Ce que PISA pourrait encore apporter aux enseignants et aux décideurs quant aux apprentissages mathématiques

Eric Roditi, Franck Salles

Ce que PISA pourrait encore apporter aux enseignants et aux décideurs quant aux apprentissages mathématiques

Eric Roditi
Université Paris Descartes, Sorbonne Paris Cité
Laboratoire EDA (Éducation Discours Apprentissages)
eric.roditi@paris5.sorbonne.fr

Franck Salles
MEN-DEPP
Bureau de l'évaluation des élèves
franck.salles@education.gouv.fr

Résumé

Un regard didactique porté sur l'évaluation PISA de 2012 montre que les classifications utilisées par l'OCDE ne permettent pas de recenser précisément des informations indispensables aux enseignants et aux décideurs sur les apprentissages mathématiques des élèves. Les auteurs de cet article proposent une nouvelle classification des items permettant de distinguer différents niveaux d'utilisation des connaissances mathématiques pour résoudre les problèmes proposés. Ils cherchent ainsi à mieux connaître les acquis des élèves. L'étude effectuée confirme la pertinence de la classification, elle apporte également un nouveau regard sur certains résultats du PISA.

Afin de mesurer les acquis des élèves en mathématiques, l'OCDE utilise des catégories d'items comme celle des « domaines » (*quantité*, *incertitude et données*, *variations et relations*, *espace et formes*) ou des « processus psycho-cognitifs » en jeu dans la résolution d'un problème : *formuler* (mathématiser les situations de vie réelle), *employer* (travailler au sein du modèle mathématique) et *interpréter/évaluer* (mettre un résultat mathématique à l'épreuve d'une situation réelle). Les destinataires des résultats du PISA comme les enseignants et les décideurs manquent d'informations complémentaires pour qu'une telle enquête leur soit plus utile : quels sont précisément les connaissances acquises et quel est leur niveau d'acquisition ? Une étude a été réalisée par un groupe d'experts de la DEPP[1] composé d'enseignants, de formateurs, d'inspecteurs et d'un professeur des universités. Ce dernier et l'enseignant responsable du groupe sont les deux auteurs de cet article. L'étude a fait l'objet d'un rapport et d'un article détaillé (Roditi & Salles, 2015) dont sont extraits ici les résultats essentiels pour l'enseignement : apports pour l'analyse des items et pour l'interprétation des résultats du PISA.

1. Proposition d'une nouvelle classification des items

La référence à la didactique des mathématiques, telle qu'elle s'est développée en France depuis les années 1970, a conduit le groupe d'experts à différencier les items du PISA selon deux premières catégories de mise en fonctionnement des connaissances mathématiques : ceux pour lesquels la réponse repose uniquement sur la compréhension qualitative de contenus – concepts, théorèmes, etc. –, sans réalisation de la part de l'élève, et ceux qui nécessitent la mise en œuvre d'une procédure reposant sur des contenus mathématiques. Les items PISA de la première catégorie évaluent ainsi la compréhension d'un savoir mathématique en contexte, mais seulement en tant qu'*objet* ; ceux de la seconde catégorie évaluent, en revanche, l'acquisition de ce savoir en tant qu'*outil* (Douady, 1986).

Pour répondre aux questions qui évaluent le caractère *outil* des savoirs, l'élève doit mettre en fonctionnement une connaissance mathématique après s'être assuré de la pertinence de cette connaissance pour traiter la question posée dans le contexte indiqué. À la

[1] La Direction de l'Évaluation, de la Prospective et de la Performance (DEPP) est une direction du Ministère de l'Éducation nationale, elle contribue à l'évaluation des politiques qu'il conduit.

suite de Robert (1998), ces mises en fonctionnement sont distinguées suivant qu'elles sont plus ou moins suggérées par l'énoncé, suivant aussi le degré d'initiative demandée à l'élève. Cela correspond en effet, selon nous, à différents niveaux d'acquisition mathématique. Nous considérons ainsi trois niveaux de mise en fonctionnement des connaissances mathématiques.

