

Les pratiques pédagogiques (socio)constructivistes de découverte guidée en tant que dépassement d'une dichotomie centenaire

Joëlle Gaudreau, Université de Montréal, Canada

Résumé : L'opposition de la pédagogie traditionnelle et nouvelle, articulée dès la fin du XIXe siècle, a perduré dans les écrits scientifiques tout au long du XXe siècle sous différentes opérationnalisations conceptuelles. Kirschner, Sweller et Clark (2006) présentent la version contemporaine de ce contentieux de façon dichotomique : ils confrontent les approches pédagogiques (socio)constructivistes minimalement guidées aux approches pédagogiques cognitivistes fortement guidées. Cet exposé de positions cerne les définitions conceptuelles inhérentes aux théories mobilisées et les pratiques pédagogiques sous-tendues. Les arguments théoriques et les preuves empiriques évoqués dans les écrits scientifiques pour appuyer et critiquer ces approches sont par la suite explicités. Enfin, une synthèse met en lumière les pierres d'achoppement du débat ainsi que les éléments cruciaux qui permettent d'entrevoir une perspective intégrée, dépassant la dichotomie suggérée. Les conclusions suivantes découlent de cet exercice : les pratiques pédagogiques (socio)constructivistes de découverte guidée sont plus efficaces que l'enseignement explicite exclusif; les pratiques pédagogiques (socio)constructivistes non guidées, soit de « pure découverte », s'avèrent les moins efficaces; les pratiques pédagogiques cognitivistes correspondant à l'enseignement explicite de savoirs issus de domaines spécifiques sont nécessaires, mais non suffisantes, leur efficacité diminuant à mesure que l'expertise des apprenants augmente.

Mots-clés : découverte guidée, enseignement explicite, socioconstructivisme, cognitivisme

Abstract : The opposition of traditional and new pedagogy, articulated since the end of the 19th century, continued in the scientific literature throughout the 20th century under different conceptual operationalizations. Kirschner, Sweller and Clark (2006) present the contemporary version of this litigation in a dichotomous way : they confront minimally guided (socio)constructivist pedagogical approaches to strongly guided cognitive teaching approaches. This position paper identifies the conceptual definitions inherent in the theories mobilized and the pedagogical practices underpinned. The theoretical arguments and empirical demonstrations evoked in the scientific literature to support or criticize those practices are then explained. Finally, a synthesis brings to light the stumbling blocks of the debate as well as crucial elements which allow to see an integrated perspective, going beyond the suggested dichotomy. The following conclusions derive from this exercise : (socio)constructivist educational practices of guided discovery are more effective than exclusive explicit teaching; unguided pedagogical (socio)constructivist practices, either "pure discovery", prove to be the least effective; cognitive teaching practices corresponding to the explicit teaching of knowledge from specific fields are necessary, but not sufficient, their effectiveness diminishing as the expertise of the learners increases.

Keywords : guided discovery, explicit teaching, socioconstructivism, cognitivism

Introduction

À la fin du XIX^e siècle, la nécessité de dépasser la tradition pédagogique établie par les Frères des Écoles chrétiennes, les Jésuites et les maîtres des écoles mutuelles, et de fonder la pédagogie sur la science est évoquée, d'où l'émergence des sciences de l'éducation (Gauthier, 2017). Cette transition est assurée par des pédagogues médecins ou psychologues rompus aux méthodes d'observation scientifique tels Itard, Séguin, Montessori, Decroly et Binet, qui sont aux origines du mouvement de la pédagogie nouvelle (Gauthier, 2017). Ce mouvement, inspiré notamment par les conceptions de l'enfance et de l'éducation de Rousseau, propose une révolution copernicienne passant d'un magistrocentrisme à un puérocentrisme qui prendra diverses formes selon les pédagogues et les théoriciens engagés, dont Pestalozzi, Froebel, Tolstoï, Claparède, Ferrière, Dewey, Cousinet, Ferrer, Faure, Neill, Freinet et Steiner (Gauthier, 2017). Ce transfert de focus de l'enseignant vers l'apprenant est toujours présent dans les systèmes éducatifs actuels, comme en témoigne la présentation générale du Programme de formation de l'école québécoise : « l'apprentissage est considéré comme un processus dont l'élève est le premier artisan » (Gouvernement du Québec, 2006, p. 5).

Le débat initialement articulé comme l'opposition de la pédagogie traditionnelle et de la pédagogie nouvelle a perduré dans les écrits scientifiques tout au long du XXe siècle sous différentes opérationnalisations conceptuelles confrontées : apprentissage actif et passif; pédagogie centrée sur l'enseignant et sur l'élève; pédagogie de la découverte et enseignement direct ou explicite; etc. (Alfieri, Brooks, Aldrich et Tenenbaum, 2011). Dans leur essai théorique, Kirschner *et al.* (2006) présentent la version contemporaine de ce contentieux de façon dichotomique : ils opposent les approches pédagogiques non guidées ou minimalement guidées (apprentissage par la découverte), associées aux théories

(socio)constructivistes¹, aux approches pédagogiques fortement guidées (enseignement direct ou explicite), associées aux théories cognitivistes. Le présent exposé de position cerne les principales articulations de cette dialectique pédagogique afin de démontrer les problèmes engendrés par une vision dichotomique et de proposer des pistes permettant de la dépasser.

Le texte est divisé en deux sections correspondant aux approches pédagogiques comparées, soit celles associées aux théories (socio)constructivistes et cognitivistes. Les définitions conceptuelles inhérentes aux théories mobilisées sont d'abord présentées, suivies d'une exposition des principales pratiques pédagogiques sous-tendues. Les arguments théoriques et les preuves empiriques évoqués pour appuyer et critiquer ces approches sont par la suite explicités. Enfin, la conclusion met en exergue les éléments cruciaux qui permettent d'entrevoir une perspective intégrée permettant de dépasser la dichotomie suggérée.

1. Approches pédagogiques (socio)constructivistes

Cette section présente la définition des concepts inhérents aux théories (socio)constructivistes, les pratiques pédagogiques associées, ainsi qu'une articulation du débat relatif à l'efficacité de ces pratiques.

1.1. (Socio)constructivisme psychologique

Le constructivisme psychologique, formulé par Piaget dans la première moitié du XXe siècle, trouve ses fondements dans la conception kantienne de la nature humaine (Robichaud, 2017). Kant (1905) croyait que l'être humain possède un esprit structuré indépendant de l'expérience (formes intuitives de connaissances telles que l'espace, le temps et la causalité), qui s'applique à des phénomènes empiriques pour élaborer une conceptualisation du monde de façon interactive. Partant de cette posture épistémologique, la perspective psychologique constructiviste piagétienne suggère que l'enfant, par la voie de son action sur l'environnement, élabore et modifie des schèmes de pensée selon les processus d'assimilation, d'accommodation et d'équilibration (Piaget, 1975). Les implications pédagogiques découlant de cette théorie sont l'importance de l'activité de l'enfant dans la construction de ses connaissances et la relégation du maître à un rôle secondaire, étant donné le caractère biologique inéluctable des stades de développement successifs théorisés par Piaget (Robichaud, 2017).

