

Enseignement des mathématiques en Suisse romande et résultats de l'enquête PISA 2012 : regards croisés

Christian Nidegger (SRED)

Ladislav Ntamakiliro (URSP)

Cristina Carulla (IRDp)

Jean Moreau (IRDp)



Institut de recherche
et de documentation pédagogique

Conférence intercantonale de l'instruction publique de la Suisse romande et du Tessin

Enseignement des mathématiques en Suisse romande et résultats de l'enquête PISA 2012 : regards croisés

Christian Nidegger (SRED)

Ladislav Ntamakiliro (URSP)

Cristina Carulla (IRDP)

Jean Moreau (IRDP)

Remerciements

Nos remerciements s'adressent tout particulièrement :

- aux experts en didactique des mathématiques: Maud Chanudet, Sylvia Coutat, Shanoor Kassam, Nicole Rosat, Diego Corti, Jean-Luc Dorier, Nicolas Dreyer, Jonas Duboux qui ont accepté de participer à la journée atelier pour réaliser le classement des items de PISA dans les axes du PER ;
- à nos relecteurs: Mme Daniela di Mare (directrice du SRED), MM. Bruno Suchaut (directeur de l'URSP) et Bernard Wentzel (directeur de l'IRDP) pour leurs remarques avisées.

Merci également à Narain Jagasia pour sa relecture, à Cédric Siegenthaler pour la réalisation des graphiques et à Nathalie Nazzari pour son travail de mise en page.

Cet ouvrage applique les rectifications orthographiques de 1990. Dans certains passages du texte, l'emploi du masculin a une valeur générique.



Service
de la recherche
en éducation



Publication	Institut de recherche et de documentation pédagogique – IRDP, Neuchâtel
Mise en page	Nathalie Nazzari
Graphiques	Cédric Siegenthaler
Couverture	Marc-Olivier Schatz
Photo	Corinne Sporrer
Diffusion	IRDP Case postale 556 CH-2002 Neuchâtel http://www.irdp.ch Courriel: documentation@irdp.ch

Résumé

Initiée en 1972 par la *Commission intercantonale romande pour la coordination de l'enseignement* (CIRCE), l'harmonisation de l'enseignement obligatoire en Suisse romande a été réalisée dans le domaine des mathématiques où deux réformes curriculaires ont été menées avec succès, avant la mise en place des plans d'études et moyens d'enseignement romands (PER et MER) actuels. La première réforme progressive de l'enseignement des mathématiques à partir de 1973 concerne surtout les degrés 1 à 6 ; la deuxième, dont l'enjeu principal est l'introduction de nouveaux moyens à partir de 1997, s'étend à tous les degrés du primaire et du secondaire obligatoire.

Dans quelle mesure le niveau de compétences des élèves a-t-il évolué d'une réforme à l'autre ? La présente étude, se basant sur les données des enquêtes PISA de 2003 et 2012, renseigne sur cette question. En effet, les élèves testés en 2012 ont bénéficié de la réforme des plans d'études et des moyens d'enseignement mis en place à partir de 1997, alors que leurs aînés testés en 2003 avaient évolué dans le cadre du curriculum antérieur. Il s'avère que le niveau global des élèves romands est resté stable entre 2003 et 2012. Toutefois, une tendance à la baisse est observée dans certains domaines de compétences.

En complément à l'analyse comparée des résultats des élèves, l'étude explore la piste du référentiel d'évaluation envisageable dans le cadre du PER. Grâce au travail d'experts qui ont classé les items du test PISA de mathématiques en 2012, une comparaison entre les quatre domaines de contenu de celui-ci (*Espace et formes, Incertitude et données, Quantité, Variations et relations*) et les axes thématiques du PER (*Espace, Nombres et opérations, Fonctions et algèbre, Grandeurs et mesures*) a mis en évidence une correspondance partielle entre les deux cadres de référence. Le décalage est en revanche important entre les catégories de processus dans le test PISA et celles correspondant à l'axe modélisation dans le plan d'études romand de mathématiques.

Zusammenfassung

Die Harmonisierung des Mathematikunterrichts in der obligatorischen Schule der französischen Schweiz wurde 1972 von der interkantonalen Westschweizer Kommission für die Koordination des Unterrichts (*Commission intercantonale romande pour la coordination de l'enseignement*, CIRCE) initiiert. Zwei curriculare Reformen wurden erfolgreich vor der Einführung des gemeinsamen Lehrplanes (plan d'étude romand, PER) und der Lehrmittel (moyens d'enseignements romands, MER) durchgeführt. Die erste Reform des Mathematikunterrichts ab 1973 betraf in erster Linie die Stufen 1 bis 6; die zweite Reform erstreckte sich ab 1997 über alle Klassenstufen der Primar- und Sekundarschule.

Wie hat sich das Kompetenzniveau der Schülerinnen und Schüler von einer Reform zur anderen entwickelt? Die vorliegende Studie untersucht dieses Thema, basierend auf den Erhebungsdaten von PISA 2003 und 2012. Die im Jahr 2012 getesteten Schülerinnen und Schüler profitierten nämlich von der Reform der Lehrpläne und Lehrmittel, welche ab 1997 eingeführt wurden, während die im Jahr 2003 getestete Generation noch unter den vorherigen Rahmenbedingungen unterrichtet wurde. Die

Daten zeigen, dass das Gesamtniveau der französischsprachigen Schülerinnen und Schüler zwischen 2003 und 2012 stabil geblieben ist. In bestimmten Kompetenzbereichen wird jedoch ein Abwärtstrend beobachtet.

Neben der vergleichenden Analyse der Schülerergebnisse, untersucht die Studie zudem den Ansatz eines Kompetenzleitfadens für die Evaluation im Rahmen des Westschweizer Lehrplanes (PER). Mit Hilfe von Expertinnen und Experten wurden die Items des Mathematiktests PISA 2012 klassifiziert. Der Vergleich zwischen den vier Inhaltsbereichen des PISA-Frameworks (Raum und Form, Wahrscheinlichkeit und Statistik, Quantitatives Denken, Veränderung und funktionale Abhängigkeiten) mit den Themenbereichen des PER (Raum, Zahlen und Operationen, Algebra und Funktionen, Grössen und Masse) zeigte eine teilweise Übereinstimmung zwischen den beiden theoretischen Rahmen. Die Diskrepanz ist dagegen signifikant zwischen den Prozesskategorien im PISA-Test und der Achse Modellierung im Westschweizer Lehrplan der Mathematik.

Summary

Initiated in 1972 by the *Commission intercantonale romande pour la coordination de l'enseignement* (CIRCE), the harmonisation of compulsory schooling in French-speaking Switzerland has been achieved in mathematics education, where two curricular reforms have been undertaken with success before implementing the actual study plans and teaching methods (PER and MER). The first reform in mathematics education, introduced in 1973, concerns mainly grades 1 to 6; the second, whose principal stake is the introduction of new tools from 1997 and onwards, applies to all the primary and compulsory secondary grades.

At what extent did the students' competence level evolve from one reform to the other? The present study, founded on the data collected in the PISA 2003 and 2012 surveys, provides information on this question: the students who were tested in 2012 have benefited of the 1997 reform, whereas the older ones, who passed the tests in 2003, had been following the previous curriculum. It appears that the global level of French-speaking students has remained stable between 2003 and 2012. However, a tendency towards lower results can be observed in some fields of competences.

In addition to the compared analysis of the students' results, the study observes the perspective of a PER assessment framework. Thanks to the work of experts who have classified the items of the 2012 PISA survey, a comparison between the four content categories (space and shape, uncertainty and data, quantity, change and relationships) and the PER's thematic axes (space, numbers and operation, functions and algebra, magnitudes and measures) has shown a partial correspondence between both reference frames. On the other hand, the shift between the process categories in the PISA test and those corresponding to the modelling theme in the *Romandie Education Curriculum* for mathematics is important.

Riassunto

L'armonizzazione dell'insegnamento obbligatorio in Svizzera romanda è stata iniziata nel 1972 dalla Commissione intercantionale romanda per la coordinazione dell'insegnamento (CIRCE). Nell'ambito della matematica ci sono state due riforme curriculari realizzate con successo, avvenute prima dell'introduzione dei piani di studio e dei mezzi d'insegnamento attuali (PER e MER). La prima riforma progressiva dell'insegnamento della matematica, cominciata nel 1973, concerne soprattutto i livelli scolastici da 1 a 6; la seconda riforma (1997), il cui obiettivo principale è l'introduzione di nuovi mezzi d'insegnamento, si estende a tutti i livelli della scuola primaria e secondaria obbligatoria.

In quale misura si è evoluto, da una riforma all'altra, il livello di competenza degli allievi? Basandosi sui dati delle inchieste PISA 2003 e PISA 2012, il presente studio risponde a questa domanda. Gli allievi testati nel 2012 hanno beneficiato della riforma dei piani di studio e dei mezzi d'insegnamento applicata nel 1997, mentre gli allievi testati nel 2003 avevano vissuto la riforma curriculare precedente. Da questi dati risulta che il livello globale degli allievi romandi è restato stabile tra il 2003 e il 2012, tuttavia esiste una tendenza al ribasso in alcuni aspetti di competenza.

In aggiunta all'analisi comparata dei risultati degli allievi, lo studio esplora il modello dei test PISA in relazione al modello del piano di studi della Svizzera romanda (PER) per la disciplina matematica. Grazie al lavoro degli esperti i quali hanno classificato gli items dei test PISA 2012, una comparazione tra i quattro sottoambiti matematici (*spazio e forma, incertezza e dati, quantità, cambiamento e relazioni*) e gli assi tematici del PER (*spazio, numeri e operazioni, funzioni e algebra, misure e grandezze*) ha evidenziato una corrispondenza parziale tra i due modelli. Un divario importante è invece osservato tra le categorie di processo nel test PISA e quelle corrispondenti all'asse tematico «modellizzazione» nel piano di studi romando della matematica.

Table des matières

Introduction.....	9
Chapitre 1. Plans d'études, moyens d'enseignement et possibilités d'apprentissage des mathématiques	11
Introduction	11
1.1 Les réformes successives de l'enseignement des mathématiques en Suisse romande	11
1.2 Le curriculum de 1973 à 1996	13
1.3 Le curriculum de 1997 à 2011	15
1.4 Possibilités d'apprentissage des élèves testés en 2012	17
1.4.1 Degré de familiarité avec les concepts mathématiques	20
1.4.2 Expérience de différents types de tâches mathématiques	22
1.4.3 Fréquence de différents types de problèmes pendant les leçons ou lors des évaluations	22
1.4.4 Possibilités d'apprentissage selon les cantons.....	23
1.4.5 Possibilités d'apprentissage selon les filières.....	26
Chapitre 2. Compétences en mathématiques: résultats et évolution	33
2.1 Résultats en 2012	34
2.1.1 Réussite en mathématiques selon les cantons.....	34
2.1.2 Réussite en mathématiques selon le genre.....	38
2.1.3 Réussite en mathématiques selon l'origine.....	41
2.1.4 Réussite aux items selon les cantons.....	43
2.2 Évolution des résultats en mathématiques de 2003 à 2012	44
2.2.1 Évolution des performances en mathématiques selon les cantons romands.....	44
2.2.2 Évolution de la réussite selon les domaines de compétences.....	46
2.2.3 Évolution des performances en mathématiques selon les filières	50
2.2.4 Évolution des performances en mathématiques selon le genre des élèves	54
2.2.5 Évolution des performances en mathématiques selon l'origine des élèves	57
2.2.6 Évolution de la réussite aux items d'ancrage (items communs 2003-2012).....	59
2.3 Évolution de l'attitude envers les mathématiques de 2003 à 2012	61
2.3.1 Intérêt et anxiété pour les mathématiques.....	61
2.3.2 Relation maître-élève et climat de classe	62

Chapitre 3. Un regard de PISA sur le PER	67
3.1 Introduction	67
3.2 Le contexte de l'étude	68
3.2.1 L'implémentation du PER.....	68
3.2.2 Quels liens entre le PER et PISA ?	70
3.3 Rapport entre le PER et PISA selon les catégories de classement d'items.....	71
3.3.1 Le contenu et les processus selon la structure du PER	71
3.3.2 Contenu et processus mathématiques pour PISA	75
3.3.3 Comparaison entre contenus et processus de PISA et du PER	79
3.4 Classement des items du test PISA selon les axes du PER	82
3.4.1 La démarche du classement.....	82
3.4.2 Les items d'Espace et formes	83
3.4.3 Les items d'Incertitude et données.....	86
3.4.4 Les items de Quantité	89
3.4.5 Les items de Variations et relations	91
3.4.6 Synthèse de la répartition des items dans les axes du PER	93
3.5 Conclusion	96
Synthèse et conclusion.....	99
Bibliographie.....	103

Introduction

La participation de la Suisse et de la Suisse romande à l'enquête PISA depuis sa première édition, en 2000, a été l'occasion de disposer d'informations permettant la comparaison des systèmes éducatifs cantonaux, au niveau des compétences des élèves ou de l'impact de leurs caractéristiques, de leur environnement familial, social et culturel ainsi que du contexte scolaire sur l'acquisition de ces compétences. Le dispositif PISA met l'accent lors de chaque enquête sur l'un des trois domaines de compétences mesurés (mathématiques, lecture et sciences). Ceci permet d'approfondir l'analyse de chaque domaine en particulier une fois tous les neuf ans. C'est ainsi qu'en raison de cette périodicité, les mathématiques étaient pour la deuxième fois le thème principal de l'enquête PISA en 2012, après l'avoir été la première fois en 2003.

Cette mesure répétée nous paraissait être une occasion rare d'apprécier l'évolution des compétences des élèves en mathématiques et de réfléchir aux effets qu'ont pu avoir sur celle-ci les changements apportés au curriculum romand d'enseignement des mathématiques à l'école obligatoire entre 1997 et 2004. Durant cette période, en effet, la Suisse romande, tournant le dos à deux décennies d'enseignement des mathématiques dites modernes, a progressivement mis en place un nouveau plan d'études et de nouveaux moyens d'enseignement de la 1^{re} à la 9^e année. Les élèves testés en 2012 ayant bénéficié du nouveau curriculum alors que leurs aînés testés en 2003 avaient suivi les anciens programmes et moyens d'enseignement des mathématiques, une comparaison des résultats des deux populations est susceptible de renseigner sur les effets de cette réforme. C'est dans cette hypothèse principale que nous avons réalisé le présent rapport thématique, en complément au précédent rapport concernant l'enquête PISA 2012 en Suisse romande (Nidegger, 2014), en mettant en perspective l'évolution des résultats des élèves aux enquêtes PISA de 2003 et 2012 avec le développement des plans d'études et des moyens d'enseignement des mathématiques.

L'autre objectif principal de ce rapport thématique était de comparer les standards de contenu du test PISA de 2012 avec ceux du plan d'études romand de mathématiques (PER). La mise en place de ce plan d'études a commencé en 2011 mais les élèves testés en 2012 n'en ont pas bénéficié; le but de notre démarche n'est donc pas d'expliquer les résultats de ces élèves, mais de comprendre le contexte d'apprentissage dans lequel évoluent les élèves en Suisse romande. Comme dans d'autres études visant à mettre en parallèle un test PISA et un curriculum national ou régional (Bodin, 2006; Nidegger, Moreau & Gingins, 2009; OCDE, 2013a), nous avons fait appel aux experts qui ont classé les items du test PISA de mathématiques en 2012 dans les axes du PER. L'analyse des résultats du classement des experts a permis de caractériser aussi bien les similitudes que les divergences attendues entre la structure du plan d'études et le modèle de compétences de l'enquête PISA.

Ce rapport comprend trois chapitres. Le premier chapitre analysera l'évolution des plans d'études et des moyens d'enseignement mis en place en Suisse romande au cours des dernières décennies. On s'intéressera également aux possibilités d'apprentissage telles qu'elles ont été perçues par les élèves lors de l'enquête PISA 2012.

Le second chapitre rappellera les résultats PISA, en prenant en compte les différents aspects des compétences en mathématiques, en les analysant du point de vue de l'impact des caractéristiques des élèves et des différences cantonales notamment liées aux filières d'enseignement suivies par les élèves.

Dans un troisième chapitre, on étudiera les liens entre les objectifs du PER et le cadre de référence PISA afin de voir à quels objectifs du PER pourraient s'aligner les problèmes posés dans le test PISA.

Chapitre 1. Plans d'études, moyens d'enseignement et possibilités d'apprentissage des mathématiques

Introduction

Les enquêtes PISA contribuent largement au monitoring de la qualité de l'enseignement dans les pays qui y participent bien ces enquêtes ne ciblent que trois domaines de compétences (les mathématiques, les sciences et la lecture). Elles renseignent plus particulièrement sur un aspect important de celle-ci, le curriculum. Dans un rapport consacré à l'enquête PISA 2012, l'OCDE (2014) cite plusieurs exemples de pays qui ont réformé leur curriculum après avoir eu connaissance des performances de leurs élèves aux tests PISA.

En Suisse romande, les résultats aux tests PISA de mathématiques de 2003 à 2012 sont en partie liés aux réformes engagées dans tous les cantons depuis 1972 afin d'harmoniser et de moderniser l'enseignement. Les élèves testés en 2012 ont bénéficié de la réforme du programme et des moyens d'enseignement des mathématiques mis en place à partir de 1997. Ceux qui ont passé les tests PISA de 2003 ont, quant à eux, évolué dans le cadre d'une réforme antérieure, celle des mathématiques modernes, que tous les cantons romands ont appliquée à partir de 1973. Un regard rétrospectif sur les deux réformes successives de l'enseignement des mathématiques en Suisse romande s'avère ainsi utile pour comprendre l'évolution des résultats des Romands entre 2003 et 2012.

Ce chapitre se focalise ensuite sur l'enseignement des mathématiques effectivement assuré aux élèves testés en 2012. Une partie du questionnaire adressé à ces élèves est, en effet, destinée à évaluer les possibilités d'apprentissage des contenus mathématiques du type de ceux qui sont visés dans les tests PISA. Ces données sont utiles dans la mesure où elles contribuent à une meilleure compréhension des résultats des élèves à ces tests, et plus généralement de leur degré d'apprentissage des objets d'enseignement.

1.1 Les réformes successives de l'enseignement des mathématiques en Suisse romande

Si l'harmonisation de l'enseignement obligatoire à l'échelle de toute la Suisse en est seulement à ses débuts¹, il convient de rappeler qu'elle est une réalité depuis longtemps à l'échelle de la Suisse romande. La Conférence intercantonale de l'instruction publique de la Suisse romande et du Tessin (CIIP) a adopté les premiers plans

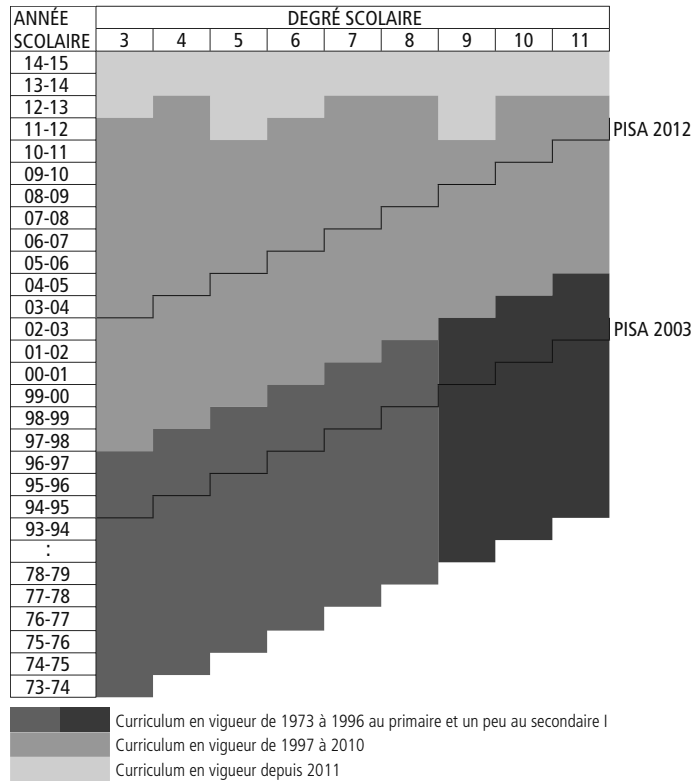
¹ L'harmonisation de l'enseignement obligatoire à l'échelle de toute la Suisse se met progressivement en place depuis que l'Assemblée plénière de la Conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique (CDIP) a adopté les objectifs nationaux de formation (standards) pour la scolarité obligatoire le 16 juin 2011, à la suite de l'adoption, par la CDIP également, du concordat HarmoS, le 22 septembre 2010.

d'études communs² pour les degrés 1 à 4 (CIRCE I), 5 et 6 (CIRCE II) et 7 à 9 (CIRCE III) respectivement en 1972, 1979 et 1986. Toutefois, le processus d'harmonisation ne se limite pas à l'adoption de plans d'études communs; encore fallait-il que tous les cantons utilisent les mêmes moyens d'enseignement. Cette condition n'a été satisfaite qu'au niveau de l'enseignement des mathématiques, considéré depuis le début comme le fer de lance de l'harmonisation de l'enseignement en Suisse romande.

Les mathématiques ont fait l'objet de deux réformes successives depuis le début de l'harmonisation de leur enseignement en Suisse romande. Chaque réforme est caractérisée principalement par un nouveau curriculum³, soit concrètement par un nouveau plan d'études et de nouveaux moyens d'enseignement.

La première réforme, qui consistait à introduire les mathématiques modernes, reposait principalement sur de nouveaux moyens d'enseignement progressivement mis en place à partir de 1973.

Figure 1.1 – Les trois curricula romands d'enseignement des mathématiques depuis 1972



² Ces plans d'études sont connus sous l'appellation CIRCE, acronyme de la *Commission intercantonale romande pour la coordination de l'enseignement, qui les a élaborés*.

³ Le terme « curriculum » est souvent utilisé au sens restreint pour désigner le programme scolaire. Dans ce chapitre, il est utilisé au sens large pour désigner « l'ensemble, institutionnellement prescrit et fonctionnellement différencié et structuré, de tout ce qui est censé être enseigné et appris, selon un ordre déterminé de programmation et de progression, dans le cadre d'un cycle d'études donné », selon Forquin (2008, p. 8).

La deuxième réforme est en quelque sorte une rupture avec les mathématiques modernes. Elle sera progressivement mise en place à partir de 1997 et s'arrêtera dès l'implantation des nouveaux *plans d'études et moyens d'enseignement romands* (PER et MER) à partir de 2011.

La figure 1.1 indique les différents parcours des élèves ayant passé les deux tests PISA de mathématiques en 2003 et en 2012. Les élèves de 9^e année (11^e Harmos) ayant passé les tests PISA en 2003 ont commencé leur première année d'école obligatoire (3^e Harmos) en 1994 si leur scolarité a été régulière jusqu'en 9^e année, en 1993 s'ils ont redoublé une fois, en 1995 s'ils ont sauté une année. Dans les trois cas, ils ont bénéficié du programme et des moyens d'enseignement des mathématiques modernes. Quant aux élèves testés en 2012, ils ont commencé l'école obligatoire en 2002, en 2003 ou en 2004 et ont bénéficié des moyens d'enseignement mis en place à partir de 1997.

1.2 Le curriculum de 1973 à 1996

La mise en œuvre des moyens d'enseignement des mathématiques modernes dans tous les cantons romands s'est faite progressivement, dans les classes de 1^{re} année en 1973, de 2^e en 1974 et enfin de 6^e en 1978. Les nouveaux moyens représentent à la fois de nouveaux contenus et de nouvelles méthodes d'apprentissage des mathématiques. De la 1^{re} à la 4^e année, le programme est réparti en quatre domaines appelés *avenues* : *Ensembles et relations* (ER), *Numération* (NU), *Opérations* (OP) et *Découverte de l'espace* (DE). Les contenus les plus caractéristiques des mathématiques modernes, à savoir les *ensembles et relations* d'une part, la *numération dans d'autres bases que celle de dix* d'autre part, sont présentés dans les deux premiers domaines.

Figure 1.2 – Domaines de contenus d'enseignement dans les moyens romands de mathématiques entre 1972 et 1996

Quatre avenues de la 1^{re} à la 4^e année • Ensembles et Relations (ER) • Numération (NU) • Opérations (OP) • Découverte de l'espace (DE)	Treize thèmes en 5^e année • Systèmes de coordonnées • Nombres naturels et opérations • Introduction des codes à virgule • Mesure de longueurs • Multiples et diviseurs • Division dans N • Translations et symétries • Opérations dans R • Applications • Surfaces et solides • Aires • Puissances • Approches des codes fractionnaires
Onze thèmes en 6^e année • Systèmes de coordonnées • Nombres naturels et opérations • Mesures • Multiples et diviseurs • Isométries • Opérations dans R • Applications • Nombres entiers relatifs • Surfaces et solides • Aires et volumes • Codes fractionnaires	

En 5^e et 6^e, le programme de maths modernes aborde beaucoup plus de concepts de mathématiques formelles que dans l'enseignement traditionnel (figure 1.2). Il est réparti en plusieurs domaines appelés thèmes, treize en 5^e et onze en 6^e.

Les moyens d'enseignement des maths modernes se voulaient évolutifs dès le départ. L'IRD, en collaboration avec les centres cantonaux de recherche en éducation, a suivi leur implantation selon un plan de recherche pluriannuel, degré par degré (Perret, 1988). Ainsi, les moyens d'enseignement en 1^{re} année, mis en place à partir de septembre 1973, ont été évalués auprès de la troisième volée d'élèves qui en ont bénéficié, soit en septembre 1976, selon deux méthodes principales : des tests individuels et collectifs passés par tous les élèves romands, et une enquête par questionnaire et par entretien auprès des enseignants ayant utilisé ce moyen. Les moyens d'enseignement des degrés suivants ont été évalués selon le même schéma : ceux de la 2^e année en 1976, de la 3^e en 1977, de la 4^e en 1978, de la 5^e en 1979, de la 6^e en 1980.

Les résultats de ces enquêtes ont permis d'adapter et de réécrire les moyens d'enseignement. La deuxième édition des moyens d'enseignement des maths modernes a été distribuée aux enseignants de 1^{re} année en 1980, de 2^e en 1981, de 3^e en 1982, de 4^e en 1983, de 5^e en 1984 et de 6^e en 1985. Comme la première, la deuxième édition de moyens d'enseignement des degrés 1 à 4 consiste en un cahier d'exercices pour les élèves et un livre de méthodologie pour le maître. La répartition de la matière en quatre avenues est maintenue, mais un changement est à relever : le nombre d'activités consacrées aux ensembles et relations d'une part, à la numération de position d'autre part, est fortement réduit, le domaine *Opérations* étant désormais plus important que les trois autres. Dans tous les domaines, plusieurs jeux de la première édition qui n'ont pas été supprimés sont regroupés en quelques activités.

La deuxième édition de moyens d'enseignement des degrés 5 et 6 comporte également d'importantes modifications introduites à la demande des enseignants consultés. Ceux-ci ont fait part de leurs difficultés à terminer un programme si ambitieux de par le nombre et l'approche trop abstraite et formelle des nouveaux concepts mathématiques qui le caractérisent (Perret, 1984). Sans varier sur le nombre de concepts mathématiques dont certains sont abordés une seule fois en 5^e ou en 6^e avec des attentes moins élevées, la deuxième édition de moyens d'enseignement en 5^e et en 6^e se veut néanmoins plus adaptée aux capacités des élèves et aux contraintes de l'enseignement.

Corollairement à la réécriture des moyens d'enseignement, les plans d'études CIRCE I et II ont été réaménagés. Sur mandat de la Conférence des chefs de service et directeurs de l'enseignement primaire, le Groupe romand pour l'aménagement des programmes (GRAP) s'est mis au travail et a donné son nom à un document qui consiste en une réécriture, sous une forme différente, des plans d'études CIRCE I (degrés 1 à 4) et CIRCE II (degrés 5 et 6). Le changement principal réside dans la répartition des notions scolaires selon deux rubriques : une partie d'entre elles apparaissent dans le domaine de la *sensibilisation*, c'est-à-dire qu'elles doivent faire l'objet d'une approche sans viser la maîtrise complète de la notion. Les autres figurent dans un *fundamentum* : elles constituent ce que tout élève devrait avoir assimilé dans l'année scolaire considérée. Dans la plupart des cas, ce qui est présenté dans la rubrique *sensibilisation* pour une année scolaire donnée, apparaît dans le *fundamentum* l'année suivante, l'apprentissage de chaque contenu mathématique s'étendant ainsi sur plusieurs années scolaires. La distinction entre sensibilisation et *fundamentum* n'est pas seulement utile pour la gestion des apprentissages scolaires, elle répond également aux besoins de l'évaluation certificative. Dans le cadre du GRAP en effet, seul le *fundamentum* devait faire l'objet de l'évaluation certificative.

Le curriculum de 1973 à 1996 restera lacunaire au secondaire I où l'enseignement des mathématiques n'a pas bénéficié de moyens communs. En plus, les programmes-cadres CIRCE III n'étant pas des plans d'études à proprement parler, les cantons ont adopté leurs propres plans d'études et les moyens d'enseignement utilisés au secondaire I n'obéissent pas aux orientations pédagogiques des mathématiques modernes enseignées au primaire.

1.3 Le curriculum de 1997 à 2011

Les critiques émanant du courant de recherche en didactiques des mathématiques ont eu raison de l'enseignement des mathématiques modernes en Suisse romande, malgré les modifications importantes qu'il avait subies. La persistance de contenus caractéristiques des mathématiques modernes dans la deuxième édition des moyens d'enseignement est jugée anachronique. L'apprentissage précoce et systématique des relations ensemblistes, des classements, des représentations dans les diagrammes ou des algorithmes de calcul sont fustigés. Mais les principales critiques concernent les méthodes d'enseignement. Les approches consistant à organiser le travail des élèves autour d'activités visant à acquérir directement les structures mathématiques sont abandonnées. À la place, les nouvelles approches inspirées du courant des recherches en didactique des mathématiques consistent à proposer aux élèves des problèmes qu'ils s'efforceront de résoudre en mobilisant leurs propres ressources et en interagissant avec leur environnement ainsi qu'avec leurs pairs. Ces approches dites socio-constructivistes ont inspiré l'écriture de nouveaux plans d'études et de nouveaux moyens d'enseignement mis en place à partir de 1997.

Le premier acte de rupture avec les mathématiques modernes est marqué par l'adoption, en 1997 par la CIIP, d'un nouveau plan d'études de mathématiques pour les degrés 1 à 6.

Ce plan répartit les contenus d'enseignement en six domaines :

1. formes géométriques ;
2. repérage dans le plan et dans l'espace ;
3. transformations géométriques ;
4. nombres entiers naturels ;
5. nombres réels et mesure ;
6. opérations, fonctions et linéarité.

Pour chaque domaine sont précisés les finalités, les intentions, les contenus, les compétences attendues ainsi que les modalités de progression de la 1^{re} à la 6^e année. À ce dernier point, le plan d'études prévoit un processus d'acquisition pluriannuelle des compétences attendues en trois temps :

- temps de sensibilisation ;
- temps de construction, de structuration et de consolidation ;
- temps de mobilisation en situation.

Enfin, le plan d'études insiste sur le postulat de l'apprentissage des mathématiques par la résolution de problèmes, suivant une démarche en trois temps également : d'abord l'appropriation du problème, ensuite le traitement des données et, enfin, la communication des démarches et des résultats.

En cohérence avec le nouveau plan d'études, de nouveaux moyens d'enseignement ont été élaborés et mis en œuvre dans tous les cantons romands. D'abord, les moyens d'enseignement de la 1^{re} à la 4^e année ont été progressivement introduits à partir de 1997 ; ensuite, ceux de 5^e et de 6^e en 2001 et 2002 ; et enfin, ceux de 7^e, 8^e et 9^e à partir de 2003. La première volée d'élèves ayant fait toute sa scolarité obligatoire avec les nouveaux moyens de la 1^{re} à la 9^e année est sortie en juin 2006.

Figure 1.3 – Domaines de contenu dans les moyens romands de mathématiques entre 1977 et 2011

Sept modules de la 1^{re} à la 4^e année • des problèmes pour apprendre à conduire un raisonnement • des problèmes pour approcher le nombre et lui donner du sens • des problèmes pour connaître l'addition • des problèmes pour connaître la multiplication • des problèmes pour explorer et organiser l'espace • des problèmes pour approcher les figures géométriques et les transformations du plan • des problèmes pour mesurer	Douze thèmes en 5^e année • Repérage dans le plan • Nombres naturels et opérations • Approche des nombres rationnels • Mesure de longueurs • Multiples et diviseurs • Division dans N • Isométries • Opérations dans Q • Applications • Surfaces et solides • Mesure d'aires • Puissances
Neuf thèmes en 6^e année • Repérage dans le plan et dans l'espace • Nombres naturels et opérations • Mesures • Multiples et diviseurs • Isométries • Nombres rationnels et opérations • Applications • Surfaces et solides • Aires et volumes	Sept domaines de la 7^e à la 9^e année • Nombres et opérations • Fonctions • Logique et raisonnement • Calcul littéral • Grandeurs et mesure • Analyse de données • Géométrie

Les moyens d'enseignement de la 1^{re} à la 4^e présentent une réorganisation des contenus mathématiques en sept domaines à la place des quatre domaines dans les moyens précédents (figure 1.3). Mais la principale nouveauté est d'ordre méthodologique : dès la 1^{re} année, les élèves apprennent à résoudre des situations-problèmes relativement complexes en empruntant une démarche de recherche appropriée. Les enquêtes effectuées auprès des enseignants (Antonietti, 2003 ; Antonietti, 2005 ; Tièche Christinat & Delémont, 2005) concluent à la bonne marche de cet enseignement sur le terrain dans tous les cantons. Les élèves ont du plaisir à faire les mathématiques comme elles sont proposées et les enseignants apprécient ces moyens.

Les nouveaux moyens d'enseignement des mathématiques en 5^e et 6^e n'ont pas subi beaucoup de modifications. Leurs auteurs, confortés par les avis des enseignants consultés par questionnaire (Calame, 1995), ont estimé que les modifications apportées dans la deuxième édition des moyens d'enseignement des mathématiques modernes étaient cohérentes avec les nouvelles approches didactiques. Il suffisait d'un toilettage (Chastellain, 1998), en regroupant et en renommant tout de même certains domaines.