Le premier d'entre eux est celui où l'élève effectue une tâche courante et obtient directement le résultat attendu par la mise en œuvre d'une procédure, souvent unique, qui est indiquée ou suggérée par l'énoncé, et dont les programmes scolaires permettent de penser qu'elle est automatisée pour les élèves. Les items correspondant à ce premier niveau de mise en fonctionnement sont regroupés dans une catégorie appelée « Mise en fonctionnement directe d'une procédure » ou plus simplement « Directe ». Ceux qui relèvent du second niveau nécessitent que l'élève adapte ou transforme l'énoncé – les données ou la question posée – avant d'appliquer ses connaissances. La transformation peut prendre la forme d'une transformation d'information (conversion d'unité, mise en équation d'un problème, traduction d'une propriété géométrique par une relation numérique dans un système de coordonnées, etc.) ou d'un changement de *registre sémiotique* (Duval, 1995). Tous ces items ont été regroupés dans une catégorie appelée « Mise en fonctionnement d'une procédure avec adaptation de l'énoncé » ou plus simplement « Adaptation ». Dans les items du troisième niveau, la mise en fonctionnement des contenus nécessite que l'élève, de manière autonome, introduise un ou plusieurs intermédiaires : décomposer une question en plusieurs étapes ; considérer une nouvelle variable combinant deux variables déjà explicitées ; introduire une fonction là où deux variables étaient indiquées avec une relation numérique les reliant ; etc. Les items de ce type sont regroupés dans une catégorie appelée « Mise en fonctionnement d'une procédure avec introduction d'intermédiaires » ou plus simplement « Intermédiaires ».

La distinction de ces niveaux de mises en fonctionnement des connaissances (NMFC), qui portent sur leur dimension *objet* comme sur leur dimension *outil*, conduit à poser un nouveau regard sur les items du PISA ainsi que sur les résultats produits par ce programme.

2. Apports de la nouvelle classification pour l'analyse des items

L'analyse des items suivants illustre l'intérêt de cette classification par les NMFC : Direct, Adaptation et Intermédiaires. L'énoncé du premier item est celui de la figure n°1.

Question 1 : SAUCE

Vous préparez votre propre vinaigrette pour une salade.

Voici une recette pour préparer 100 millilitres (mL) de vinaigrette :

Huile pour salade	60 mL
Vinaigre	30 mL
Sauce soja	10 mL

De combien de millilitres (mL) d'huile pour salade avez-vous besoin pour préparer 150 mL de cette vinaigrette ?

Réponse : ....mL

Figure n°1. Un item de la catégorie « Directe »

Après avoir reconnu une situation de proportionnalité, l'élève doit appliquer ses connaissances sur cette notion dans un cas numériquement simple. La reconnaissance du savoir en jeu ici est fortement suggérée par la situation de la recette : elle est très familière pour les élèves et toujours reliée – souvent implicitement – à la notion de proportionnalité. Plusieurs méthodes sont possibles, mais toutes relèvent de la même procédure et du même registre numérique : passage à l'unité, coefficient de proportionnalité, produit en croix, etc. Il n’y a pas de conversion à effectuer. Cet item relève donc de la catégorie des questions nécessitant la mise en fonctionnement directe d’une procédure connue. La documentation produite par le PISA (OCDE, 2014) nous apprend que cet item du domaine « *quantité* » évalue le processus « *formuler* ». Elle ne dit rien des performances différentes des élèves aux problèmes de proportionnalité suivant que le tableau des données est présent ou qu’il doit être construit comme adaptation de l’énoncé, suivant la nécessité d’introduire le coefficient de proportionnalité comme un intermédiaire pour le calcul de la quatrième proportionnelle, etc. Bien qu’on sache que les problèmes de proportionnalité sont toujours difficiles pour beaucoup d’élèves (celui-ci est réussi par 56% des élèves de 15 ans scolarisés en France), de telles informations portant sur l’apprentissage de cette notion mathématiques pourraient constituer des résultats complémentaires important du PISA et seraient grandement utiles aux décideurs comme aux enseignants.

