

Pont théorique entre les principaux modèles de changement conceptuel et l'enseignement des sciences au primaire

Marie-Noël Bêty

lauréate du premier prix  
du Concours de vulgarisation scientifique  
de l'Association des étudiants de la Faculté des sciences de l'éducation de l'UQAM (ADEESE-UQAM)

Université du Québec à Montréal  
[bety.marie-noel@courrier.uqam.ca](mailto:bety.marie-noel@courrier.uqam.ca)

### Résumé

Il existe un écart important entre les pratiques d'enseignement des sciences au primaire et les modèles de changement conceptuel (Duit & Treagust, 2003). Afin de combler cet écart, cette étude a pour objectif de mettre en exergue les indications pratiques émanant des principaux modèles de changement conceptuel par l'analyse de contenu et la synthèse des unités d'analyse collectées de ces modèles. De l'analyse et de la synthèse transversales des modèles résultent une certaine convergence des indications pour la pratique. Ces indications proposent des pistes qui encouragent l'adoption d'une pratique plus constructiviste de l'enseignement des sciences au primaire.

### Introduction

Selon une métaanalyse de Tsai et Wen (2005), 24,7 % des recherches en didactique des sciences publiées entre 1998 et 2002 ont porté sur *Learning – Students' conceptions and conceptual change*. Plusieurs de ces recherches portent sur l'abstraction d'un apprentissage en sciences, soit sur les *modèles de changement conceptuel*. Ces modèles issus de la recherche pourraient éclairer la pratique d'enseignement des sciences au primaire, souvent transmissive (Conseil de la science et de la technologie [CST], 2002; Couture, 2002; Minier & Gauthier, 2006). Il serait alors profitable, selon Duit et Treagust (2003), de réduire l'écart existant entre la théorie du changement conceptuel et la pratique de l'enseignement des sciences.

La recherche fondamentale présentée dans cet article, effectuée dans le cadre du mémoire de Bêty (2009), fait un pas en ce sens. Par l'analyse de contenu et la synthèse des unités d'analyse collectées (R. Legendre, 2005), les applications et les implications pour la pratique d'enseignement qui découlent des principaux modèles de changement conceptuel seront mises en exergue. Il en résultera un pont théorique entre les modèles de changement conceptuel et l'enseignement des sciences au primaire.

### Problématique

Les enseignants du primaire vivent quelques difficultés par rapport à l'enseignement des sciences (Bêty, 2009). Les sciences ne sont enseignées qu'occasionnellement, souvent par le biais d'approches transmissives tel l'enseignement magistral (CST, 2002; Couture, 2002; Minier & Gauthier, 2006). Selon Duit et Treagust (2003), la prise en compte du changement conceptuel, qui concerne l'évolution des conceptions des élèves en sciences, permettrait de dépasser cet enseignement transmissif plus traditionnel. En effet, l'apprentissage de concepts scientifiques requiert un *changement conceptuel*, lequel s'inscrit dans le paradigme constructiviste de l'apprentissage (M.-F. Legendre, 2007). Le changement conceptuel concerne l'évolution des conceptions des élèves en sciences.

Lorsque l'apprentissage formel des sciences débute au primaire, les élèves ont déjà diverses explications naïves des phénomènes naturels, des *conceptions initiales* (Thouin, 2004). Ces conceptions initiales fournissent aux élèves un système d'explications fonctionnel et efficace au quotidien mais elles se révèlent généralement fausses sur le plan scientifique (Astolfi & Develay, 2002). La présence de ces conceptions chez les élèves ne pouvant être niée, les chercheurs s'entendent pour dire qu'il faut enseigner à partir d'elles (Ausubel, 1968; Duit & Treagust, 2003; M.-F. Legendre, 2007; Thouin, 2004). Des auteurs (Bélanger, 2008; Carey, 1985; diSessa, 1993; Giordan, 1989; Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982; Vosniadou, 1994), ont alors développé des *modèles de changement conceptuel* pour tenter de comprendre, de décrire, d'expliquer ou de prédire comment les conceptions évoluent. Selon Duit et Treagust (2003), il est nécessaire de transposer ces modèles de changement conceptuel afin que leurs principes puissent s'inscrire dans les pratiques courantes de la classe.

L'objectif de cette recherche est donc de combler un écart entre la théorie et la pratique de l'enseignement des sciences au primaire par la mise en exergue d'indications pratiques qui découlent des principaux modèles de changement conceptuel.

### Cadre conceptuel

Pour atteindre l'objectif visé, le cadre conceptuel est ouvert afin de considérer les diverses facettes du changement conceptuel qui sont particulières à chaque modèle ou communes à plusieurs modèles tout en posant des balises. Les concepts relatifs au changement conceptuel seront définis dans le but de sélectionner les principaux modèles pertinents à l'étude et de préciser les descripteurs utilisés pour l'analyse et la synthèse de leurs entités théoriques. Les catégories de la pratique d'enseignement seront utilisées pour classer les indications pratiques qui émanent de chaque modèle.

### *Changement conceptuel*

Vu la diversité des modèles de changement conceptuel et notre volonté d'analyser un riche échantillon d'écrits, une définition large du changement conceptuel qui fait référence à l'apprentissage scolaire est employée: « conceptual change denotes learning pathways from students' pre-instructional conceptions to the science concepts to be learned » (Duit, 1999, cité par Duit & Treagust, 2003, p. 673). Les modèles fort cités, qui cadrent avec cette définition et qui peuvent être appropriés à l'enseignement des sciences au primaire seront retenus.

Selon Charland (2008), « la notion de modèle demeure imprécise » (p. 149) puisqu'il n'est pas possible de circonscrire complètement ce concept. Toutefois, cette notion au centre de notre recherche mérite d'être clarifiée. Un modèle est un processus d'abstraction ainsi qu'un guide de l'action (R. Legendre, 2005), une représentation plus ou moins simplifiée d'un objet ou d'un processus (Chavez, 2005). Un modèle rend compte d'une partie de la réalité en ayant une validité par rapport à cette dernière (R. Legendre, 2005; Pellaud, Eastes, & Giordan, 2004). Ainsi, par *modèle de changement conceptuel*, nous entendons qu'il s'agit d'un « processus d'abstraction qui contribue à représenter une partie de la réalité de l'action d'apprendre des sciences » (Béty, 2009, p. 35).

