



4

Cadre d'évaluation de la résolution de problèmes du cycle PISA 2012

Ce chapitre présente le cadre qui sous-tend l'épreuve informatisée d'évaluation des compétences individuelles en résolution de problèmes lors du cycle PISA 2012. Il en expose les fondements théoriques, décrit les recherches retenues pour l'étayer et définit les compétences en résolution de problèmes. La définition du domaine d'évaluation est analysée de façon approfondie, tout comme les trois éléments les plus importants de l'évaluation, à savoir le contexte des problèmes, la nature de leur situation et les processus cognitifs intervenant dans leur résolution.

La structure générale de l'évaluation et son administration informatisée sont décrites, tout comme l'interface de l'épreuve et les formats de réponse retenus. La répartition des items en fonction des contextes des problèmes, de la nature de leur situation et des processus cognitifs intervenant dans leur résolution est indiquée. Ce chapitre explique en particulier pourquoi l'épreuve inclut des problèmes qui demandent aux élèves d'entrer en interaction avec la situation pour découvrir des informations qui ne leur sont pas explicitement dévoilées. Enfin, des exemples d'items sont proposés. Ils sont commentés et la façon dont les données sur le cheminement et les réponses des élèves (enregistrées grâce à l'informatisation de l'épreuve) interviennent dans le codage est décrite.



INTRODUCTION

Inculquer des compétences en résolution de problèmes est un objectif central des programmes de cours de nombreux pays. Acquérir des compétences d'un niveau plus élevé en résolution de problèmes permet de continuer à apprendre, de participer réellement à la vie de la société et de mener des activités personnelles. Les citoyens doivent être capables d'appliquer ce qu'ils ont appris quand ils se trouvent face à des situations nouvelles. L'analyse des points forts des individus en résolution de problèmes permet de mieux cerner leur capacité à mener un raisonnement de base et à adopter d'autres démarches cognitives face aux défis que la vie leur réserve (Lesh et Zawojewski, 2007).

Contexte de l'évaluation lors du cycle PISA 2012

La résolution de problèmes a été incluse à titre de domaine d'évaluation lors du cycle PISA 2003. Voici quelques-unes des conclusions qui ont été tirées à l'issue de cette évaluation (OCDE, 2005) :

- Les élèves qui réussissent à résoudre des problèmes relativement complexes sont 70 % dans certains pays, mais moins de 5 % dans d'autres.
- Dans la plupart des pays, plus de 10 % des élèves sont incapables de résoudre des problèmes élémentaires.
- En moyenne, dans les pays de l'OCDE, la moitié des élèves sont incapables de résoudre des problèmes plus difficiles que des problèmes élémentaires.
- La façon dont le niveau de compétence des élèves en résolution de problèmes varie au sein même des pays est sensiblement différente d'un pays à l'autre.
- La façon dont le niveau de compétence des élèves varie au sein même des pays entre la résolution de problèmes et les autres domaines d'évaluation (les mathématiques, la compréhension de l'écrit et les sciences) est sensiblement différente d'un pays à l'autre.

Depuis la rédaction du cadre d'évaluation en résolution de problèmes du cycle PISA 2003 (OCDE, 2003a), de nombreuses recherches ont été menées sur plusieurs thématiques, dont la résolution de problèmes complexes, le transfert des acquis, l'évaluation informatisée des compétences en résolution de problèmes et l'évaluation à grande échelle des compétences en résolution de problèmes (voir, par exemple, Blech et Funke, 2005 ; Funke et Frensch, 2007 ; Greiff et Funke, 2008 ; Klieme, 2004 ; Klieme *et al.*, 2005 ; Leutner *et al.*, 2004 ; Mayer, 2002 ; Mayer et Wittrock, 2006 ; O'Neil, 2002 ; Osman, 2010 ; Reeff *et al.*, 2006 ; Wirth et Klieme, 2004). Ces recherches ont permis de mieux comprendre les facultés en résolution de problèmes et de mieux les évaluer.

Par ailleurs, les progrès accomplis dans l'élaboration des logiciels et la généralisation des réseaux informatiques ont permis d'améliorer l'efficacité et l'efficacé des évaluations, en offrant notamment la possibilité de soumettre aux élèves des problèmes dynamiques et interactifs, de les intéresser davantage et de recueillir plus d'informations sur leur cheminement lors de la résolution de problèmes. Concernant ce dernier point, ajoutons que l'administration informatisée de tâches permet de recueillir des données à propos de la nature, de la fréquence, de la durée et de l'enchaînement des actes posés par les élèves lorsqu'ils répondent aux items.

Dans ce contexte, il est donc indiqué d'inclure une nouvelle fois la résolution de problèmes parmi les domaines d'évaluation PISA et de concevoir à cet effet un nouveau cadre d'évaluation et de choisir des méthodologies d'évaluation qui permettent de recueillir des données en temps réel sur les facultés des élèves. C'est une épreuve informatisée qui a été retenue pour évaluer les compétences des élèves en résolution de problèmes lors du cycle PISA 2012, dont l'une des caractéristiques majeures est de cibler la façon dont les élèves entrent en interaction avec les problèmes.

L'évaluation des compétences en résolution de problèmes retenue lors du cycle PISA 2012 porte sur les compétences individuelles. Les compétences collaboratives – c'est-à-dire les compétences requises pour résoudre des problèmes en tant que membre d'un groupe – sont essentielles dans la vie professionnelle, car les travailleurs sont souvent membres d'une équipe composée de plusieurs spécialistes en poste dans des lieux différents. Toutefois, ces compétences n'ont pas été retenues lors du cycle PISA 2012 à cause des grandes difficultés qu'implique l'administration de tâches collectives dans une enquête internationale à grande échelle comme le programme PISA (Reeff *et al.*, 2006) et du temps requis pour concevoir une plate-forme informatisée d'administration.

Il ressort de nombreuses recherches que la résolution de problèmes dépend de stratégies et de connaissances dans des matières spécifiques (voir, par exemple, Mayer, 1992 ; Funke et Frensch, 2007). L'épreuve administrée lors du cycle PISA 2012 est conçue pour éviter autant que possible que des connaissances spécifiques soient requises afin de concentrer l'évaluation sur les processus cognitifs fondamentaux de la résolution de problèmes. Cette caractéristique



différencie les tâches de résolution de problèmes des tâches administrées dans les autres domaines d'évaluation PISA (la compréhension de l'écrit, les mathématiques et les sciences) qui font appel à des connaissances dans ces matières.

Il ressort également de recherches récentes que l'épreuve de résolution de problèmes doit privilégier les problèmes authentiques, relativement complexes, en particulier ceux qui impliquent des interactions directes de la part des répondants pour leur permettre de découvrir des informations. À titre d'exemple, citons les problèmes qui se posent souvent lors de la première utilisation d'appareils tels que des télécommandes, du matériel numérique personnel (les téléphones mobiles, par exemple), de l'électroménager ou des distributeurs automatiques. Ou encore ceux qui se posent dans des situations ayant pour cadre l'entraînement sportif, l'élevage, la culture de plantes et les interactions sociales. Des compétences en résolution de problèmes sont requises pour faire face à ce type de situations, et des éléments montrent que des compétences autres que les facultés classiques de raisonnement interviennent également (voir, par exemple, Klieme, 2004). C'est la première fois que des problèmes « interactifs » sont inclus dans une évaluation internationale à grande échelle, grâce à l'informatisation de l'administration de l'épreuve.

Un enseignement de qualité permet d'inculquer des compétences en résolution de problèmes. Les méthodes pédagogiques progressives, par exemple celles qui visent l'apprentissage par la résolution de problèmes ou le questionnement, et la réalisation de travaux individuels et collectifs, peuvent être utilisées pour améliorer les facultés de compréhension des élèves et les préparer à appliquer leurs connaissances dans des situations inédites. L'enseignement de qualité promeut l'autorégulation de l'apprentissage et la métacognition, tout en développant les processus cognitifs en rapport avec la résolution de problèmes. Il prépare les élèves à raisonner à bon escient dans des situations qui ne leur sont pas familières et à combler leurs lacunes cognitives par l'observation, l'exploration et l'interaction avec des systèmes qui leur sont inconnus. L'épreuve informatisée de résolution de problèmes conçue en vue du cycle PISA 2012 vise à déterminer dans quelle mesure les élèves sont préparés à relever les défis inconnus que l'avenir leur réserve, sachant que les connaissances qui leur sont enseignées maintenant ne leur suffiront pas.

La résolution de problèmes dans le programme de l'OCDE d'évaluation des compétences des adultes

Le programme de l'OCDE d'évaluation des compétences des adultes a pour objet de mesurer, dans des environnements à forte composante technologique, les compétences en compréhension de l'écrit, en littératie, en numératie et en résolution de problèmes. Les épreuves sont administrées en face à face à des répondants âgés de 15 à 65 ans dont l'échantillon est prélevé dans les ménages. Le premier cycle a eu lieu en 2011, et ses résultats seront publiés en 2013.

L'évaluation des compétences en résolution de problèmes « dans des environnements à forte composante technologique »¹ se distingue de l'approche retenue lors du cycle PISA 2012 à deux égards. La première différence réside dans le fait qu'elle porte sur des problèmes à forte composante informatique, par exemple localiser et évaluer des informations sur Internet ou sur le site de réseaux sociaux, naviguer sur le web entre des pages non familières et déterminer quelles sont les informations pertinentes pour mener à bien une tâche et écarter celles qui ne le sont pas.

L'autre différence majeure tient au fait que pour résoudre les problèmes, les répondants doivent utiliser une ou plusieurs applications logicielles (arborescence de fichiers, navigateur, tableur, etc.). Dans l'enquête PISA, les technologies de l'information et de la communication (TIC) font partie intégrante de l'épreuve de résolution de problèmes, mais sont exclues de la définition du domaine d'évaluation. Des compétences élémentaires en informatique (savoir utiliser le clavier et la souris) suffisent pour passer l'épreuve informatisée de résolution de problèmes du PISA. Les logiciels courants sont des auxiliaires précieux pour résoudre des problèmes dans des environnements à forte composante informatique ; un niveau élevé de compétence en informatique est essentiel dans l'ère numérique d'aujourd'hui. Toutefois, l'épreuve PISA se concentre sur les processus cognitifs fondamentaux qui sont essentiels pour réussir à résoudre des problèmes, avec ou sans recours à l'informatique.