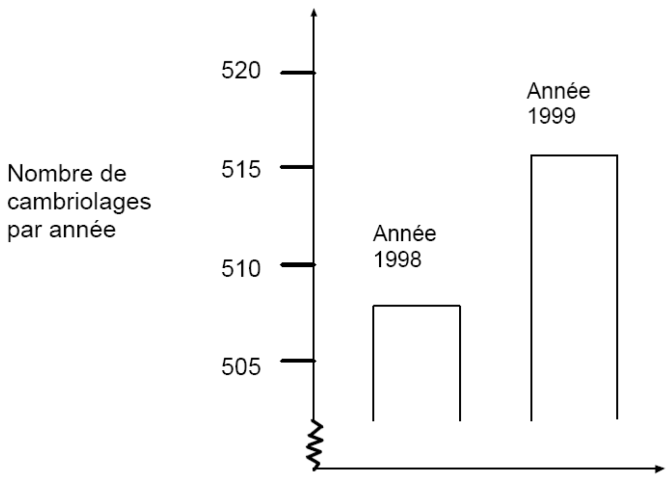
L’exercice suivant (figure n°2) demande davantage aux élèves quant à la mise en fonctionnement des connaissances : sa résolution repose sur une adaptation de l’énoncé. Cet item est ancien, mais les items libérés de l’enquête de 2012 ne permettent pas de couvrir l’ensemble de la classification que nous proposons.

CAMBRIOLAGES

Question 1 : CAMBRIOLAGES *M179Q01 - 01 02 03 04 11 12 21 22 23 99*

Lors d’une émission télévisée, un journaliste montre ce graphique et dit :

« Ce graphique montre qu'il y a eu une très forte augmentation du nombre de cambriolages entre 1998 et 1999. »



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

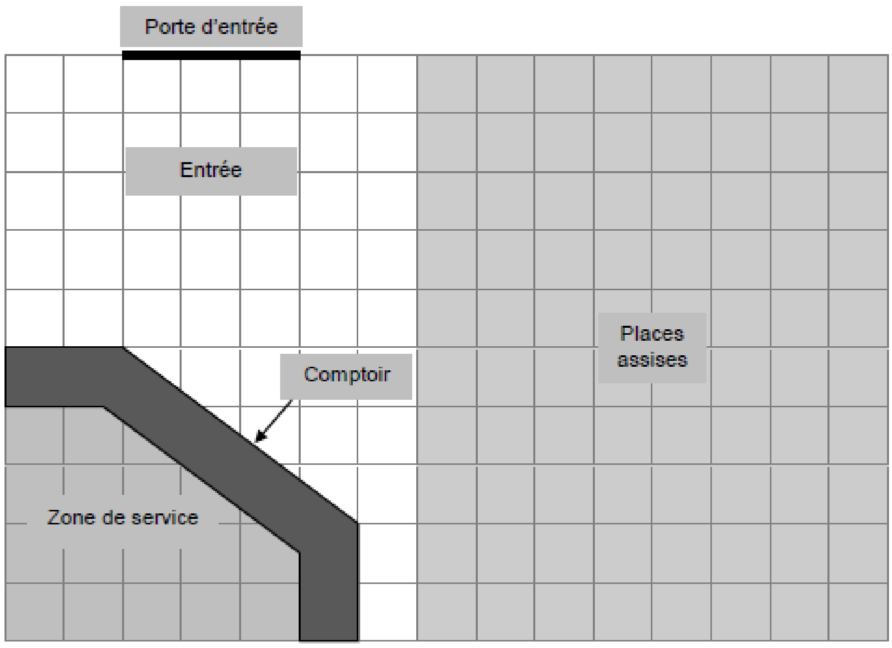
Figure n°2. Item libéré du PISA 2000 classé dans la catégorie « Adaptation »

