

L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES À L'ÉCOLE PRIMAIRE EN ALLEMAGNE ET EN FRANCE, AVEC UN REGARD PARTICULIER SUR LA RÉOLUTION DE PROBLÈMES ET L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES EN LANGUE ÉTRANGÈRE

Yves SCHUBNEL

Professeur de mathématiques, IUFM de Franche-Comté
Responsable du Centre local de Belfort
yves.schubnel@fcomte.iufm.fr

Résumé

La première partie de la communication éclaire quelques différences entre les écoles française et allemande. La deuxième partie est consacrée à une comparaison de l'enseignement des mathématiques à l'école primaire en Allemagne et en France, tant du point de vue des contenus que des méthodes. La troisième partie s'intéresse plus particulièrement au thème de la résolution de problèmes de part et d'autre du Rhin, en soulignant quelques spécificités culturelles. Dans la quatrième partie, après une présentation succincte et une analyse critique de l'enseignement bilingue en général et de celui des mathématiques en particulier, des éléments seront proposés pour la mise en œuvre d'un enseignement bilingue des mathématiques. L'exposé se terminera par quelques pistes de travail pour la formation des maîtres souhaitant s'investir dans l'enseignement bilingue des mathématiques.

Mots-clés : École allemande - comparaison des enseignements français et allemand - enseignement bilingue des mathématiques.

I – INTRODUCTION : QUELQUES DIFFÉRENCES ENTRE L'ÉCOLE FRANÇAISE ET L'ÉCOLE ALLEMANDE

Appelée *Grundschule*, l'école primaire allemande – qui scolarise dans le Land du Bade-Wurtemberg les enfants de 6 à 10 ans - constitue un miroir intéressant de la société allemande et de sa culture. Observer comment elle fonctionne, elle s'organise et vit, peut être une manière de mieux comprendre la sensibilité allemande.

D'après un principe pédagogique dominant, les notions abordées à l'école allemande sont ancrées dans l'environnement proche de l'enfant. Par exemple, la géographie est intégrée à une matière qui s'appelle *Heimat- und Sachunterricht*¹ dans le Bade-Wurtemberg et dont les contenus sont proches des anciennes activités d'éveil en France.

¹ Le tiret situé après *Heimat-* évite la répétition de *-unterricht*.

Qu'est-ce que la *Heimat* ? C'est le lieu, le pays où l'on est né. Mais ce terme exprime bien davantage : il fournit la réponse aux questions : qui suis-je ?, d'où viens-je ?, comment suis-je devenu ce que je suis ? La connaissance de l'environnement qu'on y a acquise au cours de son enfance et de sa jeunesse et les relations humaines qu'on y a tissées constituent autant de repères sur le chemin vers l'âge adulte.

Dans le cours de *Heimat- und Sachunterricht* on fait la distinction (presque inconnue en France) entre *Alltagswissen* (le savoir de tous les jours) et *Schulwissen* (le savoir scolaire). Le *Alltagswissen* fait référence à ce que l'enfant connaît, aux savoirs et savoir-faire qu'il utilise et qui lui permettent de vivre en société. « Ces savoirs [...] ont toute leur place dans l'école allemande qui a le projet explicite de socialiser les enfants en vertu de valeurs affichées » (Jaillet, 1997, p. 16).

L'absence de documents d'application et de documents d'accompagnement des programmes dans le Bade-Wurtemberg souligne la plus grande liberté pédagogique qui y est laissée aux enseignants de la *Grundschule*. Alors qu'en France les programmes d'enseignement sont les mêmes sur tout le territoire national et qu'un même manuel peut être utilisé partout, en Allemagne, chaque Land publie son propre *Bildungsplan für die Grundschule* (programme d'enseignement pour l'école primaire) et est habilité à donner l'autorisation d'utiliser tel ou tel manuel scolaire. Ainsi, par exemple, on pourra voir développés dans les manuels des Länder du nord de l'Allemagne des thèmes relatifs à la pêche hauturière, alors qu'il n'en sera pas question dans ceux des Länder du sud.

II – ENJEUX COMPARÉS DE L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES À L'ÉCOLE PRIMAIRE ET COMPÉTENCES À DÉVELOPPER

II – 1 Les instructions officielles

II – 1.1 Références

En France

- Bulletin officiel de l'Éducation nationale – Hors-série n° 1 du 14 février 2002 : horaires et programmes d'enseignement de l'école primaire, édité par le ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche ;
- documents d'application des programmes. Mathématiques cycle 2 (2002). Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (responsable de la publication), édité par le Centre national de documentation pédagogique ;
- documents d'application des programmes. Mathématiques cycle 3 (2002). Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (responsable de la publication), édité par le Centre national de documentation pédagogique ;
- documents d'accompagnement des programmes. Mathématiques école primaire (2005).

Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (responsable de la publication), édité par le Centre national de documentation pédagogique.

Dans le Bade-Wurtemberg

Bildungsplan 2004 für die Grundschule in Baden-Württemberg mit den Bildungsstandards für Mathematik.

II – 1.2 Enjeux de l'enseignement des mathématiques

On note une différence sensible des enjeux de l'enseignement des mathématiques d'un État à l'autre.