Les moyens romands de mathématiques 7-8-9 (MERM 7-8-9) constituent l'événement majeur de la réforme de 1997 si l'on considère qu'il n'existait pas, auparavant, de moyens romands d'enseignement au secondaire I. Pour la première fois, l'enseignement des mathématiques est basé sur les mêmes approches didactiques dans toute la scolarité obligatoire. Les moyens d'enseignement romands de mathématiques 7-8-9 comportent, par ailleurs, plusieurs innovations majeures. Les contenus sont répartis en sept domaines présentés dans cinq livres de l'élève et cinq livres du maître, les mêmes pour les trois degrés et sans différenciation liée aux niveaux d'exigences propres aux filières suivies par les élèves. Les approches socioconstructivistes y sont bien développées. Piazza (2003) relève ainsi leur prégnance au point de vue lexical : « La lecture du livre du maître 7-8-9 frappe par exemple par la répétition de certains termes : situation, situation-problème, problème ouvert, jeux, dévolution du problème, institutionnalisation, stratégie de résolution, démarche scientifique des élèves, activités de recherche, activités de structuration, activités de consolidation, activités d'entraînement, etc. »

De fait, pour apprendre à l'élève de nouveaux contenus mathématiques, la logique générale de ces moyens consiste à proposer un choix de problèmes que cet élève doit pouvoir résoudre lui-même en appliquant ses connaissances propres et en ayant recours aux ressources disponibles dans son environnement de travail, que ce soit le matériel didactique, les pairs ou l'enseignant. Cette approche rompt avec les anciens moyens qui privilégient l'enseignement préalable d'éléments théoriques (définitions, règles, théorèmes, démonstration, etc.) et des exercices d'application.

De nombreux enseignants, dans tous les cantons, ont résisté à l'utilisation des MERM 7-8-9 dès leur introduction progressive à partir de 2003. Ils trouvaient ces moyens à la fois moins complets et moins pratiques que les anciens moyens qui proposaient pour chaque degré une progression, de la théorie et des activités d'entraînement en suffisance. Conçus comme un ouvrage-ressource, les MERM 7-8-9 sont très exigeants et chronophages pour les enseignants qui doivent eux-mêmes choisir les activités d'apprentissage en fonction de la progression souhaitée, du degré et de la filière d'études de leurs élèves (IRD, 2010 ; Weiss & Emery, 2007).

Des actions de sensibilisation et de formation des enseignants aux nouvelles approches didactiques promises par les MERM 7-8-9 ont été nécessaires pour atteindre un degré d'utilisation satisfaisant. D'après l'enquête réalisée en 2009 (Pochon & Vermot, 2010), 74% des enseignants romands de mathématiques dans les degrés 7, 8 et 9 utilisaient ces moyens au moins la moitié du temps passé en classe, seuls 6% ne les utilisant presque jamais.

1.4 Possibilités d'apprentissage des élèves testés en 2012

Les contenus mathématiques présentés dans les plans d'études ainsi que dans les moyens d'enseignement sont une chose, l'opportunité d'apprentissage de ces contenus en est une autre. On peut se demander dans quelle mesure le curriculum de mathématiques est effectivement appliqué dans toute la Suisse romande et dans chaque canton en particulier. Cette question est ouverte. Les enquêtes précitées (Antonietti, 2003 ; Antonietti, 2005 ; Pochon & Vermot, 2010 ; Tièche Christinat & Delémont, 2005) effectuées auprès des enseignants éclairent sur le degré d'utilisation des moyens d'enseignement romands, elles ne portent pas sur le degré d'apprentissage des contenus mathématiques par les élèves.

Les données de l'enquête PISA 2012 permettent de répondre en partie à cette question. Le questionnaire aux élèves comporte six questions conçues pour évaluer les possibilités d'apprentissage offertes aux élèves, c'est-à-dire « la fréquence à laquelle ils ont rencontré divers types de problèmes mathématiques au cours de leur scolarité, leur degré de connaissance de certains contenus liés aux mathématiques formelles, et la fréquence à laquelle ils ont appris à résoudre des tâches spécifiques de mathématiques faisant appel aux mathématiques formelles ou appliquées » (OCDE, 2014, p. 155).

La première question consiste à savoir dans quelle mesure les concepts mathématiques sont familiers aux élèves. Un choix de treize concepts mathématiques normalement enseignés dans les pays participant aux tests PISA est présenté aux élèves qui doivent indiquer leur degré de familiarité avec chacun d'eux sur une échelle de Likert à cinq niveaux (*je n'en ai jamais entendu parler, j'en ai entendu parler une fois ou deux, j'en ai entendu parler quelques fois, j'en ai souvent entendu parler, je connais et comprends le concept*). Les concepts mathématiques en question sont les suivants :

- | | |
|------------------------------|---------------------------|
| 1. fonction exponentielle; | 8. radicaux; |
| 2. diviseur; | 9. polygone; |
| 3. fonction du second degré; | 10. figure isométrique; |
| 4. équation linéaire; | 11. cosinus; |
| 5. vecteurs; | 12. moyenne arithmétique; |
| 6. nombre complexe; | 13. probabilité. |
| 7. nombre rationnel; | |

La deuxième question concerne la fréquence à laquelle les élèves ont eu à faire différents types de tâches mathématiques. Huit types de tâches sont présentés aux élèves qui doivent indiquer leur position sur une échelle de Likert à quatre niveaux (*fréquemment, parfois, rarement, jamais*). Les tâches en question sont les suivantes :

1. Utiliser un horaire de trains pour calculer combien de temps prendrait le trajet d'un endroit à un autre.
2. Calculer l'augmentation du prix d'un ordinateur après ajout de la taxe.
3. Calculer combien de mètres carrés de dalles il faut pour carreler un sol.
4. Comprendre des tableaux scientifiques présentés dans un article.
5. Résoudre une équation du type : $6x^2 + 5 = 29$.
6. Calculer la distance réelle entre deux endroits sur une carte à l'échelle 1/10 000.
7. Résoudre une équation du type : $2(x+3) = (x+3)(x-3)$.
8. Calculer la consommation hebdomadaire d'un appareil électrique.
9. Résoudre une équation du type : $3x + 5 = 17$.

Les quatre dernières questions consistent à évaluer le degré de fréquence de différents types de problèmes de mathématiques formelles et appliquées dans deux situations différentes, pendant les cours de mathématiques d'une part, lors des évaluations d'autre part. Ces questions portent respectivement sur deux problèmes verbaux d'algèbre (question 3), deux problèmes d'application de procédures (question 4), deux problèmes de raisonnement mathématique formel (question 5) et deux problèmes de raisonnement mathématique appliqué (question 6). À chaque fois, l'élève doit indiquer sa position sur une échelle de Likert à quatre niveaux (*fréquemment*, *parfois*, *rarement* et *jamais*). Le doublet de problèmes présentés à chaque question est repris ci-après.

Question 3

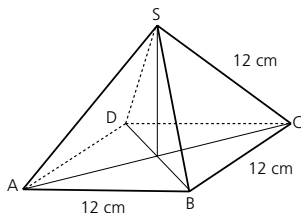
1. Anne a deux ans de plus que Béatrice et Béatrice est quatre fois plus âgée que Simon. Si Béatrice a 30 ans, quel âge a Simon ?
2. M. Dupont a acheté une télévision et un lit. La télévision coûtait 625 francs. Mais il a une ristourne de 10%. Le lit coûtait 200 francs. Il a payé 20 francs pour la livraison. Combien M. Dupont a-t-il dépensé ?

Question 4

1. Résoudre $2x + 3 = 7$.
2. Trouver le volume d'une boîte dont les côtés mesurent 3m, 4m et 5m.

Question 5

1. Pour celui-ci, vous devez utiliser des théorèmes géométriques :

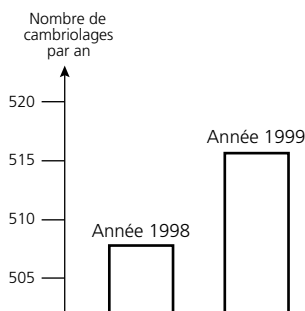


Déterminer la hauteur de la pyramide.

2. Pour celui-ci, vous devez savoir ce qu'est un nombre premier :
Si n = tout nombre, $(n+1)^2$ peut-il être un nombre premier ?

Question 6

1. Lors d'une émission télévisée, un journaliste montre ce graphique et dit: « ce graphique montre qu'il y a eu une très forte augmentation du nombre de cambriolages entre 1998 et 1999. »



Considérez-vous que l'affirmation du journaliste est une interprétation correcte de ce graphique? Justifiez votre réponse par une explication.

2. Pendant longtemps, la relation entre la fréquence cardiaque maximum recommandée et l'âge de la personne a été décrite par la formule suivante:

$$\text{Fréquence cardiaque maximum recommandée} = 208 - \text{âge}$$

Des recherches récentes ont montré que cette formule devait être légèrement modifiée. La nouvelle formule est:

$$\text{Fréquence cardiaque maximum recommandée} = 208 - (0.7 \times \text{âge})$$

À partir de quel âge la fréquence cardiaque maximum recommandée commence-t-elle à augmenter, d'après la nouvelle formule? Montrez votre travail.

Le choix des concepts et des types de tâches mathématiques n'est pas représentatif de tout ce qui est enseigné, mais il est assez varié pour donner une idée du degré d'apprentissage des contenus mathématiques en Suisse romande. On peut voir également si l'harmonisation de l'enseignement des mathématiques dans les cantons romands s'étend jusqu'aux pratiques d'apprentissage.

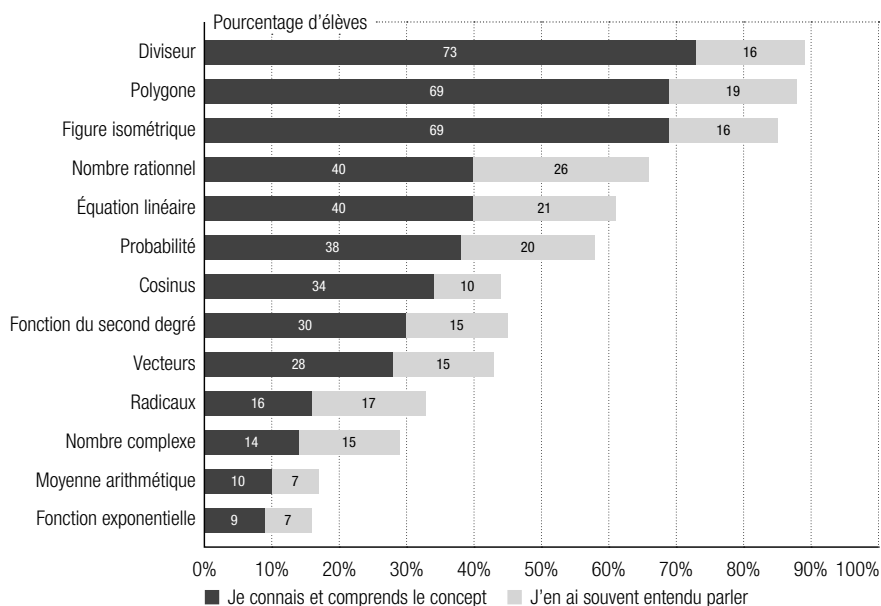
Les réponses des élèves sont analysées à trois points de vue. D'abord, les possibilités d'apprentissage perçues par l'ensemble des élèves romands sont mises en évidence (points 1.4.1, 1.4.2 et 1.4.3); ensuite les éventuelles différences de pratiques entre cantons sont relevées (point 1.4.4); enfin, les décalages quant aux possibilités d'apprentissage perçues selon les filières d'enseignement fréquentées par les élèves sont estimés (point 1.4.5).

1.4.1 Degré de familiarité avec les concepts mathématiques

Dans la figure 1.4, les treize concepts mathématiques sont classés par ordre décroissant du pourcentage d'élèves ayant indiqué les connaître et les comprendre. On constate que près de la moitié des concepts mathématiques ont fait l'objet de nombreuses

possibilités d'apprentissage pour la majorité des élèves. Trois de ces concepts (*diviseur*, *polygon* et *figure isométrique*) sont reconnus comme ayant été suffisamment appris par plus de 80% des élèves et trois autres (*nombre rationnel*, *équation linéaire* et *probabilité*), par plus de 50%.

Figure 1.4 – Pourcentage d'élèves ayant indiqué avoir souvent entendu parler ou bien connaître et comprendre les différents concepts mathématiques



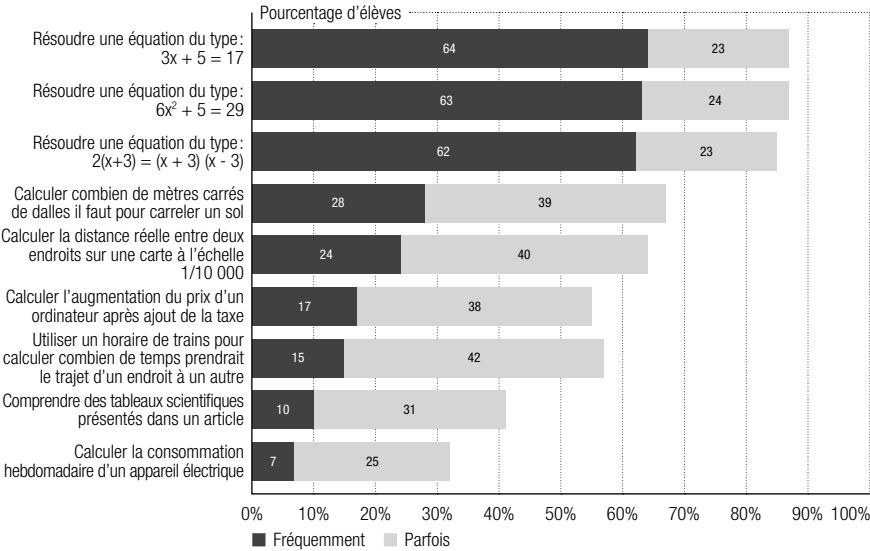
Concernant plus de la moitié des concepts en revanche, les possibilités d'apprentissage ne sont jugées suffisantes que par une minorité d'élèves. Dans cette partie des concepts, on peut distinguer ceux qui ont été suffisamment appris pour plus de 40% des élèves (*cosinus*, *fonction du second degré* et *vecteurs*); ceux qui l'ont été pour environ 30% des élèves (*radicaux* et *nombres complexes*) et ceux que moins de 20% des élèves disent avoir eu assez d'occasions d'apprendre (*moyenne arithmétique* et *fonction exponentielle*).

Remarquons que des concepts comme la *moyenne arithmétique* ou les *radicaux*, qui font partie des compétences fondamentales attendues à la fin de la scolarité obligatoire, n'ont pas fait l'objet d'un apprentissage suffisant pour la majorité des élèves. Plus de 50% des élèves disent n'avoir jamais entendu parler de la moyenne arithmétique. Ce constat est un peu surprenant. Dans les moyens romands de mathématiques (Chastellain, Calame & Brêchet, 2003), le concept de moyenne est abordé à travers quelques activités du domaine *Analyse des données*, même si le type de moyenne, arithmétique, n'est pas précisé. Il semble que ce concept, de même que tous les autres concepts dont la majorité des élèves indiquent n'avoir pas eu suffisamment de possibilités d'apprentissage, n'ait pas fait l'objet d'un enseignement théorique.

1.4.2 *Expérience de différents types de tâches mathématiques*

Dans la figure 1.5, les neuf types de tâches sont classés par ordre décroissant du pourcentage d'élèves ayant indiqué les avoir fréquemment rencontrés. On constate que les trois tâches de mathématiques formelles concernant la résolution d'équations du premier et du second degré ont été suffisamment exercées en classe pour plus de 80% des élèves.

Figure 1.5 – Pourcentage d'élèves ayant indiqué avoir abordé parfois ou fréquemment les différents types de tâches mathématiques



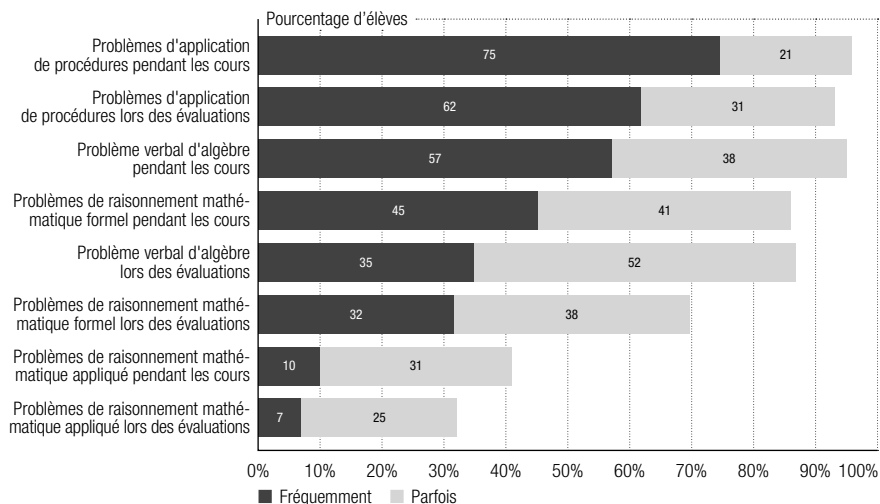
Quant aux tâches de mathématiques appliquées, les deux tiers ont été suffisamment abordées en classe pour une majorité des élèves, le tiers pour une minorité. Une de ces tâches (*analyse de tableaux scientifiques présentés dans les articles*) n'est jugée comme suffisamment exercée en classe que par environ 40% des élèves; l'autre (*calcul de la consommation hebdomadaire d'un appareil électrique*), par environ 30% des élèves.

Dans l'ensemble, la majorité des élèves romands estiment avoir assez d'expérience de différents types de tâches, seules quelques tâches de mathématiques appliquées étant réservées à une minorité d'entre eux.

1.4.3 *Fréquence de différents types de problèmes pendant les leçons ou lors des évaluations*

La majorité des élèves reconnaissent avoir eu affaire, fréquemment ou parfois, aux problèmes d'application de procédures, aux problèmes verbaux d'algèbre et aux problèmes de raisonnement mathématique formel, aussi bien pendant les leçons que lors des évaluations (figure 1.6). Une catégorie de problèmes est cependant peu pratiquée par les élèves, que ce soit pendant les cours ou lors des évaluations: les problèmes de raisonnement mathématique appliqué.

Figure 1.6 – *Pourcentage d'élèves ayant indiqué avoir eu fréquemment ou parfois différents types de problèmes mathématiques pendant les cours ou lors des évaluations*

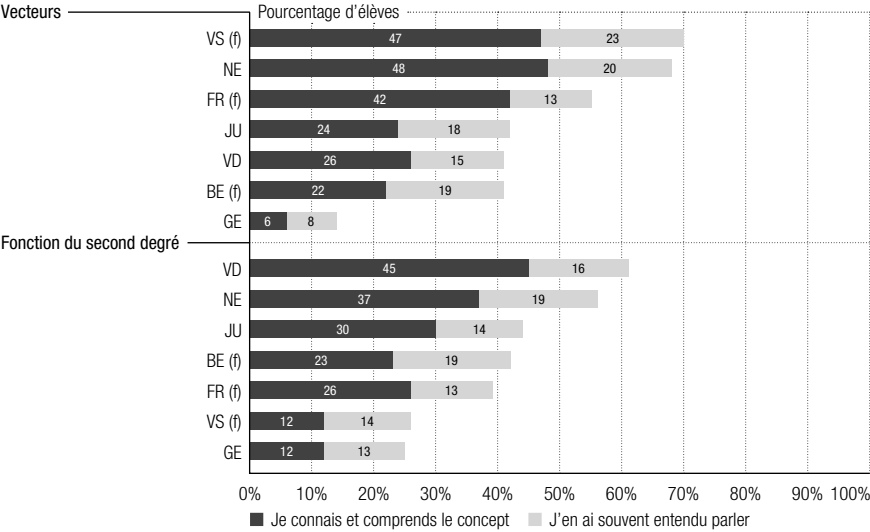


1.4.4 Possibilités d'apprentissage selon les cantons

L'harmonisation de l'enseignement des mathématiques à l'échelle de la Suisse romande n'a pas mis fin à toutes les différences entre les cantons. Le plan d'études et les moyens d'enseignement utilisés sont certes les mêmes, les pratiques d'enseignement et d'apprentissage restent différentes dans la mesure où le système scolaire, en particulier l'organisation du secondaire obligatoire, est spécifique à chaque canton.

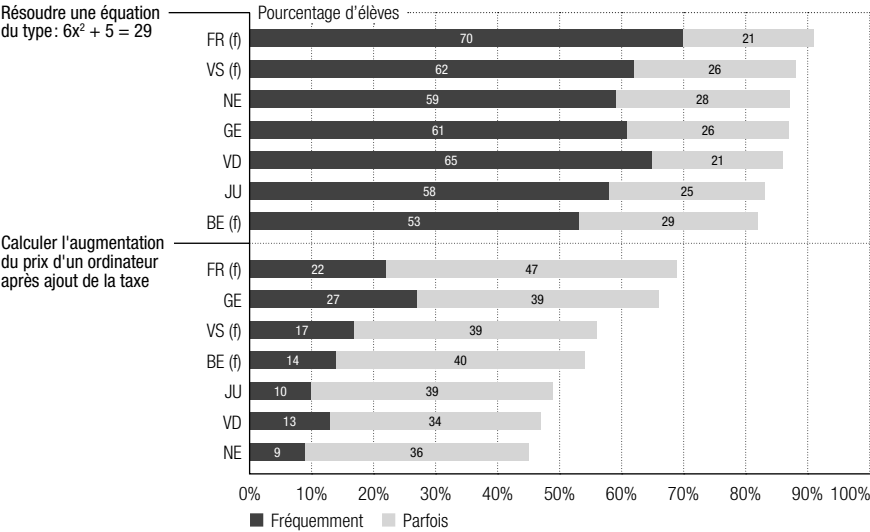
Les réponses des élèves interrogés au sujet des possibilités d'apprentissage dont ils ont bénéficié à l'école reflètent cette double détermination des pratiques d'enseignement des mathématiques, romande et cantonale. À la question concernant les concepts mathématiques, les possibilités d'apprentissage sont jugées satisfaisantes par la majorité des élèves dans chaque canton pour cinq concepts sur treize (*diviseur, équation linéaire, nombre rationnel, polygone* et *figure isométrique*). Pour quatre autres concepts (*fonction exponentielle, nombre complexe, radicaux, moyenne arithmétique*), les possibilités d'apprentissage sont jugées satisfaisantes par une minorité d'élèves dans chaque canton. L'harmonisation de l'enseignement se vérifie dans trois quarts des concepts. Dans le quart de concepts restant (*fonction du second degré, vecteurs, cosinus* et *probabilité*), les possibilités d'apprentissage sont jugées suffisantes par une majorité d'élèves dans certains cantons et par une minorité dans d'autres.

Figure 1.7 – Pourcentage d'élèves ayant indiqué avoir souvent entendu parler ou bien connaître et comprendre un concept mathématique, selon les cantons



L'ampleur de ces différences de pratiques est illustrée à la figure 1.7. Dans le canton du Valais, la majorité des élèves indique avoir suffisamment appris le concept de vecteur, alors qu'une petite minorité estime avoir suffisamment abordé les fonctions du second degré en classe. À l'inverse, dans le canton de Vaud, la majorité des élèves estime avoir suffisamment appris les fonctions du second degré alors qu'une minorité reconnaît avoir suffisamment appris les vecteurs.

Figure 1.8 – Pourcentage d'élèves ayant indiqué avoir abordé parfois ou fréquemment les différents types de tâches mathématiques, selon les cantons



Les pratiques cantonales semblent plus proches s'agissant de l'apprentissage de la résolution de problèmes qu'en ce qui concerne l'apprentissage des concepts. La majorité des élèves, dans tous les cantons, indique avoir suffisamment travaillé en classe les trois tâches de mathématiques formelles concernant la résolution d'équations du premier et du second degré, de même que trois tâches de mathématiques appliquées (*utiliser un horaire de train pour calculer combien de temps prendrait le trajet d'un endroit à un autre, calculer combien de mètres carrés de dalles il faut pour carreler un sol, calculer la distance réelle entre deux endroits sur une carte à l'échelle 1/10000*). Les similitudes entre cantons se manifestent également au niveau de deux types de tâches de mathématiques appliquées (*comprendre des tableaux scientifiques présentés dans un article et calculer la consommation hebdomadaire d'un appareil électrique*), qu'une minorité d'élèves dans tous les cantons indique avoir suffisamment appris en classe. Un seul type de tâche révèle quelques différences de pratiques d'enseignement entre cantons : *calculer l'augmentation du prix d'un ordinateur après ajout de la taxe*. Ce type de tâche est suffisamment exercé par la majorité des élèves dans quatre cantons (FR, GE, VS, BE) et par une minorité dans les trois autres (JU, VD, NE) (figure 1.8).

L'ampleur des différences entre cantons au sujet des possibilités d'apprentissage de ce type de problèmes est bien visible à la figure 1.9. Une minorité des élèves des cantons du Jura, Neuchâtel et Vaud indique avoir eu suffisamment d'expérience de ce type de tâche alors que dans les autres cantons, ils sont une majorité dans ce cas.

Figure 1.9 – Pourcentage d'élèves ayant indiqué avoir traité fréquemment ou parfois des problèmes verbaux d'algèbre pendant les cours ou lors des évaluations, selon les cantons

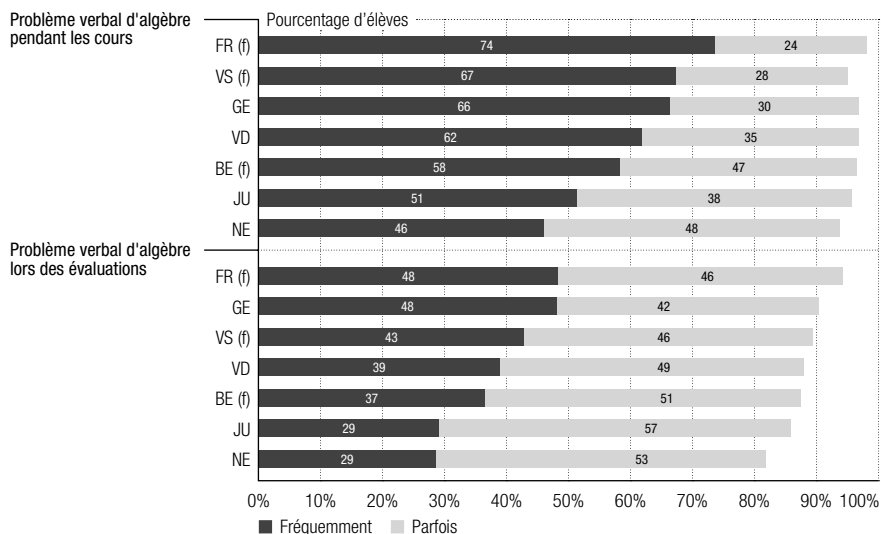
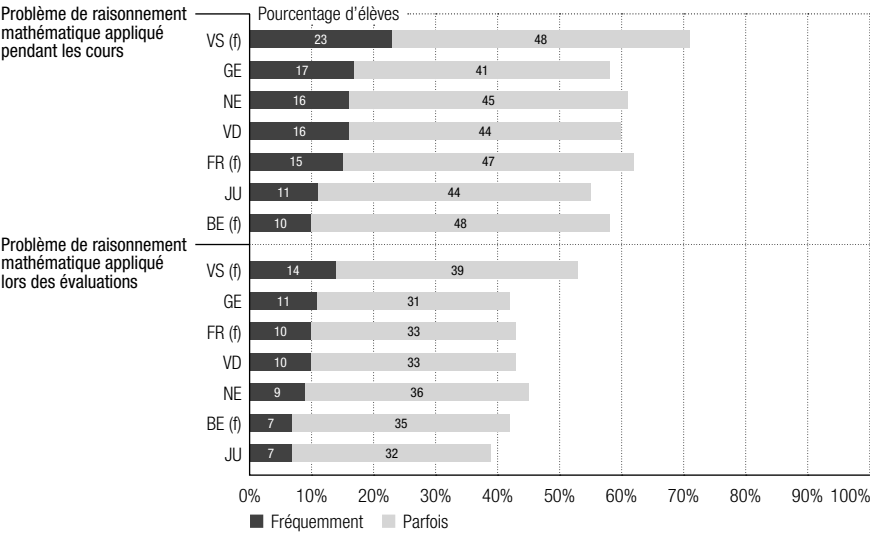


Figure 1.10 – *Pourcentage d'élèves ayant indiqué avoir traité fréquemment ou parfois des problèmes de raisonnement mathématique appliqué pendant les cours ou lors des évaluations, selon les cantons*



Pour finir sur ce point, on remarquera que les élèves indiquent avoir eu plus de possibilités d'apprentissage quand il est question de problèmes de mathématiques formelles ou appliquées que lorsqu'il s'agit de concepts mathématiques (figure 1.10). Ce constat va dans le sens d'une critique – positive pour certains, négative pour d'autres – faite aux moyens romands d'enseignement de mathématiques au secondaire I, concernant l'enseignement de la théorie.

1.4.5 Possibilités d'apprentissage selon les filières

Dans quelle mesure les opportunités d'apprentissage des contenus mathématiques varient-elles selon le niveau d'exigences de la filière ou du niveau d'enseignement fréquenté par les élèves ? Dans les sept cantons romands, les élèves de l'enseignement secondaire I sont répartis en différentes filières ou en classes de niveau. Selon le niveau d'exigences de l'enseignement assuré aux uns et aux autres, on peut distinguer les filières et niveaux d'enseignement prégyrnasial (à exigences élevées) d'une part, les filières et niveaux d'enseignement non prégyrnasial (à exigences moyennes ou élémentaires) d'autre part. La figure 1.11 présente les différentes filières et niveaux d'enseignement rencontrés dans les cantons romands.

Figure 1.11 – Filières et niveaux d'enseignement prégyrnasial vs non prégyrnasial dans les cantons romands

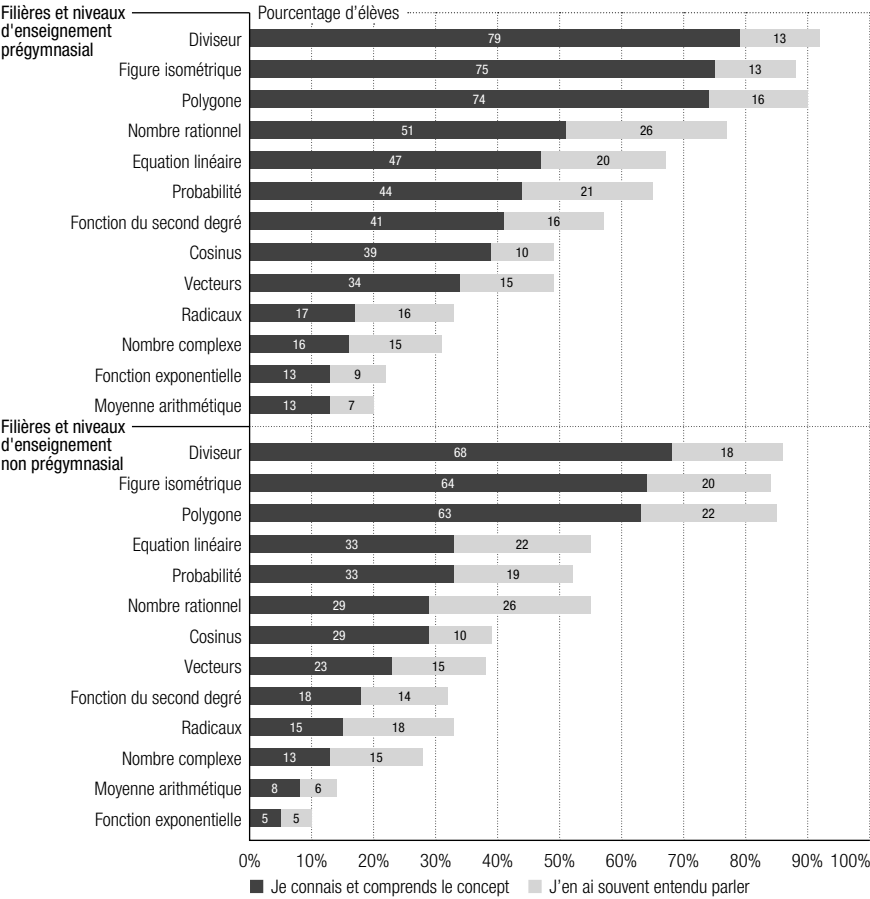
	Filières et niveaux d'enseignement prégyrnasial (GYMN)	Filière et niveaux d'enseignement non prégyrnasial (NGYMN)
Berne francophone (BE)	Section prégyrnasiale (BE Prégym)	Section moderne (BE mod)
		Section générale (BE gen)
Fribourg francophone (FR)	Section prégyrnasiale (FR Prégym)	Section générale (FR gen)
		Exigences de base (FR EB)
Genève (GE)	Regroupement A (GE A)	Regroupement B (GE B)
	Classes hétérogènes niveau A (GE HA)	Classes hétérogènes niveau B (GE HB)
Jura (JU)	Niveau d'exigences étendues (JU étendu)	Niveau d'exigences moyennes (JU moy)
		Niveau d'exigences élémentaires (JU elem)
Neuchâtel (NE)	Section Maturités (NE matu)	Section Moderne (NE mod)
		Section préprofessionnelle (NE PP)
Valais francophone (VS)	Lycée-collège (VS Lycée-col)	CO niveau I /II (VS CO niv I/II)
	CO niveau I (VS CO niv I)	CO niveau II (VS CO niv II)
Vaud (VD)	Voie secondaire de baccalauréat (VD VSB)	Voie secondaire générale (VD VSG)
		Voie secondaire à options (VD VSO)

Commençons par les possibilités d'apprentissage des concepts mathématiques dans les différentes filières et niveaux d'enseignement. Dans la figure 1.12, les treize concepts mathématiques sont classés par ordre décroissant du pourcentage d'élèves ayant indiqué les connaître et les comprendre dans les filières et niveaux d'enseignement prégyrnasial d'abord, dans les filières et niveaux d'enseignement non prégyrnasial ensuite.