DÉFINITION DE LA NOTION DE COMPÉTENCE EN RÉOLUTION DE PROBLÈMES

L'épreuve de résolution de problèmes du cycle PISA 2012 a pour but d'évaluer les *compétences* individuelles en résolution de problèmes. Avant de définir ce que l'on entend par « compétences en résolution de problèmes » dans ce contexte, il est important d'expliquer ce que les chercheurs entendent par « problème » et par « résolution de problèmes ».

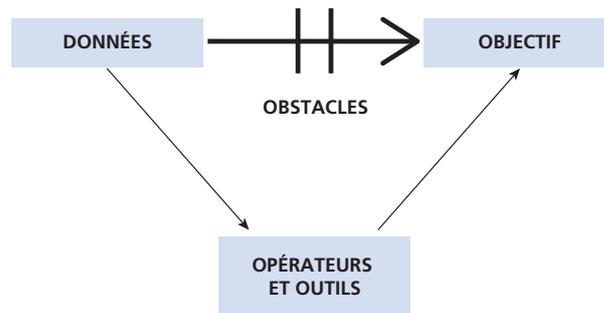
Définition de la notion de problème

Un problème se pose lorsqu'un individu s'est fixé un objectif, mais qu'il ne sait pas comment l'atteindre (Duncker, 1945). Cette définition est développée à la figure 4.1. La situation initiale (les données) correspond à ce que l'individu

connaît du problème au début et les opérateurs, aux actions qu'il peut envisager pour atteindre la situation cible (les résultats) avec l'aide des outils qu'il a à sa disposition. Des obstacles (par exemple, le manque de connaissances ou de stratégies évidentes) l'empêchent d'atteindre son objectif. Il doit donc les surmonter, ce qui implique non seulement la cognition, mais également la motivation et l'affect (Funke, 2010).

■ Figure 4.1 ■

Problème



Source : Frensch et Funke, 1995.

Prenons à titre d'exemple un problème simple : trouver l'itinéraire le plus rapide entre deux villes à l'aide d'une carte routière où les temps de trajet sont estimés et d'une calculatrice. La situation initiale correspond aux informations fournies – la carte où les temps de trajet sont estimés – et l'objectif, la réponse voulue – l'itinéraire le plus rapide. Les actions envisageables (les opérateurs) sont : choisir un itinéraire possible et calculer le temps de trajet y correspondant, puis le comparer au temps de trajet d'autres itinéraires. Un outil (en l'espèce, une calculatrice) est fourni pour faciliter le calcul des temps de trajet.

Définition de la notion de résolution de problèmes

En cohérence avec la définition de la notion de problème, Mayer (1990) définit la résolution de problèmes comme le traitement cognitif visant à aller d'une situation initiale vers une situation cible en l'absence de solution évidente. Cette définition recueille un large consensus parmi les chercheurs (voir, par exemple, Klieme, 2004 ; Mayer et Wittrock, 2006 ; Reeff *et al.*, 2006).

Définition de la notion de compétence en résolution de problèmes

Dans le cadre du cycle PISA 2012, la définition des compétences en résolution de problèmes se fonde sur les définitions communément admises de la notion de « problème » et de « résolution de problèmes » :

Les compétences en résolution de problèmes renvoient à la capacité d'un individu de s'engager dans un traitement cognitif pour comprendre et résoudre des problèmes, en l'absence de méthode de solution évidente, ce qui inclut sa volonté de s'engager dans de telles situations pour exploiter tout son potentiel de citoyen constructif et réfléchi.

Sans surprise, la première phrase de la définition est très proche de celle de la définition retenue lors du cycle PISA 2003. Toutefois, la définition de 2003² n'évoque que la dimension cognitive et souligne la nature transdisciplinaire de l'évaluation dans sa deuxième partie, alors que la définition de 2012 retient la dimension de l'affect, dans le droit fil de la définition de la notion de compétence adoptée par l'OCDE (OCDE, 2003a).

Ce qui distingue l'épreuve de 2012 de celle de 2003 n'est pas tant la définition des compétences en résolution de problèmes, c'est surtout le mode d'administration (l'épreuve est informatisée en 2012) et l'inclusion de problèmes que les répondants ne peuvent résoudre sans entrer en interaction avec les problèmes.

Les paragraphes suivants expliquent les différents passages de la définition de la notion de résolution de problèmes retenue lors du cycle PISA 2012 pour clarifier sa signification par rapport à l'évaluation.

Les compétences en résolution de problèmes...

Par compétences, on entend bien plus que la simple restitution d'acquis cumulés, à savoir la mobilisation par l'individu de ses savoir-faire cognitifs et pratiques, de sa créativité et d'autres ressources psychosociales telles que les attitudes, la



motivation et les valeurs (OCDE, 2003b). L'épreuve de résolution de problèmes administrée lors du cycle PISA 2012 est conçue pour évaluer non pas la capacité des élèves à restituer des connaissances propres à des matières données, mais bien les compétences cognitives qu'ils exploitent pour résoudre des problèmes qui ne leur sont pas familiers, qu'ils sont susceptibles de rencontrer dans la vie³ et qui ne se cantonnent pas aux matières scolaires traditionnelles.

Les connaissances antérieures sont importantes pour résoudre des problèmes. Toutefois, au nombre des compétences en résolution de problèmes figure la faculté d'acquérir de nouvelles connaissances et de les exploiter, ou d'utiliser des connaissances antérieures d'une façon inédite pour résoudre des problèmes inédits (qui sortent de la routine).

... renvoient à la capacité d'un individu de s'engager dans un traitement cognitif...

La résolution de problèmes est un processus interne qui a lieu dans le système cognitif des individus. Ce processus ne peut s'appréhender qu'indirectement, au travers des actes posés par les individus et de leurs résultats. Il amène notamment les individus à représenter et manipuler divers types de connaissances dans leur système cognitif (Mayer et Wittrock, 2006). Les réponses des élèves aux items – leurs stratégies d'exploration, les représentations qu'ils utilisent pour modéliser les problèmes, leurs réponses numériques et autres, ou la façon dont ils expliquent leur cheminement vers la résolution du problème – sont utilisées pour tirer des conclusions sur les processus cognitifs utilisés.

Le raisonnement créatif (divergent) et le raisonnement critique sont des composantes importantes des compétences en résolution de problèmes (Mayer, 1992). Le raisonnement créatif est une activité cognitive qui permet de trouver des solutions à des problèmes inédits. Le raisonnement critique va de pair avec le raisonnement créatif et permet d'évaluer des solutions possibles. L'épreuve administrée lors du cycle PISA 2012 cible ces deux composantes.

... pour comprendre et résoudre des problèmes...

Dans quelle mesure les individus parviennent-ils à relever les défis d'un problème et à s'approcher de sa solution ? En plus des réponses explicites aux items, l'épreuve vise à mesurer le cheminement accompli par les élèves sur la voie de la résolution du problème et à cerner les stratégies qu'ils adoptent pour ce faire. Le cas échéant, le déploiement de ces stratégies est suivi sur la base de données comportementales recueillies grâce à l'informatisation de l'épreuve : la nature, la fréquence, la longueur et l'ordre des interactions avec le système peuvent être enregistrées, puis utilisées lors du codage des réponses ou de l'analyse de la performance des élèves.

Pour résoudre un problème, l'individu doit commencer par admettre qu'un problème existe et comprendre la nature de la situation. Il doit ensuite cerner le ou les problèmes à résoudre, puis élaborer une solution et la mettre en œuvre, tout en suivant et en évaluant ses progrès pendant le processus.

Les problèmes qui se posent dans la vie réelle n'ont bien souvent pas qu'une solution unique ou exacte. De plus, les problèmes peuvent évoluer au cours du processus de résolution, que ce soit sous l'effet de leur nature dynamique ou de leurs interactions avec le répondant. Ces caractéristiques complexes ont été prises en compte lors de l'élaboration des tâches dans le but de concilier deux impératifs : la nécessité de proposer des situations authentiques et la faisabilité de l'épreuve.

... en l'absence de méthode de solution évidente...

En principe, le cheminement vers la solution ne doit pas apparaître d'emblée aux élèves. Des obstacles ou des informations manquantes vont jalonner leur parcours. L'évaluation ne porte sur des problèmes de routine (c'est-à-dire qu'une solution déjà apprise est de toute évidence applicable), mais sur des problèmes qui ne le sont pas : les élèves doivent activement explorer et comprendre les problèmes, et soit concevoir une nouvelle stratégie, soit appliquer une stratégie qu'ils connaissent dans un contexte différent pour aboutir à la solution.

La nature du problème – le fait qu'il soit de routine ou non – dépend de la mesure dans laquelle il est familier aux individus. Ce qui pose « problème » à un individu peut être évident pour un autre individu qui a déjà été amené à résoudre ce genre de cas. Dans cet esprit, nous avons pris soin de choisir des problèmes qui ne sont pas de routine pour la grande majorité des adolescents de 15 ans.

Les contextes ou les objectifs ne sont pas nécessairement peu familiers aux individus ; ce qui compte, c'est que les problèmes soient inédits ou que les moyens de les résoudre n'apparaissent pas d'emblée. Les individus doivent parfois explorer la situation du problème ou entrer en interaction avec cette situation avant de tenter de résoudre le problème. Les interactions directes sont possibles grâce à l'informatisation de l'épreuve lors du cycle PISA 2012.



... ce qui inclut sa volonté de s'engager dans de telles situations...

La résolution de problèmes est un processus personnel et dirigé, ce qui signifie que l'individu est guidé par ses objectifs personnels (Mayer et Wittrock, 2006). Les connaissances et compétences de l'individu contribuent à déterminer la facilité ou la difficulté avec laquelle il franchit les obstacles pour aboutir à la solution. Toutefois, l'activation de ces connaissances et compétences subit l'influence de facteurs en rapport avec la motivation et l'affect, tels que les convictions (la confiance en soi), l'intérêt et la capacité perçue de résoudre un problème (Mayer, 1998).

De plus, le contexte du problème (la mesure dans laquelle il est familier et compris), les ressources externes à la disposition de l'individu (l'accès à des outils, par exemple) et l'environnement dans lequel l'individu évolue (dans le cadre d'un examen, par exemple) influent sur la façon dont l'individu aborde le problème et s'y engage.

