HEPVS | PHVS

Haute école pédagogique du Valais
Pädagogische Hochschule Wallis

Formation professionnelle – Secondaire I

Mémoire professionnel – Volée 2015

Etude de paramètres linguistiques et structurels dans la résolution de problèmes relatifs au champ conceptuel multiplicatif par des élèves allophones

Réalisé par :

Célia Michellod

Chemin Proz chez Boz 8

CH – 1955 Grugnay (Chamoson)

Sous la direction de :

Ismaïl Mili

St-Maurice, le 23 mai 2018

Résumé

Partant d'un constat dans la pratique et s'inspirant de travaux sur l'intégration des élèves allophones en mathématiques réalisés dans d'autres pays, ce travail tente de mettre en évidence les difficultés potentielles que ces élèves peuvent rencontrer durant leur scolarité dans le canton du Valais.

Cette recherche débute avec un état des lieux de ce qui se fait actuellement pour les élèves allophones lors de leur arrivée dans le système scolaire valaisan. Elle se spécialise ensuite sur l'apprentissage des mathématiques, et plus précisément sur les élèves scolarisés en 9CO en Valais romand, première année du cycle 3.

Des problèmes de mathématiques issus du champ conceptuel multiplicatif ont été proposés à des élèves standards et à des élèves allophones de trois classes d'un cycle d'orientation valaisan. Leurs résultats ont été analysés afin de déterminer les similitudes et les différences observables entre ces deux groupes. Ensuite, une importance accrue a été mise sur les résultats des élèves allophones dans le but de déceler les origines des difficultés qu'ils rencontrent.

Enfin, ce travail relève quelques caractéristiques que les problèmes mathématiques issus du champ conceptuel multiplicatif devraient avoir afin d'aider au mieux les élèves allophones à connaître des situations de réussite malgré leurs difficultés liées à la langue d'enseignement.

Mots-clés

- Elève allophone
- Intégration
- Mathématiques
- Problèmes issus du champ conceptuel multiplicatif
- Difficultés

Table des matières

Liste des graphiques et des illustrations

1 Introduction

Ce travail prend ses sources dans des observations et constats que nous avons pu avoir dans notre pratique quotidienne d'enseignement des mathématiques. L'intégration des élèves allophones dans ces classes a soulevé quelques questions qui nous ont poussés à regarder ce qu'il en était ailleurs.

Dans la Déclaration universelle des Droits de l'Homme des Nations Unies (1948), l'article 26 stipule que « Toute personne a droit à l'éducation ». Ainsi, chaque enfant arrivant en âge d'être scolarisé dans un nouveau pays a le droit d'être intégré dans une classe et d'apprendre. L'intérêt concernant ces élèves est d'autant plus grand que nous connaissons actuellement une augmentation d'élèves allophones arrivant de pays d'Orient (chiffres obtenus auprès de M. Gilles Carron).

La question de l'intégration des élèves allophones dans les cours de mathématiques n'est de loin pas nouvelle (Clarkson se la posait déjà en 1992 dans son article *A Comparison of Bilingual and Monolingual Students of Mathematics*) même si son envergure internationale semble relativement récente, comme en témoignent les études de Martiniello (2008) *Language and the performance of English-Learners in Math Word Problems*, et de Berger (2015) *Conceptualizing the interaction between language and mathematics : An integrated language and mathematics model of word problem solving processes in English as a foreign language*.

Une première recherche de la littérature relative à l'intégration des élèves allophones et de leurs compétences mathématiques nous a aiguillés vers un mémoire de master écrit à l'Université Laval, au Québec. Son auteure, Roxanne Tardif-Couture (2016) s'est intéressée à la *Résolution de problèmes en mathématiques chez les élèves allophones du primaire*. En partant d'une base similaire, nous avons voulu déterminer si ses résultats étaient transférables chez les élèves allophones du Secondaire I scolarisés en Valais romand.

Dans ce travail, nous commencerons par nous intéresser à l'état actuel de l'intégration des élèves allophones dans les classes du Valais romand. Ensuite, nous nous attarderons sur l'apprentissage plus spécifique des mathématiques, et plus particulièrement les difficultés rencontrées lors de la résolution de problèmes écrits et les outils, mathématiques ou autres, nécessaires à leur résolution. Enfin, nous tenterons de déceler les sources des erreurs commises par les élèves allophones. Ceci nous permettra peut-être de mettre en avant des outils à mettre en place pour aider au mieux ces élèves à s'intégrer dans les cours de mathématiques.

2 Problématique : la scolarisation des élèves allophones en Valais romand

Depuis passablement d'années, la Suisse accueille des personnes d'autres pays. Ceux-ci arrivent parfois adultes, d'autres sont encore en âge d'être scolarisés. La plupart de ces enfants arrivent en Suisse sans en connaître la langue et se retrouvent donc dans un pays, un village, une école, une classe dont ils ne connaissent ni la langue, ni la culture. L'arrivée de ces élèves a impliqué des changements également pour les enseignants : ceux-ci se retrouvent face à des élèves avec lesquels ils ne peuvent communiquer que partiellement, soit en interagissant principalement avec les signes et un vocabulaire très simplifié, soit en ayant recours à des traducteurs en dehors du temps scolaire.

En 1991 déjà, la CDIP (Conférence suisse des Directeurs cantonaux de l'Instruction Publique) donnait ses *Recommandations concernant la scolarisation des enfants de langue étrangère*. L'intégration des enfants migrants était une priorité, tant au niveau de la langue qu'au niveau culturel. En 2007, l'*Accord intercantonal sur l'harmonisation de la scolarisation obligatoire* (CDIP) reprend ce même thème et garde la même optique.

Suite à cela, la nouvelle loi sur le Cycle d'Orientation contient dorénavant des indications concernant ces élèves allophones. Dans *Le Petit Larousse Illustré* (2005), le nom et adjectif « allophone » est défini ainsi : « Se dit d'une personne dont la langue maternelle n'est pas celle de la communauté dans laquelle elle se trouve (p. 75) ». Dans ce travail de mémoire, nous nous intéresserons uniquement aux élèves allophones scolarisés au cycle 3, c'est-à-dire âgés de 12 à 15 ans, et arrivés récemment dans le pays d'accueil. En nous basant sur les critères des élèves pouvant bénéficier de soutien pédagogique pour allophones défini dans les *Directives du 30 avril 2012 relatives au soutien pédagogique hors classe, au soutien pédagogique pour élèves allophones et aux études dirigées et surveillées dans le cadre du Cycle d'orientation*, nous avons nommé deux catégories : les élèves « primo », arrivés dans le pays d'accueil, en principe, il y a moins d'une année, et les élèves « secundo », arrivés, eux, il y a généralement moins de deux ans. Les différences entre ces élèves allophones primo et secundo se retrouvent principalement dans le domaine des compétences dans la langue d'enseignement. Les élèves primo commencent avec le b.a.-ba du français, tandis que les secundo sont, en principe, déjà capables de tenir une conversation et de comprendre passablement d'informations.

2.1 Situation des élèves allophones en Valais

Au 31 décembre 2015 vivaient, en Valais, 331'763 personnes, dont 77'084 étrangers, soit une proportion de 23% (Office Cantonal de Statistique et de Péréquation, Etat du Valais, 2016). Cette présence de migrants de près d'un quart de la population explique, entre autres, la présence de plus en plus accrue dans les écoles d'élèves d'une autre nationalité, et par conséquent, aussi d'élèves allophones. En plus de rendre les classes davantage hétérogènes d'un point de vue social, l'augmentation d'élèves ne parlant pas la langue d'enseignement a également un effet sur l'enseignant qui doit prendre en compte ces enfants-là. Ceux-ci ne doivent pas être mis de côté, mais, au contraire, intégrés dans la classe, malgré la barrière de la langue, comme le recommandent la CDIP et le Concordat HarmoS.

2.1.1 Représentation des élèves allophones dans les écoles du Valais romand

Selon les chiffres de septembre 2017 obtenus auprès de M. Gilles Carron, coordinateur de la scolarisation des élèves migrants dans le Valais romand, 3% des élèves actuellement scolarisés en Valais romand sont allophones. Sur les trois dernières années, nous avons pu observer une diminution des arrivées du Portugal, bien qu'ils restent la communauté d'allophones la plus représentée. En revanche, il y a une augmentation des élèves arrivant d'Afghanistan, de Syrie et d'Erythrée, et aussi d'Espagne et d'Italie. Notons également que dans un pays multilingue comme la Suisse, des déménagements peuvent aussi amener à avoir des élèves allophones dans la classe, bien qu'ils soient de nationalité suisse.

En septembre 2017, près d'un tiers des élèves allophones scolarisés en Valais romand, plus exactement 29%, parlent portugais. Suivent ensuite l'italien (10%), l'albanais et l'arabe (9% chacun), puis les langues africaines (6%), d'Asie de l'Ouest (5%) et le serbe (ou croate) et l'espagnol (4% chacun). Les 24% restants concernent d'autres langues moins répandues. Toutefois, ces chiffres nous permettent de voir le nombre important de cultures différentes que nous côtoyons dans l'Ecole valaisanne. De plus, à la culture sociale autre s'ajoute une culture scolaire, elle aussi diverse, qui peut entraîner des malentendus lors de la scolarisation de ces élèves dans notre canton. Aussi, un dialogue, avec interprète, entre les parents et les enseignants est souvent nécessaire et bénéfique.

2.2 Contexte valaisan de l'intégration scolaire des élèves allophones

Le système scolaire valaisan prévoit l'intégration des élèves allophones dans les diverses lois et directives le concernant. Ainsi, nous trouvons dans les rappels des *Directives du 26 avril 2001 relatives à l'intégration et à la scolarisation des élèves de langue étrangère dans le cadre de l'école publique* que « les élèves de langue étrangère sont intégrés dans l'école publique (p.1) ». Les élèves allophones ne se retrouvent pas dans une classe particulière, mais fréquentent les mêmes cours que leurs camarades parlant déjà la langue de scolarisation. En revanche, ils ont droit à un soutien pédagogique pour élèves allophones.

La *Loi sur le cycle d'orientation* de 2009, reprend, à l'article 41, quelques informations sur ce soutien. Elle dit que :

- « L'élève allophone bénéficie d'un soutien pédagogique, sous forme permanente ou non permanente, en principe durant le temps de classe et en principe durant deux ans ; il est scolarisé dans sa classe d'âge, dans les niveaux I ou II. »

A cela s'ajoutent les *Directives du 30 avril 2012 relatives au soutien pédagogique hors classe, au soutien pédagogique pour élèves allophones et aux études dirigées et surveillées dans le cadre du Cycle d'orientation*. Elles donnent davantage d'informations sur l'organisation et la fréquence du soutien pédagogique. Ainsi, « ils sont, en principe, d'au moins :

- cinq périodes hebdomadaires pour les élèves en première année de scolarisation dans la langue d'accueil ;
- trois périodes hebdomadaires pour les élèves en renforcement, lors de la deuxième année ».

2.2.1 Soutien pédagogique pour les élèves allophones

Dans les mêmes *Directives du 26 avril 2001*, mais également dans celles du *30 avril 2012*, davantage d'informations concernant ces heures de soutien pédagogique sont données. Il est noté que le soutien se fait durant les heures de classe. Ces cours ne regroupent, en principe, que 3 à 5 élèves, en fonction des arrivées, et sont donnés hors de la classe principale.

Il est important de noter que, dans le système scolaire valaisan, les doubles mesures ne sont pas accordées. Autrement dit, un élève allophone ne devrait pas être scolarisé dans une classe d'observation ou bénéficier d'appuis pédagogiques s'il a déjà des mesures pour son allophonie, à l'exception des cas particuliers. Cette particularité doit cependant être gardée en mémoire, car elle peut expliquer certains résultats obtenus par des élèves arrivés d'autres pays déjà avec un faible niveau, mais pour lesquels le statut d'allophone a primé sur l'état de leurs capacités.

2.2.2 Etat actuel des aménagements pour les élèves allophones

Toujours dans le contexte légal, nous trouvons également l'*Ordonnance relative à l'évaluation du travail des élèves à l'école obligatoire du 17 juin 2015*. Cette dernière contient plusieurs points importants concernant les élèves allophones. Il y a, premièrement, un rappel du statut particulier de l'élève durant ses deux premières années de scolarité après son arrivée en Valais. Ce statut particulier se rapporte, comme dit précédemment, au soutien pédagogique qui lui est donné, mais également à la « [dispense] de notes pour les branches dans lesquelles les connaissances en Langue 1 ont une influence significative » (Art. 31, al. 2).

A la fin de chaque année scolaire de ce statut particulier, l'élève allophone reçoit une évaluation de ses objectifs d'apprentissage. Celle-ci a été spécifiquement définie par le Département et figure automatiquement dans le dossier d'évaluation de l'élève. Elle permet donc un suivi des apprentissages, entre autres, du français. De plus, l'élève allophone suit, en principe, la classe dans laquelle il a été placé. Ainsi, il ne redouble pas, mais n'est pas non plus promu. Ceci évite à l'élève de prendre une trop grande avance en âge par rapport à ses camarades.

Enfin, au terme de son statut particulier, la situation de l'élève allophone est analysée et évaluée par la direction, le titulaire, l'enseignant de soutien et le conseiller pédagogique, afin de déterminer la suite du parcours de l'élève (promotion – redoublement – éventuel maintien de certaines mesures particulières).

2.3 Objectif de la recherche

Les mathématiques étant bien souvent considérées comme un langage « universel », les adaptations prévues dans cette discipline pour les élèves allophones sont quasiment nulles. Souhaitant nous démarquer de ce sens commun, nous allons nous intéresser, dans le cadre de ce travail, aux difficultés rencontrées par les élèves allophones, et ce, de manière à pouvoir, par la suite, proposer des pistes de remédiation qui leur soient adaptées.

Pour cette recherche, nous allons recourir à des problèmes à structure multiplicative afin d'étudier les différences ou les similitudes entre les élèves dits standards et les élèves allophones. Ce choix est justifié par le fait qu'il s'agit de procédures abordées, selon le Plan d'Etudes Romand, durant le cycle 2. Ainsi, la résolution de ce genre de problèmes devrait être acquise en 9CO, et, en choisissant un objectif mathématique normalement atteint à la fin de la 8H, nous devrions nous assurer que les difficultés rencontrées par les élèves allophones ne sont pas liées à l'utilisation des outils mathématiques, mais bien à des difficultés de compréhension de la donnée dus à la présence de variables linguistiques compliquant la perception du problème.

3 Cadre conceptuel

3.1 Théorie des champs conceptuels

La catégorie de problèmes à structure multiplicative sera définie et circonscrite à l'aide de la théorie des champs conceptuels élaborée par Vergnaud, laquelle a pour but, entre autres, de « fournir un cadre qui permette de comprendre les filiations et les ruptures entre […] les savoir-faire [et] les savoirs exprimés (Vergnaud, 1991, p.135) ». Bien qu'elle soit désormais applicable à d'autres branches que les mathématiques, nous allons nous intéresser à cette théorie des champs conceptuels pour la même raison que Vergnaud lors de son élaboration, c'est-à-dire la compréhension des processus mis en place pour conceptualiser, notamment, les structures multiplicatives.

C'est cette idée de cadre qui nous a incités à nous pencher sur cette théorie afin d'étudier les procédures mises en place par des élèves allophones. C'est également cette théorie qui nous a poussés à nous concentrer uniquement sur les structures multiplicatives. Effectivement, le Plan d'Etudes Romand (Conférence Intercantonale de l'instruction publique de la Suisse romande et du Tessin (CIIP), 2010), ci-après PER, reprend clairement la typologie de Vergnaud dans ses objectifs mathématiques du cycle 2. L'objectif MSN23-1 dit précisément « Résoudre des problèmes additifs et multiplicatifs en traduisant les situations en écritures additive, soustractive, multiplicative ou divisive ». Cet objectif démontre la préparation faite au cycle 2 pour ensuite introduire le calcul algébrique au cycle 3. Les structures multiplicatives sont donc considérées comme acquises lorsque les élèves arrivent en 9CO. Du plus, en parcourant les objectifs MSN (Mathématiques et Sciences naturelles) du PER pour le cycle 3, nous retrouvons des références quasiment immédiates aux structures multiplicatives de Vergnaud. En effet, nous retrouvant dans l'objectif MSN33 les points suivants :

- MSN33-1 : « Résoudre des problèmes numériques et algébriques en reconnaissant les caractéristiques mathématiques d'une situation et en la traduisant en écritures numérique ou littérale (CIIP, 2010, p. 24) »
- MSN33-4 : « Résoudre des problèmes numériques et algébriques en choisissant l'outil de calcul le mieux approprié à la situation proposée (CIIP, 2010, p. 25) »
- MSN33-8 : « Résoudre des problèmes numériques et algébriques en modélisant une situation de proportionnalité (CIIP, 2010, p. 25) »

En synthétisant l'objectif MSN33 du PER, nous pouvons dire qu'il permet principalement de donner du sens aux différentes opérations (addition, soustraction, multiplication et division, mais aussi puissance et racine) afin de pouvoir, ensuite, comprendre les problèmes donnés dans les situations et savoir quelle(s) opération(s) utiliser.

Dans sa théorie des champs conceptuels, Vergnaud (1991) distingue deux catégories de situations. La première catégorie regroupe les situations pour lesquelles l'élève possède tout ce dont il a besoin pour la traiter rapidement. La seconde, en revanche, pousse l'individu à des moments de réflexion et de recherches avant de l'amener à l'échec ou à la réussite. Pour ces deux catégories, le sujet met en place différents processus, dont la suite peut le mener à la réussite. Vergnaud a nommé ces différentes procédures des « schèmes » et les définit comme étant « l'organisation invariante de la conduite pour une classe de situations donnée (1991, p.136) ». Les schèmes s'appliquent néanmoins plus facilement à la première catégorie de situations qu'à la seconde, dans laquelle l'élève essaie souvent plus d'une manière de faire pour finalement aboutir à une réussite ou à un échec.

En synthétisant les propos de Vergnaud (1991), nous pouvons dire que, plus un individu va rencontrer une catégorie de situations, plus les procédures et algorithmes qu'il va mettre en place vont s'automatiser. Ainsi, si l'élève a une bonne connaissance des liens entre le problème de la situation et les procédures à mettre en place dans ce cas-là, alors le schème aura une grande fiabilité, et mènera, en principe, à plus de réussites que d'échecs. En faisant le lien avec le PER, nous pouvons dire qu'à travers l'objectif MSN23, c'est-à-dire durant le cycle 2, l'élève va associer différentes situations courantes aux opérations qu'il doit mettre en place pour les résoudre. A force de rencontrer ces situations, le sujet stabilisera les schèmes. Arrivés au cycle 3, et via l'objectif du PER MSN33, les élèves stabiliseront davantage ces processus et les réutiliseront pour les structures algébriques et dans la modélisation de situations. Nous voyons donc ici que chacun développe dans sa vie et dans son cursus scolaire des habitudes et des automatismes pour la résolution de problèmes en fonction des indices et routines contenus dans la situation, tout en gardant le contrôle grâce aux décisions consciemment prises durant la résolution du problème.

Dans sa théorie des champs conceptuels, Vergnaud (1991) se concentre principalement sur le fonctionnement cognitif et donc la mise en place des schèmes dans les situations. Les schèmes qui se développent peu à peu dans l'apprentissage des mathématiques, entre autres, peuvent tous être classés pour un type de situation avec des caractéristiques bien définies. Cependant, le fait d'avoir développé ces schèmes et de les avoir classés n'empêche pas le sujet d'en utiliser de manière inefficace. Ces schèmes ont été analysés dans diverses situations dans le but de comprendre en quoi consistaient les concepts. Suite à cela, Vergnaud a défini le concept comme étant « un triplet de trois ensembles :

- l'ensemble des situations qui donnent du sens au concept (la référence)
- l'ensemble des invariants sur lesquels repose l'opérationnalité des schèmes (le signifié)
- l'ensemble des formes langagières et non langagières qui permettent de représenter symboliquement le concept, ses propriétés, les situations et les procédures de traitement (le signifiant) (1991, p.145) ».

3.1.1 Champ conceptuel multiplicatif

Vergnaud considère un « champ conceptuel comme un ensemble de situations (1991, p.146) » nécessitant le même genre d'opérations. Ainsi, il définit ensuite le champ conceptuel multiplicatif comme étant l'ensemble des situations qui demandent une multiplication ou une division, ou encore une combinaison de ces deux opérations pour leur résolution. Les situations sont vues comme une combinaison de tâches dont l'analyse peut se faire, par exemple, sous l'angle linguistique, sous celui du traitement de l'information, ou encore, dans le cas de Vergnaud, sous l'angle des champs conceptuels. Cette théorie met en avant, dans cette analyse, les « modèles qui donnent un rôle essentiel aux concepts mathématiques eux-mêmes (Vergnaud, 1991, p. 146) ». Ainsi, Vergnaud complète la définition d'une structure, qu'elle soit additive ou multiplicative, en ajoutant à l'ensemble des situations exigeant une certaine opération, tous les concepts et les théorèmes utilisés pour analyser ces situations en tant que tâche mathématique.

Pour les structures multiplicatives, Vergnaud souligne, parmi d'autres, les concepts suivants : « proportion simple et proportion multiple, fonction linéaire et n-linéaire, rapport scalaire direct et indirect, quotient et produit de dimensions, combinaison linéaire et application linéaire, fraction, rapport, nombre rationnel, multiple et diviseur, etc. (1991, p. 148) ». Il existe en tout « trente-trois catégories de problèmes multiplicatifs » (Graff et Wozniak, 2011, p. 10).

Dans les structures multiplicatives, les relations de base les plus simples sont quaternaires, c'est-à-dire avec quatre données ou nombres en jeu, car les problèmes les plus simples issus de ce champ conceptuel « impliquent la proportion simple de deux variables l'une par rapport à l'autre (Vergnaud, 1991, p. 153) ». Ceci a permis de créer « quatre classes de problèmes élémentaires :

- la multiplication
- la division-partition
- la division quotition
- la quatrième proportionnelle (Vergnaud, 1991, p.153-154) ».

A cette proportionnalité simple s'ajoute la proportionnalité double, dans laquelle six grandeurs, et par conséquent trois rapports, sont en jeu. Il existe également plusieurs classes dans cette seconde catégorie.

Ces situations sont déjà passablement variées, mais au sein même d'une seule classe de problèmes, une variété bien plus grande existe encore. En effet, en fonction de l'ensemble de nombres utilisé pour la situation, le problème sera plus ou moins compliqué, car les efforts cognitifs attendus de l'élève ne seront pas les mêmes s'il s'agit de nombres entiers naturels ou de nombres réels et de fractions.

3.2 Typologie des problèmes

Dans son ouvrage *La théorie des champs conceptuels* (1991), Vergnaud aborde la typologie des problèmes issus du champ conceptuel multiplicatif. Cependant, afin de détailler au mieux cette typologie et ainsi classer les problèmes que nous allons soumettre à nos élèves, nous allons également faire référence aux *Situations multiplicatives* d'Olivier Graff et Benoît Wozniak (2011), qui citent Vergnaud.

Graff et Wozniak (2011) ont regroupé les problèmes mathématiques à structures multiplicatives dans trois catégories.

1. Classe 1 : Un seul domaine de grandeur

   Dans cette première classe, tous les problèmes ne se réfèrent qu'à un seul domaine de grandeur, comme par exemple des prix, ou des grandeurs, etc. Il existe une relation entre deux mesures issues du même domaine de grandeurs. Cette relation, appelée rapport scalaire, peut être donnée ou alors cachée. Dans le premier cas, le rapport est explicite, et c'est la deuxième grandeur qui est recherchée. On parle également de problèmes ternaires, car trois nombres sont en jeu : deux grandeurs et leur rapport. Dans le second cas, les deux grandeurs sont connues et nous recherchons le rapport qui les lie. En fonction de la place de l'inconnue, le problème requiert une relation de multiplication ou une relation de division.

   Dans cette première catégorie, nous retrouvons les problèmes de variation d'une grandeur (avec rapport explicite ou implicite), ceux portant sur la composition de deux variations d'une grandeur et les comparaisons de grandeurs (n fois plus, n fois moins).

2. Classe 2 : Deux domaines de grandeur

   Dans cette deuxième catégorie, il peut y avoir par exemple des kilogrammes et de l'argent. La relation qui lie ces deux grandeurs n'est pas un rapport scalaire, mais un rapport fonctionnel ou coefficient de proportionnalité. Il s'agit par exemple de la variation d'un prix en fonction du nombre de kilogrammes achetés.

   Cette classe regroupe les problèmes de proportionnalité, aussi appelés « problèmes quartenaires, car il y a quatre nombres en jeu : deux mesures de grandeurs (chacune appartenant à un domaine de grandeur), le rapport fonctionnel défini entre les deux domaines de grandeurs, et l'inconnue (Graff & Wozniak, 2011) p. 169). »

   Bien que travaillant avec quatre nombres, dont l'inconnue, il arrive néanmoins que seuls deux d'entre eux soient explicitement présentés dans la donnée. Souvent, le troisième nombre en jeu est implicite, puisqu'il s'agit de l'unité. Il y a donc deux sous-classes différentes en fonction de la référence ou non à l'unité dans la donnée.

   Nous trouvons dans ce groupe les catégories suivantes : multiplication, division-partition, division-quotition, la quatrième proportionnelle – dans laquelle la valeur d'un multiple de l'unité est connue – et enfin, les problèmes de comparaison de rapport de proportionnelle.

Il est important de relever que la difficulté des problèmes de cette catégorie est très inégale. En effet, la quatrième proportionnelle et les comparaisons de rapport de proportionnelle sont certainement les plus difficiles. Cependant, les autres types de problèmes impliquent diverses opérations mentales chez les élèves, variables en fonction de leur compréhension de la donnée. La place de l'inconnue joue également un rôle dans le degré de difficulté du problème.

3. Classe 3 : Trois domaines de grandeur

   Enfin, dans la dernière classe de problèmes issus du champ conceptuel multiplicatif, trois domaines de grandeur sont en jeu. Elle regroupe deux sous-classes de problèmes : ceux dont les trois domaines de grandeur sont liés par une relation de proportionnalité (proportionnalité simple composée) et ceux pour lesquels les grandeurs n'ont pas de lien (proportionnalité double).

   Dans la proportionnalité simple composée, il y a un premier rapport entre le premier et le deuxième domaine de grandeur et un second rapport entre le deuxième et le troisième domaine. Par conséquent, une troisième relation de proportionnalité est implicitement déduite entre le premier et le troisième domaine.

