

Séminaire Education, Cognition, Cerveau
Académie des sciences – OCDE

Texte établi par Béatrice AJCHENBAUM-BOFFETY

A paraître

Session 3

Jeudi 10 novembre, après-midi

André Tricot, *De l'intelligence à l'expertise, les effets de la diversité*

L'intelligence, évaluée par les psychologues du début du XX^e siècle comme uniforme puis générale, est devenue sous l'influence d'Howard Gardner dans les années 1990, multiforme. Parallèlement, sous l'impulsion de Jean Piaget dès les années 1930, puis du courant du traitement de l'information symbolique aux Etats-Unis à partir du milieu des années 1950, l'intelligence, qui se développe avec l'individu, est devenue synonyme de connaissances. Si bien qu'aujourd'hui, dans le contexte scolaire, on peut considérer un élève intelligent comme doué de connaissances, et réciproquement. Selon le type de connaissances que valorise ou reconnaît tel ou tel système scolaire, les enfants ayant développé ou non les connaissances correspondantes, seront ou non considérés comme intelligents (ou « doués », ou « promis à un bel avenir », ou « méritant d'accéder à telle filière prestigieuse », etc.). Pour autant, les psychologues continuent d'essayer de comprendre pourquoi tel individu possède plus de connaissances que tel autre ou produit de meilleures performances cognitives. Ces travaux en psychologie de l'expertise produisent des résultats particulièrement intéressants : (a) l'expertise du spécialiste, en se développant, devient de plus en plus spécifique (b) la diversité des situations, auxquelles à l'opposé le généraliste, peut produire certaines connaissances générales ou transférables (c) l'expertise dans certains domaines s'accompagne d'un accroissement de la capacité à traiter des informations et du contrôle que l'individu exerce sur l'utilisation de ses propres connaissances. Ces résultats et le développement du courant de la cognition situés il y a une vingtaine d'années permettent de reconsidérer certains aspects et certains buts de l'enseignement scolaire.

Merci, Monsieur le Président, de me donner la parole. Merci aux organisateurs de m'avoir invité. Je suis non seulement très honoré, mais très impressionné par le fait de m'exprimer devant vous. La particularité de mon exposé est que je vais traiter non pas de mon domaine de recherche, mais de l'interface, dont il a été question lors de la journée précédente, entre la psychologie et le travail des enseignants. C'est donc en tant que formateur dans un IUFM que je vais m'adresser à vous. Un formateur qui enseigne la psychologie à des étudiants et stagiaires n'apprenant pas la psychologie mais le métier d'enseignant.

Je vais centrer mon propos sur une question : comment et pourquoi existe-t-il des différences entre les élèves tellement importantes que certains vont se retrouver en SEGPA (Section d'Enseignement Général et Pré professionnel Adapté) tandis que d'autres iront dans une grande école ?

1. Psychologie de l'intelligence et éducation

L'interaction entre la psychologie et l'éducation à propos de la diversité des performances et des trajectoires scolaires n'est pas récente. Elle est née il y a un siècle avec les travaux d'Alfred Binet. Dès le début, elle a comporté un aspect intéressant - l'outil de prédiction de la scolarité que conçoivent Binet et Simon (1905) - et une grande dérive - l'usage qui en a été fait. En effet, de cet outil de pronostic standardisé de la scolarité, spécifiquement destiné à

dépister les élèves qui ne pouvaient pas suivre une scolarité ordinaire, on a fait une mesure de l'intelligence. On en a conclu que l'intelligence se mesurait (Terman, 1916), une idée qui, associée à d'autres dérives, en particulier l'idée d'une intelligence générale (Spearman, 1904) et héréditaire (Burt, 1912 ; Goddard, 1914), a produit de bien grands dégâts (Gould, 1981). En outre, comme le remarque ce dernier auteur, ces approches ne produisent absolument aucune explication scientifique du fonctionnement de l'intelligence, ni de la cause des différences entre individus.