Les facteurs en rapport avec l'affect et la motivation ne sont pas évalués lors de l'épreuve cognitive de résolution de problèmes, mais le questionnaire « Élève » contient une série d'items permettant de mesurer la persévérance et l'ouverture à la résolution de problèmes en général. De plus, ce questionnaire comprend des questions qui offrent la possibilité de recueillir des informations sur les stratégies de résolution de problèmes des élèves (par exemple, s'adresser à quelqu'un qui s'y connaît, consulter les instructions, manquer de concentration, abandonner) lorsqu'ils sont confrontés à des situations problématiques.

... pour exploiter tout son potentiel de citoyen constructif et réfléchi.

La compétence est un facteur important qui contribue à aider les individus à façonner le monde et pas seulement à y faire face : « ...des compétences clés peuvent être bénéfiques à la fois pour les individus et les sociétés » (Rychen et Salganik, 2003). Les individus doivent « gérer leur vie de manière sensée et responsable en maîtrisant leurs conditions de vie et de travail » (*ibid.*). Ils doivent être capables de résoudre des problèmes pour exploiter tout leur potentiel de citoyens constructifs, engagés et réfléchis.

Nature de l'évaluation

L'épreuve de résolution de problèmes du cycle PISA 2012 ne contient pas de problèmes dont la résolution passe par l'utilisation de connaissances spécialisées, ni de problèmes qui pourraient raisonnablement être inclus dans l'un des trois grands domaines d'évaluation PISA. Les items se concentrent sur des situations de la vie courante, qui s'inscrivent dans un large éventail de contextes pour minimiser le biais des connaissances antérieures.

La mobilisation de connaissances antérieures ne suffit pas pour résoudre des problèmes qui se posent dans de nombreuses situations de la vie courante. Au lieu d'appliquer directement des connaissances acquises, les élèves doivent réorganiser des connaissances antérieures et les combiner à des connaissances nouvelles grâce à leurs facultés de raisonnement. Ils doivent combler les lacunes dans leurs connaissances au travers de l'observation et de l'exploration de la situation du problème. Cela passe souvent par des interactions avec un nouveau système, à la découverte des règles à appliquer pour résoudre le problème. L'épreuve de résolution de problèmes du cycle PISA 2012 donne la priorité à ce type de problèmes, ce qui s'est révélé réalisable grâce à son informatisation.

ORGANISATION DU DOMAINE

La façon dont le domaine est représenté et organisé détermine la conception de l'épreuve et, en fin de compte, les éléments qui peuvent être recueillis et présentés à propos du niveau de compétence des élèves. De nombreux aspects différents constituent le *construct*⁴, mais tous ne peuvent être pris en considération dans une enquête telle que l'étude PISA. Les aspects les plus importants doivent être identifiés pour permettre la conception d'une épreuve dont les items s'étendent sur un spectre de difficulté approprié et couvrent bien le domaine d'évaluation.

Les éléments clés du domaine d'évaluation retenus pour constituer l'épreuve de résolution de problèmes du cycle PISA 2012 sont les suivants :

- Le contexte du problème : le problème implique-t-il ou non une application technologique et se situe-t-il dans un contexte *personnel* ou *social* ?
- La nature de la situation du problème : le problème est-il *interactif* ou *statique* ?
- Les processus de résolution de problèmes : les processus cognitifs à mener pour résoudre un problème.

Les items ont été conçus pour évaluer dans quelle mesure les élèves réussissent à mener à bien les divers processus de résolution de problèmes dans les deux types de situations, dans un large éventail de contextes. Ces éléments clés sont décrits et illustrés dans les sections suivantes.



Le contexte des problèmes

La mesure dans laquelle le contexte d'un problème est compris par un individu et lui est familier influe sur sa difficulté à résoudre ce problème. Deux dimensions ont été identifiées pour que les items s'inscrivent dans un éventail de contextes authentiques qui intéressent les adolescents de 15 ans : la technologie (ou non) et sa situation (personnelle ou sociale).

Les problèmes qui se situent dans un contexte *technologique* se basent sur la fonctionnalité d'une application technologique, par exemple un téléphone mobile, une télécommande ou un distributeur automatique de billets. Il n'est pas nécessaire de connaître le fonctionnement interne de ces appareils : les élèves sont amenés à explorer et à comprendre la fonctionnalité d'un appareil, que ce soit pour se préparer à l'utiliser ou trouver la cause à l'origine de son dysfonctionnement. Les situations qui posent d'autres types de problèmes, par exemple établir un itinéraire, déterminer un emploi du temps ou prendre des décisions, se situent dans un contexte *non technologique*.

Par contextes *personnels*, on entend ceux qui se rapportent essentiellement à l'individu, à sa famille et à ses pairs. Les contextes dits *sociaux* sont ceux qui ont trait à la communauté ou à la société en général (y compris dans le monde du travail ou dans le cadre de l'enseignement supérieur). À titre d'illustration, un item qui consisterait à régler l'heure sur une montre à affichage numérique se classerait dans la catégorie des contextes *technologiques* et *personnels*, alors qu'un item qui consisterait à organiser l'emploi du temps d'une équipe de basket se classerait dans la catégorie des contextes *non technologiques* et *sociaux*. D'autres exemples sont fournis en fin de chapitre : la première unité de la section, qui traite du fonctionnement d'un lecteur MP3, s'inscrit dans un contexte *technologique* et *personnel*, tandis que la deuxième, qui porte sur le plan de table lors d'un repas d'anniversaire, s'inscrit dans un contexte *non technologique* et *social*.

Nature de la situation du problème

La façon de présenter le problème a des implications importantes sur la façon dont il peut être résolu. L'élément crucial est la mesure dans laquelle les informations sur le problème qui sont fournies dès le départ sont complètes. C'est le cas dans l'item consistant à trouver l'itinéraire le plus rapide qui est évoqué auparavant (voir la section « Définition de la notion de problème »). Dans l'enquête PISA, ces problèmes sont dits *statiques*. L'unité *REPAS D'ANNIVERSAIRE*, décrite dans la section « Exemples d'items PISA de résolution de problèmes », pose elle aussi un problème *statique*.

Par contraste, les problèmes peuvent se situer dans des situations *interactives*, ce qui veut dire que les élèves peuvent explorer la situation afin de découvrir des informations pertinentes supplémentaires⁵. La navigation en temps réel à l'aide d'un système de géolocalisation qui avertit des bouchons automatiquement ou à la demande est un exemple de situation *interactive*, tout comme l'unité *LECTEUR MP3* décrite dans la section « Exemples d'items PISA de résolution de problèmes ».

Les situations interactives de problèmes peuvent être simulées sur ordinateur lors d'une épreuve. L'inclusion de situations interactives dans l'épreuve informatisée de résolution de problèmes du cycle PISA 2012 permet de soumettre aux élèves des scénarios s'inspirant de la vie réelle qui sont plus authentiques que ceux qui leur auraient été soumis lors d'une épreuve papier-crayon. Les problèmes dans lesquels les élèves contrôlent et explorent un environnement simulé constituent une caractéristique distinctive de l'évaluation.

Une série de problèmes qui s'inscrivent dans des situations statiques est également incluse dans l'épreuve. Ces problèmes étaient généralement soumis dans des épreuves papier-crayon. Toutefois, l'épreuve informatisée offre de nombreux avantages, notamment celui de permettre la présentation d'un éventail plus large de scénarios impliquant des éléments multimédias (avec animation, par exemple), de donner accès à des applications en ligne et d'utiliser un grand nombre de formats de réponse qui se prêtent à un codage automatique.

De plus, certaines études donnent à penser que l'acquisition de connaissances durant l'exploration d'un environnement interactif et la façon dont ces connaissances sont appliquées sont des compétences distinctes de celles généralement associées à la résolution de problèmes statiques (voir Klieme, 2004 ; Wirth et Klieme, 2004 ; Leutner et Wirth, 2005). La combinaison de problèmes statiques et interactifs dans l'épreuve du cycle PISA 2012 permet donc d'évaluer plus largement les compétences en résolution de problèmes que *via* une simple épreuve papier-crayon.

Problèmes en situation interactive

Les problèmes en situation interactive se posent souvent avec des applications technologiques, par exemple des distributeurs automatiques de billets, des appareils de climatisation ou des téléphones mobiles que l'on utilise pour la première fois, en particulier lorsque leur mode d'emploi n'est pas clair ou n'est pas disponible. Comprendre comment



utiliser ces applications est un problème que tout le monde rencontre au quotidien. Dans ce type de situations, il est fréquent que des informations pertinentes ne soient pas disponibles d'emblée. Par exemple, le résultat de l'exécution d'une commande (appuyer sur un bouton de télécommande, par exemple) n'est pas nécessairement connu et ne peut être déduit : il faut l'inférer au travers d'une interaction avec le scénario, en l'occurrence appuyer sur ce bouton et formuler une hypothèse à propos de sa fonction compte tenu du résultat. En règle générale, l'exploration ou l'expérimentation sont indispensables en vue d'acquérir les connaissances requises pour utiliser l'application technologique. Le fait de chercher la cause à l'origine de la panne ou du dysfonctionnement d'une application est un autre scénario courant. Dans ce cas, il faut se livrer à un processus d'expérimentation pour recueillir des données sur les circonstances dans lesquelles l'application ne fonctionne pas.

Les situations interactives peuvent être dynamiques, ce qui signifie qu'elles évoluent sous l'effet de facteurs sans rapport avec les individus qui résolvent les problèmes (c'est-à-dire sans leur intervention)⁶. Un distributeur automatique de billets peut, par exemple, revenir au point de départ si l'utilisateur n'appuie sur aucun bouton pendant 20 secondes. Il faut observer un tel comportement autonome pour le comprendre et, donc, en tenir compte pour atteindre l'objectif voulu, en l'espèce acheter un billet.

Problèmes en situation statique

Les situations statiques peuvent poser des problèmes bien définis ou mal définis. Dans un problème bien défini, tel que celui de l'itinéraire le plus rapide (voir la section « Définition de la notion de problème »), l'état initial, l'état cible et les opérateurs autorisés sont clairement spécifiés (Mayer et Wittrock, 2006). Le problème ne s'inscrit pas dans une situation dynamique (celle-ci ne change pas d'elle-même durant le processus de résolution), toutes les informations pertinentes sont dévoilées dès le début et l'objectif est unique.

