

La problématisation en débat collectif comme méthode de dépassement d'obstacles didactiques rencontrés dans l'enseignement de la théorie de la tectonique des plaques en cycle 4

Romain Pujol

▶ **To cite this version:**

Romain Pujol. La problématisation en débat collectif comme méthode de dépassement d'obstacles didactiques rencontrés dans l'enseignement de la théorie de la tectonique des plaques en cycle 4. Education. 2021. hal-03448183

HAL Id: hal-03448183
https://univ-fcomte.hal.science/hal-03448183

Submitted on 25 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

MEMOIRE DE RECHERCHE

La problématisation en débat collectif comme méthode de dépassement d'obstacles didactiques rencontrés dans l'enseignement de la théorie de la tectonique des plaques en cycle 4

ROMAIN PUJOL
M2 MEEF SVT
Année universitaire 2020 - 2021

Table des matières

1. Histoire et bouleversement de l'enseignement de la géologie 3

a. Histoire ancienne de la didactique 3
b. Le grand bouleversement de la tectonique des plaques 3

2. La notion d'obstacle en didactique 4

a. L'obstacle épistémologique 4
b. Obstacles généralement rencontrés dans l'enseignement des sciences de la Terre 5
Les obstacles épistémologiques 5
Les obstacles psychogénétiques 6
Les obstacles idéologiques 6
c. De l'obstacle épistémologique à l'obstacle didactique 6

3. Nature des obstacles didactiques 7

a. Les conceptions initiales 7
b. Quelques origines d'obstacles didactiques 9

4. Que faire face à l'obstacle ? 10

a. Récolte et analyse des conceptions initiales 10
b. Le modèle allostérique 11
c. Mises en place d'objectif-obstacle 12

5. Exemples de travaux d'indentification des obstacles didactique en géologie. 13

a. Formation des montagnes 13
b. Le volcanisme, les séismes et la Terre interne 14
c. Carte géologique 15

6. Le franchissement d'obstacle dépendant de la construction du problème 16

a. La redéfinition du savoir scientifique 16
Les savoirs scientifiques sont des compétences pour maîtriser des problèmes 17
Les savoirs scientifiques sont des savoirs raisonnés 17
Les savoirs scientifiques sont des savoirs partagés et soumis à la critique. 17
b. La problématisation 18

7. Exemple de problématisation par débat collectif 18

8. Trois types de ruptures 20

a. La rupture métaphysique 20
b. La rupture développementale ou de raisonnement 20
c. La rupture simple 20

9. Problématisation 20

10. Matériels et Méthodes 21

a. Temps d'expérimentation et effectifs 21
b. Collecte des conceptions initiales des élèves 21
   Prise en compte des apprentissages des élèves 22
   Mon outil de collecte des conceptions initiales 22
c. Problématisation au travers d'un débat collectif 24
   Détails des classes concernées par la séance de débat collectif 24
   De la collecte des conceptions à la problématisation 24
   Organisation de la séance de problématisation 24
d. Collecte des conceptions en fin de séquence 26

11. Résultats 26

a. Bilan des conceptions initiales chez les trois classes interrogées 26
   Résultats chiffrés 26
   Données complémentaires 27
b. Données obtenues lors du débat 28
c. Evolutions des conceptions en fin de séquence 29
   Résultats chiffrés 29
   Données complémentaires 29

12. Analyse des résultats 30

a. Analyse des productions initiales des élèves 30
   Pour le modèle 1 30
   Pour le modèle 2 30
   Pour le modèle 3 31
b. Analyse des débats 31
c. Analyse du franchissement de l'obstacle 32

13. Discussion 32

a. Efficacité du débat 32
b. Les biais de manipulation 32
   Changement de plusieurs paramètres simultanément lors des expériences 33
   L'influence du groupe classe 33
   Une maitrise fragile de la notion de plaque lithosphérique 33