Nous constatons que dans les filières prégyrnasiales comme dans les non prégyrnasiales, ce sont presque les mêmes concepts qui bénéficient d'une exposition élevée (*diviseur*, *polygone*, *figure isométrique*, *équation linéaire*, *nombre rationnel*, *probabilité*) ou à l'inverse, d'une exposition faible (*moyenne arithmétique*, *fonction exponentielle*, *nombre complexe*, *radicaux*, *vecteurs*, *cosinus*). Un seul concept, la *fonction du second degré*, fait exception : 59% des élèves dans les filières et niveaux d'enseignement prégyrnasial et seulement 32% dans les filières et niveaux d'enseignement non prégyrnasial ont indiqué bien le connaître et le comprendre ou en avoir souvent entendu parler.

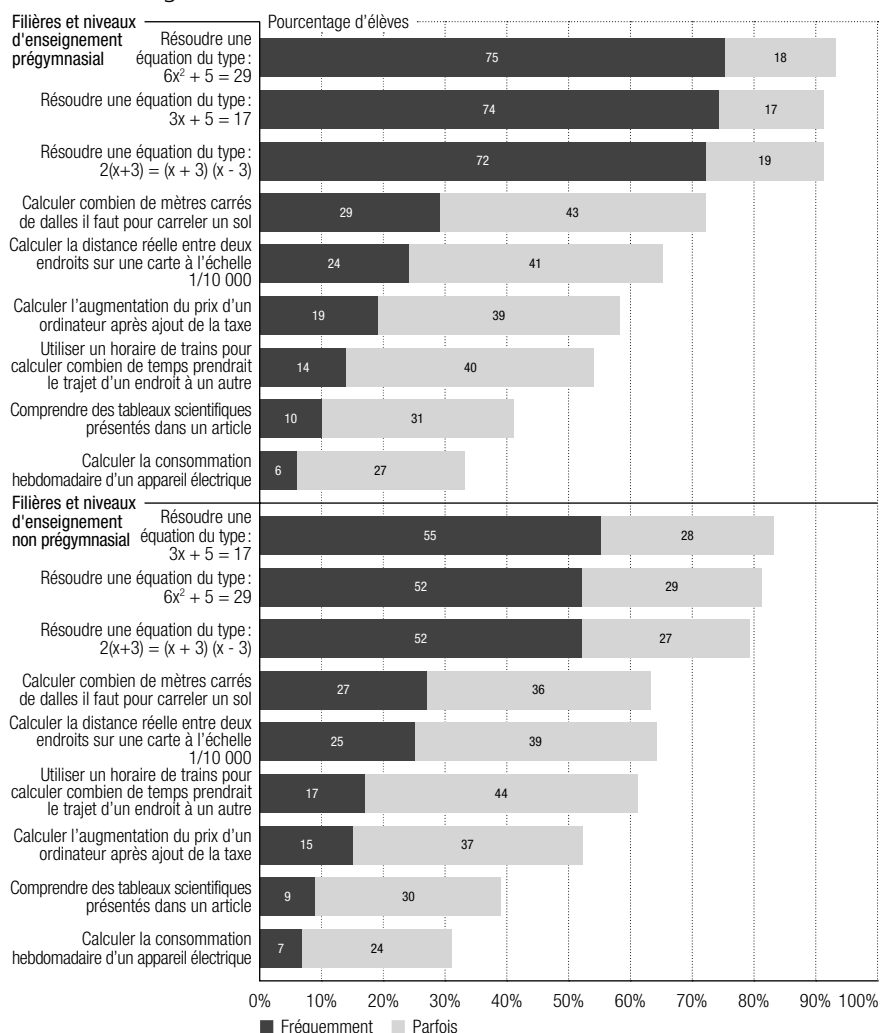
Le déséquilibre en possibilités d'apprentissage des concepts est cependant plus important entre les deux types de filières et niveaux d'enseignement que ce qu'illustre la *fonction du second degré*. À l'exception des radicaux, on constate un degré d'exposition plus élevé de tous les concepts mathématiques dans les filières prégyrnasiales que dans les non prégyrnasiales. La *nombre rationnel*, l'*équation linéaire* et la *probabilité* bénéficient d'une exposition élevée dans les filières prégyrnasiales, moyenne dans les filières non prégyrnasiales. La *fonction exponentielle* et la *moyenne arithmétique*, qui sont un peu exposées dans les filières prégyrnasiales, ne semblent guère enseignées dans les autres.

Figure 1.12 – Pourcentage d'élèves ayant indiqué avoir souvent entendu parler ou bien connaître et comprendre un concept mathématique, selon les filières et niveaux d'enseignement



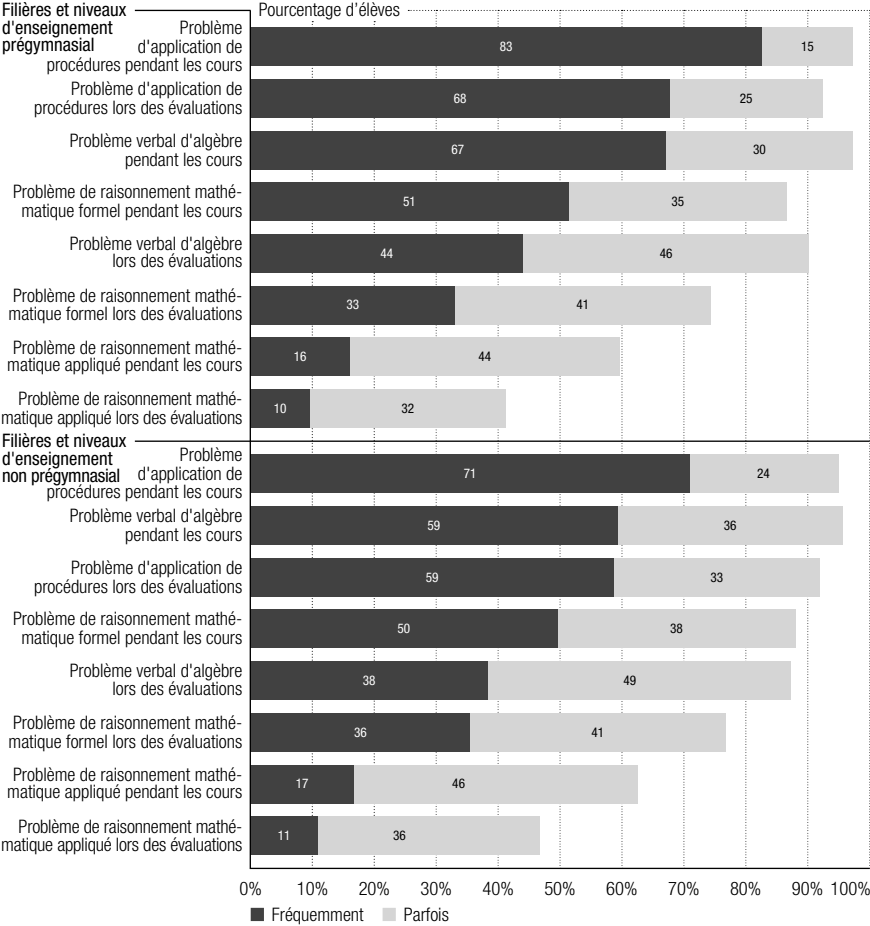
Les possibilités d'apprentissage de la résolution de différents types de problèmes dans les filières pré-gymnasiales et dans les non pré-gymnasiales sont présentées dans la figure 1.13. Presque tous les problèmes bénéficient d'une exposition plus élevée dans les filières pré-gymnasiales que dans les autres filières et niveaux d'enseignement, la *résolution d'équations du second degré* reflétant plus particulièrement ce décalage. Un seul type de problèmes (*utiliser un horaire de train pour calculer combien de temps prendrait le trajet d'un endroit à l'autre*) bénéficie d'une exposition plus élevée dans les filières non pré-gymnasiales. On pouvait s'attendre à ce qu'il y ait davantage de possibilités d'apprentissage de la résolution de problèmes de mathématiques appliquées dans ces filières où l'orientation préprofessionnelle de la formation est assez importante.

Figure 1.13 – Pourcentage d'élèves ayant indiqué avoir abordé parfois ou fréquemment les différents types de tâches mathématiques, selon les filières et niveaux d'enseignement



Les fréquences relatives au degré d'exposition de différents types de problèmes mathématiques pendant les cours et lors des évaluations sont présentées dans la figure 1.14. Les problèmes d'applications de procédures et les problèmes verbaux d'algèbre, pendant les cours et lors des évaluations, sont très fréquents dans toutes les filières. Les problèmes de raisonnement mathématique formel le sont presque tout autant dans les deux types de filières, pendant les cours et lors des évaluations. Les moins fréquents sont les problèmes de raisonnement mathématique appliqué pendant les cours, encore moins lors des évaluations, dans toutes les filières d'enseignement.

Figure 1.14 – Pourcentage d'élèves ayant indiqué avoir abordé parfois ou fréquemment les différents types de problèmes mathématiques pendant les cours et lors des évaluations, selon les filières et niveaux d'enseignement



Synthèse

Les enquêtes PISA de 2003 et 2012 ont permis de revisiter les deux principales réformes ayant marqué l'enseignement des mathématiques en Suisse romande. Les élèves testés en 2003 ont bénéficié de la deuxième édition des moyens d'enseignement des mathématiques modernes, libérée des contenus controversés de la première, tels que la numération dans d'autres bases que celle de dix. Cette réforme étant limitée aux six premiers degrés de l'école obligatoire, les élèves ont donc appris les mathématiques traditionnelles durant les trois dernières années avant de passer le test PISA. Les élèves

testés en 2012 ont, quant à eux, bénéficié de la réforme du programme et des moyens d'enseignement des mathématiques mise en place à partir de 1997. Cette réforme consistait principalement à promouvoir des approches socioconstructivistes à la place de la pédagogie des mathématiques modernes au primaire et de celle des mathématiques traditionnelles au secondaire I.

L'analyse des données récoltées par questionnaire auprès des élèves testés par PISA en 2012 éclaire sur les forces et les faiblesses de l'enseignement des mathématiques durant les années 2000, soit avant la mise en place des nouveaux plans d'études et moyens d'enseignement romands (PER et MER), aujourd'hui en vigueur. Cela concerne directement l'enseignement secondaire I et indirectement l'enseignement primaire. On peut relever deux principaux points forts en particulier.

Le premier point fort est de constater que l'harmonisation de l'enseignement des mathématiques s'est relativement bien passée. Dans tous les cantons romands, les contenus et les méthodes d'enseignement des mathématiques sont à peu près harmonisés. D'un canton à l'autre, les mêmes concepts mathématiques sont plus ou moins intensément enseignés. Dans chaque canton, la majorité des élèves indique avoir suffisamment appris les concepts de *polygone* ou de *figure isométrique* alors qu'une petite minorité estime avoir eu assez d'occasions d'apprendre les concepts de *moyenne arithmétique* et de *fonction exponentielle*.

Le deuxième point fort réside dans le fait que la majorité des élèves romands ont indiqué avoir eu suffisamment d'occasions d'apprendre à résoudre les différents types de problèmes de mathématiques formelles et appliquées. Seuls quelques types de problèmes sont insuffisamment exercés. C'est le cas des problèmes tels que *comprendre des tableaux scientifiques présentés dans un article* ou *calculer la consommation hebdomadaire d'un appareil électrique*. Dans tous les cantons, la majorité des élèves reconnaissent avoir bénéficié d'assez de possibilités d'apprentissage de différents types de problèmes de mathématiques formelles et appliquées.

Le principal point faible du curriculum de mathématiques au secondaire I concerne les possibilités d'apprentissage des concepts. La majorité des élèves indique ne pas avoir suffisamment appris plus de la moitié des concepts mathématiques qui leur ont été présentés. Ce constat accrédié une des principales critiques des enseignants contre les moyens romands de mathématiques 7-8-9 et les approches socioconstructivistes qui ont inspiré ces moyens, à savoir que l'enseignement d'éléments théoriques (définitions, règles, théorèmes, démonstrations, etc.) est relégué au second plan (Pochon & Vermot, 2010; Guillot, 2012).

Les inégalités en possibilités d'apprentissage entre les filières prégymnasiales et les non prégymnasiales constituent un autre point faible du curriculum romand de mathématiques des années 2000. Il apparaît que le degré d'exposition des concepts mathématiques est beaucoup plus important dans les filières prégymnasiales que dans les autres et que des concepts un peu exposés dans les filières au niveau d'exigence élevé sont rarement enseignés dans les autres filières. Même la résolution de problèmes de mathématiques appliquées bénéficie de possibilités d'apprentissage plus importantes dans les filières prégymnasiales que dans les non prégymnasiales où l'orientation préprofessionnelle de la formation est pourtant plus renforcée.

Chapitre 2. Compétences en mathématiques : résultats et évolution

Dans ce chapitre, nous nous intéresserons aux résultats de l'enquête PISA 2012 en mathématiques et à leur évolution entre 2003 et 2012 dans les cantons de la Suisse romande. Les analyses prendront en compte différentes caractéristiques des élèves de leur environnement familial, social, culturel et scolaire ainsi que les différents aspects de compétences ciblés par les concepteurs de l'enquête. À cet effet, rappelons que les tests PISA utilisent la même échelle de performances au fil du temps. Par ailleurs, un certain nombre d'items d'ancrage, communs aux différentes évaluations, permettent de calibrer ces échelles de performances de sorte qu'elles présentent les mêmes caractéristiques d'une fois à l'autre.

Les compétences en mathématiques évaluées en 2012 comme en 2003 sont réparties en *quatre sous-domaines* de contenu (nous parlerons par la suite de domaines de contenu pour simplifier) : *Variations et relations*, *Espace et formes*, *Quantité*, et *Incertitude et données*. Une définition de chaque domaine de contenu selon l'OCDE (2014) est présentée dans la figure 2.1.

Figure 2.1 – Définition des domaines de contenus dans les tests PISA en 2003 et 2012

• Variations et relations	La catégorie de contenus Variations et relations se concentre sur la multitude de relations provisoires et permanentes entre les objets et les circonstances, dans lesquelles des changements interviennent dans des systèmes d'objets interdépendants ou dans des circonstances où les éléments s'influencent les uns les autres. Certains de ces changements se produisent avec le temps ; mais d'autres affectent des quantités ou des objets différents. Pour maîtriser les variations et les relations, il faut comprendre les types fondamentaux de changement et les reconnaître lorsqu'ils se produisent pour pouvoir utiliser des modèles mathématiques adaptés qui permettent de décrire et prévoir les changements. Certains aspects mathématiques traditionnels des fonctions et de l'algèbre, notamment les expressions algébriques, les équations et les inégalités ou les représentations sous forme de graphiques et de tableaux, sont essentiels pour décrire, modéliser et interpréter les phénomènes de variation.
• Espace et formes	La catégorie de contenus Espace et formes englobe un large éventail de phénomènes omniprésents dans notre environnement visuel et physique : les régularités, les propriétés des objets, les positions et les orientations, les représentations d'objets, l'encodage et le décodage d'informations visuelles, la navigation et les interactions dynamiques avec des formes réelles ainsi qu'avec leur représentation. La géométrie est un fondement essentiel de la catégorie Espace et formes, qui s'étend toutefois au-delà des limites de cette branche en termes de contenu, de signification et de méthode, et intègre d'autres branches des mathématiques, telles que la visualisation dans l'espace, le mesurage et l'algèbre.
• Quantité	La catégorie de contenus Quantité englobe la quantification d'attributs d'objets, de relations, de situations et d'entités dans le monde, qui implique la compréhension de diverses représentations de ces quantifications et l'évaluation d'interprétations et d'arguments fondés sur la quantité. Pour l'appréhender, il faut comprendre le mesurage, le comptage, la magnitude, les unités, les indicateurs, la taille relative, les régularités et les tendances numériques, le sens des nombres, les représentations multiples des nombres, le calcul mental, les estimations et l'évaluation de la plausibilité des résultats.
• Incertitude et données	La catégorie de contenus Incertitude et données englobe deux aspects étroitement liés : le fait d'identifier et de résumer des messages enfouis dans des séries de données présentées de façon différente, et d'apprécier l'impact probable de la variabilité inhérente à de nombreux processus dans le monde réel. L'incertitude entoure les prévisions scientifiques, les résultats de scrutins électoraux, les prévisions météorologiques et les modèles économiques ; les notes d'examen, les résultats de sondages et les processus de fabrication varient ; et la chance est fondamentale dans de nombreuses activités récréatives auxquelles les individus se livrent pendant leurs loisirs. La probabilité et la statistique, enseignées au cours de mathématiques, portent sur tous ces aspects.

2.1 Résultats en 2012

2.1.1 Réussite en mathématiques selon les cantons

Les premières analyses de l'enquête PISA 2012 (Consortium PISA.ch, 2014 ; Nidegger, 2014) ont permis de montrer que la Suisse romande obtient de bons résultats en mathématiques avec un score moyen de 523 points pour les élèves de 11^e année. Ce résultat moyen romand inférieur à la moyenne suisse (531) masque cependant des différences cantonales importantes. En effet, on observe un écart de 48 points entre les performances cantonales extrêmes de Genève (502) et de Fribourg (550). On relève que le score moyen du canton de Fribourg surpasse significativement tous les autres. Ces résultats globaux centrés sur la moyenne ne donnent pas d'indication sur la distribution des scores des élèves dans les différents cantons. Il est cependant utile de pouvoir déceler si des cantons présentent des nombres importants d'élèves ayant de grandes difficultés en mathématiques et/ou très peu d'élèves performants dans ce domaine. On pourra alors ajuster les mesures pour faire face à ces différentes situations. Un système scolaire peut en effet être considéré comme particulièrement efficace s'il laisse peu d'élèves à la traîne et produit en outre une élite importante. Les données recueillies permettent de situer les élèves en fonction de leur niveau de compétences (voir figure 2.3) pour la définition de ces niveaux de compétences). La figure 2.2 situe les différents cantons romands en fonction du pourcentage d'élèves en difficulté en mathématiques (niveaux inférieurs à 2) et du pourcentage d'élèves très performants (niveaux 5 ou 6). On rencontre différentes configurations de résultats cantonaux : des cantons présentant peu d'élèves ayant des performances faibles et beaucoup d'élèves très performants (c'est le cas de Fribourg) et à l'inverse dans certains cantons, il existe beaucoup d'élèves en difficulté et peu d'élèves performants (Genève et Neuchâtel). Le graphique 2.2 met en évidence une relation négative entre le pourcentage d'élèves de niveaux faibles et celui d'élèves de niveaux forts.

Figure 2.2 – *Pourcentage d'élèves de niveaux faibles (<2) et de niveaux forts (5 ou 6) en mathématiques, selon les cantons romands*

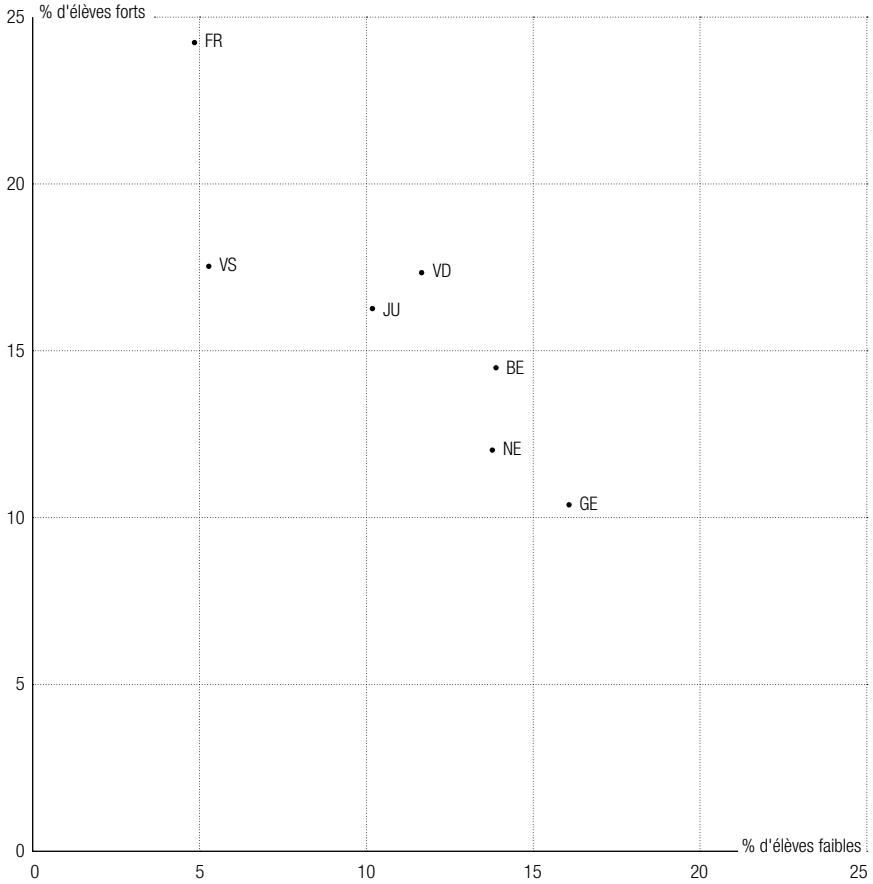


Figure 2.3 – Niveaux de compétences en mathématiques

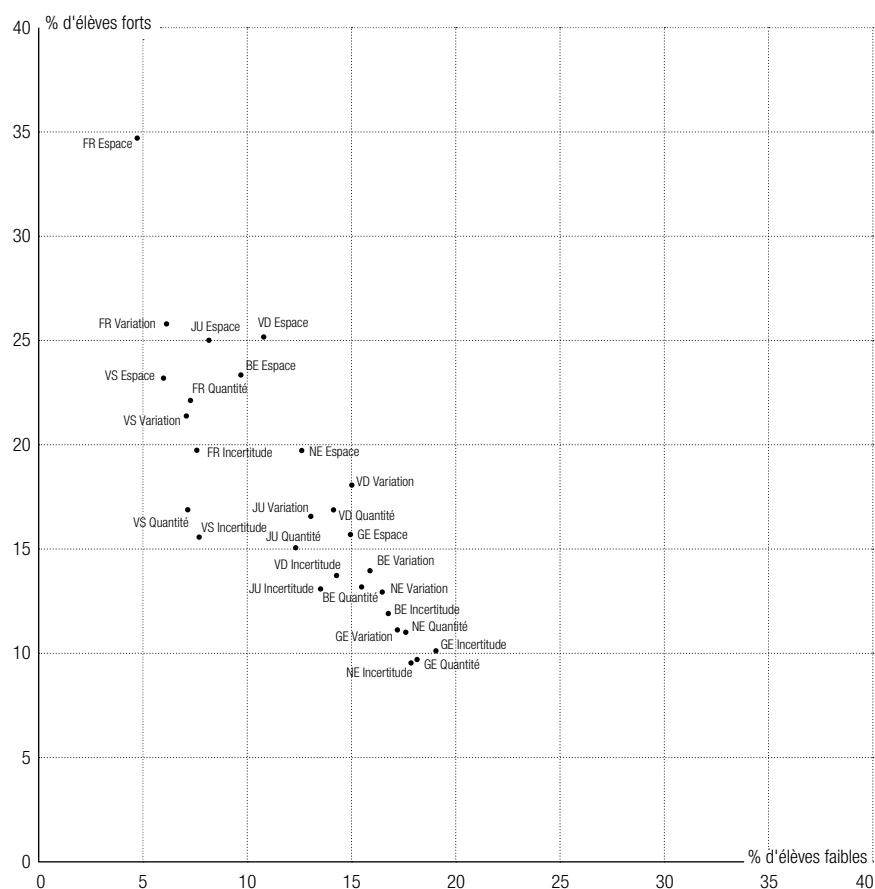
Niveaux de compétences et seuils	Description de l'échelle globale de mathématiques
Niveau 6 669 points	Les élèves sont capables de conceptualiser, de généraliser et d'utiliser des informations sur la base de leurs propres recherches et de la modélisation de problèmes complexes. Ils peuvent établir des liens entre différentes représentations et sources d'information, et passer de l'une à l'autre sans difficulté. Ils peuvent se livrer à des raisonnements et à des réflexions mathématiques difficiles. Ils peuvent s'appuyer sur leur compréhension approfondie et leur maîtrise des relations symboliques et des opérations mathématiques classiques pour élaborer de nouvelles approches et de nouvelles stratégies à appliquer lorsqu'ils sont face à des situations qu'ils n'ont jamais rencontrées. Ils peuvent décrire clairement et communiquer avec précision leurs actes et les fruits de leur réflexion – résultats, interprétations, arguments – qui sont en adéquation avec les situations initiales.
Niveau 5 607 points	Les élèves peuvent élaborer et utiliser des modèles dans des situations complexes pour identifier des contraintes et construire des hypothèses. Ils sont capables de choisir, de comparer et d'évaluer des stratégies de résolution de problèmes leur permettant de s'attaquer à des problèmes complexes en rapport avec ces modèles. Ils peuvent aborder les situations sous un angle stratégique en mettant en œuvre un grand éventail de compétences pointues de raisonnement et de réflexion, en utilisant les caractérisations symboliques et formelles et les représentations y afférentes, et en s'appuyant sur leur compréhension approfondie de ces situations. Ils peuvent réfléchir à leurs actes, et formuler et communiquer leurs interprétations et leur raisonnement.
Niveau 4 544 points	Les élèves sont capables d'utiliser des modèles explicites pour faire face à des situations concrètes complexes qui peuvent leur demander de tenir compte de contraintes ou de construire des hypothèses. Ils peuvent choisir et intégrer différentes représentations, dont des représentations symboliques, et les relier directement à certains aspects de situations tirées du monde réel. Ils peuvent mettre en œuvre un éventail de compétences pointues dans ces situations et raisonner avec une certaine souplesse en s'appuyant sur leur compréhension de ces contextes. Ils peuvent formuler des explications et des arguments sur la base de leurs interprétations et de leurs actions, et les communiquer.
Niveau 3 482 points	Les élèves peuvent appliquer des procédures bien définies, dont celles qui leur demandent des décisions séquentielles. Ils peuvent choisir et mettre en œuvre des stratégies simples de résolution de problèmes. Ils peuvent interpréter et utiliser des représentations basées sur différentes sources d'information, et construire leur raisonnement directement sur cette base. Ils peuvent rendre compte succinctement de leurs interprétations, de leurs résultats et de leur raisonnement.
Niveau 2 420 points	Les élèves peuvent interpréter et reconnaître des situations dans des contextes qui leur demandent tout au plus d'établir des inférences directes. Ils ne peuvent puiser des informations pertinentes que dans une seule source d'information et n'utiliser qu'un seul mode de représentation. Ils sont capables d'utiliser des algorithmes, des formules, des procédures ou des conventions élémentaires. Ils peuvent se livrer à un raisonnement direct et interpréter les résultats de manière littérale.
Niveau 1 358 points	Les élèves peuvent répondre à des questions s'inscrivant dans des contextes familiers, dont la résolution ne demande pas d'autres informations que celles présentes et qui sont énoncées de manière explicite. Ils sont capables d'identifier les informations et d'appliquer des procédures de routine sur la base de consignes directes dans des situations explicites. Ils peuvent exécuter des actions qui vont de soi et qui découlent directement du stimulus donné.

Source : OCDE (2014), p. 67.

On relève que les cantons de Fribourg et du Valais ne se différencient pas pour les taux d'élèves en difficulté en mathématiques mais pour l'importance du nombre d'élites dans ce domaine, Fribourg produisant relativement plus d'élèves performants en mathématiques que le Valais. Les cantons du Jura et de Vaud ont des configurations relativement proches. Le Jura qui ne se distingue significativement pas de Berne francophone en moyenne, présente relativement moins d'élèves en difficulté en mathématiques.

Comme on l'a déjà vu, différents sous-ensembles de compétences en mathématiques peuvent être analysés à partir des réponses des élèves et différentes sous-échelles de mathématiques peuvent être construites. Ces échelles permettent notamment de situer les performances des élèves pour certains aspects de contenus mathématiques : *Espace et formes*, *Incertitude et données*, *Quantité*, *Variations et relations*. La figure 2.4 présente les différentes configurations cantonales romandes en termes de pourcentage d'élèves en difficulté et d'élèves performants dans les domaines de contenus.

Figure 2.4 – Pourcentage d'élèves de niveaux faibles (<2) et de niveaux forts (5 ou 6) dans les domaines de contenus, selon les cantons romands



C'est le domaine *Incertitude et données* qui suscite le plus d'inquiétude; c'est en effet pour ce domaine que tous les cantons (sauf Vaud) présentent le taux le plus élevé d'élèves de niveaux faibles. Ce taux, pour ce domaine, peut atteindre jusqu'à 19% à Genève et la plupart des cantons (sauf Fribourg et Valais) présentent plus de 13% d'élèves en difficulté. C'est également pour ce domaine que les cantons présentent relativement moins d'élèves de niveaux forts (moins de 10% à Neuchâtel). À l'inverse, le domaine *Espace et formes* est le mieux réussi dans tous les cantons. On relève en effet, pour ce domaine, les taux les moins élevés dans tous les cantons d'élèves en difficulté (moins de 5% à Fribourg) et également dans tous les cantons, les taux les plus élevés d'élèves performants (près de 35% à Fribourg).

On doit cependant relever des différences cantonales importantes. La performance de Fribourg et du Valais dans le domaine *Incertitude et données* (le moins bien réussi dans la plupart des cantons) est de 7% environ d'élèves en difficulté et plus de 15% d'élèves performants. On observe également de grandes disparités dans la réussite pour le domaine *Espace et formes*, particulièrement pour les taux d'élèves performants (16% à Genève et 35% à Fribourg). La variabilité est également importante pour un même canton entre les différents domaines et surtout pour les taux d'élèves performants (à Fribourg, 20% d'élèves performants pour *Incertitude et données* contre 35% pour *Espace et formes*).

2.1.2 Réussite en mathématiques selon le genre

Les garçons réussissent mieux les épreuves de mathématiques que les filles dans tous les sous-domaines de contenus de mathématiques. Les différences de performances moyennes sont statistiquement significatives dans tous les cantons romands, et elles concernent surtout les niveaux forts (figure 2.5). L'écart le plus important entre les genres concerne le domaine *Espace et formes* qui est également le mieux réussi, aussi bien par les filles que par les garçons. Le domaine *Incertitude et données* est moins bien réussi par les filles et les garçons. Les écarts de performances entre les différents domaines concernent surtout les taux d'élèves de niveaux forts (différence de 11% pour les garçons et 9% pour les filles entre *Espace et formes* et *Incertitude et données*).