Comme le changement conceptuel est un processus d'apprentissage qui concerne le passage des conceptions initiales aux conceptions plus scientifiques, il importe de définir de façon générale ce qu'est une *conception*. Les auteurs des modèles de changement conceptuel donnent différentes définitions des conceptions selon l'explication qu'ils fournissent du changement conceptuel. Généralement, en didactique, une conception représente « les systèmes de connaissances qu'un sujet mobilise face à une question ou à une thématique, que celle-ci ait fait l'objet d'un enseignement ou pas » (Reuter, Cohen-Azria, Daunay, Delcambre, & Lahanier-Reuter, 2007, p. 197). Souvent, les conceptions initiales sont plus ou moins justes; elles occupent la même « niche écologique » que les conceptions scientifiques visées (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 2006).

La vision de la notion du *changement* varie d'un auteur de modèle de changement conceptuel à l'autre notamment selon sa vision des conceptions. Par exemple, des auteurs comme Posner *et al.* (1982) envisagent le *changement* conceptuel comme un *remplacement* des conceptions, tandis que diSessa (1993), l'envisage plutôt comme une *structuration* de fragments de savoir.

*Pratique d'enseignement*

Dans cette recherche, la *pratique d'enseignement* est considérée comme les activités que l'enseignant organise et réalise à partir de ses connaissances et de ses compétences dans l'environnement d'apprentissage (R. Legendre, 2005). Les modalités de la pratique d'enseignement, présentées dans le tableau 1, se regroupent en trois grandes catégories de variables de l'action didactique (Bru, 1991; 2006). Ces catégories sont utilisées dans cette étude pour classer les indications pratiques qui découlent de chaque modèle de changement conceptuel analysé.

Tableau 1

*Catégories des variables de l'action didactique*

<b>Catégories</b>	<b>Variabes de l'action didactique</b>
Structuration et mise en œuvre des contenus	l'organisation des contenus, leur planification, leur sélection, les activités et leur niveau de difficulté
Processus	les rôles de l'enseignant et de l'élève, leurs actions, leurs stratégies
Cadre organisationnel	l'organisation spatiale, matérielle, temporelle et sociale de la classe

## Cadre méthodologique

Une recherche fondamentale qui « vise l'acquisition de connaissances nouvelles et la découverte de nouveaux champs d'étude dans un but pratique » (Ouellet, 1994, p. 94) s'avère être le type de recherche indiqué pour mener à terme cette étude. Les méthodes employées dans cette recherche sont l'analyse de contenu et la synthèse des unités d'analyse collectées d'un échantillon représentatif d'écrits (R. Legendre, 2005) sur les principaux modèles de changement conceptuel. Des chercheurs comme Charland (2008), Dion (2002) et Sauvé (1992) ont employé ces méthodes dans leur recherche respective.

*Analyse de contenu*

L'analyse de contenu est une « méthode de recherche qualitative [...] permettant de décrire, de clarifier, de comprendre ou d'interpréter une réalité, révélant des informations explicitement ou implicitement dans des données scripto-audiovisuelles relatives à cette réalité » (R. Legendre, 2005, p. 63). Une description objective du contenu manifeste des documents sélectionnés qui portent sur les différents modèles de changement conceptuel est effectuée. Le corpus constitué peut être qualifié de contrasté (Van der Maren, 1996).

L'analyse de contenu employée dans la présente recherche s'apparente à l'analyse thématique de Paillé (1996) et est systématique. Les étapes de l'analyse de contenu selon R. Legendre (2005, p. 63) ont été effectuées itérativement pour réaliser cette étude, lesquelles s'amorcent dès la problématique et vont comme suit:

1. Identification du problème
  - Les enseignants ne bénéficient pas des recherches sur le changement conceptuel;
2. Énoncé des objectifs
  - Mettre en exergue les indications pratiques qui découlent des modèles de changement conceptuel;
3. Recension des sources d'information
  - Il s'agit de la recension des écrits à propos des modèles les plus cités et qui sont pertinents à l'enseignement des sciences au primaire. Le corpus est constitué des textes originaux de quatre modèles de changement conceptuel (diSessa, 1993; Giordan, 1989; Posner *et al.*, 1982; Vosniadou, 1994), d'autres textes écrits par ces auteurs ainsi que de textes qui ont discuté de ces modèles. Ces

- derniers textes servent à enrichir l'analyse, à trianguler les sources ainsi qu'à saturer et valider les données;
4. Définition des catégories d'analyse
    - Les catégories d'analyse, ou descripteurs, découlent du cadre conceptuel et vont comme suit:
      - o Changement conceptuel
        - Fondements
        - Conceptions
        - Processus de changement conceptuel en tant que tel
      - o Indications pour la pratique d'enseignement
        - Structuration et mise en œuvre des contenus
        - Processus
        - Cadre organisationnel;
  5. Choix des unités d'analyse
    - Les unités d'analyse correspondent aux idées principales des textes du corpus qui sont extraites sous forme de citations qui se rapportent à une catégorie d'analyse ci-haut-;
  6. Repérage:
    - i. Lecture globale
      - (première lecture du texte, pour la compréhension du contenu et du contexte);
    - ii. Lecture analytique
      - (pour isoler les idées principales et les classer selon la nature quadripartite du message [formelle, axiologique, pratique, explicative]);
    - iii. Relation catégorie - unité d'analyse
      - (attribution d'une catégorie à l'unité d'analyse et précision de sa nature);
  7. Classification des unités d'analyse dans une base de données.

La figure 1 donne un exemple de fiche d'unité d'analyse classée dans une base de données élaborée dans *Microsoft Access* élaborée par Potvin (1998). Dans cet exemple, la citation se rapporte aux descripteurs *changement conceptuel* et *conception* et contient une idée à la fois formelle et pratique (Bêty, 2009, p. 59).