Conclusion 34

Bibliographie 35

1. Histoire et bouleversement de l'enseignement de la géologie

a. Histoire ancienne de la didactique

L'Homme s'est depuis longtemps intéressé aux modalités de transmission des savoirs. Déjà dans l'antiquité les philosophes ont abordé succinctement la question avec par exemple les écrits d'Aristote. Cependant l'idée d'une préexistence de savoirs dans l'esprit de l'apprenant se retrouve pour la première fois dans la littérature au début du XVIIIème siècle sous la plume de Leibnitz (Leibnitz, 1704) qui écrit, en réponse à Locke partisan d'un empirisme assignant l'origine des idées aux seuls sens : *« non, l'esprit n'est pas une table rase, il a en lui quelque chose de préformé, il est comme un bloc de pierre dans lequel se trouveraient déjà tracées, par la nature elle-même, des lignes et des veines indiquant la statue »*. Cette idée rencontre auprès de ces contemporains une forte opposition comme celle menée par Condillac (Condillac, 1754) dans sa première édition du *Traité des sensations*, où il qualifie l'apprenant d'un *« esprit purement passif comme recevant les impressions sans avoir même à réagir »*, c'est, à regret, cette dernière vision qui va s'imposer durablement en éducation pour les siècles à venir.

Dans un autre domaine d'étude, celui de la psychologie génétique, on peut citer les travaux plus récents de Piaget (Piaget, 1937) qui mettent en évidence l'existence d'un développement cognitif caractérisant ce qu'un individu peut ou ne peut pas faire en fonction de chacune des étapes de son développement cérébrale. Ainsi Piaget définit des « stades de développement ontogénétique » qu'ils souhaitent les plus généraux possibles. Ces recherches portent sur des individus modèles, les stades qu'il y décris sont donc très changeants d'un individu à l'autre. Mais ces travaux permettent néanmoins de mettre le doigt sur un point clé, résumé par Giordan et De Vecchi (Giordan & De Vecchi, 1994) ainsi : *« des connaissances qui peuvent paraître « évidentes » pour un adulte, ne le sont nullement pour un enfant, qui doit passer par une série d'étape lui permettant d'élaborer ses connaissances et cela uniquement à travers son activité propre ».*

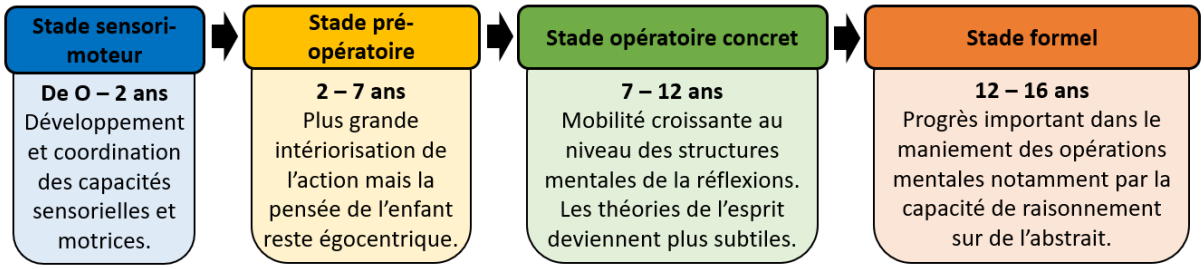


Figure 1. Stades de développement ontogéniques décris par Piaget dans ses travaux

b. Le grand bouleversement de la tectonique des plaques

Dans les années 60, Xavier Le Pichon (Le Pichon ,1973) introduit, à la suite de l'hypothèse de dérive des continents de l'allemand Wegner (1912), la théorie de la tectonique des plaques. Cette théorie est un coup de tonnerre dans le monde géologique. En effet elle apporte à la fois des éléments d'explication de la dynamique, du fonctionnement et de l'histoire de la Terre mais aussi, et surtout, elle permet d'unifier des domaines d'étude des sciences de la Terre qui jusque-là ne travaillaient pas, ou peu, ensemble. Cette théorie présente les sciences de la Terre comme étant « *la résultante de l'intégration d'une multitude de concepts appartenant à des disciplines différentes telles que les sciences physiques, chimiques, mathématiques, et biologiques* » (Chalak & El Hage, 2011).