Mais il n'y a pas eu que cette sombre histoire de QI, devenu « malgré lui » instrument de politiques eugénistes et racistes. Il y a eu, depuis, d'autres interactions entre la recherche en psychologie et l'éducation à propos de la diversité des performances et des trajectoires scolaires. On peut citer notamment l'approche d'Howard Gardner sur la multiplicité des intelligences qui a eu un impact très fort en éducation, en Europe et Amérique du Nord. La genèse de cet ouvrage de Gardner est intéressante. Celui-ci dit en effet : « Je venais de terminer un stage en neuropsychologie ; je découvrais cette discipline, absolument fasciné de voir l'impact que pouvaient avoir certaines lésions sur certaines capacités des individus ; et ce que j'ai voulu faire, c'est montrer comment la psychologie des facultés pourrait être réactualisée avec les résultats de neuropsychologie des années 70 ; le livre *Frames of minds* (1983, *Les formes de l'intelligence*, Odile Jacob, 1999) n'aurait peut-être pas eu le même succès si je l'avais appelé *Psychologie des facultés* ». Cet ouvrage, en affirmant que non seulement il n'y a pas de hiérarchie entre les différentes formes d'intelligence, mais que des transferts sont possibles de l'une à l'autre, va bouleverser le monde de l'éducation, en tout cas celui qui interagissait avec la psychologie de l'intelligence psychométrique classique.

Les travaux de Sternberg (1985), avec sa théorie des trois niveaux d'intelligence - analytique, créative et pratique - se situent également à l'interface entre psychologie et pédagogie. Siegler (1999) a observé, très justement à mes yeux, que cette façon dont on est passé d'« intelligence générale » à « intelligences diverses » n'est qu'un signe d'immaturation de notre discipline et signifie seulement que la psychologie qui interagit avec l'éducation ne sait pas encore rendre compte de la diversité des conduites cognitives. Et cette diversité ne se limite pas à 3, 5 ou 7 formes.

Les travaux de Piaget (1947) ont également eu une influence très profonde sur l'interaction entre psychologie et éducation à propos de l'intelligence. Ils ont commencé à expliquer le fonctionnement et le développement de l'intelligence. Mais, notamment parce que ces travaux classiques ne se sont pas souvent intéressés à l'étude de la cognition de l'adulte en situation, ils n'expliquent pas un certain nombre de faits. Ainsi, pourquoi, comme l'a évoqué ce matin José Morais, la tâche de Wason (1966) entraîne-t-elle très peu de bonnes réponses, alors qu'on fait passer cette tâche à des adultes censés avoir les compétences logiques qui devraient leur permettre d'accomplir correctement la tâche ? Ce type de résultat a contribué à remettre en cause de façon très profonde la psychologie de l'intelligence.

L'interaction, jusqu'aux années 1970, entre psychologie de l'intelligence et éducation à propos de la diversité des performances et des trajectoires scolaires, nous a appris que :

- les performances des élèves dépendent essentiellement des connaissances qu'ils ont acquises ;
- l'acquisition de connaissances nouvelles est un processus de construction, qui se fonde sur l'articulation entre ces connaissances anciennes et nouvelles ;
- parfois, alors que l'élève possède les connaissances qui lui permettraient de réaliser la tâche prescrite, il n'y parvient pas, notamment parce que la représentation qu'il élabore de

la tâche le conduit à mobiliser en mémoire d'autres connaissances que celles qui sont pertinentes.

Mais ces résultats ne nous expliquent toujours pas pourquoi certains élèves acquièrent moins de connaissances que d'autres, rencontrent plus de difficultés de mobilisation de la connaissance pertinente que d'autres. Un élément de réponse se trouve, de mon point de vue, dans la psychologie de l'expertise. Je vais vous en présenter quelques résultats.

2. De l'intelligence à l'expertise

Une expérience de Myles Worsley et al. (1988) propose à des radiologues une tâche de reconnaissance. On présente 20 diapositives de poumons sains mélangées, de façon aléatoire, avec 20 diapositives de poumons atteints d'une lésion. Le temps de présentation de chaque diapositive est de 500 millisecondes. Puis on les mélange avec 40 nouvelles diapositives répétant la même distribution (20 diapositives de poumons sains, 20 de poumons atteints d'une lésion). L'expérience est réalisée avec 4 groupes de participants : des étudiants en premier cycle de médecine, des internes en première année de radiologie, de jeunes praticiens hospitaliers et des radiologues expérimentés. On demande seulement aux participants de dire si la diapositive qu'on leur présente fait partie du premier tas (« vous la reconnaissez ») ou du second tas (« vous ne la reconnaissez pas »). Une tâche de contrôle porte sur la reconnaissance des visages. Les performances sont mesurées en termes de taux de reconnaissance (+1 pour une bonne reconnaissance, -1 pour une mauvaise reconnaissance, le tout divisé par 80).