Vygotsky, contemporain de Piaget et au fait de ses théories, fonde sa conception socioconstructiviste du développement psychologique de la pensée sur la dialectique matérialiste marxiste (Bronckart, 2003). Il défend l'idée que les processus d'apprentissage des individus correspondent à une médiation quasi réciproque entre l'environnement social et culturel et l'activité cognitive du sujet, le premier primant sur la seconde (Bronckart, 2003). Dans son ouvrage *Pensée et langage*, Vygotsky (1997) expose le concept de zone proximale de développement (ZPD), dont l'écho se retrouve au cœur des débats actuels sous la forme de l'étayage. La ZPD suggère que l'adulte (ou un pair plus âgé) joue un rôle crucial pour aider l'enfant à atteindre un niveau de raisonnement supérieur à celui que les stades de développement de Piaget accordent à son âge, en simplifiant les concepts et en modélisant les tâches et les étapes plus complexes (Robichaud, 2017).

La prochaine sous-section présente les pratiques pédagogiques qui découlent des théories psychologiques (socio)constructivistes.

1.2. Pratiques pédagogiques (socio)constructivistes

Les pratiques pédagogiques associées au (socio)constructivisme psychologique se déclinent en un continuum, illustré par la Figure 1, qui distingue une offre de guidance minimale ou intensive. Le premier pôle correspond aux activités de pure découverte (approches non guidées ou minimalement guidées évoquées par Kirschner *et al.* (2006)) et le second aux activités de découverte guidée, qui font notamment appel au concept d'étayage, introduit par Bruner (2011).

¹ Dans les écrits recensés, les auteurs réfèrent aux « pratiques pédagogiques constructivistes » en les associant tantôt au constructivisme psychologique, tantôt au socioconstructivisme psychologique. Le choix a donc été fait d'utiliser l'expression « (socio)constructivisme » dans ce texte, les différents concepts étant définis dans la sous-section 1.1.

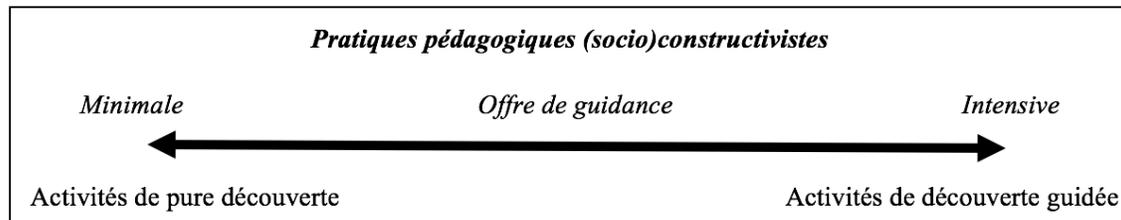


Figure 1. Continuum des pratiques pédagogiques (socio)constructivistes

À titre d'exemple, dans leur double méta-analyse (explicitée dans la section 1.3.1.), Alfieri *et al.* (2011) ont associé les pratiques pédagogiques visant l'apprentissage par la découverte non guidée aux conditions suivantes, excluant toute guidance ou rétroaction : exploration de matériel, autodidaxie, résolution de problèmes, invention de stratégies, design d'expériences, enquête, simulation informatique et travail avec un pair novice. Le rôle du maître est alors relégué à celui d'observateur ayant préparé au préalable un environnement physique adapté à la construction des connaissances par les élèves (Robichaud, 2017). Ces pratiques pédagogiques correspondent au pôle « Activités de pure découverte » du continuum illustré par la Figure 1. Situé à l'autre extrémité du continuum, le pôle « Activités de découverte guidée » peut, quant à lui, être exemplifié par les pratiques pédagogiques suivantes, également identifiées par Alfieri *et al.* (2011) : génération de règles, de stratégies, d'images ou de réponses; incitation des élèves à expliquer leur raisonnement; activité de découverte impliquant une forme d'étaillage ou de rétroaction à chaque étape de la tâche éducative.

La pratique pédagogique nommée « étaillage » a d'abord été conceptualisée par Bruner, lors de sa révision et son approfondissement des théories vygotskiennes portant notamment sur la ZPD (Robichaud, 2017). Il a précisé la nature et le rôle de l'adulte en contexte de soutien, résumés par les six fonctions de l'étaillage qui se trouvent dans le Tableau 1.

Tableau 1. Les six fonctions de l'étaillage selon Bruner

Fonctions	Descriptions
1. Enrôlement	Susciter l'intérêt et l'adhésion de l'enfant à la tâche.
2. Réduction des degrés de liberté	Simplifier la complexité de la tâche en prenant en charge les éléments qui excèdent les capacités actuelles de l'enfant.
3. Maintien de l'orientation	Aider l'enfant à poursuivre les objectifs définis en maintenant sa motivation et en l'incitant à dépasser un succès déjà obtenu en risquant un succès supérieur.
4. Signalisation des caractéristiques dominantes	Souligner les aspects de la tâche qu'il faut effectuer et préciser l'écart entre le travail réalisé et le travail souhaité.
5. Contrôle de la frustration	Dédramatiser les erreurs et faciliter la recherche d'une solution moins éprouvante pour l'apprenant.
6. Démonstration	Présenter des modèles standards, des schémas qui pourront être reproduits par l'apprenant lui-même.

Source: Adapté à partir de Bruner (2011) et Robichaud (2017)

Ainsi, dans les pratiques pédagogiques (socio)constructivistes correspondant aux activités de découverte guidée, une personne plus experte que l'apprenant s'assure de susciter son intérêt et son adhésion à la tâche, de prendre en charge les éléments qui excèdent ses capacités, de l'inciter à poursuivre des objectifs définis, de préciser l'écart entre le travail réalisé et le travail souhaité, et de faciliter la recherche de solutions, notamment en lui présentant des modèles.

L'ensemble des pratiques pédagogiques (socio)constructivistes se trouvant dans le continuum présenté précédemment est mis de l'avant dans plusieurs systèmes éducatifs, tels celui de l'Australie, de l'Autriche,

du Danemark et de l'Islande (OCDE, 2009), notamment à travers les situations-problèmes et les projets (Robichaud, 2017). Ceux-ci visent le développement de compétences, définies comme des potentiels d'action, dans une perspective collaborative entre le maître et l'élève, plutôt que la transmission unilatérale de connaissances (Robichaud, 2017). Le Tableau 2 présente les rôles de l'enseignant et de l'élève et les types d'action mis en œuvre par chacun dans ces formules pédagogiques

Tableau 2. Les rôles et les types d'action de l'enseignant et de l'élève dans une perspective socioconstructiviste

Formule pédagogique	Rôle et type d'action de l'enseignant	Rôle et type d'action de l'élève
Apprentissage par problème	<ul style="list-style-type: none"> Proposer un problème réaliste inspiré de la vie courante. Donner l'ensemble des informations aux élèves, les fournir progressivement ou à la demande de ceux-ci. Organiser des périodes de travail en équipe, en dyade ou individuelles. 	<ul style="list-style-type: none"> Proposer un problème. Trouver, organiser et synthétiser les informations à utiliser pour résoudre le problème. Procéder à des recherches documentaires, consulter des experts, expérimenter. Collaborer en équipe.
Apprentissage par projet	<ul style="list-style-type: none"> Accorder une liberté de choix à l'élève. Considérer et valoriser sa démarche plutôt que sa réussite. Évaluer de façon individuelle le travail de ses élèves et fournir une rétroaction individualisée. 	<ul style="list-style-type: none"> Choisir un thème ou un sujet à traiter. S'engager de façon importante (investissement personnel, temps). Coopérer et s'autoévaluer.

Source: Adapté à partir de Scallon (2004) et Robichaud (2017)

Ainsi, tant dans le cadre de situations-problèmes que de projets, l'élève a la possibilité de proposer des activités liées à ses intérêts et de s'associer à des pairs afin de les réaliser. L'enseignant, quant à lui, propose une structure pour encadrer les activités, fournit des informations au besoin et assure le suivi des apprentissages.