La tâche proposée consiste à croiser deux informations : celle portée par un graphique et celle de l’affirmation d’un journaliste fictif à propos de ce graphique. L’analyse *a priori* de la tâche montre que le graphique laisse apparaître une différence importante de hauteur entre les deux barres représentant les cambriolages en 1998 et en 1999, et que l’élève doit relativiser cette information visuelle en se référant à l’axe des ordonnées dont l’origine n’est pas sur le graphique : le nombre de cambriolages passe de 507 à 516, il augmente de moins de 2%. L’élève doit donc adapter l’information visuelle du graphique qui devrait être celle à percevoir (c’est en effet le rôle d’un graphique) pour lui associer une variation quantitative précise. L’adaptation est légèrement induite par l’énoncé qui ne demande pas une lecture directe du graphique, mais de juger de la qualité de l’interprétation de ce graphique par un journaliste. L’item appartient donc à la catégorie de ceux nécessitant la mise en fonctionnement d'une connaissance (la lecture d'un graphique en barres) avec adaptation. La classification OCDE conduit à associer cet item au domaine « *incertitude et données* » et au processus psycho-cognitif « *interpréter* ». Comme l'analyse précédente le laissait prévoir, bien que la lecture directe des effectifs d'un diagramme en barres soit une connaissance acquise par de nombreux élèves de 15 ans scolarisés en France, l'item n'est pas bien réussi : moins d'un quart des élèves (24%) trouvent le commentaire erroné, et moins de 10 % peuvent expliquer la raison de cette erreur. Ici aussi, les analyses produites en référence à la didactique des mathématiques enrichissent celles du PISA.

Pour terminer l'illustration des apports de notre classification, analysons un item (figure n°3) nécessitant que l'élève, à son initiative, introduise des intermédiaires au cours de la résolution du problème.

Voici le plan du magasin de glaces de Marie, qu'elle est en train de rénover.

La zone de service est entourée d'un comptoir.



Remarque : Chaque carré de la grille représente 0,5 mètre sur 0,5 mètre.

Question 1 : CHEZ LE GLACIER

Marie veut installer une nouvelle bordure le long de la paroi extérieure du comptoir.
Quelle est la longueur totale de bordure dont elle a besoin ? Montrez votre travail.

Figure n°3. Un item de la catégorie « Intermédiaires »

Après lecture de l'énoncé et identification de la paroi extérieure du comptoir sur le plan, plusieurs méthodes de résolution sont possibles qui reposent sur des connaissances mathématiques différentes : mesure de la longueur du comptoir sur le dessin et application d'une échelle ; raisonnement géométrique fondé sur le théorème de Pythagore (après avoir introduit sur le plan un triangle rectangle dont l'hypoténuse est la partie oblique du comptoir) ; ou calculs trigonométriques. Savoir quelles sont les connaissances mises en fonctionnement par les élèves, selon quel niveau et avec quel succès semble une information importante qui, à n'en pas douter, intéresserait les enseignants. Le PISA retient seulement néanmoins que cet item relève de la géométrie (domaine espace et formes) et que le contexte n'a pas grande influence sur l'activité de l'élève puisque l'item a été classé dans la catégorie « *employer* ».

Cette classification fondée sur la mise en fonctionnement requise des savoirs mathématiques révèle ainsi des caractéristiques des items qui ne sont pas prises en compte par l'OCDE. Son utilisation sur l'ensemble du questionnaire du PISA 2012 apporte un éclairage nouveau aux résultats de l'enquête.

3. Les items mathématiques du PISA 2012 : domaines, NMFC et difficulté

Nous présentons ici deux analyses croisées successives des items : selon le domaine mathématique et le NMFC, puis selon le NMFC et la difficulté.

