

DESIGN CURRICULAIRE ET CONTRAT SOCIAL DANS L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES EN SUISSE ROMANDE

*Une étude de cas dans le cadre des tables rondes EMF2012 –Evolutions curriculaires
récentes dans l'enseignement des mathématiques de l'espace francophone*

Michel CORAY*

Aujourd'hui, il passe même pour provocateur de parler d'une école romande. L'expression ne figure dans aucun texte officiel. L'école est cantonale. Seule la coordination est romande, et on ne l'accepte à condition qu'elle ne porte pas le moindre ombrage à la sacro-sainte autonomie des cantons. Sous couvert de génie propre et de fédéralisme, on fait la part belle aux conservatismes, immobilismes et égoïsmes de tout poil. (Perrenoud 1994, p. 30)

Dans cet article je vais présenter dans une première partie le design curriculaire suisse qui prend place dans un contexte d'harmonisation de la structure du système scolaire Suisse, harmonisation qui a pris une forme plus poussée en Suisse romande avec la création d'un plan d'études commun aux cantons romands. Je ferai un détour par le canton de Genève en cela qu'un des éléments de son curriculum peut être vu comme une source possible d'influence pour un point particulier du plan d'étude romand, le PER. Après avoir présenté le processus de conception et d'élaboration de ce dernier, je vais détailler sa structure et ses particularités avant de décrire son implémentation et accompagnement dans le canton de Genève, car, fédéralisme oblige, chaque canton romand peut agir comme il souhaite. Je terminerai cet article par quelques propos sur la régulation du PER pour conclure cette première partie par un rappel de ce que j'ai pu identifier comme indicateurs de changement de contrat social au travers de ces éléments de design curriculaire.

Dans une seconde partie je vais présenter un point particulier du PER, l'axe thématique de la modélisation qui articule les deux parties du domaine mathématiques et sciences de la nature. La présence et la place de cet axe sont des indicateurs d'une évolution du contrat social au sein de notre plan d'études.

I. PREMIÈRE PARTIE – DESIGN CURRICULAIRE

1. D'une perspective cantonale à une vision romande de la formation des élèves de l'école obligatoire

En guise de préambule précisons que la Suisse est une confédération et que chaque canton possède son département de l'instruction publique (DIP) qui gère les cursus scolaires. Il n'y a pas de centralisation étatique comme on pourrait en trouver en France par exemple, bien que la question de savoir qui doit prendre en charge l'instruction publique se pose depuis la création de notre état fédéral en 1848. En 1882 une proposition de loi fédérale créant notamment un secrétaire fédéral aux écoles primaires est refusée par les deux tiers des votants, craignant ainsi une perte d'autonomie des cantons. En 1969 une initiative populaire « Pour la coordination scolaire » incite le Conseil fédéral à proposer des articles

* ForEnSec, Université de Genève – Suisse – michel.coray@unige.ch

constitutionnels lui donnant notamment des compétences en matière de coordination scolaire ; cette initiative ne verra pas le jour, la majorité des cantons lui ayant fait défaut¹.

Néanmoins, la volonté de coordonner l'école et les plans d'études en particulier afin de favoriser la mobilité des familles, existe en Suisse romande (partie francophone de la Suisse), puisque la Conférence intercantonale de l'instruction publique de la Suisse romande et du Tessin² (CIIP) a adopté en 1972 un premier plan d'études commun pour les degrés 3 à 6³, suivi en 1979 par un plan semblable pour les degrés 7 et 8, puis en 1986 pour les degrés 9 à 11. Les structures scolaires différant d'un canton à l'autre, la Suisse romande n'a adopté qu'un programme cadre, laissant une marge de manœuvre aux cantons en fonctions de la nature et du niveau de leurs filières. Ce programme cadre, proposé par la commission intercantonale romande pour la coordination de l'enseignement (CIRCE), constitue ainsi un squelette sur lequel chacun des cantons va déposer de la chair correspondant à ses attentes propres et particularités ; il regroupe des objectifs généraux et particuliers, regroupés en aptitudes à développer et en savoirs à opérationnaliser.

Ce plan d'études est resté en vigueur, moyennant, comme mentionné plus haut, des adaptations cantonales, pendant près de vingt ans.

Dès 2000 les enquêtes internationales (TIMSS et plus particulièrement PISA) ont fait éclater au grand jour non seulement les écarts avec les autres pays mais aussi l'extraordinaire diversité des écoles en Suisse et ont remis au goût du jour la nécessité d'harmoniser les pratiques des cantons.

Ainsi, au niveau suisse, le processus d'harmonisation scolaire s'est accéléré le 21 mai 2006 lorsque le peuple et les cantons ont largement accepté en votation populaire la révision des articles constitutionnels (Constitution fédérale art. 62, alinéa 4) portant notamment sur l'harmonisation de l'école publique : âge de l'entrée à l'école, durée, objectifs des niveaux d'enseignement et passage de l'un à l'autre. Il s'est poursuivi par la réalisation de l'accord intercantonal sur l'harmonisation de la scolarité obligatoire (accord HarmoS), entré en vigueur le 1er août 2009. Cet accord promeut la qualité de la formation au niveau national, la perméabilité du système et veut favoriser la mobilité des élèves ; il fixe la durée de l'école obligatoire (11 ans), définit les attentes de fin de cycles (4ème, 8ème et 11ème) et vise acquisition et développement de connaissances et de compétences fondamentales et sociales ainsi que le développement de la personnalité autonome des élèves. L'accord définit les domaines d'enseignement au niveau suisse : il va ainsi regrouper mathématiques et sciences de la nature en un seul domaine, ce qui est un indicateur d'évolution du contrat social, ces deux domaines ayant par le passé été traités indépendamment.

Un autre lien avec le contrat social se trouve dans le communiqué du 17.06.2010 de la conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique qui annonce :

Harmoniser ne veut pas dire uniformiser, et encore moins centraliser. HarmoS respecte les particularités de la Suisse : plurilinguisme, souveraineté cantonale et traditions scolaires locales. Seul l'essentiel sera harmonisé à l'échelle nationale.

La souveraineté cantonale est donc un élément à part entière de l'harmonisation romande.

¹ Les modifications de la constitution fédérale sont soumises à la double majorité : il faut non seulement la majorité des votes des citoyens mais aussi que la majorité des cantons y adhère. Dans le cas de cette votation, le peuple l'accepte à 52% mais seul 10,5 sur 22 cantons y adhère.

² Le Tessin, partie italophone de la Suisse, est coordonné avec la partie francophone de la Suisse.

³ Les degrés 1 et 2 (4 à 6 ans) correspondent à l'école enfantine, les degrés 3 à 8 (6 à 12 ans) à l'école primaire, et les degrés 9 à 11 (12–15 ans) au secondaire 1, qui clôt la scolarité obligatoire.

Pour ce qui est de la Romandie, les cantons de Vaud, du Jura, du Valais, de Neuchâtel, de Berne et de Genève ont ratifié (dans l'ordre) ces deux accords (HarmoS et la Convention scolaire romande⁴) entre avril et décembre 2008. Suite à un référendum lancé contre HarmoS par le Forum des parents, le canton de Fribourg s'est prononcé en votation populaire le 7 mars 2010. A 61.09% des voix, il a dit oui à HarmoS.

Au niveau Suisse, dix-huit cantons (dans lesquels vit 80% de la population suisse) ont mené à terme la procédure d'adhésion au concordat HarmoS. Douze cantons (qui représentent 67% de la population) l'ont accepté, six l'ont rejeté. Huit cantons ne se sont pas encore prononcés.

Le délai pour la mise en œuvre du concordat HarmoS – valable également pour les cantons qui adhéreront ultérieurement – est fixé au 31 juillet 2015 (c'est-à-dire au début de l'année scolaire 2015/2016).

La conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique fait remarquer qu'il est important que tous les cantons se prononcent sur HarmoS et que lorsque le délai transitoire fixé pour la mise en œuvre du concordat HarmoS arrivera à échéance, il conviendra de faire le point sur la situation et de vérifier où en sont les cantons en ce qui concerne l'harmonisation de la scolarité obligatoire.