Figure 1. Exemple de fiche d'unité d'analyse dans la base de données *Microsoft Access* élaborée par Potvin (1998)

**Fiches classées selon leur numéro**

D1	changement conceptuel	TF	<input checked="" type="checkbox"/>
D2	conception	TE	<input type="checkbox"/>
D3		TP	<input checked="" type="checkbox"/>
D4		TA	<input type="checkbox"/>
D5		Poids	10
D6			
D7			

**Numéro d'unité**  
**109**

**Citation**  
Une conception, c'est en même temps une image mentale et le mode de raisonnement qui l'accompagne et qui, ensemble, permettent à l'individu de donner du sens au monde qui l'entoure. Ces conceptions, qui sont nos propres modèles explicatifs, interviennent souvent comme des « filtres » réducteurs. Dès lors, l'apprenant « interprète » le savoir divulgué, l'adaptant en quelque sorte à sa propre manière de produire du sens.

**Référence** Giordan, Pellaud. Faut-il encore enseigner les sciences? Actualité chimique 2002, p.22

**Notes supp**

Enr : 1 sur 32 (Filtré)

### *Synthèse*

La synthèse complète l'analyse. R. Legendre (2005) définit la synthèse en la situant par rapport à l'analyse de contenu: « suite à l'analyse méthodique d'un contenu, [la synthèse correspond à une] reconstitution du tout par la présentation de ses éléments constitutifs essentiels et des relations qui réunissent les divers sous-ensembles » (p. 1286). Le contenu manifeste est interprété à cette étape, laquelle peut s'apparenter à l'interprétation selon Robert et Bouillaget (1997). Des choix sont faits afin de créer un système de relations approprié et inédit entre les unités d'analyse.

À l'aide de l'interface *Microsoft Access*, il est aisé de regrouper les unités d'analyse en fonction des catégories, ce qui facilite la synthèse. Une fois ce regroupement effectué, la lecture attentive des fiches regroupées permet de trouver les relations entre elles, puis d'élaborer sur ces relations par diverses réflexions spéculatives. Lorsque toutes les relations possibles ont été élaborées entre les unités d'analyse pour un descripteur et que l'ajout d'unités d'analyse ne modifie plus les relations élaborées antérieurement, le processus de synthèse s'arrête (Silvern, 1972, cité par Dion, 2002). Des synthèses spécifiques sont faites au cours de la constitution de la base de données après chaque ajout d'une centaine de fiches, ce qui permet de bien regrouper les éléments et de juger de la saturation des données (Charland, 2008).

Une synthèse globale verticale est effectuée pour chacun des modèles de changement conceptuel retenu pour la recherche. Par la suite, une synthèse transversale des modèles permet une comparaison où quelques points de convergence et de divergence sont mentionnés.

Les modèles de changement conceptuel et les indications pour la pratique d'enseignement qui en découlent –  
résultats de l'analyse et de la synthèse verticales des modèles

Comme mentionné dans le cadre méthodologique, quatre modèles de changement conceptuel ont été sélectionnés. Ces modèles, fréquemment cités, encore d'actualité, répondent aux définitions présentées dans le cadre conceptuel et sont pertinents pour l'enseignement des sciences au primaire. En effet, ils sont éclairants pour la planification du contenu, du temps, de l'organisation matérielle et sociale ainsi que pour le déroulement en classe. Dans les paragraphes qui suivent, chaque modèle de changement conceptuel sélectionné est succinctement présenté et ses indications pour la pratique d'enseignement sont mises en exergue en tenant compte des trois catégories de la pratique d'enseignement. Dans un deuxième temps, les convergences et les divergences entre les modèles par rapport aux descripteurs reliés à la pratique d'enseignement sont soulignées.

#### *Le modèle de Posner, Strike, Hewson et Gertzog (1982)*

Le modèle de Posner *et al.* (1982) est l'un des premiers modèles de changement conceptuel, un classique, qui fut très utilisé et critiqué (Vosniadou, 2008). Pour Posner et ses collègues, l'apprentissage est une activité rationnelle. Leur modèle fait référence au jugement conscient de l'élève lors de l'apprentissage. Selon eux, le changement conceptuel correspond à un remplacement des conceptions et à une accommodation, selon un concept inspiré des travaux de Piaget. La mise en place de quatre conditions à partir de l'écologie conceptuelle des élèves favorise l'accommodation (voir le tableau 2).

Tableau 2

*Conditions qui favorisent le changement conceptuel et écologie conceptuelle selon Posner et al. (1982)*

Conditions	Écologie conceptuelle
Insatisfaction	Anomalies en évidence
Intelligibilité	Utilisation d'un vocabulaire juste, de différents modes d'expression, d'analogies, de métaphores
Plausibilité	Consistance avec les engagements épistémologiques et les autres connaissances
Fécondité	Emploi de la nouvelle conception

#### *Structuration et mise en œuvre des contenus*

Selon Posner *et al.* (1982), il est nécessaire de planifier le contenu avec l'intention de confronter les conceptions initiales des élèves. Il importe de proposer des situations et des problèmes qui soulignent des anomalies pour favoriser la condition de l'*insatisfaction* quant aux anciennes conceptions. Pour que le contenu paraisse *intelligible* aux élèves, il doit être communiqué avec un vocabulaire juste et clair ainsi que représenté sous différents modes (expérience, schéma, symboles, etc.) ou par l'analogie et la métaphore. La *plausibilité* de la nouvelle conception exige que le moyen utilisé pour proposer la nouvelle conception ait du sens pour les élèves par rapport à ce qu'ils connaissent déjà et à leurs engagements épistémologiques. Les concepts scientifiques touchant un même champ scientifique gagneraient à être enseignés les uns après les autres dans des séquences d'enseignement qui font référence les unes aux autres pour aider les élèves à mettre leurs conceptions en relation et pour les aider à considérer les nouvelles conceptions plausibles. Cette indication contribue par le fait même à la condition de la *fécondité* puisque lorsqu'une nouvelle conception est exploitée dans une leçon ultérieure, les élèves peuvent constater qu'elle sert à quelque chose.

