001 124

Annexe 13 : corrélation entre le test de lecture technique et le test de résolution de calculs

The SAS System

The CORR Procedure

1 With Variables:	Total_calculs
1 Variables:	Lecture_technique

Simple Statistics							
Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum	Label
Total_calculs	126	13.84127	2.45410	1744	4.00000	16.00000	Total calculs
Lecture_technique	125	15.06400	4.96884	1883	0	20.00000	Lecture technique

Pearson Correlation Coefficients Prob > |r| under H0: Rho=0 Number of Observations	
	Lecture_technique
Total_calculs Total calculs	0.32867 0.0002 125

Annexe 14 : corrélation entre le test de lecture compréhension et le test de résolution de calculs

The SAS System

The CORR Procedure

1 With Variables:	Total_calculs
1 Variables:	Total_lecture_C

Simple Statistics							
Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum	Label
Total_calculs	126	13.84127	2.45410	1744	4.00000	16.00000	Total calculs
Total_lecture_C	121	7.32231	1.69049	886.00000	2.00000	9.00000	Total lecture C

Pearson Correlation Coefficients Prob > |r| under H0: Rho=0 Number of Observations	
	Total_lecture_C
Total_calculs Total calculs	0.41316 <.0001 121

Annexe 15 : corrélation entre le test de lecture technique et le test de lecture compréhension

The SAS System

The CORR Procedure

1 With Variables:	Total_lecture_C
1 Variables:	Lecture_technique

Simple Statistics							
Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum	Label
Total_lecture_C	121	7.32231	1.69049	886.00000	2.00000	9.00000	Total lecture C
Lecture_technique	125	15.06400	4.96884	1883	0	20.00000	Lecture technique

Pearson Correlation Coefficients Prob > |r| under H0: Rho=0 Number of Observations	
	Lecture_technique
Total_lecture_C Total lecture C	0.24142 0.0079 120

Annexe 16 : corrélation entre le test de lecture technique et le test de résolution de problèmes

The SAS System

The CORR Procedure

1 With Variables:	Lecture_technique
1 Variables:	Total_prob

Simple Statistics							
Variable	**N**	**Mean**	**Std Dev**	**Sum**	**Minimum**	**Maximum**	**Label**
Lecture_technique	125	15.06400	4.96884	1883	0	20.00000	Lecture technique
Total_prob	124	5.32258	3.37205	660.00000	0	12.00000	

Pearson Correlation Coefficients Prob > |r| under H0: Rho=0 Number of Observations	
	Total_prob
Lecture_technique Lecture technique	0.32131 0.0003 123

Annexe 17 : corrélation entre le test de lecture compréhension et le test de résolution de problèmes

The SAS System

The CORR Procedure

1 With Variables:	Total_lecture_C
1 Variables:	Total_prob

Simple Statistics							
Variable	**N**	**Mean**	**Std Dev**	**Sum**	**Minimum**	**Maximum**	**Label**
Total_lecture_C	121	7.32231	1.69049	886.00000	2.00000	9.00000	Total lecture C
Total_prob	124	5.32258	3.37205	660.00000	0	12.00000	

Pearson Correlation Coefficients Prob > |r| under H0: Rho=0 Number of Observations	
	Total_prob
Total_lecture_C Total lecture C	0.48580 <.0001 120

Annexe 18 : régression linéaire, l’effet de la lecture compréhension sur la résolution de problèmes

The SAS System

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: Total_prob

Number of Observations Read	127
Number of Observations Used	120
Number of Observations with Missing Values	7