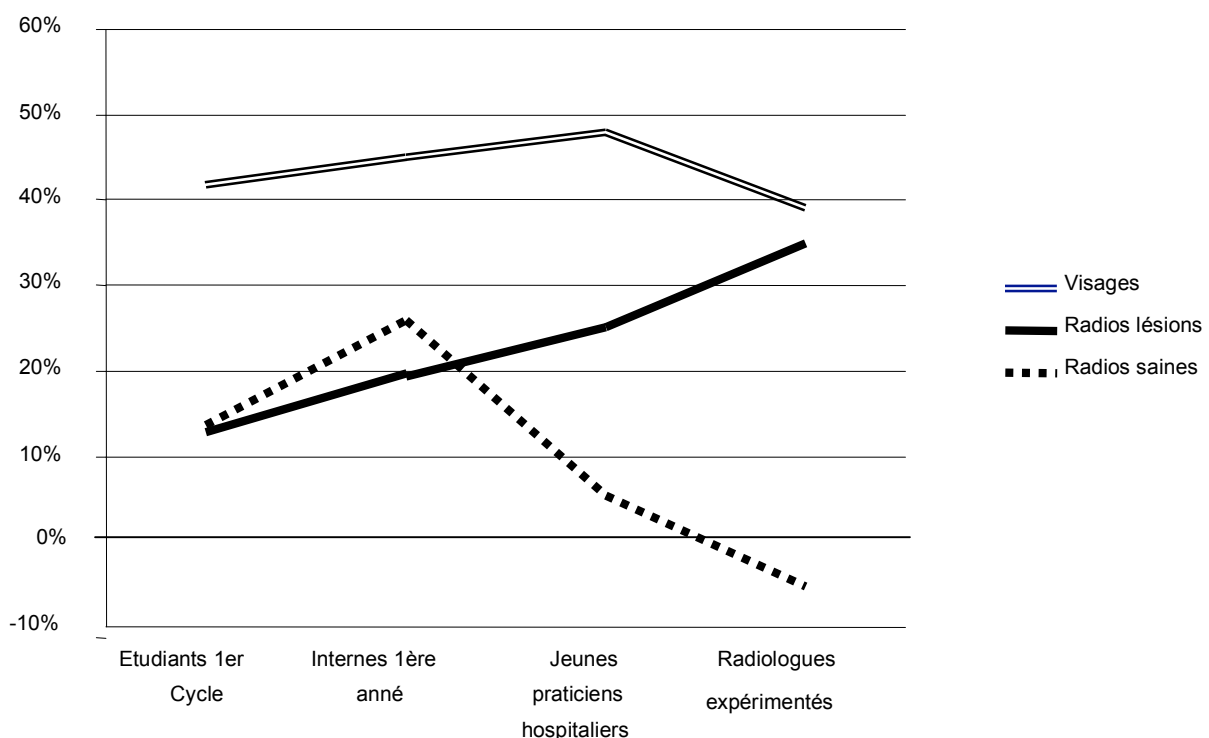


Figure 1. Taux de reconnaissance en fonction du type de radio et du niveau d'expertise.

Les résultats (Figure 1) montrent que plus les participants sont experts, meilleure est leur performance... mais uniquement pour les radios porteuses d'une lésion. Pour les radios de poumons sains en revanche, il y a une augmentation de la performance en reconnaissance

pendant les études, mais, quand les individus sont devenus des professionnels (jeunes praticiens hospitaliers puis expérimentés), on observe une chute de la performance. Si l'on interprétait ce résultat en termes de théorie de l'information, on pourrait dire qu'une radio de poumons sains représente, pour les experts, du bruit : « elle n'apporte pas de signification, je n'encode donc pas cette information-là ». Pour la perception des visages (condition contrôle), on n'observe pas de différence significative entre les 4 groupes.

Cette première expérience me semble bien montrer que les experts développent une compétence dans un domaine perceptif (ils perçoivent plus vite, mieux, etc) mais sur un type d'information, ici les lésions de poumons, et non une capacité perceptive générale ; ils sont meilleurs dans la détection de l'information pertinente dans leur domaine d'expertise.