Figure 2.5 – Pourcentage d’élèves de niveaux faibles (<2) et de niveaux forts (5 ou 6) dans les domaines de contenus de mathématiques, selon le genre

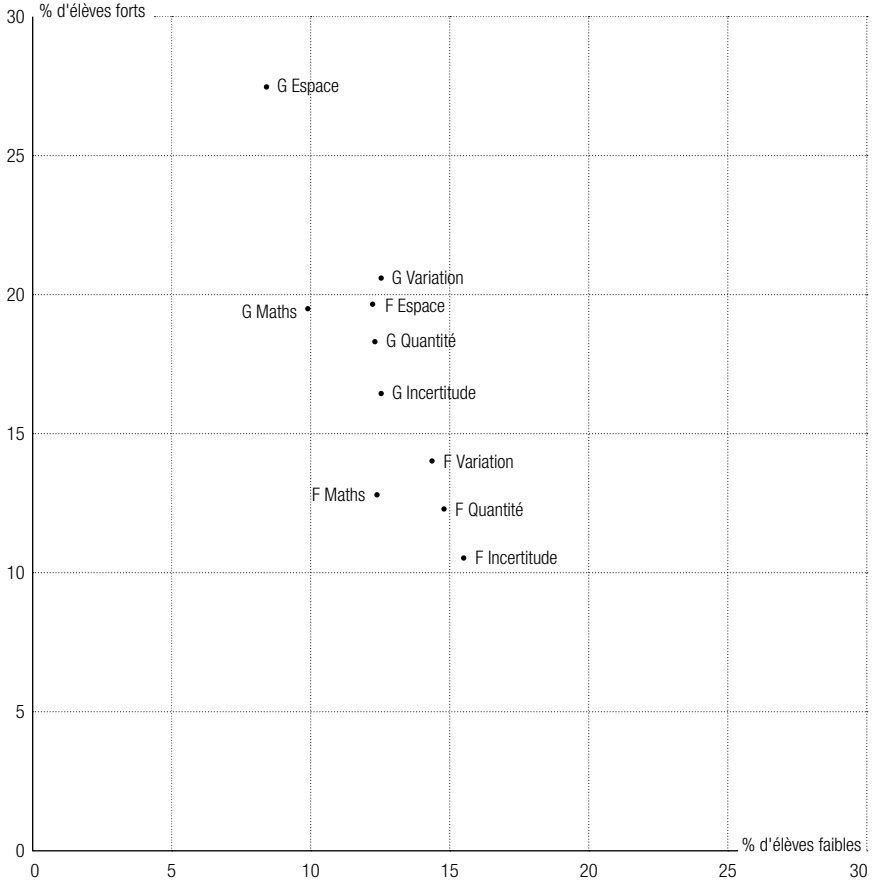
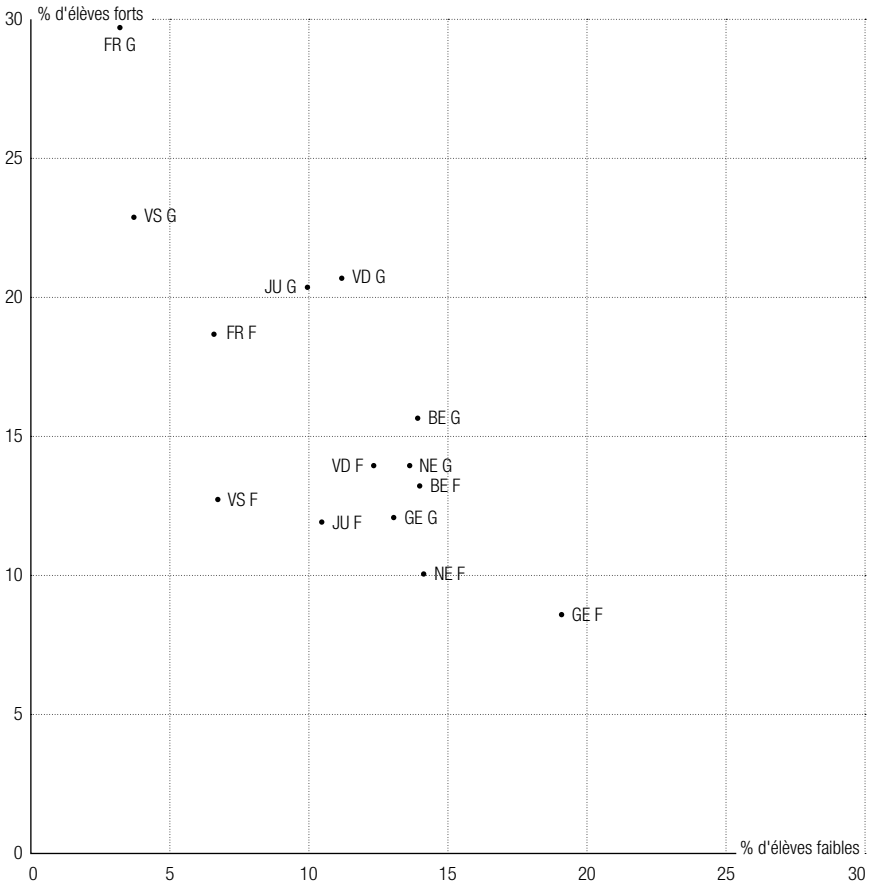


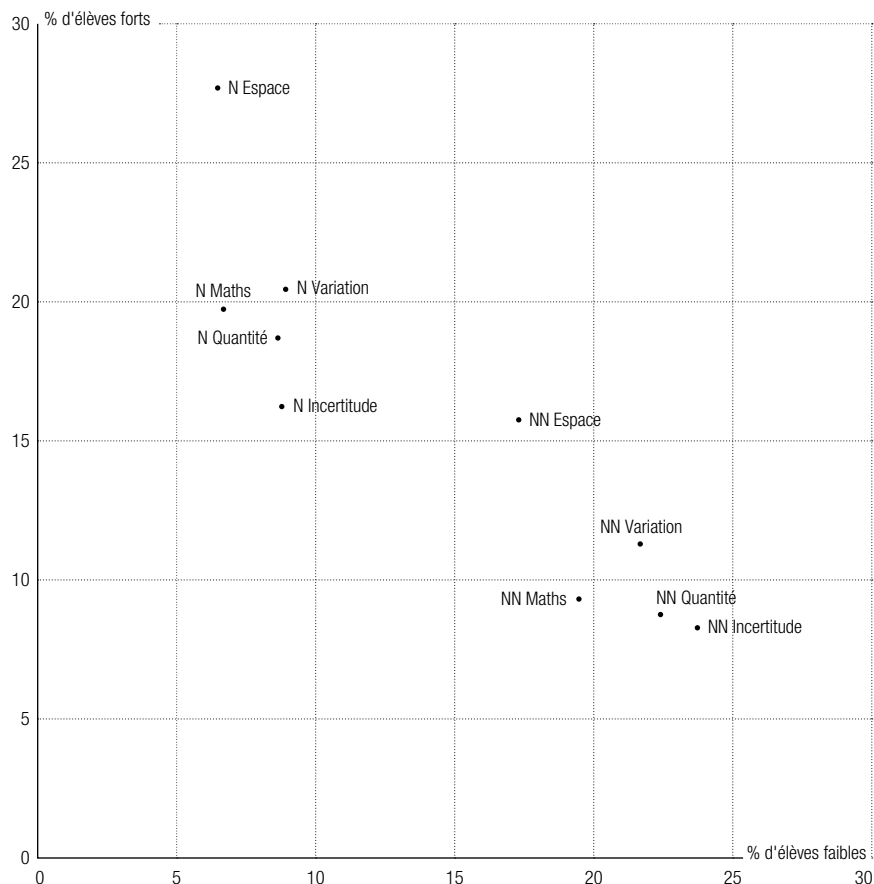
Figure 2.6 – Pourcentage d'élèves de niveaux faibles (<2) et de niveaux forts (5 ou 6) en mathématiques, selon le genre, dans les cantons romands



Les écarts de performance en mathématiques entre filles et garçons sont très différents selon les cantons (figure 2.6). Il y a peu de différence de réussite entre les filles et les garçons à Neuchâtel, alors que le taux de garçons de niveaux forts est beaucoup plus important à Fribourg que celui des filles (environ 10% de plus). Dans tous les cantons (sauf à Genève), les différences entre filles et garçons concernent surtout les taux d'élèves de niveaux forts plus importants pour les garçons.

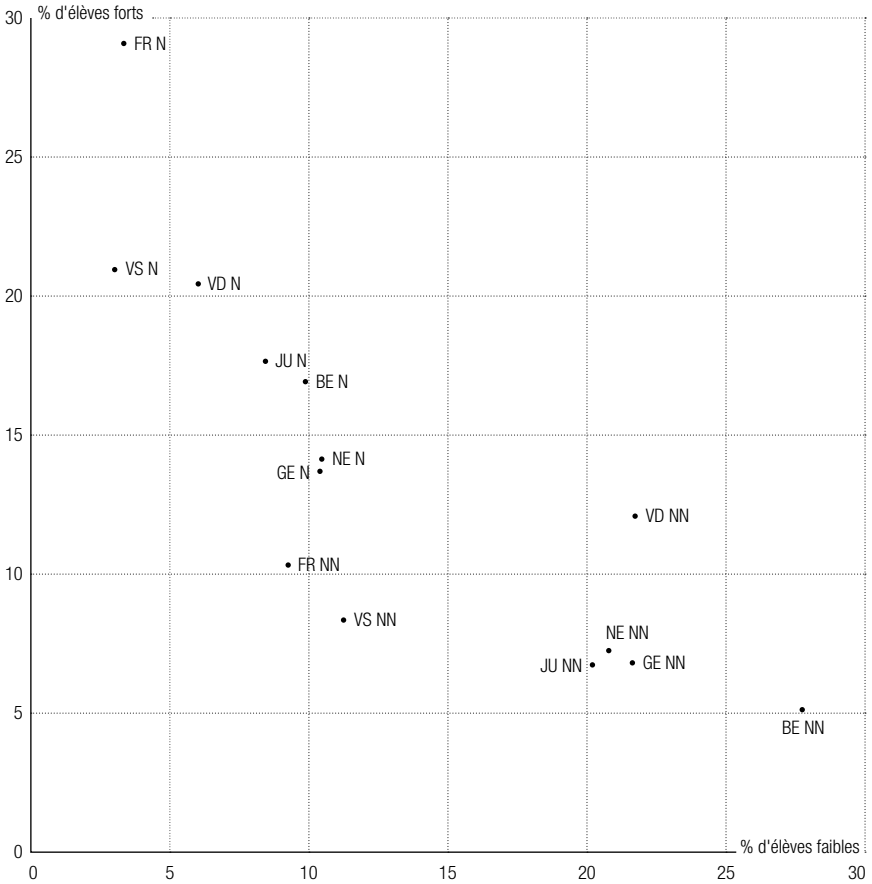
2.1.3 Réussite en mathématiques selon l'origine

Figure 2.7 – Pourcentage d'élèves de niveaux faibles (<2) et de niveaux forts (5 ou 6) dans les domaines de contenus de mathématiques, selon l'origine (N, natifs versus NN, non-natifs)



On constate des différences importantes entre les élèves nés en Suisse et les autres élèves pour les performances en mathématiques (figure 2.7). Il y a moins de 7% d'élèves de niveaux faibles pour les natifs (N), alors que chez les non-natifs (NN) ce taux atteint près de 20%. En outre, près de 20% des élèves nés en Suisse atteignent un niveau 5 ou 6 en mathématiques, alors que ce taux n'est seulement que de 9% pour les autres élèves. Le domaine Espace et formes est celui qui est le mieux réussi chez tous les élèves. Pour les élèves nés en Suisse, les différences de performances entre domaines affectent principalement le taux d'élèves de niveaux forts, qui est plus élevé pour Espace et formes que pour Incertitude et données.

Figure 2.8 – Pourcentage d'élèves de niveaux faibles (<2) et de niveaux forts (5 ou 6) en mathématiques, selon l'origine (N, natifs versus NN, non-natifs) dans les cantons romands



Les écarts de performance en mathématiques entre les élèves nés en Suisse et les autres élèves varient considérablement selon les cantons (figure 2.8). L'écart est important à Fribourg où la différence pour les taux d'élèves de niveaux forts atteint près de 19% ; il l'est moins à Genève où cet écart est inférieur à 7%. Pour les élèves nés en Suisse, les différences de performances entre cantons concernent surtout les taux d'élèves de niveaux forts (avec plus de 15% d'écart entre Fribourg et Genève). Pour les élèves qui ne sont pas nés en Suisse, ces différences concernent également les taux d'élèves de niveaux faibles (avec un écart de plus de 18% entre Berne et Fribourg).

2.1.4 Réussite aux items selon les cantons

Il peut également être intéressant de considérer les résultats en fonction des items. En effet, l'observation des résultats cantonaux sur cet aspect peut nous donner des indices sur d'éventuelles différences sur le type de tâches qui est proposé aux élèves. La figure 2.9 présente les différences de réussite des cantons aux items par rapport à la réussite moyenne en Suisse romande. Ce tableau indique, pour chaque domaine, le nombre d'items ayant un écart positif ou négatif ou pas d'écart. On constate que pour le canton de Fribourg, qui a la meilleure moyenne, les différences observées au niveau des items en comparaison cantonale sont toujours positives ou non significatives, dans tous les domaines. Dans le canton du Valais qui a la deuxième moyenne la plus élevée, le nombre de différences observées sont moindres, le plus souvent positives, plus nombreuses dans le domaine Variations et relations et Incertitude et données. Dans le domaine Quantité, elles sont peu nombreuses. Dans le domaine Espace et formes, on trouve étonnamment aussi des différences négatives alors que globalement ce canton a une performance moyenne élevée. À l'autre extrémité, les cantons de Genève et de Neuchâtel, qui ont les moyennes cantonales les plus faibles, sont également ceux qui ont le plus souvent des différences négatives aux niveaux des items. Berne francophone se caractérise par l'existence de différences positives et négatives. Dans le canton de Vaud, il y a peu de différences au niveau des items: les valeurs sont proches de la moyenne de la Suisse romande. Par ailleurs, on constate que le domaine où il y a le moins de différences est le domaine Quantité. C'est le cas pour l'ensemble des cantons de la Suisse romande.

Figure 2.9 – Différence de réussite aux items par rapport à la moyenne de la Suisse romande, selon le canton et le domaine

Variations et relations	Berne	Fribourg	Genève	Jura	Neuchâtel	Vaud	Valais
différence positive	5	16	0	2	1	1	9
pas de différence	13	5	10	17	12	20	12
différence négative	3	0	11	2	8	0	0
Quantité							
différence positive	1	9	0	3	0	0	3
pas de différence	18	12	13	17	13	21	18
différence négative	2	0	8	1	8	0	0
Espace et formes							
différence positive	6	13	0	5	1	3	4
pas de différence	12	8	8	13	13	18	13
différence négative	3	0	13	3	7	0	4
Incertitude et données							
différence positive	1	12	0	5	0	1	6
pas de différence	18	9	13	13	13	20	15
différence négative	2	0	8	3	8	0	0
Échelle globale maths							
différence positive	13	50	0	15	2	5	22
pas de différence	61	34	44	60	51	79	58
différence négative	10	0	40	9	31	0	4

N.B. Les cases du tableau indiquent le nombre d'items ayant une différence positive, négative ou pas de différence entre le résultat du canton et la moyenne romande à l'item. Les cases grisées indiquent la catégorie la plus fréquente parmi les trois possibilités.

2.2 Évolution des résultats en mathématiques de 2003 à 2012

Les résultats des Romands en 2012 sont comparés à ceux de 2003 à différents points de vue. En premier lieu, nous présentons les différences de résultats selon les cantons (point 2.2.1); ensuite, les analyses différentielles de l'évolution des résultats selon les domaines de compétences (point 2.2.2), les filières (point 2.2.3), le genre (point 2.2.4) et l'origine des élèves (point 2.2.5). Enfin, nous analysons les résultats aux items dits d'ancrage (point 2.2.6).

2.2.1 Évolution des performances en mathématiques selon les cantons romands

La moyenne des résultats de la Suisse romande est passée de 528 à 523 points entre 2003 et 2012, une légère baisse apparente mais qui n'est pas statistiquement significative. Cette stabilité des résultats moyens masque cependant des variations plus importantes dans certains cantons. Quatre cantons (Neuchâtel, Berne francophone, le Jura et le Valais) ont enregistré une baisse significative de leurs résultats moyens de 2003 à 2012 (figure 2.10). Trois cantons, Genève, Vaud et Fribourg, ont, en revanche, des résultats moyens stables. Ces trois cantons représentent une proportion importante des élèves romands, ce qui explique la stabilité des résultats à l'échelle de la Suisse romande.

Figure 2.10 – Évolution des performances moyennes en mathématiques, selon les cantons romands

	M 2012	SE	M 2003	SE	T
GE	502	2.4	508	2.3	1.64
NE	508	2.2	528	1.6	6.03
BE-f	516	2.7	526	3.1	2.17
VD	524	3.6	524	3.8	0.04
JU	526	2.6	540	3.4	3.00
VS-f	539	2.4	549	2.8	2.59
FR	550	2.2	553	3.2	0.75

N.B. Les cellules grisées indiquent une différence statistiquement significative.

Les graphiques suivants montrent respectivement la variation des taux d'élèves de niveaux faibles (figure 2.11) et celui des niveaux forts (figure 2.12). Ils permettent de mieux cerner l'évolution des performances cantonales entre 2003 et 2012. Les cantons de Vaud, Genève et Fribourg présentent une relative stabilité de leur proportion d'élèves en difficulté et d'élèves performants. Un canton (le Valais) est caractérisé par une diminution importante du taux d'élèves performants. Par ailleurs, la baisse moyenne des performances du Jura est expliquée par une augmentation importante de la proportion d'élèves de niveaux faibles. Pour Neuchâtel et Berne, il s'agit à la fois d'une augmentation relative des élèves de niveaux faibles et d'une diminution des élèves de niveaux forts.

Figure 2.11 – Évolution du pourcentage d'élèves de niveaux faibles en mathématiques, selon les cantons

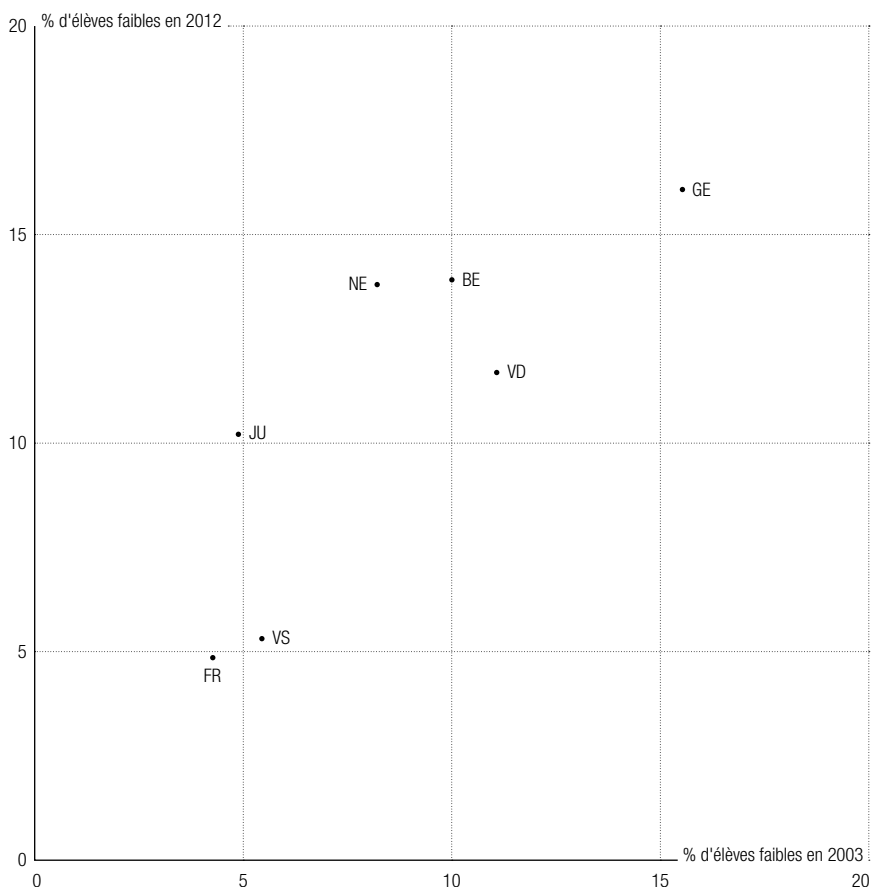
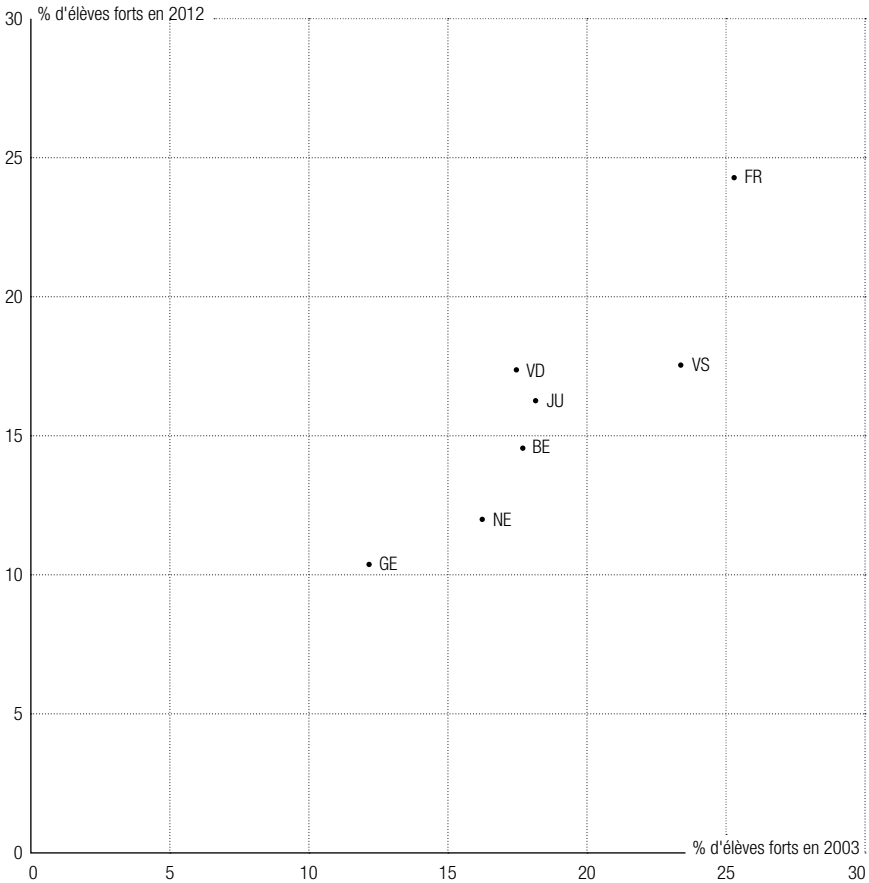
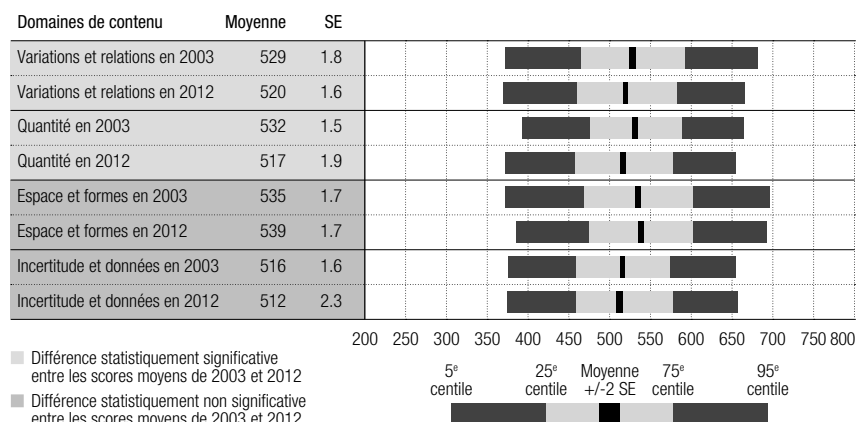


Figure 2.12 – Évolution du pourcentage d'élèves de niveaux forts en mathématiques, selon les cantons



2.2.2 Évolution de la réussite selon les domaines de compétences

L'évolution des résultats globaux entre 2003 et 2012 étant stable, on peut se demander ce qu'il en est dans chacun des quatre domaines de contenu. La moyenne et les indices de dispersion des résultats des élèves romands aux tests PISA de 2003 et de 2012 sont présentés dans la figure 2.13.

Figure 2.13 – Moyenne et dispersion des résultats des élèves romands aux tests PISA de 2003 et 2012 selon les domaines de contenu

On constate que le domaine de contenu le mieux réussi en 2003 et en 2012 est le même : *Espace et formes*. Le moins bien réussi est également le même : *Incertitude et données*. Dans les deux domaines, les résultats ne varient pas significativement entre 2003 et 2012. Dans les deux autres domaines en revanche, *Quantité* d'une part, *Variations et relations* d'autre part, on note une baisse significative du score moyen des élèves romands entre 2003 et 2012. Devant ce constat, le moins qu'on puisse dire est que la dernière réforme de l'enseignement des mathématiques en Suisse romande n'a pas apporté de valeur ajoutée au niveau de compétences des élèves mesuré par les tests PISA. Reste à savoir dans quelle mesure elle aurait contribué à la baisse du niveau dans les domaines *Quantité* et *Variations et relations*.

Les écarts de résultats par domaine entre 2003 et 2012 varient d'un canton à l'autre. On observe (figure 2.14) une baisse significative des résultats moyens pour le domaine *Quantité* dans tous les cantons sauf le canton de Vaud. Par contre, pour les domaines *Espace et formes* et *Incertitude et données*, la baisse n'affecte que deux cantons romands : Neuchâtel et le Valais. Parmi les cantons de Neuchâtel, Berne francophone, le Jura et le Valais, pour lesquels on observe une baisse significative de la moyenne générale en mathématiques, seul Neuchâtel est en baisse significative pour tous les domaines.

Figure 2.14 – Évolution des performances moyennes dans les différents domaines de contenu, selon les cantons

	Variations et relations	Quantité	Espace et formes	Incertitude et données
GE	1.59	3.49	1.06	0.82
NE	6.40	9.43	2.65	6.42
BE-f	2.06	3.67	0.66	1.58
VD	0.99	1.90	1.60	0.09
JU	3.51	4.90	0.98	3.28
VS-f	1.79	4.55	2.04	1.63
FR	1.22	2.61	0.88	0.14

N.B. Les cellules grisées indiquent une différence statistiquement significative.

Les figures 2.15 et 2.16 visualisent, pour chaque canton et chaque domaine, l'évolution des taux d'élèves de niveaux faibles et ceux de niveaux forts. On constate que les taux d'élèves de niveaux faibles sont le plus souvent en hausse dans la plupart des domaines. Cependant, les taux de niveaux faibles pour le domaine *Espace et formes* sont en baisse ou stables dans tous les cantons romands sauf à Neuchâtel. En outre, les taux de niveaux faibles pour le domaine *Incertitude et données* sont souvent stables dans la plupart des cantons sauf à Neuchâtel et dans le Jura. C'est donc sans surprise que l'on constate que les taux d'élèves de niveaux forts sont le plus souvent en baisse, et ceci dans tous les domaines.

Figure 2.15 – Évolution des taux d'élèves de niveaux faibles dans les domaines de contenu mathématique, selon les cantons

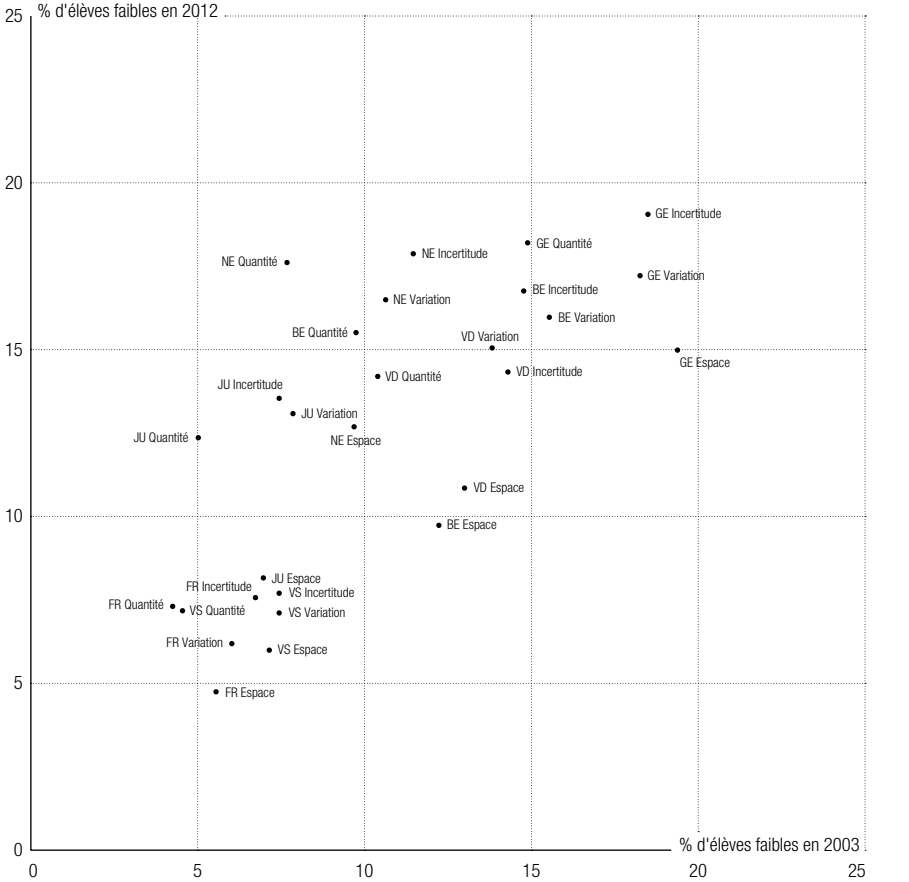
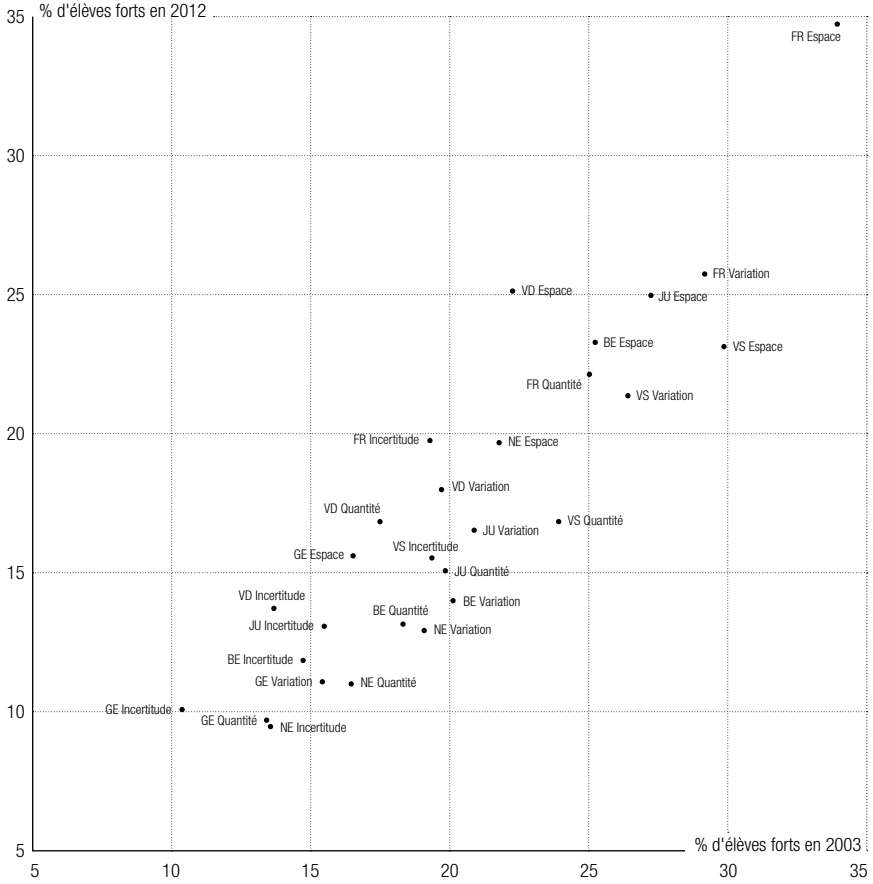


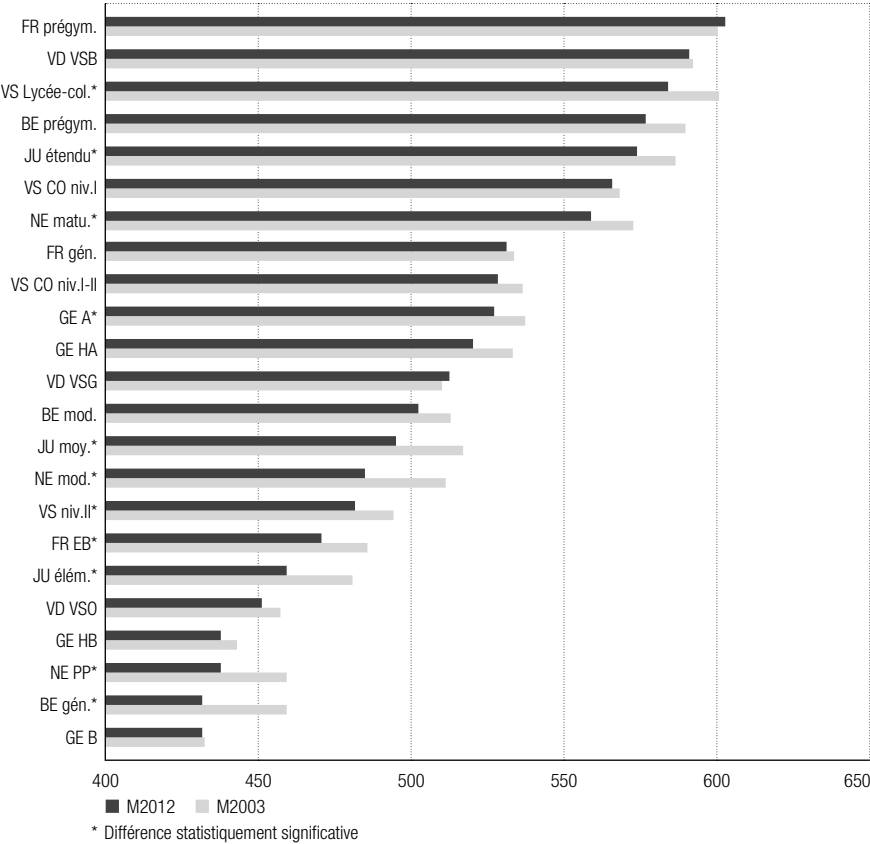
Figure 2.16 – Évolution des taux d'élèves de niveaux forts dans les domaines de contenu mathématique, selon les cantons



2.2.3 Évolution des performances en mathématiques selon les filières

L'évolution des performances en mathématiques peut également différer selon les filières cantonales. On constate (figure 2.17) que les baisses de performances en mathématiques entre 2003 et 2012 affectent principalement les filières les moins exigeantes, à savoir les filières et niveaux d'enseignement non prégymnasial (voir figure 1.11). Cependant, dans certains cantons (le Valais, le Jura et Neuchâtel), les filières les plus exigeantes sont également touchées.

Figure 2.17 – Évolution des performances moyennes en mathématiques entre 2003 et 2012, selon les filières cantonales



Si l'on s'intéresse aux différents domaines des mathématiques (figure 2.18), on observe une évolution contrastée. Pour le sous-domaine *Quantité*, la baisse de performances affecte l'ensemble des filières (sauf les filières pré gymnasiales pour Fribourg, Vaud et le Valais). Par contre, les performances dans le domaine *Espace et formes* sont stables dans la plupart des filières des cantons romands.

Figure 2.18 – Différence de moyenne 2003-2012 (en points) selon les domaines de contenu mathématiques et les filières cantonales

Filières	Variations et relations	Quantité	Espace et formes	Incertitude et données	M 2012
FR Prégym.	0.7	0.4	1.9	1.1	603
VD VSB	1.3	1.1	0.8	0.4	591
VS Lycée-col.	1.2	1.8	2.8	0.3	584
BE Prégym.	3.1	2.8	0.3	1.5	577
JU étendu	3.3	3.7	1.0	2.3	574
VS CO niv-I	0.2	1.2	0.7	0.5	566
NE matu	4.3	4.5	0.1	3.7	559
FR gén.	0.5	1.9	0.4	0.2	532
VS CO niv-I-II	1.1	3.6	0.6	1.3	529
GE A	2.6	3.1	0.2	1.1	527
GE HA	1.2	1.7	0.1	0.7	520
VD VSG	0.3	1.1	1.5	0.3	513
BE mod.	1.0	2.6	0.6	1.3	502
JU moy.	3.1	4.5	1.4	3.7	495
NE mod.	4.5	7.7	3.3	5.0	485
VS niv-II	1.4	4.6	1.2	1.8	482
FR EB	1.2	2.7	1.4	2.0	471
JU élém.	2.3	3.4	1.3	3.0	460
VD VSO	1.0	2.6	0.1	0.3	451
GE HB	0.6	0.8	0.2	0.1	438
NE PP	3.6	6.5	2.1	3.8	438
BE gén.	2.1	4.1	1.3	2.9	432
GE B	1.0	2.0	1.8	0.3	432

N.B. Les nombres indiqués dans les cellules indiquent la différence entre 2003 et 2012. Ces différences sont toutes positives en faveur de 2003. Les cellules grisées indiquent une différence statistiquement significative.