Cette théorie s'appuie depuis sa formulation sur des données diverses (expérimentales, sous-marines, spatiales, …) qui l'ont confirmée au fil du temps. Outre ces nombreuses confirmations, quelques données nouvelles ont également permis des modifications à la marge de cette théorie globale sans modifier sa nature profonde. Dans l'enseignement, depuis une cinquantaine d'année maintenant, on est forcé de remarquer que, si l'idée de plaques tectoniques mobiles à la surface de la Terre est acquise, ce sont ces modifications marginales, mais importantes, qui ont du mal à passer dans les milieux géologiques non spécialisés. En effet, nombreux sont les ouvrages de vulgarisation parfois même d'enseignement, qui indiquent de fausses informations, par exemple, celle de plaques circulant au-dessus d'une roche mantélique liquide (National Géographic, *La Terre en colère,* 2011), or on sait depuis 1883 que le manteau terrestre est solide. Comme le présente Pierre Thomas dans sa conférence du 12 juillet 2013, ce constat d'échec collectif dans l'enseignement des sciences de la Terre, nous amène à nous questionner sur les pratiques actuelles d'enseignement mais, il pose surtout la question de comment faire pour que ça marche ? Comment transmettre efficacement ces concepts scientifiques aux élèves ?

2. La notion d'obstacle en didactique

On en vient ainsi à l'idée d'un « obstacle » à l'apprentissage qui empêche l'apprenant d'atteindre l'objet du savoir. Cette notion d'obstacle est complexe, en évolution et nécessite donc d'être clairement définie.

a. L'obstacle épistémologique

Le terme d'obstacle apparait pour la première fois en 1938 employé par le philosophe Gaston Bachelard dans son ouvrage *Formation de l'esprit scientifique* (Bachelard, 1938). L'obstacle est ce qui est posé devant, ici, ce qui se place entre le désir de connaissance et l'objet étudié. Bachelard qualifie cet obstacle, d'obstacle épistémologique, c'est-à-dire lié à l'esprit scientifique lui-même (« episteme » signifiant connaissance en grec). Pour le philosophe l'obstacle épistémologique est interne à l'acte de connaître, l'esprit imagine de lui-même des explications aux choses inconnues avec les moyens qu'il a à disposition.

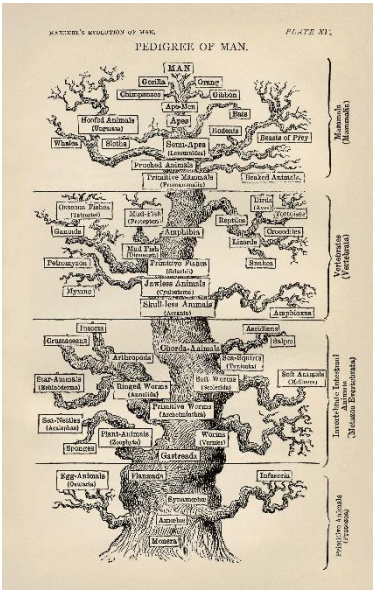


Figure 2. Exemple d'obstacle épistémologique l'arbre de la vie de Ernst Haeckel présenté dans « L'évolution de l'Homme » en 1879. La vision en échelle et anthropocentrique de l'évolution humaine est ce qui fait ici obstacle dans la compréhension de cette évolution.

> *Quand il se présente à la culture scientifique, l'esprit n'est jamais jeune. Il est même très vieux, car il a l'âge de ses préjugés.*
>
> *Gaston Bachelard,*
>
> *Formation de l'esprit scientifique, 1938*

Pour éviter au maximum les obstacles épistémologiques Bachelard propose quatre impératifs :

- **Réaliser une catharsis intellectuelle et affective**. Il s'agit de se détacher de ses préjugés et de ses opinions. Pour Bachelard l'opinion ne pense pas.
- **Réformer son esprit**. Eduquer l'esprit en lui apprenant à se questionner sans cesse et éviter les habitudes intellectuelles.

- **Refuser tout argument d'autorité**. Les seuls arguments valables sont ceux présentant une démonstration logique ou empirique, d'où qu'ils viennent.
- **Laisser sa raison inquiète**. Ne pas laisser sa raison en repos, il faut exercer son esprit critique et sa liberté de jugement.