Parmi les autres problèmes bien définis, citons à titre d'exemple les problèmes classiques de puzzles logiques, tels que la Tour de Hanoï et les bidons d'eau (voir, par exemple, Robertson, 2001), les problèmes de prise de décision dans lesquels les individus doivent comprendre une situation impliquant un certain nombre de contraintes et d'options bien définies pour prendre une décision qui respecte les contraintes (par exemple, choisir le bon antidouleur sur la base d'informations suffisantes concernant le patient et sa plainte, et compte tenu des antidouleurs disponibles), et les problèmes de programmation, par exemple construire une maison ou créer un logiciel, lorsque les tâches à accomplir sont indiquées accompagnées de leur durée, et que les liens de dépendance entre elles sont précisés.

Mayer et Wittrock (2006) soulignent que « le matériel pédagogique met souvent l'accent sur des problèmes bien définis, alors que la plupart des problèmes qui se posent dans la vie réelle sont le plus souvent mal définis ». Ces problèmes mal définis, qui peuvent être soit statiques, soit interactifs, impliquent souvent d'atteindre plusieurs objectifs contradictoires, de sorte que des progrès sur la voie d'un objectif peuvent entraver des progrès sur la voie d'un ou de plusieurs autres objectifs. L'élaboration et le classement par ordre de priorité s'imposent pour trouver un équilibre entre les objectifs (Blech et Funke, 2010). À titre d'exemple, citons la recherche du « meilleur » itinéraire entre deux endroits – est-ce le plus court, le plus rapide, le plus direct, celui dont la durée varie le moins, etc. ? Autre exemple, la conception d'un véhicule qui serait puissant, bon marché, sûr et peu polluant, autant de caractéristiques qui pourraient être souhaitables.

Processus de résolution de problèmes

La conception des processus cognitifs qui interviennent dans la résolution de problèmes varie selon les auteurs, mais ceux-ci s'accordent à maints égards. Les processus identifiés ci-dessous sont dérivés des travaux sur la résolution de problèmes et le raisonnement de psychologues de la cognition (Baxter et Glaser, 1997 ; Bransford *et al.*, 1999 ; Mayer et Wittrock, 1996, 2006 ; Vosniadou et Ortony, 1989), ainsi que des travaux précurseurs de Polya (1945). Par ailleurs, des travaux récents sur la résolution de problèmes complexes et dynamiques (Blech et Funke, 2005, 2010 ; Funke et Frensch, 2007 ; Greiff et Funke 2008 ; Klieme, 2004 ; Osman, 2010 ; Reeff *et al.*, 2006 ; Wirth et Klieme, 2004) ont été pris en considération.

Il n'est pas postulé que les processus impliqués dans la résolution d'un problème donné sont séquentiels ou que tous les processus cités interviennent nécessairement dans la résolution d'un problème donné. Lorsque les individus abordent des problèmes authentiques inédits dans leur vie, qu'ils les structurent, qu'ils se les représentent et qu'ils les résolvent, ils peuvent s'orienter vers des solutions qui transcendent les limites des modèles linéaires, progressifs. La plupart des éléments dont nous disposons à propos du système de cognition confirment que le cerveau humain est capable de se livrer à des traitements d'informations parallèles (Lesh et Zawojewski, 2007).



Dans le cadre de l'évaluation des compétences en résolution de problèmes du cycle PISA 2012, les processus suivants ont été identifiés :

- *exploration et compréhension* ;
- *représentation et formulation* ;
- *planification et exécution* ; et
- *suivi et réflexion*.

Exploration et compréhension. Ce processus consiste à construire une représentation mentale de tous les fragments d'information présentés dans le problème. Il englobe les activités suivantes :

- explorer la situation du problème, c'est-à-dire l'observer, entrer en interaction avec elle et chercher des informations ainsi que des limites ou des obstacles ; et
- comprendre les informations fournies et les informations découvertes durant les interactions avec la situation du problème, et comprendre les concepts pertinents.

Représentation et formulation. Ce processus consiste à construire une représentation mentale cohérente de la situation du problème (c'est-à-dire un modèle de la situation ou du problème). Pour ce faire, il faut sélectionner les informations pertinentes, les organiser mentalement et les combiner avec des connaissances antérieures pertinentes. Il englobe les activités suivantes :

- représenter le problème *via* la conception de représentations graphiques, symboliques, verbales ou sous forme de tableaux, et naviguer entre les formats de représentations ; et
- formuler des hypothèses *via* l'identification des facteurs pertinents du problème et des relations entre eux, et *via* l'organisation et l'évaluation critique des informations.

Planification et exécution. Ce processus englobe les activités suivantes :

- planifier, c'est-à-dire fixer des objectifs, notamment clarifier l'objectif global et fixer des objectifs intermédiaires le cas échéant, et concevoir un plan ou une stratégie pour atteindre l'objectif fixé, notamment identifier les étapes à franchir pour y parvenir ; et
- exécuter le plan élaboré.

Suivi et réflexion. Ce processus englobe les activités suivantes :

- suivre les progrès sur la voie de l'objectif à chaque étape, notamment vérifier les résultats intermédiaires et finaux, détecter des événements imprévus et prendre des mesures correctives le cas échéant ; et
- réfléchir à des solutions sous divers angles, évaluer les hypothèses et d'autres solutions possibles de manière critique, identifier les informations manquantes, et clarifier et communiquer les progrès de façon adéquate.

Facultés de raisonnement

Tous les processus de résolution de problèmes dépendent d'une ou de plusieurs facultés de raisonnement. Les individus ont parfois à faire la distinction entre les faits et les opinions lorsqu'ils tentent de comprendre un problème, à identifier des relations entre variables lorsqu'ils formulent une solution, à identifier des causes et des effets lorsqu'ils sélectionnent une stratégie, et à organiser les informations de manière logique lorsqu'ils communiquent leurs résultats. Les facultés de raisonnement associées à ces processus sont au cœur de la résolution de problèmes. Elles sont importantes dans l'enquête PISA, car ce sont des compétences qui peuvent être inculquées et modélisées en classe (voir, par exemple, Adey *et al.*, 2007 ; Klauer et Phye, 2008).

Les facultés de raisonnement qui interviennent dans la résolution de problèmes sont, par exemple, celles qui permettent de faire un raisonnement déductif, inductif, quantitatif, corrélationnel, analogique, combinatoire ou multidimensionnel. Ces facultés ne s'excluent pas les unes les autres et, dans la pratique, les individus en utilisent plusieurs lorsqu'ils recherchent des éléments et testent des cheminements vers la solution d'un problème avant de choisir une méthode plutôt qu'une autre pour le résoudre. Les facultés de raisonnement sont largement représentées dans les items, car la difficulté des items dépend de la complexité et du type de raisonnement à mener pour les résoudre.



ÉVALUATION DU NIVEAU DE COMPÉTENCE EN RÉOLUTION DE PROBLÈMES

Structure de l'épreuve

L'épreuve informatisée de résolution de problèmes conçue en vue du cycle PISA 2012 dure 40 minutes. La batterie d'items de 80 minutes de test est divisée en quatre blocs d'items de 20 minutes. Dans les pays qui ont choisi de ne pas administrer les épreuves informatisées de mathématiques et de compréhension de l'écrit, les élèves répondront à deux des blocs, en fonction d'une rotation équilibrée. Dans les pays qui ont choisi d'administrer les épreuves informatisées de mathématiques et de compréhension de l'écrit, les élèves répondront à deux, un ou aucun des quatre blocs d'items, en fonction d'une rotation équilibrée distincte.

Comme le veut l'usage dans l'enquête PISA, les items sont regroupés en unités autour d'un stimulus commun qui décrit la situation du problème. Pour réduire le niveau de compétence requis en compréhension de l'écrit, les stimulus sont énoncés dans un langage aussi clair, simple et bref que possible (comme les tâches). Des animations, des images et des pictogrammes sont utilisés pour éviter de soumettre aux élèves des textes qui seraient trop longs. La difficulté en matière de calcul a également été réduite le plus possible, avec l'inclusion, le cas échéant, de totaux cumulés par exemple.

Il y a au total 16 unités, ce qui représente quelque 40 items répartis sur un spectre approprié de difficulté. Cette épreuve permettra d'identifier les forces et les faiblesses de groupes et de sous-groupes de la population concernant les processus cognitifs de résolution de problèmes.

Fonctionnalité de l'informatisation de l'épreuve

L'informatisation de l'épreuve de résolution de problèmes offre, entre autres avantages importants, la possibilité d'enregistrer des résultats intermédiaires et finaux, et de recueillir et d'analyser des données concernant les processus et les stratégies. Ce devrait être une contribution majeure du cycle PISA 2012 en matière d'évaluation du niveau de compétence en résolution de problèmes. Grâce à un référencement précis des items, des données concernant notamment la nature, la fréquence, la durée et l'enchaînement des actes des élèves pourront être recueillies.

L'épreuve ne demande que des compétences élémentaires en informatique, par exemple la capacité d'utiliser le clavier, la souris ou le pavé tactile, de cliquer sur des boutons, d'employer la commande « glisser-déposer », ou d'utiliser des menus déroulants et des hyperliens. Tout a été mis en œuvre pour faire en sorte que l'évaluation du niveau de compétence en résolution de problèmes soit le moins possible biaisée par la présentation des items et la nécessité d'utiliser l'informatique.

Les unités et les items qui les composent sont administrés dans un ordre déterminé, ce qui signifie que les élèves ne peuvent revenir à une unité ou à un item une fois qu'ils sont passés au suivant. À chaque fois que les élèves cliquent sur la flèche pour passer à l'unité ou à l'item suivant, une boîte de dialogue s'affiche pour les informer qu'ils ne pourront pas faire marche arrière. À ce moment, ils peuvent soit confirmer leur volonté de poursuivre, soit revenir à l'item qu'ils étaient sur le point de quitter.

L'interface de l'épreuve est la même dans tous les items (voir la figure 4.2) : le stimulus s'affiche dans la partie supérieure de l'écran et, séparée par un liseré, la question s'affiche dans la partie inférieure de l'écran. La division de l'écran en deux parties varie d'un item à l'autre, mais les élèves ne doivent jamais utiliser la barre de défilement pour afficher toutes les informations.

Dans le coin supérieur droit de l'écran, une barre indique le temps qu'il reste pour finir l'épreuve. Un autre indicateur de progression s'affiche dans le coin supérieur gauche : les items y sont groupés par unité et le numéro de l'item en cours est indiqué.