En France

L'enjeu est de préparer les élèves à bénéficier au mieux de l'enseignement donné au collège en mathématiques et dans d'autres disciplines, notamment scientifiques. Pour cela, les élèves doivent acquérir des compétences, être capables de les mobiliser pour résoudre des problèmes et développer des aptitudes à abstraire, à raisonner, à travailler de façon autonome, à s'organiser, à exprimer un résultat ou une démarche.

Dans le Bade-Wurtemberg

Il s'agit de sensibiliser les élèves aux aspects mathématiques de phénomènes quotidiens et de situations issues de leur environnement, de les inciter à y chercher des questions et des problèmes authentiques qui peuvent être résolus grâce aux mathématiques et de les amener à les résoudre.

À l'aide de leurs savoirs et savoir-faire, seuls ou à plusieurs, ils élaborent, analysent et produisent des procédures de résolution individuelles ou collectives. Les compétences ainsi acquises sont ensuite utilisées comme nouveaux savoirs et savoir-faire dans de nouvelles situations.

De plus, les enfants sont amenés à découvrir et à utiliser, à leur niveau, des structures mathématiques et des relations, également dans des situations à contexte interne aux mathématiques.

A noter que dans les deux pays, on souligne l'importance de jeter des ponts vers les autres disciplines. Il s'agit d'articuler les mathématiques avec d'autres domaines du savoir ; elles offrent les ressources utiles à d'autres disciplines qui, en retour, leur apportent un questionnement et leur permettent de progresser.

II – 1.3 Objectifs et compétences

Les contenus mathématiques développés de part et d'autre du Rhin sont analogues. Il convient toutefois de mentionner la présence d'un paragraphe spécial dans le programme du Bade-Wurtemberg, intitulé « *Muster und Strukturen* » (Schémas réguliers et structures), où il est question de pavages, de frises, de suites de nombres ou de symboles, de cryptographie et de messages codés.

Si certaines compétences sont présentes dans les deux programmes, il est intéressant de constater que d'autres ne sont bien marquées que dans l'un ou dans l'autre.

Voici quelques exemples éclairants.

En France et dans le Bade-Wurtemberg

- Pratiquer différents types de calculs (mental et écrit). Au cours de séances de calcul mental, différentes procédures peuvent être présentées, discutées et vérifiées ;
- contribuer à la formation générale de l'élève : être confronté à de véritables situations de recherche, développer l'autonomie, l'imagination et l'esprit d'initiative pour trouver différents types de démarches, formuler des résultats, les communiquer aux autres enfants, argumenter. Les erreurs font partie du processus d'apprentissage ;
- utiliser et développer la langue maternelle en mathématiques à l'occasion de l'explicitation d'énoncés et de la communication de procédures de résolution.

En France

- Utiliser de manière raisonnée une calculatrice ;
- prendre conscience du statut particulier de la preuve en mathématiques ;
- promouvoir une dimension culturelle : débattre du « vrai » et du « faux » en utilisant des connaissances partagées qui permettent de dépasser l'argument d'autorité.

Dans le Bade-Wurtemberg

- Apprendre des disciplines en langue étrangère, en particulier les mathématiques ;
- reconnaître, décrire, prolonger et inventer des schémas réguliers (*Muster* en allemand, *patterns* en anglais).

II – 2 Exemples de situations

II – 2.1 Der Baum

La planche suivante (figure 1) extraite d'un manuel allemand de 1^{re} classe (enfants de 6 à 7 ans) représente le support d'un jeu de dé pour deux enfants : *Der Baum* (L'arbre).

On utilise un seul pion, qui se trouve au départ sur la case 10 du feuillage. Les enfants lancent le dé à tour de rôle. Chacun déplace le pion en direction de son panier, en fonction du nombre de points indiqué par le dé. Le premier qui parvient à faire entrer le pion dans son panier a gagné (case 0 ou en deçà pour le joueur de gauche, case 20 ou au-delà pour celui de droite).

Il s'agit par ailleurs de compléter la suite des nombres écrits sur le muret du bas.



Figure 1 : *Der Baum*, d'après LEININGER et al. 2003, p. 52.

Ce jeu peut être proposé à des élèves de cours préparatoire en France ou de 1^{re} classe dans le Bade-Wurtemberg, puisque les compétences qu'il permet de développer figurent dans les programmes français et bade-wurtembergeois. Le domaine d'étude est l'espace numérique de 0 à 20. L'enfant appréhende cet espace en y déplaçant le pion dans le sens croissant ou décroissant des nombres. Il peut le déplacer case par case, par bonds successifs ou même anticiper la case d'arrivée en effectuant une addition ou une soustraction. Les différentes procédures possibles et la gradation dans leur degré d'expertise montrent que la mise en œuvre de ce jeu s'inscrit dans une démarche de différenciation pédagogique et permet des apprentissages progressifs.

II – 2.2 Approche et étude des quadrilatères dans les 2 pays

L'étude des quadrilatères fait l'objet, dans les deux pays, d'une approche à l'école primaire et se poursuit au début de l'enseignement secondaire. Les deux figures suivantes (figure 2 et figure 3) donnent un aperçu des aspects de ce thème qui sont importants dans chaque pays et qui sous-tendent son enseignement.