   Dans la proportionnalité double, aucune relation de proportionnalité ne lie les deux premiers domaines de grandeur. Ils sont indépendants. Le troisième domaine, lui, est la « grandeur-produit des deux autres domaines (Graff & Wozniak, 2011, p. 176). » Cela signifie que les mesures du troisième domaine sont formées de l'association d'une mesure du premier domaine et d'une du deuxième domaine.

   Dans cette dernière catégorie, la place de l'inconnue diversifie le nombre de cas différents de problèmes possibles et influence la difficulté de ceux-ci.

Pour conclure cette typologie des problèmes issus du champ conceptuel multiplicatif de Vergnaud, notons que celle-ci est séparée en trois catégories en fonction du nombre de grandeurs en jeu. Elle regroupe trente-trois catégories de problèmes, habituellement appelés problèmes de multiplication et de division et problèmes de proportionnalité (Graff & Wozniak, 2011).

Un problème mathématique peut donc être classé dans l'une ou l'autre des catégories de son champ conceptuel. Cependant, Vergnaud a créé sa typologie en prêtant attention uniquement au point de vue conceptuel et non pas à la difficulté supposée des problèmes. Aussi, sa classification ne correspond pas à une hiérarchisation des problèmes. Emmanuel Sander (à paraître) s'est, de manière complémentaire, intéressé aux analogies présentes dans les problèmes mathématiques et s'est demandé à quel point leur présence dans l'énoncé était facilitatrice. Nous pourrions donc traiter ces mêmes énoncés mathématiques issus du champ conceptuel multiplicatif de Vergnaud selon la présence ou non des analogies décrites par Sander et trouver une classification toute autre. Il convient alors de définir ce qu'est une analogie du point de vue de Sander et de décrire les trois analogies différentes qu'il observe.

3.3 Analogies dans les problèmes mathématiques

Faire une analogie, c'est essayer de comprendre quelque chose de nouveau à partir d'une situation similaire déjà connue. Bien que chaque instant que nous vivions soit différent et unique, il existe entre eux d'infimes similitudes. Ainsi, nous nous basons sur des expériences déjà vécues pour en aborder une nouvelle qui alimente alors un peu plus notre bagage de connaissances. D'un point de vue scolaire, le processus est similaire : les élèves abordent les nouveaux concepts et notions au travers des connaissances qu'ils ont déjà et des conceptions construites précédemment. Chaque élève construira donc ses propres analogies en fonction de son vécu et Emmanuel Sander (à paraître) s'est basé sur ce principe pour étudier les apprentissages scolaires.

Ce principe remonte au temps d'Aristote, qui a défini l'analogie en parlant de relation similaire entre deux couples d'objets. Il peut être résumé en disant que « D est à C ce que B est à A (Sander, à paraître, p. 1) ». Peu à peu, le sens de l'analogie s'est modifié. Elle devient alors ce qui permet de comprendre une situation nouvelle aux regards de connaissances antérieures (Holyoak & Thagard, 1995 et Gick & Holyoak, 1983, cités dans Sander, à paraître). La symétrie existante du temps d'Aristote a laissé la place à une asymétrie, une première situation amenant à l'analogie dont bénéficiera la seconde. La situation est alors « vue comme » une autre (Sander, à paraître).

Sander a distingué trois analogies différentes ayant une influence sur les élèves. Il s'agit des analogies de substitution, de scénario et de simulation. Elles peuvent soit avoir un effet bénéfique en aidant les élèves à comprendre une notion ou résoudre un problème, soit, au contraire, les mener dans une autre direction que celle attendue par la situation ou celle permettant de résoudre le problème. La présence ou non de ces analogies dans un énoncé affectera directement la complexité de ce dernier.

Dans notre recherche, nous utiliserons ces trois analogies pour classer les problèmes mathématiques issus du champ conceptuel multiplicatif soumis à nos élèves. Nous pourrons ainsi voir si l'une, l'autre, ou la combinaison de certaines de ces analogies mettent les élèves allophones plus facilement en situation de réussite dans l'apprentissage des mathématiques.

3.3.1 L'analogie de substitution

Les analogies de substitution sont celles où un concept scolaire peut être vu selon une pratique de la vie de tous les jours. L'élève va alors remplacer la notion scolaire par cette connaissance plus familière, d'où le nom de substitution. Les exemples les plus flagrants sont « additionner, c'est mettre ensemble » ou « soustraire, c'est enlever » [traduction libre] (Fischbein, Deri, Sainati Nello, & Sciolis Marino, 1985). Ce type d'analogie peut être très utilisé par les élèves dans la mesure où le résultat est correct. Cependant, il a ses limites, comme par exemple dans les situations avec les nombres relatifs. En effet, dans celle-ci, l'analogie « soustraire, c'est enlever » ne fonctionne plus, car $(+8) - (-3) \neq 5$.

Les analogies de substitution sont passablement ancrées dans les conceptions des élèves. Par conséquent, on ne peut s'attendre à les faire entièrement disparaître. Néanmoins, ces analogies doivent cohabiter avec la notion mathématique correcte, en étant considérées comme des formes stéréotypées auxquelles les notions correctes ne peuvent pas être réduites (Sander, à paraître).

3.3.2 L'analogie de scénario

Les analogies de scénario sont également en lien avec la vie quotidienne. Mais plutôt que de s'intéresser à une notion utilisée quotidiennement, elles font référence aux scénarios rencontrés dans la vie de tous les jours. Pour citer quelques exemples, il y a des bouquets de fleurs avec deux variétés différentes, des chocolats à distribuer à des enfants ou encore un troc à faire entre deux sortes de fruits, sachant qu'une orange vaut trois poires. Dans la plupart de ces cas, un plus ou moins grand nombre d'objets est partagé en un moins grand nombre d'autres objets, ce qui correspond au modèle implicite que les élèves possèdent (Fischbein et al., 1985)

Les analogies de scénario aideront les élèves vers le bon résultat quand celles-ci sont en lien avec la notion mathématique, tel que lorsqu'il y a des chocolats à distribuer à des enfants. En revanche, elles peuvent induire en erreur dans des situations telles que celle du troc ou alors quand cela n'est pas conforme au modèle implicite (Fischbein et al., 1985; Sander, à paraître).

3.3.3 L'analogie de simulation

Enfin, Emmanuel Sander (à paraître) parle d'analogie de simulation lorsqu'il y a une « simulation mentale de la situation évoquée en vue de résoudre le problème (p. 9) ». Ces analogies peuvent amener à la résolution correcte de problèmes faisant appel à des notions mathématiques pas encore vues.

Les analogies de simulation sont facilitatrices quand elles peuvent être mises en place. En revanche, l'impossibilité de l'appliquer ajoutera de la difficulté à l'énoncé. L'exemple suivant est tiré d'une recherche de Schlieman *et al.* (1998, cité dans Sander, à paraître). Un problème demandant le prix de trois objets à cinquante francs sera beaucoup plus facile qu'un problème demandant le prix de cinquante objets à trois francs. Effectivement, la simulation mentale du premier problème mènera au calcul 50 + 50 + 50, opération mentalement faisable, tandis que celle du deuxième énoncé (3 + 3 + 3 + ..., cinquante fois) nécessite une très bonne mémoire pour faire chaque opération tout en sachant combien de termes il reste à ajouter.

Selon cette typologie, un problème possédant les trois types d'analogie devrait présenter un taux de réussite plus élevé qu'un autre type de problème. Toutefois, les résultats de Sander ne tenant pas compte de la langue d'origine de l'apprenant et son caractère allophone, il nous semble important de préciser les difficultés spécifiques que ceux-ci rencontrent dans l'apprentissage des mathématiques, et plus particulièrement dans la résolution de problèmes.

3.4 L'apprentissage des mathématiques chez les élèves allophones

Un élève allophone récemment arrivé en Suisse, plus particulièrement dans le Valais romand, va devoir faire face à plusieurs difficultés, comme nous l'avons déjà évoqué précédemment. Les difficultés liées à la langue et à la culture se retrouvent aussi dans d'autres pays et d'autres continents. Ainsi, Kersaint, Thompson, & Petkova (2013), professeurs de mathématiques dans des universités américaines, soulèvent les mêmes problèmes concernant les élèves allophones, appelés chez eux « English Language Learners ». Ils notent les efforts faits par ces élèves, qui, en plus de devoir apprendre dans un environnement culturel et linguistique peu familier, doivent également le faire sans certaines connaissances de base, telles que le vocabulaire mathématique ainsi que d'autres informations culturelles que les élèves natifs peuvent employer dans la résolution de problèmes. Ajoutons à cela le fait que les mathématiques ont leur propre langage, leur vocabulaire spécifique, leurs tournures de phrases, etc. (Kersaint et al., 2013). Nous imaginons donc les difficultés, et peut-être aussi le découragement, que ces élèves nouvellement arrivés dans nos classes peuvent éprouver.

3.4.1 Les difficultés liées au langage mathématique

Le langage mathématique étant propre à lui-même, nous pouvons le considérer comme une troisième langue que l'élève allophone est en train d'apprendre. Kersaint et al. (2013) ont relevé cinq catégories de difficultés liées à ce langage mathématique : le vocabulaire, les représentations symboliques, la syntaxe, la sémantique et les caractéristiques linguistiques du discours [traduction libre] (p. 43).

3.4.1.1 Le vocabulaire

En plus d'avoir des termes purement spécifiques, tels que « trapèze » ou « cathète », le vocabulaire mathématique reprend aussi des mots du langage courant tout en leur donnant une signification particulière lorsqu'ils sont utilisés dans un contexte mathématiques. Il y a, par exemple, le mot « terme », qui désigne les membres d'une addition en mathématiques, alors qu'il peut être un synonyme de « mot » dans le langage courant.

A ces mots polysémiques s'ajoute la multitude de synonymes utilisés pour dire la même chose. Prenons en exemple les mots « plus » et « et » qui représentent tous deux l'addition. Bien qu'il puisse paraître relativement simple de compréhension, il faut prendre en compte l'utilisation plus rare, mais malgré tout concrète, de certains synonymes moins habituels, tels que « augmenté de » ou « combiné à », qui pourraient mettre l'élève allophone en difficultés dans la compréhension de la donnée (Kersaint et al., 2013, p.44).

3.4.1.2 Les représentations symboliques

En plus de son vocabulaire spécifique, le langage mathématique est également constitué de symboles. Ces symboles ont une signification que l'élève allophone doit comprendre et associer à leur représentation. Certains d'entre eux sont nommés à l'aide de plusieurs mots, d'autres peuvent être verbalisés de différentes façons, ou encore, certaines significations peuvent être associées à plusieurs symboles. Voici quelques exemples :

- « < » verbalisé comme « est (strictement) plus petit que »

- « 4 · 5 » peut être lu « 4 fois 5 » ou alors « le produit de 4 et 5 », ou encore « 4 multiplie 5 »
- La multiplication peut être représentée par le symbole « · », le symbole « × » ou encore, peut être implicite comme dans l'expression « 5 (x + 2) ».

La difficulté produite par les symboles peut encore être accentuée si les symboles que les élèves utilisaient dans leur pays d'origine diffèrent de ceux utilisés dans leur nouveau pays de scolarisation (Kersaint et al., 2013, p.45).

3.4.1.3 La syntaxe

Une autre difficulté rencontrée par les élèves allophones est liée à la syntaxe. Ceci apparaît plus particulièrement dans les problèmes. En effet, lorsqu'un élève est confronté à une situation du type : « Le nombre *a* est 5 de plus que le nombre *b* [traduction libre] (Kersaint et al., 2013, p.45) », la traduction algébrique sera souvent $a + 5 = b$, plutôt que $a = b + 5$. Cette erreur, également relevée chez des élèves non allophones, est due à une attente de correspondance exacte entre l'énoncé du problème et sa représentation algébrique.

Bien que les connecteurs logiques tels que *si et seulement si*, *si … alors*, utilisés pour exprimer la relation entre deux propositions, ne soient pas encore utilisés en première année de cycle 3 (année qui nous intéresse pour notre recherche), il en est d'autres, plus simples, comme *mais*, *n fois plus grand que*, qui, s'ils ne sont pas compris par l'individu, peuvent l'empêcher de saisir pleinement le sens d'une donnée. En plus de reconnaître ces mots ou groupes de mots, l'élève doit également comprendre ce qu'ils signifient, leur rôle dans la structure d'une phrase et leur implication mathématique.

Finalement, le dernier point que relèvent Kersaint et al. est l'utilisation régulière en mathématiques de phrases à la forme passive, bien que cela ne soit que rare dans l'utilisation courante du langage de tous les jours (2013, p.46).

3.4.1.4 La sémantique

La sémantique concerne le sens qui est donné au langage. L'un des points importants pour comprendre une phrase ou un texte est la capacité de comprendre comment sont faites les références, comme dans cet exemple, traduit librement de Kersaint et al. (2013) : 8 fois un nombre est 30 de plus que 6 fois ce nombre (p. 46). Afin de pouvoir convertir ce problème en équation, l'élève doit comprendre que « un nombre » et « ce nombre » font référence à un seul et même nombre.

Une autre difficulté est due à la fois à la sémantique et au vocabulaire, l'une et l'autre étant étroitement liés. Effectivement, lorsque l'élève se retrouve confronté à un mot ayant plusieurs sens d'un point de vue mathématique, il doit déduire de quelle signification il s'agit. Par exemple, pour le mot « carré », il doit savoir s'il s'agit de la forme géométrique, de l'élévation à la puissance deux ou encore de la racine carrée d'un nombre.

Enfin, certaines phrases peuvent paraître très semblables en apparence, mais leur sens demeure complètement différent. Il peut être très compliqué pour un élève allophone de saisir les différences entre les expressions « 6 moins 4 » et « 6 de moins que 4 », respectivement représentées mathématiquement par « 6 – 4 » et « 4 – 6 » (Kersaint et al., 2013, p.47).

3.4.1.5 Les caractéristiques linguistiques du discours mathématique

L'une des grandes différences entre le langage mathématique et le langage usuel de tous les jours est le manque de redondance. Effectivement, alors que l'on peut s'attendre à des répétitions ou à des explications avec d'autres mots lorsque l'on discute avec quelqu'un, le langage mathématique se veut très précis et succinct. A l'écrit s'ajoute une multitude de symboles ayant une ou plusieurs significations précises, comme vu précédemment. Les définitions de notions mathématiques sont, pour les élèves allophones, une suite de termes remplis d'informations qu'ils doivent combiner pour en comprendre le sens. Souvent, la multiplicité des sens pour un mot donné en mathématique oblige l'élève non pas à apprendre la signification d'un mot, mais d'en déduire le sens au travers du contexte.

Les problèmes poussent ces élèves à travailler à la fois sur le plan linguistique et le plan mathématique. Mais à cela s'ajoutent d'autres complications, comme le manque de familiarité avec le contexte culturel, les compréhensions erronées d'expressions idiomatiques, la peine à se représenter la situation contextuelle, ou encore, la traduction littérale des mots présents dans la donnée (Kersaint et al., 2013, p.48).

3.4.2 La résolution de problèmes écrits

Dans leur article *Word problems : a review of linguistic and numerical factors contributing to their difficulty* (2015), Daroczy, Wolska, Meurers & Nuerk expliquent que les problèmes écrits, c'est-à-dire les problèmes mathématiques donnés à l'aide d'un énoncé et non pas uniquement grâce à un calcul, sont les tâches les plus complexes rencontrées par les élèves, entre autre à cause de la complexité linguistique. En effet, les informations sont données sous forme syntaxique et non sous forme mathématique.

La complexité linguistique dont parlent Daroczy et al. (2015) pour la réalisation de problèmes écrits chez des élèves ordinaires implique également une difficulté de compréhension du texte pour les élèves allophones. Nous reviendrons sur les processus de compréhension de texte plus loin.

De manière similaire, Thevenot, Devidal, Barrouillet, & Fayol, (2007) parlent d'un problème mathématique comme étant une situation décrite à l'aide de mots. Ainsi, la personne qui veut résoudre ce problème doit se représenter cette situation, et y intégrer les relations entre les éléments présentés dans la donnée du problème. Cette représentation peut être extrêmement différente en fonction des élèves, entre autres à cause de leur âge, mais plus directement en raison de leurs expériences préalables en résolution de problèmes. A partir de cela, nous admettons que la représentation construite par un élève allophone peut être d'autant plus variée suite aux éventuelles difficultés de compréhension des mots présents dans la donnée.

Toujours selon Thevenot et al. (2007), qui citent Cummins (1991), les difficultés rencontrées par les élèves ordinaires dans la résolution de problèmes mathématiques sont dues à une mauvaise compréhension des expressions linguistiques contenues dans la donnée et par conséquent, le choix d'un mauvais schéma traditionnel de résolution de problème. En effet, selon Kintsch & Greeno, (1985), l'élève se construit une représentation du problème qui est ensuite insérée dans un ou plusieurs schémas traditionnels de résolution de problème. Les schémas traditionnels sont conservés dans la mémoire à long terme et sont activés par les différents mots ou phrases contenus dans la donnée du problème. Ceux-ci étant stockés sans être complets, les trous sont bouchés par les informations contenues dans la donnée. Ainsi, un mot tel que « ensemble » devrait mener l'élève à la bonne opération, sauf si ce dernier ne voit pas cet indice syntaxique ou le confond avec un autre. Ces indices peuvent mener l'élève à faire un choix correct ou les en empêcher en fonction aussi des valeurs présentes dans l'énoncé (Nesher & Teubal, 1975). Néanmoins, Thevenot et al. (2007) rajoutent que, d'après Reusser (1989), Staub et Reusser (1995) et Nathan, Kintsch et Young (1992), le modèle de Kintsch et Greeno (1985) est trop strict et se base uniquement sur la théorie des schémas traditionnels. Ces auteurs évoquent l'existence d'un modèle de résolution de problème ne se basant pas sur les mathématiques, mais sur la situation et sa représentation dans la vie de tous les jours. Dans ce modèle-là, les difficultés rencontrées ne sont pas dues à des soucis de correspondance linguistique et schématique, mais à de la peine à comprendre la situation décrite. Cette idée de processus est d'ailleurs semblable à l'analogie de substitution décrite par Sander (à paraître).

Les différences principales entre ces deux modèles sont les informations retenues. Alors que le schéma traditionnel de Kintsch et Greeno (1985) est gardé dans la mémoire à long terme et réactivé en fonction des besoins, la situation mentale de Reusser (1989) est stockée dans la mémoire de travail. Celle-ci contient alors des informations mathématiques, mais également d'autres informations concernant la situation.

Ces deux modèles soulèvent un aspect intéressant de la résolution de problèmes mathématiques chez les élèves allophones. Effectivement, en plus de lacunes des schémas mathématiques de la mémoire à long terme, ces élèves-là peuvent avoir des difficultés à se représenter les situations décrites dans les données de problèmes dans la vie de tous les jours. Ces difficultés peuvent être dues à des lacunes sémantiques, mais également aux différences sociales et culturelles.

3.5 Compréhension de texte

Parmi les difficultés recensées plus haut figure la compréhension de texte, laquelle peut être, pour des raisons évidentes, particulièrement délicate pour un élève allophone. Le processus de compréhension de texte se développe en même temps que l'enfant qui apprend à lire dans sa langue, mais il doit être rapidement acquis par les élèves allophones pour leur permettre une compréhension entière du texte qu'ils lisent. Certains détails du texte, donc de l'énoncé du problème, peuvent ne pas être compris en raison de ces lacunes.

Walter Kintsch et Katherine A. Rawson (2005) se sont penchés sur les processus impliqués dans la compréhension des textes. Ceux-ci concernent tout lecteur de textes, et non pas uniquement les personnes allophones. Les auteurs se sont basés sur la description des processus de compréhension répartis sur plusieurs niveaux faite par Kintsch, dans son ouvrage *Comprehension : A Paradigm for Cognition* (1998).

Le premier niveau concerne la linguistique, c'est-à-dire le décodage de mots et des phrases contenus dans le texte. Les mots sont reconnus, tout comme leur rôle dans la phrase. Au niveau suivant, il s’agit d’analyser sémantiquement le texte, autrement dit de trouver son sens, sa signification. Ceci se fait à travers l’analyse des mots et de leur sens, en prenant en compte ce qui les lie. Ces liens entre les mots et le sens des mots est appelé la microstructure du texte, en comparaison à la macrostructure, qui concerne la reconnaissance du contenu sémantique global du texte. L’analyse de la microstructure, c'est-à-dire des liens syntaxiques entre les mots ou groupes de mots, ainsi que de la cohérence entre ces phrases ou propositions amènent à la compréhension du texte. Cependant, les inférences, mais également l’identification de ce à quoi un pronom fait référence, sont souvent nécessaires, voire même requis, pour permettre d’avoir une cohérence dans le texte, et, par conséquent, mener à sa compréhension complète et discursive.

Ensemble, la microstructure et la macrostructure forment la base de texte. Celle-ci « représente la signification du texte, telle qu’elle est réellement exprimée par le texte [traduction libre] (Kintsch & Rawson, 2005, p.211) ». Néanmoins, la compréhension complète du texte peut être fortement réduite si le lecteur ne comprend que ce qui est explicitement dit dans le texte. En principe, durant la lecture, le lecteur se construit un modèle de la situation, dans lequel il se représente ce qu’il lit. Il ajoute, dans ce modèle, des connaissances antérieures, mais également des expériences personnelles, voire même des informations sorties de son imagination. Tout ceci est primordial pour comprendre un texte dans son intégralité.

Nous voyons ici qu’un élève a plusieurs sortes d’efforts cognitifs à faire lorsqu’il lit un problème mathématique, avant même de réfléchir à sa résolution. Pour les élèves allophones, ces efforts seront encore plus importants, car ils peuvent avoir des difficultés sur le plan linguistique, mais également sur le plan sémantique, deux points fondamentaux dans la compréhension complète du texte.

Sur le plan sémantique, Kintsch et Rawson (2005) se sont attardés, entre autres, sur les différents liens qu’il peut y avoir entre les mots ou groupes de mots, ce qui nous intéresse dans notre recherche. En effet, les difficultés dues à la sémantique font l’objet d’une des catégories tirées de chez Kersaint et al. (2013). Dans un texte, plusieurs phrases peuvent être liées par une implication logique, par une relation de cause à effet, ou par une référence à un même concept. Cette dernière sorte de liaison est appelée « coréférence ». Si un élève ne comprend pas l’un de ces liens, alors la compréhension intégrale du texte est remise en doute.

La coréférence peut être explicite ou implicite. Elle est explicite « quand le même mot est utilisé pour faire référence au même concept [traduction libre] (Kintsch & Rawson, 2005, p. 214) ». Dans la majorité des cas, cette coréférence est implicite, car ce sont, par exemple, soit des noms différents, soit des pronoms, qui font référence au même concept. On parle alors d'anaphore. Kintsch et Rawson définissent l'anaphore comme « tout outil linguistique utilisé pour faire référence à un concept précédemment mentionné [traduction libre] (2005, p.214). » Nous reprendrons cette même définition dans l'analyse linguistique des problèmes que nous soumettrons aux élèves allophones.

Enfin, le dernier point de Kintsch et Rawson (2005), qui nous intéresse particulièrement pour notre recherche, fait partie du niveau du modèle de situation. Il s'agit des inférences. Une inférence est le lien, implicite ou explicite, qui peut être fait entre deux phrases ou paragraphes dans un texte. Il existe une multitude d'inférences différentes, mais nous n'allons pas toutes les citer ici, puisque ce n'est pas le thème principal de notre recherche. Voici cependant un exemple pour illustrer le genre de difficultés qu'un élève allophone pourrait rencontrer dans la résolution de problèmes. Dans les phrases

« Fred a parqué la voiture »
« Il a fermé la porte [traduction libre] (Kintsch & Rawson, 2005, p. 219) »,

le lecteur peut facilement conclure qu'il s'agit de la porte de la voiture. Si l'élève allophone n'est pas capable de faire cette inférences, il peut se retrouver bloqué dans la résolution du problème. Pour reprendre l'exemple ci-dessus, il pourrait ne pas comprendre de quelle porte il s'agit, et par conséquent, si la question s'y réfère, ne pas savoir quoi répondre. Ce genre de difficultés est directement lié à la compréhension du français, plus précisément du point de vue sémantique, afin de faire le lien avec les catégories de Kersaint et al. (2013).

3.6 Typologie des erreurs

Chaque élément développé ci-dessus est une source potentielle d'erreurs. Dans leur globalité, celles-ci sont souvent perçues comme quelque chose de négatif par les élèves, car ils ont fait « faux ». Cependant, comme le dit Jean-Pierre Astolfi (2015), la place de l'erreur à l'école évolue, puisque cette dernière est désormais considérée comme étant porteuse de sens :

> « En effet, […] les erreurs commises ne sont plus des fautes condamnables ni des bogues regrettables : elles deviennent des *symptômes* intéressants d'obstacles auxquels la pensée des élèves est affrontée (p.15). »

Ces erreurs peuvent être classifiées dans différents groupes en fonction de leur type et de leur cause et Jean-Pierre Astolfi, dans son ouvrage *L'erreur, un outil pour enseigner* (2015), a créé une typologie des erreurs des élèves. C'est en partie sur cette dernière que nous nous baserons pour analyser les résultats des élèves allophones, car, comme nous allons le montrer dans les sections à venir, elle regroupe diverses catégories en lien soit avec la typologie de Vergnaud (les opérations intellectuelles impliquées) soit avec Kersaint (la compréhension des consignes).

3.6.1 La compréhension des consignes

Le premier type d'erreurs dont parle Astolfi (2015) est celui lié à la compréhension des consignes. Les causes en sont des difficultés de lecture, dans notre cas, de la donnée des problèmes à résoudre. Ainsi, pour l'élève éprouvant ces difficultés, il lui sera d'autant plus compliqué de répondre au problème s'il ne comprend pas la question qui lui est posée.

De plus, le vocabulaire utilisé dans chaque discipline lui est propre. Ainsi, un mot ayant une certaine signification dans la vie de tous les jours pourrait avoir une signification plus spécifique lorsqu'il est employé dans un énoncé de problème mathématique. Par conséquent, l'élève doit « chaque fois effectuer le « cadrage » nécessaire pour comprendre leur emploi (Astolfi, 2015, p.61) ». Un exemple dans le cadre des mathématiques pourrait être le mot « sommet », dont l'utilisation mathématique, tel que le sommet d'un quadrilatère, est bien différente de celle utilisée au quotidien, comme le sommet d'une montagne.