Enfin dans son ouvrage Bachelard dénombre dix obstacles épistémologiques majeurs, je me contenterai ici de les énumérer et de les décrire brièvement :

- **L'expérience première** : l'aspect impressionnant d'un phénomène en cache l'aspect important du point de vue de la connaissance.
- **La connaissance générale** : une généralisation trop rapide fait perdre de vue certaines caractéristiques essentielles d'un phénomène.
- **L'obstacle verbal** : nommer un phénomène ne peut pas tenir lieu d'explication.
- **La connaissance pragmatique** : expliquer un phénomène en se basant sur son utilité par rapport à nous.
- **L'obstacle substantialiste** : recherche d'une substance, seul un support matériel pourrait expliquer ce phénomène.
- **Le réalisme** : c'est pour Bachelard un trouble lié à la possession.
- **L'obstacle animiste** : attribuer à des objets inertes des propriétés propres aux organismes vivants.
- **Le mythe de la digestion** : c'est la pensée selon laquelle tous les phénomènes procèdent comme le corps humain, par ingestion, digestion et sécrétion.
- **La libido** : projection de caractères sexuels sur des phénomènes ne relevant pas de la reproduction.
- **La connaissance quantitative** : peut pousser à croire que la précision d'une mesure donne la possession de l'objet.

En 1995, Michel Fabre propose dans *Bachelard éducateur* (Fabre, 1995) certaines caractéristiques complémentaires de l'obstacle épistémologique. Il décrit cet obstacle comme :

- **Une facilité mentale**, c'est-à-dire une économie pour l'esprit.
- **Positif**, l'obstacle ne vient pas d'un déficit de connaissance mais de la préexistence de savoirs solidement ancrés.
- **Ambigu**, c'est un outil nécessaire à la compréhension mais également une source d'erreur.
- **Récursif**, les erreurs dues à l'obstacle ne sont reconnaissables qu'une fois celui-ci franchi.

b. Obstacles généralement rencontrés dans l'enseignement des sciences de la Terre

On peut organiser les obstacles courants en trois grandes catégories :

Les obstacles épistémologiques

Ces obstacles sont liés à l'acte même de connaitre. L'esprit du chercheur, comme celui de l'élève, tente d'expliquer les concepts géologiques nouveaux au travers de nécessités fonctionnelles préexistantes qui constituent ici l'obstacle.

- **Le fixisme :** Le monde est vu comme fixe, ce qui est actuellement a toujours été et sera toujours. Cet obstacle peut entraver plusieurs apprentissages des sciences de la Terre avec en premier lieu la théorie de la tectonique des plaques qui présente l'exact opposé, à savoir une mobilité des plaques lithosphériques au cours des temps géologiques.

- **La préexistence de la roche par rapport au fossile :** de nombreux élèves imaginent pour expliquer les fossiles, une roche présente initialement dans laquelle l'animal se « dépose » ou se « piège ».
- **Les problèmes d'échelle :** autant au niveau de l'échelle des temps géologiques que celle de l'espace. Selon Gohau (Gohau, 1990) « *une des difficultés de l'enseignement de la géologie tient à notre incapacité à prendre conscience des immenses durées du passé de la Terre […] Nous sommes aussi démunis devant ces chronologies énormes que devant l'immensité de l'espace en astronomie* »
- **La volcanologie :** Les travaux du didacticien Christian Orange (Fabre, 1995) présentent trois catégories de modèles explicatifs du volcanisme : le modèle local (indépendant du fonctionnement du globe), le modèle central (le volcan est connecté au centre de la Terre produisant un magma liquide) et global (le magma est le produit d'une fusion partielle rendue possible qu'en de rares endroits sous l'intervention de paramètres bien déterminés).

Les obstacles psychogénétiques

Ce sont des obstacles liés au développement cognitif des élèves qui en fonction de leur stade de développement vont avoir un degré de conceptualisation différent. Brousseau (Brousseau, 1988) parle d'obstacles ontogéniques qui « *sont ceux qui surviennent du fait des limitations (neurophysiologiques entre autres) du sujet à un moment de son développement : il développe des connaissances appropriées à ses moyens et à ses buts à cet âge-là* ».