En Romandie, la Convention scolaire romande (CSR), adoptée par tous les parlements romands, réalise HarmoS tout en allant plus loin : « une coordination par région linguistique » est devenu « un plan d'étude par région linguistique », comme on peut le voir dans les articles 7 et 8 adoptés le 21.06.07 par la CIIP :

Article 7 : plan d'études romand

La CIIP édicte un plan d'études romand.

Article 8 : contenu du plan d'études romand

Le plan d'études romand définit :

Les objectifs d'enseignement pour chaque degré et pour chaque cycle.

Les proportions respectives des domaines d'études par cycle et pour le degré secondaire 1 en laissant à chaque canton une marge maximale d'appréciation à hauteur de 15% du temps total d'enseignement.

Le plan d'études romand est évolutif. Il se base sur les standards de formation fixés à l'article 7 de l'Accord suisse.

La CSR institue donc un espace romand de la formation, dont l'élément central est l'élaboration d'un plan d'études pour l'ensemble des cantons romands. Si les précédents plans d'études romands ne revêtaient pas à l'époque un caractère contraignant, il en va différemment du futur PER (plan d'études romand) qui constituera un cadre de référence central pour l'école obligatoire. Le plan d'études romand précise en effet en détail les objectifs spécifiques à atteindre en fin de cycle pour l'ensemble de la Romandie, laissant au plus une marge de 15% du temps total d'enseignement à chaque canton alors que le plan d'étude cadre définit par la CIRCE ne faisait somme toute que des propositions.

Nous sommes donc en présence d'un changement de contrat social : HarmoS promeut au niveau Suisse une harmonisation des politiques scolaires et la CSR met en place un plan d'études commun à la Romandie ; ces deux accords mettent de côté pratiquement un siècle de régionalisme.

Le plan d'études romand (PER) est entré en vigueur à la rentrée 2011 pour le début des cycles 2 (5ème, 8-9 ans) et 3 (9ème, 12-13 ans). Couvrant l'ensemble de la scolarité

⁴ La convention scolaire romande, adoptée par la CIIP le 21 juin 2007, a pour but d'instituer et de renforcer l'Espace romand de la formation, en application de l'Accord intercantonal sur l'harmonisation de la scolarité obligatoire.

obligatoire, le PER a une double visée : répondre à la volonté d'harmonisation de l'école publique en déclinant les objectifs d'enseignement dans une perspective globale et cohérente et définir en particulier les attentes fondamentales de fin de cycle en lien avec les standards nationaux de formation. Il va permettre une lisibilité du parcours de l'enseignant au travers des trois cycles pour l'ensemble des domaines disciplinaires et fournir une référence permettant aux professionnels de l'enseignement :

- de situer leur travail dans le cadre du projet global de formation de l'élève ;
- de situer la place et le rôle de leur-s discipline-s dans ce projet global ;
- de visualiser les contenus d'apprentissage ;
- d'organiser leur enseignement ;
- de disposer, pour chaque cycle, d'attentes fondamentales comme aide à la régulation des apprentissages.

Le PER constitue donc un élément déterminant de l'Espace romand de la formation concrétisant les finalités et objectifs de l'école publique, décrivant les tâches d'instruction et d'éducation que l'école publique doit assurer en les déclinant dans le cadre des domaines et disciplines communs à l'ensemble des cantons de Suisse romande.

2. Etude d'un cas particulier : le plan d'études genevois au secondaire 1 (degrés 9, 10 et 11) entre 2000 et 2013

Depuis la rentrée 2011 – 2012 coexistent en classe à Genève deux plans d'études : le PER, introduit en 2011 au degré 9 (voir section précédente) et le PE2000, introduit en 2000 pour les trois degrés et actuellement encore en vigueur pour les degrés 10 et 11, le PER devant couvrir l'ensemble du secondaire 1 d'ici la rentrée 2013 – 2014.

Dans ce deuxième paragraphe nous nous pencherons sur le curriculum de mathématiques issu du PE2000 car il a marqué son époque d'une avancée majeure en termes d'apports didactiques, apports qui ont été repris peu ou prou dans le PER comme nous le verrons dans le paragraphe 3.

Au début des années 90, le département de l'instruction publique genevoise (DIP), au travers de la direction générale du secondaire 1, mandate un groupe de réflexion constitué de représentants des disciplines enseignées dans les degrés 9 à 11 et de représentants des établissements (maîtres choisis par leurs pairs et la direction de l'établissement) et appelé à travailler sur la formation équilibrée des élèves, la « FEE », sur la base de la question suivante : que mettre en place afin de répondre au mieux à la loi sur l'instruction publique genevoise (LIP art. 4, 1977) :

Art. 4 Objectifs de l'école publique

L'enseignement public a pour but, dans le respect de la personnalité de chacun :

- a) de donner à chaque élève le moyen d'acquérir les meilleures connaissances dans la perspective de ses activités futures et de chercher à susciter chez lui le désir permanent d'apprendre et de se former ;
- b) d'aider chaque élève à développer de manière équilibrée sa personnalité, sa créativité ainsi que ses aptitudes intellectuelles, manuelles, physiques et artistiques ;
- c) de veiller à respecter, dans la mesure des conditions requises, les choix de formation des élèves ;
- d) de préparer chacun à participer à la vie sociale, culturelle, civique, politique et économique du pays, en affermissant le sens des responsabilités, la faculté de discernement et l'indépendance de jugement ;
- e) de rendre chaque élève progressivement conscient de son appartenance au monde qui l'entoure, en éveillant en lui le respect d'autrui, l'esprit de solidarité et de coopération et l'attachement aux objectifs du développement durable ;
- f) de tendre à corriger les inégalités de chance de réussite scolaire des élèves dès les premières années de l'école.

Notamment suite aux conclusions du travail de ce groupe de réflexion, les groupes de discipline ont reçu mandat de réécrire leurs plans d'études dans le cadre d'un processus hybride bottom up – top down : des consultations régulières des enseignants, faisant des propositions qui étaient validées par la direction générale du secondaire 1 par délégation du DIP. En mathématiques et en sciences, des avancées notables ont pu être constatées, particulièrement au niveau du travail sur le statut de l'erreur en lien avec les finalités de l'enseignement.

De ces réflexions est né le PE2000, incluant le « Curriculum de mathématiques », ci-dessous désigné uniquement par « Curriculum ». La présidence bicéphale du groupe de mathématiques à ce moment-là⁵, des enseignants chevronnés passionnés par la didactique des mathématiques, a joué un rôle important dans la conception et la structuration de ce Curriculum qui, sur la base du plan d'étude cadre CIRCE de 1986, présentait des avancées notables. Cette présidence a collaboré avec le français Michel Mante de l'IREM de Lyon dans le cadre de l'animation d'une formation continue nommée « Pratique Pédagogique en Mathématiques » ayant touché près des deux tiers des enseignants genevois de mathématiques et qui était destinée, entre autres, à donner des pistes aux enseignants pour la mise en place de situations problèmes et de problèmes ouverts dans leurs classes, répondant en cela au nouveau contrat social lié à la posture de l'enseignant, comme relevé au début du paragraphe 1. De cette collaboration est née l'idée d'un POEM « Principe Organisateur de l'Enseignement-apprentissage des Mathématiques » appliqué au Curriculum : ce POEM liste, pour chaque thème d'enseignement, les obstacles et erreurs caractéristiques, les outils de vérification, les types de problèmes pouvant être soumis aux élèves, les techniques et savoir-faire, les propriétés (en acte et déclaratives) et le vocabulaire et syntaxe (Figure 1). Ces indications didactiques, assorties de commentaires détaillés (annexe 1) sont d'une grande richesse et vont permettre aux enseignants (et plus particulièrement aux enseignants débutants) de faire une analyse préalable des activités élèves et les aider dans la construction de leur séquence d'enseignement sur un thème donné. La liste des obstacles et erreurs caractéristiques permet notamment d'envisager l'introduction d'un thème sous l'angle de la situation problème.

⁵ Chaque discipline du secondaire 1 est représentée auprès de la direction générale par un président de groupe qui est un enseignant élu par l'ensemble des enseignants de la branche qu'il représente. Le président de groupe reçoit une décharge horaire durant son mandat. Il est chargé d'assurer la coordination entre les groupes de sa discipline de chaque établissement scolaire, de mettre sur pied des formations continues destinées aux enseignants de sa discipline et de superviser la mise en place et le suivi des plans d'étude et des moyens d'enseignement.