En France

En France, on étudie essentiellement le parallélogramme, le losange, le rectangle et le carré (figure 2). On met en avant les propriétés géométriques concernant les côtés (longueurs égales, parallélisme, perpendicularité), les diagonales et les angles et on s'intéresse à l'existence d'un éventuel centre de symétrie.

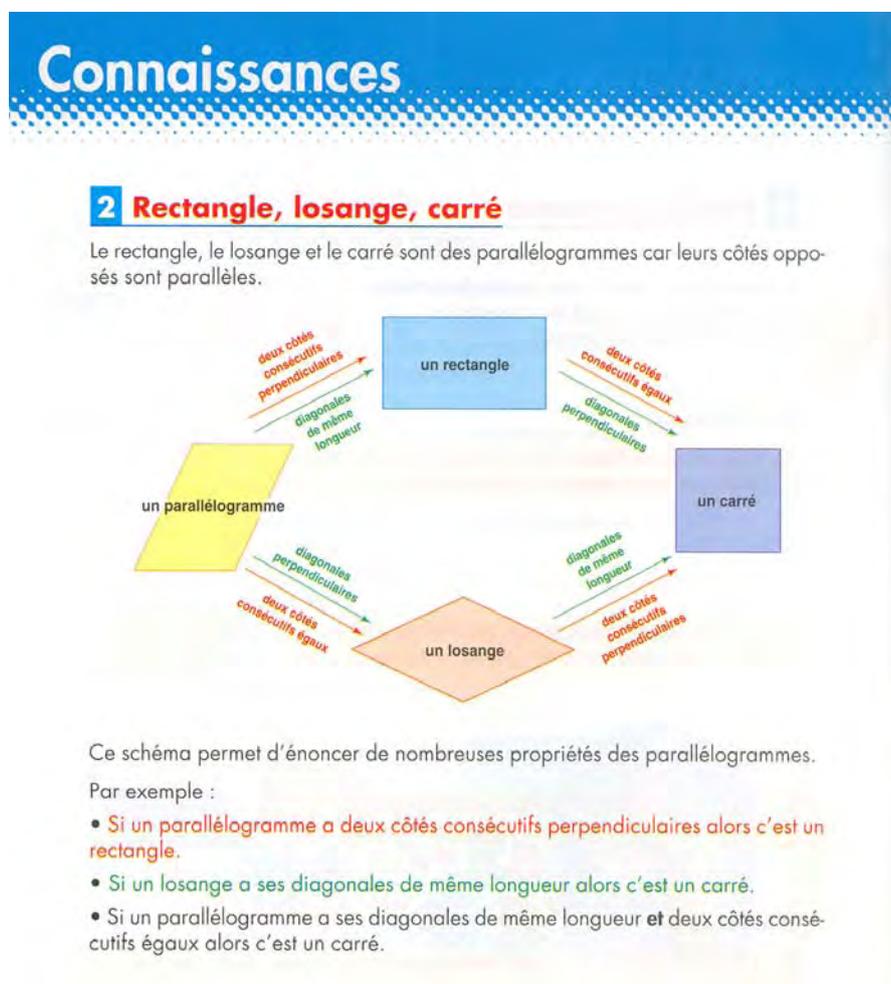


Figure 2 : Les quadrilatères, d'après Chapiron et al. 2001, p. 190.

Comme le suggère la figure ci-dessus, on énonce les relations logiques liant ces différents quadrilatères, ce qui permet :

- au plan mathématique, une initiation des élèves au raisonnement déductif ;
- au plan linguistique, la formulation de phrases en français exprimant des propriétés géométriques des quadrilatères étudiés.

En Allemagne

Outre les quadrilatères étudiés en France, on s'intéresse en Allemagne également au trapèze isocèle et au cerf-volant. L'étude de l'invariance par symétrie centrale ou par symétrie axiale joue un rôle plus important qu'en France et permet une classification intéressante de ces quadrilatères. Les élèves s'investissent de manière active dans la recherche des propriétés d'invariance en procédant par exemple de la façon suivante.

Après avoir construit un gabarit (en carton ou en plastique) du quadrilatère et en avoir tracé le contour sur une feuille, ils peuvent essayer de le poser dans son contour après lui avoir fait faire un demi-tour (tout en restant dans le plan de la feuille) ou après l'avoir retourné. Si le premier cas se réalise, le quadrilatère est un parallélogramme ; il est invariant par la symétrie centrale dont le centre est le point autour duquel le demi-tour a été opéré (point de concours des diagonales du parallélogramme). Si le second cas se réalise, le quadrilatère est invariant par la symétrie axiale dont l'axe est la droite autour de laquelle a été opéré le retournement (il s'agit d'une diagonale – le quadrilatère est alors un losange - ou d'une médiane – le quadrilatère est alors un rectangle).

À la suite des manipulations des élèves, il est possible de définir les différents types de quadrilatères à partir des isométries qui les laissent invariants, comme le propose le tableau (Tableau 1) ci-dessous, adapté d'un dictionnaire de mathématiques allemand pour le 1^{er} cycle de l'enseignement secondaire :

Isométrie(s) laissant invariant le quadrilatère	nom du quadrilatère
symétrie axiale par rapport à une diagonale	cerf-volant
symétrie axiale par rapport à une médiane	trapèze isocèle
symétrie centrale	parallélogramme
symétrie centrale et symétrie axiale par rapport à une diagonale	losange
symétrie centrale et symétrie axiale par rapport à une médiane	rectangle
symétrie centrale, symétrie axiale par rapport à une diagonale et symétrie axiale par rapport à une médiane	carré

Tableau 1 : Invariance par isométrie(s) des différents types de quadrilatères, d'après Schülerduden, 1999, p. 464.