#### *Processus*

Le processus principal qu'on tire des travaux de Posner *et al.* (1982) est le conflit cognitif. Ce dernier peut se produire quand les enfants lisent des textes, voient des démonstrations ou réalisent des expérimentations contre-intuitives. Cette stratégie n'est toutefois pas toujours effective puisque les élèves peuvent éviter le conflit en ne reconnaissant pas ou en niant l'anomalie prévue. Aider les élèves à prendre conscience de leurs conceptions initiales est une façon de faciliter le conflit cognitif. De plus, le dialogue socratique entre l'enseignant et l'élève peut contribuer à la prise de connaissance de leur conception (Strike & Posner, 1992).

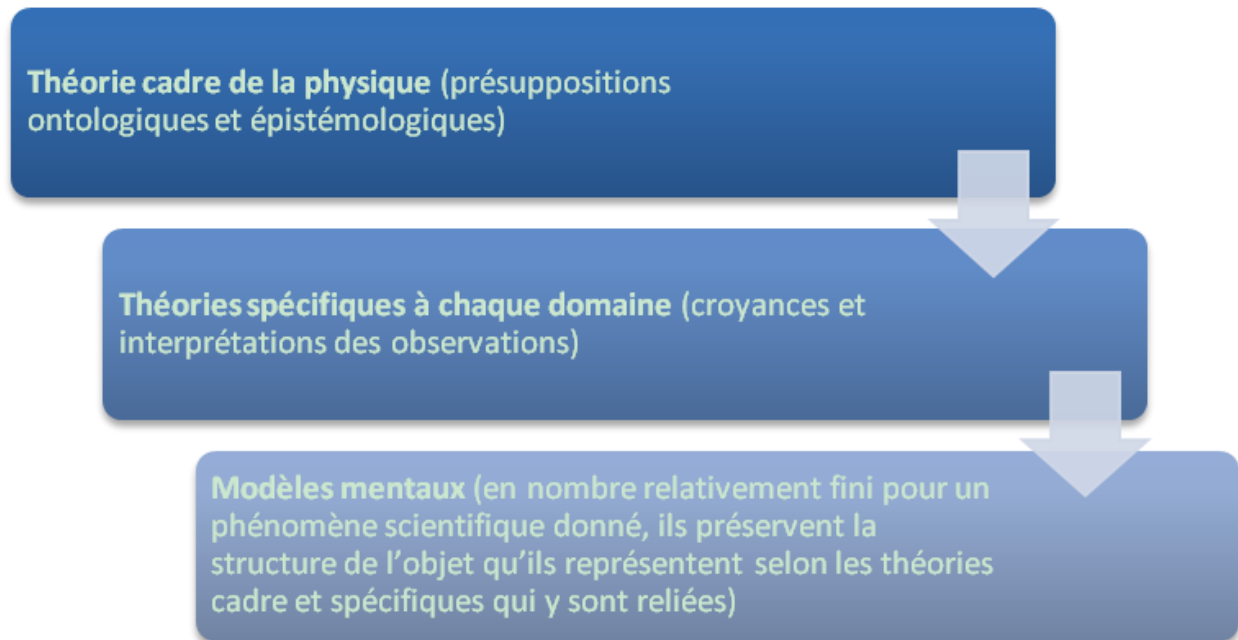
#### *Cadre organisationnel*

Des indications pratiques du modèle de Posner *et al.* (1982) découlent un cadre organisationnel implicite. Ils sont certainement pour un environnement matériel varié. La seule indication sociale concerne le dialogue socratique que l'enseignant peut pratiquer avec l'élève. L'organisation temporelle est effleurée quand les auteurs supposent que le changement conceptuel, quoique radical, n'est pas instantané, mais probablement graduel. Il implique le tâtonnement ainsi que des allers-retours, ce qui exige du temps.

#### *Le modèle de changement conceptuel de Vosniadou (1994)*

Le modèle de changement conceptuel de Stella Vosniadou (1994) a été sélectionné pour cette étude parce qu'il est actuel et qu'il est souvent discuté dans la recherche (Bélangier, 2008; diSessa, 2008; Potvin, 2002). Selon Vosniadou, la physique « naïve » est cohérente et organisée en théories cadre et spécifiques comme dans la figure 2.

Figure 2. Organisation de la physique naïve selon Vosniadou (1994)



Vosniadou (1994) utilise aussi le terme *representation* comme synonyme de modèle mental, lequel résulte des théories naïves. Les modèles de départ sont initiaux, les modèles intermédiaires provoqués par l'assimilation lors de l'apprentissage sont synthétiques, puis les modèles justes sont scientifiques. Pour Vosniadou, le changement conceptuel est une révision qui s'opère au niveau des théories cadre et spécifiques.

#### *Structuration et mise en œuvre des contenus*

Les enseignants devraient considérer les présuppositions et les croyances pour planifier l'ordre des concepts à enseigner, quitte à ce que des concepts plus complexes soient enseignés avant des concepts plus simples (ex.: aborder la gravité avant la planète Terre (Vosniadou, 1994)). La planification des contenus, en tenant compte des présuppositions, peut ainsi faciliter des apprentissages ultérieurs.

#### *Processus*

Vosniadou (2008) propose de soumettre des problèmes aux élèves, de leur donner du matériel à manipuler pour qu'ils expriment leurs modèles mentaux, de les inviter à débattre et discuter entre eux pour qu'ils prennent conscience de leurs modèles mentaux et des concepts en jeu, de leur donner l'opportunité de comparer leurs explications avec celles d'experts ainsi qu'avec la réalité et de planifier des activités qui invitent les élèves à organiser leurs connaissances. La discussion joue un rôle important dans le changement conceptuel : elle permet aux élèves de comprendre la nécessité de devoir réviser leurs croyances en profondeur et pousse les élèves à faire l'effort de s'engager consciemment et délibérément dans la révision nécessaire au changement conceptuel (Vosniadou, Vamvakoussi, & Skopeliti, 2008).