1.3. Articulation du débat relatif à l'efficacité des pratiques pédagogiques (socio)constructivistes

La structure argumentaire de cette sous-section vise à exposer les constats suivants : les pratiques pédagogiques (socio)constructivistes de découverte guidée sont plus efficaces que l'enseignement explicite exclusif, qui est plus efficace que les pratiques pédagogiques de découverte non guidées.

1.3.1. Efficacité des pratiques pédagogiques (socio)constructivistes: arguments

Les résultats d'une méta-analyse et de deux études empiriques sont présentés comme démonstrations du constat suivant : les pratiques pédagogiques associées au (socio)constructivisme psychologique qui visent l'apprentissage par la découverte guidée, comprenant de l'étayage et des rétroactions, sont les plus efficaces en ce qui a trait à l'apprentissage des élèves.

Alfieri *et al.* (2011) ont conduit une double méta-analyse sur 164 études publiées entre 1941 et 2008, repérées à l'aide des bases de données PsycINFO, ERIC et Dissertation Abstracts International, ainsi que dans les références des articles recensés. Les auteurs ont choisi de scinder leur méta-analyse en deux étant donné l'ambiguïté de la définition de l'expression « apprentissage par la découverte », qui regroupe le continuum de pratiques pédagogiques présenté précédemment. Un premier volet se penche sur les effets des pratiques pédagogiques visant l'apprentissage par la découverte guidée² en comparaison à d'autres types

² Les conditions associées à l'apprentissage par la découverte guidée sont présentées à la section 1.2.

d'instruction, dont l'apprentissage par la découverte non guidée³ et l'enseignement explicite⁴. Ce dernier est associé aux conditions suivantes : explications préalables et exemples travaillés (*worked examples*)⁵. Les résultats, comportant 360 points de comparaison, indiquent que les effets de l'apprentissage par la découverte guidée sont supérieurs à ceux des autres types d'instruction. Les domaines pour lesquels ce traitement est le plus favorable sont les suivants : développement physique et moteur, informatique, habiletés sociales et verbales. Dans une moindre mesure, cette approche pédagogique est également supérieure en mathématiques et en sciences. Les résultats montrent que, bien que les pratiques pédagogiques visant l'apprentissage par la découverte guidée soient davantage bénéfiques que les autres traitements pour les trois tranches d'âge considérées (enfants : 12 ans et moins; adolescents : 13-17 ans; adultes : 18 ans et plus), les adultes sont ceux qui en bénéficient le plus.

Plusieurs études qui visent à mesurer l'efficacité des pratiques pédagogiques (socio)constructivistes le font à l'aide de tests qui prennent uniquement en compte la capacité des apprenants à mémoriser des faits, à manifester des habiletés et à résoudre des problèmes similaires, ce qui ne permet pas d'évaluer des objectifs constructivistes plus vastes tels que le transfert dans des situations dissemblables et la capacité d'apprendre de nouvelles connaissances de façon autonome, notamment en dehors du cadre de l'instruction formelle (Bransford et Schwartz, 1999). Selon Schwartz, Lindgren et Lewis (2009), une forme d'évaluation plus appropriée pour mesurer l'efficacité des pratiques pédagogiques (socio)constructivistes est un test de « préparation à l'apprentissage futur » durant lequel l'apprenant a l'occasion d'apprendre via un nouvel exemple travaillé intégré, plutôt qu'un test de « résolution de problèmes séquestrés » ne permettant à l'apprenant d'utiliser aucune autre ressource que sa mémoire pour résoudre un problème similaire à ceux étudiés précédemment. Pour illustrer la différence de résultats que ce type d'évaluation met en lumière, Schwartz *et al.* (2009) évoquent deux études.

La première examine l'apprentissage de connaissances déclaratives et procédurales relatives aux statistiques par 95 élèves de 9^e année (Schwartz et Martin, 2004). La moitié de ces élèves (groupe témoin) a reçu un traitement de type enseignement direct nommé « Tell and copy » : une technique pour calculer des scores normalisés leur a été présentée, puis ils se sont exercés à l'appliquer à partir d'un ensemble de données fourni. L'autre moitié des élèves (groupe expérimental) a reçu un traitement lié aux pratiques pédagogiques (socio)constructivistes de découverte nommé « Inventing a measure » : à partir des mêmes données, ils ont d'abord tenté d'inventer leur propre solution, sans guidance ni rétroaction. Aucun élève du groupe expérimental n'a réussi à inventer une solution adéquate, ce qui pourrait laisser croire à la totale inefficacité de cette pratique pédagogique pouvant être qualifiée de pure découverte. Toutefois, une évaluation subséquente de type « préparation à l'apprentissage futur » a permis de démontrer l'importance de cette activité d'invention. Ce second test, réalisé par tous les élèves une semaine après l'intervention pédagogique, comprenait deux versions. La première présentait d'abord un exemple travaillé que les élèves devaient lire et compléter pour apprendre une nouvelle procédure, puis un problème de transfert nécessitant son utilisation. La seconde version comprenait le problème de transfert uniquement. La moitié de chaque groupe a reçu une version différente du test. La Figure 2 présente les résultats obtenus par les élèves.

³ Les conditions associées à l'apprentissage par la découverte non guidée sont présentées à la section 1.2.

⁴ Le second volet de cette double méta-analyse est présenté à la section 1.3.2.

⁵ La condition « rétroactions » est exclue de la variable « enseignement explicite » pour ce premier volet de la méta-analyse, puisque les rétroactions sont comprises dans les conditions de « l'apprentissage par la découverte guidée ».

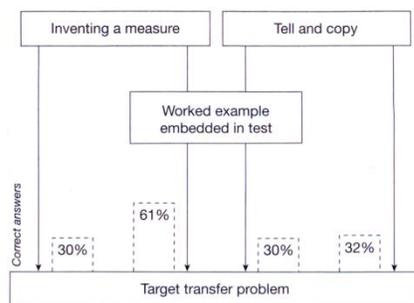


Figure 2. Résultats obtenus par les élèves lors de l'évaluation de type « préparation à l'apprentissage futur »

Source : Tiré de Schwartz et al. (2009)

La conclusion que tirent Schwartz *et al.* (2009) de ces résultats est que les élèves du groupe expérimental, qui ont eu à inventer une solution dans leur exploration du concept de scores normalisés, sont mieux préparés que les élèves du groupe témoin pour apprendre spontanément de l'exemple travaillé puis pour transférer ces apprentissages autonomes à un problème subséquent. Bien que la portée de cette étude soit limitée étant donné la taille restreinte de son échantillon, la piste entrevue par ses résultats est intéressante, d'autant plus qu'elle est appuyée par l'étude de Sears (2006).

L'étude de Sears (2006) porte sur 76 étudiants universitaires de premier cycle apprenant la logique sous-jacente au test statistique du khi carré. Les deux variables qui y ont été étudiées sont l'effet du travail individuel ($n = 20 + 20$) ou en dyade ($n = 18 + 18$) et celui de l'ordre de la séquence d'instruction. Ainsi, les mêmes solutions procédurales ont été présentées aux groupes témoin et expérimental, qui ont eu le même temps pour travailler des cas d'application identiques; seul l'ordre des activités a été inversé. Le premier traitement (groupe témoin) consistait en un enseignement direct des procédures pertinentes (*Told method*), une pratique sur le cas présenté, puis sur un cas additionnel (*Work on cases*). Les étudiants du groupe expérimental ont d'abord tenté d'inventer une stratégie pour résoudre le premier cas, puis on leur a présenté les procédures pertinentes et ils se sont pratiqués sur le cas additionnel. Tous les étudiants ont complété un posttest individuellement une semaine plus tard. Celui-ci comprenait un volet de type « résolution de problèmes séquestrés » (*sequestered problem solving (SPS)*), permettant de vérifier leur capacité à appliquer les procédures enseignées à des problèmes similaires, puis un second volet de type « préparation à l'apprentissage futur » (*preparation for future learning (PFL)*), dont la structure était la même que celle de l'étude de Schwartz et Martin (2004). La Figure 3 présente les résultats obtenus par les étudiants.