Analysis of Variance

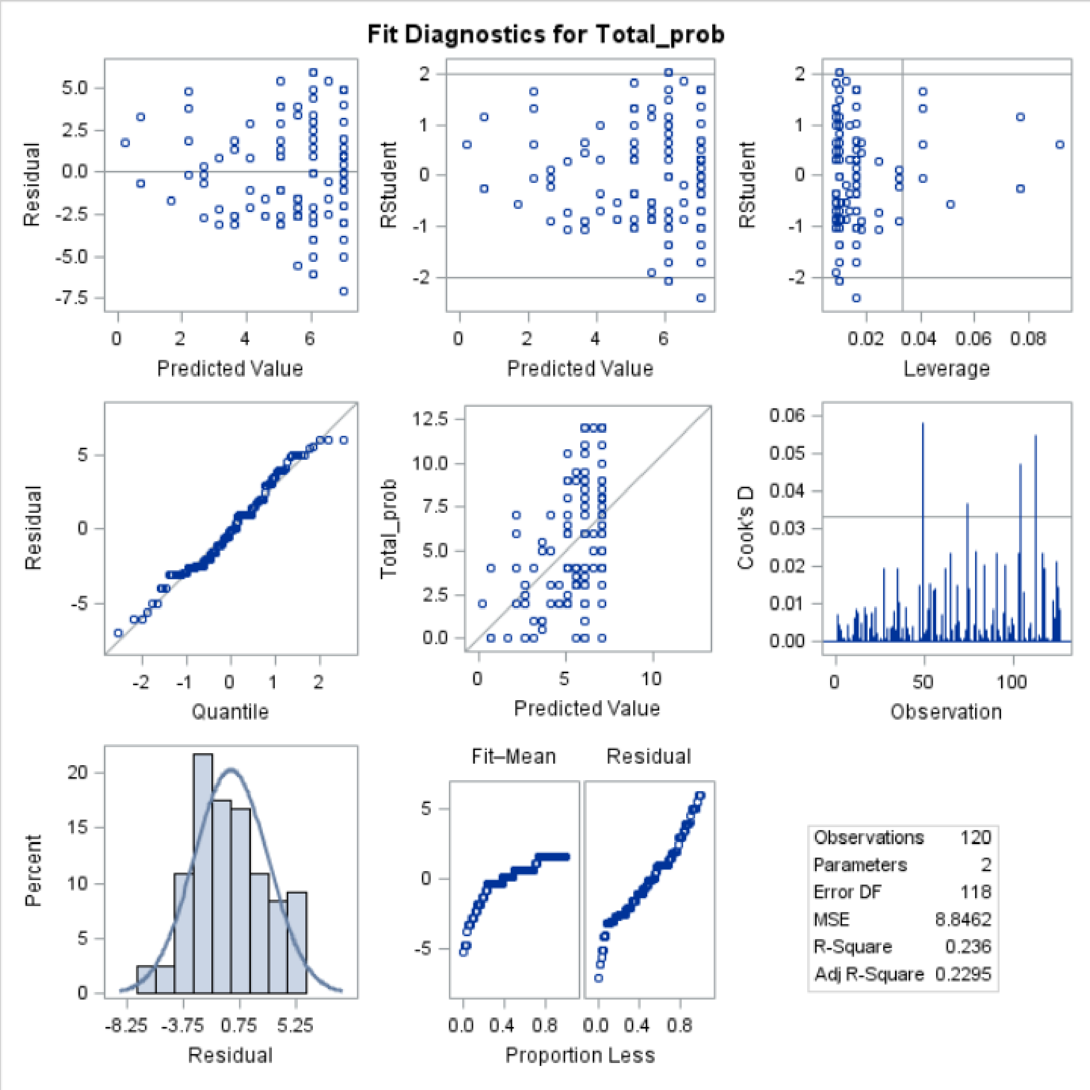
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	322.44708	322.44708	36.45	<.0001
Error	118	1043.85292	8.84621		
Corrected Total	119	1366.30000			