9^e – Écritures de nombres, puissances et racines, sensibilisation aux irrationnels

Obstacles et erreurs caractéristiques

- théorème-élève : " $a^n \cdot a^m = a^{n \cdot m}$ "
- théorème-élève : " $(a \pm b)^n = a^n \pm b^n$ "
- théorème-élève : " $\sqrt{a \pm b} = \sqrt{a} \pm \sqrt{b}$ "
- théorème-élève : " $\sqrt{\frac{a}{b}} = \frac{a}{2}$ "
- accepter qu'une écriture sous forme d'opérations non effectuées¹ représente un nombre

Outils de vérification

- estimation de l'ordre de grandeur
- retour au sens de la puissance comme multiplication répétée pour un exposant entier ≥ 2
- pour vérifier des racines carrée et cubique, effectuer le carré ou le cube du résultat pour retrouver le radicande

Techniques et savoir-faire

- calculer une puissance avec un exposant entier positif ou nul d'un nombre réel
- appliquer la hiérarchie des opérations (y compris avec des puissances et des racines)
- calculer les racines carrée ou cubique d'un nombre rationnel
- calculer une puissance de 10, d'exposant entier relatif
- exprimer un nombre en écriture scientifique ⑤
- utiliser l'écriture scientifique ⑤
- encadrer une racine
- opérer avec des fractions négatives

Problèmes

B. • comparaison de nombres ou de grandeurs ①

• problèmes d'estimation ②

• problèmes pris dans d'autres domaines ou d'autres disciplines ③

C. • écritures de nombres sous forme d'opérations non effectuées¹ ④

• construction des propriétés des puissances et des racines

Propriétés ⑥

Propriétés en acte et déclaratives

$\sqrt{a^2} = (\sqrt{a})^2 = a$, pour $a \geq 0$; $\sqrt[3]{a^3} = (\sqrt[3]{a})^3 = a$

• propriétés des puissances de même base :

$a^n \cdot a^m = a^{n+m}$, $\frac{a^n}{a^m} = a^{n-m}$, $(a^n)^m = a^{n \cdot m}$, pour n et m entiers ⑦

• puissance d'un produit : $(a \cdot b)^n = a^n \cdot b^n$, pour n entier ⑦

• puissance d'un quotient : $\left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{a^n}{b^n}$, pour $b \neq 0$ et n entier ⑦

• racines carrée et cubique d'un produit :

$\sqrt{a \cdot b} = \sqrt{a} \cdot \sqrt{b}$, pour $a \geq 0$ et $b \geq 0$; $\sqrt[3]{a \cdot b} = \sqrt[3]{a} \cdot \sqrt[3]{b}$

• racines carrée et cubique d'un quotient :

$\frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}} = \sqrt{\frac{a}{b}}$, pour $a \geq 0$ et $b > 0$; $\frac{\sqrt[3]{a}}{\sqrt[3]{b}} = \sqrt[3]{\frac{a}{b}}$, pour $b \neq 0$

Vocabulaire et syntaxe

- puissance, base, exposant, exponentiation, carré, cube
- écriture scientifique
- racine carrée, racine cubique, indice, radicande, extraction de racine
- nombre entier, naturel, relatif, rationnel, irrationnel, réel
- $a^0 = 1$ pour $a \neq 0$
- $a^1 = a$
- $10^{-n} = \frac{1}{10^n}$

Figure 1 - POEM pour le thème Nombres et opérations 11^{ème} Harmos (12-13 ans)

3. La conception et l'élaboration du plan d'études romand

Parallèlement à cette réflexion genevoise et à la conception de son PE2000 s'est développée, comme relaté dans le paragraphe 1, l'idée d'un plan d'étude cadre romand né d'une volonté politique officialisée dans la déclaration de la CIIP du 30.01.2003⁶ relative aux finalités et objectifs de l'école publique, donnant la base légale nécessaire à la création d'un plan d'étude romand. Ce dernier manifeste clairement la volonté des cantons romands d'harmoniser leur enseignement par le biais d'un cadre de référence commun décrivant les contenus et les visées de la formation dispensée par l'école publique.

En 2004, Berne partie francophone reçoit l'injonction institutionnelle de refaire ses plans d'études ; une demande particulière sera que cette réécriture devra être faite par des enseignants du terrain, pouvant toutefois porter une double casquette. Les cantons de l'espace de formation HEP BEJUNE (Haute école pédagogique des cantons de Berne – Jura – Neuchâtel) saisissent l'occasion d'élaborer un plan d'études commun à l'espace BEJUNE permettant aux formateurs d'enseignants de cette HEP de former les enseignants à l'emploi d'un unique plan d'études. Ces cantons sont rapidement rejoints par les autres cantons romands (Valais et Genève en 2006, Vaud en 2007).

Le 20 septembre 2007, suite à l'adoption de la Convention Scolaire et à l'accord HarmoS, la CIIP, avec un comité de pilotage constitué de politiques (conseiller d'état, secrétaires généraux, chefs de service) et de conseillers scientifiques, a décidé de reprendre sous son entière responsabilité et compétence les travaux en cours mandatant l'équipe en place (un groupe de pilotage, une équipe de projet et des rédacteurs constitués d'enseignants, de formateurs et de didacticiens) de poursuivre et finaliser la réalisation du PER.

⁶ http://www.ciip.ch/pages/portrait/fichiers/cp030403_2%20.pdf

En automne 2008 cette première version du PER a été soumise à cinq experts nationaux et internationaux et a été l'objet d'une large consultation auprès des départements de l'instruction publique, des milieux d'enseignants (primaire, secondaire et université), des milieux syndicaux et de parents. De nombreuses remarques, critiques et observations pertinentes ont été émises, mais globalement, le PER a été bien reçu. Ainsi durant l'automne 2009, plus d'une centaine de rédactrices et rédacteurs, enseignant-e-s expérimenté-e-s, conduit par le groupe de pilotage, ont examiné et traité des centaines de demandes de modifications émanant de cette consultation afin de décliner, pour l'ensemble des disciplines communes, les connaissances et compétences que les élèves doivent apprendre et maîtriser tout au long des 11 années de la scolarité obligatoire.

Satisfaite du travail réalisé, la CIIP a adopté la version définitive du PER le 27 mai 2010.

On constate ainsi que le processus d'élaboration du PER est aussi de type bottom up – top down : il obtient ainsi une double légitimité, pratique et politique.

Récapitulatif de la chronologie

- 30.01.2003 Déclaration de la CIIP :: volonté d'harmoniser le système éducatif et les politiques de formation des cantons romands.
- 2004 Début de réflexion romande pour la construction d'un plan d'études romand.
- 21.05.2006 Votation populaire sur l'harmonisation de l'école publique suisse.
- 21.06.2007 La CIIP pose un cadre de référence pour la mise en place de la convention scolaire romande (CSR).
- 20.09.2007 La CIIP prend à sa charge l'élaboration du PER.
- 2008 Large consultation sur une première version du PER.
- 01.08.2009 La CSR entre en vigueur ainsi que l'accord HarmoS.
- Automne 09 Analyse des réactions suite à la consultation de 2008.
- 27.05.2010 La CIIP adopte la version définitive du PER.

4. La structure du plan d'études romand

Le PER contient cinq domaines disciplinaires : langues, mathématiques et sciences de la nature, sciences humaines et sociales, arts, corps et mouvement. Nous pouvons donc constater que les mathématiques sont associées dans ce PER aux sciences de la nature, elles sont articulées entre elles par un axe thématique nouvellement apparu et qui fera l'objet de la seconde partie de ce texte, la modélisation.