3.6.2 Les habitudes scolaires et le mauvais décodage des attentes

Durant son cursus scolaire, l'élève doit non seulement s'habituer à la multitude de ses enseignants, mais également des disciplines enseignées. Astolfi (2015) écrit que l'élève est censé agir en classe comme un « petit spécialiste » dans chacune des branches. De plus, son métier d'élève le contraint à respecter le contrat didactique établi avec chaque enseignant. Néanmoins, l'abondance de ces diverses informations peut mener l'élève à mal décoder certains aspects implicites de situations.

Pour les élèves allophones, les habitudes scolaires peuvent être d'autant plus variées qu'ils proviennent d'autres pays, et donc d'autres systèmes scolaires.

3.6.3 Les conceptions alternatives des élèves

Comme l'écrit Jean-Pierre Astolfi (2015), chaque élève arrive en classe avec ses propres représentations des concepts de la vie, que ce soit la digestion, les schémas électriques, etc. Chacune de ces conceptions préalables est fortement ancrée dans l'élève, ce qui la rend très résistante à tout enseignement d'un concept nouveau d'un point de vue scolaire, mais connu de la vie de tous les jours. Ces conceptions auront donc une influence sur l'élève et la manière qu'il aura de comprendre une situation et surtout de la représenter.

3.6.4 Les opérations intellectuelles impliquées

D'autres erreurs faites par les élèves sont dues à la diversité des opérations intellectuelles potentiellement utilisables pour résoudre des problèmes qui paraissent similaires. Effectivement, Gérard Vergnaud a introduit les champs conceptuels suite à la multitude d'opérations logiques qui pouvait correspondre à une seule opération arithmétique. Par exemple, dans le champ conceptuel additif, il y a les problèmes tels que

> *Julie a 7 billes. Clara en a 9. Combien de billes ont-elles au total ?*
> *Julie perd 5 billes. Elle en a maintenant 6. Combien de billes avait-elle avant de jouer ?*

Les problèmes tels que le premier exemple, qui correspond à un gain, comme l'addition, se résoudront plus facilement que ceux du type du second exemple, dans lequel il y a une idée de perte, bien que l'opération attendue soit une addition. Dans le champ conceptuel multiplicatif, qui nous intéresse plus particulièrement dans ce travail, nous retrouverons des énoncés comme ceux-ci :

> *Julie a 7 billes. Clara en a 4 fois plus. Combien de billes Clara a-t-elle ?*
> *Julie perd la moitié de ses billes. Elle en a maintenant 6. Combien de billes avait-elle avant de jouer ?*

C'est cette multitude d'opérations logiques qui peut induire les élèves en erreur dans le choix de l'opération intellectuelle à employer. Les problèmes à structure additive incitent les élèves à hésiter entre l'addition et la soustraction, alors que les problèmes à structure multiplicative, eux, poussent les élèves à se poser la question si une multiplication ou une division sera nécessaire pour résoudre le problème (Astolfi, 2015).

3.6.5 Les démarches adoptées

Selon Astolfi (2015), certaines démarches différentes de celles attendues par l'enseignant sont considérées comme des erreurs alors qu'elles montrent la pluralité des cheminements possibles. Cependant, l'exploitation de cette variété de stratégies de résolution pourrait être montrée en classe pour permettre aux élèves de s'approprier d'autres démarches, quelques fois plus rapides et efficaces que la leur, sans pour autant être au-delà de leur zone proximale de développement, concept développé par Lev Vygotski.

3.6.6 La surcharge cognitive

La surcharge cognitive est liée au nombre d'opérations mentales à mettre en place et d'éléments à retenir requis par l'élève au cours d'un même exercice. Plus il y a de choses à faire dans une même tâche, plus la charge mentale est importante, ce qui peut occasionner des erreurs dans les travaux des élèves (Astolfi, 2015).

3.6.7 Les autres disciplines

Souvent, les enseignants attendent des élèves qu'ils fassent des transferts des apprentissages qu'ils ont faits dans une branche vers une autre. Ils doivent réinvestir un concept, un outil que l'enseignant considère comme acquis dans une autre discipline. Un concept non acquis aura donc des conséquences sur les erreurs commises par l'élève (Astolfi, 2015). Astolfi parle donc de transfert d'une discipline à l'autre. Dans le cadre de notre recherche en lien avec les élèves allophones, nous allons légèrement modifier cette notion et considérer la lecture dans la langue de scolarisation comme un outil, un prérequis nécessaire à la résolution de problème. Ainsi, si celle-ci n'est pas acquise, les élèves auront davantage de difficultés et commettront plus d'erreurs dans les autres matières (Thouin, 2014, cité dans Tardif-Couture, 2016).

3.6.8 La complexité propre du contenu

D'après Astolfi (2015), la complexité d'une tâche est la dernière origine d'erreurs possible. Cette complexité inhérente à la tâche n'est pas toujours considérée comme la source exacte de l'erreur, puisqu'elle peut avoir une influence sur les autres catégories d'origine des erreurs, telle que la surcharge cognitive.

3.7 Typologie des erreurs utilisée pour l'analyse des productions des élèves allophones

Astolfi a créé sa typologie des erreurs (2015) pour répondre à un certain type de questions relatives aux mathématiques et aux erreurs commises par les élèves lors de résolution de problèmes ou d'effectuation de calculs. Kersaint et al. (2013), eux, se sont intéressés plus particulièrement aux élèves allophones et à l'apprentissage des mathématiques dans une langue qu'ils ne maîtrisent pas encore. Aucune de ces deux typologies ne nous satisfait pleinement, puisque nous voulons à la fois observer les erreurs spécifiques aux élèves allophones, et par conséquent plutôt liées à la linguistique selon Kersaint et al. (2013), mais aussi des erreurs que tout élève peut faire, comme listées dans la typologie d'Astolfi (2015). Ainsi, nous allons, dans le cadre de notre recherche, prendre uniquement les points qui nous intéressent et ainsi créer une nouvelle grille spécialement conçue pour notre analyse.

Dans la typologie des erreurs d'Astolfi (2015), nous allons garder les catégories suivantes :

1. La compréhension des consignes

   Les difficultés rencontrées par les élèves allophones dans la compréhension des consignes peuvent être de plusieurs origines. Premièrement, l'apprenant pourra éprouver de la peine dans la lecture elle-même, ce qui lui demandera plus de temps que pour les élèves standards. En effet, selon la provenance de l'élève, notre alphabet peut être une nouveauté. Deuxièmement, l'énoncé peut comporter des mots avec une signification particulière dans le contexte. Si l'élève ne le saisit pas, il lui sera d'autant plus dur de comprendre le sens du mot et la consigne complète.

2. Les habitudes scolaires et le mauvais décodage des attentes

   En fonction de leur origine, les élèves allophones peuvent avoir fréquenté une école et un système scolaire très différent de celui que nous connaissons en Valais. Pour ne nommer qu'un seul exemple, certains nouveaux arrivants n'avaient connu que l'école coranique. S'ajoutent à cela le parcours qu'ils ont dû faire pour arriver jusqu'ici et, par conséquent, une éventuelle déscolarisation plus ou moins longue. Tout ce vécu peut avoir une influence sur les habitudes scolaires de ces élèves et donc sur la résolution des problèmes mathématiques.

3. Les opérations intellectuelles impliquées

   Les problèmes que nous avons proposés aux élèves relevaient à chaque fois soit de la multiplication, soit de la division. Les élèves devaient donc faire le choix entre l'une et l'autre opération. Les diverses tournures de phrases et situations décrites pouvaient inciter les élèves à l'emploi d'une opération ou pouvaient, au contraire, les induire en erreur.

4. Les autres disciplines

   Comme nous l'avions présenté précédemment, la lecture dans la langue de scolarisation est un outil nécessaire à la résolution de problèmes en mathématiques. Si l'élève ne sait pas lire dans la langue dans laquelle est écrit l'énoncé, alors il ne pourra pas résoudre le problème correctement. Sa compréhension se limitera aux données chiffrées et le choix de l'opération s'en trouvera compliqué.

Nous avons ensuite complété cette nouvelle typologie adaptée à notre travail de recherche avec certaines difficultés relevées par Kersaint et al. (2013). Parmi celles concernant l'apprentissage des mathématiques par des élèves allophones, nous avons sélectionné les suivantes :

1. Le vocabulaire mathématique

   Cette première catégorie retenue de chez Kersaint et al. (2013) est étroitement liée avec celle concernant la compréhension des consignes d'Astolfi (2015). Effectivement, certains mots ont un sens différent selon le contexte dans lequel ils sont employés. Par conséquent, cette multitude de sens peut porter préjudice aux élèves allophones.

2. La syntaxe

   La manière dont un énoncé mathématique est écrit peut mener l'élève à quelques difficultés de traduction en langage mathématique. La complexité de la tâche mène les élèves allophones à s'attendre à une correspondance exacte entre donnée et représentation algébrique, mais ce n'est pas toujours le cas.

3. La sémantique

   La sémantique porte sur le sens et la signification donnés au langage. Dans notre recherche, il s'agit du sens donné à l'énoncé. Les difficultés liées à la sémantique le sont souvent également au vocabulaire mathématique. Au travers de la lecture du problème, l'élève doit mettre du sens à ce qu'il lit, faire des liens entre des coréférences, comprendre les anaphores, etc. (Kintsch & Rawson, 2005). Souvent, de grosses différences de sens sont cachées dans un seul petit mot.

Les difficultés décrites par Kersaint et al. (2013) que nous avons gardées pour notre analyse reprennent certains concepts relevés par Kintsch & Rawson (2005) dans leur ouvrage sur la compréhension de textes. La compréhension doit se faire à plusieurs niveaux pour permettre la compréhension complète du texte. Tout d'abord, au niveau linguistique, il s'agit de reconnaître le mot et son rôle dans la phrase ou l'expression. Ensuite vient le niveau sémantique, qui, comme présenté par Kersaint et al. (2013) s'intéresse plus spécifiquement au sens des mots et aux liens entre eux dans la phrase ou l'expression.

Finalement, un point important auquel nous allons prêter attention au long de notre recherche est la différence entre les difficultés liées à l'emploi d'outils mathématiques et celles liées à la compréhension de la donnée. Un point de comparaison intéressant se trouve entre la capacité qu'a l'élève à choisir la bonne opération pour résoudre le problème et celle qu'il a pour le résoudre correctement. Ainsi, si l'élève choisit l'opération adéquate mais ne parvient pas à résoudre le problème, nous pourrons raisonnablement supposer que la source principale de ses erreurs sera dans l'emploi des outils mathématiques et non dans la compréhension de l'énoncé. Etant donné que cette distinction possède un pouvoir fort discriminant, nous y accorderons une attention particulière dans l'analyse de nos résultats.

4 Questionnement

4.1 La question de recherche

Au travers de notre cadre conceptuel, nous nous sommes intéressés aux difficultés potentielles rencontrées par les élèves allophones dans la résolution de problèmes mathématiques. Nous avons également relevé quelques caractéristiques de ces énoncés, caractéristiques dont l'influence sur les élèves allophones n'a pas encore été observée.

Aussi, l'objectif de ce travail sera de tenter de déceler si les erreurs commises par les élèves allophones dans la résolution de problèmes mathématiques issus du champ conceptuel multiplicatif sont principalement d'origine linguistique (problème de compréhension) ou d'origine mathématique (utilisation incorrecte des outils mathématiques nécessaires). Il sera pour cela nécessaire de comparer ces résultats avec ceux des élèves standards de même niveau, afin de voir si des distinctions entre ces deux catégories d'apprenants peuvent être considérées significatives. Ces quelques observations concernant les sources d'erreurs et de difficultés rencontrées par les élèves allophones devraient également nous permettre de voir quels types de différenciation ont un impact positif sur leurs résultats. Ceci aboutirait enfin sur divers conseils à appliquer lors de l'enseignement pour intégrer au mieux ces élèves dans les classes.

Ces lectures et ces réflexions nous ont permis d'aboutir à la question de recherche suivante : En quelles mesures les variables linguistiques et la présence des analogies dans la donnée influencent-elles les élèves allophones dans la résolution de problèmes issus du champ conceptuel multiplicatif ?

4.2 Hypothèses

Au regard de notre cadre conceptuel, nous pouvons poser les hypothèses suivantes :

- Les variables linguistiques posent des difficultés aux élèves allophones qui ne comprennent pas la donnée, et par conséquent, ne peuvent pas résoudre correctement le problème.
- La présence de certaines analogies simplifie la compréhension de l'énoncé, et par conséquent, la résolution du problème, autant pour les élèves allophones que pour les élèves standards. La résolution est d'autant plus simple si les trois analogies sont présentes.
- Le type de problèmes issus du champ conceptuel multiplicatif a une influence sur la capacité de résolution du problème par l'élève allophone.

5 Méthodologie

5.1 Méthode choisie

L'objectif de notre recherche est de déterminer dans quelles mesures les difficultés rencontrées en mathématiques par les élèves allophones scolarisés en 9CO sont dues à des lacunes dans les outils mathématiques, ou, au contraire, à des difficultés dans la compréhension du français, c'est-à-dire dans la compréhension de la donnée du problème. Pour ce faire, nous ferons passer un questionnaire composé de seize problèmes issus du champ conceptuel multiplicatif, lequel nous permettra de récolter des données des élèves en situation.

Les outils de recherche, développés plus précisément ci-après, sont des problèmes de mathématiques issus du champ conceptuel multiplicatif, dont le but est de balayer un large spectre des opérations de cette catégorie. Comme il l'a déjà été dit précédemment, ces énoncés testent des objectifs de 8H. L'analyse des résultats, particulièrement une résolution incorrecte de l'énoncé malgré un choix correct de l'opération, ou alors, un choix incorrect de l'opération, devrait donc nous permettre de faire la différence entre une difficulté liée aux outils mathématiques ou une autre liée à la compréhension du français. Dans tous les cas, les difficultés rencontrées par les élèves allophones pourront être étudiées dans le but de trouver des pistes pour y remédier. Bien que notre questionnaire soit soumis à la fois à des élèves standards et à des élèves allophones pour permettre une comparaison de nos deux catégories, une analyse plus poussée des résultats du second groupe sera faite, puisqu'il s'agit de notre intérêt principal.

5.2 Echantillon

Parmi les écoles du secondaire I concernées par la problématique des élèves allophones, nous avons, pour des raisons pragmatiques, sélectionné un établissement du Valais central. Dans ce dernier, les élèves allophones sont regroupés dans diverses classes de mathématiques. En l'occurrence, trois classes de mathématiques de 9CO niveau II sont directement concernées. Onze élèves allophones y sont scolarisés. Ce sont donc l'ensemble des élèves de ces trois classes qui ont passé les problèmes proposés. En raison des élèves absents le jour où nous avons fait passer notre questionnaire, notre échantillon comporte un total de quarante-deux élèves, dont neuf sont allophones.

L'hétérogénéité des élèves allophones, en termes de provenance, de compétences mathématiques et de compétences dans la langue de scolarisation, est assez importante. Quatre élèves sont considérés comme élèves allophones primo et ont été scolarisés en Valais entre janvier et août 2017. Les cinq autres ont un statut d'élève allophone secundo. Leur scolarisation dans notre canton date de janvier 2014 à janvier 2016. Un tiers des élèves allophones est arrivé du Portugal, l'un vient d'Italie et les autres de pays du Moyen Orient. D'après les conversations avec les enseignantes de soutien et au vu des observations préalables personnelles, les progrès réalisés par chacun d'eux dans la langue de scolarisation depuis leur arrivée dans notre école ou dans notre canton sont très variés.

5.3 Outils de recherche

5.3.1 Construction du questionnaire – les problèmes proposés

Pour notre recherche, nous avons créé divers problèmes issus du champ conceptuel multiplicatif afin de tenter de recouvrir la typologie proposée par Vergnaud et ainsi tester une majorité des structures multiplicatives. Nous nous sommes inspirés de la banque de problèmes proposée par Graff et Wozniak dans leur ouvrage *Situations multiplicatives,* *Problèmes de multiplication et de division* (2011), ainsi que de leurs exemples. Nous les avons modifiés de manière à éviter les difficultés liées à la culture, puisque ce ne sont pas celles qui nous intéressent ici. Nous avons également fait le choix de ne pas présenter aux élèves des problèmes du type « Comparaison de rapport de proportionnelle », puisque les opérations avec les fractions n'ont pas encore été abordées en 9CO.

Nous avons aussi fait en sorte de tester divers aspects linguistiques dans ces problèmes, dans le but d'observer si les difficultés rencontrées par les élèves sont majoritairement liées aux structures mathématiques ou aux aspects linguistiques. Ces variables linguistiques sont issues du modèle de compréhension décrit par Kintsch et Rawson (2005). Certaines données ont été modifiées avec des anaphores ou des coréférences, alors que d'autres semblent, à priori, dépourvues de difficulté linguistique. Par exemple, dans l'énoncé 9, à lire ci-dessous, aucune anaphore ni coréférence n'est présente. En revanche, dans le 10, le sujet « Marc » est repris à l'aide du pronom « il ».

Liant linguistique et mathématiques, Perla Nesher et Eva Teubal se sont intéressées, dans leur article *Verbal Cues as an Interfering Factor in Verbal Problem Solving* (1975), aux indices présents dans les données et leur rôle pour atteindre ou non la bonne solution au problème. A travers leurs expériences, les auteures ont pu démontrer que certains mots incitent le choix de l'opération nécessaire à la résolution du problème. Elles donnent en exemple les mots-indices « plus » et « moins » (Nesher & Teubal, 1975, p.48). Nous avons donc délibérément ajouté certains mots de ce type, afin d'aiguiller les élèves sur le bon chemin, ou, au contraire, de peut-être les influencer négativement et les forcer à prendre la mauvaise direction.

Enfin, la dernière variable nous ayant guidés pour le choix des problèmes à faire passer aux élèves est celle des analogies de Sander (à paraître). Nous avons soumis quelques-uns de nos énoncés aux auteurs de cette théorie sur les analogies de substitution, de scénario et de simulation. La présence ou l'absence de ces analogies ont été contrôlées dans cinq problèmes parmi les seize proposés aux élèves, soit quasiment un tiers de nos questions. Il s'agit des énoncés 2, 7, 9, 14 et 15. Sur la base de leur analyse et à l'aide de la théorie faite par Sander (à paraître), nous avons évalué la présence des analogies dans les autres problèmes proposés dans notre recherche.

Voici, ci-dessous, la liste des seize problèmes qui ont été soumis à des élèves de 9CO.

1. *Jules dessine un segment de 20 cm. Il est 10 fois plus long que celui de Jean. Quelle est la longueur du segment de Jean ?*
2. *Léa a agrandi une photo avec un coefficient d'agrandissement égal à 3. Elle la donne ensuite à Jules qui l'agrandit encore. Jules rend la photo à Léa qui remarque qu'entre la photo originale et celle de Jules, le coefficient d'agrandissement est de 9. Quel est le coefficient d'agrandissement utilisé par Jules ?*
3. *Isabelle mesure 2 segments. Le premier mesure 117 cm, le second est 9 fois plus court. Combien mesure le deuxième segment ?*
4. *Arnaud possède 272 francs sur son compte en banque. Louis en possède 25 fois plus. Combien Louis a-t-il d'argent ?*
5. *Un carton contenant 43 paquets de bonbons pèse 26,5 kg. Combien pèse un carton qui contient 4 fois plus de paquets ?*
6. *Un bateau pêche 6584 poissons alors qu'un pêcheur sur sa barque en pêche 8. Combien de fois moins le pêcheur sur sa barque pêche-t-il ?*
7. *Une sauterelle mesure 20 cm de long au microscope et 5 cm de long à l'œil nu. Quelle est la longueur d'une fourmi à l'œil nu sachant qu'elle mesure 6 cm au microscope ?*
8. *Un kilogramme de viande coûte 23,50 francs. Combien coûte un rôti de 1,5 kg ?*
9. *92 boîtes contenant chacune 21 chocolats pèsent en tout 32,2 kg. Quel est le poids d'une boîte de 21 chocolats ?*
10. *Marc a 416 francs à dépenser pour Noël. Il veut dépenser 32 francs par cadeau. Combien peut-il en faire ?*
11. *Christophe a acheté 6 paquets de bonbons et a payé 24 francs. Combien paiera-t-il pour l'achat de 3 paquets ?*
12. *Martin a acheté 15 boîtes de biscuits. Dans chaque boîte, il y a 4 sachets de biscuits au chocolat. Les biscuits au chocolat sont groupés par 6. Combien de biscuits au chocolat Martin a-t-il achetés ?*
13. *Fred a 308 nouvelles billes rouges. Il vient d'acheter 11 paquets de billes, dans lesquels il y avait 7 sachets de billes rouges. Combien de billes rouges y avait-il dans chaque paquet ?*
14. *J'ai 5 t-shirts, 4 shorts et 3 casquettes. Combien de tenues différentes puis-je porter en tout ?*
15. *Avec les 4 cartes vertes posées sur la table, on peut former, en tout, 24 couples différents, composés d'une carte verte et d'une carte bleue. Quel est le nombre de cartes bleues ?*
16. *Dans un parc d'attractions, le prix est de 23 francs par enfant et par jour. Des enfants ont passé 5 jours dans ce parc d'attractions. Ils ont payé en tout 2990 francs. Combien d'enfants y ont été ?*

Le tableau complet des analyses des problèmes selon les variables mathématiques, les variables linguistiques et les analogies se trouve dans les annexes 11.2 (p. 77).

5.3.2 Analyse a priori des problèmes proposés

Une analyse a priori de chaque énoncé a été effectuée afin de savoir le type de problèmes auquel il appartenait, l'opération attendue, les variables mathématiques et linguistiques en jeu ainsi que les analogies présentes. Afin de ne pas surcharger la présente section, nous ne nous attarderons pas sur l'intégralité des analyses a priori effectuées pour les seize problèmes. En revanche, afin de montrer la méthode que nous avons utilisée pour obtenir le tableau d'analyse présent dans les annexes 11.2 (p. 77), voici quelques exemples pour certains de nos énoncés. La base de notre analyse s'est inspirée du travail effectué par Tardif-Couture (2016) dans son mémoire sous la direction de Izabella Oliveira. Nous nous sommes donc intéressés d'un côté aux variables mathématiques et de l'autre aux variables linguistiques en jeu. Nous avons également rajouté une colonne supplémentaire dans notre tableau pour le traitement des analogies de Sander (à paraître).

Commençons avec le problème 3 :

> *Isabelle mesure 2 segments. Le premier mesure 117 cm, le second est 9 fois plus court. Combien mesure le deuxième segment ?*

Ce problème ne traite que d'un seul domaine de grandeur, les unités de longueur, en l'occurrence, les centimètres. Selon la typologie de Vergnaud reprise par Graff et Wozniak (2011), il s'agit d'un problème de type « comparaison » de grandeurs. En effet, nous comparons la longueur de deux segments, en connaissant l'information que le deuxième est neuf fois plus court que le premier. Cette indication « fois plus court » est considérée comme un indice selon Nesher et Teubal (1975). D'un point de vue linguistique, il y a, dans cet énoncé, une coréférence, comme définie par Kintsch et Rawson (2005), avec la reprise de « second » par « deuxième ». Passons pour finir aux analogies de Sander (à paraître). L'analogie de substitution n'est pas présente, car l'énoncé parle de deux segments distincts et non pas d'un premier segment que l'on partage en neuf segments identiques. Pour cet exemple, l'analogie de substitution « diviser, c'est partager » aurait pu être employée. Mais ce n'est pas le cas ici. L'analogie de scénario n'est pas présente, elle non plus. L'élève ne peut pas, à travers l'énoncé, se référer à un scénario de la vie quotidienne. Enfin, l'analogie de simulation, quant à elle, est bel et bien présente. L'élève pourrait tout à fait s'imaginer mentalement diviser un segment neuf fois pour en obtenir un nouveau, neuf fois plus court.

Continuons avec le problème 8 :

Un kilogramme de viande coûte 23,50 francs. Combien coûte un rôti de 1,5 kg ?

Cet énoncé admet deux domaines de grandeurs, le poids, en kilogrammes, et le prix, en francs. Il appartient au type de problème « multiplication », la difficulté étant la présence de nombres décimaux. Aucun indice (Nesher & Teubal, 1975) n'est présent. Par contre, il y a plusieurs coréférences (Kintsch & Rawson, 2005). Premièrement, celle entre « kilogramme » et « kg », qui ne devrait pas poser trop de problème, et celle entre « viande » et « rôti », qui est susceptible de mettre les élèves allophones en difficultés. Enfin, les trois analogies (Sander, à paraître) sont présentes dans cet énoncé. Les élèves peuvent substituer la notion de multiplication à celle de reproduction à l'identique. Il s'agit d'un scénario présent dans la vie quotidienne non seulement pour les articles de boucherie, mais aussi pour d'autres produits, et ils peuvent également s'imaginer dans une telle situation dans un magasin.

Nous terminons avec un dernier exemple d'une analyse, celle du problème 16 :

Dans un parc d'attractions, le prix est de 23 francs par enfant et par jour. Des enfants ont passé 5 jours dans ce parc d'attractions. Ils ont payé en tout 2990 francs. Combien d'enfants y ont été ?

Ce dernier énoncé concerne trois domaines de grandeurs, le prix, en francs, la durée, en jours, et le nombre d'enfants. Il s'agit d'un problème du type « proportionnalité double ». Un indice (Nesher & Teubal, 1975), « en tout », peut aider les élèves dans la résolution de ce problème. Le texte est assez long en comparaison avec les autres problèmes. Il contient quatre phrases. Il n'y a pas de coréférence, cependant, il y a une anaphore (Kintsch & Rawson, 2005) : « y » reprend « le parc d'attractions ». L'analogie de substitution est facilitatrice dans ce problème, puisque cela revient à se dire « diviser, c'est partager ». L'analogie de scénario est elle aussi présente. L'énoncé est conforme au scénario de répartition d'une grande quantité, ici l'argent, entre plusieurs quantités moins grandes, les jours et le nombre d'enfants. L'analogie de simulation, au contraire, ne se trouve pas ici. Les valeurs en jeu sont trop grandes pour permettre une simulation mentale de la situation de la part des élèves.

5.4 Contrôle des biais inhérents au contrat didactique

Dans le cadre de notre travail, pour éviter au maximum des résultats biaisés à cause du contrat didactique, nous avons procédé à un changement des enseignants surveillants les classes. Le tournus a été organisé de telle manière à ce que chaque classe ait un autre enseignant présent dans la salle au moment de la passation. Ceci nous a également permis d'éviter d'inciter les élèves à donner une réponse en lien avec le chapitre vu avec l'enseignante habituelle.