Les inclusions entre les différentes familles de quadrilatères deviennent alors facilement compréhensibles et peuvent être représentées dans « La maison des quadrilatères ». Tout segment reliant un quadrilatère à un quadrilatère de l'étage inférieur matérialise la relation logique : « ... est un ... » (figure 3).

La maison des quadrilatères

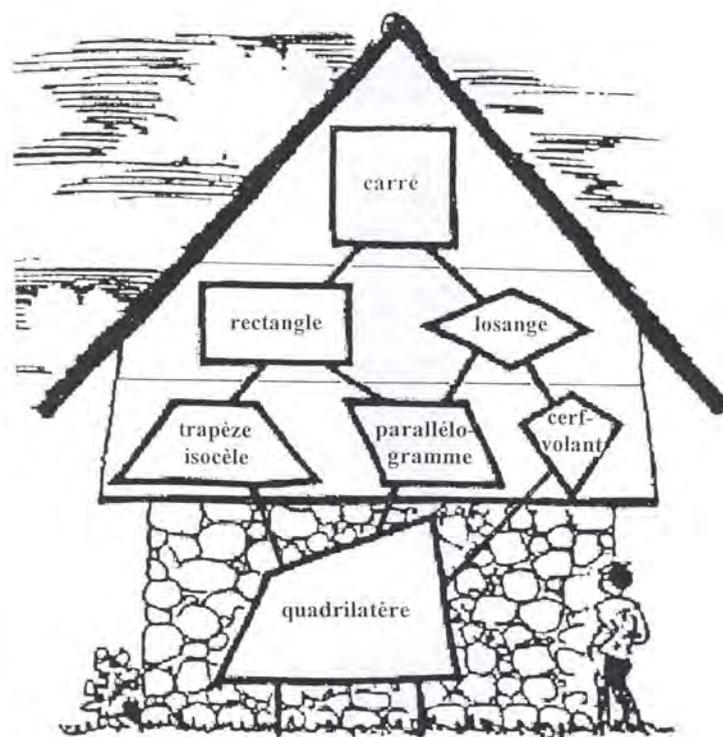


Figure 3 : « La maison des quadrilatères »,
d'après le manuel : Bentzinger & Hofsäss, 1995, p. 40.

Remarque

À partir de ces définitions, on peut ensuite trouver de manière dynamique les propriétés géométriques de chaque type de quadrilatère. Par exemple,

Un parallélogramme est invariant par demi-tour - par lequel ses côtés opposés s'échangent -, donc :

- ses côtés opposés sont parallèles et ont même longueur ;
- ses secteurs angulaires opposés ont même angle ;
- ses diagonales se coupent en leur milieu commun (d'après Bettinelli, 1993, p. 50).

III – ÉTUDE COMPARÉE DE LA RÉOLUTION DE PROBLÈMES

Les programmes officiels de part et d'autre du Rhin soulignent l'importance de la résolution de problèmes et les compétences que cette activité permet de développer.

En France, on observe une approche plus intellectualisée, avec un intérêt marqué d'une part pour les savoirs visés et d'autre part pour la didactique à mettre en œuvre (gestion de l'activité de résolution de problèmes, avec les différentes étapes de son déroulement).

Dans le Bade-Wurtemberg, la démarche préconisée se veut toujours proche des préoccupations, des connaissances et de l'environnement de l'enfant ; on y met l'accent sur les modes de résolution (mode concret avec du matériel issu de l'environnement ou du matériel didactique choisi en fonction de l'objectif visé, ou mode abstrait, en se plaçant sur le plan de la représentation) et le questionnement qui accompagne l'activité de l'élève et lui donne sens. Les problèmes qui sont proposés sont majoritairement des *Sachaufgaben*, c'est-à-dire des situations qui ont trait à l'environnement de l'enfant. Elles font intervenir des grandeurs diverses et impliquent une modélisation. On voit également apparaître aujourd'hui dans les manuels récents de plus en plus d'activités à contexte interne aux mathématiques, comme c'est le cas en France.

III – 1 L'approche française

« Les problèmes constituent tout à la fois la source, le lieu et le critère de l'appropriation des connaissances mathématiques. La source, parce que c'est la prise de conscience qu'il y a un problème nouveau à résoudre, qu'on est en présence d'une situation qui "fait problème", qui va déclencher le besoin de nouvelles connaissances. Le lieu, dans la mesure où l'activité déployée pour venir à bout du problème peut être l'occasion de la construction de ces connaissances nouvelles. Et le critère enfin, parce que c'est seulement lorsque l'élève sera capable de mobiliser les connaissances ainsi construites, à bon escient et de façon autonome, pour traiter de nouveaux problèmes, qu'elles pourront être considérées comme réellement acquises » (Charnay, 1999, p. 70).