Toujours dans le domaine de la radiologie, prenons maintenant une tâche de diagnostic très difficile (Raufaste, Eyrolle et Mariné, 1998) : on examine une radio qui présente des lésions habituellement caractéristiques d'une pathologie fréquente. Or, ce n'est pas cette pathologie qui est en cause dans ce cas précis. Les chercheurs comparent des internes en début ou en fin d'internat, des radiologues expérimentés (au moins 6 ans d'expérience professionnelle après l'internat) et des radiologues experts, universitaires, reconnus par leurs pairs comme étant les plus compétents. On obtient un résultat que je trouve pour ma part fascinant : il y a une chute de la performance entre la fin de l'internat et les radiologues expérimentés sur ce diagnostic « piégeant ». De plus, un taux de précision a été calculé, correspondant au rapport entre le nombre de diagnostics corrects et le nombre de diagnostics envisagés, autrement dit le nombre d'hypothèses envisagées par les radiologues. Contrairement aux experts, les radiologues expérimentés, face à ce type de cas, font des erreurs parce qu'ils n'envisagent pas d'hypothèses alternatives. Ils vont directement au diagnostic le plus évident et n'envisagent pas que cela puisse être autre chose. Ce qui fait l'expertise, c'est peut-être la capacité d'étudier plusieurs hypothèses, y compris les moins évidentes, avant de faire le diagnostic. Autrement dit, les experts exerceraient une sorte de contrôle sur leur propre activité de diagnostic qui les conduirait à envisager des alternatives avant de poser le diagnostic.

Dans un domaine non professionnel, celui des échecs, l'étude de l'expertise reste encore très vive aujourd'hui. Vous connaissez ce résultat classique : on compare des novices, des joueurs avancés et des experts, dans une tâche de rappel qui concerne 25 pièces sur l'échiquier, soit correspondant à une partie réelle, soit disposées de façon aléatoire (Chase et Simon 1973). Les experts ont des performances de mémorisation très importantes si et seulement si la disposition des pièces sur l'échiquier correspond à une partie en cours. Encore une fois, les experts ne développeraient pas une capacité à mémoriser les pièces, mais à interpréter, à comprendre une configuration. Dans la réplique de cette expérience, on montre que, dans certains cas, il y a une légère augmentation de la performance des experts, y compris dans une disposition aléatoire. Il semblerait que parfois les experts puissent faire des approximations de reconnaissance en disant : « Telle pièce, telle pièce, telle pièce et telle pièce, cela ressemble à telle stratégie ». Les experts construisent donc des morceaux de connaissances, puis, dans un second temps, des ensembles de morceaux. Dans leur domaine de spécialité, les experts possèdent ce type de connaissances complexes par dizaines, voire centaines de milliers. En outre, ces connaissances expertes sont à la fois perceptives, sémantiques et stratégiques, notamment dans le sens anticipatoire (voir la synthèse de Didierjean, Ferrari & Marmèche, 2004).

Des travaux plus rares, que nous sommes en train d'essayer de répliquer dans notre laboratoire, consistent à comparer, dans des tâches d'apprentissage, des experts spécialistes et

des experts généralistes. Observons par exemple une tâche d'apprentissage d'un logiciel de traitement de texte (Briggs, 1990) : on compare deux groupes de personnes qui savent très bien utiliser le traitement de texte et auxquels on présente une tâche d'apprentissage d'un nouveau traitement de texte dont on sait qu'aucune des personnes ne le connaissait. On compare des étudiants en secrétariat qui connaissent un traitement de texte et des formateurs en secrétariat qui connaissent plusieurs traitements de texte. Le groupe contrôle sera composé d'étudiants qui n'ont rien à voir avec ce domaine. La performance est mesurée sur la vitesse et le nombre de touches pour réaliser une tâche de copie. Les résultats montrent qu'il n'y a pas de différence entre les deux groupes d'experts sur la performance. En revanche, on observe une grande différence sur le type et le nombre de questions posées par les deux groupes expérimentaux. Les polyvalents (qui connaissent plusieurs traitements de texte) posent plus de questions à propos du nouveau traitement de texte pendant la réalisation de la tâche, et ces questions sont plus pertinentes, en ce qu'elles portent plus sur les fonctionnalités du logiciel que sur l'aspect, la surface du logiciel. L'hypothèse de l'auteur est que la polyvalence dans l'expertise n'entraîne pas le développement de connaissances procédurales (savoir-faire) spécifiques mais peut-être de connaissances métacognitives (connaissances d'autocontrôle, de planification, d'autoévaluation).