En guise de rappel, Guy Brousseau évoque, dans sa *Théorie des situations didactiques* (2004), l'existence d'un contrat didactique entre l'élève et le professeur. Ce contrat didactique n'est absolument pas explicite et ne ressemble à aucun contrat papier que les deux individus pourraient signer. Il s'agit d'un contrat implicite à la classe et spécifique au contenu de la classe, c'est-à-dire la connaissance mathématique. Chaque enseignant aura un contrat didactique différent, que l'élève devra, chaque année, s'approprier. Brousseau a cependant listé quelques « conséquences immédiates » de ce contrat. Il parle du devoir de l'enseignant de « créer des conditions suffisantes pour l'appropriation de connaissances » ce qui implique que « l'élève est supposé pouvoir satisfaire ces conditions (2004, p.61) ». Par conséquent, la relation didactique développée entre l'enseignant et l'enseigné ne peut cesser, car l'élève a le droit d'apprendre et le professeur doit permettre à l'élève d'acquérir de nouvelles connaissances (Brousseau, 2004).

En résumé, le contrat didactique est fait de règles implicites pour la plupart, et d'autres explicites, sur le comportement de l'élève, mais également de l'enseignant, et leur responsabilité dans le bon déroulement de la relation didactique. Cependant, suivre à la lettre uniquement les règles explicites de ce contrat peut mener à l'échec de cette relation. Les deux partenaires de ce contrat didactique sont donc en constante « recherche d'un contrat hypothétique » pour permettre le bon déroulement de cette relation (Brousseau, 2004, p.62).

Ainsi, afin de donner à chaque élève les mêmes conditions pour la réalisation de ces problèmes et de minimiser autant que faire se peut les biais inhérents au contrat didactique, une consigne assez stricte et précise a été rédigée en amont. Celle-ci a été distribuée à toutes les enseignantes concernées par cette recherche. Elle peut être consultée dans les annexes 11.1 (p. 76).

5.5 Méthode d’analyse des données

Afin de pouvoir avoir un point de comparaison des résultats obtenus par les élèves allophones dans le cadre de ce travail de recherche, nous avons fait passer les mêmes problèmes à des élèves standards des mêmes classes que celles dans lesquelles les élèves allophones sont scolarisés. Ainsi, nous avons créé deux catégories principales : d’un côté, les élèves standards, et de l’autre, les élèves allophones.

De plus, dans le but d’observer si c’était l’outil mathématique qui posait problème à l’élève, ou alors la lecture et l’interprétation de la donnée du problème, nous avons analysé les données de chaque catégorie sous deux points de vue différents. Le premier s’intéressait à la résolution correcte des problèmes qui avaient été proposés aux élèves. Le second ne prenait en compte uniquement le choix de l’opération. Une erreur de sa mise en œuvre ou un mauvais choix des valeurs n’avaient pas d’importance.

Nous allons donc commencer par analyser séparément les résultats de nos deux catégories principales. Chacune d’entre elle sera faite sous l’angle de la résolution et celui du choix de l’opération, puis ces deux catégories seront comparées. Ensuite, nous procéderons à une comparaison des résultats des deux catégories principales dans chacune des deux sous-catégories (résolution correcte et choix de l’opération correct), avant de terminer avec une analyse plus détaillée des résultats des élèves allophones et des procédures mises en place.

6 Analyse des données

Pour rendre l’analyse de données suffisamment lisible, nous avons opté d’abord pour deux catégories bien distinctes, les élèves standards et les élèves allophones. Nous commencerons donc par une analyse en détails de ces résultats. Ensuite, nous passerons à la comparaison des résultats de ces deux catégories.

6.1 Elèves standards

Trente-trois élèves dits standards ont pris part à la résolution individuelle des problèmes proposés. Le graphique (Figure 1) ci-dessous représente la proportion de problèmes résolus correctement par rapport à ceux non résolus, résolus incorrectement ou résolus uniquement à moitié.

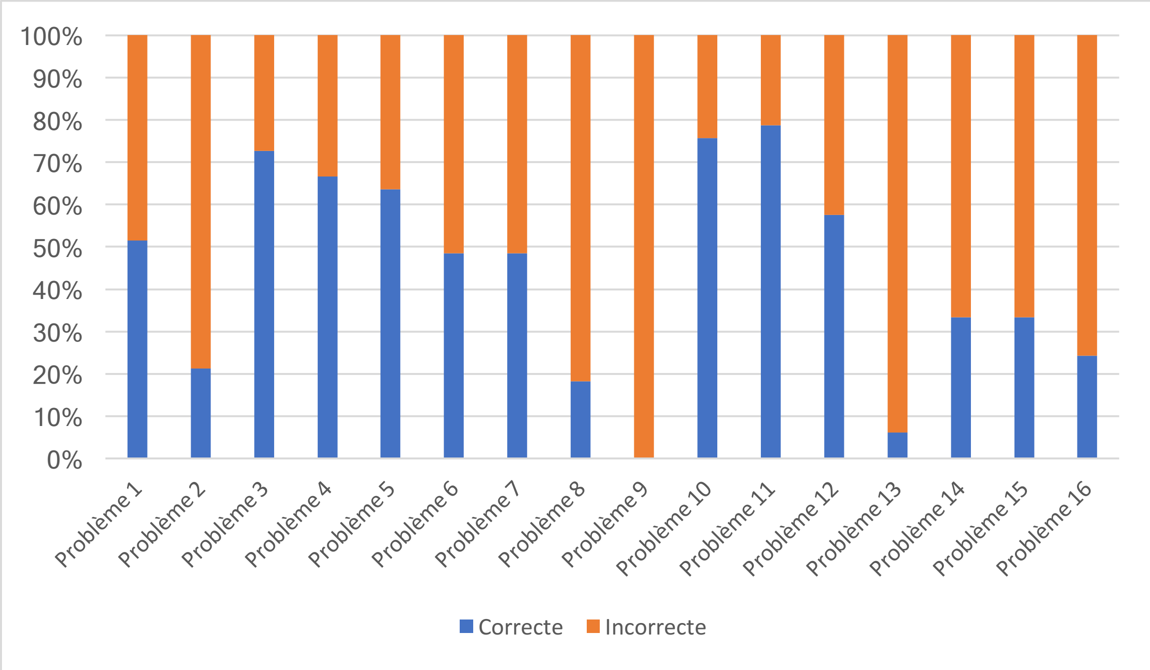


Figure 1: Résolution des problèmes par les élèves standards

Globalement, le taux de réussite dans la résolution des problèmes proposés aux élèves est de 43,75% pour cette catégorie, et le taux médian se situe à 48,48%. Dans ce graphique, nous pouvons aisément voir que sept problèmes parmi les seize proposés ont un taux de réussite inférieur au taux moyen. Il s'agit des problèmes 2, 8, 9, 13, 14 15 et 16. L'un d'entre eux, le numéro 9, affiche même un taux de réussite nul. Le problème 13, quant à lui, n'a été réussi que par deux élèves sur les trente-trois élèves standards.

Trois problèmes, le 1, le 6 et le 7, arborent un taux de réussite aux alentours de 50%. Enfin, les problèmes 3, 4, 5, 10, 11 et 12 obtiennent les meilleurs taux de réussite, le maximum étant de 78,79% pour le problème 11, dont un exemple de résolution est à voir ci-dessous (Figure 2). Il est talonné par le problème 10 et son taux de réussite de 75,76%.

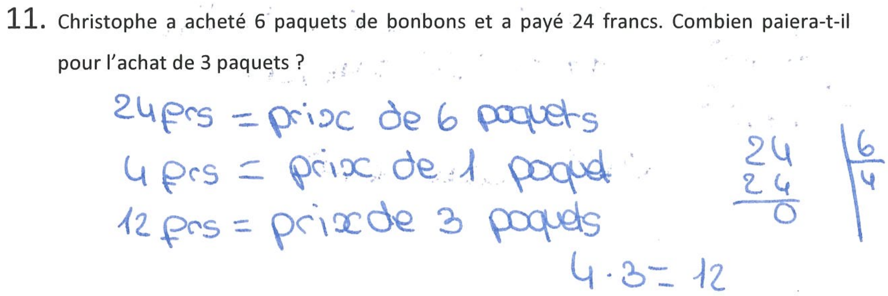


Figure 2 : Exemple de résolution du problème 11 par un élève standard

Le graphique suivant (Figure 3) représente la proportion de problèmes pour lesquels l'opération choisie est adéquate, par rapport à ceux pour lesquels le choix est erroné ou inexistant. L'emploi correct de l'outil mathématique, n'est, par contre, pas pris en compte dans ce graphique. Ainsi, nous retrouvons dans la proportion de choix judicieux, les élèves ayant résolu le problème correctement, ceux ayant choisi l'opération adéquate mais en ne l'utilisant pas correctement, et enfin, ceux ayant fait le bon choix mais n'ayant pas pris les bonnes valeurs.

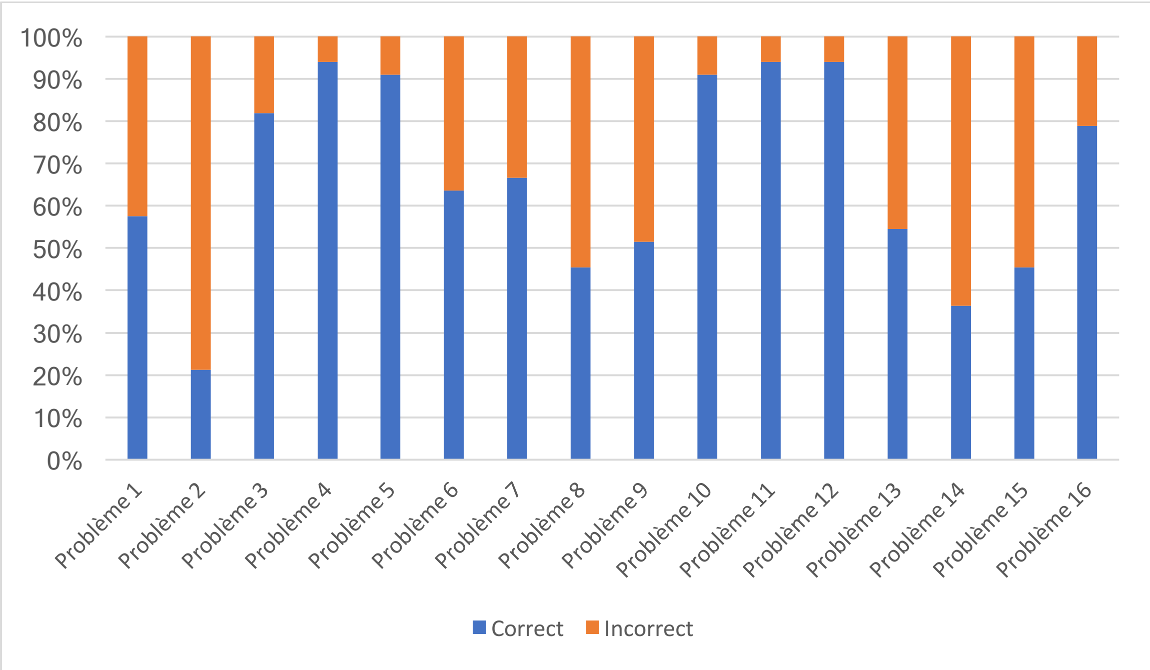
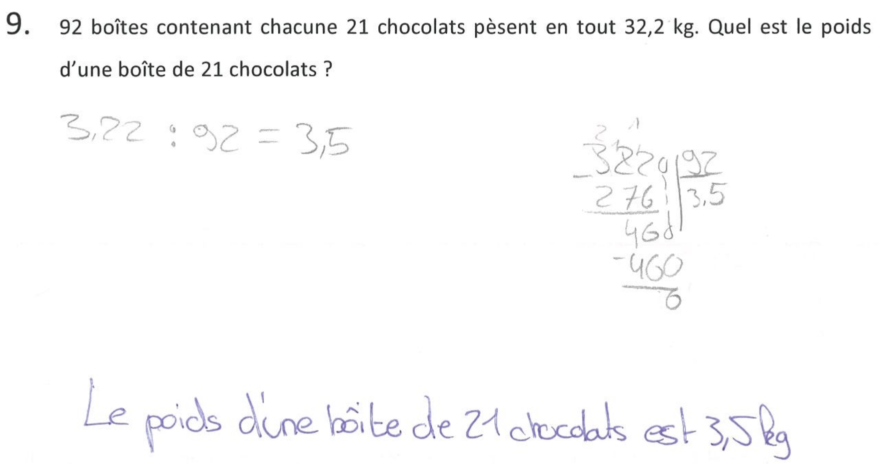


Figure 3 : Choix de l'opération par les élèves standards

Nous pouvons remarquer à l'aide de ce graphique (Figure 3) que le taux du choix adéquat de l'opération par les élèves dans la résolution de problèmes issus du champ conceptuel multiplicatif est plus élevé que le taux de réussite. Le taux moyen du choix correct de l'opération est de 66,67% et le taux médian est juste inférieur, à 65,15%. De manière générale, deux tiers des élèves font le bon choix entre multiplication et division pour résoudre ces problèmes. En revanche, ce choix adéquat ne leur permet pas forcément de résoudre correctement le problème, comme le montrent les deux exemples ci-dessous (Figure 4 et Figure 5).


9. 92 boîtes contenant chacune 21 chocolats pèsent en tout 32,2 kg. Quel est le poids d'une boîte de 21 chocolats ?

3,22 : 92 = 3,5

Le poids d'une boîte de 21 chocolats est 3,5 kg

Figure 4: Exemple de résolution incorrecte du problème 9 malgré un choix correct de l'opération

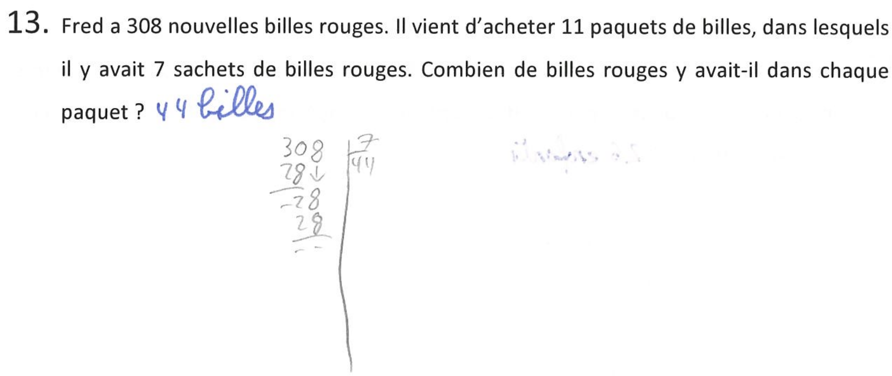

13. Fred a 308 nouvelles billes rouges. Il vient d'acheter 11 paquets de billes, dans lesquels il y avait 7 sachets de billes rouges. Combien de billes rouges y avait-il dans chaque paquet ? 44 billes

Figure 5: Exemple de résolution incorrecte du problème 13 malgré un choix correct de l'opération

Quelques problèmes se situent en dessous du taux moyen du choix correct de l'opération. Il s'agit des énoncés 1, 2, 6, 8, 9, 13, 14 et 15. Alors que certains d'entre eux se trouvent juste en dessous de la moyenne, d'autres, tels que les problèmes 2 et 14 sont passablement loin de la moyenne, tout comme le 8 et le 15.

En revanche, d'autres énoncés ont permis à quasiment tous les élèves de choisir la bonne opération. Plus de 90% d'entre eux ont fait un choix judicieux pour les problèmes 4, 5, 10, 11 et 12.

Enfin, ce dernier graphique (Figure 6) reprend les données des deux précédents. Il permet de comparer le nombre d'élèves standards ayant résolu le problème correctement par rapport au nombre d'élèves ayant choisi l'opération adéquate.

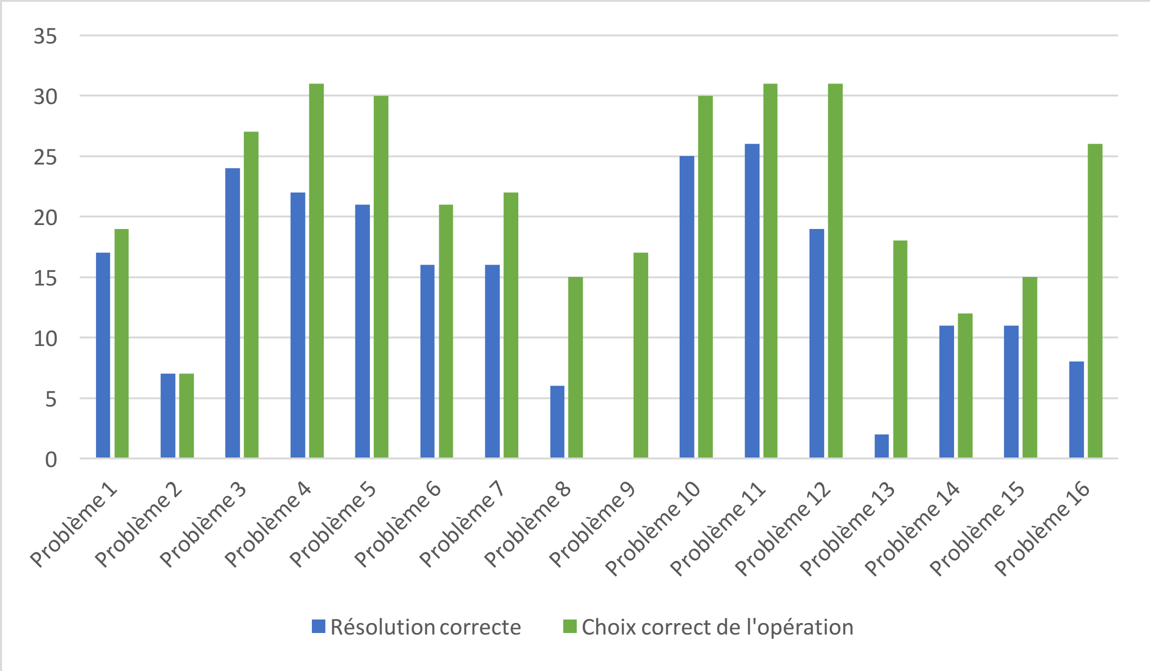


Figure 6: Résolution correcte vs. choix correct de l'opération par les 33 élèves standards

La différence entre le taux de réussite de la résolution du problème et le taux de choix correct de l'opération est visible ci-dessus (Figure 6). Nous avions présenté précédemment un taux moyen de réussite de 43,75%, alors que le taux moyen du choix correct de l'opération était de 66,67%. Environ un tiers des élèves (34,77%) ayant choisi l'outil mathématique adéquat ne choisissent pas les bonnes valeurs ou ne l'appliquent pas correctement. Cette mise en œuvre erronée ou la mauvaise sélection des valeurs les mènent à une résolution incorrecte du problème.

Plus en détails, certains problèmes obtiennent une proportion de réussite et du choix correct de l'opération très similaires, alors que d'autres affichent des écarts conséquents. Le problème 2 présente deux taux identiques. Ceux des problèmes 1, 3 et 14 s'avèrent relativement similaires, l'écart étant inférieur à 10%. La différence de taux des problèmes 6, 7, 10, 11 et 15 est inférieur à 20%. Cela signifie que, dans notre échantillon, moins de six élèves ont choisi la bonne opération sans pour autant résoudre le problème correctement. Cependant, les problèmes 4, 5, 8, 9, 12, 13 et 16 révèlent des écarts supérieurs à 25%, c'est-à-dire qu'au moins neuf élèves n'ont pas résolu le problème correctement bien qu'ayant choisi l'opération adéquate. Pour les problèmes 9 et 16, cette différence va même au-delà de 50%, avec 51,52% (17 élèves) pour le 9 et 54,55% (18 élèves) pour le 16.

6.2 Elèves allophones

Les trois graphiques ci-dessous reprennent le même genre de données que les précédents, mais selon les résultats des élèves allophones. Neuf élèves, avec des statuts d'allophones primo ou secundo, ont tenté de résoudre les problèmes de mathématiques qui leur étaient proposés. Le graphique suivant (Figure 7) représente la proportion d'élèves ayant résolu le problème correctement par rapport à ceux ne l'ayant pas fait, pas terminé et résolu de manière incorrecte. Il est à relever ici que l'un des élèves, pourtant scolarisé en Valais plus tôt que tous ses camarades, n'a pas essayé de résoudre ou de noter ses recherches à un seul problème. Un autre s'est occupé uniquement des quatre premiers énoncés proposés.

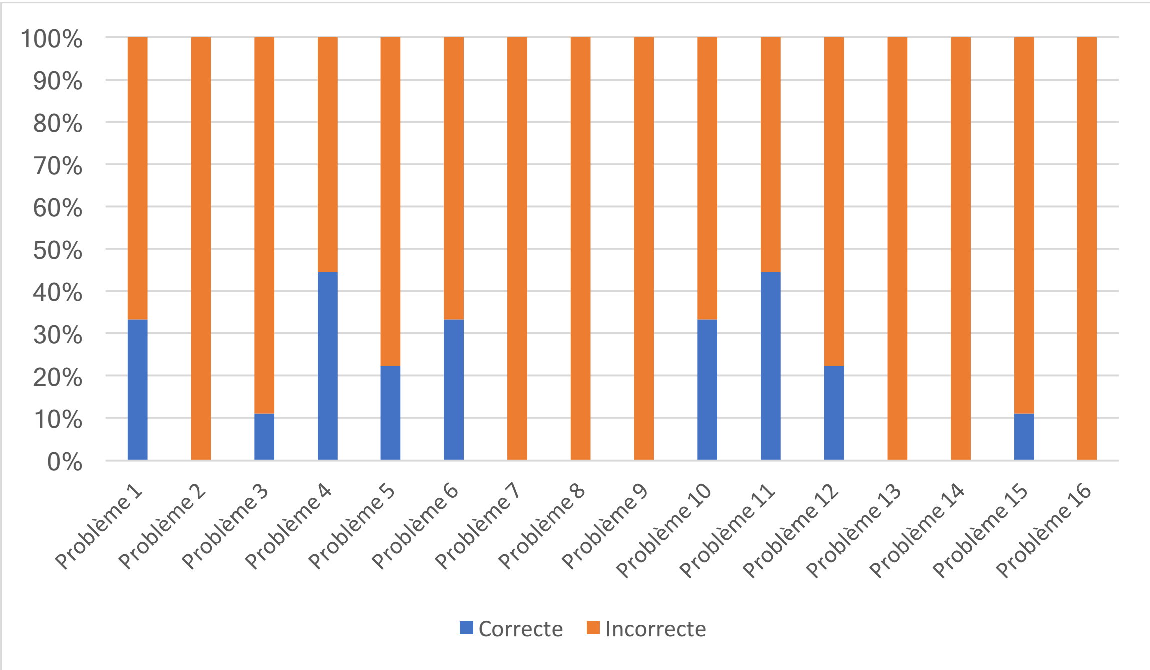
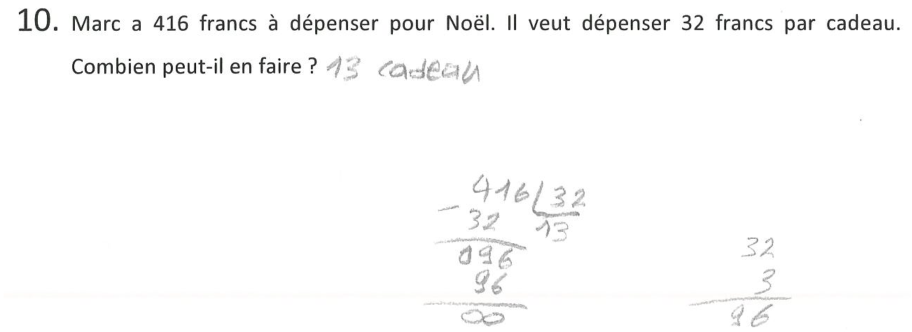


Figure 7: Résolution des problèmes par les élèves allophones

Nous pouvons voir ci-dessus (Figure 7) que plusieurs problèmes ont mis les élèves allophones en grandes difficultés, si bien qu'aucun d'entre eux n'a réussi à les résoudre correctement. Il s'agit des énoncés 2, 7, 8, 9, 13, 14 et 16. Les deux problèmes ayant obtenu le plus de réussite de la part de ces élèves sont les numéros 4 et 11, résolus correctement par quatre élèves sur les neuf. Ils sont suivis par les problèmes 1, 6 et 10 qui n'ont pas gêné trois élèves allophones. Enfin, les énoncés 5 et 9, réussis par deux élèves, sont également au-dessus du taux moyen de réussite de 15,97% et du taux médian (11,11%), contrairement aux problèmes 3 et 15, dont seul un élève à chaque fois a trouvé le résultat correct.

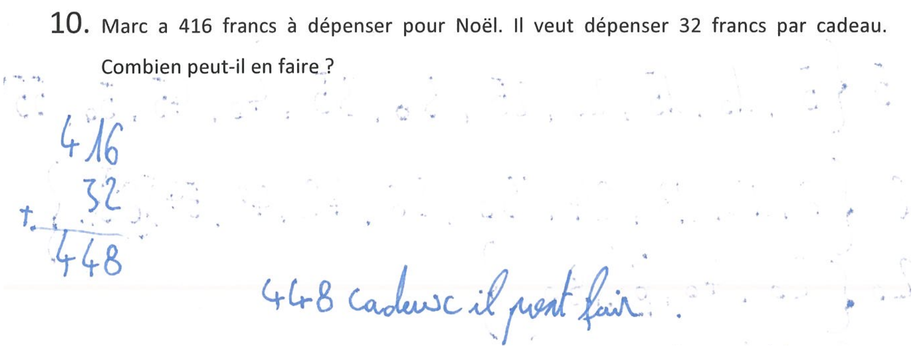
Voici deux exemples (Figure 8 et Figure 9), le premier d'une résolution correcte, le second, d'une résolution incorrecte, d'un même problème par deux élèves allophones différents.