Quatre types de problèmes sont évoqués dans les programmes et peuvent être associés à des objectifs d'apprentissage différents

1. Problèmes dont la résolution vise la construction d'une nouvelle connaissance (situations-problèmes) ;
2. Problèmes destinés à permettre le réinvestissement de connaissances déjà travaillées, à les exercer ;
3. Problèmes plus complexes que les précédents dont la résolution nécessite la mobilisation de plusieurs catégories de connaissances ;
4. Problèmes centrés sur le développement des capacités à chercher : en général, pour résoudre ces problèmes, les élèves ne connaissent pas encore de solution experte.

III – 2 L'approche allemande

Dans le cadre du *Sachrechnen*, c'est-à-dire de la résolution de problèmes issus de l'environnement et de la vie quotidienne de l'enfant, il s'agit de développer chez les élèves la capacité à traduire une situation donnée dans un modèle mathématique, à traiter ce dernier à l'aide des savoirs et savoir-faire disponibles et à trouver une solution, dont on vérifiera la plausibilité.

La didactique allemande attribue les fonctions suivantes au *Sachrechnen* (d'après Krauthausen et Scherer, 2001, pp. 75 - 77) :

- Le *Sachrechnen* qui permet l'apport de connaissances. En particulier celles relatives aux grandeurs et à leur mesure (exemple : évaluer une durée à l'aide d'un pendule de longueur 25 cm ; 1 oscillation dure alors 1 s).
L'objectif général de ces activités est l'ouverture à l'environnement ;

- Le *Sachrechnen* comme principe d'apprentissage.
Il est ici au service de la compréhension des mathématiques et de la motivation et a pour cadre des problèmes liés à l'environnement : les situations concrètes correspondantes peuvent permettre le déclenchement de processus d'apprentissage, l'illustration ou l'application de concepts et de procédures mathématiques (exemple : combien y a-t-il d'heures dans une année ?) ;
- Le *Sachrechnen* vu comme objectif d'apprentissage, c'est-à-dire comme contribution à l'ouverture à l'environnement.
Les situations liées à l'environnement sont clarifiées et analysées de manière critique grâce à la modélisation mathématique ; cela implique qu'il convient de savoir reconnaître les limites du savoir mathématique. Ce type de situation présente souvent des aspects qui ne peuvent pas être traités à l'aide de cette seule discipline. Toutefois son intérêt est de permettre une analyse des situations au plan des quantités, des structures géométriques et des relations. (exemple : traitement des déchets ; nombre de bouteilles en plastique vidées par les enfants d'une classe, d'une école, par une population donnée, ...).

Voici une classification des problèmes allemands

- *Sachbilder* : images qui représentent clairement une quantité ou une égalité entre nombres ;
- *Eingekleidete Aufgaben* (problèmes habillés) : textes traduisant une opération ou un concept mathématique, sans rapport avec la réalité (exemple : 420 l d'un liquide sont versés dans 3 récipients...) ou *Denkaufgaben* (énigmes) (exemple : 14 animaux de la ferme – poules et vaches – ont 36 pattes...) ;
- *Textaufgaben* : énoncés de problèmes contextualisés dont la difficulté principale est de traduire un texte écrit en langue naturelle en langage mathématique (exemple : gestion du budget d'un ménage) ;
- *Sachaufgaben* : énoncés de problèmes pour lesquels la compréhension de l'environnement joue un rôle important – certaines données manquantes devant éventuellement faire l'objet de recherches de la part des élèves – et où les mathématiques interviennent en tant qu'outils (exemple : organisation d'une sortie scolaire ; coût, ...) ;
- *Rechengeschichten* : histoires à inventer à partir d'un calcul ou d'un arbre de calcul, ou calcul à trouver à partir d'une histoire.

III – 3 Remarque

Comme en France, on s'oriente en Allemagne également vers des problèmes à contexte interne aux mathématiques. Voici un énoncé publié dans un livre allemand de didactique des mathématiques :

Avec 10 cartes sur lesquelles sont écrits les 10 chiffres, on forme 2 nombres à 5 chiffres qu'il s'agit d'additionner ou de soustraire.

- Peut-on avoir une somme maximale ? minimale ?
- Peut-on avoir une différence maximale ? minimale ?

- La somme peut-elle être égale à 50 000 ou alors, dans quelle mesure peut-on s'en approcher le plus ?

(d'après Wittmann & Müller, 1992, p. 120, cité dans Krauthausen et Scherer, 2001, p. 140).

IV – L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES EN LANGUE ÉTRANGÈRE

Introduction

L'**enseignement bilingue** est un moyen de favoriser l'accès de l'apprenant au bilinguisme.

Définition

Un individu est dit **bilingue** s'il est capable, dans une situation de communication qui l'exige, d'utiliser spontanément et avec succès une deuxième langue. (D'après Graf & Tellmann, 1997, p. 245).

IV – 1 Présentation succincte de l'enseignement bilingue

Quelques limites de l'enseignement traditionnel des langues

- Les élèves manifestent peu d'intérêt pour l'apprentissage de règles abstraites ;
- leurs erreurs sont rejetées ou ignorées ;
- les supports didactiques censés favoriser la communication (sous la forme de dialogue) sont souvent peu intéressants, faisant référence à des situations stéréotypées de la vie quotidienne et ne correspondant pas toujours aux centres d'intérêt des élèves, qui souhaitent aussi pouvoir exprimer des idées plus personnelles ;
- compte tenu des effectifs des classes, les élèves n'ont pas réellement le temps de développer des compétences en expression orale.