- **L'artificialisme :** L'idée de l'élève est ici que les choses ont été construites par l'Homme. Il utilise par exemple la technologie moderne pour expliquer les tremblements de terre « guerres, bombes ou essais nucléaires » (Allain, 1995). Un autre exemple est celui des fossiles qui sont pour certains élèves des pierres taillées par les Hommes de la Préhistoire. Cet obstacle est qualifié de psychogénétique car il semblerait qu'il soit lié au développement intellectuel des élèves et qu'il ne concerne donc qu'une tranche d'âge bien définie (données récoltées auprès d'élèves de 8 à 10 ans) (Allain, 1995).

Les obstacles idéologiques

Ils sont liés aux représentations sociales, aux croyances et aux convictions des apprenants (Canguilhem, 1988). Ces obstacles empêchent l'apprentissage de certains concepts qui entrent en contradiction avec l'idéologie de l'élève, comme par exemple, la place de l'Homme dans la phylogénie, la disparition « récente » des dinosaures ou encore la place de la Terre dans l'univers qui entre directement en conflit avec certains textes religieux notamment.

c. De l'obstacle épistémologique à l'obstacle didactique

A ces trois types d'obstacle vient s'ajouter en 1988 l'obstacle didactique. Dans son texte *Les obstacles épistémologiques et la didactique des mathématiques* (Bednarz et *al.*, 1988), Guy Brousseau, didacticien des mathématiques, s'appuie sur l'obstacle épistémologique de Bachelard pour définir l'obstacle didactique. Il s'agit selon lui d'un obstacle propre aux choix des apprenants dans leurs actions, il est, à ce titre, à différencier de l'obstacle ontogénique qui lui est, comme nous l'avons vu propre aux facultés de l'apprenant (proche de la vision piagétienne de l'obstacle).

Dans le même ouvrage (Bednarz et al., 1988), Nadine Bednarz et Catherine Garnier décrivent l'obstacle didactique comme : *« une représentation de la tâche, induite par un apprentissage antérieur, étant la cause d'erreurs systématiques et faisant obstacle à l'apprentissage actuel ».* L'obstacle didactique est donc dépendant des choix pédagogiques de l'enseignant. Si ces choix vont à l'encontre des apprentissages

antérieurs, ils risquent de fonctionner comme un obstacle aux nouveaux apprentissages et induire ainsi l'élève en erreur.

3. Nature des obstacles didactiques

« Il y a obstacle lorsque les conceptions nouvelles à former contredisent les conceptions antérieures bien assises de l'apprenant »

Bednarz, Garnier, 1988

Comme nous l'avons vu un obstacle didactique apparait lorsque les choix pédagogiques de l'enseignant viennent contredire les conceptions antérieures de l'élève. Cependant ces obstacles vont de pair avec l'enseignement. En effet comme c'était le cas pour l'obstacle épistémologique en science, l'obstacle didactique est lié à l'apprentissage lui-même. De fait, puisque l'opposition entre les nouvelles conceptions à former et les conceptions initiales des élèves est inévitable, il est nécessaire d'avoir une connaissance, au moins approximative, des conceptions initiales des élèves.

a. Les conceptions initiales

Les conceptions initiales, appelées parfois, savoirs initiaux, sont définies par André Giordan et Gérard de Vecchi dans *Les origines du savoir* (Giordan & De Vecchi, 1994) comme *« un ensemble d'idées coordonnées et d'images cohérentes, explicatives, utilisées par les apprenants pour raisonner face à des situations problèmes ».* La notion est ensuite reprise, toujours par A. Giordan dans, *L'enseignement scientifique : comment faire pour que ça marche* (De Vecchi & Giordan, 2002) où il donne une définition plus complète des conceptions en trois points :

- C'est une **structure sous-jacente** dont les remarques/questions de l'élève ne sont que l'émergence.
- C'est un **modèle explicatif simple**, logique et organisé qui est utilisé pour poser ou résoudre un problème.
- Elle **dépend du niveau de connaissance**, du vécu et du milieu socioculturel de l'apprenant.