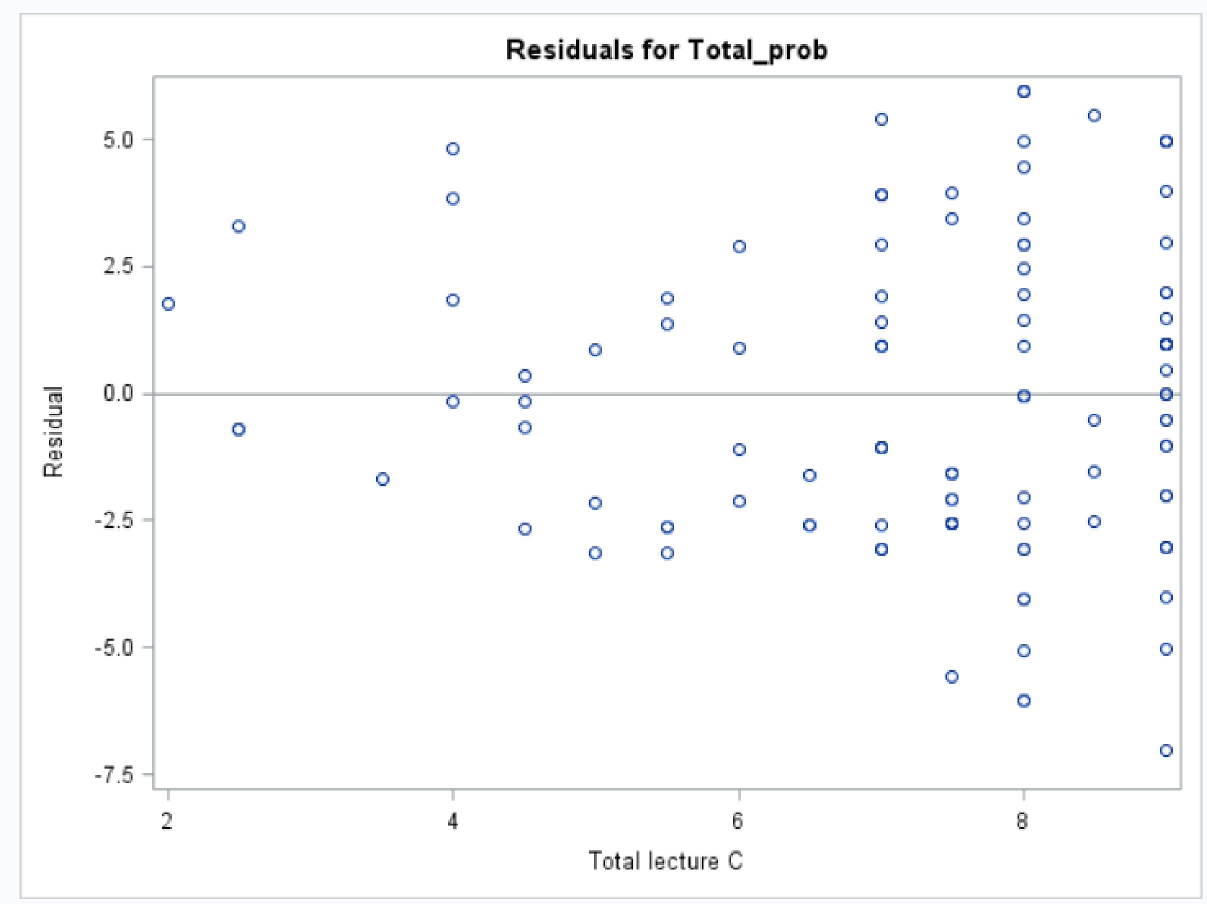
Root MSE	2.97426	R-Square	0.2360
Dependent Mean	5.40000	Adj R-Sq	0.2295
Coeff Var	55.07885		