L'idée qu'une langue étrangère puisse non seulement être enseignée en tant qu'objet d'étude, mais être aussi moyen d'enseignement pour certaines disciplines non linguistiques a donc fait son chemin et les résultats sont encourageants.

Définition

L'**enseignement bilingue** est un enseignement où un certain nombre de disciplines sont enseignées en langue étrangère.

Lorsque ce nombre est supérieur à 50 % des disciplines, on parle **d'immersion** (par exemple au Canada).

IV – 2 Analyse critique (avantages et limites)

IV – 2.1 Les avantages

L'enseignement d'une discipline non linguistique (et plus particulièrement des mathématiques) en langue étrangère favorise l'apprentissage de cette langue

Voici quelques arguments

- Jean Petit défend le point de vue suivant à propos de l'apprentissage de l'allemand dans le cadre d'un enseignement par immersion :

« Il n'est pas question d'aborder l'allemand langue cible de manière frontale et grammaticale, mais de l'utiliser comme instrument pour se livrer à toutes sortes d'activités. Le cerveau de l'enfant et même celui de l'adulte sont ainsi faits qu'ils n'acquièrent véritablement une langue qu'en ayant la possibilité et l'obligation de l'utiliser pour ainsi dire comme bonne à tout faire. Il s'agit donc de jouer, danser, dessiner et faire de l'éducation physique en langue allemande. [...] Ultérieurement, l'allemand pourra et devra même être utilisé pour l'assimilation de savoirs disciplinaires : les mathématiques et les matières d'éveil (biologie, zoologie, étude du milieu) seront abordées en langue allemande » (Petit, 2001, p. 83) ;

- Les mathématiques constituent une matière dont les contenus sont marqués fortement par une structure logique interne ; cette dernière contribue à la compréhension de la langue étrangère utilisée. Voici quelques exemples :

jedes Quadrat ist ein Viereck
(un carré est un quadrilatère)

zwei plus drei gleich fünf
(deux plus trois égale cinq)

der blaue Turm ist größer als der gelbe
(la tour bleue est plus grande que la jaune)

Souvent les structures des phrases sont simples et certains termes de vocabulaire sont proches (exemple : pentagone = *Pentagon* = *Fünfeck*) ;

- La répétition de consignes analogues en mathématiques permet l'apprentissage de nouveaux mots et expressions.

L'enseignement bilingue favorise l'apprentissage des disciplines, en particulier des mathématiques

Voici quelques arguments

- Pour ce qui est des répercussions sur le développement cognitif, Jean Petit écrit, à propos des expériences d'immersion au Canada, où de nombreuses études séquentielles et longitudinales ont été conduites :

« [...] c'est justement entre l'âge de 10 ans et celui de 14 ans [...] que se manifeste la supériorité des bilingues précoces sur les monolingues dans les domaines de la conceptualisation, de la symbolisation, de la souplesse idéatoire, de la faculté d'abstraction et de la capacité de résoudre les problèmes (*problem solving ability*) » (ibid., p. 51) ;

- L'accès à certains concepts mathématiques abstraits est facilité, dès lors qu'on en connaît deux ou plusieurs désignations. En effet, l'apprenant prend ainsi conscience qu'un concept donné (signifié) peut être désigné de plusieurs façons

(plusieurs signifiants), ce qui lui permet de mieux l'appréhender tout en saisissant son caractère abstrait. Un apport de l'enseignement bilingue des mathématiques réside alors dans le fait qu'un même signifié est désigné en deux langues et admet donc au moins deux signifiants. Pour illustrer ce propos, on citera l'apprentissage des nombres en deux langues ;

- pour suivre, les élèves doivent se montrer plus attentifs et approfondissent donc davantage les contenus enseignés.

IV – 2.2 Les limites

- Il existe des thèmes qui ne sont pas abordés dans l'enseignement des disciplines, ce qui peut conduire à des lacunes dans l'apprentissage de la langue ;
- dans la plupart des pays, il reste à résoudre la question de la formation initiale et continue des enseignants, celle de l'élaboration de programmes d'enseignement et celle de la prépondérance de l'anglais ;
- des tensions entre enseignants de langues et enseignants de disciplines non linguistiques peuvent apparaître ;
- les parents craignent parfois que la langue maternelle soit négligée ou qu'ils ne parviennent plus à suivre leurs enfants dans les matières enseignées en langue étrangère, suite à une connaissance insuffisante de cette langue.

IV – 3 Thèse liée au choix des mathématiques comme discipline enseignée en langue étrangère

Dans le prolongement du point de vue de Jean Petit, selon lequel une langue étrangère peut également s'apprendre à travers la pratique des mathématiques (cf. § IV – 2.1), l'argumentation suivante, présentée sous une forme proche du syllogisme, apporte un éclairage nouveau :

- il est communément admis que pour apprendre à bien parler une langue (étrangère), il est souhaitable que l'apprenant essaie de « penser dans cette langue », c'est-à-dire d'initier sans traduction un processus de pensée à partir d'une sollicitation en langue étrangère et de réagir ou d'apporter une réponse directement dans cette langue étrangère ;
- la résolution de problèmes, qui est toujours associée à un moment de création, constitue une performance essentielle de la pensée ;
- ainsi, à travers la résolution de problèmes, les mathématiques constituent, lorsqu'elles sont enseignées et pratiquées en langue étrangère, une discipline (non linguistique) qui peut favoriser le développement de la « pensée dans cette langue ».