La psychologie de l'expertise montre donc que les connaissances humaines, quand elles atteignent de hauts niveaux :

- ont tendance à se spécialiser, voire à s'enfermer dans leur domaine ;
- mais qu'il est possible pour l'expert d'exercer un contrôle sur la façon dont il utilise ses connaissances ;
- que la capacité à exercer ce contrôle peut faire diminuer le nombre d'erreurs, notamment parce qu'elle permet à l'expert de questionner, de critiquer ses propres hypothèses, ses propres raisonnements ;
- que la diversité des sources d'expertise pourrait avoir un effet sur la capacité à se questionner, notamment lors d'un nouvel apprentissage.

Autrement dit, on peut émettre l'hypothèse que la diversité des performances et des trajectoires scolaires aurait comme source, parmi de nombreuses autres :

- le développement de connaissances dans des registres pertinents scolairement ;
- le développement de capacités de contrôle de ses propres connaissances.

Je vais rapidement examiner les grandes tendances concernant les modèles théoriques de l'expertise.

Le modèle de mémoire de travail à long terme d'Ericsson et Kintsch (1995) ou la théorie de l'expertise du même Ericsson (1996) sont pour nous très importants dans le sens où ils se fondent sur l'idée que les experts développent une mémoire de travail à grande capacité, spécifique à leur domaine d'expertise, capacité que l'on ne retrouve pas dans d'autres domaines, pour d'autres tâches. Cette mémoire de travail à long terme leur permet de maintenir de nombreuses informations actives pour la réalisation d'activités complexes, telle l'activité de diagnostic. Ces informations qui sont maintenues en mémoire de travail à long terme sont non pas des informations encodées de l'environnement mais des connaissances préalables. En d'autres termes, la mémoire de travail à long terme ne sert pas à encoder davantage d'informations venant de l'environnement, mais permet de mobiliser davantage de connaissances préalables pour la réalisation d'une tâche complexe. La source de l'expertise, dans le modèle d'Ericsson, est ce qu'il appelle la « pratique délibérée » : le fait pour un

individu d'entreprendre des activités dans lesquelles il n'est pas encore expert. Il s'agit donc là d'un modèle absolument essentiel dans le domaine de l'éducation (Schraw, 2005).

Un autre modèle intéressant est celui de Vicente et Wang (1998), modèle venu de la psychologie ergonomique, qui s'intéresse plus aux situations de travail. Plus radicalement encore, il pose que le rappel en mémoire dépend de la tâche que le sujet a réalisée et de la familiarité du sujet avec la tâche. Selon ce modèle, l'apprentissage est essentiellement un processus adaptatif de l'humain à son environnement, culturel, de travail, etc., et le développement d'une expertise implique un traitement plus économique et perceptif.

Plus récemment, Sweller (2003) a essayé d'articuler théories de l'expertise et théories de l'apprentissage, dans ce qu'il appelle une « matrice cognitive des continua » (Figure 2).