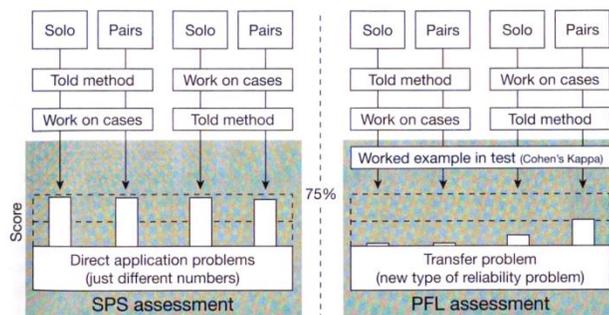


Figure 3. Résultats obtenus par les étudiants lors au posttest

Source : Tiré de Schwartz et al. (2009)

Bien que la portée de cette étude soit limitée étant donné la taille restreinte de son échantillon, les résultats démontrent que les activités d'exploration réalisées en dyade de façon préalable à l'enseignement

explicite permettent aux étudiants de répondre tant aux attentes plus traditionnelles des tests de « résolution de problèmes séquestrés », soit la mémorisation de faits et l'application de procédures pour résoudre des problèmes similaires, que d'atteindre l'objectif constructiviste plus vaste qu'est la capacité d'apprendre de nouvelles connaissances de façon autonome. L'étude de Sears (2006) se distingue de celle de Schwartz et Martin (2004) en mettant en lumière l'importance du travail en équipe pour maximiser les bénéfices associés aux activités d'exploration préalables à l'enseignement direct.

Les résultats des études suivantes démontrent également la supériorité des pratiques pédagogiques de découverte guidée en comparaison à l'enseignement explicite : Shemwell, Chase et Schwartz (2015), Schwartz, Chase, Oppezzo et Chin (2011), Loibl et Rummel (2014) et Hushman et Scott (2015)⁶.

1.3.2. Efficacité des pratiques pédagogiques (socio)constructivistes : contre-arguments

Dans cette sous-section, les résultats d'une méta-analyse et de deux recensions des écrits scientifique s'étalant jusqu'au milieu du XXe siècle sont présentés afin de démontrer un constat relativement unanime chez les chercheurs consultés (Alfieri *et al.*, 2011; Kirschner *et al.*, 2006; Mayer, 2004, 2009) : les pratiques pédagogiques (socio)constructivistes non guidées associées à l'extrême du continuum des activités de découverte, soit à la « pure découverte », ne sont pas efficaces en ce qui a trait à l'apprentissage.

Le second volet de la méta-analyse d'Alfieri *et al.* (2011) examine les effets de l'apprentissage par la découverte non guidée en comparaison à ceux de l'enseignement explicite associé aux conditions suivantes : explications préalables, exemples travaillés, rétroactions. Les résultats des effets aléatoires de 580 comparaisons indiquent que l'enseignement explicite est supérieur à l'apprentissage par la découverte non guidée pour la plupart des conditions étudiées. Les domaines pour lesquels l'enseignement explicite des notions s'est avéré le plus bénéfique pour les apprenants, en comparaison à l'apprentissage par la découverte non guidée sont les apprentissages de types langagier et social, suivis par la résolution de problème et les sciences. Les résultats stipulent notamment que les adolescents (13-17 ans) bénéficient davantage de l'enseignement explicite que les adultes.

Mayer (2009), étoffant les conclusions de sa recension antérieure (Mayer, 2004), défend la thèse suivante : les preuves qui émanent des écrits scientifiques sont suffisantes pour affirmer que les pratiques pédagogiques visant l'apprentissage par la découverte non guidée ne sont pas efficaces. La structure de son argumentation reflète l'analyse de trois corpus d'études : l'enseignement de règles de résolution de problème culminant dans les années 1960; l'enseignement des stratégies de conservation piagétienne culminant dans les années 1970; et l'enseignement du langage de programmation LOGO culminant dans les années 1980.

La conclusion de l'analyse de Mayer (2004, 2009) relativement aux résultats des études portant sur l'enseignement de règles de résolution de problème est la suivante : les élèves des groupes exposés au traitement de découverte guidée, c'est-à-dire que des indices leur sont donnés relativement aux éléments importants, mais pas la règle ou la réponse, performant mieux que les élèves des groupes exposés au traitement de pure découverte aux tests de rétention immédiate, de rétention différée et de transfert.

La conclusion de l'analyse de Mayer (2004, 2009) relativement aux résultats des études portant sur l'enseignement des stratégies de conservation piagétienne (ex. conservation des nombres) est la suivante : les enfants apprennent mieux lorsqu'ils sont actifs et qu'un enseignant guide leurs activités dans une direction productive, notamment via les rétroactions.

En ce qui a trait aux résultats des études portant sur l'enseignement du langage de programmation LOGO, Mayer (2004, 2009) conclut que les élèves apprennent mieux via des pratiques pédagogiques de découverte guidée impliquant des modelages, des feuilles de processus, des indices, des rétroactions et des discussions de groupe dirigées que via des activités pratiques sans intervention de l'enseignant ni objectif curriculaire défini.

⁶ Il n'est pas possible de décrire ces études ici, étant donné l'espace accordé.

En somme, le constat que Mayer (2004, 2009) infère de son argumentation en trois temps se résume dans ce qu'il nomme le sophisme de l'enseignement constructiviste. Il critique que la définition (socio)constructiviste de l'apprentissage, voulant que ce soit un processus cognitif actif, soit souvent interprétée comme la nécessité de rendre les élèves physiquement actifs via des situations d'apprentissage pratiques, des discussions de groupes et des jeux interactifs axés sur la découverte, au détriment d'activités considérées comme passives telles que la lecture et l'écoute d'exposés. Il avance que les pratiques pédagogiques les plus susceptibles de conduire à la définition constructiviste de l'apprentissage sont celles qui suscitent de l'activité cognitive plutôt que de l'activité comportementale, de la guidance plutôt que de la pure découverte et des objectifs curriculaires définis plutôt que des explorations non structurées. Kirschner *et al.* (2006) vont dans le même sens que Mayer (2004, 2009) en affirmant que la description constructiviste de l'apprentissage est adéquate, mais que les formules pédagogiques suggérées par les tenants du constructivisme ne le sont pas nécessairement.