#### *Cadre organisationnel*

Vosniadou (1994) propose que les processus de la section précédente se déroulent en groupe. Elle est pour une interaction sociale entre l'enseignant et les élèves ainsi qu'entre les élèves (Vosniadou *et al.*, 2008). De plus, elle recommande d'inviter les élèves à manipuler. Enfin, elle soutient qu'il faut planifier l'enseignement des concepts à long terme pour pouvoir avoir une perspective des moments clés où le changement conceptuel risque d'être nécessaire (Vosniadou *et al.*, 2008).

*Le modèle de changement conceptuel de diSessa (1993)*

Le modèle de changement conceptuel de Andrea diSessa (1993) est lui aussi encore utilisé et discuté (Bélanger, 2008; Potvin, 2002; Vosniadou *et al.*, 2008). Contrairement à Vosniadou (1994), selon diSessa (1988), la physique naïve de départ n'est pas organisée en théories. Son expression *knowledge in pieces* illustre qu'un novice en physique comprend le monde avec une collection fragmentée de *pièces de savoir*, de relations causales intuitives, des *p-prims*. Ces raisonnements causaux abstraits peuvent être appliqués à différents contextes et contiennent un fond qui peut être juste (ex.: la *p*-prim « plus de A, contre B, donne plus de C » peut faire en sorte qu'un élève pensera qu'une force constante appliquée à un objet occasionnera une vitesse constante quand le résultat est plutôt une accélération constante). La figure 3 illustre cette prémisse de diSessa: « Continuity is a fundamental learning principle. Knowledge is complex and difficult to come by. Humans need to build new from old. Yet, I claim, much of an expert's sense of mechanism is reused intuitive knowledge » (1993, pp. 190-191). Pour devenir un expert, un élève doit coordonner ces pièces en un ensemble structuré de connaissances en physique en fonction du contexte (diSessa, 1988).

Figure 3. L'apprentissage s'effectue dans la continuité selon diSessa (1993)



*Structuration et mise en œuvre des contenus*

diSessa (1993) trouve que l'accent ne devrait pas être mis sur le développement de concepts ou sur la résolution de problème, mais plutôt sur le sens causal, en lien avec le développement de concepts et la résolution de problème. Dans le même ordre d'idées, diSessa et Sherin (1998) incitent les enseignants à mettre l'accent sur l'interprétation qualitative des phénomènes, ce qui cadre bien avec les apprentissages au primaire pour une familiarisation qualitative (exemple: *machines simples* et *effets d'une force sur la direction d'un objet* (Ministère de l'éducation du Québec [MEQ], 2001, p. 158). Enfin, diSessa stipule que pour un apprentissage profond et réel, l'enseignant doit planifier et enseigner plusieurs fois les mêmes relations causales dans différents contextes et une petite sélection de concepts (diSessa, 2008).

*Processus*

diSessa (1993) est pour l'engagement de l'élève à propos du sens de la mécanique. Ainsi, diSessa (2008) est contre le conflit cognitif, parce que selon lui, la considération de ce que les élèves ont en tête avant l'enseignement signifie qu'il faut amener les élèves à structurer autrement leurs fragments de savoir. Pour ce faire, les enseignants doivent porter une attention particulière au diagnostic des *p*-prims que les élèves emploient pour être alertes aux aspects du contexte qui priorisent et activent leurs *p*-prims. Les enseignants doivent aussi sensibiliser les élèves à leurs stratégies de lecture dans les différents contextes (diSessa et Sherin, 1998). Enfin, diSessa souligne qu'il importe que l'enseignant soit attentif à la conception des sciences qui se dégage de son enseignement parce qu'elle influence celle des élèves (diSessa, 2008).

*Cadre organisationnel*

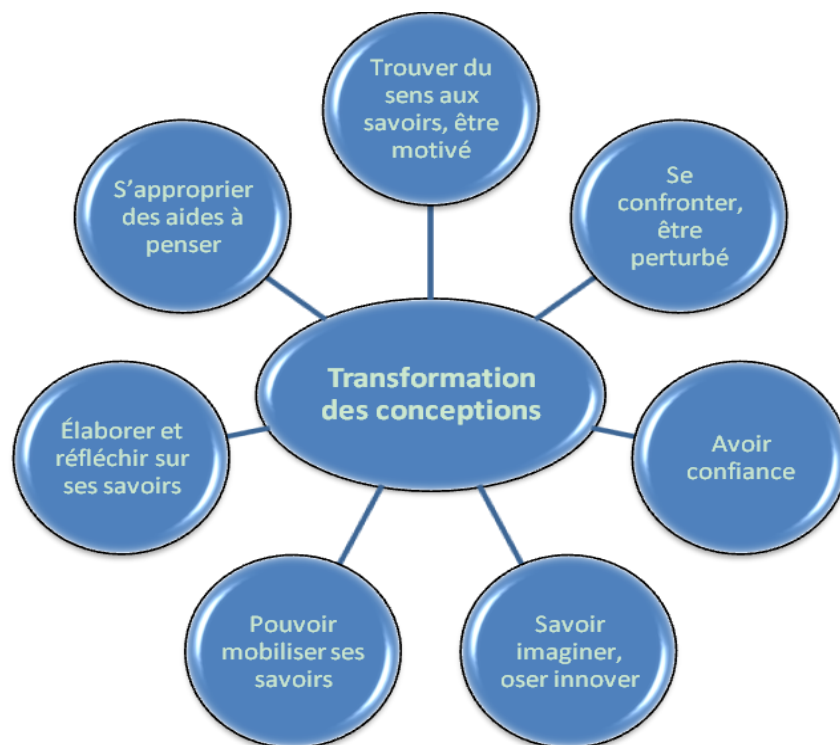
diSessa (2008) mentionne qu'il trouve efficace l'utilisation de modèles visuels et manipulables. Il indique que les micromondes informatisés représentent un bon moyen de permettre aux élèves d'expérimenter en premier lieu avec des mondes qui ont des caractéristiques qui rejoignent leur intuition, puis avec des mondes qui ont des caractéristiques différentes, idéalisées, qui peuvent les aider à voir les choses différemment (diSessa, 1988). Un apprentissage réel et profond nécessite du temps (diSessa, 2008). Enfin, diSessa accorde de l'importance à la discussion, alors les interactions entre les élèves et avec l'enseignant jouent un rôle important lors du changement conceptuel (diSessa, 2008).