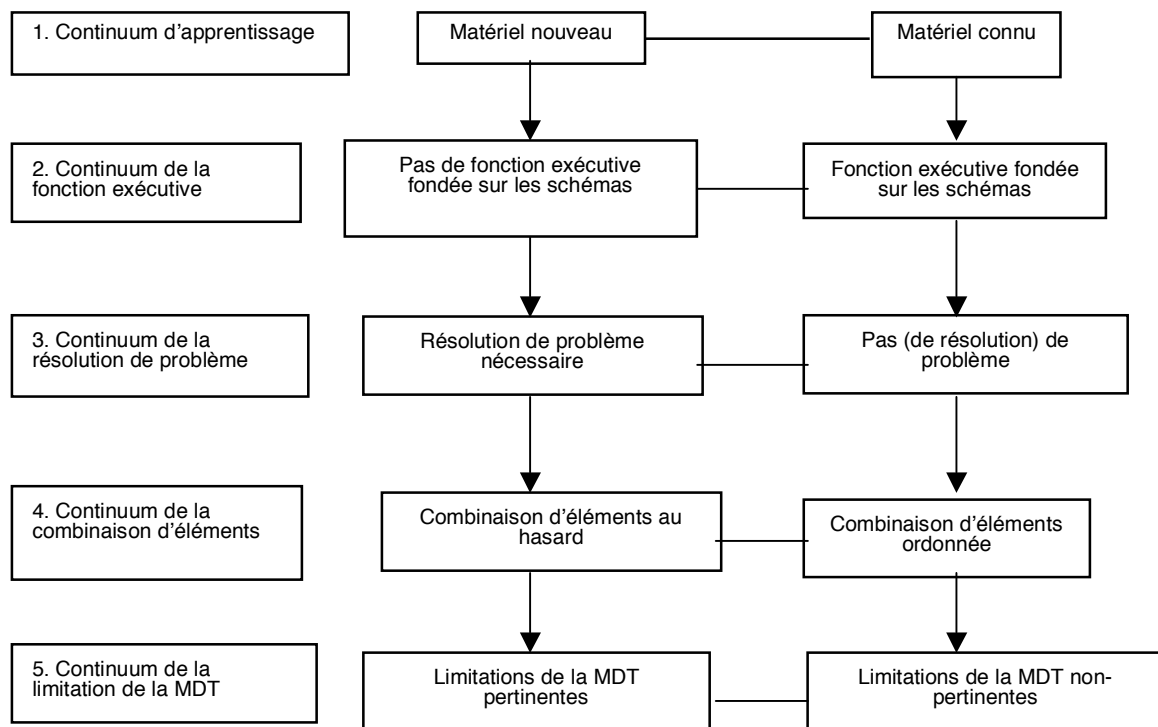


Figure 2. La matrice cognitive des continua, Sweller (2003).

Selon ses travaux, vous êtes en situation d'apprentissage quand on vous demande de traiter un matériel, un texte, une expérience, un schéma nouveaux. Quand on vous présente un matériel déjà connu, vous n'êtes pas en situation d'apprentissage. Quand vous êtes en situation d'apprentissage, vous ne disposez pas de connaissances (de schémas) qui puissent supporter des fonctions exécutives, alors que vous disposez de telles connaissances quand on vous présente un matériel connu. Du côté de la résolution de problème, face à un matériel nouveau, vous devez vous engager dans une activité de résolution de problème, de recherche d'une solution, alors que face à un matériel connu, on n'a pas d'activité de résolution de problème. Comprendre la structure du matériel est un véritable travail quand il s'agit de matériel nouveau, parce qu'en premier traitement, cela semble relever du hasard, alors que l'ordre est immédiatement perçu quand c'est du matériel connu. L'idée est donc que la notion de limitation de la mémoire de travail (MDT) est pertinente, à condition de la limiter à ce domaine-là - le traitement d'un matériel nouveau - mais n'est pas pertinente quand on traite un matériel connu.

En résumé, être expert dans un domaine, c'est avoir des connaissances dans ce domaine, nombreuses, organisées, à la fois de bas et de haut niveaux, peu coûteuses à mobiliser, sur lesquelles on peut effectuer un certain contrôle (en tout cas sur les connaissances de haut niveau). Surtout, la psychologie de l'expertise a montré que ces connaissances sont peu transférables *a priori* dans d'autres domaines. Chaque fois qu'il y a transfert, il y a un nouvel apprentissage.

3. Conséquences des théories de l'expertise sur l'éducation et l'école

Quelles sont les conséquences de ces théories sur l'éducation et l'école ? Ces théories semblent nous montrer que :

- les connaissances ont tendance à être attachées aux situations dans lesquelles elles ont été acquises ;
- ce sont bien les connaissances qui sont à la source des différences de performances scolaires, car les connaissances agissent à deux niveaux (a) elles fournissent des cadres pour comprendre et agir dans des situations connues (b) elles libèrent des ressources en mémoire de travail (elles augmentent notre capacité de traitement), pour peu que l'on trouve dans la situation des éléments connus ; ainsi :
- le manque de connaissances et d'automatismes rend toute tâche plus exigeante, voire plus difficile donc tout apprentissage plus difficile ; ce qui limite l'acquisition de nouvelles connaissances, etc.
- avoir des connaissances et des automatismes rend toute tâche d'apprentissage plus facile, permet d'apprendre plus, de se confronter à des situations plus diverses, qui permettront de nouveaux apprentissages.