En effet, Kirschner *et al.* (2006), dans leur essai théorique notable, défendent la thèse voulant que les approches pédagogiques fortement guidées, dont les exemples travaillés représentent l'acmé, aient une efficacité supérieure en ce qui a trait à l'apprentissage, défini comme la transformation de la mémoire à long terme, comparativement aux approches pédagogiques non guidées ou minimalement guidées. Leur argumentaire repose d'une part sur les connaissances qu'apportent les sciences cognitives appliquées à l'éducation. Ainsi, en s'appuyant sur les travaux de Sweller (1988), les auteurs soutiennent que les approches pédagogiques minimalement directives, notamment celles fondées sur la résolution de problèmes, ignorent les limites de la mémoire de travail dans sa gestion des nouvelles informations, ce qui est particulièrement néfaste pour les apprenants novices qui n'ont pas suffisamment de connaissances et d'expériences antérieures pour intégrer aisément les nouvelles informations à leurs schèmes cognitifs. D'autre part, l'argumentaire de Kirschner *et al.* (2006) est sous-tendu par des preuves émanant d'un corpus d'études empiriques avec groupe témoin qui démontre la supériorité des approches pédagogiques fortement guidées. Ils citent de nombreuses études (Colliver, 2000; Cooper et Sweller, 1987; Nadolski, Kirschner et Van Merriënboer, 2005) ainsi que la revue de littérature de Mayer (2004), qui conclut qu'à chaque décennie depuis le milieu des années 1950, lorsque des études empiriques ont apporté des preuves solides démontrant que l'apprentissage par la découverte non guidée n'est pas efficace, une approche similaire est apparue sous une appellation différente, reproduisant le cycle de plus belle : « Ce modèle a produit l'apprentissage par la découverte, qui a laissé place à l'apprentissage expérientiel, qui a laissé place à l'apprentissage par la résolution de problème et à l'apprentissage par enquête, qui laisse maintenant place aux techniques pédagogiques constructivistes (Kirschner *et al.*, 2006, p. 79). » La prochaine section présente les approches pédagogiques fortement guidées soutenues par Kirschner *et al.* (2006).

2. Approches pédagogiques cognitivistes

Cette section présente la définition des concepts inhérents aux théories cognitivistes, les pratiques pédagogiques associées, ainsi qu'une articulation du débat relatif à l'efficacité de ces pratiques.

2.1. Cognitivism (psychologie cognitive)

La théorie du traitement de l'information, qui fonde le cognitivism (ou la psychologie cognitive, un tentacule des sciences cognitives), avance que l'architecture cognitive humaine est composée de trois structures principales : la mémoire sensorielle, la mémoire de travail (ou à court terme) et la mémoire à long terme (Atkinson et Shiffrin, 1968). La mémoire sensorielle joue le rôle d'un filtre attentionnel prolongeant le stimulus initial de certaines données visuelles et sonores, ce qui permet leur traitement ultérieur par la mémoire de travail. Celle-ci conserve un nombre limité d'informations, sept plus ou moins deux pour l'adulte moyen (Miller, 1956), pendant cinq à vingt secondes, avant de les oublier ou de les transférer dans notre mémoire à long terme (Tardif, Richard, Bissonnette et Robichaud, 2017), notamment grâce au processus de répétition (*rehearsal*) (Chase et Ericsson, 1982). La mémoire à long terme, aux capacités de stockage illimitées, comprend un volet épisodique contenant les souvenirs des expériences vécues par un individu, ainsi qu'un volet sémantique, contenant les connaissances de types déclaratives et procédurales (Tulving, 1972). L'emménagement de ces dernières s'effectue plus difficilement que celui des connaissances épisodiques puisqu'il est tributaire des modes d'organisation que sont le réseau sémantique et le schéma, comparant et associant tout nouveau savoir avec les connaissances antérieures (Tardif *et al.*, 2017). Dans le

paradigme cognitiviste, la mémoire à long terme est considérée comme la structure centrale et dominante de la cognition humaine, l'efficacité des pratiques pédagogiques y étant intimement liée :

Si rien n'a changé dans la mémoire à long terme, rien n'a été appris. Toute recommandation pédagogique qui ne spécifie pas ou ne peut pas spécifier ce qui a changé dans la mémoire à long terme, ou qui n'augmente pas l'efficacité avec laquelle des informations pertinentes sont emmagasinées ou récupérées de la mémoire à long terme, est susceptible d'être inefficace (Kirschner *et al.*, 2006, p. 77).

De la théorie du traitement de l'information découlent celles de l'expertise et de la charge cognitive qui soulèvent des enjeux importants en ce qui a trait aux pratiques pédagogiques.

La théorie de l'expertise suggère que le développement de l'expertise est un processus d'apprentissage continu et cumulatif particulièrement long (environ 10 ans de pratique), restreint à un domaine particulier (Tardif *et al.*, 2017). Le statut d'expert est donc réservé à l'âge adulte, bien qu'il soit possible de considérer que certains enfants aient développé une expertise relative au jeu d'échecs ou à la pratique d'un instrument de musique, par exemple (Tardif *et al.*, 2017). Les travaux d'Anderson (1983, 1993, 1995, 1997) ont contribué à décrire le processus d'apprentissage en trois phases (cognitive, associative puis autonome), menant un novice à l'expertise. Au cours de la phase cognitive, le novice est amené à maîtriser un ensemble de connaissances liées à un domaine précis. Durant la phase associative, ces connaissances sont mobilisées dans des contextes d'action. La phase autonome est atteinte lorsqu'il y a une automatisation des savoirs permettant à l'individu de libérer sa mémoire de travail pour mieux se consacrer aux aspects plus complexes de la tâche.

Le point de départ de la théorie de la charge cognitive est l'étude de Sweller (1988), qui démontrait que certaines formes de résolution de problèmes peuvent interférer avec l'apprentissage, leur solution par l'apprenant ne conduisant pas à la modification ou l'acquisition de schémas de sa part. Ces résultats sont interprétés comme une démonstration de la surcharge cognitive qu'engendrent l'analyse et la réalisation de tâches complexes par un novice. Les capacités limitées de sa mémoire de travail sont dépassées, ce qui ne permet pas l'intégration des nouvelles connaissances dans sa mémoire à long terme (Tardif *et al.*, 2017). Ainsi, s'appuyant sur les résultats des recherches consacrées au développement de l'expertise, la théorie de la charge cognitive suggère que la principale différence entre les apprenants novices et experts est la possibilité pour la mémoire de travail des seconds d'accéder à une grande quantité de riches schémas stockés dans leur mémoire à long terme, ce qui leur permet de traiter un très grand nombre d'informations comme s'il s'agissait d'une seule unité signifiante (*chunk*) : la complexité des tâches qu'un apprenant peut traiter est proportionnelle à la qualité de l'organisation et à la quantité de ses connaissances dans sa mémoire à long terme (Tardif *et al.*, 2017). La conséquence pédagogique de ces travaux est que les novices ont besoin qu'un enseignant structure les apprentissages de la simplicité vers la complexité de manière à fournir un substitut aux schémas qui leur font défaut (Clark, Nguyen et Sweller, 2006).

2.2. Pratiques pédagogiques cognitivistes

Une caractéristique des pratiques pédagogiques fondées sur la psychologie cognitive est de donner primauté aux connaissances spécifiques à un domaine, plutôt qu'à des compétences génériques (Sweller, 2016). Une seconde particularité de ces pratiques est de viser l'enseignement explicite (ou direct) des savoirs, l'enseignant jouant un rôle prédominant dans la gestion des apprentissages (Gauthier et Bissonnette, 2017). Les trois phases de l'action pédagogique liées à l'enseignement explicite sont : la préparation, l'interaction avec les élèves et la consolidation des savoirs. Le Tableau 3 présente les différentes stratégies pédagogiques associées à chacun des temps de l'enseignement explicite.