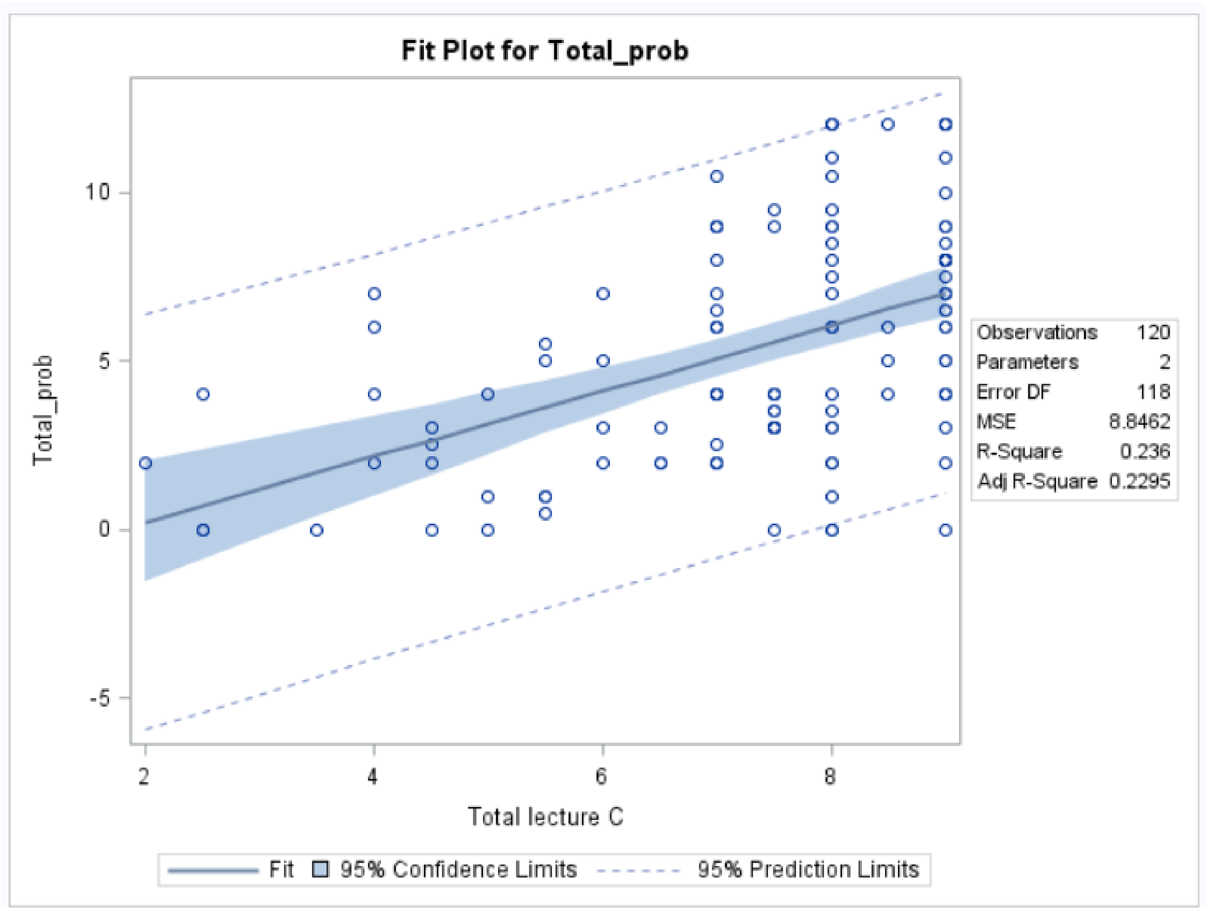
Parameter Estimates

Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > |t|
Intercept	Intercept	1	-1.71399	1.20920	-1.42	0.1590
Total_lecture_C	Total lecture C	1	0.97064	0.16077	6.04	<.0001

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: Total_prob




Residuals for Total_prob
Residual
5.0
2.5
0.0
-2.5
-5.0
-7.5
2
4
6
8
Total lecture C


Fit Plot for Total_prob
Total_prob
10
5
0
-5
2
4
6
8
Total lecture C
Observations 120
Parameters 2
Error DF 118
MSE 8.8462
R-Square 0.236
Adj R-Square 0.2295
Fit
95% Confidence Limits
95% Prediction Limits

Annexe 19 : régression linéaire, l'effet de la lecture compréhension et de la lecture technique sur la résolution de problèmes

The SAS System

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: Total_prob

Number of Observations Read	127
Number of Observations Used	119
Number of Observations with Missing Values	8