Ce regroupement et cette articulation est, comme mentionné plus haut, un indicateur de changement de contrat social, en ce sens où chacun des deux volets de ce domaine enrichi l'autre :

Le domaine Mathématiques et Sciences de la nature, en cohérence avec les finalités et objectifs de l'école publique, mobilise et développe des méthodes de pensée et d'action tout autant qu'un ensemble de concepts, de notions et d'outils. Il fournit à l'élève des instruments intellectuels d'appréhension et de compréhension du réel et d'adaptation à ce dernier [...]. C'est dans ces buts que le domaine choisit de développer la résolution de problèmes et la posture scientifique [...] (extrait des intentions des commentaires généraux)

Les visées prioritaires du cycle 3 pour le domaine Mathématiques et Sciences de la Nature (MSN) sont :

se représenter, problématiser et modéliser des situations et résoudre des problèmes en construisant et en mobilisant des notions, des concepts, des démarches et des raisonnements propres aux mathématiques et aux sciences de la nature dans les champs des phénomènes naturels et techniques, du vivant et de l'environnement, ainsi que des nombres et de l'espace.

Pour chaque domaine et pour les disciplines qui en font partie, le PER est décliné en trois cycles :

- cycle 1 (degrés 1 à 4 primaires)
- cycle 2 (degrés 5 à 8 primaires)
- cycle 3 (degrés 9 à 11)

La progression des apprentissages est déclinée par demi-cycle (deux années scolaires) pour les cycles primaires et par année scolaire pour le cycle secondaire I.

La structure du PER est la suivante : la partie centrale décrit l'ensemble des contenus d'apprentissage pour chaque domaine et chaque discipline associée. Elle est structurée comme suit :



Figure 2 – Structure du PER

La progression des apprentissages décrit les contenus à aborder en classe et les illustre à l'aide d'exemples d'activités, tout en indiquant leur progression tout au long de la scolarité.

Les attentes fondamentales déclinent les apprentissages dont la maîtrise est essentielle pour poursuivre sa scolarité. Elles doivent être atteintes au cours, mais au plus tard à la fin de chaque cycle (fin 4e, 8e et 11e année).

Au cycle 3, les attentes fondamentales (niveau 1) pour toutes les disciplines sont complétées par deux niveaux d'attentes complémentaires pour les disciplines français, allemand et mathématiques et par un niveau d'attentes complémentaires pour l'anglais, l'histoire, la géographie et les sciences de la nature. Ces niveaux d'attentes constituent des repères complémentaires permettant aux enseignants de situer les élèves sur un parcours de formation ; ils indiquent les notions que doivent maîtriser les élèves afin de pouvoir progresser dans leurs apprentissages.

Les indications pédagogiques proposent au corps enseignant des conseils, remarques et observations utiles à l'enseignement et précisent certains éléments de la progression des apprentissages. Dans le cas des mathématiques elles ne sont pas sans rappeler certains éléments du POEM, en particulier la mention de certains théorèmes-élève ou obstacles et erreurs caractéristiques. En effet, des auteurs du Curriculum genevois faisaient partie des comités d'écriture du PER et ont ainsi pu proposer ces compléments.

Un exemple du domaine nombres et opérations est proposé en figure 3.

NOMBRES ET OPÉRATIONS		NOMBRES ET OPÉRATIONS	
MSN 32 – Poser et résoudre des problèmes pour construire et structurer des représentations des nombres réels... 1. en ordonnant des nombres réels 2. en comparant différentes écritures de nombres et systèmes de numération 3. en découvrant quelques propriétés irrationnelles (p. racine de 2, ...)		4. en mobilisant différentes écritures des nombres (fraction, notation décimale, %) ... 5. en utilisant des propriétés des nombres réels 6. en utilisant différentes procédures de calcul, y compris le calcul mental 7. en organisant les calculs réels à travers les opérations	
MSN 33 – Résoudre des problèmes numériques et algébriques 8. en reconnaissant les caractéristiques mathématiques d'une situation et en la traduisant en écriture numérique ou littérale 9. en observant comment les hommes ont résolu historiquement des problèmes de ce type 10. en utilisant des propriétés des opérations (+, -, x, ; puissance, racine carrée et cubique)		11. en choisissant l'outil de calcul le plus approprié à la situation proposée 12. en mobilisant l'algèbre comme outil de calcul (équations) de preuve ou de généralisation 13. en construisant, en essayant et en utilisant des procédures de calcul (calcul mental, algorithmes, calculatrice, aspects mémoriels) avec des nombres réels 14. en estimant un résultat et en exerçant un regard critique sur le résultat obtenu 15. en mobilisant une situation de proportionnalité 16. en explorant les propriétés de quelques fonctions (linéaire, affine, quadratique, ...)	
Progression des apprentissages 9 ^e année 10 ^e année 11 ^e année		Attentes fondamentales Au cours, mais au plus tard à la fin du cycle, l'élève...	
Calculs Connaissance et utilisation des priorités des opérations (y compris parenthèses) Connaissance et utilisation des propriétés des opérations pour organiser et effectuer des calculs de manière efficace et pour donner des estimations : 1. 2. 3. - addition, soustraction, multiplication, division - puissances (a, b, m et n dans N) : $a^n \cdot a^m = a^{n+m}$ $a^0 = a^1 = a$ $(a^m)^n = a^{m \cdot n}$ $a^n \cdot b^n = (a \cdot b)^n$ - racines carrées (cubiques), y compris extraction d'entiers (a et b dans N) : 1. 2. 3. $\sqrt{a} \cdot \sqrt{b} = \sqrt{a \cdot b}$ $\frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}} = \sqrt{\frac{a}{b}}$ $\sqrt{a^2 \cdot b} = a \cdot \sqrt{b}$ Utilisation de procédures de calcul réfléchi ou de calcul mental avec des : 1. 2. 3. - nombres rationnels positifs sous forme décimale (+, -, , ,) - nombres rationnels sous forme décimale (+, -, , ,) 1. 2. 3. - nombres entiers relatifs de -100 à +100 (+, -, , ,) 1. 2. 3. - nombres entiers relatifs de -100 à +100 (+, -, , ,) 1. 2. 3. - nombres rationnels positifs sous forme fractionnaire (+, -, , ,) 1. 2. 3. - nombres rationnels positifs sous forme fractionnaire (+, -, , ,) 1. 2. 3. - des carrés parfaits pour en extraire la racine Utilisation des algorithmes pour effectuer des calculs de façon efficace avec des : 1. 2. 3. - nombres rationnels positifs, sous forme décimale, inférieurs à 10 000, ayant au plus deux décimales (+, -, , ,) - nombres rationnels positifs sous forme fractionnaire (+, -, , ,) 1. 2. 3. - nombres rationnels positifs sous forme fractionnaire (+, -, , ,) 1. 2. 3. - nombres rationnels positifs sous forme fractionnaire (+, -, , ,) 1. 2. 3.		Indications pédagogiques Ressources, indices, obstacles. Notes personnelles La décomposition additive, soustractive et multiplicative de nombres fait partie des procédures de calcul réfléchi (25-28 peut se faire 25-20+25-8 ou 25-4-7 ou 25-30+25-2) Il faudrait s'efforcer d'invalider de nombreux théorèmes-élève : $\frac{a}{b} = \frac{ab}{b}$ $\frac{a}{b} = \frac{a \cdot c}{b \cdot c}$ $\frac{a}{b} = \frac{a}{b} \cdot \frac{b}{b}$ $\frac{a}{b} = \frac{a}{b} \cdot \frac{b}{b}$ $\sqrt{a^2 \cdot b} = a \cdot \sqrt{b}$ $10^a \cdot 10^b = 10^{a+b}$ $10^a - 10^b = 10^a \cdot K$ Mettre en évidence par des activités les différentes significations des signes + et - : - ils peuvent représenter le signe d'un nombre - ils peuvent représenter des signes opératoires (addition, soustraction) - le signe moins peut également représenter l'opposé d'un nombre : $-(-5) = +5$ Une confusion peut apparaître entre les règles des signes de l'addition et de la multiplication des relatifs après l'enseignement de cette dernière opération	

Figure 3 – pp. 22 et 23 du PER (voir aussi annexe 2)

Le PER est destiné en priorité au corps enseignant, qui devra le mettre en œuvre au quotidien. Pour ce faire, il disposera d'une version papier correspondant à ses besoins (cycles, domaines et disciplines).

De plus, dans le futur, une version informatisée, développée sur une plateforme Internet, proposera de multiples liens vers des ressources et documents utiles à la pratique quotidienne de l'enseignement.