Tableau 3. Stratégies pédagogiques associées aux trois phases de l'enseignement explicite

Temps	Stratégies pédagogiques mises en œuvre par l'enseignant
Préparation	<ul style="list-style-type: none"> • Analyser et s'appropriier le curriculum (composantes principales, difficultés potentielles). • Établir l'ordre dans lequel il est préférable d'enseigner les éléments du contenu. • Formuler les objectifs d'apprentissage. • Énoncer les idées maîtresses (distinguer les concepts clés, savoirs fondamentaux, habiletés de base et les notions accessoires). • Déterminer les connaissances préalables (et s'assurer que les élèves les maîtrisent). • Intégrer de manière stratégique les différents types de connaissances (déclaratives, procédurales, conditionnelles). • Planifier les dispositifs de soutien à l'apprentissage (visuels, verbaux, physiques; adaptés aux habiletés des élèves et retirés progressivement à mesure qu'ils progressent) (étayage). • Planifier la révision (distribuée, cumulative et variée). • Vérifier l'alignement curriculaire (enseignement et évaluation).
Interaction avec les élèves	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Ouverture de la leçon</i> : obtenir l'attention des élèves; présenter l'objectif d'apprentissage et le justifier au besoin; résumer le contenu abordé dans la leçon et/ou en donner un plan; activer les connaissances préalables. 2. <i>Conduite de la leçon</i> <ol style="list-style-type: none"> 2.1. <i>Modelage</i> : présenter les nouvelles notions; démontrer chaque étape des tâches à réaliser en verbalisant les raisonnements à voix haute. 2.2. <i>Pratique guidée</i> : faire travailler les élèves en équipes à partir de problèmes déjà résolus en groupe, tout en les supervisant étroitement; questionner les élèves pour rendre explicites leurs raisonnements implicites; vérifier la compréhension des élèves; mettre en place des mesures de soutien appropriées; corriger les réponses des élèves et donner des rétroactions. 2.3. <i>Pratique autonome</i> : l'élève accomplit seul et sans aide des exercices de même nature que ceux réalisés dans les deux étapes précédentes. *** Si l'élève ne sait pas comment exécuter seul la tâche et que l'enseignant lui demande de continuer à s'exercer, il intégrera des erreurs de compréhension dans sa mémoire à long terme; il sera alors très difficile de les lui faire désapprendre. Au besoin, reprendre le modelage et/ou la pratique guidée. *** 3. <i>Conclusion de la leçon</i> : assurer l'objectivation en faisant ressortir l'essentiel à retenir; annoncer la prochaine leçon; proposer des activités pour poursuivre la consolidation et l'automatisation des apprentissages. L'enseignant doit procéder à des ajustements selon les forces et les défis identifiés lors de l'interaction avec ses élèves (ex. adapter le rythme des activités, mieux préciser ses consignes, prévoir des étapes supplémentaires).
Consolidation	<ul style="list-style-type: none"> • Donner des devoirs courts et fréquents qui demandent la pratique d'habiletés simples et ne comportent pas de nouveaux éléments (les intégrer à la routine de classe; les revoir collectivement). • Animer des révisions hebdomadaires et mensuelles (15 à 20% du temps d'enseignement).

Source : Conçu à partir de Gauthier et Bissonnette (2017)

2.3. Articulation du débat relatif à l'efficacité des pratiques pédagogiques cognitivistes

La structure argumentaire de cette sous-section vise à exposer le constat suivant: les pratiques pédagogiques cognitivistes correspondant à l'enseignement explicite de savoirs issus de domaines spécifiques plutôt que généraux sont nécessaires, mais non suffisantes.

2.3.1. Efficacité des pratiques pédagogiques cognitivistes : arguments

Le premier argument, de type évolutionniste, fondé sur les travaux de Geary (1995, 2005, 2012), suggère que, bien que les savoirs puissent être catégorisés de multiples façons, les catégories comportant les plus importantes implications pédagogiques sont les suivantes : les connaissances biologiquement primaires et secondaires. Les êtres humains ont évolué depuis d'innombrables générations en acquérant des connaissances primaires critiques à leur survie et organisées autour de domaines tels que les habiletés sociales (reconnaissance des visages, compréhension et expression dans une langue maternelle), les habiletés spatiales (déplacements), les habiletés de résolution de problème (analyses de type moyens – fins), de planification et d'élaboration de stratégies. Une des caractéristiques des connaissances biologiquement primaires est qu'elles s'acquièrent automatiquement et inconsciemment à travers des activités naturelles telles que le jeu et le discours. Elles n'ont donc pas besoin d'être enseignées explicitement (ou d'une autre façon) puisque tout individu ayant une constitution normale les acquiert. Les connaissances biologiquement secondaires, quant à elles, sont culturellement spécifiques et associées à des domaines particuliers (ex. connaissances déclaratives et procédurales liées à la biologie, à la psychologie ou à la physique). Une autre caractéristique des connaissances biologiquement secondaires est que leur apprentissage requiert des efforts conscients; elles s'acquièrent plus aisément via l'enseignement explicite que la guidance minimale (Sweller, 2016).

Le second argument évolutionniste suggère que les processus de traitement de l'information par l'architecture cognitive humaine sont analogues à ceux qui opèrent dans les systèmes naturels de stockage d'information, c'est-à-dire que les processus ayant cours dans l'évolution par la sélection naturelle peuvent être appliqués à la cognition humaine (Sweller, Ayres et Kalyuga, 2011). Ces processus correspondent aux quatre principes qui justifient un design pédagogique fondé sur l'enseignement explicite : le principe d'emprunt et de réorganisation, le principe de genèse aléatoire, le principe des étroites limites du changement et le principe d'organisation et de relation environnementales (Sweller *et al.*, 2011).

Le principe d'emprunt et de réorganisation provient de la façon dont un génome combine l'information empruntée aux chromosomes mâles et femelles lors de la reproduction sexuée; il dépasse la transmission photocopiée par un processus créatif de réorganisation (Sweller *et al.*, 2011). De manière similaire, la cognition humaine emprunte l'information issue de son environnement via l'imitation, l'écoute et la lecture, puis la réorganise de manière créative et potentiellement unique (Sweller, 2016).

Le principe de genèse aléatoire réfère aux mutations qui sont aux origines des variations biologiques (Sweller, 2016). De façon analogue, toute connaissance biologiquement secondaire doit d'abord être créée avant d'être stockée dans l'architecture cognitive humaine. Ce processus a lieu lorsque l'humain est confronté à un problème pour lequel il n'a pas de solution emmagasinée dans sa mémoire à long terme. Il doit alors tester l'efficacité de nouvelles procédures choisies de façon aléatoire en combinant des connaissances antérieures et éventuellement générer de nouvelles connaissances secondaires validées (Sweller, 2016). Le principe de genèse aléatoire est donc la source de la créativité humaine et les différences entre les êtres humains en ce qui a trait à leur base de connaissances secondaires liées à des domaines précis entraînent les différences de leur potentiel créatif (Sweller *et al.*, 2011).

Le principe des étroites limites du changement réfère aux restrictions qui doivent être imposées au principe de genèse aléatoire, qui, dans l'absolu, pourrait engendrer un nombre infini de nouvelles combinaisons et potentiellement endommager des connaissances utiles stockées préalablement par de larges modifications soudaines (Sweller, 2016). Ainsi, tant pour l'évolution par la sélection naturelle que pour la cognition humaine, le principe des étroites limites du changement ralentit la genèse aléatoire en restreignant le nombre de mutations possibles dans le dépôt de connaissances, soit le génome ou la mémoire à long terme, pour éviter des pertes susceptibles d'être fatales (Sweller, 2016). Dans le cas de la cognition humaine, c'est la mémoire de travail aux capacités limitées qui joue ce rôle de contention (Sweller, 2016).