Les graphiques suivants (figures 2.19 et 2.20) montrent, pour chaque canton, l'évolution des taux d'élèves de niveaux faibles et ceux de niveaux forts. Les filières les plus exigeantes ont le plus souvent un taux peu élevé d'élèves faibles et un taux élevé d'élèves performants, alors que c'est l'inverse pour les filières les moins exigeantes. On constate une baisse de performances en mathématiques surtout dans les filières les moins exigeantes.

Figure 2.19 – Évolution du pourcentage d'élèves de niveaux faibles en mathématiques, selon les filières cantonales

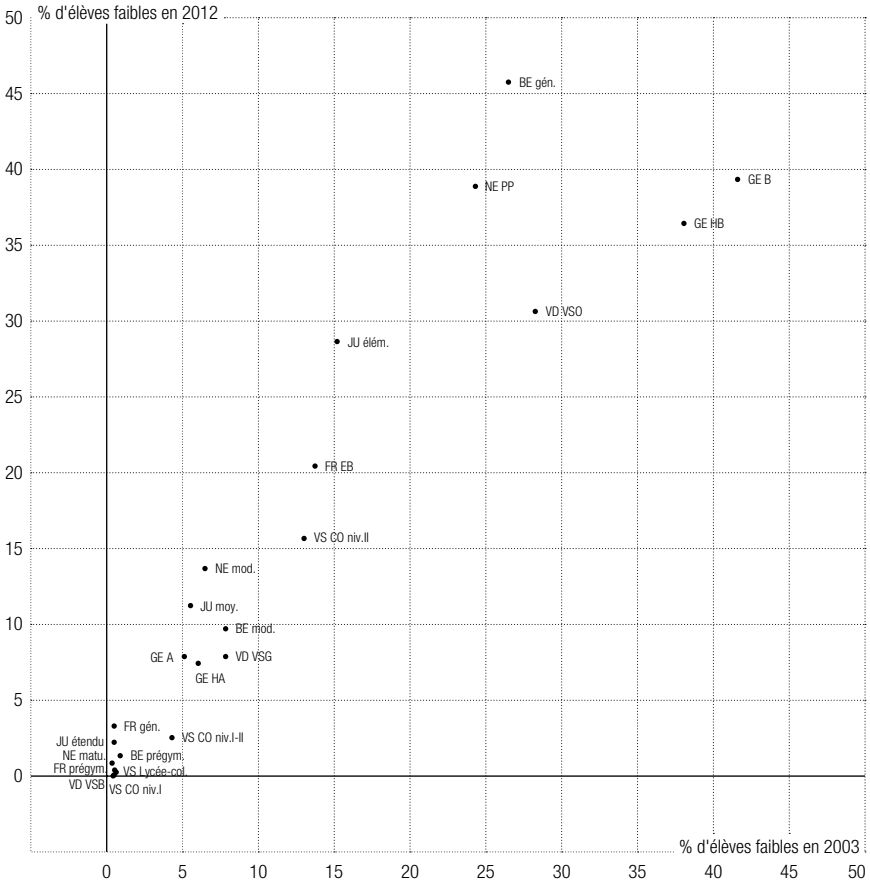
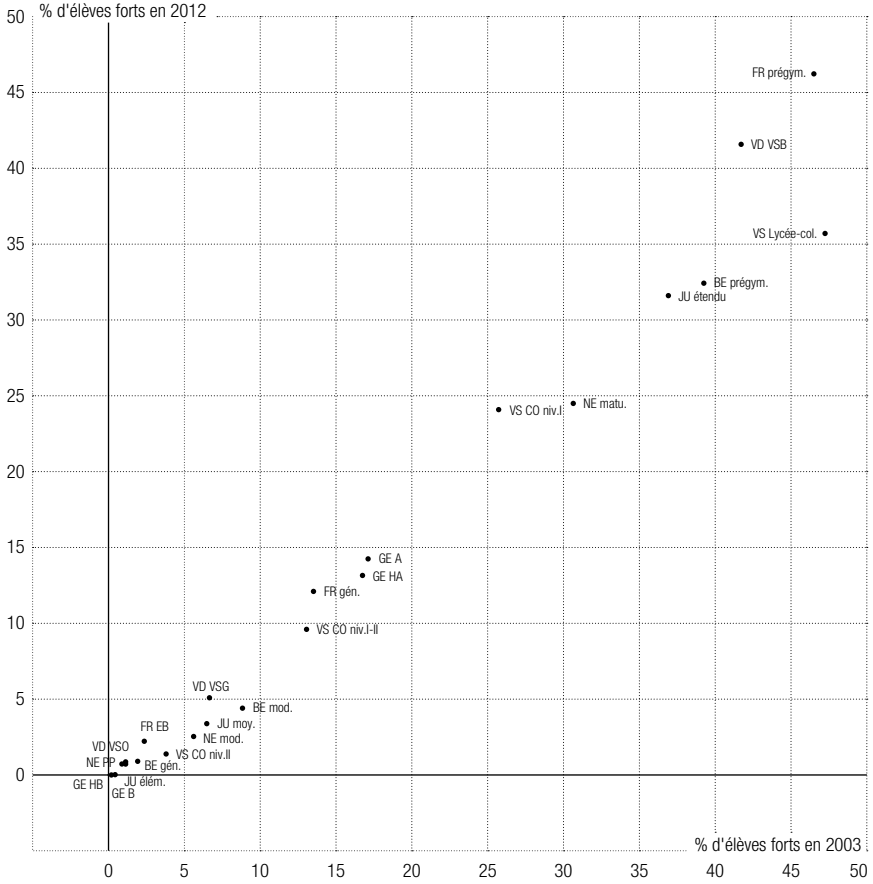


Figure 2.20 – Évolution des taux d’élèves de niveaux forts en mathématiques, selon les filières cantonales



2.2.4 Évolution des performances en mathématiques selon le genre des élèves

Les figures 2.21 et 2.22 montrent l'évolution des performances moyennes des élèves en mathématiques selon leur genre dans les différents cantons romands. On constate une baisse significative des performances moyennes des garçons dans une majorité de cantons romands (Genève, Neuchâtel, Vaud et le Jura), cette baisse peut atteindre plus de 20 points pour les garçons à Neuchâtel. Les performances moyennes des filles ne baissent significativement que dans le canton de Neuchâtel.

Figure 2.21 – Évolution des performances moyennes en mathématiques des garçons

	M 2012	SE	M 2003	SE	T-test
JU	533	3.9	555	4.5	3.68
NE	514	3.4	539	2.4	4.70
VD	532	5.0	540	4.7	1.08
VS	552	3.3	566	3.5	2.62
BE	520	3.6	541	4.5	3.84
FR	562	2.6	566	4.3	1.11
GE	510	3.6	519	3.6	1.56

N.B. Les cellules grisées indiquent une différence statistiquement significative.

Figure 2.22 – Évolution des performances moyennes en mathématiques des filles

	M 2012	SE	M 2003	SE	T-test
JU	518	4.8	527	4.2	1.27
NE	501	2.8	517	2.7	3.75
VD	516	3.4	509	5.1	1.04
VS	525	3.4	533	2.9	1.66
BE	513	4.5	512	4.7	0.12
FR	538	3.2	540	3.5	0.41
GE	493	4.1	498	2.7	0.86

N.B. Les cellules grisées indiquent une différence statistiquement significative.

La figure 2.23 visualise l'évolution des taux de filles et de garçons qui présentent un niveau faible en mathématiques ou dans l'un des domaines de contenu mathématique. La figure 2.24 permet les mêmes comparaisons pour le niveau fort. On constate que seules les filles présentent une évolution positive pour le domaine *Espace et formes* avec une baisse importante du taux de niveaux faibles et une hausse du taux d'élèves de niveaux forts. Les garçons présentent en moyenne une évolution négative pour la plupart des contenus mathématiques (sauf pour *Espace et formes*).

Figure 2.23 – Évolution des taux d'élèves de niveaux faibles dans les différents domaines de contenu mathématiques, selon le genre des élèves

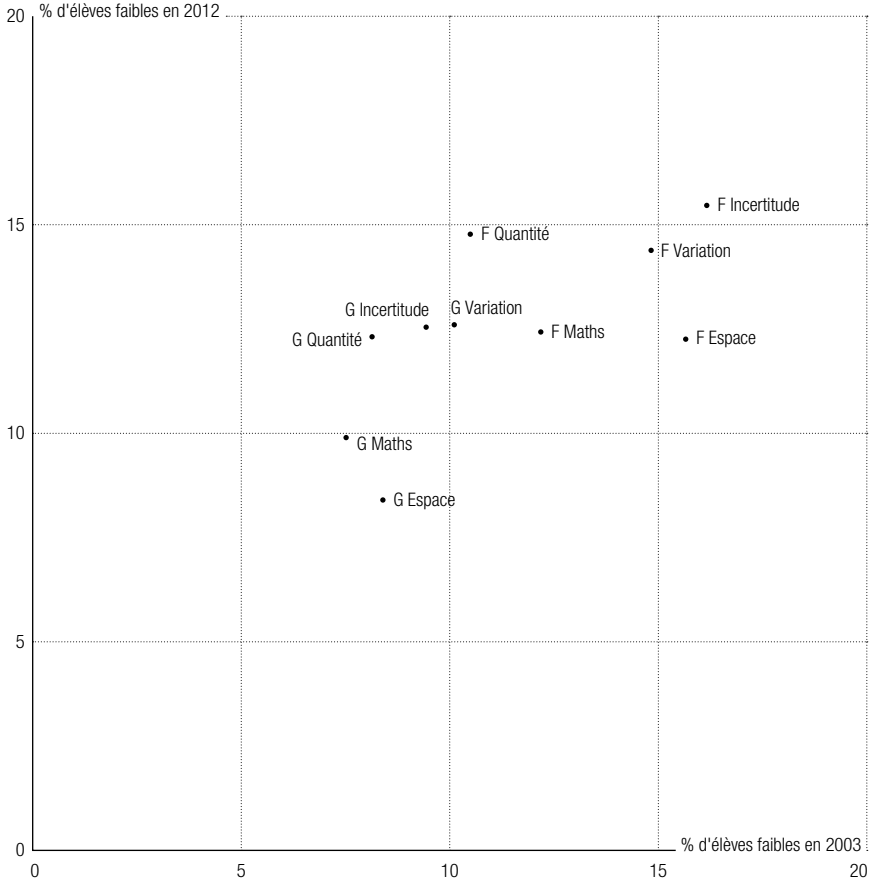
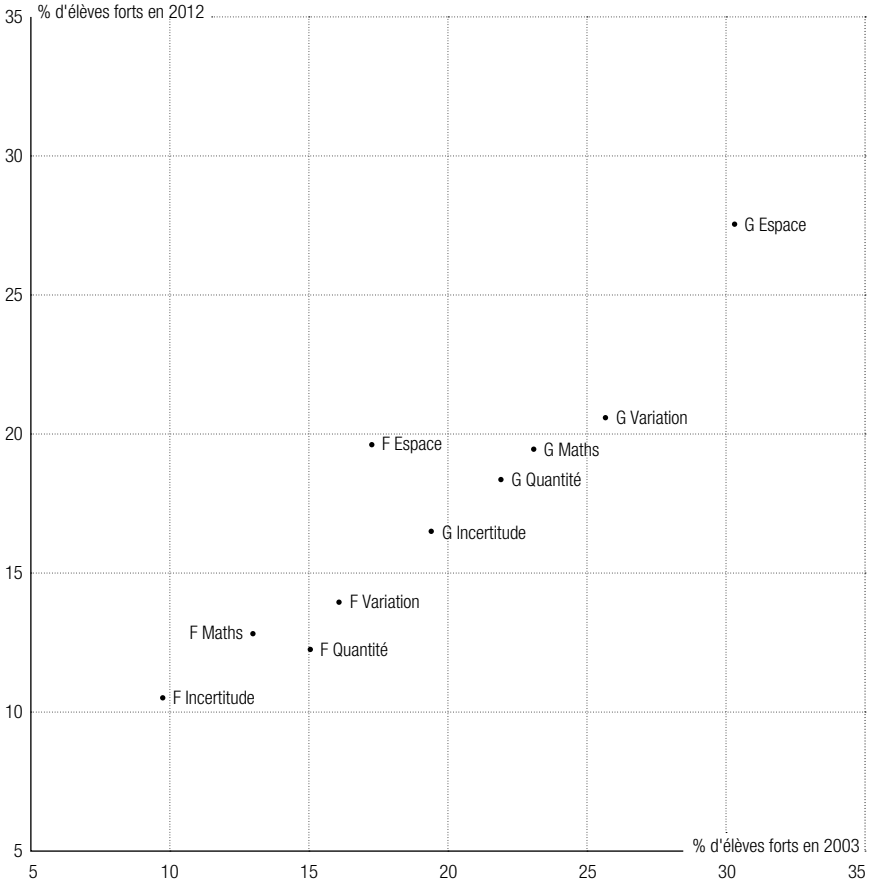


Figure 2.24 – Évolution des taux d'élèves de niveaux forts dans les différents domaines de contenu mathématiques, selon le genre des élèves



2.2.5 Évolution des performances en mathématiques selon l'origine des élèves

Les figures 2.25 et 2.26 montrent l'évolution des performances moyennes des élèves en mathématiques selon leur origine dans les différents cantons romands. On observe une baisse significative des performances des élèves nés en Suisse des cantons de Genève et de Neuchâtel. Cette baisse est particulièrement importante à Neuchâtel où elle atteint 20 points. Les performances moyennes des élèves qui ne sont pas nés en Suisse sont estimées avec une précision plus faible qui ne permet pas de déterminer une baisse statistiquement significative des résultats.

Figure 2.25 – Évolution des performances moyennes des élèves nés en Suisse

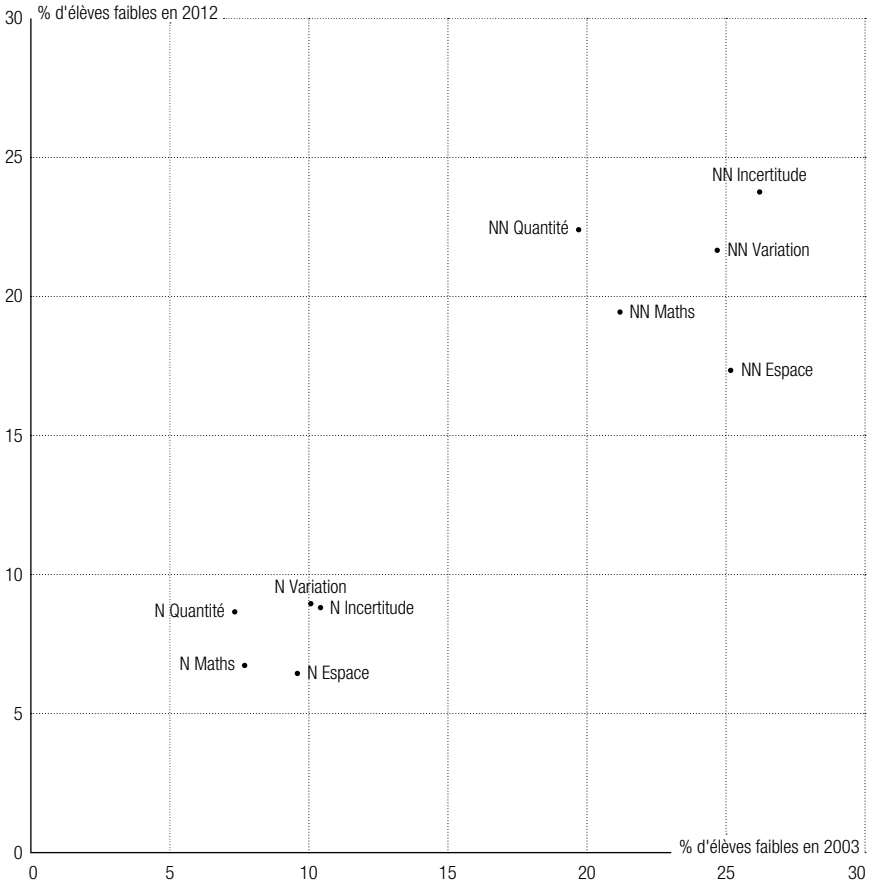
	Natifs en 2012	SE	Natifs en 2003	SE	T-test
JU	533	3.0	543	3.7	2.08
NE	518	2.6	539	2.0	5.43
VD	541	3.1	535	3.7	1.08
VS	549	2.9	557	2.9	1.77
BE	529	3.4	537	3.3	1.57
FR	561	2.9	561	3.5	0.01
GE	521	4.2	529	2.4	1.46

N.B. Les cellules grisées indiquent une différence statistiquement significative.

Figure 2.26 – Évolution des performances moyennes des élèves pas nés en Suisse

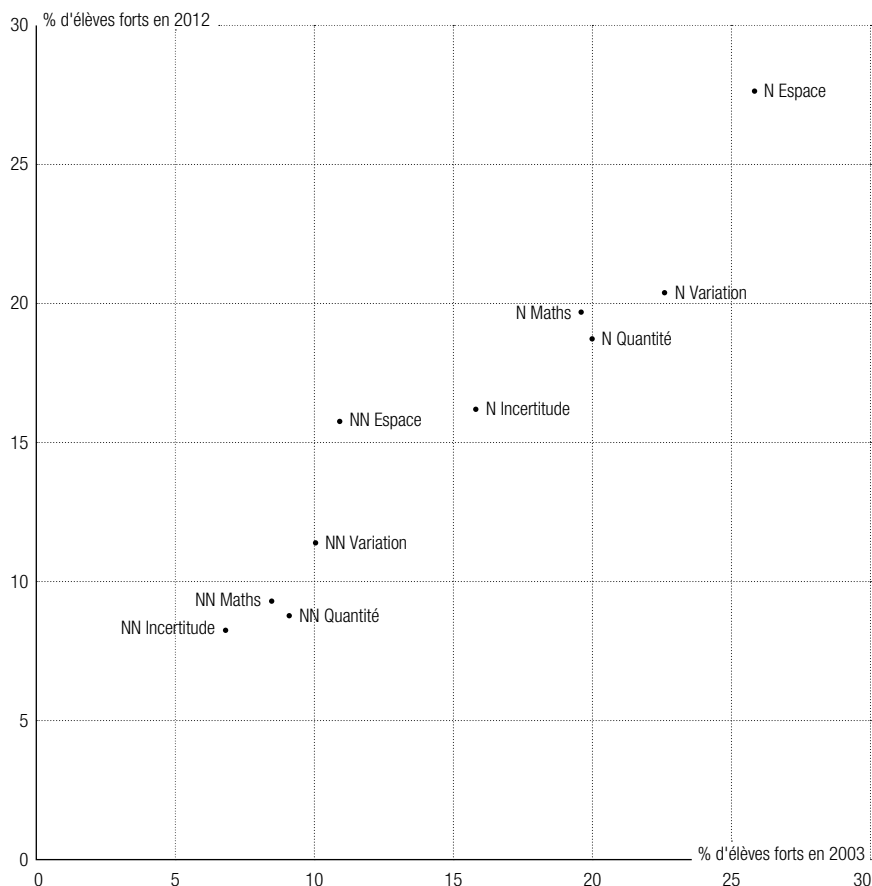
	Non-natifs en 2012	SE	Non-natifs en 2003	SE	T-test
JU	474	13.3	509	13.2	1.88
NE	476	9.8	481	6.1	0.43
VD	492	8.0	490	7.8	0.2
VS	503	10.3	503	7.2	0.01
BE	452	11.0	477	12.5	1.52
FR	508	9.1	498	6.3	0.93
GE	476	8.3	476	4.8	0.03

Figure 2.27 – Évolution du pourcentage d'élèves de niveaux faibles dans les différents domaines de contenu mathématiques, selon l'origine des élèves (N, natifs versus NN, non-natifs)



La figure 2.27 montre l'évolution des taux d'élèves qui présentent un niveau faible en mathématiques ou dans l'un des domaines de contenu mathématique, selon leur origine (natifs ou non-natifs). La figure 2.28 permet les mêmes comparaisons pour le niveau fort. Pour les élèves qui présentent un niveau faible, on constate que le pourcentage des élèves qui ne sont pas nés en Suisse est plus important dans tous les domaines et se distingue nettement du pourcentage des élèves nés en Suisse. On constate surtout une évolution positive entre 2003 et 2012 dans le domaine *Espace et formes* pour les élèves non-natifs. En ce qui concerne les élèves ayant un niveau fort, on observe peu d'évolution entre 2003 et 2012 et cela pour tous les domaines, aussi bien pour les élèves nés en Suisse que pour les non-natifs. Par ailleurs, on remarque que les différences entre les domaines pour les élèves ayant un niveau faible sont assez réduites pour chacune des deux sous-populations. Pour les élèves ayant un niveau fort, ces différences entre domaines sont importantes pour les deux sous-populations.

Figure 2.28 – Évolution du pourcentage d'élèves de niveaux forts dans les différents domaines de contenu mathématiques, selon l'origine des élèves (N, natifs versus NN, non-natifs)



2.2.6 Évolution de la réussite aux items d'ancrage (items communs 2003-2012)

Pour pouvoir comparer les tests PISA lors des enquêtes successives, un certain nombre d'items, appelés items d'ancrage, sont présentés lors de chaque enquête. La comparaison de la réussite peut nous donner quelques indications sur la nature des différences à neuf ans d'écart entre les deux enquêtes où les mathématiques étaient thème principal de l'enquête PISA. Comme nous l'avons vu ci-dessus, la différence de la performance moyenne de la Suisse romande entre les deux enquêtes est de 5 points (528 en 2003 contre 525 en 2012). La figure 2.29 présente les différences de réussite aux items entre 2003 et 2012. Les items sont classés selon l'ordre d'importance de cette différence, d'une différence négative (2003 meilleur que 2012) à une différence positive (2012 meilleur que 2003). On constate que pour tous les items sauf trois, la différence du pourcentage de réussite entre 2003 et 2012 est négative. Globalement,

les différences entre 2003 et 2012 vont dans le sens d'un fléchissement des performances. Lorsque l'on observe les 12 items ayant le plus de différences de réussite entre 2003 et 2012, on constate que tous les domaines, sauf le domaine *Incertitude et données*, sont représentés de façon égale. On ne peut pas faire la même constatation pour les échelles de processus, échelles créées en 2012 mais dont les items passés en 2003 ont pu être attribués à ces échelles. En effet, c'est le domaine *Employer* qui est le plus représenté : 8 items parmi les 12 où les différences de réussite sont les plus grandes, alors que cette échelle est légèrement mieux réussie que les deux autres échelles de processus.

Figure 2.29 – Comparaison de la réussite aux items d'ancrage, 2003-2012

Code de l'unité	Format de l'item	Contenu	Processus 2012	% de réussite 2003	% de réussite 2012	Différence (2003-2012)
PM462Q01	Réponse construite ouverte	Espace et formes	Employer	74.2	22.2	-51.9
PM828Q01	Réponse construite ouverte	Variations et relations	Employer	53.0	30.9	-22.0
PM406Q02	Réponse construite ouverte	Espace et formes	Formuler	45.0	30.4	-14.6
PM828Q03	Réponse construite fermée	Quantité	Employer	45.1	32.1	-13.0
PM571Q01	Question à choix multiple simple	Variations et relations	Interpréter	60.2	50.6	-9.6
PM828Q02	Réponse construite fermée	Incertitude et données	Employer	67.0	58.7	-8.3
PM442Q02	Réponse construite fermée	Quantité	Interpréter	53.8	45.8	-8.0
PM800Q01	Question à choix multiple simple	Quantité	Employer	89.5	81.8	-7.7
PM464Q01	Réponse construite fermée	Espace et formes	Formuler	46.5	40.2	-6.3
PM155Q03	Réponse construite ouverte	Variations et relations	Employer	35.5	29.8	-5.7
PM406Q01	Réponse construite ouverte	Espace et formes	Employer	51.4	45.9	-5.5
PM474Q01	Réponse construite fermée	Quantité	Employer	85.8	80.5	-5.3
PM496Q02	Réponse construite fermée	Quantité	Employer	79.5	74.8	-4.7
PM803Q01	Réponse construite fermée	Incertitude et données	Formuler	31.7	27.2	-4.5
PM411Q02	Question à choix multiple simple	Incertitude et données	Interpréter	49.2	45.0	-4.1
PM564Q01	Question à choix multiple simple	Quantité	Formuler	49.6	46.0	-3.6
PM034Q01	Réponse construite fermée	Espace et formes	Formuler	51.5	47.9	-3.6
PM446Q02	Réponse construite ouverte	Variations et relations	Formuler	9.7	6.2	-3.5
PM446Q01	Réponse construite fermée	Variations et relations	Formuler	77.8	74.3	-3.5
PM305Q01	Question à choix multiple simple	Espace et formes	Employer	74.0	70.6	-3.4
PM155Q01	Réponse construite ouverte	Variations et relations	Interpréter	73.4	70.1	-3.3
PM273Q01	Question à choix multiple complexe	Espace et formes	Employer	60.6	57.8	-2.8
PM155Q04	Question à choix multiple complexe	Variations et relations	Interpréter	70.8	68.0	-2.8
PM447Q01	Question à choix multiple simple	Espace et formes	Employer	77.5	75.5	-2.0
PM411Q01	Réponse construite fermée	Quantité	Employer	58.0	56.9	-1.1
PM423Q01	Question à choix multiple simple	Incertitude et données	Interpréter	84.8	83.9	-0.8
PM564Q02	Question à choix multiple simple	Incertitude et données	Formuler	52.4	51.9	-0.6
PM192Q01	Question à choix multiple complexe	Variations et relations	Formuler	53.7	53.2	-0.5
PM408Q01	Question à choix multiple complexe	Incertitude et données	Interpréter	50.6	50.3	-0.2
PM496Q01	Question à choix multiple complexe	Quantité	Formuler	60.1	61.0	0.9
PM033Q01	Question à choix multiple simple	Espace et formes	Interpréter	80.6	82.7	2.1
PM420Q01	Question à choix multiple complexe	Incertitude et données	Interpréter	48.6	51.3	2.7

N.B. Les items sont classés selon leur différence de réussite : « PISA 2003 meilleur que PISA 2012 » à « PISA 2012 meilleur que PISA 2003 ».

2.3 Évolution de l'attitude envers les mathématiques de 2003 à 2012

Les performances des élèves sont influencées, comme nous l'avons vu dans les sections précédentes, par un certain nombre de leurs caractéristiques individuelles, sociales et culturelles. Cependant, l'attitude et la motivation des élèves envers les mathématiques peuvent également jouer un rôle. Lors des enquêtes précédentes, nous avons observé notamment que l'intérêt manifesté par les élèves pour les mathématiques et l'anxiété envers cette discipline avaient un impact sur leurs performances, de même que le climat de classe et les relations entre maîtres et élèves. Dès lors, l'évolution de ces dimensions au cours du temps peut nous donner des indications utiles, car ce sont des éléments sur lesquels des actions peuvent être entreprises au niveau du contexte et des conditions d'enseignement, alors qu'il est souvent plus difficile de mener des actions ayant un impact sur les caractéristiques même des élèves.

2.3.1 Intérêt et anxiété pour les mathématiques

L'enquête PISA a montré que ces deux aspects pouvaient jouer un rôle important sur les performances des élèves. En ce qui concerne l'intérêt, on observe dans la majorité des cantons une diminution de l'intérêt pour les mathématiques entre 2003 et 2012. Cette diminution est moins marquée dans les cantons de Fribourg, Berne francophone et Valais. Par ailleurs, elle est plus marquée pour les questions qui rencontrent le plus d'accord : attitude face à l'effort et amélioration des perspectives professionnelles. On observe donc une diminution de la perception de l'intérêt des mathématiques par rapport à leur utilisation dans leur avenir professionnel (figure 2.30).

Figure 2.30 – Évolution entre 2003 et 2012 du pourcentage d'élèves ayant déclaré être « tout à fait d'accord » ou « d'accord » avec les affirmations relatives à l'intérêt pour les mathématiques

	Intérêt - moyenne 2012	GE	JU	NE	VD	BE-f	Fr-f	VS-f
J'aime bien lire des textes qui traitent de mathématiques Q29a	30%	1.14	0.72	5.26	0.71	4.85	6.96	4.16
Cela vaut la peine de faire des efforts en mathématiques, car cela m'aidera dans le métier que je veux faire plus tard Q29b	72%	-8.48	-1.04	-3.06	-2.68	-2.16	1.07	-5.52
J'attends mes cours de mathématiques avec impatience Q29c	28%	0.21	-1.02	0.84	0.60	5.34	5.73	1.30
Je fais des mathématiques parce que cela me plaît Q29d	42%	-2.40	-3.22	0.72	-2.33	6.34	3.96	-0.26
Pour moi, cela vaut la peine d'apprendre les mathématiques, car cela améliore mes perspectives de carrière professionnelle Q29e	77%	-3.94	-2.61	-4.74	-1.34	-0.11	2.44	-3.15
Je m'intéresse aux choses que j'apprends en mathématiques Q29f	66%	-3.28	-2.98	0.76	0.23	3.59	2.70	5.13
Les mathématiques sont une matière importante pour moi, parce qu'elles sont nécessaires pour les études que je veux faire plus tard Q29g	63%	-3.86	-2.80	-4.43	-1.45	0.76	-0.22	1.06
En mathématiques, je vais apprendre beaucoup de choses qui m'aideront à trouver du travail Q29h	67%	-1.28	-0.35	-0.23	-0.29	2.13	4.73	1.05

N.B. La deuxième colonne du tableau indique le pourcentage moyen en Suisse romande d'élèves « d'accord » ou « tout à fait d'accord » avec les affirmations proposées. Les cellules grisées indiquent une diminution de l'intérêt pour les mathématiques.

Comme le montre la figure 2.31, entre 2003 et 2012, l'anxiété des élèves a augmenté dans tous les cantons sauf dans la partie francophone du canton de Berne et à Fribourg, où l'on ne trouve une augmentation que pour une des questions concernant l'anxiété. Par ailleurs, on observe que le fait de se sentir nerveux aux cours de mathématiques est un phénomène qui a diminué dans tous les cantons. Cette diminution est particulièrement importante dans le canton de Vaud et en Valais. Il faut cependant constater que le niveau moyen d'anxiété n'est important que pour deux questions: plus de 50% pour la question concernant les difficultés en cours de mathématiques, et plus de 70% à l'idée de recevoir de mauvaises notes en mathématiques.

Figure 2.31 – Évolution entre 2003 et 2012 du pourcentage d'élèves ayant déclaré être « tout à fait d'accord » ou « d'accord » avec les affirmations relatives à l'anxiété envers les mathématiques

	Anxiété - moyenne 2012	BE	FR	GE	JU	NE	VD	VS
Je m'inquiète souvent en pensant que j'aurai des difficultés en cours de mathématiques Q42a	54%	-1.43	0.21	1.46	2.96	0.54	3.20	6.13
Je suis très tendu quand j'ai un devoir de mathématiques à faire Q42c	23%	-1.07	-1.33	2.73	0.49	3.80	-0.01	3.18
Je deviens très nerveux quand je travaille à des problèmes de mathématiques Q42e	23%	-2.46	-3.12	-2.66	-3.76	-6.42	-8.18	-7.76
Je me sens perdu quand j'essaie de résoudre un problème de mathématiques Q42h	32%	2.74	-3.76	1.39	-0.90	0.43	-1.46	3.21
Je m'inquiète à l'idée d'avoir de mauvaises notes en mathématiques Q42j	72%	-7.31	-5.24	1.92	0.19	4.40	8.85	2.75

N.B. La deuxième colonne du tableau indique le pourcentage moyen en Suisse romande d'élèves « d'accord » ou « tout à fait d'accord » avec les affirmations proposées. Les cellules grisées indiquent une augmentation de l'anxiété vis-à-vis des mathématiques.

2.3.2 Relation maitre-élève et climat de classe

La figure 2.32 montre l'évolution entre 2003 et 2012 des relations entre maitres et élèves. On observe que ces relations sont considérées par les élèves comme bonnes pour toutes les questions posées: de plus de 70% à près de 85% d'appréciation « d'accord » ou « tout à fait d'accord ». Pour tous les cantons et toutes les questions, l'évolution est positive. Elle l'est particulièrement pour la question « Les élèves s'entendent bien avec la plupart des professeurs », qui obtient de 12% dans le Jura à près de 21% à Genève.

Figure 2.32 – Évolution entre 2003 et 2012 du pourcentage d'élèves ayant déclaré être « tout à fait d'accord » ou « d'accord » avec les affirmations relatives aux relations entre maîtres et élèves

	Relation maître/élève - moyenne 2012	BE	FR	GE	JU	NE	VD	VS
Les élèves s'entendent bien avec la plupart des professeurs	77%	18.41	19.38	21.01	11.63	29.03	19.53	14.21
La plupart des professeurs s'intéressent au bien-être de leurs élèves	72%	4.39	7.51	3.90	3.88	11.86	10.12	7.21
La plupart de mes professeurs sont réellement à l'écoute de ce que j'ai à dire	75%	5.06	10.29	7.40	11.02	10.59	13.15	9.14
Si j'ai besoin d'aide supplémentaire, mes professeurs me l'apporteront	85%	2.65	5.68	3.05	8.83	3.63	5.21	1.89
La plupart de mes professeurs me traitent avec justice	73%	5.34	4.33	1.86	-0.02	7.60	5.16	4.98

N.B. La deuxième colonne du tableau indique le pourcentage moyen en Suisse romande d'élèves « d'accord » ou « tout à fait d'accord » avec les affirmations proposées. Les cellules grisées indiquent une amélioration des relations maîtres-élèves.

La perception de l'évolution du climat de classe montre aussi une amélioration de celui-ci (figure 2.33). En effet, on assiste dans tous les cantons à une diminution des éléments qui perturbent le climat de classe. Cette diminution est particulièrement sensible en ce qui concerne « il y a du bruit et de l'agitation ». Pour cette question, on trouve en moyenne près de 40% des élèves qui se disent confrontés à cette situation « toujours ou presque toujours » ou « souvent ». Une diminution de près de 6% est observée en Valais; elle est de 16% dans le Jura. C'est la question « les élèves ne peuvent pas bien travailler » qui pose le moins de problème du point de vue du climat de classe. Seuls près de 19% des élèves disent rencontrer cette situation « souvent » ou « toujours ou presque toujours ». Par ailleurs, c'est pour cette question que l'on constate le moins d'évolution entre 2003 et 2012.