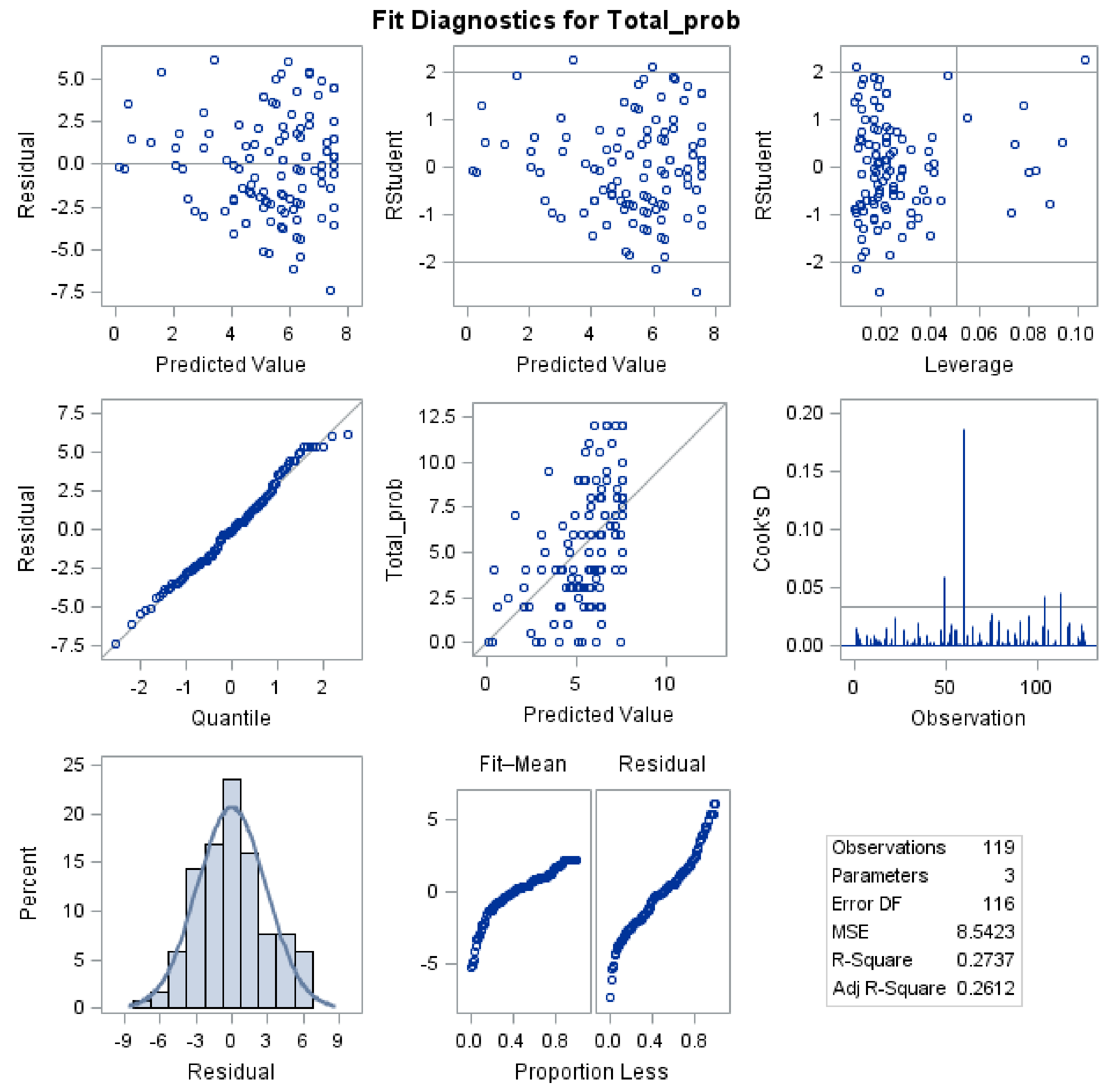
Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	373.41280	186.70640	21.86	<.0001
Error	116	990.91073	8.54233		
Corrected Total	118	1364.32353			

Root MSE	2.92273	R-Square	0.2737
Dependent Mean	5.41176	Adj R-Sq	0.2612
Coeff Var	54.00691		

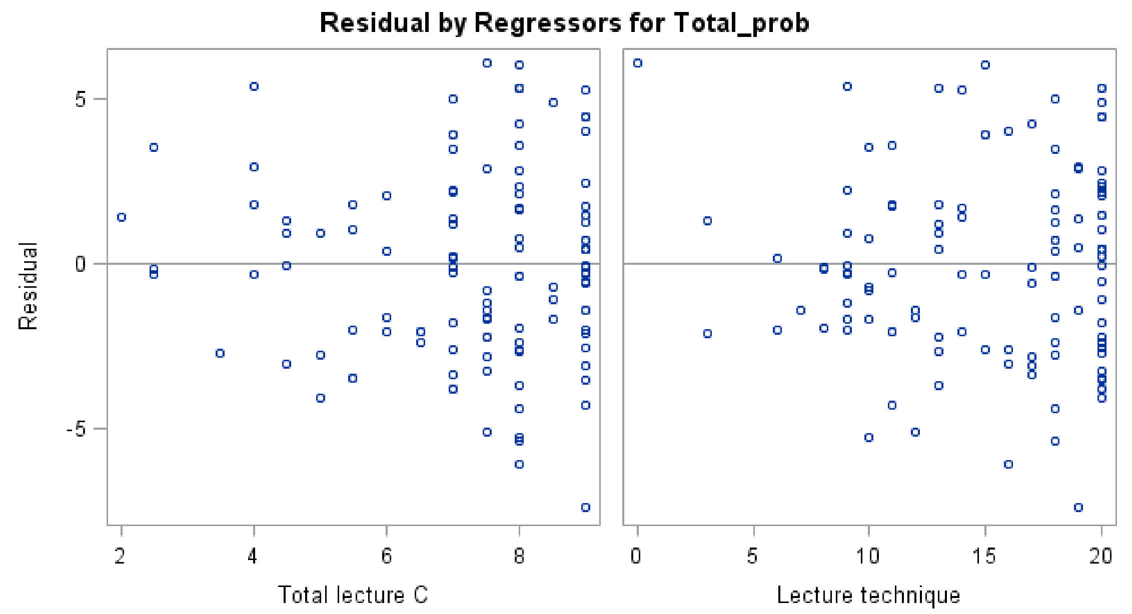
Parameter Estimates						
Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > |t|
Intercept	Intercept	1	-3.15705	1.32974	-2.37	0.0192
Total_lecture_C	Total lecture C	1	0.87369	0.16303	5.36	<.0001
Lecture_technique	Lecture technique	1	0.14151	0.05822	2.43	0.0166