Enfin, le principe d'organisation et de relation environnementales est issu de l'idée que l'objectif ultime du dépôt de connaissances que représente le génome ou la mémoire à long terme est l'adaptation fonctionnelle à un environnement donné (Sweller, 2016). Dans le cas de l'évolution biologique, le système épigénétique peut transformer les manifestations génétiques via des variations phénotypiques pour s'adapter aux exigences environnementales (Sweller, 2016). De manière similaire, la mémoire de travail détermine quelles informations stockées dans la mémoire à long terme doivent être mobilisées pour effectuer une action appropriée dans un environnement donné (Sweller, 2016).

Les conséquences pédagogiques de ces quatre principes évolutionnistes peuvent être résumées comme suit. Pour permettre à un individu de développer de nombreux schémas dans sa mémoire à long terme et ainsi d'être en mesure d'octroyer du sens au monde empirique et d'agir sur lui de façon créative, l'instruction doit fournir un maximum de connaissances secondaires associées à des domaines définis de la façon la plus efficace possible. Pour ce faire, des activités pédagogiques mettant en relief les notions essentielles à une discipline curriculaire sont nécessaires. Ainsi, l'enseignement explicite est la voie royale pour favoriser l'apprentissage des novices (Sweller *et al.*, 2011).

Le troisième argument justifiant la présence de l'enseignement explicite dans un design pédagogique scolaire est issu des effets cognitifs empiriquement validés par des expériences comportant un groupe témoin et une stratégie d'échantillonnage probabiliste, soit l'effet de l'exemple travaillé (Sweller, 2016). Celui-ci stipule que l'étude d'exemples travaillés, qui consistent en la présentation de chacune des étapes menant à la résolution d'un problème, est la meilleure façon de permettre à un apprenant novice de stocker les procédures efficaces dans sa mémoire à long terme et ainsi d'être en mesure de les mobiliser pour résoudre des problèmes similaires ultérieurement (Sweller *et al.*, 2011). Cet effet cognitif a été validé par de nombreuses recherches menées à travers le monde depuis les années 1950, tant dans des domaines bien structurés tels que les mathématiques et les sciences naturelles que dans des domaines moins structurés tels que la littérature et les sciences humaines (Sweller *et al.*, 2011).

2.3.2. Efficacité des pratiques pédagogiques cognitivistes : contre-arguments

Paradoxalement, outre la structure argumentaire développée dans la section 1.3.1., qui démontre la supériorité des pratiques pédagogiques de découverte guidée par rapport à l'enseignement explicite exclusif, le principal contre-argument pouvant être soulevé pour démontrer l'insuffisance de l'enseignement explicite relativement à son efficacité à susciter l'apprentissage émane de la psychologie cognitive elle-même. Il s'agit de l'expertise *reversal effect*.

L'expertise *reversal effect*, validée par de nombreuses études empiriques dans les dernières décennies (Sweller *et al.*, 2011), correspond au fait qu'à mesure qu'un apprenant novice gagne en expertise dans un certain domaine, l'effet positif associé aux exemples travaillés diminue, puis s'inverse, les exemples devenant une activité redondante pour un apprenant plus connaisseur (Sweller, 2016). En effet, un expert a emmagasiné un nombre potentiellement illimité de schémas liés à son domaine de prédilection dans sa mémoire à long terme, ce qui lui permet de reconnaître aisément des modèles lorsqu'il est confronté à un problème nouveau et de mobiliser les schémas pertinents pour gérer la situation (Kalyuga, Ayres, Chandler et Sweller, 2003). Il n'a donc pas besoin d'instructions additionnelles, qui peuvent le surcharger cognitivement, ses propres schémas cognitifs lui assurant la guidance nécessaire (Kalyuga *et al.*, 2003). En plus des notions ciblées, tout design pédagogique doit donc préciser le niveau d'expertise de l'apprenant visé (Kalyuga *et al.*, 2003; Sweller *et al.*, 2011). Sweller *et al.* (2011) précisent d'ailleurs qu'aux niveaux d'expertise intermédiaires, un mélange d'instruction directe et de résolution de problème avec un soutien réduit pourrait être optimal pour générer un apprentissage efficace.

Conclusion

Cet exposé de positions compare l'efficacité des approches pédagogiques issues des théories (socio)constructivistes et cognitivistes en ce qui a trait à l'apprentissage, en évoquant les arguments théoriques et les preuves empiriques soulevés dans les écrits scientifiques récents pour les soutenir et les critiquer. Les constats qui émanent de cet exercice, illustrés à l'aide de la Figure 4, sont les suivants :

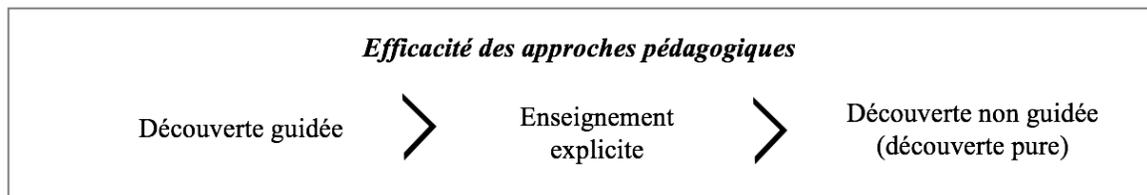


Figure 4. Constats émanant de cet exposé de position

Les pratiques pédagogiques (socio)constructivistes de découverte guidée, combinant des activités de découverte à des formes d'étayage et de rétroaction, sont plus efficaces que l'enseignement explicite exclusif, tant pour répondre à la définition voulant que l'apprentissage corresponde à une modification de la mémoire à long terme, qu'à l'objectif dit constructiviste plus vaste qui consiste à développer l'autonomie intellectuelle des apprenants. Les pratiques pédagogiques (socio)constructivistes non guidées, soit de « pure découverte », s'avèrent les moins efficaces. Les pratiques pédagogiques cognitivistes correspondant à l'enseignement explicite de savoirs issus de domaines spécifiques sont nécessaires, mais non suffisantes, leur efficacité diminuant à mesure que l'expertise des apprenants augmente et des activités de découverte utilisées en amorce s'avérant bénéfiques. Il découle de ces constats que la communauté scientifique se doit d'être prudente dans ses affirmations et d'éviter les dichotomies opposant les pédagogies (socio)constructivistes dites de la découverte (continuum allant de la découverte guidée à la pure découverte) à l'enseignement explicite, comme l'ont fait Kirschner *et al.* (2006) dans leur essai influent. En effet, un design pédagogique doit être évolutif, c'est-à-dire que le niveau d'étayage doit être ajusté finement selon le développement des connaissances et des aptitudes des apprenants dans des domaines définis, et une attention particulière doit être portée à la séquence des activités d'enseignement. Il semble essentiel de mieux étalonner le continuum distinguant le statut de novice et d'expert, et ce, pour les différents domaines présents dans un curriculum scolaire ainsi que pour les différentes notions ou habiletés ciblées afin d'être plus en mesure d'élaborer des activités pédagogiques optimales.

En somme, il semble nécessaire que la forme scolaire et la formation initiale des enseignants soient fondées sur les connaissances actuelles en ce qui a trait aux designs pédagogiques optimaux. Ainsi, les étudiants des facultés des sciences de l'éducation devraient d'abord s'appropriier les connaissances déclaratives, procédurales et conditionnelles associées à des domaines spécifiques et définies dans un curriculum précis. Ces connaissances devraient être transposées dans des situations d'apprentissage clé en main nivelées selon les capacités évolutives des élèves, que les enseignants pourraient mobiliser selon leurs observations des niveaux d'« expertise » des élèves se trouvant dans leur classe. Il semble également nécessaire de souligner le rôle crucial que pourrait jouer l'enseignement dit préscolaire pour qu'un bagage de connaissances plus étoffé puisse propulser les élèves dans le cursus primaire.