Figure 2.33 – Évolution entre 2003 et 2012 du pourcentage d'élèves ayant déclaré être « tout à fait d'accord » ou « d'accord » avec les affirmations relatives au climat de classe

	Climat de classe - moyenne 2012	BE	FR	GE	JU	NE	VD	VS
Les élèves n'écoutent pas ce que dit le professeur	29%	-3.26	-4.16	-3.00	-3.88	-0.22	-2.44	-0.96
Il y a du bruit et de l'agitation	39%	-13.59	-6.74	-12.17	-15.73	-12.83	-11.24	-5.62
Le professeur doit attendre un long moment avant que les élèves ne se calment	27%	-8.50	-5.96	-11.17	-12.37	-11.96	-7.05	-3.51
Les élèves ne peuvent pas bien travailler	19%	-0.06	-1.45	-4.25	-2.75	-1.53	-0.74	0.36
Les élèves ne commencent à travailler que bien après le début du cours	35%	-10.49	-7.79	-7.66	-7.99	-6.77	-5.54	-2.06

N.B. La deuxième colonne du tableau indique le pourcentage moyen en Suisse romande d'élèves « d'accord » ou « tout à fait d'accord » avec les affirmations proposées. Les cellules grisées indiquent une amélioration du climat de classe.

Synthèse

Les performances moyennes des élèves de Suisse romande en mathématiques sont bonnes en comparaison avec la moyenne de l'OCDE et globalement stables entre 2003 et 2012. Derrière cette stabilité globale, on trouve néanmoins des différences cantonales qui, dans l'ensemble, montrent plutôt une diminution de la performance moyenne dans une majorité de cantons. Seuls les cantons de Vaud, Genève et Fribourg présentent une relative stabilité de leur performance globale et une stabilité de leur proportion d'élèves en difficulté et d'élèves performants. Parmi les cantons qui présentent une diminution de performance moyenne, le Valais se caractérise par une diminution importante du taux d'élèves performants, le Jura par une augmentation importante de la proportion d'élèves de niveaux faibles. Pour Neuchâtel et Berne francophone, il s'agit à la fois d'une augmentation du taux d'élèves de niveaux faibles et d'une diminution du taux d'élèves de niveaux forts.

En mathématiques, les garçons sont plus performants que les filles. L'écart le plus important entre les genres concerne le domaine *Espace et formes* qui est également le mieux réussi, aussi bien par les filles que par les garçons. Les écarts de performance entre filles et garçons varient selon les cantons. Par exemple, il y a peu de différence de réussite entre les filles et les garçons à Neuchâtel, alors que le taux de garçons de niveaux forts est beaucoup plus important à Fribourg que celui des filles. On constate également une baisse des performances moyennes des garçons dans une majorité de cantons romands (Genève, Neuchâtel, Vaud et le Jura), alors que les performances moyennes des filles ne baissent significativement que dans le canton de Neuchâtel.

Les domaines de compétences de PISA – contenus des mathématiques – mesurés par l'enquête montrent que le domaine *Espace et formes* est en moyenne le mieux réussi, alors que le domaine *Incertitude et données* est en moyenne le moins bien réussi en 2012 tout comme en 2003. Par ailleurs, on observe une diminution de la performance moyenne dans les deux autres domaines testés, *Quantité* et *Variations et relations*. Pour le domaine *Quantité*, cette diminution est constatée dans tous les cantons sauf le canton de Vaud. Pour le domaine *Variations et relations*, on la relève dans trois cantons : Neuchâtel, Berne francophone et le Jura.

L'observation des résultats en fonction des filières montre qu'une baisse des performances entre 2003 et 2012 affecte principalement les filières les moins exigeantes. Cependant, dans certains cantons (le Valais, le Jura et Neuchâtel), les filières les plus exigeantes sont également touchées par cette baisse de performance. Si on s'intéresse aux différents domaines des mathématiques, on observe une évolution contrastée. Pour le domaine *Quantité*, la baisse de performance affecte l'ensemble des filières (sauf les filières prégymnasiales pour Fribourg, Vaud et le Valais). Par contre, les performances dans le domaine *Espace et formes*, domaine le mieux réussi, sont stables dans la plupart des filières des cantons romands. Plus globalement, on constate que la baisse de performance en mathématiques, caractérisant surtout les filières les moins exigeantes, est liée à une augmentation des taux d'élèves de niveaux faibles dans ces filières.

En ce qui concerne l'intérêt pour les mathématiques, on observe dans la majorité des cantons une diminution de l'intérêt pour les mathématiques entre 2003 et 2012. Cette diminution n'est pas constatée dans le canton de Fribourg, sauf pour la dimension relative aux études futures. Cette diminution est moins marquée en Valais et dans

la partie francophone du canton de Berne. Par contre, l'anxiété des élèves envers les mathématiques a augmenté dans tous les cantons sauf dans la partie francophone du canton de Berne et à Fribourg.

Globalement, les relations entre les maitres et les élèves sont bonnes et elles se sont améliorées entre 2003 et 2012, tout comme le climat de classe.

Chapitre 3. Un regard de PISA sur le PER

3.1 Introduction

Ce troisième et dernier chapitre se veut une contribution à l'analyse du plan d'études romand (PER) de mathématiques actuellement en vigueur. Nous y présentons, en effet, une comparaison entre les catégories de contenu et de processus du test PISA de mathématiques et les axes thématiques du PER de mathématiques au secondaire I. La démarche est pertinente a priori, en particulier dans la perspective de l'évaluation des apprentissages, qu'il s'agisse des évaluations externes ou des évaluations internes assurées par les enseignants.

La question de savoir dans quelle mesure les tests PISA évaluent les compétences prévues dans les plans d'études nationaux, ou en d'autres termes, quelle place les curricula nationaux accordent aux compétences évaluées par les tests PISA, est au centre de nombreuses études complémentaires effectuées dans le prolongement des enquêtes PISA. En Suisse, Nidegger, Moreau et Gingins (2009) ont ainsi comparé le cadre conceptuel du test PISA 2006 en Sciences de la nature avec le modèle de compétences sous-jacent aux standards nationaux servant de base à l'harmonisation de l'enseignement des sciences en Suisse. Les experts interrogés ont mis en évidence une proximité conceptuelle entre les trois catégories de compétences dans le test PISA et les quatre aspects de compétences dans le modèle de compétence Harmos. La proximité est moindre, en revanche, entre les cinq domaines d'application dans les tests PISA et les huit domaines thématiques dans le modèle de compétence Harmos.

En France, Bodin (2006) a comparé les contenus évalués dans le test PISA 2003 de mathématiques et ceux du programme du collège concernant cette discipline. Son étude montre que le test PISA de mathématiques en 2003 recouvre environ 15% du programme d'enseignement des mathématiques au collège alors que, en comparaison, l'épreuve française du Brevet de la fin du collège en recouvre environ 35%.

Citons également l'OCDE (2013) qui a comparé le modèle de compétences du test PISA de mathématiques en 2012 avec celui des standards nationaux d'enseignement des mathématiques aux Etats-Unis. L'étude a mis en évidence une grande similitude entre le cadre conceptuel du test PISA et le CCSSM (*Common Core State Standards for Mathematics*).

Dans le même sens que Bodin (2006), l'OCDE (2013), Nidegger, Moreau et Gingins (2009), nous avons réalisé une comparaison des catégories de contenu et de processus dans les tests PISA et dans le PER de mathématiques au secondaire I. Notre démarche repose largement sur les jugements d'experts du PER de mathématiques qui ont classé les items du test PISA de mathématiques en 2012 dans les axes thématiques du PER. La préparation, le déroulement et les résultats de cette activité sont présentés dans ce chapitre.

Dans la première partie, nous décrivons la démarche d'implémentation du PER et des MER adaptés à celui-ci et présentons le contexte, les questions et les objectifs

de notre étude. Par la suite, nous définissons des catégories à partir des axes du PER, présentons les catégories de contenu et de processus de PISA et faisons une première comparaison entre les catégories de classements d'items de PISA et les axes du PER. Dans la troisième partie, nous décrivons la démarche de classement d'items, la manière dont les items de chaque catégorie de contenu se répartissent parmi les catégories des axes du PER, et comment s'organisent les items de l'enquête 2012 de PISA selon les axes du PER. Pour finir, nous examinons ce que les résultats nous informent sur les contenus et processus du PER en comparaison à ceux de PISA.

3.2 Le contexte de l'étude

La convention scolaire romande (CSR) (CIIP, 2007) cadre la formation scolaire et particulièrement le curriculum des mathématiques dans le contexte éducatif de la Suisse romande. Elle vise un espace de formation homogène et l'harmonisation des pratiques. Depuis 2010, le PER est progressivement entré en vigueur afin de guider les cantons romands dans ce processus. La CSR prévoit également la mise en place des moyens d'enseignement romands (MER) en accord avec le PER (MER-PER) et d'épreuves romandes communes (EpRoCom) afin de vérifier l'atteinte des objectifs du PER.

La CIIP veille pour que les divers points de la CSR soient développés selon un accord entre les cantons romands signataires (voir CIIP, 2015). Ainsi, un processus de concertation a permis l'élaboration et l'adoption du PER et le développement d'un projet des MER-PER mathématiques. À l'heure actuelle, les cantons élaborent eux-mêmes leurs dispositifs d'évaluation. Ils varient dans le choix des objets à évaluer, le nombre d'épreuves, les visées, la structure de l'épreuve, les types d'items et la périodicité (Carulla *et al.*, 2015; Marc & Wirthner, 2013). Au cours des années, l'information apportée par l'enquête PISA a permis aux cantons de situer la performance de leurs systèmes éducatifs selon un standard international de la culture mathématique. Nous questionnons si les résultats de l'enquête PISA informeraient sur les objectifs d'apprentissage du PER, ou non, et de quelle manière.

3.2.1 L'implémentation du PER

Suite à l'adoption du PER par l'Assemblée plénière de la CIIP en 2010, le nouveau curriculum des mathématiques est entré en vigueur. L'adoption de ce curriculum par tous les cantons se fera de manière progressive. En premier lieu, c'est le plan d'études qui aura été mis en œuvre entre 2011 et 2015 comme le montre la figure 3.1 (CIIP, 2015).

Figure 3.1 – Années d'introduction du PER dans les cantons

Années scolaires	Cycle 1 / 1-4		Cycle 2 / 5-8		Cycle 3 / 9-11	
2011-2012	1 - 2	BE JU NE FR GE	5	BE JU NE FR GE	9	BE JU NE FR VS GE
2012-2013	1 - 4	VD	5 - 8	VD	9 - 10 10	VD
	1 - 2	VS	5 - 6	VS		BE JU NE FR VS GE
	3	BE JU NE FR GE	6	BE JU NE FR GE		
2013-2014	3 - 4	VS	7	FR	11	BE JU NE FR VS GE VD
	4	BE JU NE FR GE	7 - 8	BE JU NE FR GE		
2014-2015			8	FR		

En deuxième lieu, la CIIP mettra à la disposition des cantons de nouveaux moyens d'enseignement romands MER-PER de mathématiques. Ces derniers doivent donner du sens aux visées, objectifs d'apprentissage, progressions d'apprentissage et suivre la structure du PER. La CIIP a commencé par ceux des degrés 9 à 11, en adaptant les anciens moyens à la structure du PER (CIIP, 2011). Les nouveaux manuels de mathématiques pour les degrés 9, 10 et 11 sont à disposition depuis 2011, 2012 et 2013 respectivement. Le processus d'adoption des nouveaux moyens dans les cantons finira en 2016.

Finalement, un projet pour la construction des MER-PER pour les degrés 1 à 8 a été initié en 2015. Il est estimé que le processus d'élaboration finira en 2022 selon la planification présentée dans la figure 3.2.

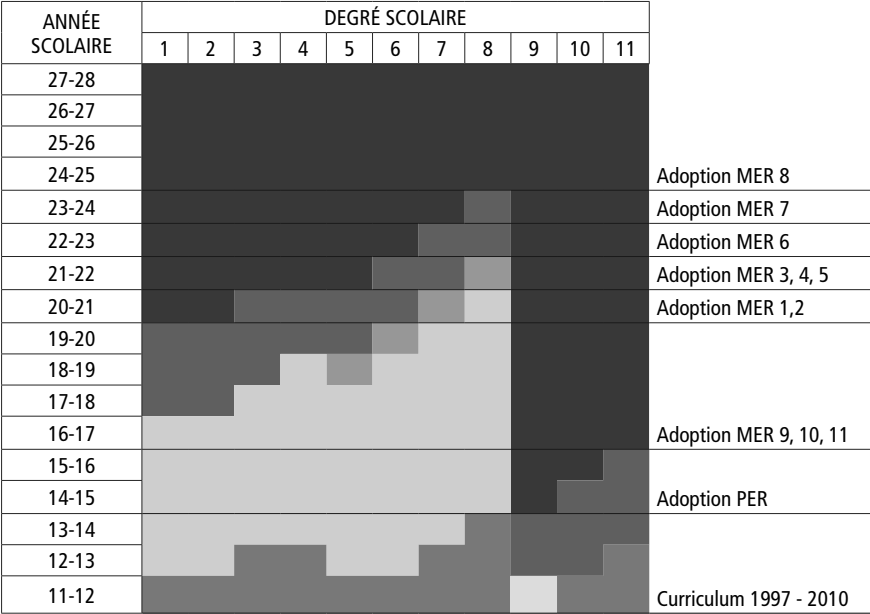
Figure 3.2 – Planification d'élaboration des MER mathématiques

MER mathématiques	Disponibilité
Cycle 1	
Mathématiques 1 et 2	En 2017
Mathématiques 3	En 2018
Mathématiques 4	En 2019
Cycle 2	
Mathématiques 5	En 2018 ou 2019
Mathématiques 6	En 2019 ou 2020
Mathématiques 7	En 2020 ou 2021
Mathématiques 8	En 2021 ou 2022

Source : CIIP (en ligne <http://www.ciip.ch/documents/showFile.asp?ID=6367>)

Les cantons ayant trois ans pour appliquer les moyens mis à leur disposition par la CIIP, c'est seulement à partir de la rentrée scolaire de 2025 que le nouveau curriculum de mathématiques sera entièrement généralisé à tous les degrés d'enseignement en Suisse romande. La figure 3.3 met en évidence les étapes de la mise en œuvre du nouveau plan d'études et des nouveaux moyens de mathématiques dans tous les cantons romands.

Figure 3.3 – Étapes de mise en œuvre du nouveau curriculum de mathématiques jusqu'en 2027-2028



La partie plus foncée de la figure 3.3 représente l’implémentation des MER-PER dans l’ensemble des cantons. Aucun des élèves ayant répondu à l’enquête PISA 2012 n’ont eu accès aux MER-PER. Par contre, il est possible que ceux qui ont participé à l’enquête PISA 2015 aient connu les MER-PER du 9^e degré. À partir de 2015, les élèves auront à leur disposition les MER-PER 9, 10, 11 pour apprendre les mathématiques au cycle 3 et passeront les prochaines enquêtes en ayant bénéficié de ces moyens d’enseignement. Dans toute la Suisse romande, les élèves qui commencent l’école en 2020 seront les premiers à bénéficier entièrement du nouveau curriculum durant toute leur scolarité obligatoire.

Actuellement, le PER est le cadre de référence pour l’enseignement et l’apprentissage des mathématiques dans les cantons romands. Les MER 1 à 8 en vigueur dans les cantons doivent être interprétés selon ce cadre, en attendant les MER-PER. Les cantons ont adopté les MER-PER 9, 10 et 11. Dans ce contexte, il est pertinent de comparer les contenus et processus mathématiques de PISA avec ceux du PER.

3.2.2 Quels liens entre le PER et PISA ?

Le PER est un référentiel d’enseignement servant de cadre pour structurer les apprentissages des mathématiques à l’école. Il est composé d’outils, de démarches, de notions, de concepts, de savoirs et de savoir-faire propres aux mathématiques. À la différence du PER, le cadre théorique de PISA sert à établir une mesure de la culture mathématique. Il cherche à déterminer ce qu’il est important que les citoyens maîtrisent pour être capables de faire face à des situations de la vie quotidienne nécessitant des compétences mathématiques.

Dans le PER, les processus de raisonnement s'articulent autour de la résolution des problèmes. Le contenu mathématique est organisé en quatre axes avec ses objectifs d'apprentissage. Ces axes contiennent des savoirs issus de la géométrie, des nombres, de l'algèbre, des fonctions, de la mesure et des longueurs. Les processus de raisonnement mathématique sont identifiés dans un axe transversal. Le propos des mathématiques est d'offrir aux élèves des manières de penser. La pensée se développe dans la pose et la résolution des problèmes des mathématiques et d'autres disciplines (CIIP, 2010). En revanche, le cadre de PISA est structuré par les dimensions de contenu, de processus et de contexte qui servent à créer et à classer les items. La dimension de contenu s'organise selon des phénomènes et la dimension de processus selon l'interprétation d'une situation contextualisée à l'aide des mathématiques.

Si le PER et PISA sont organisés différemment, les deux considèrent les mathématiques comme un outil au service des autres disciplines. Dans le PER, il est dit que les mathématiques sont un « outil indispensable au service des Sciences de la nature et des Sciences humaines et sociales, par la mise à disposition de méthodes et d'un langage adéquat à la résolution des problèmes issus de ces disciplines » (CIIP, 2010, p. 7). Le cadre de PISA vise la capacité des individus à formuler, employer et interpréter des situations issues de contextes variés à l'aide des mathématiques. Plus précisément, « (...) cherche à définir la capacité des individus à mener un raisonnement mathématique et à utiliser des concepts, procédures, faits et outils mathématiques pour décrire, expliquer et prévoir des phénomènes » (OCDE, 2013b, p. 27).

L'objectif général de cette étude est d'établir quelles connexions existent entre le PER et PISA. Notre premier objectif spécifique est de comparer la structure et le contenu du PER avec la structure et les catégories du cadre de PISA. Le deuxième objectif spécifique est de classer les items de PISA selon les axes du PER.

Nous voulons savoir à quels contenus et processus mathématiques du PER correspondent les catégories de contenu et de processus établies pour l'enquête PISA 2012. Comment se répartiraient les items de PISA dans les axes du PER ?

3.3 Rapport entre le PER et PISA selon les catégories de classement d'items

Nous avons constitué des catégories selon la structure par axes du PER au cycle 3. Elles permettent de comparer la structure et le contenu du PER avec les catégories du classement d'items de PISA. Nous décrivons les catégories du PER, celles de PISA et nous faisons une comparaison entre les deux.

3.3.1 *Le contenu et les processus selon la structure du PER*

Comme indiqué dans la figure 3.4, les objectifs d'apprentissage du domaine Mathématiques et Sciences de la nature du PER s'organisent autour de huit axes, dont quatre (*Espace, Nombres et opérations, Fonctions et algèbre, Grandeurs et mesures*) relèvent du champ disciplinaire des mathématiques, trois (*Phénomènes naturels et techniques, Corps humain, Diversité du vivant*) des sciences de la nature et un (*Modélisation*) se

trouve à l'intersection entre les mathématiques et les sciences de la nature. Notre analyse se centre sur la dimension mathématique et le sens de l'axe *Modélisation* donné dans le domaine mathématique.

Figure 3.4 – Structure du PER au cycle 3 en Mathématiques et Sciences de la nature (MSN)

Axes du PER Mathématiques				Modélisation	Axes du PER Sciences de la nature		
Espace	Nombres et opérations	Fonctions et algèbre	Grandeurs et mesures		Phénomènes naturels et techniques	Corps humain	Diversité du vivant
Objectifs d'apprentissage Mathématiques					Objectifs d'apprentissage Sciences de la nature		
MSN 31	MSN 32	MSN 33	MSN 34		MSN 35	MSN 36	MSN 37
Éléments pour la résolution des problèmes – ERP (processus)					Initiation à la démarche scientifique		
Processus	Processus	Processus	Processus				
Champs (contenus)							
Figures géométriques planes et solides	Nombres	Fonctions	Mesure de grandeurs et conversion d'unités				
Repérage dans le plan et dans l'espace	Calculs	Diagrammes					
Transformations géométriques		Algèbre – Calcul littéral	Calcul de grandeurs				
		Algèbre – Équations					

Suivant la structure du PER représentée dans la figure 3.4 ci-dessus, nous avons déterminé deux catégories : de contenu et de processus. Les catégories de contenu mathématique sont identifiées par les axes *Espace*, *Nombres et opérations*, *Fonctions et algèbre* et *Grandeurs et mesures*. Nous considérons dans chaque catégorie les objectifs d'apprentissage et ses composantes (MSN 31, MSN 32, MSN 33 et MSN 34) et tous les objets inscrits sous les champs de contenu de chaque axe. Les catégories de processus sont constituées par les objets de l'axe *Modélisation*. Elles se structurent autour des objectifs d'apprentissage MSN 35 et ses composantes, ainsi que par les progressions d'apprentissage énoncées sous Éléments pour la résolution des problèmes (ERP) des axes *Espace*, *Nombres et opérations*, *Fonctions et algèbre* et *Grandeurs et mesures*.

Catégories de contenu du PER

Chaque axe du PER contient des thématiques mathématiques structurées par des progressions d'apprentissage. Dans l'axe *Espace* (M 31), on trouve trois champs (contenus) : figures géométriques planes et solides, repérage dans le plan et dans l'espace, et transformations géométriques. Pour l'axe *Nombres et opérations* (M 32), le PER propose deux thématiques : nombres et calculs. L'axe *Fonctions et algèbre* (M 33) est divisé en quatre thématiques : fonctions, diagrammes, algèbre-calcul littéral et algèbre-équations. Les contenus de l'axe *Grandeurs et mesures* (M 34) sont répartis entre les thématiques *Mesure de grandeurs et conversion d'unités* et *Calcul de grandeurs*.

La figure 3.5 synthétise le contenu de chaque catégorie de contenu en indiquant ses objectifs et ses composantes¹. Le nom des catégories équivaut au nom des axes du PER dans le troisième cycle. Nous avons utilisé M pour désigner l'objectif d'apprentissage au lieu de MSN, pour signaler la référence aux mathématiques et non aux sciences de la nature. Ce groupe de catégories est identifié sous le titre « Les axes thématiques M 31 à M 34 ».

Catégories de processus du PER

Les composantes de l'axe *Modélisation* M 35, ainsi que sa déclinaison dans chacun des axes thématiques M 31 à M 34, représentent les catégories de processus. Étant donné que cet axe est partagé par les mathématiques et les sciences de la nature, les progressions d'apprentissage liées à cet axe sont déclinées dans chacun des quatre axes disciplinaires sous la rubrique « Éléments pour la résolution des problèmes » en mathématiques et « Initiation à la démarche scientifique » en sciences de la nature.

Les aspects qui constituent les catégories se réfèrent à la modélisation des phénomènes naturels, techniques, sociaux ou des situations mathématiques et à la résolution des problèmes géométriques, numériques, de variation et de grandeurs. Trois aspects de l'organisation de l'axe *Modélisation* ont guidé le choix de variables : (1) les composantes de l'objectif d'apprentissage M 35 ; (2) les progressions d'apprentissage des « éléments pour la résolution des problèmes » communes à M 31/32/33 et 34 ; et (3) les progressions d'apprentissage des « éléments pour la résolution des problèmes » spécifiques à chaque M 31/32/33 et 34. Nous avons réparti les éléments de chaque aspect de l'organisation de l'axe *Modélisation* en cinq catégories tel que nous le montrons dans la figure 3.6 ci-dessous : *Mise en relation des données*, *Communication*, *Utilisation des outils mathématiques*, *Vérification* et *Autres processus de modélisation*.

¹ Pour connaître tout le contenu, consulter le PER au cycle 3 (CIIP, 2010).

Figure 3.5 – Catégories «Les axes thématiques M 31 à M 34» du contenu mathématique du PER (CIIP, 2010)

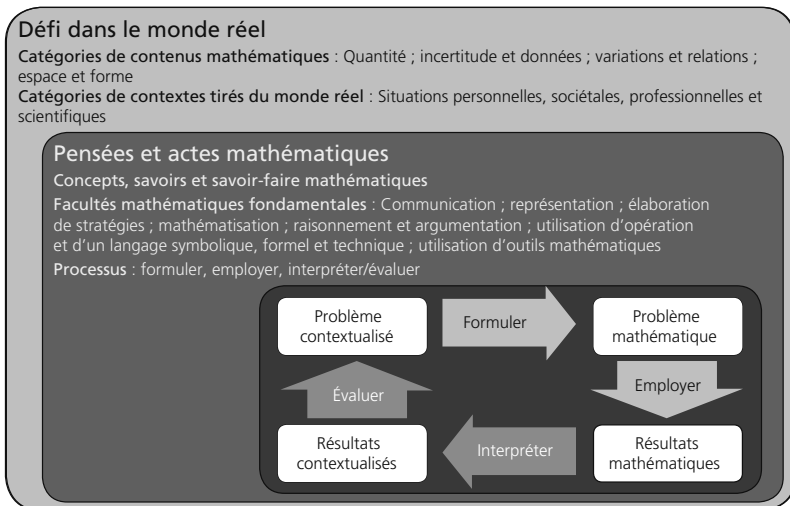
Contenus mathématiques du PER (objectifs d'apprentissage, composantes et champs)	
Espace M 31 Poser et résoudre des problèmes pour modéliser le plan et l'espace... • en utilisant les instruments ou les logiciels appropriés ; • en recourant au raisonnement déductif ; • en définissant des figures planes et des solides par certaines de leurs propriétés géométriques ; • en utilisant des propriétés des figures et leur décomposition en figures élémentaires pour les construire et les reproduire ; • en mobilisant des représentations conventionnelles des figures planes et des solides (croquis, dessin à l'échelle, perspective, etc.) ; • en représentant des solides en perspective et en faisant le développement ; • en mobilisant des systèmes de repérages ; • en mobilisant des transformations géométriques.	Nombres et opérations M 32 Poser et résoudre des problèmes pour construire et structurer des représentations des nombres réels : • en ordonnant des nombres réels ; • en comparant différentes écritures de nombres et systèmes de numération ; • en découvrant quelques nombres irrationnels (pi, racine de 2, etc.) ; • en mobilisant différentes écritures des nombres (fraction, écriture décimale, %, etc.) ; • en utilisant des propriétés des nombres réels ; • en organisant les nombres réels à travers les opérations ; • en utilisant différentes procédures de calcul, y compris le calcul littéral.
Contenus mathématiques (Champs du PER) Figures géométriques planes et solides Repérage dans le plan et dans l'espace Transformations géométriques	Contenus mathématiques (Champs du PER) Nombres Calculs
Fonctions et algèbre M 33 Résoudre des problèmes numériques et algébriques en • reconnaissant les caractéristiques mathématiques d'une situation et en la traduisant en écriture numérique ou littérale ; • observant comment les hommes ont résolu historiquement des problèmes de ce type ; • utilisant des propriétés des opérations (+, -, x, :, puissance, racine carrée et cubique) ; • choisissant l'outil de calcul le mieux approprié à la situation proposée ; • mobilisant l'algèbre comme outil de calcul (équations), de preuve ou de généralisation ; • construisant, en exerçant et en utilisant des procédures de calcul (calcul réfléchi, algorithmes, calculatrice, répertoire mémorisé) avec des nombres réels ; • estimant un résultat et en exerçant un regard critique sur le résultat obtenu ; • modélisant une situation de proportionnalité ; • explorant les propriétés de quelques fonctions (linéaire, affine, quadratique, etc.)	Grandeurs et mesures M 34 Mobiliser la mesure pour comparer des grandeurs en • connaissant le système international d'unités de mesures ; • explorant des aspects culturels et historiques liés au système d'unité ; • calculant des grandeurs composées (vitesse, masse volumique, débit, etc.) et en en construisant les unités associées ; • mobilisant l'instrument et l'unité de mesure adaptés ; • exprimant une mesure dans différentes unités ; • estimant l'importance relative des grandeurs dans un phénomène naturel ou social ; • estimant la mesure des grandeurs ; • utilisant des procédures de calcul de longueur (théorèmes de Thalès, de Pythagore, etc.) ; • calculant des grandeurs (aires, volume, etc.).
Contenus mathématiques (Champs du PER) Fonctions Diagrammes Algèbre – Calcul littéral Algèbre – Équations	Contenus mathématiques (Champs du PER) Mesure de grandeurs et conversion d'unités Calcul de grandeurs

Figure 3.6 – Catégories de processus définies dans l'axe Modélisation

Catégories Aspects de l'organisation de l'axe Modélisation	
Mise en relation des données (CIIP, 2010) • Tri et organisation des informations; • mobilisation des représentations graphiques (liste, schémas, croquis, codes, tableaux, graphiques, ...) et; • recours à des modèles existants.	Communication (CIIP, 2010) • Communiquer des démarches et des résultats, en utilisant un vocabulaire, une syntaxe ainsi que des symboles adéquats et; • présenter des modélisations.
Utilisation des outils mathématiques (CIIP, 2010) • Utilisation des propriétés des nombres et des opérations pour établir des preuves; • traduction des données d'un problème en opérations arithmétiques, en respectant les conventions d'écriture; • choix de l'outil de calcul le mieux adapté à la situation et à ses propres compétences; • utilisation de la calculatrice dans des situations où l'aspect calculatoire est secondaire, pour vérifier le résultat d'un calcul ou pour effectuer des calculs complexes; • acceptation ou refus d'un résultat par l'estimation de l'ordre de grandeur, la connaissance des opérations ou la confrontation au réel; • utilisation des propriétés des figures et des transformations géométriques pour établir des preuves; • utilisation du langage algébrique pour établir des preuves; • utilisation des propriétés des figures et des grandeurs pour établir des preuves; • traitement des situations aléatoires à l'aide de notions de probabilités et; • association aux grandeurs observables des paramètres.	Vérification (CIIP, 2010) Vérification d'un résultat Autres processus de modélisation (CIIP, 2010) • Dégager une problématique et/ou formuler des hypothèses; • recourir à des modèles existants; • mise en œuvre d'une démarche de résolution; • ajustement d'essais successifs; • pose de conjectures, puis validation ou réfutation; • déduction d'une ou plusieurs informations nouvelles à partir de celles qui sont connues; • réduction temporaire de la complexité d'un problème.

3.3.2 Contenu et processus mathématiques pour PISA

Figure 3.7 – Schéma d'objets constituant les catégories de PISA



Le cadre théorique de PISA représente les connaissances de la culture mathématique en deux dimensions (OCDE, 2013b, p. 29) :

1. *Défi dans le monde réel*, qui regroupe deux catégories de contenus mathématiques et de contexte tirés du monde réel ;
2. *Pensées et actes mathématiques*, regroupant les concepts, savoirs et savoir-faire mathématiques, les facultés mathématiques fondamentales et les processus de résolution des problèmes contextualisés.

Suivant le schéma de la figure 3.7, les items sont classés selon trois catégories : *contenus*, *processus* et *contextes*. Les catégories de *contenus* – Espace et formes, Quantité, Variations et relations, Incertitude et données – se réfèrent à des phénomènes que les mathématiques permettent de constituer, ayant recours à divers contenus mathématiques provenant de la géométrie, des nombres, de l’algèbre, etc. La figure 3.8 ci-dessous présente les caractéristiques des phénomènes de chaque catégorie de contenus de PISA, ainsi qu’une liste des thématiques mathématiques englobant des concepts, savoir et savoir-faire pris en compte par toutes les catégories de contenus.

Figure 3.8 – Catégories de contenus mathématiques dans le test PISA de mathématiques

Catégories de contenus mathématiques	Liste des thématiques mathématiques
Espace et formes La catégorie de contenus <i>Espace et formes</i> englobe un large éventail de phénomènes omniprésents dans notre environnement visuel et physique : les régularités, les propriétés des objets, les positions et les orientations, les représentations d’objets, l’encodage et le décodage d’informations visuelles, la navigation et les interactions dynamiques avec des formes réelles ainsi qu’avec leur représentation (OCDE, 2013b, p. 37).	(OCDE, 2013b, pp. 39-40) • Fonctions, Expressions algébriques, Équations et inéquations ; • Systèmes de coordonnées, Relations dans et entre des objets géométriques en deux et en trois dimensions ; • Mesure, Nombres et unités, Opérations arithmétiques, Pourcentages, Ratios et proportions, Principes de comptage ; • Collecte, Représentation et interprétation de données, Variabilité des données et description de cette dernière ; • Échantillonnage et échantillons, Risque et probabilité.
Quantité La notion de quantité est peut-être l’aspect mathématique le plus répandu et le plus essentiel de l’engagement et du fonctionnement dans notre monde. Elle englobe la quantification d’attributs d’objets, de relations, de situations et d’entités dans le monde, la compréhension de diverses représentations de ces quantifications, et l’évaluation d’interprétations et d’arguments fondés sur la quantité (OCDE, 2013b, p. 38).	
Variations et relations Le monde naturel et le monde façonné par l’homme affichent une multitude de relations provisoires et permanentes entre les objets et les circonstances, dans lesquelles des changements interviennent dans des systèmes d’objets interdépendants ou dans des circonstances où les éléments s’influencent les uns les autres. Dans de nombreux cas, ces changements se produisent avec le temps. Il arrive aussi que des changements qui affectent un objet ou une quantité soient en rapport avec des changements qui ont eu lieu sur un autre objet ou quantité (OCDE, 2013b, p. 36).	
Incertitude et données L’incertitude est une donnée en sciences, dans la technologie et dans la vie de tous les jours. Le phénomène d’incertitude est donc au cœur de l’analyse mathématique de nombreux problèmes, et la théorie de la probabilité et la statistique ont été créées pour y répondre (OCDE, 2013b, p. 38)	

Les catégories de *processus* – *formuler*, *employer* et *interpréter* – sont des activités nécessaires pour aborder des problèmes contextualisés. Il s’agit de formuler des situations de façon mathématique, d’employer des concepts, faits, procédures et raisonnements mathématiques et d’interpréter, d’appliquer et d’évaluer des résultats mathématiques. PISA identifie une liste de processus pour chaque catégorie (colonne de gauche de la figure 3.10 ci-dessous).

Chaque processus est caractérisé selon les facultés mathématiques fondamentales – communication ; mathématisation ; représentation ; raisonnement et argumentation ; conception de stratégies de résolution de problèmes ; utilisation d’opérations et d’un langage symbolique, formel et technique ; utilisation d’outils mathématiques.