10. Marc a 416 francs à dépenser pour Noël. Il veut dépenser 32 francs par cadeau. Combien peut-il en faire ? 13 cadeau

416 | 32
-32 | 13
096
96
00

32
3
96

Figure 8: Résolution correcte du problème 10 par un élève allophone

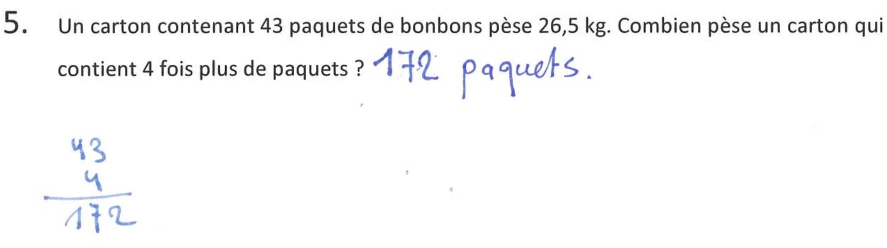

10. Marc a 416 francs à dépenser pour Noël. Il veut dépenser 32 francs par cadeau. Combien peut-il en faire ?

416
+ 32
448

448 cadeusc il peut fair.

Figure 9: Résolution incorrecte du problème 10 par un élève allophone

Le graphique ci-dessous (Figure 11) rend compte du choix de l'opération des élèves. Le bleu représente la proportion d'élèves allophones ayant choisi l'opération adéquate à la résolution du problème, peu importe si celle-ci a été réalisée correctement ou avec les bonnes valeurs. Ci-dessous (Figure 10) se trouve un exemple d'un problème pour lequel l'opération est correcte, mais les variables choisies sont fausses.


5. Un carton contenant 43 paquets de bonbons pèse 26,5 kg. Combien pèse un carton qui contient 4 fois plus de paquets ? 172 paquets.

43
4
172

Figure 10: Problème avec choix correct de l'opération, mais mauvais choix des variables

En orange, par contre, nous retrouvons les élèves n'ayant pas fait le bon choix de l'opération.

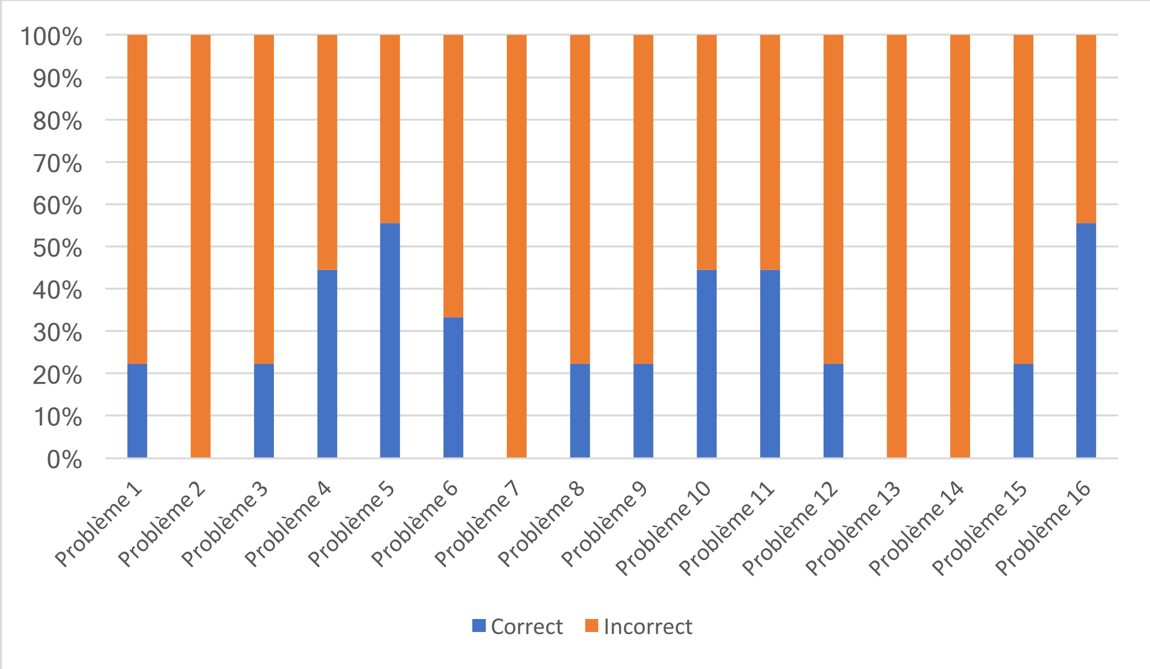


Figure 11: Choix de l'opération par les élèves allophones

Contrairement aux élèves standards, nous remarquons dans ce graphique (Figure 11) qu'il y a des problèmes pour lesquels aucun élève allophone n'a choisi l'opération adéquate. Il s'agit des problèmes 2, 7, 13 et 14. Les énoncés ayant mené le plus d'élèves à la bonne opération sont les 5 et 16, suivis des problèmes 4, 10 et 11. Pour finir, tous les autres énoncés, c'est-à-dire les numéros 1, 3, 8, 9, 12 et 15 ont permis à deux élèves de faire le choix judicieux, et même à trois pour le problème 6. Le taux moyen du choix adéquat de l'opération est plus élevé que celui de la résolution correcte, puisqu'il est de 25,69%. Le taux médian, également inférieur au taux moyen, est de 22,22%.

Ce dernier graphique (Figure 12), traitant uniquement des élèves allophones, reprend les deux précédents et permet de comparer la résolution correcte d'un problème et le choix de l'opération adéquate.

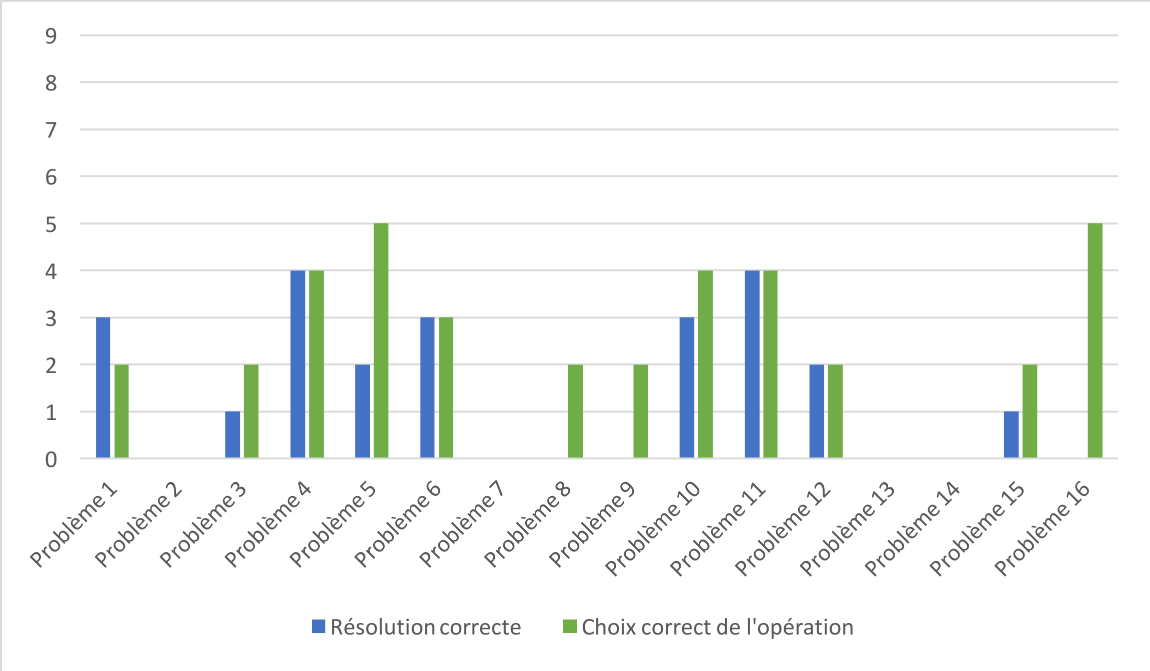
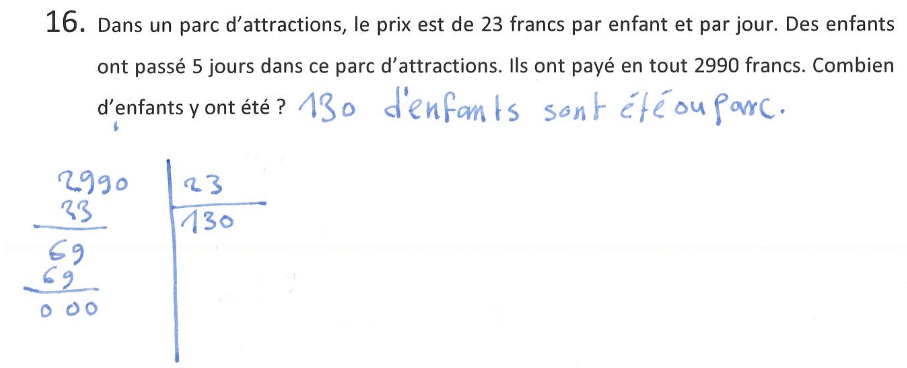


Figure 12: Résolution correcte vs. choix correct de l'opération par les 9 élèves allophones

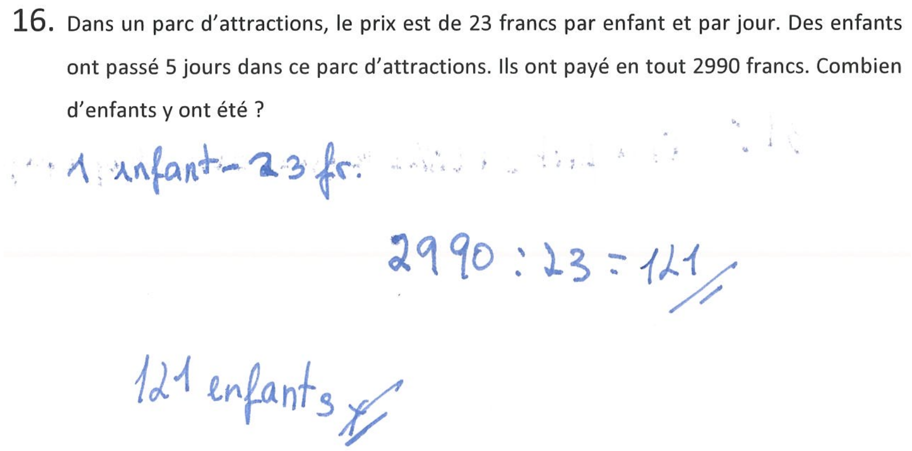
Nous voyons ci-dessus (Figure 12) que la différence entre la résolution correcte du problème et le choix adéquat de l'outil mathématique est moins importante chez les élèves allophones que chez les élèves standards. Alors que chez les élèves standards, l'écart entre les taux moyens de réussite et du choix correct de l'opération était de 22,92%, il est, chez les élèves allophones, de 9,72%. De plus, alors que plus d'un tiers (34,77%) des élèves standards ayant choisi le bon outil mathématique échouait ensuite dans la résolution du problème, la proportion d'échec malgré la bonne opération est inférieure chez les élèves allophones (30,31%). Cette tendance est visible dans le graphique. En effet, nous retrouvons quatre problèmes (4, 6, 11 et 12) pour lesquels ces deux proportions sont égales, en termes de réussite et de choix judicieux de l'opération, et quatre autres problèmes (2, 7, 13, 14) pour lesquels ni la résolution ni l'opération n'étaient correctes.

De grosses différences sont cependant à observer pour les problèmes qui n'ont été résolus correctement par aucun élève, en particulier l'énoncé 16. Effectivement, cinq élèves sur les sept l'ayant essayé ont utilisé une division, comme cela était attendu. Néanmoins, aucun d'entre eux n'a su terminer ce problème avec un résultat correct. Deux exemples des recherches effectuées sont à voir ci-dessous (Figure 13 et Figure 14).



16. Dans un parc d'attractions, le prix est de 23 francs par enfant et par jour. Des enfants ont passé 5 jours dans ce parc d'attractions. Ils ont payé en tout 2990 francs. Combien d'enfants y ont été ? 130 d'enfants sont été ou parc.

Figure 13: Choix correct de l'opération avec utilisation correcte de l'outil mathématique, mais sans terminer la résolution du problème 16



16. Dans un parc d'attractions, le prix est de 23 francs par enfant et par jour. Des enfants ont passé 5 jours dans ce parc d'attractions. Ils ont payé en tout 2990 francs. Combien d'enfants y ont été ?

Figure 14: Choix correct de l'opération avec utilisation incorrecte de l'outil mathématique pour le problème 16

Les problèmes 8 et 9 ont mis deux élèves sur la bonne voie pour l'outil mathématique, mais cela ne s'est malheureusement pas avéré concluant pour la résolution. Pour finir, l'énoncé 5, deuxième énoncé à avoir permis à cinq élèves sur sept de choisir la bonne opération, ne s'est soldé que par deux réussites.

Finalement, nous avons également ici une situation qui n'était pas apparue chez les élèves standards. Un problème a été résolu correctement sans pour autant que l'opération soit indiquée (problème 1), comme nous pouvons le voir dans la Figure 15 ci-dessous. Le nombre de résolutions correctes est par conséquent plus élevé que celui du choix correct de l'outil mathématique.

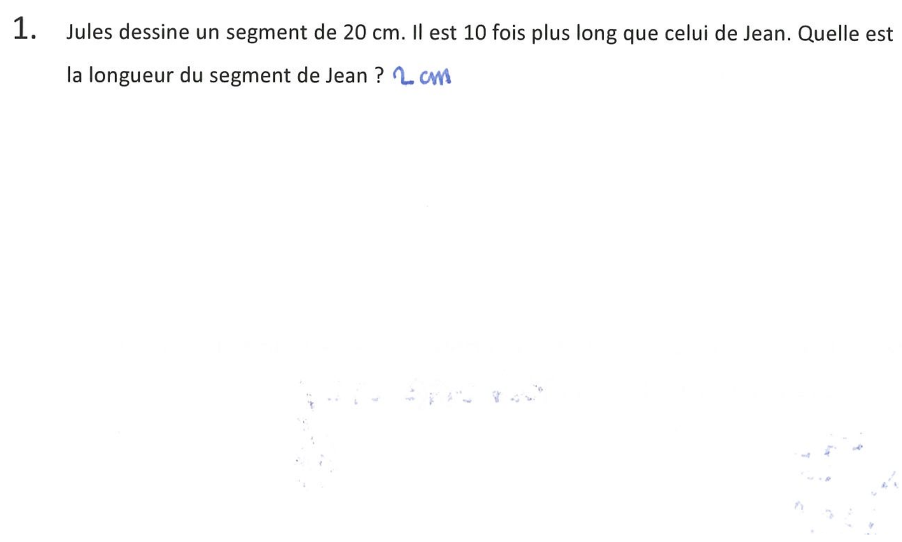

1. Jules dessine un segment de 20 cm. Il est 10 fois plus long que celui de Jean. Quelle est la longueur du segment de Jean ? 2 cm

Figure 15: Résolution correcte du problème 1 sans opération notée

Puisque nous avons analysé les données de nos deux catégories séparément, nous allons maintenant passer à la comparaison des résultats obtenus d'un côté par les élèves dits standards et de l'autre par les élèves allophones.

6.3 Taux de réussite

Les graphiques présentés ci-dessous reprennent les données que nous avons analysées précédemment. Cependant, nous confrontons dans ceux-ci les résultats de nos deux catégories précédentes. Ainsi, nous pouvons observer similitudes et différences dans la résolution de problèmes et dans le choix correct de l'opération entre les élèves standards et les élèves allophones.

6.3.1 Taux de réussite dans la résolution des problèmes

Le graphique suivant (Figure 16) présente la comparaison des taux de réussite obtenus par nos deux catégories pour chaque problème. Nous avons également rajouté une dernière colonne intitulée « Total » afin de voir l'influence de la prise en compte des élèves allophones dans le calcul des taux de tous les élèves confondus.

Nous commencerons par mettre en évidence les grandes différences observables à travers ce graphique. Ensuite, nous nous attarderons sur les points communs de nos deux catégories. Enfin, nous terminerons par quelques mots sur la prise en compte de tous les élèves comme un seul et même groupe.

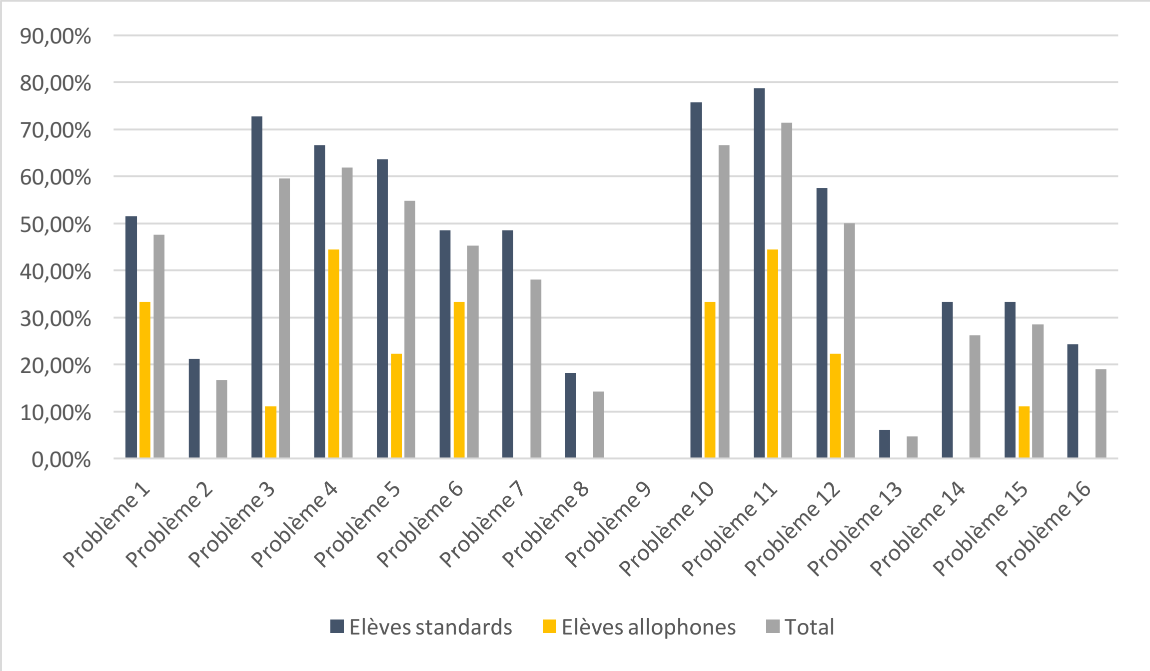


Figure 16: Comparaison du taux de réussite dans la résolution des problèmes

Le problème ayant le plus grand écart (61,62%) entre les taux de réussite des élèves standards et des élèves allophones est le numéro 3. 72,73% des élèves standards (soit vingt-quatre élèves) l'ont réussi, alors qu'uniquement 11,11% des élèves allophones (soit un seul) l'ont résolu correctement. Les énoncés 5, 7 et 10 obtiennent également des taux de réussite très différents, l'écart allant de 41,41% à 48,48%. Le problème 7 fait aussi partie de ceux qui ont été réussis par quelques élèves standards mais, en revanche, par aucun élève allophone, tout comme les numéros 2, 8, 13, 14 et 16. Enfin, les énoncés 11, 12 et 14 possèdent encore un écart entre les taux de réussite de chaque catégorie supérieur à 30%.

Passons maintenant aux résultats similaires obtenus par les deux groupes. Aucun élève standard ni aucun élève allophone n'a réussi à résoudre le problème 9. Le problème 13, quant à lui, n'a permis qu'à 6,06% des élèves standards, mais à aucun élève allophone, de trouver le résultat attendu. Cette différence est moindre. Enfin, si nous observons encore les écarts de taux inférieurs à 20%, nous retrouvons le premier problème, qui a été résolu correctement par plus de la moitié des élèves standards et un tiers des élèves allophones, le problème 6, avec des taux de réussite similaires au premier, et le problème 8, qui, lui, a été réussi par quelques élèves standards, mais aucun allophone.

Si l'on compare les meilleurs taux de chaque catégorie, le problème 4 est l'un des deux problèmes avec le plus haut taux de réussite chez les élèves allophones. Par contre, ce n'est pas le cas chez les élèves standards où il est le quatrième énoncé le mieux réussi. En revanche, le deuxième problème avec le meilleur taux de réussite chez les élèves allophones, l'énoncé 11, est également celui qui obtient le taux le plus élevé des élèves standards, et, par conséquent, de tous les élèves confondus.

Pour terminer, la colonne « Total » nous montre ici que la prise en compte des élèves allophones dans le calcul du taux de réussite pour chaque problème le diminuait. En effet, même si ces derniers obtiennent un taux de réussite proche de 50% si nous ne regardons que leur catégorie (problèmes 4 et 11), leur intégration dans le calcul du taux de tous les élèves confondus a une influence négative. Cette influence reste néanmoins médiocre, puisqu'elle est inférieure à 10%.

En conclusion, nous pouvons dégager plusieurs familles de problèmes en fonction de l'écart des taux de réussite entre les élèves allophones et les élèves standards. Le premier groupe comprend le seul problème pour lequel la différence est supérieure à 50%, c'est-à-dire le numéro 3. Pour ne pas avoir de problèmes isolés dans un groupe, nous faisons le choix de le considérer dans la même catégorie que les problèmes pour lesquels l'écart se situe entre 40% et 50%, à savoir les énoncés 5, 7 et 10. Suit la famille de problèmes avec un écart de taux de réussite entre 30% et 40%, composée des numéros 11, 12 et 14. Les énoncés 2, 4, 15 et 16 obtiennent des taux plus similaires avec des différences allant de 20% à 30%. Enfin, l'écart diminue encore pour les problèmes 1, 6 et 8, puisqu'il se situe entre 10% et 20%. Finalement, nous obtenons presque une similitude pour le problème 13, et une exacte similitude pour le problème 9 qui n'a été réussi par aucun élève de nos deux catégories.

6.3.2 Taux du choix correct de l'opération

Terminons avec la comparaison des taux de choix correct de l'opération. Dans ce dernier graphique (Figure 17), nous retrouvons les proportions d'élèves standards, d'élèves allophones et de tous les élèves confondus ayant choisi la bonne opération afin de tenter de résoudre les problèmes. A nouveau, nous commencerons par relever les différences entre les élèves standards et les élèves allophones. Puis, nous passerons aux similitudes qui peuvent être observées entre ces deux catégories.

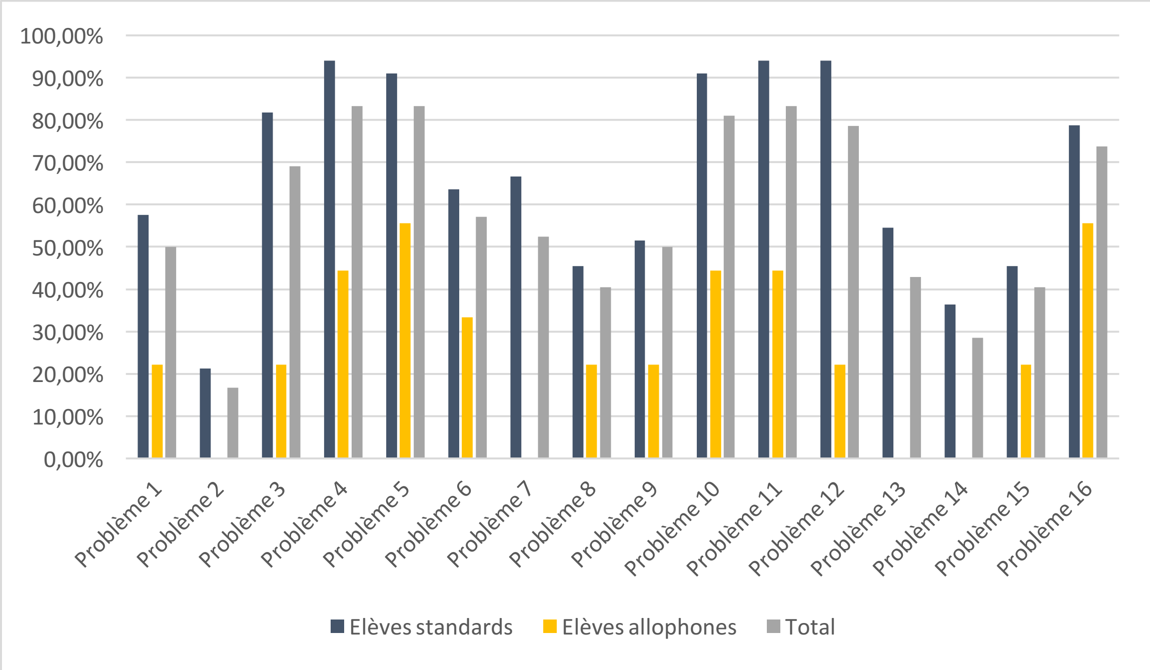


Figure 17: Comparaison des taux de choix correct de l'opération

La première différence marquante dans ce graphique se trouve dans les problèmes 2, 7, 13 et 14. Alors que pour l'entier des problèmes proposés, au moins 20% des élèves standards ont choisi l'opération adéquate, pour quatre problèmes, soit un quart des énoncés, aucun élève allophone n'a sélectionné le bon outil mathématique.

Avant de continuer cette analyse, il est aussi à noter que l'écart entre les élèves standards et les élèves allophones pour les taux de choix correct de l'opération est beaucoup plus grand que celui entre ces deux catégories pour la résolution correcte du problème. Par conséquent, il y aura plus de différences que de similitudes à observer dans ce graphique.

Quatre problèmes ont un écart entre les taux de choix correct de l'opération de chaque groupe supérieur à 50%. Il s'agit des énoncés 3, 7, 12 et 13. Ceux-ci sont suivis de près par les problèmes 4, 10 et 11, pour lesquels l'écart dépasse 45%. La différence entre les taux du choix correct de l'opération s'amenuise pour les énoncés 1, 5, 6 et 14, tout en restant au-dessus de 30%. Enfin, pour les derniers problèmes, c'est-à-dire les 2, 8, 9 15 et 16, l'écart reste d'au moins 20%.

Si nous observons les taux de choix correct de l'opération, nous remarquons que les problèmes 5 et 16 sont les plus élevés (55,56%) chez les élèves allophones, mais ce n'est pas le cas des élèves standards. En effet, les élèves standards obtiennent les meilleurs taux de choix adéquat de l'outil mathématique pour les problèmes 4, 11 et 12 (93,94%).