Le premier point a eu un impact plus fort que les autres. « Puisque l'action est située, l'éducation doit être située » (Brown, Collins & Duguid, 1989 ; Lave & Wenger, 1991). En termes peut-être moins caricaturaux, les défenseurs du courant de l'« apprentissage situé » présentent quatre arguments principaux : l'action est fondée par la situation concrète où elle a lieu ; la connaissance ne se transfère pas d'une tâche à l'autre ; apprendre l'abstraction est peu utile ; l'enseignement doit être dispensé dans des environnements complexes et sociaux.

Des psychologues prestigieux ont répondu point par point à ces arguments.

Les auteurs du courant de l'apprentissage situé utilisent beaucoup l'exemple d'enfants mendians au Brésil, qui n'utilisent pas le calcul comme on l'apprend à l'école. Mais, pour Anderson, Reder et Simon (1996), cet exemple des enfants des rues montre que les connaissances que l'on apprend hors de l'école ont parfois du mal à entrer dans l'école mais ne démontre en rien que les connaissances que l'on acquiert à l'école ont du mal à être réutilisées en-dehors de l'école. Ils donnent l'exemple de la lecture que l'on apprend à l'école et que l'on est facilement capable d'utiliser à l'extérieur.

Sur la difficulté de transfert, Anderson et al. répondent que la littérature montre que le transfert, parfois, ne marche pas, mais parfois aussi marche. La psychologie cognitive a accumulé suffisamment de données pour décrire sous quelles conditions le transfert de connaissances est possible : il dépend de l'importance de la pratique dans le domaine initial et du nombre d'éléments partagés avec le domaine de transfert.

L'apprentissage de l'abstraction est peu utilisé, prétendent certains. Peut-être, dans certains domaines, mais dans d'autres, les mathématiques en particulier, il est tout à fait crucial. Ainsi, Sander et Richard (1997) ont conduit une expérience sur l'apprentissage du traitement de texte auprès de personnes qui savaient déjà taper à la machine. Ces chercheurs conseillaient à certains participants d'élaborer un modèle abstrait de la tâche à réaliser et de l'artefact à utiliser, tandis que les autres ne recevaient pas ce conseil. Les résultats montrent que ceux à qui l'on donne la consigne de passer par l'abstraction apprennent plus vite que les autres.

Enfin, sur l'idée que l'enseignement doit être dispensé dans des environnements complexes et sociaux, Anderson et al. (1996) ont répondu que cela dépendait des domaines. L'exemple du sport ou de la musique montre que ceci est largement faux : il vaut mieux commencer par des choses simples et aller progressivement vers la complexité et il vaut mieux, au début, consacrer plus de temps à l'apprentissage en situation individuelle que collective.

Plus récemment, ces mêmes auteurs (Anderson, Greeno, Reder & Simon, 2000) ont publié une synthèse assez œcuménique, présentant les positions des uns et des autres en termes beaucoup plus nuancés. Ainsi, les approches situées et cognitives peuvent éclairer différents aspects de l'éducation, le cheminement vers l'abstraction et la décontextualisation ne s'opposent pas ; sans doute nos modèles d'éducation doivent-ils intégrer ces deux approches.

4. Conclusion

Il me semble important de dire que la source de la diversité des performances et des trajectoires scolaires réside d'abord dans les apprentissages eux-mêmes. Les difficultés scolaires, comme les réussites, sont d'abord autogénérées. Il me semble ensuite que cette interface entre la psychologie et l'éducation aurait beaucoup à gagner si la recherche en psychologie rendait compte de façon plus précise et extensive de la diversité cognitive et de ses effets. Ce que nous, psychologues, appelons diversité cognitive, correspond dans le domaine scolaire à ce que les enseignants appellent hétérogénéité scolaire. Les sondages effectués auprès des enseignants font toujours apparaître l'hétérogénéité scolaire au nombre des principales difficultés du métier.