The SAS System

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: Total_prob



Observations	119
Parameters	3
Error DF	116
MSE	8.5423
R-Square	0.2737
Adj R-Square	0.2612



Annexe 20 : régression linéaire, l'effet de la lecture compréhension, de la lecture technique et des calculs sur la performance en résolution de problèmes

The SAS System

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: Total_prob

Number of Observations Read	127
Number of Observations Used	119
Number of Observations with Missing Values	8

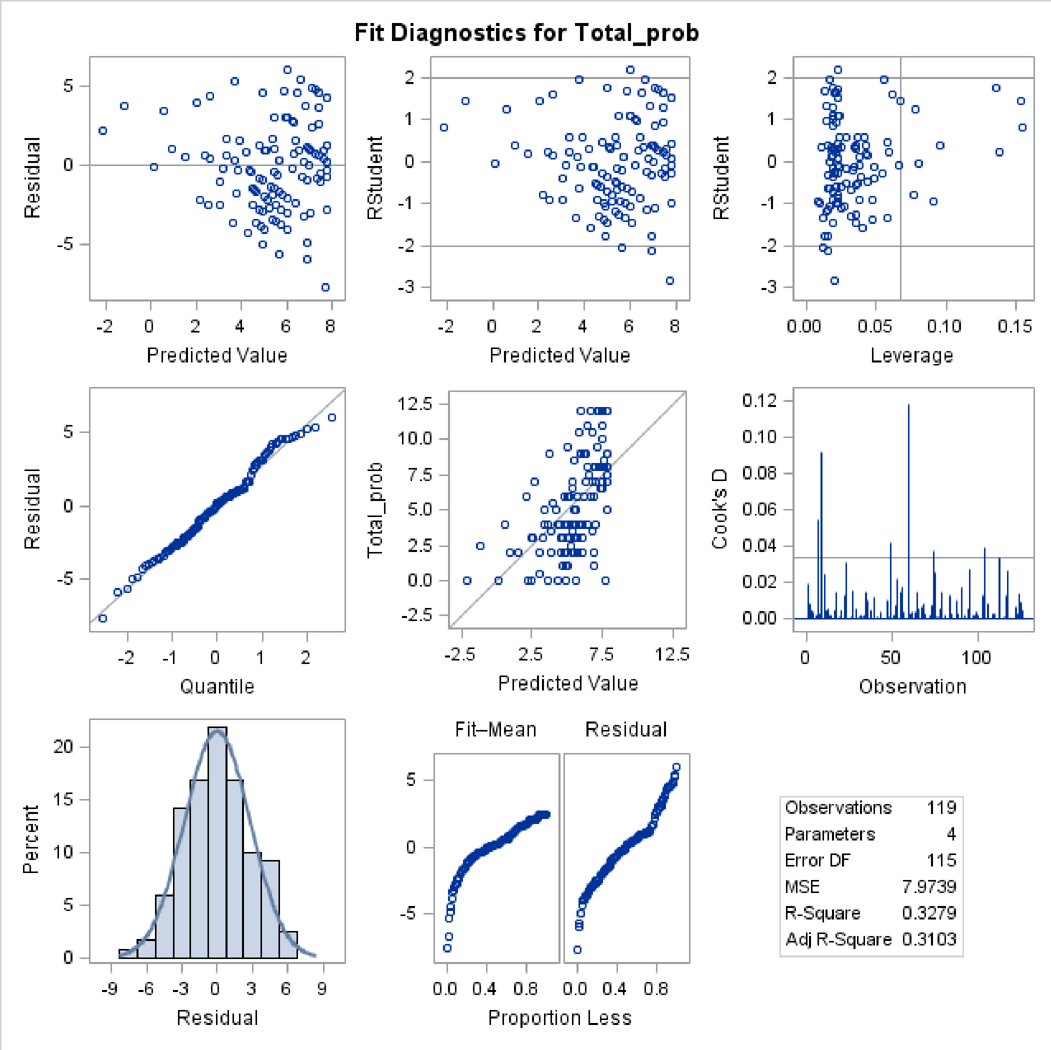
Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	447.32922	149.10974	18.70	<.0001
Error	115	916.99431	7.97386		
Corrected Total	118	1364.32353			