Le problème 12 semble très intéressant à analyser plus en détails. Effectivement, il obtient l'un des meilleurs taux du choix correct de l'opération chez les élèves standards, mais aussi l'une des plus grandes différences entre les taux des deux catégories. Pour finir, malgré un écart conséquent entre les taux obtenus par nos deux groupes, les problèmes 10 et 11, quant à eux, ont deux des taux les plus élevés chez les élèves standards (respectivement 90,91% et 93,94%) et les deuxièmes plus hauts chez les élèves allophones (44,44% pour les deux).

7 Interprétation des résultats

Puisque les résultats ont été analysés sans faire de lien direct avec notre cadre conceptuel, nous allons passer à leur interprétation. Celle-ci nous permettra de voir à quel point nos résultats confirment ou infirment les hypothèses que nous avions précédemment posées.

7.1 Différence des taux de réussite

Nous allons reprendre les problèmes selon les catégories qui ont été formées précédemment durant leur analyse, c'est-à-dire en fonction de la différence des taux de réussite des élèves standards et des élèves allophones pour chaque énoncé. Nous reprendrons chaque famille dégagée selon ce critère afin d'observer d'éventuelles autres similarités dans la construction des problèmes et des variables mathématiques ou linguistiques présentes.

7.1.1 Première catégorie – Différence des taux supérieure à 40%

L'énoncé 3[1] est le seul problème qui obtient un écart entre les taux de réussite des élèves standards et des élèves allophones supérieur à 50%, atteignant 61,62%. Il est le troisième problème le mieux réussi par les élèves standards, mais figure en queue de liste des élèves allophones.

Ce problème fait partie du type « Comparaison de grandeurs » selon la typologie de Vergnaud reprise par Graff & Wozniak (2011). Un mot indice (Nesher & Teubal, 1975), « fois plus » peut soit aider les élèves, soit les perturber, car l'opération attendue demande une division. Une variable linguistique est présente, puisqu'il y a une coréférence (Kintsch & Rawson, 2005)

[1] Isabelle mesure 2 segments. Le premier mesure 117 cm, le second est 9 fois plus court. Combien mesure le deuxième segment ?

entre « second » et « deuxième ». Il s'agit également d'une variable linguistique liée à la sémantique (Kersaint et al., 2013), car ce sont deux synonymes. Enfin, les analogies (Sander, à paraître) de substitution et de scénario sont absentes de cet énoncé, alors que l'analogie de simulation est présente.

Dans cette catégorie se retrouvent également les énoncés 5, 7 et 10. Tout comme l'énoncé 3, le numéro 5[2] est du type « Comparaison de grandeurs » (Graff & Wozniak, 2011). Un indice (Nesher & Teubal, 1975), le même que dans l'énoncé 3 « fois plus » est aussi présent. Il devrait ici aider les élèves puisque la résolution correcte exige une multiplication. Cependant, il y a une variable mathématique inutile. De plus, le problème exige ici de travailler avec des nombres décimaux. D'un point de vue linguistique, et plus précisément sémantique (Kersaint et al., 2013), deux termes ayant des significations proches mais diverses sont présents, « carton » et « paquet ». Finalement, les trois analogies, celle de substitution, de scénario et de simulation (Sander, à paraître) se trouvent dans ce problème.

L'énoncé 7[3] travaille également sur un seul domaine de grandeur, comme les deux précédents, mais le type est différent. Il s'agit d'un énoncé impliquant une « Variation d'une grandeur avec un rapport implicite » (Graff & Wozniak, 2011). Ceci implique deux opérations, une pour trouver le rapport, puis une seconde pour trouver la grandeur manquante. Aucun indice n'est présent dans cet énoncé. Néanmoins, tout comme dans le problème 5, les variables mathématiques impliquent l'utilisation des nombres décimaux, ici dans le résultat. Linguistiquement, il y a une anaphore (Kintsch & Rawson, 2005), car le nom « la fourmi » est repris par le pronom « elle ». Deux des trois analogies de Sander (à paraître) ne sont pas dans cet énoncé. Il s'agit des analogies de substitution et de simulation.

Le problème 10[4], quant à lui, œuvre sur deux domaines de grandeurs, dans ce cas l'argent et le nombre de cadeaux. Il fait partie du type « Division-quotition » de Vergnaud (Graff & Wozniak, 2011). Il n'y a aucun indice (Nesher & Teubal, 1975) et l'opération et son résultat sont dans les nombres entiers. Cet énoncé contient une anaphore selon la définition de Kintsch & Rawson (2005), puisque le pronom « en » reprend le nom « cadeaux ». tout comme

---

[2] Un carton contenant 43 paquets de bonbons pèse 26,5 kg. Combien pèse un carton qui contient 4 fois plus de paquets ?

[3] Une sauterelle mesure 20 cm de long au microscope et 5 cm de long à l'œil nu. Quelle est la longueur d'une fourmi à l'œil nu sachant qu'elle mesure 6 cm au microscope ?

[4] Marc a 416 francs à dépenser pour Noël. Il veut dépenser 32 francs par cadeau. Combien peut-il en faire ?

dans l'énoncé 5, les analogies de substitution, de scénario et de simulation (Sander, à paraître) sont présentes ici.

Bien qu'elles soient diverses, les variables linguistiques présentes dans les quatre problèmes analysés ci-dessus semblent avoir un effet sur le taux de réussite des élèves allophones. En effet, ces énoncés obtiennent de bons résultats chez les élèves standards (trois d'entre eux sont parmi les cinq problèmes les plus réussis) et des résultats médiocres, voire nulles (énoncé 7) chez les élèves allophones. La présence de ces variables linguistiques dans les problèmes pourrait être l'une des explications des grands écarts observés dans cette catégorie entre les résultats des élèves allophones et les élèves standards.

Dans cette première catégorie, deux problèmes sont exactement les mêmes au niveau de la présence des analogies. En effet, les énoncés 5 et 10 possèdent les deux toutes les analogies de Sander (à paraître), à savoir l'analogie de substitution, de scénario et de simulation. Les deux autres énoncés, en revanche, ne permettent pas de trouver une analogie commune aux quatre problèmes de cette catégorie.

7.1.2 Deuxième catégorie – Différence des taux entre 30% et 40%

Passons maintenant à la deuxième famille de problèmes, celle pour lesquels la différence des taux de réussite se situe entre 30% et 40%. Trois problèmes se sont classés dans cette catégorie. Il s'agit des énoncés 11, 12 et 14.

L'énoncé 11[5] travaille sur deux domaines de grandeurs, l'argent et les paquets, alors que le 12[6] et le 14[7] en ont trois chacun : les boîtes, les sachets et les biscuits, et les t-shirts, les shorts et les casquettes, respectivement. L'énoncé 11 est du type « Quatrième proportionnelle » (Vergnaud, repris par Graff & Wozniak, 2011) et exige deux opérations, une division et une multiplication, pour trouver le résultat. Il n'y a aucun indice (Nesher & Teubal, 1975) dans cet énoncé, par contre, il y a une anaphore (Kintsch & Rawson, 2005), car le prénom « Christophe » est repris par le pronom « il ». L'analogie de substitution, celle de scénario et celle de simulation (Sander, à paraître) sont présentes dans ce problème.

---

[5] Christophe a acheté 6 paquets de bonbons et a payé 24 francs. Combien paiera-t-il pour l'achat de 3 paquets ?
[6] Martin a acheté 15 boîtes de biscuits. Dans chaque boîte, il y a 4 sachets de biscuits au chocolat. Les biscuits au chocolat sont groupés par 6. Combien de biscuits au chocolat Martin a-t-il achetés ?
[7] J'ai 5 t-shirts, 4 shorts et 3 casquettes. Combien de tenues différentes puis-je porter en tout ?

Le problème 12, fait partie, selon la typologie de Vergnaud (Graff & Wozniak, 2011) du type « Proportionnalité simple composée ». Deux multiplications successives sont nécessaires pour trouver le résultat. Tout comme dans l'énoncé précédent, il n'y a pas d'indice (Nesher & Teubal, 1975) pour aider l'élève. Néanmoins, le texte est un peu plus long que les autres énoncés, car il contient quatre phrases. De plus, une anaphore (Kintsch & Rawson, 2005) complique le texte. Le prénom « Martin » est repris par le pronom « il », mais il ne faut pas le confondre avec le « il » impersonnel, également présent dans l'énoncé. Remarquons que chaque analogie de Sander (à paraître) est présente dans ce problème.

Finalement, le dernier énoncé présent dans cette catégorie, le 14, est du type « Proportionnalité double ». Il s'agit d'un produit cartésien. Tout comme dans le problème précédent, les élèves doivent faire deux multiplications à la suite pour arriver au résultat attendu. Un indice comme ceux relevés par Nesher & Teubal (1975) est présent avec le « en tout », permettant à l'élève de savoir qu'il s'agit du nombre total de tenues que l'on peut former. Au niveau des variables linguistiques, il y a une coréférence (Kintsch & Rawson, 2005) plus compliquée, car avec le mot « tenue » il est sous-entendu « un t-shirt, un short et une casquette ». Pour finir, ni l'analogie de substitution, ni l'analogie de scénario (Sander, à paraître) ne sont présentes dans cet énoncé.

Nous remarquons dans cette famille de problèmes, tout comme dans la précédente, que des variables linguistiques sont à nouveau présentes dans les trois énoncés. En revanche, aucun d'entre eux ne sort de l'ensemble des nombres naturels. Il semblerait donc que l'emploi des outils mathématiques avec les nombres décimaux posent plus de problèmes aux élèves allophones que les nombres naturels et les empêchent de résoudre correctement les énoncés.

Cette seconde catégorie de problèmes possède un point commun dans la présence des analogies de Sander (à paraître). En effet, les trois énoncés permettent l'analogie de simulation. Deux des trois problèmes, le 11 et le 12 ont même les trois analogies, tout comme les énoncés 5 et 7 de la catégorie précédente.

7.1.3 Troisième catégorie – Différence des taux entre 20% et 30%

Semblablement au premier groupe, quatre problèmes ont obtenu des différences de taux de réussite pour se classer dans cette famille. Ce sont les problèmes 2, 4, 15 et 16. L'écart s'amenuise, puisqu'il est compris entre 20% et 30%.

Les énoncés 2 et 4 ne sont que sur un seul domaine de grandeurs, alors que le 15 et le 16 travaillent sur trois domaines de grandeurs. Le problème 2[8] fait partie du type « Composition de deux variations d'une même grandeur » (Graff & Wozniak, 2011). Il s'agit d'une seule grandeur que l'on a modifié deux fois et l'on cherche à trouver, soit la première, soit la seconde variation, ou alors, la variation totale. Il n'y aucun indice (Nesher & Teubal, 1975) dans ce long texte de quatre phrases. Cependant, cet énoncé est linguistiquement plus compliqué, en plus de sa longueur, dû aux nombreuses anaphores (Kintsch & Rawson, 2005) présentes. Celles-ci sont listées dans l'analyse détaillées des annexes 11.2 (p. 77). Finalement, l'analogie de substitution (Sander, à paraître) est absente, alors que celles de scénario et de simulation sont présentes.

L'énoncé 4[9] est classé dans le type « Comparaison de grandeurs » selon Graff & Wozniak (2011) qui se sont basés sur la typologie de Vergnaud. L'opération attendue, une multiplication, peut être induite à l'aide de l'indice « fois plus » de Nesher & Teubal (1975). Du point de vue linguistique, il y a deux anaphores (Kintsch & Rawson, 2005) dans ce problème. Deux pronoms « en » et « il » reprennent respectivement « de l'argent » et « Louis ». Finalement, toutes les analogies de Sander (à paraître) sont présentes dans cet énoncé.

Les problèmes 15[10] et 16[11] sont très similaires. Tous les deux font partie du type « Proportionnalité double » et se situent dans l'ensemble des nombres naturels. Chaque énoncé contient l'indice « en tout » (Nesher & Teubal, 1975). Les différences entre ces deux énoncés se trouvent dans les variables linguistiques et les analogies présentes. Alors que le problème 15 ne contient aucune variable linguistique, le texte du 16 est plus long. Il est formé de quatre phrases dans lesquelles se trouve une anaphore (Kintsch & Rawson, 2005). « Le parc d'attractions » est repris par le pronom « y ». Enfin, dans le problème 15, les analogies de substitution et de scénario (Sander, à paraître) sont absentes, alors qu'elles se trouvent dans

---

[8] Léa a agrandi une photo avec un coefficient d'agrandissement égal à 3. Elle la donne ensuite à Jules qui l'agrandit encore. Jules rend la photo à Léa qui remarque qu'entre la photo originale et celle de Jules, le coefficient d'agrandissement est de 9. Quel est le coefficient d'agrandissement utilisé par Jules ?

[9] Arnaud possède 272 francs sur son compte en banque. Louis en possède 25 fois plus. Combien Louis a-t-il d'argent ?

[10] Avec les 4 cartes vertes posées sur la table, on peut former, en tout, 24 couples différents, composés d'une carte verte et d'une carte bleue. Quel est le nombre de cartes bleues ?

[11] Dans un parc d'attractions, le prix est de 23 francs par enfant et par jour. Des enfants ont passé 5 jours dans ce parc d'attractions. Ils ont payé en tout 2990 francs. Combien d'enfants y ont été ?

l'énoncé 16, et, inversement, l'analogie de simulation est présente dans le problème 15, mais pas dans le 16.

Tout comme nous l'avons relevé dans la catégorie précédente, aucun de ces problèmes ne travaille en dehors de l'ensemble des nombres naturels. L'écart entre les taux de réussite des élèves allophones et des élèves standards diminuant, il semblerait qu'en privilégiant l'emploi de l'ensemble des nombres naturels, les élèves allophones soient plus à même de maintenir un taux similaire à celui des élèves standards. Les variables linguistiques seraient ici secondaires. L'emploi de l'outil mathématiques avec l'ensemble des nombres décimaux pose plus de problèmes aux élèves allophones. L'erreur n'est pas forcément due à la compréhension des consignes, mais plutôt à une surcharge cognitive. Il s'agit de l'une des erreurs issues de la typologie d'Astolfi (2015), mais ne fait pas partie de celles que nous avons sélectionnées pour ce travail.

7.1.4 Quatrième catégorie – Différence des taux entre 10% et 20%

Trois problèmes ont eu de petites différences, l'écart des taux se situant entre 10% et 20%. Ce sont les énoncés 1, 6 et 8. Alors que les deux premiers sont sur un seul domaine de grandeurs, le dernier travaille sur deux domaines, à savoir le prix et la quantité en kilogrammes.

Le problème 1[12] est du type « Variation d'une grandeur avec rapport explicite » selon la classification de Graff & Wozniak (2011) basée sur la typologie des problèmes de Vergnaud. Un indice (Nesher & Teubal, 1975), « fois plus », peut soit mettre les élèves sur la bonne voie, soit les perturber, puisqu'une division est nécessaire pour trouver le résultat. Une anaphore (Kintsch & Rawson, 2005) est également présente dans ce problème. Le pronom « il » reprend le nom « le dessin ». Pour finir, une seule analogie (Sander, à paraître), celle de simulation, est présente.

Le deuxième problème de cette catégorie, le numéro 6[13], fait partie du type « Comparaison de grandeurs » (Graff & Wozniak, 2011). Un indice de Nesher & Teubal (1975), « fois moins », pouvait aider les élèves à choisir la division plutôt que la multiplication. Chez les élèves

[12] Jules dessine un segment de 20 cm. Il est 10 fois plus long que celui de Jean. Quelle est la longueur du segment de Jean ?

[13] Un bateau pêche 6584 poissons alors qu'un pêcheur sur sa barque en pêche 8. Combien de fois moins le pêcheur sur sa barque pêche-t-il ?

allophones, mais aussi chez des élèves standards, cet indice n'en était pas un, puisqu'il en a incités à choisir une soustraction. Du point de vue des variables linguistiques, deux anaphores (Kintsch & Rawson, 2005) sont dans l'énoncé. Elles sont à voir dans les annexes 11.2 (p. 77). Tout comme pour le problème précédent, une seule analogie (Sander, à paraître), celle de substitution cette fois-ci, est présente.

Le dernier énoncé de cette catégorie, le 8[14], fait partie du type « Multiplication ». Contrairement à l'énoncé précédent, il n'y a pas d'indice (Nesher & Teubal, 1975). Mathématiquement, le problème est compliqué par la présence de nombres décimaux. Linguistiquement, il y a deux coréférences (Kintsch & Rawson, 2005), la première entre « viande » et « rôti » et la seconde entre « kilogramme » et son abréviation « kg. »

Dans cette catégorie, l'écart qui semblait être important lors de l'emploi des nombres décimaux se rétrécit suite à l'énoncé 8. Cependant, si nous observons les taux de réussite respectifs des élèves standards et des élèves allophones dans ce problème, nous pouvons voir que seuls 18,18% des élèves standards l'ont réussi, et qu'aucun élève allophone n'y est parvenu. Le bas taux de réussite des élèves standards pourrait être la raison pour laquelle ce problème se retrouve dans cette catégorie et non une autre.

Le fait de retrouver des anaphores et des coréférences également dans cette catégorie ne nous permet pas d'expliquer l'écart des taux de réussite entre les élèves allophones et les élèves standards uniquement à l'aide des variables linguistiques. Nous analyserons plus précisément les énoncés échoués par les élèves allophones pour comprendre ce qui leur a réellement posé problèmes dans leur résolution.

7.1.5 Cinquième catégorie – Différence inférieure à 10%

Enfin, deux problèmes ont obtenu des résultats quasiment similaires dans les taux de réussite des élèves standards et des élèves allophones. Il s'agit des problèmes 9, pour lequel le taux d réussite est nul pour les deux catégories, et le 13, que seuls 6,06% des élèves standards sont parvenus à résoudre correctement.

Le problème 9[15] travaille avec deux domaines de grandeurs, les boîtes et le poids en kilogrammes. Il est classé comme problème de type « Division-partition » selon la typologie

---

[14] Un kilogramme de viande coûte 23,50 francs. Combien coûte un rôti de 1,5 kg ?

[15] 92 boîtes contenant chacune 21 chocolats pèsent en tout 32,2 kg. Quel est le poids d'une boîte de 21 chocolats ?

de Vergnaud (Graff & Wozniak, 2011). Un indice (Nesher & Teubal, 1975) est présent dans la donnée, tout comme une information inutile à la résolution du problème. Celle-ci peut mener les élèves à choisir les mauvaises variables pour leur calcul. De plus, il emploie les nombres décimaux. Il s'agit de l'un des deux seuls problèmes n'ayant aucune variable linguistique. Il contient deux analogies, celles de substitution et de scénario, mais pas celle de simulation (Sander, à paraître).

Pour terminer, l'énoncé 13[16] est sur trois domaines de grandeurs : les billes, les paquets et les sachets. Il est dans le type « Proportionnalité simple composée ». Sa résolution requiert deux divisions successives. Plusieurs élèves se sont arrêtés après la première division en pensant l'exercice terminé. Contrairement au précédent, il n'y a pas d'indice dans cet énoncé (Nesher & Teubal, 1975). En revanche, il y a une coréférence avec le pronom relatif « lesquels » qui reprend « les paquets », ainsi qu'une anaphore (Kintsch & Rawson, 2005) avec le pronom « il » qui reprend « Fred » et qu'il ne faut pas confondre avec le pronom impersonnel. Enfin, sémantiquement (Kersaint et al., 2013), deux termes de sens proche mais différent sont dans le texte : « paquet » et « sachet ».

Dans cette catégorie à nouveau, nous trouvons un problème avec des nombres décimaux qui ne donne aucun écart des taux de réussite entre élèves allophones et élèves standards. Ceci est dû au fait qu'aucun élève standard, ni élève allophone n'a réussi à résoudre ce problème. Par conséquent, il semblerait que l'emploi des nombres décimaux diminue non seulement le taux de réussite des élèves allophones, mais également celui des élèves standards.

Le fait que le problème 9, qui n'a aucune variable linguistique, obtienne le même taux de réussite pour les élèves standards et les élèves allophones est surprenant. Cela impliquerait que la difficulté de cet exercice ne soit pas dans le texte, mais dans les variables mathématiques et / ou dans la présence ou non des analogies. En revanche, le problème 13 contient de nombreuses difficultés linguistiques qui pourraient empêcher les élèves allophones de résoudre ce problème correctement. Comme déjà signalé, nous reviendrons sur les difficultés spécifiques aux élèves allophones plus loin.

[16] Fred a 308 nouvelles billes rouges. Il vient d'acheter 11 paquets de billes, dans lesquels il y avait 7 sachets de billes rouges. Combien de billes rouges y avait-il dans chaque paquet ?

7.1.6 Comparaison des catégories

Au travers de cette analyse par catégorie, nous n'avons quasiment pas trouvé de points communs entre les problèmes de chaque famille, si ce n'est la difficulté engendrée par l'emploi des nombres décimaux. Effectivement, presque tous les énoncés possédaient des variables linguistiques, ce qui nous a empêchés de classer les problèmes en fonction de la présence d'anaphores, de coréférences, etc. Des anaphores sont à observer dans au moins un énoncé de chaque famille de problèmes. De plus, les deux seuls énoncés qui ne possèdent pas de variables linguistiques ne sont ni dans la même catégorie, ni dans des catégories adjacentes.

Au niveau des analogies, nous avons pu trouver quelques similitudes entre certains problèmes de trois catégories. Cependant, des problèmes de même configuration se retrouvent également dans d'autres familles, ce qui nous empêche, ici à nouveau, de créer une classification des problèmes selon ce critère. Six problèmes parmi les seize proposés aux élèves contenaient les trois analogies de Sander (à paraître). Ceux-ci sont répartis dans quatre des cinq familles de problèmes créées selon les écarts des taux de réussite des élèves. De manière similaire, l'énoncé 3, qui obtient la plus grande différence des taux de réussite, contient, comme expliqué précédemment, deux des trois analogies. Trois autres problèmes, le 1, le 14 et le 15, ont exactement la même configuration analogique, mais sont répartis dans les trois catégories suivantes, l'écart entre allophones et standards étant moins important.

En fin de compte, il semblerait que la grosse différence des taux de réussite entre les élèves standards et les élèves allophones ne permette pas de trouver de raison à cet écart dans les structures mathématiques, linguistiques et analogiques des problèmes. En effet, nous n'avons pas trouvé suffisamment de points communs entre les énoncés classés dans chacune des catégories, si ce n'est, éventuellement, la présence des nombres décimaux. Certaines variables linguistiques paraissent complexifier la donnée, mais les énoncés les contenant sont répartis dans diverses catégories. Concernant les analogies, à nouveau, leur présence et absence a une influence, mais leur répartition est multiple dans chaque groupe observé ci-dessus.

7.2 Résolution de problèmes par les élèves allophones

Maintenant que nous avons observé les caractéristiques des problèmes selon la différence des taux de réussite chez les élèves standards et chez les élèves allophones, nous allons nous concentrer sur celles des énoncés qui n'ont pas mené les élèves allophones vers la réussite.

Nous commencerons par les problèmes n'ayant permis aux élèves allophones ni de trouver la bonne réponse, ni de choisir l'opération adéquate. Nous passerons ensuite aux problèmes pour lesquels l'opération choisie était correcte, sans pour autant que cela les mène à la résolution correcte.

Finalement, nous terminerons l'analyse de cette catégorie avec les caractéristiques des problèmes ayant permis aux élèves allophones de les résoudre ou d'au moins choisir la bonne opération.

7.2.1 Résolution incorrecte

Au total, sept problèmes parmi les seize proposés aux élèves standards et allophones n'ont été réussi par aucun élève allophone. Quatre d'entre eux nous intéressent particulièrement dans cette partie, puisqu'ils n'ont pas non plus permis aux élèves allophones de choisir l'opération adéquate. Il s'agit des énoncés 2[17], 7[18], 13[19] et 14[20]. Leur analyse détaillée ayant été décrite plus haute, nous ne nous attarderons pas ici sur cela. En revanche, nous veillerons aux différences et aux points communs.

Si nous observons la présence et l'absence des analogies de Sander (à paraître) dans ces quatre énoncés, nous pouvons voir qu'aucun d'entre eux n'a l'analogie de substitution. Il semblerait donc que l'absence de cette analogie dans les énoncés des problèmes les rendent plus compliqués encore pour les élèves allophones, par rapport à ceux la contenant. A titre de comparaison, les deux problèmes ayant le mieux été réussi par les élèves allophones, à savoir les énoncés 4 et 11, possèdent cette analogie de substitution. Deux des trois problèmes suivants, le 10 et le 6, l'ont également. En résumé, quatre énoncés n'ayant pas cette analogie

[17] Léa a agrandi une photo avec un coefficient d'agrandissement égal à 3. Elle la donne ensuite à Jules qui l'agrandit encore. Jules rend la photo à Léa qui remarque qu'entre la photo originale et celle de Jules, le coefficient d'agrandissement est de 9. Quel est le coefficient d'agrandissement utilisé par Jules ?

[18] Une sauterelle mesure 20 cm de long au microscope et 5 cm de long à l'œil nu. Quelle est la longueur d'une fourmi à l'œil nu sachant qu'elle mesure 6 cm au microscope ?

[19] Fred a 308 nouvelles billes rouges. Il vient d'acheter 11 paquets de billes, dans lesquels il y avait 7 sachets de billes rouges. Combien de billes rouges y avait-il dans chaque paquet ?

[20] J'ai 5 t-shirts, 4 shorts et 3 casquettes. Combien de tenues différentes puis-je porter en tout ?

se retrouvent en queue de classement, alors que quatre parmi les cinq problèmes les plus réussis la possèdent. Cette comparaison paraît renforcer l'idée de la facilitation des problèmes pour les élèves allophones lorsque l'analogie de substitution est présente.

Du point de vue linguistique, tous ces énoncés ont au moins soit une anaphore, soit une coréférence (Kintsch & Rawson, 2005). En plus de cela, le problème 2 est particulièrement long. Cependant, la longueur ne paraît pas être un facteur important dans la capacité de résolution des problèmes par les élèves allophones, puisque d'autres énoncés ayant un texte plus long ne les ont pas gênés dans leur réussite. La complexité de ce deuxième énoncé se cache dans les nombreuses anaphores, cinq au total, réparties sur uniquement quatre phrases. De manière similaire, l'énoncé 13 regroupe plusieurs variables linguistiques sur seulement trois phrases : une anaphore, une coréférence, et deux termes très proches dont la différence sémantique (Kersaint et al., 2013) doit malgré tout être faite. Cette grande densité de variables linguistiques peut être une seconde explication aux difficultés rencontrées par les élèves allophones dans la résolution de ces problèmes, voire même dans le choix de l'opération pouvant les mener à la réussite.