L'étude de l'expertise permet de rendre compte de la spécificité de certaines connaissances et de la difficulté à généraliser. Je n'ai pas évoqué le fait que l'expertise, la réussite scolaire, l'intelligence sont avant tout un jeu d'attributions et marquent la façon dont l'école reconnaît une valeur à un élève. Les élèves à qui l'on répète qu'ils sont bons, brillants, mauvais ou idiots finissent par le croire et se comporter comme tels, si l'on veut bien me permettre ce raccourci des travaux impulsés par Monteil et son équipe à l'université de Clermont-Ferrand (voir par exemple Monteil & Huguet, 2002).

Je voudrais terminer par une question, qui me semble être LA question : l'école est-elle juste lorsqu'elle valorise un type de réussite scolaire (celle qui passe par les mathématiques) au détriment d'autres ?

Références

- Anderson, J.R., Greeno, J.G., Reder, L.M., & Simon, H.A. (2000). Perspectives on learning, thinking, and activity. *Educational Researcher*, 29, 11-13
- Anderson, J.R., Reder, L.M., & Simon, H.A. (1996). Situated learning and education. *Educational Researcher*, 25, 5-11.

- Binet, A., & Simon, Th. (1905). Méthodes nouvelles pour le diagnostic du niveau intellectuel des anormaux. *L'Année Psychologique*, 11, 191-244
- Briggs, P. (1990). Do they know what they're doing? An evaluation of word-processor users' implicit and explicit task-relevant knowledge, and its role in self-directed learning. *International Journal of Man-Machine Studies*, 32, 385-398.
- Brown, J.S., Collins, A., & Duguid P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18, 32-42.
- Burt, C.L. (1912). The inheritance of mental characteristics. *Eugenics Review*, 4, 168-200.
- Chase, W.G., & Simon, H.A. (1973). The mind's eye in chess. In W.G. Chase (Ed.), *Visual information processing*. (pp. 215–281). New York: Academic Press.
- Didierjean, A., Ferrari, V., & Marmèche, E. (2004). L'expertise cognitive au jeu d'échecs : Quoi de neuf depuis de Groot (1976) ? *L'Année Psychologique*, 104, 771-793.
- Ericsson, K.A. (Ed.), (1996). *The road to excellence: the acquisition of expert performance in the arts and sciences, sports, and games*. Mahwah : Erlbaum.
- Ericsson, K.A., & Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review*, 102, 211–245.
- Goddard, H. H. (1914). *Feeble-mindedness: Its causes and consequences*. New York : Macmillan.
- Gould, S.J. (1981). *Mismeasure of Man*. Trad. Fr. *La malmesure de l'Homme* (Ramsay 1983 ; Livre de Poche 1986 ; Odile Jacob 1997 pour la nouvelle édition).
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning : Legitimate peripheral participation*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Monteil, J.-M., & Huguet, P. (2002). *Réussir ou échouer à l'école : Une question de contexte?* Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble
- Myles-Worsley, M., Johnston, W.A., & Simons, M.A. (1988). The influence of expertise on X-Ray image processing. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 14, 553-557.
- Piaget, J. (1947). *La psychologie de l'intelligence*. Paris : Armand Colin.
- Raufaste, E., Eyrolle, H., & Mariné, C. (1998). Pertinence generation in radiological diagnosis: Spreading activation and the nature of expertise. *Cognitive Science*, 22, 517-546.
- Sander, E., & Richard, J.-F. (1997). Analogical transfer as guided by an abstraction process: The case of learning by doing in text editing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 23, 1459-1483.
- Schraw, G. (2005). An interview with K. Anders Ericsson. *Educational Psychology Review*, 17, 389-412.
- Siegler, R. (1999). *Intelligences et développement de l'enfant*. Bruxelles : De Boeck.
- Spearman, C. (1904). General intelligence objectively determined and measured. *American Journal of Psychology*, 15, 201-293.
- Sternberg, R.J. (1985). *Beyon IQ: A triarchic theory of human intelligence*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Sweller, J. (2003) Evolution of human cognitive architecture. In B. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 43, pp. 215-266). San Diego: Academic Press.
- Terman, L.M. (1916). *The measurement of intelligence*. Boston : Houghton Mifflin
- Vicente, K.J., & Wang J.H. (1998). An ecological theory of expertise effects in memory recall. *Psychological Review*, 105, 33-57.
- Wason, P.C. (1966). Reasoning. In B.M. Foss (Ed.), *New horizons in psychology*. Harmondsworth : Penguin.