5. Implantation du PER et accompagnement

Dès l'automne 2010 ont eu lieu des présentations du PER, obligatoires pour tous les enseignants du secondaire 1 genevois, toutes disciplines confondues. Ces présentations, de type « top down », ont été faites notamment par la directrice du service de l'enseignement. La structure même du PER différant en quelques points de celle du Curriculum, des clés de lecture des objectifs, des atteintes en fin de cycle et des niveaux d'attentes complémentaires ont été données.

En octobre 2010 et février 2011 la présidence de groupe a proposé deux demi-journées aux représentants des enseignants de mathématiques de chaque établissement scolaire afin de permettre une appropriation des enjeux et des évolutions induits par ce changement de plan d'études : une mise en parallèle des notions du Curriculum et de celles du PER pour le degré 9 a été élaborée. En a résulté un « document de liaison » signalant les items en plus ou en moins (notions, savoirs) dans le PER par rapport au curriculum genevois. Ce document, représentant une aide pour faciliter la mise en œuvre du plan d'études romand sous forme de tableau a été diffusé par le service de l'enseignement à tous les enseignants de maths du secondaire ; il a été accompagné par un « plan de cheminement 9ème Harmos 2011-2012 »

(romand) faisant une proposition de planification annuelle (nombre de semaines par thèmes avec apprentissages visés).

A noter qu'un troisième document a été élaboré par la présidence de groupe : un découpage genevois des objectifs du PER. En effet, certains objectifs du PER courant sur deux voire trois ans, il a fallu, par souci de cohésion et de suivi d'année en année, déterminer dans quel degré prendrait place cet objectif. Ce document a aussi été diffusé à tous les enseignants genevois de mathématiques du secondaire 1.

De plus, et conformément à l'article 9 de la CSR :

Article 9 – Moyens d'enseignement et ressources didactiques

1 La CIIP assure la coordination des moyens d'enseignement et des ressources didactiques sur le territoire des cantons parties à la Convention.

2 Elle réalise par ordre de priorité les actions suivantes :

- a) adopter et acquérir un ensemble unique de moyens pour l'enseignement d'une discipline dans un degré ou un cycle ;
- b) adopter un choix de deux à trois ensembles de moyens pour l'enseignement d'une discipline dans un degré ou un cycle et les acquérir ;
- c) définir une offre ouverte de moyens d'enseignement dûment sélectionnés et approuvés; l'approbation autorise l'usage du moyen dans les classes des cantons parties à la Convention ;
- d) réaliser ou faire réaliser un moyen original

une nouvelle édition des manuels romands de mathématiques a été introduite en même temps que le PER : en 1999 une collection de type « théorie – exercices (majoritairement de drill) » a été remplacée temporairement et dans l'attente d'une collection romande, par des collections françaises et canadiennes (Carrousel (CA), Triangle (F), 5sur5 (F)) afin de bien montrer aux enseignants la rupture existant entre les plan d'études CIRCE et PE2000. En 2003 est apparue la collection des manuels romands de mathématiques, chaque manuel couvrant un thème. Cette collection a été remplacée en 2011 par les nouveaux manuels romands de mathématiques, chaque manuel recouvrant cette fois les thèmes d'une année d'enseignement.

6. Régulation

Comme on peut le lire dans la présentation et organisation du PER, « le PER, produit évolutif, peut être périodiquement repris, amendé et complété. Référentiel fondamental et instrument d'harmonisation de l'enseignement, il ne peut cependant être constamment modifié. Ses adaptations doivent en effet être annoncées et planifiées sur la base de décisions prises par la Conférence intercantonale de l'instruction publique.

Les adaptations du PER s'appuient sur des besoins clairement identifiés :

- changements importants dans l'enseignement d'une discipline (degré d'enseignement, évolution des exigences,...) ;
- prise en compte des résultats d'évaluations régionales, nationales ou internationales ;
- décisions majeures des autorités concernant un domaine, une discipline.

Le dispositif de veille permanente du PER mis en place par la CIIP permet aux cantons, aux établissements et au corps enseignant de disposer d'un potentiel d'évolution répondant aux besoins communs. Ce suivi évolutif concerne particulièrement :

- l'adéquation du PER à la réalité de l'enseignement (évaluation de ses effets après quelques années de pratique) ;

- le développement de ressources (nouveaux moyens d'enseignement, moyens et ressources en ligne, banque de données,...) ;
- l'adaptation de la plateforme informatique du PER, en particulier en ce qui concerne les liens vers des ressources diverses ;
- le développement d'épreuves romandes communes.

Le PER étant tout neuf et dans une phase de mise en place, l'avenir nous dira comment cette régulation sera faite. Affaire à suivre donc !

7. Conclusion

Les clauses [du pacte social] se réduisent toutes à une seule : l'aliénation totale de chaque associé avec tous ses droits à toute la communauté : car premièrement, chacun se donnant tout entier, la condition est égale pour tous ; et la condition étant égale pour tous, nul n'a intérêt de la rendre onéreuse aux autres.
(Jean-Jacques Rousseau)

Nous avons ainsi pu constater au travers de cette étude du design curriculaire suisse et suisse romand un premier indicateur de changement de contrat social lié à l'accord HarmoS qui regroupe au sein d'un même domaine disciplinaire les mathématiques et les sciences de la nature : l'enseignement des mathématiques est ouvert sur d'autres disciplines et n'est pas, sur le papier en tous cas, replié sur lui-même.

Un deuxième indicateur d'évolution du contrat social est l'introduction même du PER : il instaure une égalité de formation sur l'ensemble de la Suisse romande, qui n'est plus de facto constituée d'entités distinctes agissant au sein de leurs fiefs respectifs mais qui est considérée comme une région formant l'ensemble de ses élèves selon les mêmes objectifs. En référence à la citation qui ouvrait ce texte, peut-on répondre à M. Perrenoud que maintenant l'école romande existe ?

Pour reprendre la thématique de cet article, nous constatons que les cantons, que nous pouvons assimiler aux associés du pacte de Rousseau, ont renoncé à certains individualismes pour constituer une communauté, la Romandie, garantissant l'égalité de traitement entre tous les élèves. Nous avons néanmoins relevé que la souveraineté cantonale était garantie au travers des 15% de marge de manœuvre accordés par la convention scolaire romande (article 8).

II. DEUXIÈME PARTIE – L'AXE THÉMATIQUE DE LA MODÉLISATION

1. Contexte

Jusqu'à la rentrée scolaire 2011 l'ancien plan d'étude, le « Curriculum de mathématiques », s'appliquait dans les classes du secondaire 1 (cycle 3 : degrés 9 à 11, élèves de 12 à 15 ans) et le thème « Modélisation » n'apparaissait pas en tant que thème dans ce dernier. Seuls les termes de modélisation – modéliser apparaissaient au sein de plusieurs thèmes. Par exemple :

« Le domaine Initiation aux fonctions doit permettre aux élèves de : [...] »

2. reconnaître des situations pouvant être modélisées par des fonctions ;
3. prendre conscience que des situations en apparence très diverses peuvent se modéliser par des fonctions du même type ; »

Commentaires au thème proportionnalité :

« [...] on introduira le cadre graphique et on présentera d'autres exemples de situations de proportionnalité permettant ainsi la modélisation de phénomènes comme le mouvement uniforme en physique ou la relation entre le côté et le périmètre du carré en géométrie. »

« L'étude du domaine Géométrie a pour buts :

1. de permettre aux élèves de modéliser l'espace physique et de résoudre des problèmes de maîtrise de l'espace physique ;

Progression et contenus :

1. Pour faire acquérir aux élèves une certaine maîtrise de l'espace physique et leur permettre de modéliser des situations réelles, on leur proposera des activités dans le cadre des grandes questions liées à la géométrie, par exemple des problèmes de mesurage (partages de terrains, mesures de dimensions inaccessibles comme la distance d'un bateau en mer, la hauteur d'une montagne, le rayon de la Terre, etc.) ou des problèmes de représentation de l'espace (plan à l'échelle ou non, maquette, représentation plane d'un corps, repérage, etc.) . »

L'emploi de ces termes se fait néanmoins sans pour autant qu'ils soient explicités ni définis dans ce curriculum, malgré la proposition d'activités faite dans le cadre de la géométrie, proposition qui nécessiterait des éclaircissements : comment faire ou que faire pour modéliser ces situations ?