Si nous observons la présence des indices de Nesher & Teubal (1975), nous remarquons que sur les quatre énoncés de cette catégorie, seul un, le 14, contient un indice dans sa donnée. En revanche, trois des cinq problèmes les mieux réussis ont un indice dans leur énoncé. Par conséquent, il se pourrait que la présence d'indices aide les élèves allophones à résoudre correctement les problèmes issus du champ conceptuel multiplicatif. Néanmoins, l'accent de ce travail n'ayant pas été entièrement mis sur cette variable, et l'absence et la présence étant plus ou moins uniformément réparties entre les problèmes réussis et échoués, nous ne pouvons admettre cela avec certitude.

Il peut être intéressant ici de rajouter une observation faite concernant les variables linguistiques. En effet, nous avons remarqué que trois des quatre problèmes contenant une coréférence n'avaient été réussis par aucun élève allophone. De plus, le seul n'ayant pas un taux de réussite nul n'a été résolu correctement seulement par un seul élève. Par conséquent, il semblerait que la coréférence soit une variable linguistique plus difficile à surmonter pour les élèves de cette catégorie que les anaphores.

7.2.2 Résolution incorrecte malgré un choix correct de l'opération

Sur les sept problèmes non réussis par les élèves allophones, trois leur ont malgré tout permis de choisir la bonne opération. Il s'agit des énoncés 8[21], 9[22] et 16[23]. Leur erreur, ici, n'est donc pas due, il semblerait, aux variables linguistiques (Kintsch & Rawson, 2005, & Kersaint et al., 2013), mais plutôt à un mauvais emploi de l'outil mathématique ou à une surcharge cognitive (Astolfi, 2015).

Contrairement à la catégorie précédente, les trois problèmes analysés ici possèdent tous l'analogie de substitution (Sander, à paraître). Cette observation conforte notre affirmation concernant la difficulté ajoutée au problème si l'énoncé ne contient pas cette première analogie. Nous reviendrons également dans les sections 7.2.3 et 7.2.4 sur l'importance de ces analogies dans la réussite des élèves allophones.

Attardons nous quelque peu sur les variables linguistiques présentes dans ces énoncés. Les trois problèmes de cette catégorie en possèdent moins que la précédente. L'un des problèmes, le 9, n'a aucune variable linguistique. L'énoncé 8, quant à lui, n'a qu'une coréférence et le 16, une anaphore. Le texte de ce dernier énoncé est un peu plus long que les autres. D'ailleurs, deux des trois problèmes ayant un texte plus long n'ont pas mené les élèves allophones à la réussite. L'énoncé 16 a toutefois permis à 55,55% de ces élèves de choisir la bonne opération. Par conséquent, la longueur du texte ne semble pas forcément influencer les élèves allophones. De plus, le problème 12 a été résolu correctement par 22,22% des élèves de cette catégorie, tout comme le taux de l'opération adéquate choisie.

Enfin, une variable à laquelle nous n'avions pas pensé directement et qui n'a pas été testée volontairement dans notre recherche semble avoir une importance concernant la réussite des élèves allophones. En effet, quatre problèmes ne travaillaient pas dans l'ensemble des nombres naturels, mais dans celui des nombres décimaux. Sur ces quatre énoncés, trois n'ont été réussis par aucun élève allophone. Parmi ceux-ci, deux ont malgré tout permis à 22,22% de ces élèves de choisir la bonne opération. Il semblerait donc que la présence de calculs avec

[21] Un kilogramme de viande coûte 23,50 francs. Combien coûte un rôti de 1,5 kg ?

[22] 92 boîtes contenant chacune 21 chocolats pèsent en tout 32,2 kg. Quel est le poids d'une boîte de 21 chocolats ?

[23] Dans un parc d'attractions, le prix est de 23 francs par enfant et par jour. Des enfants ont passé 5 jours dans ce parc d'attractions. Ils ont payé en tout 2990 francs. Combien d'enfants y ont été ?

les nombres décimaux diminue les chances de réussite des élèves, et augmente, conséquemment, l'écart avec les élèves dits standards.

7.2.3 Résolutions correctes

Afin d'essayer de trouver les caractéristiques des problèmes permettant aux élèves allophones d'être en situation de réussite, nous allons observer celles des cinq énoncés ayant obtenus les meilleurs taux de réussite et les meilleurs de taux de choix correct de l'opération.

Deux problèmes, les 4[24] et 11[25], ont obtenu un taux de réussite de 44,44% chez les élèves allophones. Ces deux problèmes sont similaires en plusieurs points. Premièrement, les deux énoncés possèdent toutes les analogies de Sander (à paraître). Deuxièmement, chacun d'entre eux n'a, comme variable linguistique, que des anaphores, respectivement deux et une. Enfin, tous deux travaillent dans l'ensemble des nombres entiers. Seule différence, l'énoncé 4 possède un indice (Nesher & Teubal, 1975), alors que ce n'est pas le cas du 11.

Ces deux problèmes sont suivis de près par les 1[26], 6[27] et 10[28], réussis par 33,33% des élèves de cette catégorie. Par ses variables, l'énoncé 10 rejoint le 4 et le 11, puisqu'il contient aussi les trois analogies de Sander (à paraître), n'a qu'une anaphore comme variable linguistique et travaille dans l'ensemble des nombres naturels. Les problèmes 6 et 10 sont également semblables concernant les variables mathématiques et linguistiques. En revanche, pour ce qui est des analogies (Sander, à paraître), le premier ne contient que l'analogie de simulation, et le sixième, uniquement celle de substitution. Malgré tout, ces deux énoncés ont aussi permis à 33,33% des élèves allophones de connaître une situation de réussite.

[24] Arnaud possède 272 francs sur son compte en banque. Louis en possède 25 fois plus. Combien Louis a-t-il d'argent ?

[25] Christophe a acheté 6 paquets de bonbons et a payé 24 francs. Combien paiera-t-il pour l'achat de 3 paquets ?

[26] Jules dessine un segment de 20 cm. Il est 10 fois plus long que celui de Jean. Quelle est la longueur du segment de Jean ?

[27] Un bateau pêche 6584 poissons alors qu'un pêcheur sur sa barque en pêche 8. Combien de fois moins le pêcheur sur sa barque pêche-t-il ?

[28] Marc a 416 francs à dépenser pour Noël. Il veut dépenser 32 francs par cadeau. Combien peut-il en faire ?

7.2.4 Choix correct de l'opération

Deux problèmes obtiennent un taux du choix correct de l'opération de 55,56% et trois de 44,44%. Ce sont les énoncés 5[29] et 16[30], et les 4, 10 et 11, respectivement. Ces trois derniers se trouvaient déjà dans la catégorie des problèmes les mieux réussis par les élèves allophones, dont nous avons parlé ci-dessus. Nous ne reviendrons donc pas sur les points communs de ces trois énoncés qui ont déjà été listés et analysés.

Il est cependant intéressant de voir pourquoi les cinq problèmes de cette catégorie ne sont pas exactement les mêmes que ceux de la précédente. Pourtant, l'énoncé 5 contient lui aussi les analogies de substitution, de scénario et de simulation de Sander (à paraître). Le 16, par contre, ne contient que l'analogie de substitution. Les variables linguistiques sont aussi diverses, puisque, dans l'énoncé 5, nous avons deux mots proches mais sémantiquement différents qui peuvent poser passablement de difficultés aux élèves allophones concernant la compréhension du texte, mais également le choix des variables à employer pour résoudre le problème (Kersaint et al., 2013). Le texte du 16, quant à lui, est plus long que les autres données.

Ces deux problèmes ont obtenu de gros écarts entre le taux de résolution correcte et le taux du choix correct de l'opération. En effet, ils ont obtenu les meilleurs taux du choix correct de l'opération, à savoir 55,56%, seuls deux élèves allophones ont terminé le 5, alors qu'aucun d'entre eux n'a réussi à finir le 16. Il semblerait que la difficulté rencontrée dans le problème 5 puisse être liée à la présence des nombres décimaux. Ainsi, les élèves ont pu choisir la multiplication, mais n'ont ensuite pas été capables d'appliquer l'algorithme de la multiplication avec les variables données. Il s'agirait par conséquent d'une surcharge cognitive (Astolfi, 2015). Une autre possibilité des difficultés rencontrées peut résider dans la présence, dans la donnée du problème, d'une information inutile. Le choix que doit faire l'élève concernant les variables utiles au problème peut être biaisé par une manque de compréhension de la donnée liée à la lecture (Kintsch & Rawson, 2005) ou à la sémantique (Kersaint et al., 2013). D'ailleurs, nous avions relevé plus haut la présence de deux termes proches, mais différents, pouvant accentuer cette difficulté de compréhension.

---

[29] Un carton contenant 43 paquets de bonbons pèse 26,5 kg. Combien pèse un carton qui contient 4 fois plus de paquets ?

[30] Dans un parc d'attractions, le prix est de 23 francs par enfant et par jour. Des enfants ont passé 5 jours dans ce parc d'attractions. Ils ont payé en tout 2990 francs. Combien d'enfants y ont été ?

Les difficultés rencontrées pour le second énoncé dans la même situation, pour lequel la différence des taux est encore plus grande, sont autres. Comme nous l'avons dit, le texte est plus long que les autres problèmes. Conséquemment, l'élève doit davantage se concentrer pour en comprendre le sens et décoder les informations qui s'y cachent (Kintsch & Rawson, 2005). De plus, la résolution nécessitait deux opérations. Or, souvent, les élèves se sont arrêtés après avoir fait un seul calcul. Ceci peut être dû au contrat didactique (Brousseau, 2004) mis en place dans la classe, ou simplement à la répétition des problèmes lors de notre recherche. En effet, la plupart des problèmes proposés, dix sur les seize, n'exigeaient qu'une opération pour trouver le résultat final. Les élèves ont pu généraliser cette observation, et ainsi s'arrêter après un seul calcul pour chacun des problèmes proposés.

7.2.5 Caractéristiques des problèmes menant à une situation de réussite

Au vu des résultats précédents et des analyses que nous avons pu en faire, nous sommes arrivés à faire émerger quelques caractéristiques nécessaires aux problèmes pour permettre aux élèves allophones d'être en situation de réussite. Celles-ci ne mènent pas forcément tous ces élèves à la réussite, mais contribuent fortement à les aider à y parvenir.

Ainsi, si l'énoncé du problème contient les trois analogies de Sander (à paraître), à savoir celle de substitution, celle de scénario et celle de simulation, il est déjà bien situé pour être réalisable par les élèves allophones. En plus de cela, il est préférable que le texte ne soit pas trop long et qu'il ne contienne que peu de variables linguistiques. À l'aide de notre recherche, nous avons pu remarquer que des textes d'environ deux phrases étaient plus à même d'être résolus correctement que s'ils en contenaient quatre. Concernant les variables linguistiques, il en va de même : une à deux anaphores ne semblent pas mettre les élèves en difficultés. Celles-ci augmentent en revanche avec la présence de coréférences. Enfin, d'un point de vue mathématiques, le travail avec les nombres décimaux ne semble pas être acquis par la plupart des élèves allophones que nous avons rencontrés dans le cadre de notre recherche. Aussi, en préférant l'ensemble des nombres entiers, il semblerait que les chances de réussite offertes aux élèves soient plus équitables.

Bien que certains problèmes n'ayant pas les trois analogies de Sander (à paraître) aient obtenu des taux de réussite tout à fait corrects, tels que les énoncés 1 et 6, nous avons également pu voir que d'autres, ne rassemblant pas toutes ces caractéristiques, se situaient rapidement au bas du classement.

Prenons comme premier exemple le problème 12[31]. Comme recommandé, celui-ci contient les trois analogies, n'a qu'une seule anaphore et travaille sur l'ensemble des nombres entiers. Cependant, le texte est un peu plus long. Ceci amène à des taux de réussite et du choix correct de l'opération égaux à 22,22%, soit la moitié que des taux obtenus par l'énoncé 4, en tête de classement.

Un autre exemple peut être illustré à l'aide de l'énoncé 8[32]. À nouveau, ce dernier remplit les caractéristiques des analogies et le texte est de longueur standard. Cependant, il contient deux variables linguistiques, deux coréférences qui plus est, et il travaille avec des nombres décimaux. Par conséquent, le taux de réussite de ce problème par les élèves allophones est nul.

7.3 Résolution de problèmes par les élèves standards

Afin de pouvoir faire quelques comparaisons entre les élèves allophones et les élèves standards et ainsi voir en quoi une adaptation est nécessaire pour les élèves allophones, nous allons reprendre les cinq problèmes ayant obtenus les meilleurs et les moins bons résultats dans leur résolution. Nous analyserons ensuite si cela correspond à ce que nous avions pu observer dans notre précédente catégorie. Nous ne relèverons pas ici les variables linguistiques, qui restent propres à la question des élèves allophones. Nous nous concentrerons sur la présence ou non d'analogies, ainsi que sur les variables mathématiques en jeu.

Nous tenons cependant à signaler qu'au vu des résultats globaux obtenus par les élèves standards dans la résolution de problèmes issus du champ conceptuel multiplicatif, un bon nombre d'élèves scolarisés en 9CO niveau 2 en mathématiques n'ont pas atteint les objectifs de 8H. Là n'étant pas la question de notre travail, nous ne nous attarderons pas ici sur ce sujet, bien qu'il semble évident que celui-ci soit plus profondément analysable et discutable.

[31] Martin a acheté 15 boîtes de biscuits. Dans chaque boîte, il y a 4 sachets de biscuits au chocolat. Les biscuits au chocolat sont groupés par 6. Combien de biscuits au chocolat Martin a-t-il achetés ?
[32] Un kilogramme de viande coûte 23,50 francs. Combien coûte un rôti de 1,5 kg ?

7.3.1 Résolutions incorrectes

Les cinq problèmes situés en queue de classement des élèves standards sont, selon leur taux de résolution correcte, le 16[33], le 2[34], le 8[35], le 13[36] et le 9[37]. Leur taux est inférieur à 25% et atteint même 0% pour l'énoncé 9.

La présence de ces problèmes au fond du classement revient plus ou moins à ce que nous avions pu observer chez les élèves allophones. Aussi, il n'est pas surprenant de voir que les élèves allophones aient eu de la peine à les résoudre si même les élèves standards ont connu des difficultés dans leur résolution.

Aucune similitude ne peut être notée dans la présence ou non des analogies (Sander, à paraître) dans ces problèmes. Seul l'énoncé 8 semble ne pas avoir sa place dans les problèmes les moins bien réussis, puisqu'il contient les trois analogies. Les difficultés rencontrées par les élèves dans ce problème sont donc ailleurs. Nous y reviendrons ci-dessous.

Mathématiquement, deux de ces cinq problèmes sont plus compliqués, car ils travaillent avec l'ensemble des nombres décimaux. Il s'agit de l'énoncé 8, dont nous avons parlé ci-dessus, et du 9. Ceux-ci sont également plus durs que les deux autres problèmes travaillant dans cet ensemble, car pour l'un, il s'agit d'une multiplication de deux nombres décimaux, et non pas d'un entier avec un décimal, et pour l'autre d'une division d'un décimal par un entier. Fait que nous avions déjà pu voir chez les élèves allophones, la présence de nombres décimaux augmente les difficultés que les élèves peuvent rencontrer dans la résolution d'un problème issu du champ conceptuel multiplicatif.

Les énoncés 13 et 16 exigent également un peu plus de travail de la part des élèves, puisqu'une seule opération ne suffit pas à trouver directement la réponse. Il peut s'agir de deux divisions à la suite ou de la combinaison d'une multiplication et d'une division. Bon nombre d'élèves standards, tout comme nous l'avions noté pour les élèves allophones, se sont arrêtés après

[33] Dans un parc d'attractions, le prix est de 23 francs par enfant et par jour. Des enfants ont passé 5 jours dans ce parc d'attractions. Ils ont payé en tout 2990 francs. Combien d'enfants y ont été ?

[34] Léa a agrandi une photo avec un coefficient d'agrandissement égal à 3. Elle la donne ensuite à Jules qui l'agrandit encore. Jules rend la photo à Léa qui remarque qu'entre la photo originale et celle de Jules, le coefficient d'agrandissement est de 9. Quel est le coefficient d'agrandissement utilisé par Jules ?

[35] Un kilogramme de viande coûte 23,50 francs. Combien coûte un rôti de 1,5 kg ?

[36] Fred a 308 nouvelles billes rouges. Il vient d'acheter 11 paquets de billes, dans lesquels il y avait 7 sachets de billes rouges. Combien de billes rouges y avait-il dans chaque paquet ?

[37] 92 boîtes contenant chacune 21 chocolats pèsent en tout 32,2 kg. Quel est le poids d'une boîte de 21 chocolats ?

avoir effectué une seule opération. Nous avions essayé de mettre le maximum en place pour éviter tout biais lié au contrat didactique (Brousseau, 2004). Malheureusement, nos efforts semblent ne pas avoir été suffisants pour éviter les erreurs de résolution en lien avec une pensée qu'ont beaucoup d'élèves : « J'ai fait un calcul, j'ai trouvé une réponse, qui plus est un nombre entier, donc j'ai terminé mon exercice ».

Enfin, le problème numéro 2 n'entre dans aucune des deux catégories présentées ci-dessus. Aucune variable mathématique ne s'avère apte à expliquer pourquoi le taux de résolution correcte est si bas. Le calcul demandé, 9 divisé par 3, est à la portée de tous. Aussi, nous pensons que la longueur du texte et les nombreuses anaphores ont posé des soucis autant aux élèves allophones qu'aux élèves standards. Effectivement, il s'agit de l'énoncé le plus long de tous ceux proposés aux élèves dans le cadre de notre recherche. C'est également celui qui contenait le plus d'anaphores.

7.3.2 Résolutions correctes

Les énoncés ayant obtenu les meilleurs taux de résolution sont, dans l'ordre, les énoncés 11[38], 10[39], 3[40], 4[41] et 5[42]. En guise de rappel, ils ont tous eu un taux de réussite supérieur à 60%. Trois de ces cinq problèmes, les 4, 10 et 11, font également partie de ceux les mieux réussis par les élèves allophones. La différence des taux de réussite avait beau être importante, si nous prenons chaque catégorie séparément, les problèmes en haut de classement sont quasiment les mêmes.

Ainsi, parmi les cinq énoncés ci-dessus, quatre contiennent les analogies de substitution, de scénario et de simulation (Sander, à paraître). D'ailleurs, nous pouvons même étendre cela à cinq des six problèmes les mieux réussis. Seul un énoncé contenant les trois analogies se place en queue de classement. Il s'agit du problème 8. Par conséquent, la présence des trois analogies dans les énoncés est non seulement facilitatrice pour les élèves allophones, mais également pour les élèves standards. Le fait que le numéro 8 ne se classe pas parmi les autres

[38] Christophe a acheté 6 paquets de bonbons et a payé 24 francs. Combien paiera-t-il pour l'achat de 3 paquets ?

[39] Marc a 416 francs à dépenser pour Noël. Il veut dépenser 32 francs par cadeau. Combien peut-il en faire ?

[40] Isabelle mesure 2 segments. Le premier mesure 117 cm, le second est 9 fois plus court. Combien mesure le deuxième segment ?

[41] Arnaud possède 272 francs sur son compte en banque. Louis en possède 25 fois plus. Combien Louis a-t-il d'argent ?

[42] Un carton contenant 43 paquets de bonbons pèse 26,5 kg. Combien pèse un carton qui contient 4 fois plus de paquets ?

énoncés possédant toutes les analogies est sûrement dû à la présence de nombres décimaux, comme nous l'avons expliqué plus haut.

Le fait que la présence des trois analogies de Sander (à paraître) soit aidante pour les élèves standards se démontre également dans le choix de l'opération adéquate. En effet, les cinq problèmes ayant obtenus les meilleurs taux de cette catégorie possèdent toutes les analogies. Les erreurs commises dans l'application de l'outil mathématique expliquent la minime différence de classement entre les problèmes résolus correctement et ceux pour lesquels l'opération choisie était correcte.

Les variables mathématiques de ces cinq problèmes sont peu nombreuses. En effet, une seule opération, soit une multiplication, soit une division, suffisait à les résoudre correctement. De plus, les quatre premiers énoncés travaillent dans l'ensemble des nombres naturels. Seul le cinquième est sur l'ensemble des nombres décimaux. Il est intéressant ici de noter que cet énoncé obtienne un top cinq chez les élèves standards autant dans le choix correct de l'opération que dans la résolution correcte du problème. Chez les élèves allophones, il s'agissait de l'un des deux énoncés ayant obtenu le meilleur taux du choix de l'opération adéquate, mais, en revanche, il ne figurait pas dans les cinq problèmes les plus résolus correctement.

Nous terminerons cette section par noter l'avantage certain qu'ont les élèves standards par rapport aux élèves allophones. En effet, l'élève allophone qui ne comprend pas la donnée du problème ne peut malheureusement que difficilement faire un choix correct de l'opération à utiliser. Par conséquent, la résolution du problème sera évidemment erronée. L'élève se retrouve en situation de surcharge cognitive avec des transferts de disciplines à effectuer qu'il n'arrive malheureusement pas à faire (Astolfi, 2015). En revanche, l'élève standard qui comprend sans trop de souci le texte de l'énoncé pourra faire le choix adéquat de l'opération à employer. Cependant, s'il ne sait pas appliquer l'algorithme ou sélectionner les variables nécessaires à la résolution, son travail s'arrête là. Tout ceci peut expliquer pourquoi nous avons pu observer un plus grand écart des taux de réussite et du choix correct de l'opération chez les élèves standards que chez les élèves allophones. Chez ces derniers, si le choix était correct, alors il menait la plupart du temps à une résolution correcte. A l'opposé, de nombreuses résolutions incorrectes étaient principalement dues à un mauvais choix de l'opération à utiliser.

8 Conclusion

Le travail effectué dans le cadre de cette recherche nous permet de décortiquer quelque peu les sources des difficultés rencontrées par les élèves allophones dans la résolution de problèmes mathématiques issus du champ conceptuel multiplicatif. Premièrement, nous relevons que la différence des taux de résolution correcte entre les élèves standards et les élèves allophones ne s'expliquait pas entièrement à l'aide de la présence ou non de variables linguistiques dans la donnée du problème. Par conséquent, nous avons observé les autres variables présentes dans les problèmes afin d'essayer d'expliquer ces différences. Aussi, la présence des analogies de substitution, de scénario et de simulation (Sander, à paraître) est facilitatrice autant pour les élèves standards que pour les élèves allophones. Néanmoins, l'analyse plus poussée des résultats des élèves allophones nous a également permis de dire que les élèves allophones semblent plus sensibles à la présence ou à l'absence de l'une ou de plusieurs de ces analogies. Effectivement, sur les quatre problèmes pour lesquels même l'opération choisie était incorrecte, l'analogie de substitution n'était pas présente. Chez les élèves standards, nous n'avons pas pu observer de telles influences péjoratives de la part des analogies.

Une analyse plus détaillée des résultats des élèves allophones montre, contrairement à nos attentes, que les variables linguistiques présentes dans les données des problèmes ne sont pas l'origine principale des erreurs commises. En effet, l'absence de ces variables dans l'énoncé n'a pas permis une meilleure résolution que lorsqu'il y en avait. En revanche, les élèves allophones sont plus sensibles à des variables telles que les coréférences ou alors des mots sémantiquement proches, mais tout de même différents, plutôt qu'à des anaphores, selon les définitions de Kintsch & Rawson (2005).

Nos résultats nous ont poussés à nous attarder sur une variable à laquelle nous n'avions pas pensé, l'ensemble des nombres sur lequel l'énoncé travaille. Effectivement, la présence des nombres décimaux dans les problèmes tend à mettre les élèves plus souvent en situation d'échec. Bien que cette tendance soit autant présente chez les élèves standards que chez les élèves allophones, l'influence de l'ensemble des nombres sur ces derniers est plus marquée.

Une dernière variable avec laquelle nous avons travaillé, les indices de Nesher & Teubal (1975), n'a finalement eu aucun effet observable sur les taux de réussite des élèves standards et allophones dans la résolution du questionnaire. En fin de compte, il s'avère que cette variable n'est pas explicative des résultats obtenus, principalement à cause du fait qu'elle n'ait été que peu représentée sur l'ensemble des problèmes proposés.

Enfin, ce travail nous a permis de relever quelques caractéristiques utiles pour la rédaction de problèmes de mathématiques issus du champ conceptuel multiplicatif, afin de permettre aux élèves allophones de les résoudre et tenter de diminuer ainsi au maximum les écarts observés dans les taux de réussite avec les élèves standards. Pour ce faire, il est préférable que l'énoncé contienne les trois analogies décrites par Sander (à paraître). Celui-ci peut également contenir des variables linguistiques, mais de préférence des anaphores comme définies par Kintsch & Rawson (2005) et si possible pas plus de deux par problème. Pour finir, l'élève allophone est moins péjoré si le travail doit se faire avec des nombres entiers naturels plutôt qu'avec des nombres décimaux.

Il est évident que l'intégration des élèves allophones dans les cours de mathématiques au cycle 3 ne peut se faire uniquement avec ces quelques informations et modifications à apporter aux données des problèmes. Néanmoins, ce travail a également soulevé d'autres questions qui nécessiteraient davantage de recherches pour tenter d'y apporter des réponses.

8.1 Questions restées en suspens et limites de la recherche

Le premier constat que nous avons fait lors de l'analyse des résultats des élèves standards était que les élèves scolarisés en 9CO niveau 2 en mathématiques n'avaient pas atteint les objectifs de 8H. En effet, nous avions expressément choisi de travailler sur des objectifs mathématiques de 8H, afin d'observer l'influence des variables linguistiques sur la réussite des élèves allophones. Finalement, ce choix a abouti à une fin différente, mais soulevant, malgré tout, des questions sur l'atteinte des objectifs par les élèves à la fin du cycle 2. Aussi, il serait également intéressant d'élargir cette recherche aux élèves scolarisés en niveau 1, afin de voir si le constat serait le même.

Nous avions, dans le cadre de ce travail, cherché à expliquer les différences entre élèves standards et élèves allophones, mais également les difficultés rencontrées par ces derniers, à l'aide du type de problème issu du champ conceptuel multiplicatif. Ayant essayé de balayer un large spectre de types, nous n'avons pas pu voir si l'un d'entre eux était plus propice à la réussite des élèves allophones ou non. Il serait dès lors intéressant de tester plusieurs problèmes d'un même type, mais avec des variables linguistiques différentes, voire également travaillant sur des ensembles de nombres divers.