3.1. Domaines et NMFC des items

La répartition des 85 items selon les quatre NMFC confirme le choix de l'OCDE d'évaluer essentiellement la capacité à utiliser ses connaissances dans des situations issues de la vie réelle plutôt que l'acquisition de notions pour elles-mêmes en tant qu'objet. Seulement 7 items concernent en effet la compréhension qualitative d'un concept. Les 78 autres se répartissent assez équitablement selon les trois autres niveaux : 29 relèvent d'une mise en œuvre directe d'une procédure connue, 27 exigent une adaptation de l'énoncé et 22 nécessitent de prendre l'initiative d'introduire des intermédiaires.

Nous avons ensuite mené une analyse croisée des items suivant le domaine mathématique et le NMFC requis. Les résultats sont rassemblés dans le tableau n°1 où figurent, dans chaque case, l'effectif des items, à gauche, et le pourcentage-ligne, entre parenthèses à droite. En cas d'indépendance entre le domaine mathématique évalué et le NMFC, nous devrions observer des pourcentages globalement identiques au sein de chaque colonne.

Classifications		**Niveaux de mise en fonctionnement des connaissances**				
		Concept	*Directe*	*Adaptation*	*Intermédiaires*	*Total*
Domaines	*Espace et formes*	0 (0%)	2 (10%)	7 (33%)	12 (57%)	21 (100%)
	Incertitude et données	5 (24%)	7 (33%)	7 (33%)	2 (10%)	21 (100%)
	Quantité	0 (0%)	15 (68%)	4 (18%)	3 (14%)	22 (100%)
	Variations et relations	2 (9%)	5 (24%)	9 (43%)	5 (24%)	21 (100%)
	Ensemble	7 (8%)	29 (34%)	27 (32%)	22 (26%)	85 (100%)

Tableau n°1. Domaines mathématiques et NMFC

Les effectifs de la dernière colonne du tableau témoignent de la volonté des experts du PISA 2012 de répartir équitablement les questions suivant les quatre domaines. Les écarts de pourcentage qui apparaissent dans les quatre colonnes du tableau révèlent que les savoirs en jeu dans les items PISA ne sont pas évalués de manière équivalente. Ainsi, le champ « *quantité* » est essentiellement évalué par des tâches nécessitant la mise en œuvre directe d'une procédure connue (68% des items) alors que le champ « *espace et formes* » l'est le plus souvent par des problèmes nécessitant l'introduction d'intermédiaires (57% des items). Si le NMFC n'est pas indépendant de la difficulté, ce résultat éclaire les variations de performances selon les différents domaines. C'est ce que l'étude suivante va permettre d'apprécier.

3. 2. Difficulté et NMFC des items

La classification des items selon le niveau requis de mise en fonctionnement des connaissances s'effectue indépendamment de toute mesure de difficulté (réussite aux items). Les trois NMFC concernant les items qui portent sur le caractère *outil* des savoirs différencient toutefois ces items selon une activité mathématique de plus en plus riche et autonome. Un croisement entre NMFC et difficulté a donc été effectué, les résultats sont représentés par la figure n°4.