Dans le PER entré en vigueur en septembre 2011, les visées prioritaires du domaine Mathématiques et Sciences de la Nature, sont :

se représenter, problématiser et modéliser des situations et résoudre des problèmes en construisant et en mobilisant des notions, des concepts, des démarches et des raisonnements propres aux mathématiques et aux sciences de la nature dans les champs des phénomènes naturels et techniques, du vivant et de l'environnement, ainsi que des nombres et de l'espace.

Ces visées prioritaires nous renseignent sur la conception de l'enseignement des mathématiques sous-jacentes au PER : des mathématiques axées sur la résolution de problèmes ; les intentions, tirées des commentaires généraux, et les commentaires généraux eux-mêmes nous apportent plus de renseignements :

Le domaine Mathématiques et Sciences de la nature, en cohérence avec les finalités et objectifs de l'école publique, mobilise et développe des méthodes de pensée et d'action tout autant qu'un ensemble de concepts, de notions et d'outils. Il fournit à l'élève des instruments intellectuels d'appréhension et de compréhension du réel et d'adaptation à ce dernier [...]. C'est dans ces buts que le domaine choisit de développer la résolution de problèmes et la posture scientifique. Elles visent, toutes deux, à permettre aux élèves :

- d'acquérir un certain nombre de notions, de concepts et de modèles scientifiques développés progressivement par l'humanité et de réaliser la manière dont les savoirs scientifiques se sont construits ;
- d'identifier des questions, de développer progressivement la capacité de problématiser des situations, de mobiliser des outils et des démarches, de tirer des conclusions fondées sur des faits, notamment en vue de comprendre le monde naturel et de prendre des décisions à son propos, ainsi que de comprendre les changements qui sont apportés par l'activité humaine ;

- de se montrer capable d'évaluer des faits, de faire la distinction entre théories et observations, et d'estimer le degré de confiance que l'on peut avoir dans les explications proposées.

Par ses savoirs, ses connaissances, ses méthodes, ses modes de pensées ainsi que par ses modalités d'enseignement, le domaine contribue, chez l'élève, au développement de :

- la Collaboration, notamment en engageant l'élève dans une recherche en Mathématiques et/ou en Sciences de la nature lors de travaux de groupe ;
- la Communication, notamment en faisant participer l'élève aux débats scientifiques, en formulant des questions, en exploitant l'information, en sélectionnant des sources pertinentes, en structurant des données, en présentant ses résultats ;
- les Stratégies d'apprentissage, notamment en développant le raisonnement de l'élève, ses stratégies, sa systématique, en utilisant ses essais et ses erreurs et celles des autres pour reconstruire une réflexion et en comprendre les faux-pas ;
- la Pensée créatrice, notamment en amenant l'élève à imaginer des modèles, des explications, des procédés, des expérimentations, des moyens et des outils de mesure, à accepter le risque et l'inconnu, en se représentant et en projetant diverses modalités de réalisation ;
- la Démarche réflexive, notamment en amenant l'élève à choisir des méthodes adéquates, à vérifier ses hypothèses par confrontation au réel, en développant son regard critique sur ses propres choix et/ou résultats et ceux des autres, en l'amenant à renoncer aux idées toutes faites sur la compréhension de phénomènes naturels ou mathématiques, à analyser l'adéquation d'un modèle choisi, pour une représentation statistique par exemple, et les limites qu'il comporte.

La figure 4 résume ces intentions :

MSN

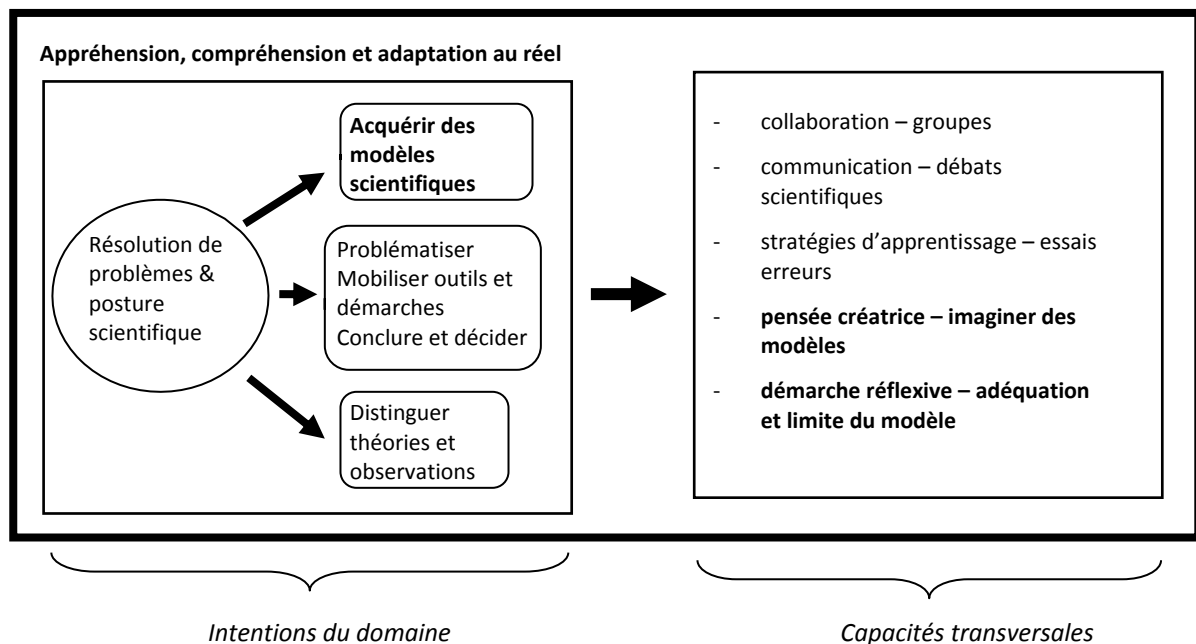


Figure 4 – intentions et commentaires généraux

L'injonction à imaginer et acquérir des modèles ainsi qu'à porter un regard critique sur ces derniers est révélateur d'un changement de contrat social dans les intentions et indique un certain positionnement par rapport à la modélisation : on va plus loin que le processus de modélisation mettant l'accent sur l'élaboration de modèles spontanés par les élèves, on souhaite qu'ils en acquièrent.

Comme relevé dans la première partie de ce texte, le domaine contient une partie Mathématiques et une partie Sciences de la nature, l'axe thématique Modélisation étant

commun aux deux parties ; il s'agit de la considérer avec chaque objectif d'apprentissage. Elle articule ces deux parties du domaine et les fait interagir.

La partie Mathématiques contient cinq thèmes, de même que la partie Science de nature. Elles partagent deux thèmes : grandeurs et mesures et modélisation.