RÉFÉRENCES

- Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J., et Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology*, 103(1), 1-18.
- Anderson, J. R. (1983). *The Architecture of Cognition*. Cambridge : Harvard University Press.
- Anderson, J. R. (1993). *Rules of the mind*. Hillsdale : Erlbaum.
- Anderson, J. R. (1995). *Learning and Memory: An integrated approach*. New York : John Wiley et Sons.
- Anderson, J. R., Reder, L. M. et Simon, H. A. (1997). Situative Versus Cognitive Perspectives: Form Versus Substance. *Educational Researcher*, 26(1), 18-21.
- Atkinson, R. C., et Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: a proposed system and its control processes. In K. W. Spence et J. T. Spence (Eds.). *The psychology of learning and motivation: II* (pp. 89-195). Oxford : Academic Press.
- Bransford, J. D., et Schwartz, D. L. (1999). Rethinking transfer : a simple proposal with multiple implications. In A. Iran-Nejad et P. D. Pearson (Eds.). *Review of research in education* (Vol. 24, pp. 61-101). Washington : American Educational Research Association.
- Bronckart, J.-P. (2003). Constructivisme piagétien et interactionnisme vygotkien. Leurs apports à une conception des apprentissages et de la formation. In J.-M. Ferry et B. Libois (Eds.). *Pour une éducation posnationale* (pp. 129-147). Bruxelles : Éditions de l'Université de Bruxelles.
- Bruner, J. S. (2011). *Le développement de l'enfant : savoir faire, savoir dire*. Paris : Presses universitaires de France.
- Chase, W. G. et Ericsson, K. A. (1982). Skill and working memory. In G. H. Bower (Ed.). *The psychology of learning and motivation* (Vol. 16, pp. 1-58). New York : Academic Press.
- Clark, R., Nguyen, F. et Sweller, J. (2006). *Efficiency in learning. Evidence-based guidelines to manage cognitive load*. San Francisco : Pfeiffer.
- Gauthier, C. (2017). De la pédagogie traditionnelle à la pédagogie nouvelle. In C. Gauthier et M. Tardif (Eds.). *La pédagogie : Théories et pratiques de l'Antiquité à nos jours* (pp. 96-112). Montréal, Québec : Gaëtan Morin Éditeur.
- Gauthier, C. et Bissonnette, S. (2017). L'enseignement explicite: une approche pédagogique pour la gestion des apprentissages et des comportements. In C. Gauthier et M. Tardif (Eds.). *La pédagogie : Théories et pratiques de l'Antiquité à nos jours* (pp. 242-263). Montréal : Gaëtan Morin Éditeur.
- Geary, D. (1995). Reflections of evolution and culture in children's cognition: Implications for mathematical development and instruction. *American Psychologist*, 50(1), 24-37.
- Geary, D. (2005). *The origin of mind: Evolution of brain, cognition, and general intelligence*. Washington : American Psychological Association.
- Geary, D. (2012). Evolutionary educational psychology. In K. Harris, S. Graham et T. Urdan (Eds.). *APA educational psychology handbook* (Vol. 1, pp. 597-621). Washington : American Psychological Association.
- Gouvernement du Québec (2006). *Programme de formation de l'école québécoise*. Québec : Gouvernement du Québec. En ligne : http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/dpse/formation_jeunes/prform2001.pdf

- Hushman, C. J. et Scott, C. M. (2015). Guided instruction improves elementary student learning and self-efficacy in science. *Journal of educational research*, 108(5), 371-381.
- Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P. et Sweller, J. (2003). Expertise reversal effect. *Educational Psychologist*, 38(1), 23-31.
- Kant, E. (1905). *Critique de la raison pure*. Paris : Alcan.
- Kirschner, P. A., Sweller, J. et Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: an analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.
- Loibl, K. et Rummel, N. (2014). The impact of guidance during problem-solving prior to instruction on students' inventions and learning outcomes. *Instructional science: an international journal of the learning sciences*, 42(3), 305-326.
- Mayer, R. E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? The case for guided methods of instruction. *American Psychologist*, 59(1), 14-19.
- Mayer, R. E. (2009). Constructivism as a theory of learning versus constructivism as a prescription for instruction. In S. Tobias et T. M. Duffy (Eds.). *Constructivist instruction : Success or Failure ?* (pp. 184-200). New York et Londres : Routledge.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63(2), 81-97.
- OCDE (2009). *Regards sur l'éducation 2009: Panorama*. Repéré à <https://www.oecd.org/fr/education/apprendre-au-dela-de-l-ecole/43641384.pdf>
- Piaget, J. (1975). L'équilibration des structures cognitives, problème central du développement. In J. Piaget (Ed.). *Études d'épistémologie génétique* (pp. 9-47). Paris : Presses universitaires de France.
- Robichaud, A. (2017). Le constructivisme en éducation. In C. Gauthier et M. Tardif (Eds.). *La pédagogie : Théories et pratiques de l'Antiquité à nos jours* (pp. 207-220). Montréal : Gaëtan Morin Éditeur.
- Scallon, G. (2004). *L'évaluation des apprentissages dans une approche par compétences*. Saint-Laurent : Éditions du Renouveau Pédagogique Inc.
- Schwartz, D. L., Chase, C. C., Oppezzo, M. A. et Chin, D. B. (2011). Practicing versus inventing with contrasting cases: The effects of telling first on learning and transfer. *Journal of Educational Psychology*, 103(4), 759-775.
- Schwartz, D. L., Lindgren, R. et Lewis, S. (2009). Constructivism in an Age of Non-Constructivist Assessments. In S. Tobias et T. M. Duffy (Eds.). *Constructivist instruction : Success or Failure ?* (pp. 34-61). New York and London : Routledge.
- Schwartz, D. L. et Martin, T. (2004). Inventing to prepare for learning: The hidden efficiency of original student production in statistics instruction. *Cognition and Instruction*, 22(2), 129-184.
- Sears, D. (2006). *Effects of innovation versus efficiency tasks on collaboration and learning*. Thèse de doctorat inédite. Stanford University, Stanford En ligne : <https://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/publications/dissertations/06.Sears.Dissertation.pdf>
- Shemwell, J., Chase, C. et Schwartz, D. L. (2015). Seeking the general explanation: A test of inductive activities for learning and transfer. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(1), 58-83.

- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12, 257-285.
- Sweller, J. (2016). Cognitive load theory, evolutionary educational psychology, and instructional design. In B. D. Berch et G.D. Geary (Eds.). *Evolutionary perspectives on child development and education* (pp. 291-306). Cham : Springer.
- Sweller, J., Ayres, P. et Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. New York, Dordrecht, Heidelberg, London : Springer.
- Tardif, M., Richard, M., Bissonnette, S. et Robichaud, A. (2017). Les sciences cognitives et l'éducation. In C. Gauthier et M. Tardif (Eds.). *La pédagogie : Théories et pratiques de l'Antiquité à nos jours* (pp. 221-241). Montréal : Gaëtan Morin Éditeur.
- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. In E. Tulving et W. Donaldson (Eds.). *Organization of memory* (pp. 381-403). New York : Academic Press.
- Vygotsky, L. (1997). *Pensée et langage*. (3^e éd.). Paris : La Dispute.