*Le modèle de changement conceptuel de Giordan (1989)*

Le modèle de changement conceptuel d'André Giordan (1989) comporte plusieurs indications pratiques et explicites. Ce modèle est davantage connu et utilisé dans la francophonie et en Europe (Astolfi & Develay, 2002; Eastes & Pellaud, 2004). Pour Giordan, la transformation des conceptions se produit à la fois par la déconstruction et la construction des conceptions existantes, lesquelles sont à la fois des obstacles et des cadres explicatifs pour comprendre le monde. Giordan nomme son modèle *le modèle allostérique* en analogie avec les protéines allostériques qui changent de configuration selon leur environnement. Giordan et ses collègues ont développé un environnement didactique dans lequel des paramètres (des actions, des états et des attitudes) doivent être stimulés pour favoriser la transformation des conceptions (voir la figure 4). Selon Giordan (1998), tous les paramètres doivent être pris en compte lors de l'enseignement. Ils sont en interaction et gagnent à être proposés de façon itérative (Giordan & Pellaud, 2002). Ces paramètres sont présentés selon la catégorie de la pratique d'enseignement à laquelle ils se rapportent.

Figure 4. Les paramètres de l'environnement didactique à favoriser chez l'élève (Pellaud & Eastes, 2003)



*Structuration et mise en œuvre des contenus*

Pour Giordan (1989), la planification de l'enseignement de concepts touchant un même domaine scientifique est préférable à celle où on change de thème et de discipline scientifique d'une leçon à l'autre. De plus, pour que les élèves se commettent par rapport à leurs conceptions, il importe de planifier des problèmes. Le questionnement occupe une place fondamentale dans la construction du savoir (Giordan & Vecchi, 1987).

Les élèves doivent pouvoir *mobiliser les savoirs* et savoir les articuler en réseau autour de concepts organisateurs (Pellaud et Eastes, 2003). Il importe de revenir plusieurs fois sur un même contenu, de l'aborder sous différents angles (Giordan, 2002) ; le nouveau savoir peut ainsi apparaître rentable à l'élève (Giordan, 1989).

Le fait d'amener les élèves à *élaborer et à réfléchir sur leurs savoirs* leur donne confiance en eux-ci. Les élèves les considèrent alors fiables et leur confèrent ainsi une certaine stabilité (Eastes & Pellaud, 2004). Le formalisme visé par ce paramètre doit être soutenu par l'enseignant (Giordan, 1989).

Les *aides à penser* sont tout ce que l'enseignant peut proposer à l'élève comme méthodes, comme outils, comme stratégies qui peuvent rendre l'apprendre plus accessible (Pellaud & Eastes, 2003). L'utilisation de diverses aides à penser pour une même situation d'apprentissage est recommandée.

#### *Processus*

L'élève doit se sentir concerné par le sujet traité pour *être motivé* (Pellaud & Eastes, 2003), ce qui l'aide à passer plus facilement de la conception initiale à la conception scientifique visée (Eastes & Pellaud, 2004). Pour que l'élève *donne du sens aux savoirs*, Giordan (2002) propose qu'il soit amené à prendre conscience de sa structure, de son importance et de ce qu'il peut en faire.

La *confrontation et la perturbation* font beaucoup référence à la déconstruction des conceptions dans le sens où Bachelard (1938/1977) l'entendait. Elles ébranlent l'élève et permettent de lui faire comprendre que ses conceptions ont des limites, mais elles ne doivent pas être trop intenses, autrement l'élève se fermera et s'accrochera d'autant plus fort à ses conceptions (Giordan, 1998). Les élèves doivent sentir qu'ils ont droit à l'erreur (Giordan & Pellaud, 2002). La *confiance en soi* est favorisée par un climat de classe adéquat. Pour diversifier les moyens de confrontation et de perturbation, l'enseignant peut avoir en tête les combinaisons possibles qui les occasionnent: élèves-élèves, élèves-information, élèves-maître, élèves-réalité (Giordan, 1989). La stratégie du conflit cognitif est un moyen recommandé par Giordan pour la confrontation et la perturbation.

Enfin, l'élève doit avoir la chance de créer, d'*imaginer* des réponses qui vont possiblement au-delà de ses conceptions initiales. L'imagination permet aussi à l'élève de sortir de son cadre explicatif, de s'autoriser un autre point de vue pour trouver une solution qui lui paraîtrait inusitée à première vue (Pellaud & Eastes, 2003). Ce paramètre est préférablement stimulé après les moments de confrontations (Giordan, 1989).

#### *Cadre organisationnel*

Il est possible d'inférer que selon l'environnement allostérique, du matériel est mis à la disposition des élèves même si aucun paramètre n'est vraiment explicite quant à l'organisation matérielle. Pour Giordan (1989) la transformation des conceptions n'est pas spontanée, alors il faut prendre du temps de classe pour mettre en place les différents paramètres de l'environnement didactique. Enfin, il semble que pour Giordan la construction des savoirs est collective dans l'optique où beaucoup des activités qu'il propose se font avec l'enseignant, en groupe ou en équipe

Analyse et synthèse transversales des modèles – résultats des convergences et divergences pour la pratique d'enseignement des sciences au primaire

#### *Convergences*

Selon l'analyse des quatre modèles analysés, l'élève est actif et au centre de ses apprentissages. Les auteurs soulignent l'engagement de l'élève envers ses connaissances et ses idées et expliquent comment il construit ses connaissances avec ses pairs, son enseignant et son environnement matériel. Ce constat rejoint le constructivisme didactique, selon lequel l'élève construit son savoir à partir d'une investigation du réel de façon individuelle et collective (Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel, & Toussaint, 1997).