Par exemple, la faculté mathématique *Communication* est décrite² à travers chacun des processus comme indiqué à la figure 3.9.

Figure 3.9 – Description de la faculté mathématique *Communication* selon les trois processus

	Formuler des situations de façon mathématique	Employer des concepts, faits, procédures et raisonnements mathématiques	Interpréter, appliquer et évaluer des résultats mathématiques
Communication	Lire, décoder et comprendre des questions, des tâches, des objets, des images ou des animations (dans l’épreuve informatisée) pour élaborer un modèle mental de la situation	Articuler une solution, expliquer le cheminement vers la solution, et/ou résumer et présenter des résultats mathématiques intermédiaires	Construire et communiquer des explications et des arguments au sujet du problème contextualisé

² Pour une description de toutes les facultés mathématiques selon chaque catégorie voir OCDE (2013b, p. 35).

Figure 3.10 – Catégories de processus dans le test PISA de mathématiques

Catégories de processus de PISA	Liste des facultés mathématiques
Formuler des situations de façon mathématique • identifier les aspects mathématiques et les variables significatives d'un problème se situant dans un contexte tiré du monde réel ; • reconnaître des structures mathématiques (des régularités, des relations, des récurrences, etc.) dans des problèmes ou des situations ; • simplifier une situation ou un problème pour qu'il se prête à une analyse mathématique ; • identifier les contraintes et les hypothèses qui sous-tendent toute modélisation mathématique et les simplifications extraites du contexte ; • représenter la situation de façon mathématique à l'aide de variables, de symboles, de diagrammes et de modèles appropriés ; • représenter le problème d'une autre façon, notamment l'organiser en fonction de concepts mathématiques et élaborer les hypothèses appropriées ; • comprendre et expliquer les relations entre le langage spécifique au contexte employé pour décrire le problème et le langage symbolique et formel indispensable pour le représenter sous une forme mathématique ; • traduire le problème en langage ou en représentation mathématique ; reconnaître les aspects du problème qui correspondent à des problèmes connus ou à des concepts, faits et procédures mathématiques et ; • utiliser la technologie (un tableur ou les fonctions d'une calculatrice graphique) pour décrire une relation mathématique inhérente, dans un problème contextualisé. (OCDE, 2013b, p. 31)	• Communication • Mathématisation • Représentation
Employer des concepts, faits, procédures et raisonnements mathématiques • concevoir et appliquer des stratégies en vue de trouver des solutions mathématiques ; • utiliser des outils mathématiques, dont des applications technologiques, pour faciliter la recherche d'une solution précise ou approximative ; • appliquer des faits, des lois, des algorithmes et des structures mathématiques à la recherche de la solution ; manipuler des nombres, des informations et des données graphiques et statistiques, des équations et des expressions • algébriques, ainsi que des représentations géométriques ; • élaborer des structures, des diagrammes et des graphiques mathématiques, et en extraire des informations mathématiques ; • utiliser différentes représentations et passer de l'une à l'autre durant le processus de résolution du problème ; • faire des généralisations à partir des résultats de l'application de procédures mathématiques pour trouver des solutions et ; • réfléchir à des arguments mathématiques, et expliquer et justifier des résultats mathématiques. (OCDE, 2013b, pp. 31 et 32)	• Raisonnement et argumentation • Conception de stratégies de résolution de problèmes • Utilisation d'opérations et d'un langage symbolique, formel et technique
Interpréter, appliquer et évaluer des résultats mathématiques • interpréter un résultat mathématique en fonction de la situation initiale du problème ; • évaluer la plausibilité d'une solution mathématique dans le contexte d'un problème qui s'inspire du monde réel ; • comprendre en quoi le monde réel a un impact sur les résultats et les calculs d'un modèle ou d'une procédure mathématique pour poser des jugements en contexte sur la façon d'appliquer ou d'ajuster les résultats ; • expliquer pourquoi une conclusion ou un résultat mathématique est ou n'est pas plausible dans le contexte d'un problème ; • comprendre la portée et les limites de concepts et de résultats mathématiques et ; • critiquer le modèle utilisé pour résoudre le problème et en identifier les limites. (OCDE, 2013, p. 32)	• Utilisation d'outils mathématiques

Les catégories de contextes – *personnel, professionnel, sociétal, scientifique* – permettent à PISA de classer les items selon des problèmes considérés comme faisant partie du monde des individus.

3.3.3 Comparaison entre contenus et processus de PISA et du PER

Il est impossible d'établir une correspondance claire entre les catégories de contenus de PISA et les axes du PER. Les catégories de *contenu*, *processus* et *contexte* de PISA permettent la création et classification d'items et la configuration de l'échelle et des sous-échelles en vue de présenter les résultats. Tandis que les axes du PER – *Espace*, *Nombres et opérations*, *Fonctions et algèbre*, *Longueurs et mesures*, *Modélisation* – permettent de saisir les objectifs d'apprentissage, les progressions d'apprentissage, les contenus mathématiques et les processus à enseigner.

Chaque catégorie de *contenu* de PISA – *Espace et formes*, *Quantité*, *Variations et relations*, *Incertitude et données* – est constituée des phénomènes que les diverses connaissances mathématiques (algébriques, géométriques, numériques, etc.) aident à formuler et à comprendre. Par contre, chaque axe de contenu du PER – *Espace*, *Nombres et opérations*, *Fonctions et algèbre*, *Grandeurs et mesures* – énonce les connaissances caractéristiques de son champ mathématique et les problèmes du champ qu'elles permettent de résoudre.

Par exemple, la catégorie de contenu de PISA *Espace et formes* est différente de celle de l'axe *Espace* du PER. Dans la catégorie *Espace et formes*, la géométrie est essentielle pour étudier des phénomènes omniprésents dans l'environnement visuel et physique. Cependant, d'autres contenus, significations et méthodes, comme le mesurage et l'algèbre, s'avèrent nécessaires pour les étudier. Dans le cas de l'axe *Espace* du PER, les connaissances géométriques sont celles considérées dans les progressions d'apprentissage. Elles visent l'objectif d'apprendre à poser et résoudre des problèmes pour modéliser le plan et l'espace. Les connaissances de mesurage et d'algèbre sont identifiées dans les champs disciplinaires des axes *Grandeurs et mesures* et *Fonction et algèbre* respectivement.

Malgré cette différence de perspective, il y aurait une correspondance possible entre les contenus mathématiques considérés pour l'épreuve PISA (liste de la figure 3.8 ci-dessus) et les contenus mathématiques de chaque axe du PER. La figure 3.11 montre la correspondance établie.

Figure 3.11 – Correspondance entre les mathématiques des axes du PER et la liste des contenus de PISA

Éléments de contenu dans le PER selon l'axe thématique	Liste des contenus mathématiques définis par PISA pour l'épreuve (OCDE, 2013, pp 39-40)
Espace M 31 Figures géométriques planes, Solides, Transformations géométriques	Relations dans et entre des objets géométriques en deux et en trois dimensions : • des relations statiques telles que des liens algébriques entre des éléments de figures (par exemple, le théorème de Pythagore, qui définit la relation entre la longueur des côtés d'un triangle rectangle); • les positions relatives; • la similitude et la congruence, et; • les relations dynamiques impliquant la transformation et le mouvement d'objets, ainsi que les correspondances entre objets en deux et en trois dimensions.
Repérage dans le plan et dans l'espace	Systèmes de coordonnées : • la représentation et la description de données, de positions et de relations.
Nombres et opération M 32	Nombres et unités : • les concepts, les représentations de nombres et les systèmes de numération, dont les propriétés de nombres entiers et rationnels, des aspects pertinents des nombres irrationnels.
Nombres	Principes de comptage : • les permutations et les combinaisons simples. Estimation : • l'approximation dans un but particulier de quantités et expressions numériques, notamment les chiffres significatifs et les arrondis.
Calculs Éléments pour la résolution de problèmes	Pourcentages, ratios et proportions : • la description numérique de grandeur relative et le raisonnement fondé sur les proportions pour résoudre des problèmes. Opérations arithmétiques : • la nature et les propriétés des opérations numériques, et les conventions d'écriture qui s'y rapportent. Risque et probabilité : • les concepts tels que les événements aléatoires, la variation aléatoire et sa représentation, le risque et la fréquence des événements, et les aspects fondamentaux du concept de probabilité.
Fonctions et algèbre M 33 Fonctions Diagrammes	Fonctions : • le concept de fonction, notamment (mais pas exclusivement) les fonctions linéaires, leurs propriétés et une série de descriptions et de représentations. • Les représentations verbales, symboliques et graphiques, ainsi que les représentations sous forme de tableaux, sont souvent utilisées. Pourcentages, ratios et proportions : • la description numérique de grandeur relative et le raisonnement fondé sur les proportions pour résoudre des problèmes. Nombres et unités : • ...ainsi que des quantités et des unités en rapport avec des phénomènes tels que le temps, l'argent, le poids, la température, la distance, la superficie et le volume, ainsi que des quantités dérivées et leur description numérique. Collecte, représentation et interprétation de données : • la nature, l'origine et la collecte de divers types de données, et les différents modes de représentation et d'interprétation des données. Variabilité des données et description de cette dernière : • les concepts tels que la variabilité, la distribution et les tendances principales dans des groupes de données, les modes de description et d'interprétation de ces concepts en termes quantitatifs. Échantillonnage et échantillons : • les concepts d'échantillonnage dans des groupes de données, notamment la formulation d'inférences simples sur la base des propriétés des échantillons.

Éléments de contenu dans le PER selon l'axe thématique	Liste des contenus mathématiques définis par PISA pour l'épreuve (OCDE, 2013, pp 39-40)
Algèbre – Calcul littéral Algèbre – Équations	Expressions algébriques : • l'interprétation verbale et la manipulation d'expressions algébriques, comprenant des nombres, des symboles, des opérations arithmétiques, des puissances et des racines simples. Équations et inéquations : • des équations et inéquations linéaires, des équations simples du second degré, et des méthodes analytiques et non analytiques de résolution.
Grandeurs et mesures M 34 Mesure de grandeurs	Mesure : • la quantification de formes et d'objets et de certains de leurs aspects, par exemple l'angle, la distance, la longueur, le périmètre, la circonférence, la superficie et le volume.
Conversion d'unités Calcul de grandeurs	Nombres et unités : • ...ainsi que des quantités et des unités en rapport avec des phénomènes tels que le temps, l'argent, le poids, la température, la distance, la superficie et le volume, ainsi que des quantités dérivées et leur description numérique.

Les catégories de processus de PISA ont une structure qui ne ressemble pas à celle de l'axe *Modélisation* du PER. *Formuler* des situations de façon mathématique, *employer* des concepts, faits, procédures et raisonnements mathématiques et *interpréter*, appliquer et évaluer des résultats mathématiques sont des processus déclinés en facultés mathématiques fondamentales. De cette manière, PISA rend visible la complexité de chacun de ses processus et caractérise chacun d'eux afin d'évaluer les activités intellectuelles nécessaires pour réussir les items et les classer. Par contre, l'axe *Modélisation* du PER présente les processus pour la résolution de problèmes et la modélisation à partir d'une liste sans une catégorisation, comme c'est le cas de PISA. Les catégories des processus du PER que nous avons créées sont similaires à certaines des facultés mathématiques fondamentales de PISA. Par exemple, la communication et l'utilisation d'outils mathématiques sont de la même nature que les facultés de communication et utilisation d'outils mathématiques de PISA. Cependant, la communication dans le PER se limite à la « communication des démarches et des résultats » tandis que dans PISA, elle se réfère en plus à « lire, décoder et comprendre des questions, des tâches, des objets, des images [...] pour élaborer un modèle mental de la situation ».

Figure 3.12 – Correspondance entre processus mathématiques dans le PER et dans le test PISA de mathématiques

Catégories de processus de PISA	Facultés mathématiques fondamentales de PISA	Composantes de la modélisation et éléments pour la résolution des problèmes du PER
<i>Formuler</i> des situations de façon mathématique <i>Employer</i> des concepts, faits, procédures et raisonnements mathématiques <i>Interpréter, appliquer et évaluer</i> des résultats mathématiques	Communication Mathématisation Représentation Raisonnement et argumentation Conception de stratégies de résolution de problèmes Utilisation d'opérations et d'un langage symbolique, formel et technique Utilisation d'outils mathématiques	Communication Mise en relation des données Vérification Autres processus de modélisation Utilisation des outils mathématiques

3.4 Classement des items du test PISA selon les axes du PER

Nous présentons la démarche et les résultats du classement des items de chaque catégorie de contenu du test PISA 2012 dans les axes du PER avant de proposer une synthèse des résultats de cette démarche.

3.4.1 La démarche du classement

Huit experts ont consacré une journée de travail au classement des 84 items du test PISA de mathématiques. Ils ont associé chaque item de l'enquête 2012 à une des catégories de contenu et de processus du PER décrites ci-dessus. Les experts sont des professionnels qui utilisent au quotidien le PER des mathématiques. Ils ont été répartis en deux groupes de quatre personnes chacun. Chaque groupe était constitué d'enseignants de mathématiques et d'enseignants-chercheurs en didactique des mathématiques.

Les codeurs ont fait correspondre à chaque item une catégorie des axes *thématiques* M 31 à M 34 et une de l'axe *thématique* M 35 (modélisation). Pour chaque cahier de 12 items de PISA, les experts ont dû compléter une grille (voir figure 3.13 ci-dessous). Un groupe d'experts s'est occupé des cahiers 1, 2 et 3, l'autre des cahiers 4, 5 et 6. Le cahier 7 a été rempli par tous les experts. Comme consigne, il était dit d'indiquer à quel axe thématique (M 31 à M 34) du PER et à quelle capacité transversale de l'axe thématique M 35 correspondait chaque item ou question du test PISA de mathématiques de 2012.

Figure 3.13 – Grille de classement d'items PISA EN 2012 dans les axes thématiques du PER

Consigne : Indiquer à quel axe thématique (M31 à M34) du PER (1 x) et à quelle capacité transversale de l'axe thématique M35 (1 x) correspond chaque item (question) du test PISA de mathématiques en 2012.

Items du test PISA de mathématiques			Axes thématiques M31 à M34					Axe thématique M35 (modélisation)						Commentaires
			Espace (M31)	Nombres et opérations (M32)	Fonctions et algèbre (M33)	Grandeurs et mesures (M34)	Aucun des 4 axes thématiques	Mise en relation des données	Vérification	Communication	Utilisation des outils mathématiques	Autre processus de modélisation	Aucun processus de modélisation	
PM033	PM033Q01	Question 1												
PM474	PM474Q01	Question 2												
PM155	PM155Q02	Question 3												
	PM155Q01	Question 4												
	PM155Q03	Question 5												
	PM155Q04	Question 6												
PM411	PM411Q01	Question 7												
	PM411Q02	Question 8												
PM803	PM803Q01	Question 9												
PM442	PM442Q02	Question 10												
PM462	PM462Q01	Question 11												
PM034	PM034Q01	Question 12												

Chaque expert choisissait individuellement une case pour chaque item du cahier. Une fois finalisé le classement d'un cahier, les items qui n'avaient pas obtenu le même choix par trois des quatre experts étaient discutés par le groupe. Par la confrontation d'argumentations, les experts cherchaient à trouver un accord pour chaque item (accord inter-juges). Les arguments des experts prenaient en compte le contenu mathématique nécessaire pour répondre à la question de l'item et le contenu des axes du PER (chaque participant a reçu un extrait du PER avec le contenu des axes pour le cycle 3).

Dans la majorité des cas, les experts sont arrivés à un accord, y compris sur les items considérés comme relevant d'autres processus de modélisation que les quatre prévus ou ceux qui, à leur point de vue, n'impliquent aucun processus de modélisation. Le désaccord inter-juges est limité à trois items pour le classement dans les catégories de contenu et à trois items dans les catégories de processus. Chacun des items en question est classé dans deux catégories de contenu ou de processus du PER.

Les résultats détaillés du classement d'items du test PISA sont présentés dans quatre tableaux, aux points 3.4.2 à 3.4.4. Chaque tableau représente le double classement de chaque item d'une catégorie de contenu PISA dans une catégorie de contenu du PER d'un côté, et dans une catégorie de processus de l'autre. Les items du test PISA sont caractérisés par leur code et leur catégorie de processus. Le tableau montre ainsi dans quelle(s) catégorie(s) de contenu et de processus du PER un plus grand nombre d'items de chaque catégorie de contenu du test PISA est classé. Un item public du test PISA est présenté à titre illustratif de la correspondance entre la catégorie de contenu du test PISA et une catégorie de contenu du PER. À la fin, en guise de synthèse, les figures 3.22 à 3.25 indiquent les convergences et divergences entre les catégories de contenu et de processus du test PISA d'une part et celles du PER de mathématiques d'autre part.

3.4.2 Les items d'Espace et formes

Le classement des items d'*Espace et formes* laisse voir une relation étroite entre cette catégorie et les axes *Espace* (33%) et *Grandeurs et mesures* (62%) du PER. En effet, comme on peut le constater dans la figure 3.4, 13 items d'*Espace et formes* ont été classés dans *Grandeurs et mesures* (M 34) et 7 items dans *Espace* (M 31). Seulement 2 items (10%) ont été classés dans l'axe *Fonctions et algèbre* (M 33) et aucun des items n'a été classé dans l'axe *Nombre et opérations* (M 32).

Ceci peut s'expliquer par le fait que le cadre théorique de PISA (OCDE, 2013b, p. 37) caractérise la catégorie de contenu *Espace et formes* comme englobant des phénomènes de l'environnement visuel et physique, à savoir « les régularités, les propriétés des objets, les positions et les orientations, les représentations d'objets, l'encodage et le décodage d'informations visuelles, la navigation et les interactions dynamiques avec des formes réelles ainsi qu'avec leur représentation ».

La géométrie est identifiée comme fondement essentiel pour aborder des problèmes concernant les phénomènes décrits. Cependant, la catégorie intègre en plus la visualisation dans l'espace, le mesurage et l'algèbre. Par exemple, sont considérés comme relevant de la géométrie des phénomènes tels que des formes se déformant ou un point qui se déplace dans l'espace, des concepts issus des fonctions, des formules

de mesure, la manipulation et l'interprétation de formes contextualisées. On pouvait donc s'attendre à ce que les items de cette catégorie soient classés dans les axes *Espace*, *Grandeurs et mesures* ou *Fonctions et algèbre*.

Figure 3.14 – Classement des items PISA du domaine Espace et formes dans les axes thématiques du PER

Items PISA		Axes thématiques du PER							
		Espace (M31)	Nombres et opérations (M32)	Fonctions et algèbre (M33)	Grandeurs et mesures (M34)	Modélisation (M35)			
Code	Catégorie de processus					Mise en relation des données	Vérification	Communication	Utilisation des outils mathématiques
PM273Q01	Employer								
PM305Q01	Employer								
PM406Q01	Employer								
PM447Q01	Employer								
PM462Q01	Employer								
PM923Q03	Employer								
PM949Q01	Employer								
PM949Q02	Employer								
PM995Q01	Employer								
PM00FQ01	Formuler								
PM00GQ01	Formuler								
PM00KQ02	Formuler								
PM034Q01	Formuler								
PM406Q02	Formuler								
PM464Q01	Formuler								
PM943Q02 ^(*)	Formuler								
PM949Q03	Formuler								
PM992Q01	Formuler								
PM992Q02	Formuler								
PM995Q02	Formuler								
PM033Q01	Interpréter								

^(*) Item considéré par les experts comme relevant d'un autre processus de modélisation ou n'impliquant aucun processus de modélisation.

Les 9 premiers items font partie de la catégorie *Employer* des concepts, faits, procédures et raisonnements mathématiques. Les experts ont classé ces items dans l'axe thématique M 35 (Modélisation) comme suit : 2 dans *Utilisation des outils mathématiques*, 4 dans *Vérification* et 3 dans *Mise en relation des données*. Les 11 items suivants sont reconnus par PISA comme appartenant à la catégorie de processus *Formuler* des situations de façon mathématique. Les experts en ont classé 2 dans *Mise en relation des données* et 9 dans *Utilisation des outils mathématiques*. Il n'y a pas une relation claire entre les processus de PISA et les catégories établies pour le PER.

La figure 3.15 représente l'item *Porte à tambour* (PM995Q01). PISA le classifie dans la catégorie de contenu *Espace et formes* et la catégorie de processus *Employer*. S'agissant du PER, les experts l'ont classé dans l'axe thématique *Grandeurs et mesures* et dans le processus de modélisation *Utilisation des outils mathématiques*.

Figure 3.15 – Item PISA 2012 du domaine Espace et formes

PORTE À TAMBOUR

Une porte à tambour est composée de trois « ailes », appelées vantaux, qui tournent à l'intérieur d'un espace circulaire. Le diamètre intérieur de cet espace est de 2 mètres (200 centimètres). Les trois vantaux de la porte divisent l'espace en trois sections identiques. Le schéma ci-dessous montre les vantaux de la porte dans trois positions différentes, vus de dessus.

200 cm

Entrée

Sortie

Vantaux

Question 2 : PORTE À TAMBOUR PM995Q02 – 0 1 9

Les deux ouvertures de la porte (les arcs de cercle pointillés sur le schéma) font la même taille. Si ces ouvertures étaient trop larges, les vantaux ne pourraient pas garder l'espace clos et l'air pourrait alors circuler librement entre l'entrée et la sortie, provoquant une perte ou un gain de chaleur indésirables. Cela est illustré sur le schéma ci-contre.

Quelle est la longueur maximum (en centimètres, cm) que l'arc de cercle de chaque ouverture de porte peut avoir, afin que l'air ne puisse jamais circuler librement entre l'entrée et la sortie?

Circulation d'air possible dans cette position

Longueur maximum de l'arc de cercle : cm

3.4.3 Les items d'*Incertitude et données*

Le plus grand nombre d'items (81%) de la catégorie *Incertitude et données* a été classé dans l'axe *Fonctions et algèbre* (M 33), le reste (14%) dans *Nombre et opérations* (M 32). L'OCDE (2013b) relie cette catégorie au phénomène d'incertitude dont les outils développés pour le comprendre seraient l'analyse mathématique des problèmes, la théorie de la probabilité et de la statistique. L'OCDE considère qu'il « s'agit de reconnaître la place de la variation dans les processus, de comprendre l'ampleur de cette variation, d'admettre la notion d'incertitude et d'erreur dans le mesurage, et de connaître le concept de chance » (p. 38).

Le classement d'items de cette catégorie dans l'axe *Fonctions et algèbre* et *Nombre et opérations* pourrait s'expliquer par le rôle que l'OCDE accorde à la présentation et à l'interprétation des données. Il estime que « la connaissance des nombres et de certains aspects de l'algèbre comme les graphiques et les représentations symboliques facilite la tâche aux individus qui s'attaquent à des problèmes relevant de cette catégorie » (ibid.). Il est considéré que les branches traditionnelles de la probabilité et de la statistique sont des moyens formels de décrire, de modéliser et d'interpréter une certaine catégorie de phénomènes, et de dégager des inférences.

Par exemple, dans un item de cette catégorie, les élèves peuvent être confrontés à examiner des données présentées dans un tableau et à expliquer « pourquoi un diagramme en bâtons n'est pas approprié pour les communiquer » (p. 39). Comme on l'a vu plus haut, dans le PER l'analyse des données, la lecture et production de graphiques et l'algèbre sont présentées dans l'axe *Fonctions et algèbre* (M 34) et la connaissance des nombres dans l'axe *Nombres et opérations*. La figure 3.16 montre le classement.

Figure 3.16 – Classement des items PISA du domaine Incertitude et données dans les axes thématiques du PER

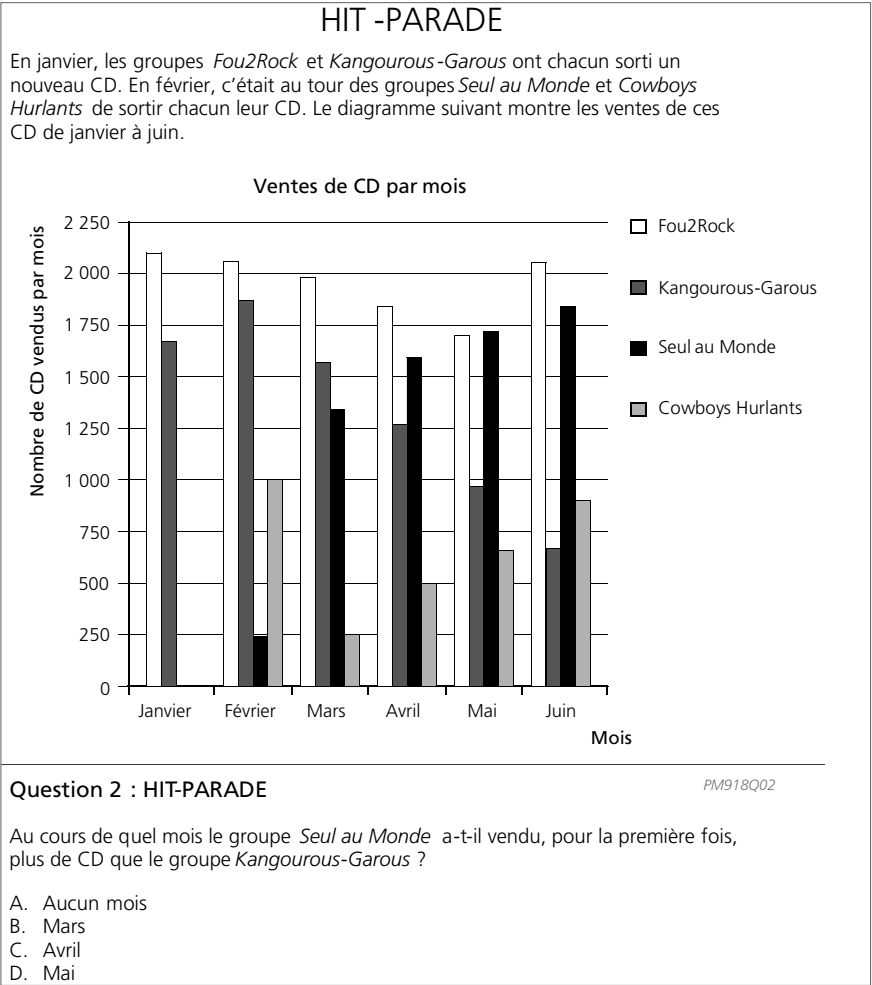
Items PISA		Axes thématiques du PER							
		Espace (M31)	Nombres et opérations (M32)	Fonctions et algèbre (M33)	Grandeurs et mesures (M34)	Modélisation (M35)			
Code	Catégorie de processus					Mise en relation des données	Vérification	Communication	Utilisation des outils mathématiques
PM828Q02	Employer								
PM915Q02 ^(*)	Employer								
PM918Q05	Employer								
PM955Q03	Employer								
PM982Q01	Employer								
PM982Q02	Employer								
PM564Q02	Formuler								
PM803Q01	Formuler								
PM953Q03 ^(*)	Formuler								
PM953Q04	Formuler								
PM982Q04	Formuler								
PM408Q01	Interpréter								
PM411Q02 ^(*)	Interpréter								
PM420Q01 ^(*)	Interpréter								
PM423Q01 ^(*)	Interpréter								
PM918Q01 ^(*)	Interpréter								
PM918Q02	Interpréter								
PM953Q02	Interpréter								
PM955Q01	Interpréter								
PM955Q02	Interpréter								
PM982Q03	Interpréter								

^(*) Item considéré par les experts comme relevant d'un autre processus de modélisation ou n'impliquant aucun processus de modélisation.

On trouve 3 items classés dans l'axe *Nombres et opérations* et 18 dans l'axe *Fonction et algèbre*. On voit également que 9 items ont été classés sous *Mise en relation des données* de l'axe *Modélisation*, 2 dans *Communication* et 4 dans *Utilisation des outils mathématiques*. Ce classement fait sens si l'on considère la place importante accordée à l'analyse des données dans la description de cette catégorie de PISA.

On observe dans la figure 3.16 que l'item *Hit-Parade* (PM918Q02) a été classé, selon les axes du PER, dans *Fonctions et algèbre* et dans *Mise en relation des données*. Dans le test PISA, cet item mesure la capacité de « lire un diagramme en bâtons et comparer la hauteur de deux bâtons » ; il relève du domaine *Incertitude et données* et du processus *interpréter* (OCDE, 2013c).

Figure 3.17 – Item PISA 2012 du domaine Incertitude et données



Pour répondre à la question deux de l’item *Hit-Parade*, il est nécessaire d’interpréter correctement le graphique en analysant la relation entre les données. Plusieurs objets de la progression d’apprentissages de l’axe *Fonctions et algèbre* font référence. Dans le champ « Fonctions », on trouve « Lecture et interprétation de tableaux de valeurs, de représentations graphiques... » ; « Représentation d’une relation où interviennent deux grandeurs variables par : un tableau de valeurs, une représentation graphique (à la main, à l’aide d’un tableau, d’un grapheur,...), un ou plusieurs opérateurs (sous forme de ‘machine’ ou d’expression verbale) ». Une attente fondamentale de MSN 33 du PER est exprimé comme « interprète correctement les données contenues dans un tableau de valeurs ou une représentation graphique ».

Dans l'axe *Modélisation*, on trouve aussi une finalité éducative dans ce sens : « mobilisation des représentations graphiques (liste, schémas, croquis, codes, tableaux, graphiques,...) ». Celle-ci fait partie de la catégorie *Mise en relation des données* (voir figure 3.6).

3.4.4 Les items de Quantité

Cette catégorie fait référence à « la quantification d'attributs d'objets, de relations, de situations et d'entités dans le monde, la compréhension de diverses représentations de ces quantifications, et l'évaluation d'interprétations et d'arguments fondés sur la quantité » (OCDE, 2013b, p. 38). Les items de *Quantité* se répartissent entre *Nombres et opérations*, M 32 (42%) et *Fonctions et algèbre*, M 33 (62%). Le nombre d'items classés dans l'axe *Nombres et opérations* (figure 3.18) s'explique par ce que PISA considère dans la culture mathématique de cette catégorie « certains aspects du raisonnement quantitatif – le sens des nombres, les représentations multiples des nombres, l'élégance des calculs, le calcul mental, les estimations et l'évaluation de la plausibilité des résultats » (ibid.). Le grand recouvrement des items dans *Fonctions et algèbre* s'expliquerait par ce que l'OCDE nomme la modélisation des situations, la variation et les relations, l'organisation et l'interprétation des données et la mesure et l'évaluation de l'incertitude.

Figure 3.18 – Classement des items PISA du domaine Quantité dans les axes thématiques du PER

Items PISA		Axes thématiques du PER							
		Espace (M31)	Nombres et opérations (M32)	Fonctions et algèbre (M33)	Grandeurs et mesures (M34)	Modélisation (M35)			
Code	Catégorie de processus					Mise en relation des données	Vérification	Communication	Utilisation des outils mathématiques
PM411Q01 ^(*)	Employer								
PM474Q01 ^(*)	Employer								
PM496Q02	Employer								
PM603Q01 ^(*)	Employer								
PM800Q01 ^(*)	Employer								
PM828Q03	Employer								
PM906Q01	Employer								
PM906Q02	Employer								
PM909Q02	Employer								
PM919Q01	Employer								
PM923Q01	Employer								
PM496Q01	Formuler								
PM564Q01	Formuler								
PM919Q02 ^(*)	Formuler								
PM924Q02	Formuler								
PM995Q03	Formuler								
PM442Q02	Interpréter								
PM559Q01 ^(*)	Interpréter								
PM905Q01	Interpréter								
PM905Q02	Interpréter								
PM909Q01 ^(*)	Interpréter								

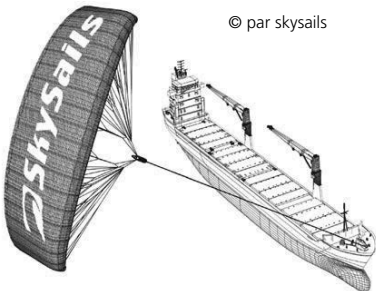
^(*) Item considéré par les experts comme relevant d'un autre processus de modélisation ou n'impliquant aucun processus de modélisation.

Par rapport au processus, le plus grand nombre d'items de la catégorie *employer* a été classé dans *Utilisation des outils mathématiques*. Ceci parait logique dans la mesure où, dans cette catégorie de PISA, il s'agit d'employer des concepts, faits, procédures et raisonnements mathématiques. Les processus *Communication* et *Vérification* sont représentés par un seul item chacun.

Le plus grand nombre d'items de *formuler* (3 sur 5) ont été classés dans *Utilisation des outils mathématiques* et un seul dans *Vérification*. Quant aux cinq items d'*interpréter*, on remarque que deux d'entre eux n'ont pas été classés, l'un est signalé dans *Mise en relation des données* et les deux autres dans *Vérification*.

L'item *Cargo à voile* (PM923Q01) serait du domaine mathématique *Quantité* et du processus *employer*. L'objectif de l'item est de calculer un pourcentage dans une situation de la vie réelle (OCDE, 2013c). Concernant le PER, cet item a été classé dans les catégories *Fonction et algèbre* et *Utilisation des outils mathématiques*.

Figure 3.19 – Item PISA 2012 du domaine Quantité

CARGO À VOILE	
Quatre-vingt-quinze pour cent du commerce mondial s'effectue par voie maritime, par environ 50 000 bateaux-citernes, vraquiers et porte-conteneurs. La plupart de ces cargos fonctionnent au diesel. Des ingénieurs ont l'intention de mettre au point un système utilisant la puissance du vent pour assister les cargos. Ils proposent de fixer un cerf-volant servant de voile sur les cargos et ainsi d'utiliser la puissance du vent pour diminuer la consommation de diesel ainsi que l'impact de ce carburant sur l'environnement.	
Question 1 : CARGO À VOILE Les cerfs-volants ont l'avantage de voler à une hauteur de 150 m. Là-haut, la vitesse du vent est approximativement de 25% supérieure à celle au niveau du pont du cargo. Quelle est la vitesse approximative à laquelle le vent souffle dans le cerf-volant lorsque la vitesse du vent est de 24 km/h sur le pont du cargo ? A. 6 km/h B. 18 km/h C. 25 km/h D. 30 km/h E. 49 km/h	PM923Q01

3.4.5 Les items de Variations et relations

La figure 3.20 montre que 19 items (95%) de *Variations et relations* correspondent à l'axe *Fonctions et algèbre*. Un seul item est classé dans l'axe *Espace* et un autre dans *Nombres et opérations*. Ceci est compréhensible dans la mesure où la catégorie *Variations et relations* se réfère à « une multitude de relations provisoires et permanentes entre les objets et les circonstances, dans lesquelles des changements interviennent dans des systèmes d'objets interdépendants ou dans des circonstances où les éléments s'influencent les uns les autres » (OCDE, 2013b, p. 37). Il s'agit de « la croissance des organismes, la musique, le cycle de saisons, les tendances météorologiques, les taux d'emploi et la conjoncture économique » (ibid.). En particulier, les phénomènes de variation sont décrits, interprétés et modélisés par les expressions algébriques, les équations et les inégalités ou les représentations sous forme de graphiques et de tableaux.