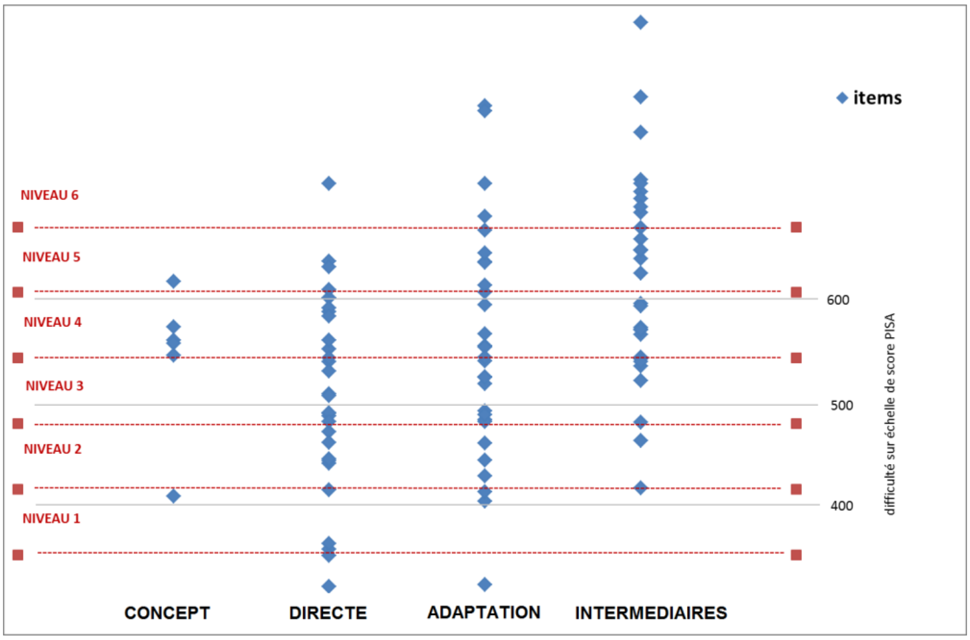


Figure n°4. Difficulté des items selon le niveau de mise en fonctionnement des connaissances

Le graphique met en lumière une dispersion relativement importante de la difficulté des items de chaque niveau de mise en fonctionnement, cela signifie que ce critère ne suffit pas pour déterminer la difficulté d'un item. Il montre aussi que les trois niveaux « directe », « adaptation » et « intermédiaires », qui correspondent à une exigence croissante de l'activité mathématique, correspondent également à une difficulté croissante pour les élèves. Les items de ces trois niveaux sont en effet réussis en moyenne par respectivement 59,3%, 46,8% et 33,9% des élèves scolarisés en France et, de manière comparable, par 59,8%, 45,1% et 34,8% des élèves scolarisés dans les pays de l'OCDE.

L'étude réalisée indique que le niveau de mise en fonctionnement constitue un facteur de difficulté mais ne l'explique pas à lui seul. D'autres facteurs interviennent comme, sans doute, la connaissance en jeu, la familiarité avec le contexte du problème, la lisibilité de l'énoncé, etc. Une étude parallèle à celle des NMFC a été réalisée qui montre que la longueur et la complexité du texte de l'énoncé constituent également des facteurs de difficulté. Ainsi avons-nous constaté que le niveau de performance en culture mathématique des élèves scolarisés en France varie selon leur niveau de maîtrise de la lecture. Les élèves moins bons lecteurs obtiennent une performance moyenne de 29,6% sur les items de culture mathématique, alors que les bons lecteurs obtiennent une performance moyenne de 65,1%, soit un écart moyen de 35,5 points de pourcentage. En outre, pour chaque item de mathématiques du PISA, les élèves meilleurs lecteurs réussissent mieux que les élèves moins bons lecteurs. Cette différence de réussite varie de 7 points de pourcentage pour la plus faible à 60 points de pourcentage pour la plus élevée.

Nous avons toutefois, dans ce texte, concentré nos analyses sur les NMFC qui nous paraissent davantage contribuer à la connaissance des acquis des élèves dans la culture mathématique. Les résultats obtenus ouvrent deux perspectives : 1°) apprécier la difficulté d'un item *a priori* par le NMFC requis pour y répondre ; 2°) relativiser les performances des élèves dans les différents domaines mathématiques selon les NMFC exigés dans ces domaines. Les NMFC permettent également d'éclairer sous un jour nouveau les performances des élèves selon différentes caractéristiques les concernant : sexe, catégorie socio-professionnelle et retard scolaire.