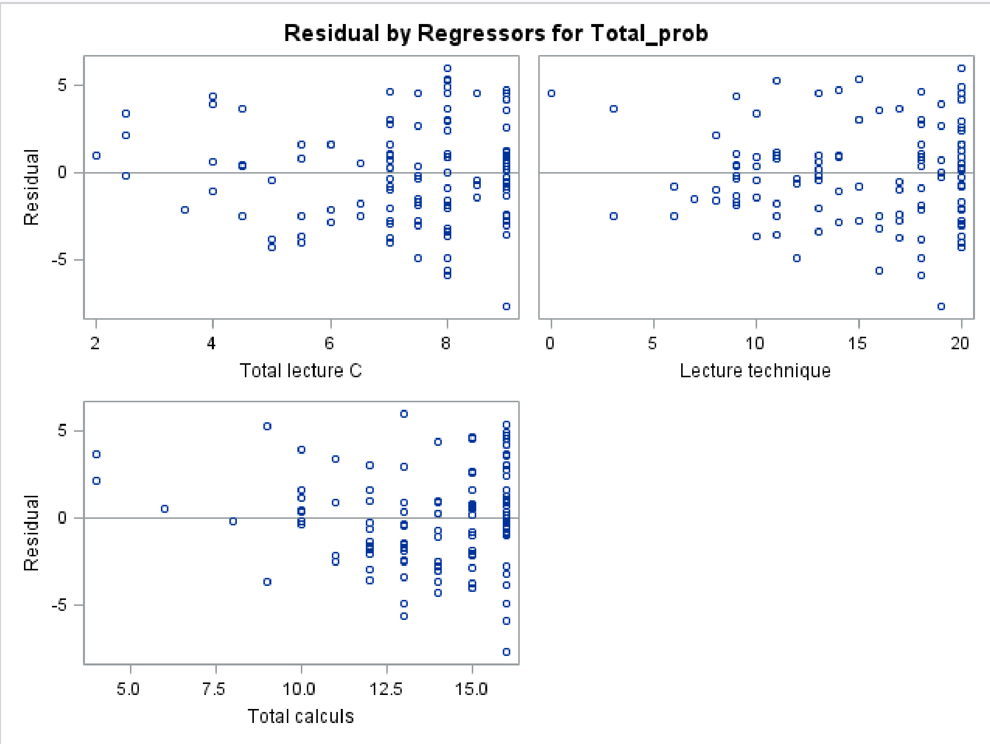
Root MSE	2.82380	R-Square	0.3279
Dependent Mean	5.41176	Adj R-Sq	0.3103
Coeff Var	52.17897		

Parameter Estimates						
Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > |t|
Intercept	Intercept	1	-6.03735	1.59546	-3.78	0.0002
Total_lecture_C	Total lecture C	1	0.68845	0.16885	4.08	<.0001
Lecture_technique	Lecture technique	1	0.08939	0.05880	1.52	0.1312
Total_calculs	Total calculs	1	0.36450	0.11972	3.04	0.0029

The SAS System

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: Total_prob





Annexe 21 : corrélations et intervalles de confiance en lecture

Matrice de corrélation

Matrice de corrélation

		Lecture_technique	Total_prob	Total_lect_comp
Lecture_technique	r de Pearson	—		
	ddl	—		
	valeur p	—		
	Borne sup de l'IC95%	—		
	Borne inf de l'IC95%	—		
Total_prob	r de Pearson	0.321	—	
	ddl	121	—	
	valeur p	< .001	—	
	Borne sup de l'IC95%	0.472	—	
	Borne inf de l'IC95%	0.153	—	
Total_lect_comp	r de Pearson	0.241	0.486	—
	ddl	118	118	—
	valeur p	0.008	< .001	—
	Borne sup de l'IC95%	0.403	0.612	—
	Borne inf de l'IC95%	0.065	0.336	—