Pour ce qui concerne les processus, notre analyse des modèles de Posner *et al.* (1982), de Vosniadou (1994) et de diSessa (1993) permet de souligner qu'ils accordent une importance à l'épistémologie chez l'élève ou l'enseignant. Une épistémologie rationaliste des sciences favorise une conception des sciences plus constructiviste, ce qui cadre avec le changement conceptuel (Thouin, 2004). Posner *et al.* ainsi que Giordan (1989) se rejoignent quant à l'emploi du conflit cognitif comme moyen de provoquer respectivement une insatisfaction et une confrontation ainsi qu'une perturbation. Par ailleurs, peu importe la façon dont ils envisagent le changement (remplacement, révision,

systematisation ou transformation), tous les auteurs considèrent que le changement conceptuel demande du temps, qu'il est relativement graduel.

En ce qui concerne l'élaboration des contenus, quelques convergences sont à nouveau observées. En effet, selon les indications de Posner *et al.* (1982), de Giordan (2002) et de diSessa (2008), il est préférable de revoir plusieurs fois le même concept (pour Posner *et al.* et Giordan) ou la même relation causale dans différents contextes (pour diSessa). Tant Posner *et al.* que diSessa prônent l'enseignement d'une plus petite sélection de concepts plutôt que la couverture d'une multitude de contenus, ce qui est cohérent avec le fait que le changement conceptuel exige du temps. Toujours au sujet des concepts, tant les textes de Posner *et al.* que de Giordan (1989) et ses collègues proposent de planifier un enseignement par champs globaux de concepts plutôt que par concepts disparates. En outre, tous les auteurs mentionnent la résolution de problème à un certain moment dans leurs indications pour la pratique d'enseignement. Enfin, Posner *et al.*, Vosniadou (2008) et Giordan proposent quelques moyens de représenter des concepts telles l'analogie, la schématisation, la modélisation, etc., autant de concepts qui peuvent être utiles pour la structuration des contenus, notamment.

### *Divergences*

Force est de constater que les modèles de Vosniadou (1994) et de diSessa (1993) s'opposent quant au processus de changement ; Vosniadou expliquant que le changement conceptuel correspond à une révision des présuppositions au sein des théories naïves, diSessa insistant plutôt sur une structuration des p-prim. Des divergences quant à l'élaboration des contenus découlent de la différence de l'explication du processus ; Vosniadou insiste sur la prise en compte des présuppositions et des croyances des théories naïves dans la planification de l'enseignement, tandis que diSessa insiste sur un enseignement qui tient compte des relations causales et sur leur emploi dans différents contextes. diSessa est d'ailleurs le seul auteur à s'opposer vivement au conflit cognitif, lequel, selon lui, bafoue les idées des élèves.

La divergence entre les modèles de Giordan (1989) et de Posner *et al.* (1982) est légère étant donné qu'ils s'entendent sur l'idée du conflit cognitif. Giordan met toutefois beaucoup plus l'accent sur les moyens de favoriser l'adoption de la nouvelle conception avec de nombreux paramètres ; Posner *et al.* mettent surtout l'accent sur la condition *insatisfaction*.

### Conclusion

Le but de cette recherche fondamentale était de mettre en exergue les indications pour la pratique d'enseignement que les principaux modèles de changement conceptuel sous-tendent par l'analyse de contenu et la synthèse d'unités d'analyse d'un échantillon d'écrits à propos des modèles de changement conceptuel de Posner *et al.* (1982), de Vosniadou (1994), de diSessa (1993) et de Giordan (1989).

Même si les modèles de changement conceptuel ont des divergences théoriques sur l'abstraction du processus d'apprentissage du changement conceptuel, ils convergent pour plusieurs des indications pour la pratique d'enseignement mises en exergue. Principalement, la résolution de problèmes, la mise de matériel à la disposition des élèves, la discussion, l'enseignement de concepts par champs globaux et la considération du temps que requiert la mise en œuvre du changement conceptuel représentent les indications pour la pratique d'enseignement qui sont réitérées d'un modèle à l'autre. Ces traits communs pourraient s'avérer des plus utiles pour favoriser le changement conceptuel chez les élèves et un enseignement des sciences plus constructiviste en salle de classe au primaire. L'évaluation de l'opérationnalisation de ces indications pratiques en contexte de classe serait une suite intéressante à donner à cette recherche.

### Remerciements

Je remercie Marcel Thouin, professeur à l'Université de Montréal, qui a dirigé mon mémoire de maîtrise. Je remercie également les réviseurs et éditeurs pour leurs commentaires, lesquels m'ont aidée à améliorer cet article. Cette étude a bénéficié d'un soutien financier du Conseil de recherches en sciences humaines du Canada.