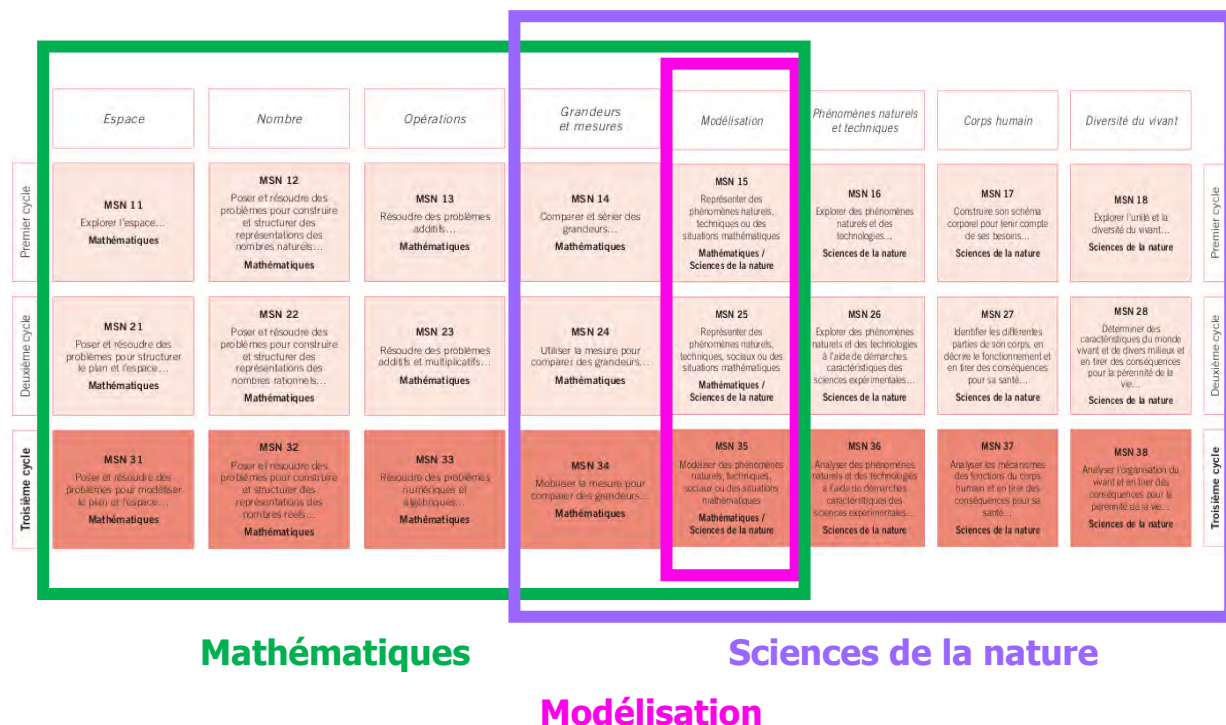


Figure 5 – Le réseau des objectifs d'apprentissage (voir aussi annexe 3)

L'axe thématique Modélisation est décliné tout au long de la scolarité obligatoire, dans les trois cycles, ce qui est une grande nouveauté au niveau romand : on peut ainsi voir sur l'ensemble de la scolarité obligatoire comment un même axe thématique est abordé et approfondi.





Figure 6 – Les trois cycles de modélisation

L'axe Modélisation se trouve à mi-chemin entre une méthodologie et un contenu. En ce sens, la modélisation est transversale à ce domaine qu'elle chapeaute. Elle s'appuie sur la méthodologie des sciences expérimentales, mais la focalisation porte d'abord sur la gestion mathématique de la situation qui commence par son épuraison et continue dans le traitement mathématique du problème ainsi défini.

Ce commentaire extrait des commentaires généraux laisse ainsi entendre que l'on travaille au sein du modèle sur une mathématisation du problème.

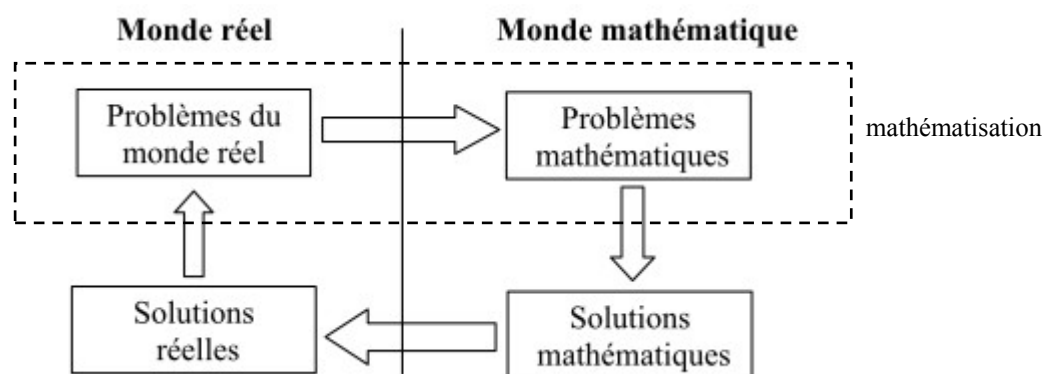
2. Mathématiser ou modéliser ?

Modéliser : Recouvre l'idée d'associer à une situation complexe un modèle qui la rend intelligible en la réduisant à ses éléments essentiels. (Lexique du PER)

L'idée principale est celle de simplification, n'incluant pas nécessairement de mathématisation, ce qui est en un sens normal, si l'on considère par exemple la diversité des modèles utilisés dans les sciences de la nature et de la vie, mais la question de l'identification de ce qui est essentiel reste posée.

En Mathématiques [...] on se focalise plutôt sur le traitement du problème. Ce traitement a lieu après la modélisation, souvent liée au contexte, et s'organise en essais-erreurs, ajustements, généralisation, formulation d'une conjecture et validation de celle-ci par une démonstration mathématique. (Commentaires généraux)

Modélisation semble associé ici à mathématisation, il s'agit sans doute d'un glissement de sens, indiquant une différence avec la vision en termes de cycle de modélisation.



La modélisation est le parcours de tout le cycle

Figure 7 – Le cycle de modélisation

Afin de permettre aux enseignants de répondre aux attentes du PER, d'identifier ce qui est du ressort de la mathématisation et de la modélisation et investir pleinement cet axe de la modélisation, des actions de formation sont ou seront menées au sein des cantons romands. Par exemple à Genève c'est le groupe PRIMAS⁷ qui se charge de donner les outils nécessaires aux enseignants pour mettre en place dans leur classe des activités de modélisation au travers de demi-journées de recyclage.

3. Conclusion

Cette entrée de la modélisation dans les programmes fait apparaître une évolution du contrat social avec l'école et occupe une place de plus en plus importante dans la sphère éducative comme mis en évidence par le développement de la communauté ICTMA, maintenant groupe affilié à ICMI, la reprise par l'OCDE dans le programme PISA notamment, puis par les instances européennes, en relation avec l'accent mis sur les démarches d'investigation pour la rénovation de l'enseignement scientifique, développement ayant engendré des projets comme PRIMAS, FIBONACCI et autres.

De tout temps, la dimension applications a été importante dans l'enseignement des maths, mais comme bien montré dans l'étude ICMI 14 intitulée « Modelling and Applications in Mathematics Education », penser en termes de modélisation représente un changement important de la vision, notamment des rapports entre mathématiques et monde réel, mathématiques et autres disciplines scientifiques : on identifie donc bien en cela une évolution du contrat social.

REFERENCES

- Perrenoud P. (1994) École romande : de la coordination des programmes à l'émergence d'une politique régionale ? *Synergie. Édition spéciale des Hautes écoles de Suisse occidentale*.28-32.
- Rousseau J.-J. (1762) *Du Contrat Social ou Principes du droit politique*. Amsterdam : Marc-Michel Rey.
- Tauxe C. (2005) *Que vaut le système éducatif suisse ?* L'Hebdo, édition du 9 juin 2005.
www.ciip.ch – www.geneve.ch/dip – www.plandetudes.ch

⁷ Promoting Inquiry in Mathematics and Science education across Europe

ANNEXE 1 – EXTRAIT DU CURRICULUM GENEVOIS DE MATHÉMATIQUES

11^e**Écritures de nombres, puissances et racines,
sensibilisation aux irrationnels****Intentions :**

L'étude de ce module doit :

- 1) **permettre aux élèves d'approfondir et de consolider leurs techniques opératoires;**
- 2) **offrir aux élèves des outils de calcul basés sur les propriétés des puissances et des racines;**
- 3) **sensibiliser les élèves au fait qu'il existe d'autres nombres que les rationnels.**

Commentaires :• **Progression et contenus :**

Par rapport à 11a10^e les élèves seront confrontés à des expressions plus complexes combinant :

- les différents types de nombres
- les différentes opérations
- les différentes écritures de nombres, en particulier sous forme d'opérations non effectuées¹

Les calculs et les réductions d'expressions numériques pourront faire appel aux propriétés des différentes opérations pour être effectués plus simplement. Ces notions seront appliquées lors de la résolution de problèmes choisis dans les autres domaines ou dans d'autres disciplines, essentiellement la physique.

• **Commentaires au tableau :****Problèmes :**

- ① Dans les problèmes de comparaison de nombres, les élèves pourront rencontrer différents types de nombres, y compris des nombres écrits à l'aide d'opérations non effectuées¹.

¹ Nous appelons écritures à l'aide d'opérations non effectuées les écritures de nombres qui mettent en évidence la construction d'un nombre à partir d'autres nombres et d'opérations sur ceux-ci (en représentant le nombre en quelque sorte comme s'il était "en suspens" sous le coup d'une opération non effectuée).