Le contenu mathématique de l'axe *Fonctions et algèbre* du PER consiste à modéliser les variations et les relations. Il inclut les fonctions et équations ainsi que l'interprétation et la traduction des représentations graphiques et symboliques des relations (ibid., p. 36).

Figure 3.20 – Classement des items PISA du domaine Variations et relations dans les axes thématiques du PER

Items PISA		Axes thématiques du PER							
		Espace (M31)	Nombres et opérations (M32)	Fonctions et algèbre (M33)	Grandeurs et mesures (M34)	Modélisation (M35)			
Code	Catégorie de processus					Mise en relation des données	Vérification	Communication	Utilisation des outils mathématiques
PM155Q02	Employer								
PM155Q03	Employer								
PM828Q01	Employer								
PM903Q01	Employer								
PM903Q03	Employer								
PM915Q01	Employer								
PM954Q01 ^(*)	Employer								
PM954Q02	Employer								
PM954Q04	Employer								
PM998Q04	Employer								
PM192Q01	Formuler								
PM446Q01 ^(*)	Formuler								
PM446Q02	Formuler								
PM923Q04	Formuler								
PM943Q01 ^(*)	Formuler								
PM992Q03	Formuler								
PM155Q01	Interpréter								
PM155Q04	Interpréter								
PM571Q01	Interpréter								
PM909Q03	Interpréter								
PM998Q02	Interpréter								

^(*) Item considéré par les experts comme relevant d'un autre processus de modélisation ou n'impliquant aucun processus de modélisation.

Les dix items de la catégorie *employer* se répartissent entre *Utilisation des outils mathématiques* (5 items), *Communication* (2), *Mise en relation des données* (2) et *Vérification* (1). Cinq items de la catégorie *formuler* sont classés dans *Mise en relation des données* (2 items) et *Utilisation des outils mathématiques* (3), le dernier n'ayant pas pu être classé par les experts. *Mise en relation des données* (4 items sur 5) et *Vérification* (1 sur 5) sont les catégories du PER choisies pour les items d'*interpréter*.

Les items typiques de la catégorie *Variations et relations* portent par exemple « sur des relations algébriques entre deux variables et demandent aux élèves d'exploiter leurs connaissances et leurs compétences en algèbre » (ibid., p. 37).

L'item de la figure 3.21 est décrit par l'explication de « l'effet produit sur la valeur du résultat, lorsqu'on double une variable dans une formule, sachant que toutes les autres variables restent constantes » (ibid.). Dans la figure 3.20, on observe que l'item Q1 de l'unité *Débit d'une perfusion* (code PM903Q01) a été classé selon les axes du PER dans *Fonctions et algèbre* et *Communication*. Dans le classement de PISA, cet item fait partie de *Variations et relations* et *Employer*.

Figure 3.21 – Item PISA 2012 du domaine Variations et relations

DÉBIT D'UNE PERFUSION

Les perfusions intraveineuses servent à administrer des liquides et des médicaments aux patients.



Les infirmières doivent calculer le débit D d'une perfusion en gouttes par minute.

Elles utilisent la formule $D = \frac{dv}{60n}$ où

d est le facteur d'écoulement en gouttes par millilitre (ml)

v est le volume (en ml) de la perfusion

n est le nombre d'heures que doit durer la perfusion.

Question 1 : DÉBIT D'UNE PERFUSION

PM903Q01 – 0 1 2 9

Une infirmière veut doubler la durée d'une perfusion.

Décrivez avec précision la façon dont D change si n est doublé et si d et v ne changent pas.

.....

.....

.....

3.4.6 Synthèse de la répartition des items dans les axes du PER

Les principales correspondances observées entre les catégories de contenu du test PISA de mathématiques et les axes thématiques du PER de mathématiques sont indiquées dans un tableau de synthèse (figure 3.22).

Figure 3.22 – Correspondance entre les domaines de contenu dans le test PISA de mathématiques et les axes thématiques du PER

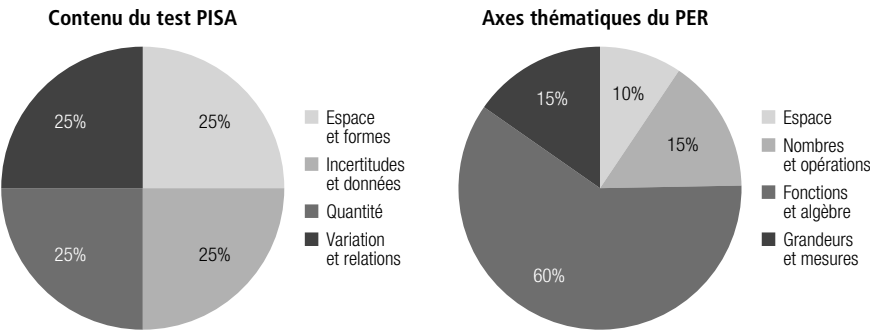
Domaines de contenu dans le test PISA de mathématiques	Axes thématiques du PER			
	Espace (M31)	Nombres et opérations (M32)	Fonctions et algèbre (M33)	Grandeurs et mesures (M34)
Espace et formes (21 items)	7		2	13
Incertitude et données (21 items)		3	18	
Quantité (21 items)		9	13	
Variations et relations (21 items)	1	1	20	
Total (84 items)	8	13	53	13

N.B. Le total de la ligne est parfois supérieur au nombre total d'items prévus dans le test PISA, quelques items ayant été classés dans deux axes thématiques distincts.

Il apparaît que le domaine *Espace et formes* du test PISA correspond dans une grande mesure à l'axe thématique *Grandeurs et mesures* (M 34) et dans une moindre mesure à l'axe *Espace* (M 31). Les domaines *Incertitude et données* et *Variations et relations* de PISA correspondent presque entièrement tous les deux à un seul axe thématique, *Fonctions et algèbre* (M 33). Quant au domaine *Quantité* de PISA, il correspond dans une grande mesure à l'axe thématique *Fonctions et algèbre*, et dans une moindre mesure à l'axe *Nombres et opérations* (M 32).

L'analyse du classement d'items permet de situer le domaine de connaissances mathématiques des axes du PER qui sont impliqués dans les réponses aux items. L'axe *Fonctions et algèbre* est le domaine de connaissances le plus impliqué; 51 items de l'enquête PISA 2012 ont été classés dans cet axe, ce qui représente un grand nombre comparé au nombre reçu par chacun des autres axes: 12 items de l'axe *Grandeurs et mesures* (M 34), 12 de l'axe *Nombres et opérations* (M 32) et 7 de l'axe *Espace* (M 31). Dans la figure 3.23, la partie de droite permet de visualiser le pourcentage d'items pour lesquels des connaissances mathématiques exprimées dans chaque axe du PER sont nécessaires pour répondre à la question.

Figure 3.23 – Répartition des items selon les domaines de contenu du test PISA et selon les axes thématiques du PER



On constate que les deux classements sont différents. Les 84 items de l'enquête PISA 2012 sont répartis uniformément selon les quatre catégories de contenu de PISA (21 items dans chaque catégorie). À chaque contenu de PISA correspond 25% d'items. Par contre, les items ne se répartissent pas uniformément dans les catégories

des axes thématiques M 31 à M 34 du PER. *Fonctions et algèbre* (M 33) comporte 60% des items, *Nombres et opérations* (M 32) et *Grandeurs et mesures* (M 34) 15% chacun, et *Espace* (M 31) 10%.

Au total, les axes thématiques du PER sont inégalement représentés dans le test PISA, comme on peut le voir dans la figure 3.20. Un axe thématique, *Fonctions et algèbre* (M 33), est surreprésenté dans le test PISA, les trois autres étant sous-représentés. En particulier, très peu d'items PISA visent les compétences de l'axe *Espace* (M 31).

La répartition des items du test PISA entre les catégories de processus définies dans l'axe *Modélisation* est plus déséquilibrée. Les trois processus mathématiques définis dans PISA se répartissent majoritairement entre *Mise en relation des données* et *Utilisation des outils mathématiques*.

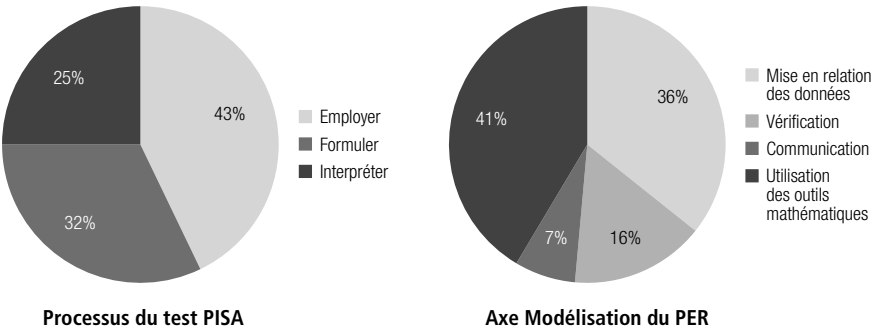
Figure 3.24 – Répartition des items selon les processus du test PISA et selon l'axe *Modélisation*

Catégories de processus dans le test PISA de mathématiques	Catégories de processus dans l'axe « modélisation » du Plan d'études romand au cycle 3			
	Mise en relation des données	Vérification	Communication	Utilisation des outils mathématiques
Employer (36 items)	8	6	3	14
Formuler (27 items)	9	2		13
Interpréter (21 items)	8	3	2	3
Total (84 items)	25	11	5	30

N.B. Le total de la ligne est inférieur au nombre total d'items dans le test PISA, plusieurs items étant considérés comme relevant d'un autre processus de modélisation ou n'impliquant aucun processus de modélisation.

La *Mise en relation des données* implique le tri et l'organisation des informations, la mobilisation des représentations graphiques (liste, schémas, croquis, codes, tableaux, graphiques, etc.) et le recours à des modèles existants. L'*Utilisation des outils mathématiques* se réfère, quant à elle, à l'utilisation par exemple des propriétés des nombres et des opérations ou le choix de l'outil de calcul le mieux adapté à la situation. Les processus de *Vérification* et de *Communication* ont été moins identifiés.

Figure 3.25 – Répartition des items selon les processus du test PISA et selon l'axe *Modélisation* du PER



Les deux répartitions d'items sont différentes. On remarque que le processus de PISA *employer* compte 43% d'items et *Utilisation des outils mathématiques* du PER, 41% ; *formuler* comporte 32% d'items et *Mise en relation des données* du PER 36%. *Interpréter* est le processus qui compte le plus petit nombre d'items à PISA : seulement 25%. *Communication* (7%) et *Vérifications* (16%) sont les processus du PER les moins choisis par les experts.

3.5 Conclusion

Depuis l'adoption en 2010 du PER par la CIIP, celui-ci est devenu le cadre déterminant les objectifs d'apprentissage et les visées éducatives pour les mathématiques en Suisse romande. En attendant un accord des cantons romands sur les EPROCOM, le test PISA est un test administré par tous les cantons et qui peut informer sur le PER. Nous avons voulu savoir si tel est vraiment le cas en comparant le PER avec le cadre théorique de PISA et la classification des items. Nous avons constaté que le but et la structure du PER sont différents de ceux de PISA. Cependant, il est possible de classer les items selon les axes du PER en considérant le contenu mathématique dominant pour chaque item. Nous pouvons relever une certaine disparité quant au nombre d'items de chaque dimension de contenu de PISA par axe, et quant à la répartition des items selon les axes du PER.

L'analyse a priori et la comparaison entre la structure du PER et le cadre théorique de PISA montrent une ressemblance entre les contenus mathématiques qui constituent les items de PISA et ceux des axes thématiques du PER, une similitude entre certains des processus du PER et les facultés mathématiques constituant les processus de PISA, et une différence entre les axes du PER et les catégories des sous-échelles de PISA. Les contenus mathématiques de chaque axe du PER se retrouvent dans la liste des contenus mathématiques de PISA ; cependant, la structure du PER réunit sur un axe des contenus de même nature mathématique, tandis que chaque sous-échelle de contenu de PISA regroupe des contenus mathématiques différents.

L'axe *Modélisation* contient divers processus pouvant être assimilés à certaines des facultés mathématiques, mais de façon très superficielle.

Le classement, par des experts, d'items du test PISA dans les axes thématiques du PER de mathématiques permet de mettre en évidence une correspondance partielle entre les standards de contenu des deux référentiels. Un axe thématique, Fonctions et algèbre, est surreprésenté, les trois autres étant du coup sous-représentés. L'axe thématique Espace est le moins bien représenté dans le test PISA, car son contenu se confond souvent avec celui de l'axe *Grandeurs et mesures* qui est plus représenté.

Les conclusions pour l'axe *Modélisation* sont à prendre avec modération, étant donné que les catégories établies n'ont pas permis aux experts de trouver un accord, ceci parce que la modélisation n'est pas catégorisée dans le PER. Elle est constituée d'une liste des processus que nous avons organisés autour de nos catégories. L'axe *Modélisation*, par son aspect transversal, à cheval entre les mathématiques et les sciences de la nature, n'a pas le même statut que les autres quatre axes thématiques du PER. Il décrit des processus mathématiques quand les autres axes représentent des contenus mathématiques.

Deux processus mathématiques définis dans l'axe *Modélisation* sont les plus représentés dans le test PISA : *Utilisation des outils mathématiques* et *Mise en relations des données*. Le processus *Vérification* est sous-représenté, le processus *Communication* encore plus.

Suite au classement des items par les experts dans les axes du PER, on retient que :

- les résultats de la sous-échelle *Espace et formes* informent majoritairement par rapport à l'axe *Grandeurs et mesures* et dans une moindre mesure par rapport à l'axe *Espace* ;
- les résultats de la sous-échelle *Incertitude et données* informent sur l'axe *Fonctions et algèbre* et très faiblement sur *Nombre et opérations* ;
- les résultats de la sous-échelle *Quantité* informent sur les axes *Fonctions et algèbre* et *Nombres et opérations* ;
- les résultats de la sous-échelle *Variations et relations* informent sur l'axe *Fonction et algèbre* ;
- les résultats des sous-échelles de processus informent clairement sur l'utilisation des outils mathématiques et la mise en relation des données dans la résolution des problèmes et moins sur les autres.

En conclusion, l'enquête PISA concentre majoritairement son regard sur l'axe *Fonctions et algèbre* du PER, et très faiblement sur les trois autres axes thématiques. Quant aux processus, PISA se centre principalement sur l'utilisation des outils mathématiques dans la résolution des problèmes (l'utilisation du langage algébrique, l'utilisation des propriétés des figures et des grandeurs, la mise en lien des données telles que le tri et l'organisation des informations, la mobilisation des représentations graphiques et le recours à des modèles existants, etc.).

Synthèse et conclusion

L'enquête PISA fournit une masse très importante d'informations sur les performances des élèves et le contexte familial, social et scolaire dans lequel elles sont réalisées. En Suisse romande, les quatre premières enquêtes réalisées tous les trois ans entre 2000 et 2012 ont permis d'avoir ce type d'information au niveau de chaque canton de la région. Bien évidemment, l'enquête PISA vise, par la comparaison des systèmes scolaires à l'aune d'une mesure des compétences en termes de culture mathématique à mieux connaître et comprendre les différents systèmes scolaires. La Suisse, qui ne disposait pas (encore) d'instruments nationaux ou régionaux, a utilisé ce dispositif pour faire ce travail au niveau des régions et d'un certain nombre de cantons volontaires. En Suisse romande, il a été décidé que tous les cantons participeraient à l'enquête avec un échantillon cantonal afin de disposer d'information pour l'ensemble des cantons de la région.

L'enquête PISA ne vise pas prioritairement à évaluer ce qui est enseigné en classe. En effet, « [l'enquête PISA] va au-delà des acquis purement scolaires et se concentre sur la mise en œuvre des savoirs et savoir-faire dans des tâches et des défis quotidiens, que ce soit en famille ou dans le monde du travail. » (OCDE, 2013b, p.13). Cependant, on peut penser que ce qui est appris dans le cadre de l'école notamment à travers les programmes qui sont proposés aux élèves contribue, même fortement, à la construction des connaissances et des compétences des élèves. On peut même penser que le rôle de l'enseignement scolaire est particulièrement important dans le domaine des mathématiques. Il a nous semblé dès lors intéressant d'utiliser les données de l'enquête PISA pour éclairer cette problématique.

Des réformes qui améliorent la cohérence de l'enseignement des mathématiques

Dans ce rapport, on s'est intéressé plus particulièrement à ce que les résultats de PISA peuvent apporter à notre compréhension de l'évolution de l'enseignement des mathématiques et les compétences des élèves dans ce domaine en Suisse romande. Les réformes successives de l'enseignement des mathématiques mises en place au niveau régional ont pu être mises en relation avec les résultats des enquêtes PISA 2003 et 2012 dont le thème principal était les mathématiques. Les élèves qui ont passé le test PISA 2003 n'ont pas bénéficié d'un enseignement renouvelé des mathématiques durant leurs trois années du secondaire I alors que les élèves ayant passé le test PISA en 2012 ont bénéficié de la réforme de 1997. Le chapitre I a permis de mettre en évidence en s'appuyant sur les réponses des élèves au questionnaire 2012 deux points forts: premièrement, dans l'ensemble des cantons les contenus et les méthodes d'enseignement des mathématiques se sont standardisés et deuxièmement, la majorité des élèves romands ont indiqué avoir eu suffisamment d'occasions d'apprendre à résoudre les différents types de problèmes de mathématiques formelles et appliquées. Deux points faibles ont également été identifiés. Les élèves estiment ne pas avoir assez appris pour ce qui concerne plus de la moitié des concepts mathéma-

tiques qui leur ont été présentés. Par ailleurs, les inégalités en possibilités d'apprentissage entre les filières prégyrnasiales et les non prégyrnasiales restent un point faible de la mise en œuvre du curriculum romand de mathématiques des années 2000.

Les observations ci-dessus s'appuient sur les déclarations des élèves sur ce qu'ils perçoivent de l'enseignement qu'ils ont suivi. On peut également se demander si ces éléments se retrouvent lorsqu'on analyse les résultats des élèves en mathématiques à PISA 2003 et 2012.

Un fléchissement des compétences sur certains aspects des mathématiques

L'évolution des résultats moyens à PISA entre les enquêtes 2003 et 2012 montre, derrière une stabilité sur l'ensemble de la Suisse romande, une tendance à la baisse du niveau de compétences des élèves dans plusieurs cantons, principalement dans deux domaines de contenus: *Quantité* d'une part, *Variations et relations* d'autre part. Cette tendance à la baisse peut toucher, soit les élèves performants, soit les élèves faibles ou les deux selon les cantons concernés.

De plus, cette baisse nous interroge car elle touche particulièrement les élèves qui fréquentent les filières les moins exigeantes. On pourrait mettre cette observation en relation avec les inégalités en possibilités d'apprentissage constatées entre filières prégyrnasiales et non prégyrnasiales mentionnées ci-dessus. Par ailleurs, deux indices du contexte dans lequel se déroule l'enseignement des mathématiques attirent notre attention. En effet, entre 2003 et 2012, on observe globalement une baisse de l'intérêt pour les mathématiques et une augmentation de l'anxiété vis-à-vis de cette discipline. En particulier, on notera que cette anxiété vis-à-vis des mathématiques est très liée avec les performances des élèves. (Nidegger, 2014).

Une correspondance partielle entre PISA et le PER

Il faut toutefois souligner que le PER et PISA n'ont pas les mêmes objectifs. Le PER est un plan d'étude régional réalisé dans le cadre des processus d'harmonisation de la scolarité obligatoire au niveau national. De plus, le PER ne contient pas d'éléments visant l'évaluation des élèves. De leur côté, les tests PISA sont destinés à mesurer les compétences des jeunes dans des situations de la vie quotidienne plutôt qu'à évaluer le degré de maîtrise d'éléments d'un curriculum national ou régional en particulier.

Cependant, l'analyse a priori et la comparaison entre la structure du PER et le cadre théorique de PISA montrent une ressemblance entre les contenus mathématiques qui constituent les items et ceux des axes thématiques du PER, une similitude entre certains des processus du PER et les facultés mathématiques constituant les processus de PISA mais une différence entre les axes du PER et les catégories des sous-échelles de PISA.

En plus, nous avons demandé à un groupe d'experts de classer les items du test PISA dans les axes thématiques du plan d'études romand de mathématiques. Ceci a permis de mettre en évidence une correspondance partielle entre les standards de contenu des deux référentiels. Un axe thématique, *Fonctions et algèbre*, est surreprésenté, les trois autres étant du coup sous-représentés. L'axe thématique *Espace* est le moins bien

représenté dans le test PISA car son contenu se confond souvent avec celui de l'axe *Grandeurs et mesures* qui est le plus représenté. Pour ce qui concerne les processus, on constate que PISA se centre principalement sur l'utilisation des outils mathématiques dans la résolution des problèmes.

En nous reportant à l'analyse des résultats de PISA 2012 présentée dans le deuxième chapitre, nous pouvons constater que les élèves sont moins performants surtout dans deux axes du PER *Fonctions et algèbre* d'une part et *Nombres et opérations* d'autre part. Cette performance moindre des élèves pourrait signifier que le curriculum de 1997 accorde moins d'importance qu'auparavant aux domaines correspondant aux deux axes du PER.

Une articulation à construire entre PER et instruments d'évaluation des acquis des élèves

Au terme de ce rapport, l'utilisation des données de PISA avec le prisme du PER nous interroge sur l'articulation entre plan d'études et instruments d'évaluation des acquis des élèves. Les deux dispositifs s'appuient sur une conception de l'enseignement et de son évaluation centrée sur les compétences. On peut s'interroger sur le fait que les items du test PISA, du point de vue de notre groupe d'experts, se concentrent seulement sur une partie des axes du PER alors que ce test, tout comme le PER, est censé couvrir une large gamme de compétences. En effet, nous avons vu que les élèves ayant participé à l'enquête PISA disent ne pas avoir suffisamment appris la moitié des concepts proposés. On peut donc se demander si les élèves ont bien été exposés à l'ensemble du curriculum attendu ou si les items proposés pour l'évaluation des élèves recouvrent tous les éléments du curriculum.

Le PER constitue une référence nouvelle pour l'ensemble des acteurs de l'éducation, sa mise en place et le développement en cours de moyens d'enseignement romands changent la donne et devrait inciter également à une adaptation des outils d'évaluation des acquis des élèves existant dans les différents cantons notamment ceux ayant pour but la régulation des systèmes scolaires ou le monitoring. Cette adaptation peut être l'occasion de prendre en compte l'apport d'instruments développés dans le cadre de PISA ou de l'évaluation de l'atteinte des compétences fondamentales nationales (standards HarmoS).

Les outils d'évaluation, par exemple les épreuves communes réalisées dans les différents cantons, sont construits selon un dispositif et une démarche utilisés lorsque les anciens plans d'études cantonaux étaient encore en vigueur. Par ailleurs, notre étude met en évidence le fait que, si les items de PISA ne recouvrent qu'une partie des axes du PER, l'évolution des résultats de PISA montre un fléchissement des performances des élèves en particulier sur ce qui correspond à l'axe *Fonctions et algèbre* du PER. On pourrait dès lors se demander si tous les axes du PER sont équitablement représentés dans l'enseignement dispensé aux élèves et si les épreuves communes utilisées dans les cantons évaluent bien tous les axes du PER. L'évaluation de l'atteinte des compétences fondamentales en mathématiques en 11^e année, en cours de réalisation actuellement, pourrait apporter également un éclairage intéressant sur les différents aspects de compétences fondamentales, dont le PER est l'outil donnant, au niveau régional, aux élèves les moyens de les atteindre.

Quelle évaluation pour quel enseignement ?

Les considérations ci-dessus nous amènent à nous poser plus généralement la question des relations complexes et délicates entre enseignement et évaluation et en particulier, l'évaluation dans un but de monitoring des systèmes scolaires. En effet, il est souvent difficile de réaliser des épreuves permettant de mesurer de manière fiable l'ensemble des compétences visées d'un programme d'enseignement dans un temps de test raisonnable. Cela nécessite souvent de trouver des compromis entre l'étendue du champ visé et la durée de l'épreuve. De plus, certains aspects des compétences comme par exemple, l'évaluation de la modélisation ou de compétences complexes restent un problème certainement pas encore entièrement résolu même si des propositions ont déjà été formulées au niveau régional (Marc & Wirthner, 2013).

Dans ce rapport, nous avons tenté d'apporter des regards croisés entre l'enseignement des mathématiques et les résultats de l'enquête PISA. Les objets peuvent paraître au départ assez éloignés mais leur mise en relation contribue à mieux cerner à la fois leur cohérence et leurs spécificités.

Bibliographie

- Antonietti, J.-P. (éd.). (2003). *Évaluation des compétences en mathématiques en fin de 2^e année primaire: résultats de la première phase de l'enquête Mathéval*. Neuchâtel: IRDP.
- Antonietti, J.-P. (éd.). (2005). *Évaluation des compétences en mathématiques en fin de 4^e année primaire: résultats de la deuxième phase de l'enquête Mathéval*. Neuchâtel: IRDP.
- Bodin, A. (2006). Ce qui est vraiment évalué par PISA en mathématiques. Ce qui ne l'est pas: un point de vue français. *Bulletin de l'APMEP*, 463, 240-265.
- Calame, J.-A. (1995). *Math 5-6 ... pas si mal!: évaluation des moyens d'enseignement de mathématiques*. Neuchâtel: IRDP.
- Carulla, C., Moreau, J. & Nidegger, C. (2014). Compétences en mathématiques et enseignement des mathématiques. In Consortium PISA.ch, *PISA 2012: études thématiques* (pp. 33-48). Berne: CDIP.
- Carulla, C., Corti, D., Kassam, S. & Ruiz-Primo, M.A. (2015). Outil pour la caractérisation d'items mathématiques pour des épreuves à grande échelle. In P. Detroz & O. Borsu (éds), *Actes du colloque de l'ADMEE Europe «L'évaluation à la lumière des contextes et des disciplines»* (pp. 219-222). Liège: Université de Liège. [En ligne]: http://admee2015.sciencesconf.org/conference/admee2015/admee15_Actes_du_colloque4incp.pdf (page consultée le 9 septembre 2016).
- Chastellain, M. (1998). Moyens d'enseignement mathématiques 5^e-6^e: un toilettage au service de la cohérence. *Math-Ecole*, 184.
- Chastellain, M., Calame, J.-A. & Brêchet, M. (2003). *Mathématiques 7-8-9*. Lausanne: Éditions LEP.
- CIIP. (2010). *Plan d'études romand (PER)*. Neuchâtel: CIIP. [En ligne]: <http://www.plan-detudes.ch/> (page consultée le 13 mars 2015).
- CIIP. (2014). *Rapport de la CIIP relatif à la mise en œuvre de la Convention scolaire romande (CSR): à l'intention de la commission interparlementaire de contrôle de la CSR: année 2013*. Neuchâtel: CIIP. [En ligne]: <http://www.ciip.ch/documents/showFile.asp?ID=5868> (page consultée le 12 mars 2015).
- CIIP. (2015). *Rapport de la CIIP relatif à la mise en œuvre de la Convention scolaire romande (CSR): état de situation et bilan 2015*. Neuchâtel: CIIP. [En ligne]: <http://www.ciip.ch/documents/showFile.asp?ID=7331> (page consultée le 9 septembre 2016).
- Conférence intercantonale de l'instruction publique de la Suisse romande et du Tessin (CIIP/SR+Ti). (1997). *Plan d'études romand de mathématiques: degrés 1-6*. Neuchâtel: Commission romande des moyens d'enseignement (COROME).
- Consortium PISA.ch. (2014). *PISA 2012: études thématiques*. Berne: SEFRI/CDIP; Neuchâtel: Consortium PISA.ch.
- De Landsheere, G. (1992). *Dictionnaire de l'évaluation et de la recherche en éducation*. Paris: Presses universitaires de France.
- Forquin, J.C. (2008). *Sociologie du curriculum*. Rennes: Presses universitaires de Rennes.

- Guignard, N. & Antonietti, J.-P. (2005). Les résultats des élèves en mathématiques. In Ch. Nidegger (éd.), *PISA 2003 : compétences des jeunes Romands : résultats de la seconde enquête PISA auprès des élèves de 9^e année* (pp. 111-133). Neuchâtel : IRDP.
- IRDP. (2010). Mathématiques 7-8-9 : évaluation des moyens romands de mathématiques 7-8-9 : l'enquête auprès des enseignants. *Le Point sur la recherche, janvier*.
- Marc, V. & Wirthner, M. (2013). *Développement d'un modèle d'évaluation adapté au PER : rapport scientifique du projet d'épreuves romandes communes*. Neuchâtel : IRDP. [En ligne] : http://publications.irdp.relation.ch/ftp/1368438968epreuves_romandes_communes_bouquin.pdf (page consultée le 13 mars 2015).
- Nidegger, C. (éd.). (2014). *PISA 2012 : compétences des jeunes romands : résultats de la cinquième enquête PISA auprès des élèves de fin de scolarité obligatoire*. Neuchâtel : IRDP.
- Nidegger, C., Moreau, J. & Gingins, F. (2009). Compétences des élèves en sciences : apports de PISA et d'Harmos. In U. Moser, D. Angelone, C. Brühwiler, P. KisFred, G. Buccheri, M. Mariotta, C. Nidegger, J. Moreau & F. Gingins (éds), *PISA 2006 : études sur les compétences en sciences : rôle de l'enseignement, facteurs déterminant les choix professionnels, comparaison des modèles de compétences* (pp. 93-120). Neuchâtel : OFS.
- OCDE. (2013a). PISA and the U.S. Common Core State Standards for Mathematics. In OECD, *Strong performers and successful reformers in education : lessons from PISA 2012 for the United States* (pp. 77-93). Paris : OECD Publishing.
- OCDE. (2013b). *Cadre d'évaluation et d'analyse du cycle PISA 2012 : compétences en mathématiques, en compréhension de l'écrit, en sciences, en résolution de problèmes et en matières financières*. Paris : OCDE. [En ligne] : http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Cadre%20d'%C3%A9valuation%20PISA%202012%20e-book_FR.pdf (page consultée le 13 mars 2015).
- OCDE. (2013c). *PISA 2012 released mathematics items*. Paris : OCDE. [En ligne] : <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/PISA%202012%20released%20items%20FRE.pdf> (page consultée le 9 septembre 2016).
- OCDE. (2014). *Résultats du PISA 2012. Vol. 1 : Savoirs et savoir-faire des élèves : performance des élèves en mathématiques, en compréhension de l'écrit et en sciences*. Paris : OCDE. [En ligne] : <http://dx.doi.org/10.1787/9789264208827-fr> (page consultée le 9 septembre 2016).
- Perret, J.-F. (1984). Mais pourquoi fallait-il donc modifier les moyens d'enseignement « Mathématique 5^e année » ? *Math-Ecole*, 113.
- Perret, J.-F. (1988). *Connaissances mathématiques à l'école primaire : présentation et synthèse d'une évaluation romande : fascicule introductif*. Berne : Lang.
- Pochon, L.-O. & Vermot, B. (2010). *Math789-eval : résultats de l'enquête auprès des enseignants de mathématiques : premières tendances*. Neuchâtel : IRDP.
- Tièche Christinat, C. & Delémont, M. (2005). *Pratiques et discours : le nouvel enseignement des mathématiques 1P-4P sous la loupe*. Neuchâtel : IRDP.
- Weiss, L. & Emery, A. (2007). *Enquête à propos des moyens d'enseignement romands de mathématiques*. Genève : Développement et innovation pédagogique au cycle d'orientation.

Initiée en 1972 par la *Commission intercantonale romande pour la coordination de l'enseignement* (CIRCE), l'harmonisation de l'enseignement obligatoire en Suisse romande a été réalisée dans le domaine des mathématiques où deux réformes curriculaires ont été menées avec succès, avant la mise en place des plans d'études et moyens d'enseignement romands (PER et MER) actuels. La première réforme progressive de l'enseignement des mathématiques à partir de 1973 concerne surtout les degrés 1 à 6 ; la deuxième, dont l'enjeu principal est l'introduction de nouveaux moyens à partir de 1997, s'étend à tous les degrés du primaire et du secondaire obligatoire.

Dans quelle mesure le niveau de compétences des élèves a-t-il évolué d'une réforme à l'autre ? La présente étude, se basant sur les données des enquêtes PISA de 2003 et 2012, renseigne sur cette question. En effet, les élèves testés en 2012 ont bénéficié de la réforme des plans d'études et des moyens d'enseignement mis en place à partir de 1997, alors que leurs aînés testés en 2003 avaient évolué dans le cadre du curriculum antérieur. Il s'avère que le niveau global des élèves romands est resté stable entre 2003 et 2012. Toutefois, une tendance à la baisse est observée dans certains domaines de compétences.

En complément à l'analyse comparée des résultats des élèves, l'étude explore la piste du référentiel d'évaluation envisageable dans le cadre du PER. Grâce au travail d'experts qui ont classé les items du test PISA de mathématiques en 2012, une comparaison entre les quatre domaines de contenu de celui-ci (*Espace et formes, Incertitude et données, Quantité, Variations et relations*) et les axes thématiques du PER (*Espace, Nombres et opérations, Fonctions et algèbre, Grandeurs et mesures*) a mis en évidence une correspondance partielle entre les deux cadres de référence. Le décalage est en revanche important entre les catégories de processus dans le test PISA et celles correspondant à l'axe modélisation dans le plan d'études romand de mathématiques.



Service
de la recherche
en éducation