## Références

- Astolfi, J.-P., Darot, É., Ginsburger-Vogel, Y., & Toussaint, J. (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences: Repères, définitions, bibliographies*. Paris Bruxelles: De Boeck.
- Astolfi, J.-P., & Develay, M. (2002). *La didactique des sciences* (6e éd.). Paris: Presses universitaires de France.
- Astolfi, J.-P., Peterfalvi, B., & Vérin, A. (2006). *Comment les enfants apprennent les sciences* (2<sup>e</sup> éd.). Paris: Retz.
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York, NY: Holt, Rinehart et Winston.
- Bachelard, G. (1938/1977). *La formation de l'esprit scientifique: Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective* (10e éd.). Paris: J. Vrin.
- Bélanger, M. (2008). *Du changement conceptuel à la complexification conceptuelle dans l'apprentissage des sciences*. Thèse de doctorat non publiée, Université de Montréal, Montréal.
- Bêty, M.-N. (2009). *Les principaux modèles de changement conceptuel et l'enseignement des sciences au primaire: état de la question*. Mémoire de maîtrise non publié, Université de Montréal, Montréal.
- Bru, M. (1991). *Les variations didactiques dans l'organisation des conditions d'apprentissage*. Toulouse: Éditions Universitaires du Sud.
- Bru, M. (2006). *Les méthodes en pédagogie*. Paris: Presses universitaires de France.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: The Massachusetts Institute of Technology Press.
- Charland, P. (2008). *Proposition d'un modèle éducationnel relatif à l'enseignement interdisciplinaire des sciences et de la technologie intégrant une préoccupation d'éducation relative à l'environnement*. Thèse de doctorat non publiée, Université du Québec à Montréal, Montréal.
- Chavez, M. (2005). *L'éthique de l'environnement comme dimension transversale de l'éducation en sciences et en technologies*. Thèse de doctorat non publiée, Université du Québec à Montréal, Montréal.
- Conseil de la science et de la technologie [CST]. (2002). *La culture scientifique et technique au Québec : Bilan*. Sainte-Foy, Québec: Gouvernement du Québec.
- Couture, C. (2002). *Étude du processus de co-construction d'une intervention en sciences de la nature au primaire par une collaboration praticien-chercheur*. Thèse de doctorat non publiée, Université du Québec à Chicoutimi et Université du Québec à Montréal, Chicoutimi et Montréal.
- Dion, C. (2002). *L'ergonomie en intervention éducationnelle et sociale : analyse conceptuelle*. Mémoire de maîtrise non publié, Université de Montréal, Montréal.
- diSessa, A.A. (1988). Knowledge in pieces. Dans G. Forman & P.B. Pufall (Eds.), *Constructivisme in the Computer Age* (pp. 49-70). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- diSessa, A.A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10(2 et 3), 105-225.
- diSessa, A.A. (2008). A Bird's-Eye View of the " Pieces " vs. " Coherence " Controversy (From the " Pieces " Side of the Fence). Dans S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Resarch on Conceptual Change*. New York, NY: Routledge.
- diSessa, A.A., & Sherin, B. L. (1998). What changes in conceptual change? *International Journal of Science Education*, 20(10), 1155-1191.
- Duit, R., & Treagust, D.F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688.
- Eastes, R.-E., & Pellaud, F. (2004). Un outil pour apprendre : l'expérience contre-intuitive. *Union des professeurs de physique et de chimie*, 98(juillet/août/septembre 2004), 1197-1208.
- Giordan, A. (1989). Vers un modèle didactique d'apprentissage allostérique. Dans N. Bednarz & C. Garnier (Eds.), *Construction des savoirs : obstacles et conflits* (pp. 240-257). Montréal: Éditions Agence d'ARC.
- Giordan, A. (1998). *Apprendre!* Paris: Belin.
- Giordan, A. (2002). Après Piaget, que peut-on dire sur le changement conceptuel. Dans R.M.J. Toussaint (Ed.), *Changement conceptuel et apprentissage des sciences, recherches et pratiques* (pp. 13-29). Montréal: Éditions Logiques.
- Giordan, A., & Pellaud, F. (2002). Faut-il encore enseigner les sciences? *L'Actualité chimique*, (255), 20-23.
- Giordan, A., & Vecchi, G.D. (1987). *Les origines du savoir : des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.
- Legendre, M.-F. (2007). Enseigner les sciences dans une double perspective de continuité et de rupture. Dans P. Potvin, M. Riopel & S. Masson (Eds.), *Regards multiples sur l'enseignement des sciences* (pp. 293-307). Sainte-Foy, Québec: Éditions MultiMondes.
- Legendre, R. (2005). *Dictionnaire actuel de l'éducation* (3e éd.). Montréal: Guérin.

- Minier, P., & Gauthier, D. (2006). Représentations des activités d'enseignement-apprentissage en sciences et liens avec les stratégies pédagogiques déployées par des enseignants du primaire. *Journal International sur les Représentations Sociales*, 3(1).
- Ministère de l'éducation du Québec [MEQ]. (2001). *Programme de formation de l'école québécoise - Éducation préscolaire et enseignement primaire*. Québec: Gouvernement du Québec.
- Ouellet, A. (1994). *Processus de recherche, une introduction à la méthode de la recherche* (2e éd.). Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec.
- Paillé, P. (1996). De l'analyse qualitative en général et de l'analyse thématique en particulier. *Revue de l'Association pour la recherche qualitative*, 15, 179-194.
- Pellaud, F., & Eastes, R.-E. (2003). *The importance of "presenting" knowledge: The role of the teaching environment in the Allosteric Model*. Conférence présentée à Hawaii International Conference on Social Sciences, Honolulu.
- Pellaud, F., Eastes, R.-E., & Giordan, A. (2004). Des modèles pour comprendre l'apprendre: de l'empirisme au modèle allostérique. *Gymnasium Helveticum*(5), 10-14.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., & Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Potvin, P. (1998). *État de la question de la problématique du conflit cognitif en sciences au secondaire*. Mémoire de maîtrise non publié, Université du Québec à Montréal, Montréal.
- Potvin, P. (2002). *Regard épistémique sur une évolution conceptuelle en physique au secondaire*. Thèse de doctorat non publiée, Université de Montréal, Montréal.
- Reuter, Y., Cohen-Azria, C., Daunay, B., Delcambre, I., & Lahanier-Reuter, D. (2007). *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques*. Bruxelles: De Boeck.
- Robert, A. D., & Bouillaget, A. (1997). *L'analyse de contenu*. Paris, France: Presses universitaires de France.
- Sauvé, L. (1992). *Éléments d'une théorie du design pédagogique en éducation relative à l'environnement élaboration d'un supramodèle pédagogique*. Thèse de doctorat non publiée, Université du Québec à Montréal, Montréal.
- Strike, K.A., & Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. Dans R.A. Duschl & R.J. Hamilton (Eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology and educational theory and practice* (pp. 147-176). New York: State of New York Press.
- Thouin, M. (2004). *Enseigner les sciences et la technologie au préscolaire et au primaire*. Sainte-Foy, Québec: Éditions MultiMondes.
- Tsai, C.-C., & Wen, M.L. (2005). Research and trends in science education from 1998 to 2002: A content analysis of publication in selected journals. *International Journal of Science Education*, 27(1), 3-14.
- Van der Maren, J.-M. (1996). *Méthodes de recherche pour l'éducation* (2e éd.). Montréal: Presses de l'Université de Montréal.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.
- Vosniadou, S. (2008). Conceptual change research: An introduction. Dans S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. xiii-xxviii). New York, NY: Routledge.
- Vosniadou, S., Vamvakoussi, X., & Skopeliti, I. (2008). The framework theory approach to the problem of conceptual change. Dans S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 3-34). New York, NY: Routledge.