Finalement, d'autres questions plus spécifiques aux élèves allophones nous ont interpellés, sans que nous puissions trouver de réponses dans l'immédiat. La question principale concerne la scolarisation dans le pays d'origine et les objectifs travaillés, entre autres, en mathématiques. En effet, les élèves allophones sont scolarisés dans notre canton selon leur âge. Cependant, l'enseignant qui les reçoit ne connaît pas forcément les aptitudes mathématiques de ces élèves et ce qu'ils ont travaillé dans leur pays d'origine. De plus, certains de ces élèves arrivent d'un périple de plusieurs mois, voire années, durant lesquels ils ont vécu bon nombre d'évènements dramatiques et n'étaient pas scolarisés. Toutes ces variables ne sont actuellement pas prises en compte lors de la scolarisation de ces élèves. Néanmoins, il semblerait qu'elles puissent être pertinentes et contribuer au bon déroulement de la suite de la scolarisation et de l'intégration de ces enfants dans notre société.

Cette question en soulève une dernière. Les élèves allophones ont le droit à des cours spécialement conçus pour eux en français et en allemand. Ces cours leur permettent d'acquérir un certain niveau dans la langue d'enseignement et dans la langue 2. Ils sont donc adaptés à leur niveau. Aussi, bien que cela complique les organisations internes, ne serait-il pas pertinent de prendre en compte les niveaux des élèves allophones en mathématiques afin de les placer dans des classes qui leur seraient également adaptées ou de proposer des pistes de différenciation qui leurs soient spécifiques ?

9 Bibliographie

Allophone. (2005). *Le Petit Larousse Illustré* (100e éd., p. 75).

Astolfi, J.-P. (2015). *L'erreur, un outil pour enseigner* (12e éd.). Issy-les-Moulineaux, France: ESF Editeur.

Berger, A. (2015). Conceptualizing the interaction between language and mathematics: An integrated language and mathematics model of word problem solving processes in English as a foreign language. *Journal of Immersion and Content-Based Language Education*, *3*(2), 285-313.

Brousseau, G. (2004). *Théorie des situations didactiques* (La Pensée Sauvage).

CDIP. (1991). Recommandations concernant la scolarisation des enfants de langue étrangère. Consulté 10 juin 2017, à l'adresse http://edudoc.ch/record/25485/files/EDK-Empfehlungen_f.pdf

CDIP. (2007, juin 14). Accord intercantonal sur l'harmonisation de la scolarité obligatoire (concordat HarmoS). Consulté 10 juin 2017, à l'adresse http://edudoc.ch/record/24710/files/HarmoS_f.pdf

CIIP. Plan d'études romand (2010).

Clarkson, P. C. (1992). Languages and Mathematics: A Comparison of Bilingual and Monolingual Students of Mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, (23), 417-429.

Daroczy, G., Wolska, M., Meurers, W., & Nuerk, H. C. (2015). Word problems: A review of linguistic and numerical factors contributing to their difficulty. *Frontiers in Psychology*, *6*(APR), 1-13.

Directives du 26 avril 2001 relatives à l'intégration et à la scolarisation des élèves de langue étrangère dans le cadre de l'école publique. Consulté à l'adresse https://www.vs.ch/documents/212242/1237636/2001-04-26%20Int%E9gration%20%E9l%E8ves%20langue%20%E9trang%E8re.pdf/8e8e19b3-cfa8-418d-83fc-b5439eefe6fa

Directives du 30 avril 2012 relatives au soutien pédagogique hors classe, au soutien pédagogique pour élèves allophones et aux études dirigées et surveillées dans le cadre du Cycle d'orientation. Consulté à l'adresse https://www.vs.ch/documents/212242/1237579/2012-04-30%20Etudes%20dirig%E9es%20-%20soutien%20hors%20classe%20et%20%E9l%E8ves%20allophones.pdf/7bc9fddb-dcfd-45b7-acc5-6be5daaa844f

Fischbein, E., Deri, M., Sainati Nello, M., & Sciolis Marino, M. (1985). The Role of Implicit

Models in Solving Verbal Problems in Multiplication and Division. *Journal for Research in Mathematics Education*, *16*(1), 3-17.

Graff, O., & Wozniak, B. (2011). *Situations multiplicatives Problèmes de multiplication et de division*. Nord - Pas de Calais: SCEREN/CRDP.

Kersaint, G., Thompson, D. R., & Petkova, M. (2013). *Teaching Mathematics to English Language Learners*. New York, Etats-Unis: Routledge.

Kintsch, W., & Greeno, J. G. (1985). Understanding and solving word arithmetic problems. *Psychological Review*, *92*(1), 109-129.

Kintsch, W., & Rawson, K. A. (2005). Comprehension. In *The Science of Reading* (Malden, Etats-Unis, p. 209-226). Snowling et Hulme.

Loi sur le cycle d'orientation du 10.09.2009. Consulté à l'adresse https://lex.vs.ch/frontend/versions/1726

Martiniello, M. (2008). Language and the performance of English-Language Learners in Math Word Problems. *Harvard Education Review*, *78*(2), 333-369.

Nations Unies. Déclaration universelle des droits de l'Homme (1948). Consulté à l'adresse http://www.un.org/fr/universal-declaration-human-rights/

Nesher, P., & Teubal, E. (1975). Verbal cues on an interfering factor in verbal problem solving. *Educational Studies in Mathematics*, (6), 41-51.

Office Cantonal de Statistique et de Péréquation, Etat du Valais. (2016). Le Valais en chiffres. Consulté à l'adresse https://www.vs.ch/documents/189618/1547712/Le+Valais+en+Chiffres+2016.pdf/c5e6ec63-c817-4fcf-9cad-2c7bfb6f54c2

Ordonnance relative à l'évaluation du travail des élèves à l'école obligatoire du 17 juin 2015. Consulté à l'adresse http://www.spval.ch/dossiers/evaluation/ordonnances-sur-levaluation/ordonannce-sur-levaluation-2015

Sander, E. (à paraître). Transformer l'inconnu par le connu Constructions et interventions analogiques pour les apprentissages scolaires.

Tardif-Couture, R. (2016). *Résolution de problèmes en mathématiques chez les élèves allophones du primaire*. Université Laval, Québec. Consulté à l'adresse https://www.researchgate.net/profile/Roxanne_Tardif-Couture/publication/312220352_Resolution_de_problemes_en_mathematiques_chez_les_eleves_allophones_du_primaire/links/58781a9e08ae329d62283588/Resolution-de-problemes-en-mathematiques-chez-les-eleves-allophones-du-primaire.pdf

Thevenot, C., Devidal, M., Barrouillet, P., & Fayol, M. (2007). Why does placing the question before an arithmetic word problem improve performance? A situation model account.

Quarterly Journal of Experimental Psychology, *60*(1), 43-56.

Vergnaud, G. (1991). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, *10*(2.3), 133-170.

10 Attestation d'authenticité

HEPVS | PHVS

Haute école pédagogique du Valais
Pädagogische Hochschule Wallis

Formation professionnelle – Secondaire I

Mémoire professionnel – Volée 2015

Je soussignée certifie que ce mémoire constitue un travail original et j'affirme en être l'auteur.

Je certifie avoir respecté le code éthique et de déontologie de la recherche en le réalisant.

Grugnay, le 23 mai 2018

Michellod Célia

11 Liste des annexes

- Annexe I – Consigne pour la passation des problèmes
- Annexe II – Tableau d'analyse des problèmes
- Annexe III – Exemplaire des problèmes remis aux élèves
- Annexe IV – Tableau des résultats des élèves allophones
- Annexe V – Tableau des résultats des élèves « standards »

11.1 Annexe I – Consigne pour la passation des problèmes

CCE

Mercredi 20 décembre 2017

Problèmes de mathématiques

Quelques consignes pour la passation des problèmes pour mon mémoire de master :

- Les élèves n'ont pas le droit à la calculatrice.
- Ils n'ont pas besoin de feuille de brouillon.
- Ils n'ont pas le droit au dictionnaire (particulièrement les élèves allophones).
- Ils gardent sur la table leur trousse.
- Ils sont mis comme en situation d'examen : classeurs entre les élèves ou un élève par banc. Ils n'ont pas le droit de parler entre eux.
- Il faudrait faire le maximum pour que les élèves s'impliquent dans la réalisation des problèmes, particulièrement les élèves allophones, quitte à leur faire croire que c'est un travail noté.
- On ne répond à aucune question de la part des élèves.
- On n'explique aucun mot de vocabulaire, même aux élèves allophones.
- On ne reformule pas les consignes.

Une partie des élèves allophones se rendront chez Stéphanie (soutien maths). Ils commenceront leurs problèmes dans sa classe, puis reviendront dans leur salle de classe habituelle pour les terminer.

Pour éviter des problèmes de contrat didactique, nous surveillerons les classes d'une collègue :

- → CCE → DST
- → DST → MNA
- → MNA → CCE

Il faudrait prévoir du travail pour les élèves qui finiraient plus rapidement. Ce travail est à transmettre à la personne qui surveille sa classe. Evitons cependant de ramasser les feuilles trop rapidement, ce qui pourrait inciter certains élèves allophones à considérer le travail comme étant terminé.

Une fois que tous les élèves ont fini tous les problèmes, chacune d'entre nous peut retourner dans sa classe pour les dernières minutes de la matinée.

Un énorme MERCI pour votre disponibilité et votre collaboration !

Célia

11.2 Annexe II – Tableau d'analyse des problèmes

Domaines de grandeur	N°	Donnée du problème	Variables mathématiques	Variables linguistiques	Analogies
Un domaine de grandeurs	1	Jules dessine un segment de 20 cm. Il est 10 fois plus long que celui de Jean. Quelle est la longueur du segment de Jean ?	Type de problème : Variation d'une grandeur (rapport explicite) Place de l'inconnue : ? · 10 = 20 Opération attendue : 20 : 10 = 2 Indice : fois plus	Anaphores : « il » -> le dessin	Analogie de substitution : non Analogie de scénario : non Analogie de simulation : oui
	2	Léa a agrandi une photo avec un coefficient d'agrandissement égal à 3. Elle la donne ensuite à Jules qui l'agrandit encore. Jules rend la photo à Léa qui remarque qu'entre la photo originale et celle de Jules, le coefficient d'agrandissement est de 9. Quel est le coefficient d'agrandissement utilisé par Jules ?	Type de problème : composition de deux variations d'une grandeur Place de l'inconnue : 3 · ? = 9 Opération attendue : 9 : 3 = 3 Indice : -	Anaphores : « elle » -> Léa, « la » -> une photo (2x), « l' » -> la photo, « celle » -> la photo Texte long (4 phrases)	Analogie de substitution : non Analogie de scénario : oui Analogie de simulation : oui
	3	Isabelle mesure 2 segments. Le premier mesure 117 cm, le second est 9 fois plus court. Combien mesure le deuxième segment ?	Type de problème : Comparaison de grandeurs Place de l'inconnue : ? · 9 = 117 Opération attendue : 117 : 9 = 13 Indice : fois plus court	Coréférence : second – deuxième	Analogie de substitution : non Analogie de scénario : non Analogie de simulation : oui
	4	Arnaud possède 272 francs sur son compte en banque. Louis en possède 25 fois plus. Combien Louis a-t-il d'argent ?	Type de problème : Comparaison de grandeurs Place de l'inconnue : 272 · 25 = ? Opération attendue : 272 · 25 = 6800 Indice : fois plus	Anaphores : « en » -> de l'argent « il » -> Louis	Analogie de substitution : oui Analogie de scénario : oui Analogie de simulation : oui

	5	Un carton contenant 43 paquets de bonbons pèse 26,5 kg. Combien pèse un carton qui contient 4 fois plus de paquets ?	Type de problème : Comparaison de grandeurs Place de l'inconnue : 4 · 26,5 = ? Opération attendue : 4 · 26,5 = 106 Indice : fois plus !!! Nombres décimaux Présence d'une information peu utile (43 paquets)	Différence entre « carton » et « paquet »	Analogie de substitution : oui Analogie de scénario : oui Analogie de simulation : oui
	6	Un bateau pêche 6584 poissons alors qu'un pêcheur sur sa barque en pêche 8. Combien de fois moins le pêcheur sur sa barque pêche-t-il ?	Type de problème : Comparaison de grandeurs Place de l'inconnue : 8 · ? = 6584 Opération attendue : 6584 : 8 = 823 Indice : fois moins	Anaphores : « en » -> les poissons « il » -> le pêcheur	Analogie de substitution : oui Analogie de scénario : non Analogie de simulation : non
	7	Une sauterelle mesure 20 cm de long au microscope et 5 cm de long à l'œil nu. Quelle est la longueur d'une fourmi à l'œil nu sachant qu'elle mesure 6 cm au microscope ?	Type de problème : Variation d'une grandeur (rapport implicite) Place de l'inconnue : Longueur au microscope / Longueur à l'oeil nu 20 / 5 6 / ? Opération attendue : 5 : 20 · 6 = 1,5 Indice : - !!! Nombres décimaux	Anaphores : « elle » -> la fourmi	Analogie de substitution : non Analogie de scénario : oui Analogie de simulation : non
Deux domaines de grandeurs	8	Un kilogramme de viande coûte 23,50 francs. Combien coûte un rôti de 1,5 kg ?	Type de problème : Multiplication Place de l'inconnue : 23,5 · 1,5 = ? Opération attendue : 23,5 · 1,5 = 35,25 Indice : - !!! Nombres décimaux	Coréférence : viande – rôti, kilogramme – kg	Analogie de substitution : oui Analogie de scénario : oui Analogie de simulation : oui
	9	92 boîtes contenant chacune 21 chocolats pèsent en tout 32,2 kg.	Type de problème : Division-partition Place de l'inconnue : 92 · ? = 32,2		Analogie de substitution : oui

		Quel est le poids d'une boîte de 21 chocolats ?	Opération attendue :32,2 : 92 = 0,35 Indice : en tout !!! Nombres décimaux Présence d'une information inutile (21 chocolats)		Analogie de scénario : oui Analogie de simulation : non
	10	Marc a 416 francs à dépenser pour Noël. Il veut dépenser 32 francs par cadeau. Combien peut-il en faire ?	Type de problème : Division-quotition Place de l'inconnue : ? · 32 = 416 Opération attendue : 416 : 32 = 13 Indice : -	Anaphores : « en » -> des cadeaux	Analogie de substitution : oui Analogie de scénario : oui Analogie de simulation : oui
	11	Christophe a acheté 6 paquets de bonbons et a payé 24 francs. Combien paiera-t-il pour l'achat de 3 paquets ?	Type de problème : Quatrième proportionnelle Place de l'inconnue : Nombre de paquets / Prix 6 / 24 3 / ? Opération attendue : (24 : 6) · 3 = 12 Indice : -	Anaphores : « il » -> Christophe	Analogie de substitution : oui Analogie de scénario : oui Analogie de simulation : oui
		Pas du niveau de 9CO (fractions)	*Type de problème : Comparaison de rapport de proportionnelle*		
Trois domaines de grandeurs	12	Martin a acheté 15 boîtes de biscuits. Dans chaque boîte, il y a 4 sachets de biscuits au chocolat. Les biscuits au chocolat sont groupés par 6. Combien de biscuits au chocolat Martin a-t-il achetés ?	Type de problème : Proportionnalité simple composée Place de l'inconnue : 15 · 4 · 6 = ? Opération attendue : 15 · 4 · 6 = 360 Indice : -	Anaphores : « il » -> Martin (à ne pas confondre avec le « il » impersonnel) Texte long (4 phrases)	Analogie de substitution : oui Analogie de scénario : oui Analogie de simulation : oui
	13	Fred a 308 nouvelles billes rouges. Il vient d'acheter 11 paquets de billes, dans lesquels il y avait 7 sachets de billes rouges. Combien de billes	Type de problème : Proportionnalité simple composée Place de l'inconnue : ? · 7 · 11 = 308 Opération attendue : 308 : 11 : 7 = 4 Indice : -	Coréférence : dans lesquels -> les paquets Différence entre	Analogie de substitution : non Analogie de scénario : oui Analogie de simulation : non

		rouges y avait-il dans chaque paquet ?		« paquet » et « sachet » Anaphores : « il » -> Fred (à ne pas confondre avec le « il » impersonnel)	
	14	J'ai 5 t-shirts, 4 shorts et 3 casquettes. Combien de tenues différentes puis-je porter en tout ?	Type de problème : Proportionnalité double (Produit cartésien) Place de l'inconnue : $5 \cdot 4 \cdot 3 = ?$ Opération attendue : $5 \cdot 4 \cdot 3 = 60$ Indice : en tout	Coréférence : tenue = 1 t-shirt, 1 short et 1 casquette	Analogie de substitution : non Analogie de scénario : non Analogie de simulation : oui
	15	Avec les 4 cartes vertes posées sur la table, on peut former, en tout, 24 couples différents, composés d'une carte verte et d'une carte bleue. Quel est le nombre de cartes bleues ?	Type de problème : Proportionnalité double Place de l'inconnue : $4 \cdot ? = 24$ Opération attendue : $24 : 4 = 6$ Indices : en tout	-	Analogie de substitution : non Analogie de scénario : non Analogie de simulation : oui
	16	Dans un parc d'attractions, le prix est de 23 francs par enfant et par jour. Des enfants ont passé 5 jours dans ce parc d'attractions. Ils ont payé en tout 2990 francs. Combien d'enfants y ont été ?	Type de problème : Proportionnalité double Place de l'inconnue : $? \cdot 23 \cdot 5 = 2990$ Opération attendue : $2990 : 5 : 23 = 26$ Indices : en tout	Anaphores : « y » -> le parc d'attractions Texte long (4 phrases)	Analogie de substitution : oui Analogie de scénario : oui Analogie de simulation : non

11.3 Annexe III – Exemplaire des problèmes remis aux élèves

Nom : ___________________________ Prénom : _________________________

Classe : _______________ 20 décembre 2017

Mathématiques

Résous les problèmes suivants. Note pour chacun d'eux les calculs que tu effectues.

1. Jules dessine un segment de 20 cm. Il est 10 fois plus long que celui de Jean. Quelle est la longueur du segment de Jean ?

2. Léa a agrandi une photo avec un coefficient d'agrandissement égale à 3. Elle la donne ensuite à Jules qui l'agrandit encore. Jules rend la photo à Léa qui remarque qu'entre la photo originale et celle de Jules, le coefficient d'agrandissement est de 9. Quel est le coefficient d'agrandissement utilisé par Jules ?

Prénom : ______________________

3. Isabelle mesure 2 segments. Le premier mesure 117 cm, le second est 9 fois plus court. Combien mesure le deuxième segment ?

4. Arnaud possède 272 francs sur son compte en banque. Louis en possède 25 fois plus. Combien Louis a-t-il d'argent ?

5. Un carton contenant 43 paquets de bonbons pèse 26,5 kg. Combien pèse un carton qui contient 4 fois plus de paquets ?

Prénom : ______________________

6. Un bateau pêche 6584 poissons alors qu'un pêcheur sur sa barque en pêche 8. Combien de fois moins le pêcheur sur sa barque pêche-t-il ?

7. Une sauterelle mesure 20 cm de long au microscope et 5 cm de long à l'œil nu. Quelle est la longueur d'une fourmi à l'œil nu sachant qu'elle mesure 6 cm au microscope ?

8. Un kilogramme de viande coûte 23,50 francs. Combien coûte un rôti de 1,5 kg ?

Prénom : _____________________

9. 92 boîtes contenant chacune 21 chocolats pèsent en tout 32,2 kg. Quel est le poids d'une boîte de 21 chocolats ?

10. Marc a 416 francs à dépenser pour Noël. Il veut dépenser 32 francs par cadeau. Combien peut-il en faire ?

11. Christophe a acheté 6 paquets de bonbons et a payé 24 francs. Combien paiera-t-il pour l'achat de 3 paquets ?

Prénom : ______________________

12. Martin a acheté 15 boîtes de biscuits. Dans chaque boîte, il y a 4 sachets de biscuits au chocolat. Les biscuits au chocolat sont groupés par 6. Combien de biscuits au chocolat Martin a-t-il achetés ?

13. Fred a 308 nouvelles billes rouges. Il vient d'acheter 11 paquets de billes, dans lesquels il y avait 7 sachets de billes rouges. Combien de billes rouges y avait-il dans chaque paquet ?

14. J'ai 5 t-shirts, 4 shorts et 3 casquettes. Combien de tenues différentes puis-je porter en tout ?

Prénom : ______________________

15. Avec les 4 cartes vertes posées sur la table, on peut former, en tout, 24 couples différents, composés d'une carte verte et d'une carte bleue, avec. Quel est le nombre de cartes bleues ?

16. Dans un parc d'attractions, le prix est de 23 francs par enfant et par jour. Des enfants ont passé 5 jours dans ce parc d'attractions. Ils ont payé en tout 2990 francs. Combien d'enfants y ont été ?

J'ai trouvé ces problèmes :

- o Trop faciles
- o Très faciles
- o Faciles
- o Moyens (comme ceux que je fais d'habitude)
- o Compliqués
- o Très compliqués
- o Trop compliqués

11.4 Annexe IV – Tableau des résultats des élèves allophones

Problèmes	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		
Elèves	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	**Avis sur la difficulté**
A. : Primo (08.17 – italien)	✓	✓	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	×	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	×	✓	×	×	×	×	×	×	×	✓	Facile, Moyen
Is. : Primo (08.17 – portugais)	✓	✓	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	×	×	×	×	×	✓	×	✓	Moyen
G. : Primo (01.17 – portugais)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	-	×	×	×	-	×	-	×	×	✓	✓	✓	×	×	-	×	-	×	-	×	✓	Moyen, Compliqu-és
N. : Secundo (01.16 –farsi)	×	×	×	×	×	×	-	-	-	-	×	×	×	×	-	-	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	Très compliqu-és
H. : Secundo (01.16 –farsi)	×	×	×	×	×	×	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	×	×	✓	×	×	✓	✓	×	×	✓	✓	×	×	×	×	✓	✓	×	✓	Compliqu-és
Ha. : Secundo (hiver 2015 – kurde)	×	-	×	-	×	-	×	×	×	✓	×	×	-	-	×	-	×	-	×	×	✓	-	×	×	×	-	-	-	-	-	-	-	Très compliqu-és (de lire)

D. : Secundo (12.15 – dari)	✓	-	-	-	-	-	✓	✓	-	✓	✗	✗	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✗	-	-	-	✗	-	✗	-	✗	✓	Compliqu-és
Ib. : Secundo (01.14 – kurde)	Cet élève n’a absolument rien fait.																																Trop compliqu-és
M. : Primo (01.17 – portugais)	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	Cet élève n’a ensuite plus rien fait.																								Compliqu-és
Total réponses correctes	3	2	0	0	1	2	4	4	2	5	3	3	0	0	0	2	0	2	3	4	4	4	2	2	0	0	0	0	1	2	0	5	
%	33,33%	22,22%	0%	0%	11,11%	22,22%	44,44%	44,44%	22,22%	55,56%	33,33%	33,33%	0%	0%	0%	22,22%	0%	22,22%	33,33%	44,44%	44,44%	44,44%	22,22%	22,22%	0%	0%	0%	0%	11,11%	22,22%	0%	55,56%	

Légende :

⇒ ✗ : incorrect
⇒ ✓ : correct
⇒ - : aucune réponse (considéré comme incorrect dans les totaux)

11.5 Annexe V – Tableau des résultats des élèves « standards »

Problèmes	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		
Elèves	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	Résolution	Choix de l'opération	**Avis sur la difficulté**
Elève 1	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Faciles
Elève 2	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	-	✗	✗	✓	✓	Moyens
Elève 3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	Moyens
Elève 4	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	-	✗	-	✗	-	✗	-	✓	✗	Faciles – Moyens
Elève 5	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	-	✗	-	✗	-	✗	✗	Faciles
Elève 6	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	-	✗	✓	Faciles
Elève 7	✗	✓	✗	✗	✗	-	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	-	✗	✓	✓	✓	Moyens
Elève 8	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	-	-	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	-	✗	✗	✗	✓	Compliqués
Elève 9	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✗	-	✗	✓	Faciles – Moyens
Elève 10	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	-	-	✗	✗	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	-	-	-	-	Faciles – Moyens
Elève 11	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✗	-	✗	-	-	-	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	-	✗	-	✗	✓	Compliqués
Elève 12	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	-	✓	✓	✗	✓	Très faciles
Elève 13	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	-	-	✗	✗	✗	-	✗	-	✗	✓	✗	✓	✗	-	-	-	✗	✓	Compliqués
Elève 14	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	Faciles – Moyens
Elève 15	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✗	✓	-	-	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗	-	✗	-	✗	✗	Compliqués
Elève 16	✓	✓	✗	-	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	-	-	✗	✓	Faciles
Elève 17	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✗	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	-	✓	✓	✗	✓	Moyens

Elève 18	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✗	-	-	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	-	-	✗	-	✗	✗	✗	✓	Très compliqués
Elève 19	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	-	✓	✓	✗	✓	Moyens
Elève 20	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	-	-	✗	-	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Compliqués
Elève 21	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	-	✗	✓	✗	✓	Faciles
Elève 22	✓	✓	✗	✗	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	-	-	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	-	✗	✓	Moyens
Elève 23	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✓	-	-	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	Moyens
Elève 24	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	Faciles
Elève 25	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	-	✓	✓	✗	✓	Faciles
Elève 26	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	-	-	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗	-	✓	✓	✗	✓	Moyens
Elève 27	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	Moyens
Elève 28	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	-	-	✗	✓	Moyens
Elève 29	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	-	-	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	-	-	✗	✓	Moyens – Compliqués
Elève 30	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Faciles
Elève 31	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	Compliqués
Elève 32	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✓	-	-	✗	✗	Faciles
Elève 33	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✓	Moyens
Total réponses correctes	17	19	7	7	24	27	22	31	21	30	16	21	16	22	6	15	0	17	25	30	26	31	19	31	2	18	11	12	11	15	8	26	
%	51,52%	57,58%	21,21%	21,21%	72,73%	81,82%	66,67%	93,94%	63,64%	90,91%	48,48%	63,63%	48,48%	66,67%	18,18%	45,45%	0%	51,52%	75,76%	90,91%	78,79%	93,94%	57,58%	93,94%	6,06%	54,55%	33,33%	36,36%	33,33%	45,45%	24,24%	78,79%	

Légende :

- ⇒ ✗ : incorrect
- ⇒ ✓ : correct
- ⇒ - : aucune réponse (considéré comme incorrect dans les totaux)