Avant d'aborder un enseignement, les élèves ont déjà des idées -directement ou indirectement- sur les savoirs enseignés. C'est à travers celles-ci qu'ils essaient de comprendre les propos de l'enseignant ou qu'ils interprètent les situations proposées ou les documents fournis. Ces "conceptions" ont une certaine stabilité ; l'apprentissage d'une connaissance, l'acquisition d'une démarche de pensée en dépendent complètement. Si l'on n'en tient pas compte, ces conceptions se maintiennent et le savoir proposé glisse généralement à la surface des élèves sans même les imprégner.

André Giordan

Les conceptions de l'apprenant comme tremplin pour l'apprentissage... !

Publié dans Sciences Humaines, 1995

On retrouve également la notion de conception initiale dans les travaux de Jean-Pierre Astolfi et de son équipe dans des ouvrages comme *Didactique des sciences de la vie et de la terre* (Astolfi & Demounem, 1996), ou *Comment les enfants apprennent les sciences* (Astolfi et *al.*, 1998). Ce *« déjà là »* comme le nomme Astolfi dans un article de la revue *Que sais-je ?* paru en 2002 peut être incomplet ou parfois parfaitement erroné par rapport aux concepts scientifiques qu'il remplace.

Dans la littérature ces conceptions initiales sont parfois désignées sous le terme de représentations initiales. Lors d'une conférence donnée sur le sujet JP Astolfi précise la question : le terme de représentation est contesté, il est lié à d'autres domaines comme notamment ceux des arts (représentation graphique ou théâtrale…), à ce titre on préférera le terme de conception qui est plus proche de concept.

La question de l'origine de ces conceptions est difficile, il s'agit, selon Astolfi, d'une interaction complexe dans l'esprit de l'enfant entre, ce qu'il a pu lire, voir ou entendre dans son milieu socio-culturel. Il ajoute que selon l'éducation et la religion, les contes et légendes peuvent également générer de telles conceptions. Enfin, les conceptions de l'enfant sont tributaires de son développement cérébral, c'est à dire de son « stade piagétien ontogénétique ».

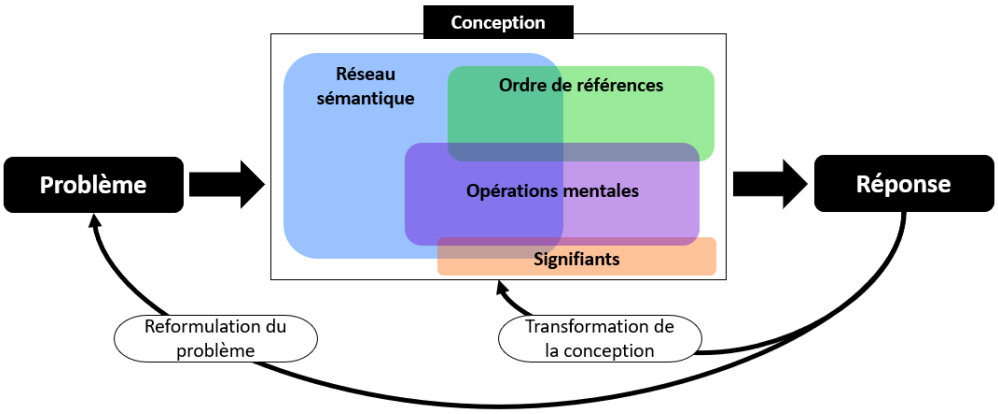


Figure 3. Caractéristique d'une conception, à partir de "Les conceptions de l'apprenant comme tremplin pour l'apprentissage...!" (Giordan, 1995). Le problème est l'ensemble des questions qui induisent la mise en œuvre de la conception, il est le « moteur » de l'activité intellectuelle. La conception est le résultat d'interactions multiples entre les raisonnements et les interprétations de l'élève (ses opérations mentales), les autres idées qu'il manipule (son cadre de références), sa façon de s'exprimer (ses signifiants) et sa façon de produire du sens (son réseau sémantique). La réponse constitue la « solution » fournie par l'élève au problème initial. Cette réponse peut, dans un second temps, agir sur la formulation du problème ou directement sur la conception.