Caractéristiques de l'épreuve et difficulté des items

Dans l'ensemble, chaque item se concentre autant que possible sur un seul processus de résolution de problèmes. En conséquence, montrer que l'on reconnaît le problème suffit dans certains items et décrire la méthode à utiliser pour aboutir à la solution suffit dans certains autres. Dans beaucoup d'items toutefois, il est important de fournir la solution tout en adoptant une méthode efficace. Dans d'autres items, les élèves doivent évaluer les solutions proposées et choisir celle qui est la plus appropriée au problème posé. Inclure des items qui se concentrent sur un seul processus est approprié parce qu'en résolution de problèmes, les difficultés majeures pour la plupart des élèves tiennent à la représentation, à la planification et à l'autorégulation, alors que les cours donnent souvent la priorité à l'exécution (Mayer, 2003).

Certains problèmes sont plus complexes en soi que d'autres (Funke et Frensch, 2007). De plus, un problème plus complexe signifie bien souvent qu'il est plus difficile à résoudre. Le tableau 4.1 résume les caractéristiques qui varient selon les items pour couvrir le spectre approprié de difficulté. Ces caractéristiques ne s'excluent pas mutuellement et constituent en quelque sorte un ensemble de quatre facteurs (Philpot *et al.*, 2012) lors de l'analyse des problèmes administrés lors du cycle PISA 2012.

■ Figure 4.2 ■
L'interface de l'épreuve

FR-Programme international pour le suivi des acquis des élèves 2012

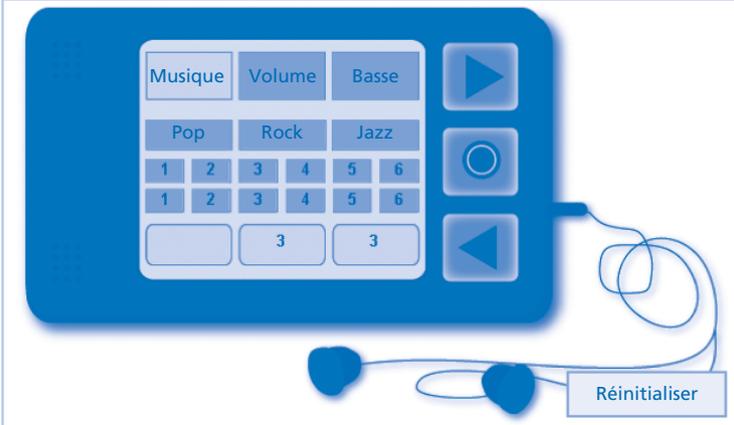
1
2
3

LECTEUR MP3

Un ami vous offre un lecteur MP3 que vous pouvez utiliser pour écouter ou archiver de la musique. Vous pouvez changer de style de musique, et augmenter ou diminuer le volume et le niveau des basses en cliquant sur les trois boutons affichés à l'écran.

(▶, ●, ◀)

Cliquez sur le bouton RÉINITIALISER pour revenir au réglage initial de l'appareil.



Question 1 : LECTEUR MP3 CP043Q03

Les réglages que vous avez choisis s'affichent dans les cases au bas du lecteur MP3. Déterminez si chacune des affirmations suivantes à propos du lecteur MP3 est vraie ou fausse. Pour chaque affirmation, sélectionnez « Vrai » ou « Faux » pour indiquer votre réponse.

Affirmation	Vrai	Faux
Il faut utiliser le bouton du milieu (●) pour changer de style de musique.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Il faut régler le volume avant de pouvoir régler le niveau des basses.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Une fois que l'on a augmenté le volume, on ne peut le diminuer que si l'on change le style de musique que l'on écoute.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

?

→

Réponses : formats et codage

Dans un tiers environ des items, les élèves doivent cocher une ou plusieurs cases, ou sélectionner une ou plusieurs options dans un menu déroulant pour y répondre. Il s'agit d'items à choix multiple simple, où une seule réponse est correcte, d'items à choix multiple complexe, où deux ou trois réponses distinctes doivent être sélectionnées, ainsi que des variantes de ces items, dans lesquels plusieurs réponses correctes doivent être sélectionnées dans une liste ou dans plusieurs menus déroulants. Tous ces items sont codés automatiquement.

Dans un peu plus de la moitié des items, les élèves doivent construire leur réponse d'une manière qui se prête à un codage automatique : ils doivent, par exemple, saisir un chiffre, faire glisser des formes, tracer des traits entre des points ou surligner la partie d'un diagramme.

Dans les autres items, les élèves doivent saisir leur réponse dans une zone de texte. Leurs réponses doivent être corrigées par des experts. Ces items sont utilisés lorsqu'il est jugé important de demander aux élèves d'expliquer le cheminement utilisé ou de justifier leur réponse.

Un système de codage en ligne a été créé pour faciliter le travail des correcteurs. Ce système, qui évite d'avoir à saisir des données, minimise le nettoyage des données et permet aux correcteurs de travailler où ils le veulent (pas nécessairement sur place).



Les items peuvent valoir un crédit partiel le cas échéant, par exemple lorsque le crédit complet s'applique à plusieurs réponses correctes ou qu'une stratégie correcte est choisie, mais mal exécutée. Les comportements (les stratégies d'exploration, par exemple) qui démontrent de façon fiable le niveau de compétence en résolution de problèmes, au-delà de la réponse aux items, sont enregistrés et interviennent dans le score.

Tableau 4.1
Caractéristiques des tâches

Caractéristique	Impact sur la difficulté des tâches
Volume d'informations	Plus il y a d'informations à prendre en considération, plus la tâche est susceptible d'être difficile.
Représentation des informations	Les représentations qui ne sont pas familières ou qui sont multiples (en particulier lorsqu'il y a plusieurs façons différentes de représenter les informations fournies) tendent à accroître la difficulté des tâches.
Degré d'abstraction	La mesure dans laquelle le scénario est abstrait ou concret influe sur le degré de difficulté d'une tâche. Selon toute vraisemblance, plus un scénario est abstrait, plus une tâche est difficile.
Degré de familiarité du contexte	Si un contexte est familier aux élèves, ceux-ci auront l'impression qu'ils disposent des outils pour résoudre le problème.
Visibilité des informations	Plus les élèves doivent découvrir des informations (l'effet d'opérations, le comportement autonome, la présence d'obstacles imprévus), plus la tâche est susceptible d'être difficile.
Complexité interne	La complexité interne d'une tâche s'accroît avec l'augmentation du nombre de ses composantes ou de ses éléments et de leur interdépendance (à cause de relations ou de contraintes). Les tâches d'une plus grande complexité interne sont susceptibles d'être plus difficiles.
Éloignement par rapport à l'objectif	Plus il y a d'étapes à franchir pour résoudre un problème, plus la tâche est susceptible d'être difficile.
Facultés de raisonnement requises	Le degré de difficulté de la tâche dépend de la complexité et du type de raisonnement à effectuer. Les tâches qui requièrent un certain type de raisonnement (par exemple, le raisonnement combinatoire) sont susceptibles d'être plus difficiles que les autres.

Problèmes interactifs

Les problèmes interactifs peuvent être basés sur des modèles formels sous-jacents dont les paramètres sont manipulés systématiquement pour entraîner la variation du degré de difficulté. Deux paradigmes sont utilisés : les équations différentielles linéaires et les automates finis.

Dans les situations de problème modélisées par des équations différentielles linéaires (aussi appelées équations structurelles linéaires)⁷, les individus doivent manipuler une ou plusieurs variables d'entrée (les commandes d'un climatiseur, par exemple) et constater les effets que cela a sur une ou plusieurs variables de sortie (la température ou l'humidité, par exemple). Les variables de sortie peuvent s'influencer les unes les autres de sorte que le système est dynamique. Parmi les situations pertinentes, citons celles en rapport avec les télécommandes, les thermostats, les mélanges de peintures et les écosystèmes.

Un automate fini est un système dont le nombre d'états, de signaux d'entrée et de signaux de sortie est fixe (Buchner et Funke, 1993)⁸. L'état suivant du système (et son signal de sortie) est uniquement déterminé par son état présent et le signal d'entrée spécifique. Dans les situations de problème basées sur ce modèle, les élèves doivent envoyer un signal d'entrée (généralement en actionnant des boutons) et déterminer l'effet que cela a sur l'état du système pour comprendre la structure du système et l'amener à l'état voulu. De nombreux appareils et contextes de la vie courante sont régis par les principes de l'automate fini, notamment les montres à affichage numérique, les téléphones mobiles, les fours à micro-ondes, les lecteurs MP3, les distributeurs automatiques de billets et les lave-linge.

Dans ce type de problèmes interactifs, tout l'enjeu est de faire ce qui suit (pour plus de précisions, voir Blech et Funke, 2005 ; Greiff et Funke, 2008) :

- Explorer : acquérir des connaissances sur la structure du système par le biais de l'exploration active ou dirigée (interaction). [*Les stratégies d'exploration sont suivies et enregistrées grâce à l'informatisation de l'épreuve.*]
- Identifier : formuler ou compléter la représentation du modèle mental du système élaboré durant l'exploration, sous forme graphique ou verbale. [*La précision du modèle contribue à l'évaluation des connaissances causales qui ont été acquises.*]
- Contrôler : c'est-à-dire appliquer concrètement les connaissances acquises – passer de l'état initial à l'état cible et (le cas échéant) perpétuer l'état cible dans le temps. Un modèle correct du système peut être fourni pour réduire la



dépendance par rapport aux items précédents. [Le transfert de connaissances acquises est évalué par ce biais.]

- Expliquer : décrire les stratégies adoptées pour atteindre un objectif, expliquer le fonctionnement d'un système ou identifier les causes probablement à l'origine du dysfonctionnement d'un appareil.

Les élèves peuvent déjà avoir une idée plus ou moins précise des relations entre les variables d'un système s'ils sont familiarisés avec des systèmes similaires dans la vie réelle. Comme ces connaissances antérieures varient entre les élèves, un éventail de problèmes courants dans la vie réelle est utilisé pour atténuer cet effet lors de l'évaluation. De plus, quelques contextes moins courants, mais attrayants et ludiques sont inclus : les élèves ne peuvent inférer les relations que *via* la manipulation et l'observation des variables du système.