Cette dernière assertion constitue une thèse sur la base de laquelle peuvent être proposées des activités semblables à celles développées à partir des exemples suivants.

Exemples

Voici deux énoncés en allemand que l'on peut proposer à des enfants français ayant acquis les structures et un vocabulaire de base de la langue allemande suffisants.

1) Pour des élèves de 7 à 8 ans

Auf wie viele Weisen können sich 3 Personen auf 3 Stühle setzen?

(De combien de manières 3 personnes peuvent-elles s'asseoir sur 3 chaises ?)

2) Pour des élèves de 11 à 15 ans

Ich suche eine Zahl, deren Dreifaches gleich ihrem Quadrat ist

(Je cherche un nombre. Son triple est égal à son carré).

En ce qui concerne le premier exercice, ayant compris l'énoncé, les enfants peuvent s'engager dans la résolution en vivant la situation, en expérimentant avec des objets ou en imaginant les différentes dispositions, avec l'aide éventuelle d'un arbre de choix et ce, sans avoir besoin de recourir à une traduction. Compte tenu du fait qu'un détour par la langue maternelle est tentant et rassurant, on peut préciser aux élèves dès le départ que l'on souhaite que la solution soit donnée en allemand, ce qui devrait minimiser à leurs yeux l'intérêt d'une traduction à quelque moment que ce soit de la résolution.

Pour le second exercice, on s'assurera que les termes mathématiques intervenant dans l'énoncé sont bien compris. Les plus jeunes enfants pourront procéder par essais et erreurs, alors que les élèves plus âgés seront conduits à résoudre une équation. On les incitera à s'exprimer en allemand tout au long de la résolution et à présenter leurs recherches et leurs solutions dans cette langue, en argumentant le cas échéant.

Remarque

Ces exercices présentent une difficulté importante, liée à la demande d'utilisation de la seule langue étrangère. Mais la pratique régulière et fréquente d'activités de ce type devrait permettre aux élèves de la surmonter et de parvenir petit à petit à « penser en langue étrangère ».

IV – 4 Éléments pour la mise en œuvre d'un enseignement bilingue des mathématiques

IV – 4.1 Quelques remarques préliminaires

La formule d'immersion précoce totale au Canada a fait l'objet de nombreuses études dont les résultats sont largement concordants. L'une des plus importantes d'entre elles par son ampleur et sa rigueur, celle conduite par Wallace E. Lambert, Fred Genesee, Naomi Holobow et Louise Chartrand, dont les conclusions ont été publiées en 1993, souligne les résultats très satisfaisants concernant les compétences réceptives (compréhensions orale et écrite) en langue étrangère que ce type d'enseignement permet de développer (Lambert et al., 1993, pp. 3-22).

En ce qui concerne les compétences productives (expressions orale et écrite), cette étude s'est surtout intéressée aux compétences orales, à propos desquelles elle est plus nuancée. Elle montre que ces compétences sont d'autant plus affirmées que les échanges en langue étrangère des apprenants avec des locuteurs natifs de cette langue sont importants. Ces observations peuvent être rapprochées des résultats très positifs constatés dans les écoles européennes en ce qui concerne l'expression orale en langue étrangère des élèves. Il est vrai que le contexte de ces écoles, qui mettent en œuvre un

enseignement bilingue et qui scolarisent parfois dans une même classe des enfants dont les langues maternelles recouvrent les principales langues véhiculaires d'Europe, favorise des échanges réguliers et très fréquents avec des locuteurs natifs des différentes langues apprises.

Les études menées sur l'immersion précoce totale au Canada suggèrent qu'il convient de familiariser les enfants le plus tôt possible avec la langue étrangère. Certaines, comme celle de Swain, montrent également que l'apprentissage de la lecture et de l'écriture gagne à être fait en une seule langue (soit la langue maternelle, soit la langue étrangère) et à être bien installé, avant le passage à l'autre langue, afin que les enfants parviennent à bien séparer les deux systèmes d'écriture (Swain, 1986, pp. 37-56).

IV – 4.2 Proposition pour la mise en œuvre d'un enseignement bilingue des mathématiques