4. Nouvelles analyses selon différentes caractéristiques des élèves

La publication du PISA sur les réussites aux items de culture mathématique révèle notamment que les filles scolarisées en France, en moyenne, réussissent moins bien que les garçons : la différence de réussite est de 2,5 pp (points de pourcentage) à l'avantage des garçons). L'étude des NMFC apporte quelques informations supplémentaires. L'écart de performance à la faveur des garçons est de 1,5 pp pour les items qui requièrent la mise en œuvre directe d'une procédure connue et de 3,3 pp pour ceux qui nécessitent l'introduction d'un intermédiaire. Autrement dit, les filles sont d'autant plus en difficulté par rapport aux garçons que le NMFC requis est exigeant. Ce constat affine la connaissance des différences de performances entre filles et garçons et conduit à s'interroger sur la capacité du système éducatif français à former les élèves de manière équitable.

Une étude analogue a été menée concernant le lien entre les catégories socio-professionnelles (CSP) des élèves et leur réussite. Un des constats majeurs de l'étude PISA 2012 pour la France est que son système éducatif est fortement différenciateur : les élèves issus de milieux défavorisés obtiennent une performance moyenne de 39,4% de réussite contre 57,4% pour ceux de milieux favorisés, soit un écart de 18 pp. L'étude complémentaire menée par la DEPP montre que les différences de réussite selon les CSP restent stables lorsque le NMFC augmente. Autrement dit, les élèves de milieu défavorisé n'apparaissent pas plus désavantagés que ceux de milieu favorisé par l'exigence d'autonomie mathématique. Un tel résultat intéresse les didacticiens des mathématiques qui interrogent les pratiques enseignantes (Robert & Rogalski, 2002 ; Roditi, 2005 ; Vandebrouck, 2008, Peltier-Barbier, 2004, Charles-Pézard *et al.*, 2012) : dans les milieux socialement défavorisés, les enseignants proposent en effet surtout de tâches exigeant la mise en œuvre de procédures automatisées. Pour s'approprier les notions et les méthodes mathématiques, ces élèves ont peut-être davantage besoin de tâches où ils ont à s'impliquer et des initiatives à prendre.

Le dernier aspect étudié ici est celui du retard scolaire. L'étude du PISA révèle que les élèves ayant redoublé au moins une fois dans leur scolarité obtiennent une réussite moyenne de 28,9%, alors qu'elle est de 56,0% pour les autres, soit un écart de 27,1 pp. L'étude menée par la DEPP montre que la différence de réussite entre les élèves scolairement en retard et les élèves à l'heure n'est pas constante lorsque varie le niveau requis de mise en fonctionnement des connaissances. Ainsi, et peut-être contre l'idée qu'on pourrait avoir *a priori*, l'écart de performance est d'autant plus faible que le NMFC est élevé : 22,3 pp pour les tâches nécessitant l'introduction d'un intermédiaire contre 30,6 pp pour celles qui se réalisent par la mise en œuvre directe d'une procédure connue. Les élèves en retard sont donc davantage mis en difficulté par des tâches routinières que par celles qui nécessitent de faire preuve d'initiative. Ici encore, ces résultats invitent à s'interroger sur le système éducatif français et les pratiques des enseignants, en particulier sur les activités proposées aux élèves ayant rencontré des difficultés qui ont conduit à un redoublement au cours de leur scolarité.

Conclusion

Les enquêtes du PISA visent un suivi des acquis scolaires des élèves de 15 ans. En ce qui concerne ceux de la culture mathématique, le choix de l'OCDE est d'évaluer des compétences, c'est-à-dire des capacités à mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème en lien avec une situation de la vie réelle. Un regard didactique porté sur l'évaluation de 2012 ne peut manquer de pointer que l'OCDE ne se donne les moyens ni de recenser précisément les connaissances acquises des élèves (toutes les connaissances géométriques, par exemple, sont confondues au sein d'un même domaine) ni d'estimer le niveau d'acquisition de ces connaissances. Inversement, les didacticiens qui ont concentré leurs recherches sur les phénomènes d'enseignement et d'apprentissage des savoirs n'ont pas suffisamment développé d'outils théoriques et pratiques pour étudier la question de l'évaluation des connaissances des élèves.