La difficulté des problèmes de ce type dépend largement de la complexité interne des modèles formels qui sous-tendent les situations. Le degré de difficulté des items peut être choisi *via* la manipulation systématique de cette complexité, qui est déterminée par le nombre de variables en cause et la mesure dans laquelle elles sont corrélées. Par exemple, un problème n'impliquant que quelques variables peut être très facile à résoudre si les effets entre les variables d'entrée et de sortie sont directs, mais extrêmement difficile si ces effets sont multiples et si les variables de sortie s'influencent mutuellement.

Répartition des items

La répartition du score entre les processus cognitifs de résolution de problèmes lors de la campagne définitive est indiquée dans le tableau 4.2. Les fourchettes recommandées par le groupe d'experts chargé de la résolution de problèmes sont indiquées entre parenthèses. Le coefficient le plus élevé est attribué au processus *Planification et exécution*, en raison de l'importance de la capacité à cheminer vers une solution pour mener une tâche à bien. Un coefficient inférieur à la moyenne est attribué au processus *Suivi et réflexion*, car il fait partie intégrante des trois autres processus et est, dès lors, également évalué (indirectement) dans les items qui se concentrent sur ces trois processus.

Tableau 4.2

Répartition approximative du score en résolution de problèmes entre les processus cognitifs

Exploration et compréhension	Représentation et formulation	Planification et exécution	Suivi et réflexion	Total
21.4 % (20 - 25 %)	23.2 % (20 - 25 %)	41.1 % (35 - 45 %)	14.3 % (10 - 20 %)	100 %

Le tableau 4.3 indique la répartition des items entre les deux autres grandes dimensions du domaine d'évaluation, en l'occurrence le contexte des problèmes et la nature de leur situation. Dans ce tableau également, les fourchettes recommandées par le groupe d'expert sont indiquées entre parenthèses. La priorité clairement accordée aux problèmes interactifs par rapport aux problèmes statiques (le ratio est de l'ordre de deux pour un) s'explique par la décision de concentrer l'épreuve sur ce type important de problèmes, avec l'avantage que grâce à l'informatique, il est possible de les inclure pour la première fois dans une évaluation internationale à grande échelle. Quant à la priorité accordée aux contextes technologiques par rapport aux contextes non technologiques, c'est une manière de reconnaître le rôle sans cesse croissant que jouent les applications technologiques dans la vie courante. De plus, ce type de contextes se prête bien à la simulation dans une épreuve informatisée.

Il a été conseillé de tendre à l'équilibre entre les contextes personnels et sociaux, sous réserve des contraintes qu'impose le respect des répartitions recommandées entre les grandes dimensions indiquées dans les tableaux 4.2 et 4.3. Les contextes personnels représentent 59 % du score et les contextes sociaux, 41 % du score lors de la campagne définitive.

Tableau 4.3

Répartition approximative du score en résolution de problèmes par type de situation et de contexte du problème*

	Contexte technologique	Contexte non technologique	Total
Situation statique	11 % (10 - 15 %)	20 % (15 - 20 %)	31 % (25 - 35 %)
Situation interactive	45 % (40 - 45 %)	25 % (25 - 30 %)	70 % (65 - 75 %)
Total	55 % (50 - 60 %)	45 % (40 - 50 %)	100 %

* La variation des totaux s'explique par les arrondis.



PRÉSENTATION DU NIVEAU DE COMPÉTENCE EN RÉOLUTION DE PROBLÈMES

Comme dans les autres domaines d'évaluation PISA, les résultats à l'épreuve de résolution de problèmes seront résumés sur une seule échelle de compétence combinée, dont la moyenne est fixée à 500 points et l'écart type, à 100 points.

Les tâches plus faciles se situent dans la partie inférieure de l'échelle, et les tâches plus difficiles, dans la partie supérieure de l'échelle. L'échelle est divisée en niveaux afin de montrer et résumer l'augmentation du degré de difficulté des items.

Six niveaux de compétence sont décrits pour montrer dans quelle mesure les savoir-faire des élèves en résolution de problèmes s'enrichissent et pour permettre la comparaison de la performance des élèves entre les pays et économies participants et au sein même de ceux-ci. Le nombre d'items est insuffisant pour rendre compte des résultats sur des sous-échelles.

Les compétences caractérisant la performance des élèves à chaque niveau de l'échelle seront décrites après analyse des savoirs et savoir-faire à mobiliser pour mener à bien les tâches correspondant à leur niveau et des caractéristiques de ces tâches (voir le tableau 4.1). Selon toute vraisemblance, ce sont les facultés suivantes qui caractériseront les élèves très performants :

- Capacité de planifier et exécuter des solutions qui impliquent de réfléchir à un certain nombre d'étapes à franchir et de respecter de nombreuses contraintes, d'utiliser des facultés aiguisées de raisonnement, de suivre les progrès dans la réalisation d'un objectif tout au long du processus de résolution et de changer de stratégie le cas échéant.
- Capacité de comprendre des fragments disparates d'information et d'établir des liens entre eux, même s'ils sont représentés sous des formes non familières.
- Capacité d'entrer systématiquement en interaction avec les problèmes et de découvrir à dessein des informations cachées.

Les élèves qui n'ont pas atteint un niveau de base de compétence se caractériseront vraisemblablement au mieux par les facultés suivantes :

- Capacité de planifier et exécuter des solutions impliquant un nombre limité d'étapes.
- Capacité de résoudre des problèmes comportant une ou deux variables et une seule, voire aucune contrainte.
- Capacité de formuler des principes simples et de découvrir des informations cachées lors d'une exploration désordonnée.

SYNTHÈSE

Avec le cycle PISA 2012, c'est la deuxième fois que la compétence en résolution de problèmes est évaluée. En 2003, une épreuve papier-crayon avait été administrée pour évaluer les compétences transdisciplinaires en résolution de problèmes. Comme l'épreuve administrée lors du cycle PISA 2012 est informatisée, il a été possible d'y inclure des items qui demandent aux élèves d'entrer en interaction avec les problèmes. De plus, les problèmes dont la résolution fait appel à des connaissances spécialisées en sont exclus pour privilégier l'évaluation des processus cognitifs fondamentaux de la résolution de problèmes.

Lors du cycle PISA 2012, les compétences en résolution de problèmes se définissent comme suit : « Les compétences en résolution de problèmes renvoient à la capacité d'un individu de s'engager dans un traitement cognitif pour comprendre et résoudre des problèmes, en l'absence de méthode de solution évidente, ce qui inclut sa volonté de s'engager dans de telles situations pour exploiter tout son potentiel de citoyen constructif et réfléchi. »

Les dimensions majeures qui ont été prises en considération lors de la conception des items sont le contexte du problème : *technologique*, *non technologique*, *personnel* ou *social* ; la nature de la situation du problème : *interactive* ou *statique* ; et les processus de résolution de problèmes : *exploration et compréhension*, *représentation et formulation*, *planification et exécution*, et enfin, *suivi et réflexion*.

La nature de la situation dans laquelle le problème s'inscrit est dite statique si les informations dévoilées dès le début aux élèves sont complètes, et interactive si des interactions avec la situation du problème sont indispensables pour découvrir des informations permettant de résoudre le problème. Parmi les problèmes interactifs, citons à titre d'exemple ceux qui se posent souvent lorsqu'on utilise pour la première fois un appareil tel qu'un téléphone mobile ou un distributeur automatique de billets. Grâce à l'informatisation de l'épreuve, c'est la première fois que des problèmes interactifs ont pu être inclus dans une enquête internationale à grande échelle.



Chaque item associé à son stimulus s'affiche sur un seul écran, et les élèves passent d'item en item dans un ordre déterminé, sans pouvoir revenir en arrière. Divers formats de réponse ont été utilisés, notamment des réponses à cocher ou à construire qui se prêtent à un codage automatique (comme les réponses « glisser-déposer », par exemple) et des réponses sous forme de texte libre à coder par des experts. Dans certains items, des données comportementales qui démontrent de façon fiable le niveau de compétence en résolution de problèmes sont enregistrées et interviennent dans le calcul du score. Des exemples d'items sont commentés dans la section suivante à titre d'illustration.

EXEMPLES D'ITEMS PISA DE RÉOLUTION DE PROBLÈMES

Des items tirés de deux unités administrées lors de l'essai de terrain du cycle PISA 2012 sont décrits ci-dessous⁹. Chaque unité débute par une capture d'écran de son stimulus, accompagnée d'une description succincte de son contexte. Vient ensuite une capture d'écran de chaque item suivie de sa description.

LECTEUR MP3

■ Figure 4.3 ■

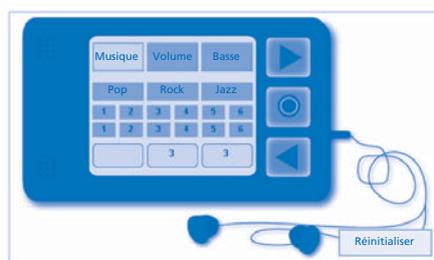
Lecteur MP3 : Stimulus

LECTEUR MP3

Un ami vous offre un lecteur MP3 que vous pouvez utiliser pour écouter ou archiver de la musique. Vous pouvez changer de style de musique, et augmenter ou diminuer le volume et le niveau des basses en cliquant sur les trois boutons affichés à l'écran.

(▶, ●, ◀)

Cliquez sur le bouton RÉINITIALISER pour revenir au réglage initial de l'appareil.



Dans l'unité *LECTEUR MP3*, les élèves apprennent qu'un ami leur a offert un lecteur MP3. Ils ne savent pas comment fonctionne un lecteur MP3 et doivent entrer en interaction avec l'appareil pour le découvrir, ce qui classe l'unité et les items qui la composent dans la catégorie des situations interactives. Comme l'unité consiste essentiellement à découvrir le mode d'emploi d'un appareil à usage individuel, l'unité et ses items se classent dans la catégorie de *contextes technologiques et personnels*.

■ Figure 4.4 ■

Lecteur MP3 : Item 1

QUESTION 1

Les réglages que vous avez choisis s'affichent dans les cases au bas du lecteur MP3. Déterminez si chacune des affirmations suivantes à propos du lecteur MP3 est vraie ou fausse.

Pour chaque affirmation, sélectionnez « Vrai » ou « Faux » pour indiquer votre réponse.