- Avant l'école élémentaire : mise en place d'activités diverses – au moins 3 h par semaine – conduites en langue étrangère par un locuteur natif, qui comprend la langue maternelle de l'élève, mais essaie, autant que faire se peut, d'échanger avec lui en langue étrangère. Ces activités préparent les élèves à recevoir l'enseignement de certaines disciplines – dont les mathématiques – en langue étrangère. L'enfant dispose à la fin de l'école préélémentaire de structures et d'un vocabulaire de base pour des échanges oraux élémentaires (cf. situations en Alsace et dans le Bade-Wurtemberg) ;
- Au cours des deux premières années de l'école élémentaire : les mathématiques sont enseignées dans la langue étrangère - si possible par un locuteur natif -, en suivant les programmes officiels en vigueur dans le pays. La possibilité d'alternance codique (*codeswitching*) existe en cas de nécessité. Dès que les enfants sont suffisamment à l'aise dans l'apprentissage de la lecture et de l'écriture, on utilise également le code écrit (par exemple à partir du milieu de la 1^{ère} année) ;
- Au cours des années suivantes : la moitié de l'horaire en mathématiques est assurée en langue étrangère et l'autre moitié en langue maternelle. On veillera à ce que le plus grand nombre possible de domaines mathématiques puisse être abordé alternativement dans les deux langues. Afin que les enfants puissent bénéficier également d'apports liés à la culture du pays dont on étudie la langue, il est souhaitable que l'enseignement en langue étrangère soit assuré par un locuteur natif. L'intervention des deux enseignants dans la même classe suppose une bonne entente mutuelle et un important travail de coordination ;
- Des échanges réguliers et fréquents, avec la conduite de projets communs, sont mis en place le plus tôt possible avec des enfants locuteurs natifs de la langue étudiée.

V – LA FORMATION DES MAÎTRES ASSURANT UN ENSEIGNEMENT BILINGUE DES MATHÉMATIQUES

Les séances de formation pourraient se dérouler selon le schéma suivant, sachant qu'elles ne traiteront qu'une partie des thèmes des programmes :

- proposer aux étudiants une activité liée au thème retenu, traitée en langue étrangère, par exemple un problème à résoudre ;
- expliciter en 2 langues les étapes importantes structurant l'enseignement dudit thème ;
- soumettre aux étudiants et commenter avec eux un lexique bilingue comprenant la traduction des mots, expressions et concepts importants liés au thème ;
- demander aux étudiants de préparer une séquence d'enseignement sur le thème, la mettre en œuvre dans une classe et l'analyser avec eux.

VI – CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La connaissance des langues européennes est appelée à jouer un rôle grandissant dans le cadre de la construction de l'Union européenne et des échanges économiques, politiques et culturels qu'elle implique. Il est vrai que le caractère de plus en plus affirmé de lingua franca de l'anglais pourrait conduire à donner la priorité à cette langue. Mais suivant un souhait partagé par les Européens et conformément à la politique engagée par l'Union, la diversité linguistique du continent doit être maintenue et aucune langue ne doit devenir langue véhiculaire unique. Chaque Européen doit donc se voir proposer la possibilité d'apprendre – outre l'anglais - au moins une deuxième langue étrangère.

Compte tenu des limites évoquées plus haut de l'enseignement traditionnel des langues vivantes, les différents systèmes éducatifs sont appelés à faire preuve d'esprit novateur dans la formation linguistique des élèves, sans alourdir leur volume global d'enseignement.

À ce défi, l'enseignement en langue étrangère de certaines disciplines – dont les mathématiques - apporte une réponse tout à fait satisfaisante, sous réserve que les différents États soient prêts à engager les moyens nécessaires, en particulier en matière de formation des maîtres de l'enseignement bilingue.

BIBLIOGRAPHIE

BENTZINGER W. & HOFSSÄSS G. (1995) Kurs Mathematik 8., *Diesterweg, Frankfurt / Main*.

BETTINELLI B. (1993) *La Moisson des Formes, Aléas Éditeur, Lyon*.

CHAPIRON G., MANTE M., MULET-MARQUIS R. & PÉROTIN C. (2001) *Mathématiques 5^e, Collection Triangle. Édition spéciale pour le professeur, Hatier, Paris*.

CHARNAY R. (1999) *Pourquoi les mathématiques à l'école ?, ESF éditeur, 2^e éd., Paris*.

GRAF P. & TELLMANN H. (1997) *Vom frühen Fremdsprachenlernen zum Lernen in zwei Sprachen – Schulen auf dem Weg nach Europa, Lang, Frankfurt / Main*.

- JAILLET A. (1997) *Une Heimat de différence*, Les Cahiers pédagogiques, **359**.
- KRAUTHAUSEN G. & SCHERER P. (2001) Einführung in die Mathematikdidaktik, (Mathematik Primar- und Sekundarstufe), *Spektrum-Akad. Verlag, Heidelberg-Berlin*.
- LAMBERT W., GENESEE F., HOLOBOW N. & CHARTRAND L (1993) *Bilingual Education for Majority English-Speaking Children*, European Journal of Psychology of Education, vol. VIII, n° 1, Instituto Superior de Psicologia Aplicada, Lisboa.
- LEININGER P., ERNST G., KISTELLA A. & WALLRABENSTEIN H. (2003) Unser Rechenbuch für Klasse 1. Nussknacker, *Klett, Leipzig-Stuttgart-Düsseldorf*.
- PETIT J. (2001) L'immersion, une révolution, *Jérôme Do. Bentzinger Éditeur, Colmar*.
- SCHÜLERDUDEN (hrsg. und bearb. von der Redaktion Schule und Lernen) (1999) *Mathematik I, Dudenverlag, Mannheim*.
- SWAIN M. (1986) *A review of immersion education in Canada: Research evaluation studies*, in Cummins J. & Swain M. *Bilingualism in education: Aspects of theory, research and practice*, *Longman, London & New York*.