Les auteurs de cet article ont conduit, au sein d'un groupe d'experts de la DEPP regroupant des représentants de l'enseignement, de la formation, de l'inspection et de la recherche, une étude qui repose sur une nouvelle classification des items permettant de distinguer différents niveaux de mise en fonctionnement des connaissances mathématiques et donc, d'une certaine manière, d'évaluer le niveau d'acquisition de ces connaissances. Quatre niveaux sont définis qui différencient les items nécessitant de faire preuve d'une compréhension qualitative d'une notion, de mettre en œuvre une procédure connue de façon directe, d'adapter les données ou la question de l'énoncé pour pouvoir y répondre, ou bien de faire preuve d'initiative en introduisant des intermédiaires pour résoudre le problème posé. Cette nouvelle classification permet de mettre en lumière des caractéristiques des items et des informations sur les apprentissages mathématiques que les outils des experts de l'OCDE laissent dans l'ombre.

L'étude ainsi menée montre que l'OCDE évalue peu la compréhension qualitative des concepts mathématiques. Elle n'évalue pas les compétences au sein des différents domaines mathématiques de manière équivalente relativement aux NMFC qui correspondent pourtant également, en moyenne, à un niveau de difficulté croissant pour les élèves. L'étude du cas de la France a conduit les auteurs à s'interroger sur l'enseignement des mathématiques dans leur pays en examinant les inégalités de performances selon le sexe, l'origine sociale ou le retard scolaire. Ils apportent des résultats importants pour les décideurs de l'Éducation nationale et les enseignants qui les conduisent à enrichir leur réflexion et leur questionnement sur, respectivement, leurs choix et leurs pratiques.

Références bibliographiques

Baudelot, C. & Establet, R. (1992). *Allez les filles !* Paris : Seuil.

Bodin, A. (2009). L'étude PISA pour les mathématiques. Résultats français et réactions. *Gazette de la SMF*, *120,* 53-67.

Charles-Pézard, M., Butlen, D. & Masselot, P. (2012). *Professeurs des écoles débutants en ZEP. Quelles pratiques ? Quelle formation ?* Grenoble, France : La Pensée Sauvage.

Chevallard, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en didactique des mathématiques*, *12*(1), 73-112.

Douady, R. (1986). Jeux de cadre et dialectique outil-objet. *Recherches en didactique des mathématiques*, *7*(2), 5-31.

Duval, R. (1995). Semiosis et pensée humaine: registres sémiotiques et apprentissages intellectuels. Berne: Peter Lang.

OCDE, 2014, Résultats du PISA 2012 : savoirs et savoir-faire des élèves : Performance des élèves en mathématiques, en compréhension de l'écrit et en sciences (Volume I), PISA, Éditions OCDE.

Peltier-Barbier, M.-L. (dir). (2004). *Dur d'enseigner en ZEP*. Grenoble, France : La Pensée Sauvage.

Robert, A. (1998) Outil d'analyse des contenus mathématiques à enseigner au lycée et à l'université. *Recherches en didactique des mathématiques*, *18*(2), 139-190.

Robert, A. & Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche. *La revue canadienne des sciences, des mathématiques et des technologies*, *2*(4), 505-528.

Roditi, E. (2005). Les pratiques enseignantes en mathématiques. Entre contraintes et liberté pédagogique. Paris, France : L'Harmattan.

Roditi, E., & Salles, F. (2015). Nouvelles analyses de l'enquête PISA 2012 en mathématiques. *Éducation et formations*, *86-87*, 236-267.

Vandebrouck, F. (dir.). (2008). La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants. Toulouse, France : Octarès.