Affirmation	Vrai	Faux
Il faut utiliser le bouton du milieu (●) pour changer de style de musique.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Il faut régler le volume avant de pouvoir régler le niveau des basses.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Une fois que l'on a augmenté le volume, on ne peut le diminuer que si l'on change le style de musique que l'on écoute.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Dans le premier item de l'unité, une série d'affirmations sur le fonctionnement de l'appareil sont présentées aux élèves qui doivent dire si elles sont vraies ou fausses. Ces affirmations permettent aux élèves d'explorer l'appareil. Dans cet item, le *processus* de résolution de problèmes est celui qui consiste à *explorer et comprendre*. L'exploration est dirigée, mais pas limitée. Le bouton « Réinitialiser » permet aux élèves de revenir à tout moment au réglage initial de l'appareil et de recommencer leur exploration si besoin est, ce qu'ils peuvent faire autant de fois qu'ils le souhaitent. Lors de l'essai de terrain, cet item s'est révélé légèrement plus difficile que la moyenne : 38 % des élèves ont obtenu un crédit complet (« Vrai », « Faux », « Faux »). Cela s'explique vraisemblablement par le fait que les trois réponses devaient être correctes et par la nécessité de découvrir des informations (aucune information n'est donnée d'emblée sur le fonctionnement du système de sorte que les élèves doivent se livrer à des interactions pour réunir tous les éléments le concernant). Le crédit partiel n'est pas applicable pour cet item.

■ Figure 4.5 ■
Lecteur MP3 : Item 2

QUESTION 2

Réglez le lecteur MP3 sur : Rock, Volume 4, Basse 2.

Vous devez faire le moins de clics possible. Il n'y a pas de bouton RÉINITIALISER.

Le deuxième item de l'unité se classe dans la catégorie de processus *Planification et exécution*. Pour y répondre, les élèves doivent en effet élaborer un plan pour atteindre un objectif, puis l'exécuter. Cet item qui peut valoir un crédit partiel est intéressant, car les informations sur le cheminement des élèves enregistrées grâce à l'informatisation de l'épreuve interviennent dans le calcul du score. Dans cette tâche, il est demandé aux élèves de « faire le moins de clics possible ». De plus, les élèves n'ont pas la possibilité de cliquer sur le bouton « RÉINITIALISER » pour revenir au réglage initial de l'appareil. Le nombre de clics indique si les élèves ont atteint l'objectif d'une manière efficiente, soit 13 clics maximum, ce qui leur vaut un crédit complet. Un crédit partiel est attribué aux élèves qui ont atteint l'objectif d'une manière moins efficiente, soit plus de 13 clics. L'impératif d'efficacité ajoute à la difficulté de l'item, qui est légèrement plus difficile que la moyenne pour l'obtention d'un crédit complet, mais relativement facile pour l'obtention d'un crédit partiel. Lors de l'essai de terrain, 39 % des élèves ont reçu un crédit complet et 33 %, un crédit partiel.

■ Figure 4.6 ■
Lecteur MP3 : Item 3

QUESTION 3

Voici quatre images de l'écran du lecteur MP3. Si le lecteur MP3 fonctionne correctement, il n'est en fait pas possible d'obtenir trois de ces écrans. L'écran restant représente, quant à lui, le lecteur MP3 quand il fonctionne correctement.

Quel est l'écran qui présente le lecteur MP3 fonctionnant correctement ?



Le troisième item de l'unité se classe dans la catégorie de processus *Représentation et formulation*, car il demande aux élèves de se représenter mentalement la façon dont le système fonctionne globalement pour identifier laquelle des quatre options proposées indique un état possible de l'appareil. Ils peuvent réinitialiser l'appareil pour revenir au réglage initial, une possibilité qu'ils avaient dans le premier item, mais pas dans le deuxième. Ils peuvent donc entrer en interaction avec le système autant de fois que nécessaire, sans restriction. Le crédit partiel ne s'applique pas à cet item. L'essai de terrain a montré que le degré de difficulté de cet item était du même ordre que celui du premier item de l'unité : 39 % des élèves y ont répondu correctement (option B).

■ Figure 4.7 ■
Lecteur MP3 : Item 4

QUESTION 4

Décrivez comment modifier la manière dont fonctionne le lecteur MP3, afin que l'on n'ait plus besoin du bouton inférieur (▼).

Il doit toujours être possible de changer de style de musique et d'augmenter ou de diminuer le volume et le niveau des basses.



Le dernier item de l'unité se classe dans la catégorie de processus *Suivi et réflexion*. Il demande aux élèves de déterminer comment modifier le fonctionnement de l'appareil. Cet item est l'un des rares items à réponse construite ouverte et doit être codé par un expert. Le crédit complet s'applique aux réponses qui décrivent la manière dont le lecteur MP3 peut fonctionner avec un seul bouton. Il n'y a pas qu'une seule réponse correcte : les élèves peuvent s'engager dans une réflexion créative pour trouver une solution, même si la solution la plus évidente est de modifier le fonctionnement du bouton du dessus pour qu'une fois dans la partie de droite de l'afficheur, l'utilisateur n'ait qu'un seul clic à faire pour revenir dans la partie de gauche de l'afficheur. Dans cette unité, c'est l'item de loin le plus difficile qui ait été administré lors de l'essai de terrain : 25 % seulement des élèves y ont répondu correctement, ce qui s'explique assurément par le fait que cet item appelle une réponse construite et présente un certain degré d'abstraction. Les élèves doivent en effet imaginer un scénario hypothétique et le mettre en relation avec leur représentation mentale du mode actuel de fonctionnement de l'appareil pour décrire un autre mode de fonctionnement possible. Le crédit partiel n'est pas applicable à cet item.

REPAS D'ANNIVERSAIRE

■ Figure 4.8 ■

Repas d'anniversaire : Stimulus

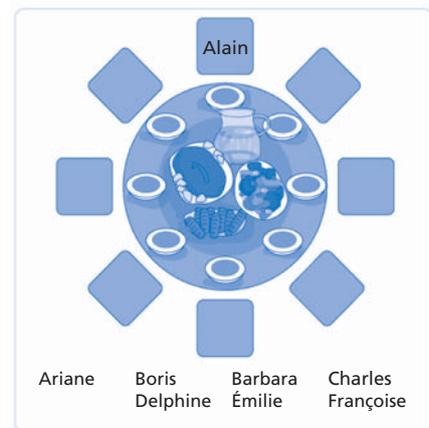
REPAS D'ANNIVERSAIRE

C'est l'anniversaire d'Alain et il organise un repas à cette occasion.

Sept autres personnes y participeront. Tous prendront place autour de la table pour le repas.

La disposition des invités autour de la table doit remplir les conditions suivantes :

- Alain et Ariane doivent être assis l'un à côté de l'autre.
- Boris et Barbara doivent être assis l'un à côté de l'autre.
- Charles doit être assis à côté de Delphine ou d'Émilie.
- Françoise doit être assise à côté de Delphine.
- Alain et Ariane ne doivent être assis ni à côté de Boris, ni à côté de Barbara.
- Boris ne doit pas être assis à côté de Charles ou Françoise.
- Delphine et Émilie ne doivent pas être assises côte à côte.
- Alain ne doit pas être assis à côté de Delphine ou d'Émilie.
- Ariane ne doit pas être assise à côté de Charles.



■ Figure 4.9 ■

Repas d'anniversaire : Item 1

QUESTION 1

Placez les invités autour de la table de façon à remplir toutes les conditions ci-dessus. Servez-vous de la fonction « glisser-déposer » pour installer les invités autour de la table.

Dans cette unité, c'est le seul item qui demande aux élèves d'utiliser la fonction « glisser-déposer », en l'occurrence pour placer des noms autour de la table dans le respect de neuf conditions. Cet item se classe dans la catégorie de processus *Planification et exécution*. Comme toutes les informations requises pour résoudre le problème sont fournies aux élèves dès le début, il se classe dans la catégorie des *situations statiques*. Cet item n'est *statique* qu'au sens de la définition de la *nature de la situation* dans laquelle s'inscrit le problème. L'informatisation de l'épreuve permet d'utiliser le format de réponse « glisser-déposer » : les élèves peuvent concevoir leur solution et la vérifier d'une façon nettement plus simple que dans une épreuve papier-crayon. Un crédit partiel s'applique à cet item. Les douze solutions qui respectent les neuf conditions valent un crédit complet (par exemple : « Alain - Ariane - Émilie - Boris - Barbara - Charles - Delphine - Françoise »). Un crédit partiel s'applique aux plans de table qui respectent huit conditions seulement sur les neuf indiquées. Par exemple, le plan de table « Alain - Ariane - Émilie - Boris - Barbara - Delphine - Françoise - Charles » ne satisfait pas à la condition « Charles doit être assis à côté de Delphine ou d'Émilie ». Lors de l'essai de terrain, 54 % des élèves ont au moins obtenu le crédit partiel à cet item, et 43 % des élèves, le crédit complet. La difficulté de l'item tient au grand nombre de conditions à respecter et aux facultés de raisonnement requises pour suivre et ajuster des solutions partielles en fonction des conditions pour aboutir à une solution complète.