- ② On pourra proposer par exemple d'estimer la grandeur d'un nombre écrit comme une grande puissance de 2 (en utilisant $2^{10} \approx 10^3$) ou d'encadrer des racines sans l'aide de la calculatrice.

- ③ En *Géométrie*, on calculera par exemple des longueurs en utilisant les théorèmes de Pythagore et de Thalès. En physique, on rencontre des rapports, des produits ou des sommes, dans lesquels peuvent intervenir des écritures scientifiques. En 9e, les élèves devraient acquérir une certaine aisance dans le maniement de ces expressions complexes.

- ④ Confrontés à des écritures de nombres sous forme d'opérations non effectuées¹ (écriture fractionnaire, écriture scientifique, racines, etc.), les élèves devraient pouvoir manipuler des expressions exactes simples, sans passer nécessairement à l'écriture décimale, pour calculer, par exemple, la diagonale d'un parallélogramme rectangle sans arrondis intermédiaires.

Techniques et savoir-faire :

- ⑤ Par utiliser l'écriture scientifique, on entend faire appel à celle-ci à bon escient et opérer avec.

Propriétés :

- ⑥ On construira les propriétés des puissances avec les élèves dans la mesure du possible. On étudiera aussi quelques propriétés des racines (carrée et cubique). En ce qui concerne ces propriétés, on travaillera parallèlement dans le cadre numérique et algébrique.

- ⑦ Pour la base 10, les exposants peuvent être négatifs; pour les autres bases, les exposants sont des entiers positifs.

• **Lien avec les autres domaines et thèmes ou avec les autres disciplines :**

Domaines : tous les domaines.

Thèmes : tous les thèmes.

Autres disciplines : *Physique*

• **Évaluation :**

Voir carnet de route.

ANNEXE 2 – EXTRAIT DU PER

33

4 ... en mobilisant
différentes écritures

5 ... en utilisant
des propriétés

6 ... en utilisant
différentes

7 ... en organisant
les nombres réels à

1 ... en ordonnant
des nombres réels

2 ... en comparant
différentes écritures
de nombre et
systèmes de
numération

3 ... en découvrant
quelques nombres
irrationnels (π ,
racine de 2, ...)

MSN 32 – Poser et résoudre des problèmes pour construire et structurer des représentations des nombres réels...

MSN 33 – Résoudre des problèmes numériques et algébriques

a ... en reconnaissant les caractéristiques mathématiques d'une situation et en la traduisant en écritures numérique ou littérale

b ... en observant comment les hommes ont résolu historiquement des problèmes de ce type

c ... en utilisant des propriétés des opérations (+, -, x, :, puissance, racine carrée et cubique)

Progression des apprentissages

9^e année

10^e année

11^e année

Calculs

Connaissance et utilisation des priorités des opérations (y compris parenthèses)

Connaissance et utilisation des propriétés des opérations pour organiser et effectuer des calculs de manière efficace et pour donner des estimations: 7 6 5

– addition, soustraction, multiplication, division

– puissances (a, b, m et n dans $\mathbb{N}$):

Niv. 2 | 3

$$a^m \cdot a^n = a^{m+n}$$

$$a^m : a^n = a^{m-n}$$

$$(a^m)^n = a^{m \cdot n}$$

$$a^m \cdot b^m = (a \cdot b)^m$$

– racines carrées (cubiques), y compris extraction d'entiers (a et b dans $\mathbb{N}$): **Niv. 3**

$$\sqrt{a \cdot b} = \sqrt{a} \cdot \sqrt{b}$$

$$\sqrt{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}}$$

$$\sqrt{a^2 \cdot b} = a \cdot \sqrt{b}$$

Utilisation de procédures de calcul réfléchi ou de calcul mental avec des: 7 6

– nombres rationnels positifs sous forme décimale (+, -, ·, :)

– nombres rationnels positifs sous forme décimale (+, -, ·, :): **Niv. 2 | 3**

– nombres entiers relatifs de -100 à +100 (+) **Niv. 1**

– nombres entiers relatifs de -100 à +100 (+, -, ·, :): **Niv. 1**

– nombres entiers relatifs de -100 à +100 (+, -, ·, :): **Niv. 2 | 3**

– nombres rationnels positifs sous forme fractionnaire (+, -) **Niv. 2**

– nombres rationnels positifs sous forme fractionnaire (+, -, ·, :): **Niv. 2**

– nombres rationnels positifs sous forme fractionnaire (+, -) **Niv. 3**

– nombres rationnels positifs sous forme fractionnaire (+, -, ·, :): **Niv. 3**

– des carrés parfaits pour en extraire la racine

Utilisation des algorithmes pour effectuer des calculs de façon efficace avec des: 7 6

– nombres rationnels positifs, sous forme décimale, inférieurs à 10'000, ayant au plus deux décimales (+, -, ·, :)

– nombres rationnels positifs sous forme fractionnaire (+, -) **Niv. 1 | 2**

– nombres rationnels sous forme fractionnaire (+, -, ·, :): **Niv. 1 | 2**

– nombres rationnels positifs sous forme fractionnaire (+, -) **Niv. 3**

– nombres rationnels sous forme fractionnaire (+, -, ·, :): **Niv. 3**

NOMBRES ET OPÉRATIONS

MSN 32 – 35 – 33

ANNEXE 3 – RÉSEAU DES OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

	Espace	Nombre	Opérations	Grandeurs et mesures	
Premier cycle	MSN 11 Explorer l'espace... Mathématiques	MSN 12 Poser et résoudre des problèmes pour construire et structurer des représentations des nombres naturels... Mathématiques	MSN 13 Résoudre des problèmes additifs... Mathématiques	MSN 14 Comparer et sérier des grandeurs... Mathématiques	
Deuxième cycle	MSN 21 Poser et résoudre des problèmes pour structurer le plan et l'espace... Mathématiques	MSN 22 Poser et résoudre des problèmes pour construire et structurer des représentations des nombres rationnels... Mathématiques	MSN 23 Résoudre des problèmes additifs et multiplicatifs... Mathématiques	MSN 24 Utiliser la mesure pour comparer des grandeurs... Mathématiques	
Troisième cycle	MSN 31 Poser et résoudre des problèmes pour modéliser... Mathématiques	MSN 32 Poser et résoudre des problèmes pour construire et structurer des représentations des nombres réels... Mathématiques	MSN 33 Résoudre des problèmes numériques et algébriques... Mathématiques	MSN 34 Mobiliser la mesure pour comparer des grandeurs... Mathématiques	
	Modélisation	Phénomènes naturels et techniques	Corps humain	Diversité du vivant	
	MSN 15 Représenter des phénomènes naturels, techniques ou des situations mathématiques Mathématiques / Sciences de la nature	MSN 16 Explorer des phénomènes naturels et des technologies... Sciences de la nature	MSN 17 Construire son schéma corporel pour tenir compte de ses besoins... Sciences de la nature	MSN 18 Explorer l'unité et la diversité du vivant... Sciences de la nature	Premier cycle
	MSN 25 Représenter des phénomènes naturels, techniques, sociaux ou des situations mathématiques Mathématiques / Sciences de la nature	MSN 26 Explorer des phénomènes naturels et des technologies à l'aide de démarches caractéristiques des sciences expérimentales... Sciences de la nature	MSN 27 Identifier les différentes parties de son corps, en décrire le fonctionnement et en tirer des conséquences pour sa santé... Sciences de la nature	MSN 28 Déterminer des caractéristiques du monde vivant et de divers milieux et en tirer des conséquences pour la pérennité de la vie... Sciences de la nature	Deuxième cycle
	MSN 35 Modéliser des phénomènes naturels, techniques, sociaux ou des situations mathématiques Mathématiques / Sciences de la nature	MSN 36 Analyser des phénomènes naturels et des technologies à l'aide de démarches caractéristiques des sciences expérimentales... Sciences de la nature	MSN 37 Analyser les mécanismes des fonctions du corps humain et en tirer des conséquences pour sa santé... Sciences de la nature	MSN 38 Analyser l'organisation du vivant et en tirer des conséquences pour la pérennité de la vie... Sciences de la nature	Troisième cycle