Notes

1. Dans l'enquête de l'OCDE sur les compétences des adultes, la *résolution de problèmes dans des environnements à forte composante technologique* se définit comme suit : « La résolution de problèmes dans des environnements à forte composante technologique implique l'utilisation de réseaux et d'applications des technologies de l'information et de la communication pour acquérir et évaluer des informations, communiquer avec autrui et effectuer des tâches concrètes » (Groupe d'experts en charge de la résolution de problèmes dans des environnements à forte composante technologique, PIAAC, 2009, p. 7).
2. « La résolution de problèmes renvoie à la capacité d'un individu de mettre en œuvre des processus cognitifs pour affronter et résoudre des problèmes posés dans des situations réelles, transdisciplinaires, dans des cas où le cheminement amenant à la solution n'est pas immédiatement évident et où les domaines de compétence ou les matières auxquels il peut être fait appel ne relèvent pas exclusivement d'un seul champ lié aux mathématiques, aux sciences ou à la compréhension de l'écrit » (OCDE, 2003a, p. 175).
3. Y compris dans la suite de leurs études ou dans leur vie professionnelle.
4. Le terme « construct » a volontairement été laissé en anglais, car il est d'usage courant dans la terminologie technique relative aux tests ; il renvoie à la dimension latente que cherche à mesurer une épreuve grâce aux données observables que constituent les réponses des élèves.
5. L'adjectif « intransparent » est parfois utilisé pour caractériser les problèmes qui s'inscrivent dans une situation dont les informations ne sont pas disponibles dès le début (voir Funke et Frensch, 1995).
6. L'adjectif « dynamique » est utilisé par certains chercheurs pour caractériser tout système simulé avec lequel les individus peuvent entrer en interaction et dont ils peuvent recevoir des informations. Dans ce type de problèmes, les situations qui changent d'elles-mêmes sont parfois dites « à dynamique interne » (*eigendynamic*) (voir, par exemple, Blech et Funke, 2005).
7. Voir Greiff et Funke (2008), qui utilisent le terme *MicroDYN* pour décrire ces systèmes. Le terme de *Dynamis* a été utilisé auparavant (voir Blech et Funke, 2005).
8. L'automate fini a été mis en œuvre dans les évaluations sous le nom de *MicroFin* (voir http://www.psychologie.uni-heidelberg.de/ae/allg_en/forschun/probleml.html).
9. Les deux unités *LECTEUR MP3* et *REPAS D'ANNIVERSAIRE* peuvent être consultées sur le site cbasq.acer.edu.au, à l'aide des données de connexion « public » et « access ». C'est le meilleur moyen d'apprécier la nature interactive de l'unité *LECTEUR MP3*.



Références

- Adey, P., B. Csapó, A. Demetriou, J. Hautamäki et M. Shayer** (2007), « Can We be Intelligent about Intelligence? Why Education Needs the Concept of Plastic General Ability », *Educational Research Review*, n° 2, pp. 75-97.
- Baxter et R. Glaser** (1997), *An Approach to Analysing the Cognitive Complexity of Science Performance Assessments* (Technical Report n° 452), National Center for Research on Evaluation, Standards and Student Testing (CRESST), Los Angeles, Californie.
- Blech, C. et J. Funke** (2005), *Dynamis Review: An Overview about Applications of the Dynamis Approach in Cognitive Psychology*, Deutsches Institut für Erwachsenenbildung, Bonn, http://www.die-bonn.de/esprid/dokumente/doc-2005/blech05_01.pdf.
- Blech, C. et J. Funke** (2010), « You Cannot have Your Cake and Eat it, Too: How Induced Goal Conflicts Affect Complex Problem Solving », *Open Psychology Journal*, n° 3, pp. 42-53.
- Bransford, J.D., A.L. Brown et R.R. Cockling** (éd.) (1999), *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*, National Academy Press, Washington D.C.
- Buchner, A. et J. Funke** (1993), Finite-State Automata: Dynamic Task Environments in Problem-Solving Research, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, vol. 46A, n° 1, pp. 83-118.
- Duncker, K.** (1945), « On problem solving », *Psychological Monographs*, vol. 58, n° 3 (numéro complet : 270).
- Frensch, P.A. et J. Funke** (1995), « Definitions, Traditions, and a General Framework for Understanding Complex Problem Solving », in P.A. Frensch et J. Funke (éd.), *Complex Problem Solving: The European Perspective*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, pp. 3-25.
- Funke, J.** (2010), « Complex Problem Solving: A Case for Complex Cognition? », *Cognitive Processing*, vol. 11, pp. 133-142.
- Funke, J. et P.A. Frensch** (2007), « Complex Problem Solving: The European Perspective – 10 Years After », in D.H. Jonassen (éd.), *Learning to Solve Complex Scientific Problems*, Lawrence Erlbaum, New York, New York, pp. 25-47.
- Greiff, S. et J. Funke** (2008), *Indikatoren der Problemlöseleistung: Sinn und Unsinn verschiedener Berechnungsvorschriften. Bericht aus dem MicroDYN Projekt*, Psychologisches Institut, Heidelberg.
- Klauer, K. et G. Phe** (2008), « Inductive Reasoning: A Training Approach », *Review of Educational Research*, vol. 78, n° 1, pp. 85-123.
- Klieme, E.** (2004), « Assessment of Cross-Curricular Problem-Solving Competencies », in J.H. Moskowitz et M. Stephens (éd.), *Comparing Learning Outcomes. International Assessments and Education Policy*, Routledge Falmer, Londres, pp. 81-107.
- Klieme, E., D. Leutner et J. Wirth** (éd.) (2005), *Problemlösekompetenz von Schülerinnen und Schülern: Diagnostische Ansätze, theoretische Grundlagen und empirische Befunde der deutschen PISA 2000 Studie*, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Lesh, R. et J.S. Zawojewski** (2007), « Problem Solving and Modelling », in F. Lester (éd.), *The Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (2^e édition), National Council of Teachers of Mathematics, Reston, Virginie, et Information Age Publishing, Charlotte, Caroline-du-Nord (publication conjointe), pp. 763-804.
- Leutner, D., E. Klieme, K. Meyer et J. Wirth** (2004), « Problemlösen », in M. Prenzel et al. (Consortium PISA, Allemagne) (éd.), *PISA 2003 : Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs*, Waxmann, Münster, pp. 147-175.
- Leutner, D. et J. Wirth** (2005), « What We Have Learned from PISA So Far: A German Educational Psychology Point of View », *KEDI Journal of Educational Policy*, vol. 2, n° 2, pp. 39-56.
- Mayer, R.E.** (1990), « Problem Solving », in M.W. Eysenck (éd.), *The Blackwell Dictionary of Cognitive Psychology*, Basil Blackwell, Oxford, pp. 284-288.
- Mayer, R.E.** (1992), *Thinking, Problem Solving, Cognition* (2^e édition), Freeman, New York, New York.
- Mayer, R.E.** (1998), « Cognitive, Metacognitive, and Motivational Aspects of Problem Solving », *Instructional Science*, vol. 26, pp. 49-63.
- Mayer, R.E.** (2002), « A Taxonomy for Computer-Based Assessment of Problem Solving », *Computers in Human Behavior*, vol. 18, pp. 623-632.
- Mayer, R.E.** (2003), *Learning and Instruction*, Merrill Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Mayer, R.E. et M.C. Wittrock** (1996), « Problem-Solving Transfer », in R. Calfee et R. Berliner (éd.), *Handbook of Educational Psychology*, Macmillan, New York, pp. 47-62.



Mayer, R.E. et **M.C. Wittrock** (2006), « Problem Solving », in P.A. Alexander et P.H. Winne (éd.), *Handbook of Educational Psychology* (2^e édition), Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, New Jersey, chapitre 13.

OCDE (2003a), *Cadre d'évaluation de PISA 2003 : Connaissances et compétences en mathématiques, lecture, science et résolution de problèmes*, PISA, Éditions OCDE.

OCDE (2003b), *The definition and Selection of Competencies (DeSeCo): Executive Summary of the Final Report*, Éditions OCDE, www.oecd.org/dataoecd/47/61/35070367.pdf.

OCDE (2005), *Résoudre des problèmes, un atout pour réussir – Premières évaluations des compétences transdisciplinaires issues de PISA 2003*, PISA, Éditions OCDE.

O'Neil, H.F. (2002), « Perspectives on Computer-Based Assessment of Problem Solving », *Computers in Human Behavior*, vol. 18, pp. 605-607.

Osman, M. (2010), « Controlling Uncertainty: A Review of Human Behavior in Complex Dynamic Environments », *Psychological Bulletin*, vol. 136, pp. 65-86.

Philpot, R., D. Ramalingam, J. Dossey et **B. McCrae** (2012), Dossier présenté lors du trentième congrès international de psychologie, Le Cap, du 22 au 27 juillet 2012.

PIAAC, Groupe d'experts en résolution de problèmes dans les environnements à forte composante technologique (2009), « PIAAC Problem Solving in Technology-Rich Environments: A Conceptual Framework », *Documents de travail de l'OCDE sur l'éducation*, n° 36, Éditions OCDE.

Polya, G. (1945), *How to Solve It*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

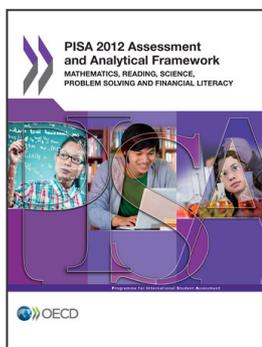
Reeff, J.-P., A. Zabal et **C. Blech** (2006), *The Assessment of Problem-Solving Competencies: A Draft Version of a General Framework*, Deutsches Institut für Erwachsenenbildung, Bonn, www.die-bonn.de/espid/dokumente/doc-2006/reeff06_01.pdf, consulté le 8 mai 2008.

Robertson, S.I. (2001), *Problem Solving*, Psychology Press, East Sussex.

Rychen D.S. et **L.H. Salganik** (éd.) (2003), *Key Competencies for a Successful Life and a Well-Functioning Society*, Hogrefe und Huber, Göttingen.

Vosniadou, S. et **A. Ortony** (1989), *Similarity and Analogical Reasoning*, Cambridge University Press, New York.

Wirth, J. et **E. Klieme** (2004), « Computer-Based Assessment of Problem Solving Competence », *Assessment in Education: Principles, Policy and Practice*, vol. 10, n° 3, pp. 329-345.



Extrait de :

PISA 2012 Assessment and Analytical Framework Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy

Accéder à cette publication :

<https://doi.org/10.1787/9789264190511-en>

Merci de citer ce chapitre comme suit :

OCDE (2013), « Cadre d'évaluation de la résolution de problèmes du cycle PISA 2012 », dans *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework : Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*, Éditions OCDE, Paris.

DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264190559-6-fr>

Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions et les arguments exprimés ici ne reflètent pas nécessairement les vues officielles des pays membres de l'OCDE.

Ce document et toute carte qu'il peut comprendre sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

Vous êtes autorisés à copier, télécharger ou imprimer du contenu OCDE pour votre utilisation personnelle. Vous pouvez inclure des extraits des publications, des bases de données et produits multimédia de l'OCDE dans vos documents, présentations, blogs, sites Internet et matériel d'enseignement, sous réserve de faire mention de la source OCDE et du copyright. Les demandes pour usage public ou commercial ou de traduction devront être adressées à rights@oecd.org. Les demandes d'autorisation de photocopier une partie de ce contenu à des fins publiques ou commerciales peuvent être obtenues auprès du Copyright Clearance Center (CCC) info@copyright.com ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) contact@cfcopies.com.