Autant dans les travaux de Giordan ou de Astolfi, un lien est établi entre certaines conceptions initiales et les obstacles épistémologiques chers à Bachelard. Cependant ce point est à nuancer car, *« à trop vouloir décalquer un développement sur une histoire, on risque d'inverser leurs rapports et de réduire la seconde au premier »* (Gohau, 1995).

Le danger de ces conceptions est principalement leur résistance au changement. Elles sont suffisantes tant qu'elles ne sont pas mises en situation d'en éprouver les limites. C'est là également le danger des obstacles créés par l'opposition de ces conceptions ancrées et des nouveaux apprentissages. De fait, une prise en considération de ces conceptions initiales permet de mieux comprendre les obstacles didactiques qu'elles sont susceptibles d'engendrer.

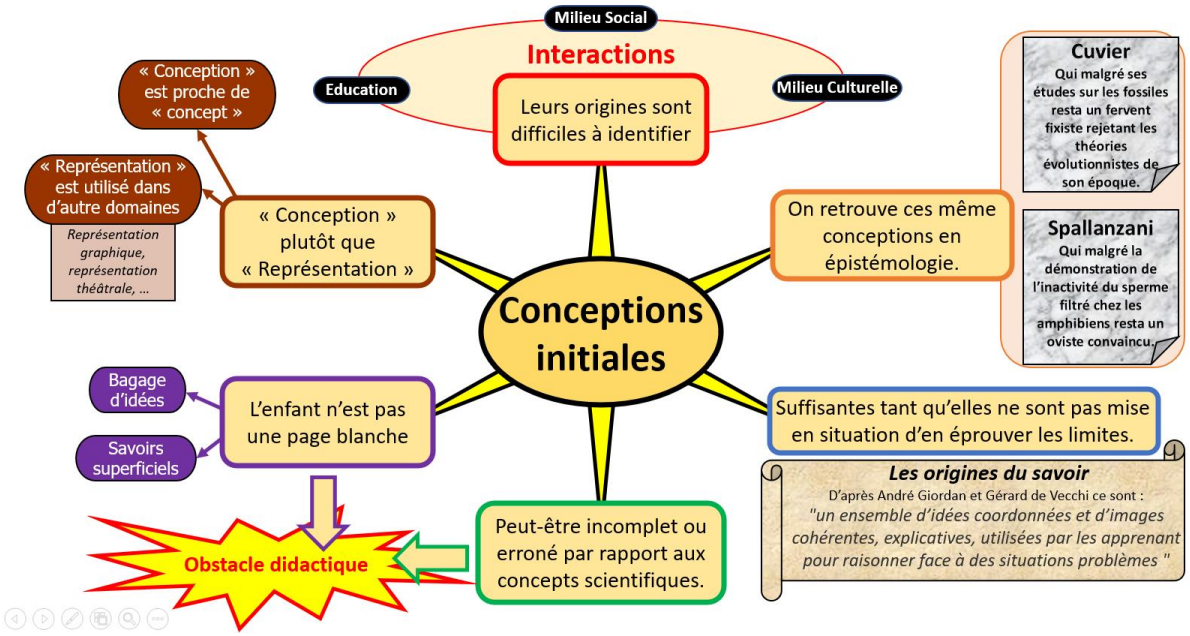


Figure 4. Carte mentale des conceptions initiales produite à partir des ouvrages de JP. Astolfi et de A. Giordan.

Une conception n'est jamais gratuite, c'est le fruit de l'expérience antérieure de l'apprenant (qu'il soit enfant ou adulte). C'est à la fois sa grille de lecture, d'interprétation et de prévision de la réalité que l'individu a à traiter et sa prison intellectuelle.

André Giordan

Les conceptions de l'apprenant comme tremplin pour l'apprentissage... !

Publié dans Sciences Humaines, 1995

---

b. Quelques origines d'obstacles didactiques

La prise en compte des obstacles didactiques des élèves est indispensable à toutes perspectives d'enseignement. Cela implique une prise de conscience de l'enseignant vis-à-vis des obstacles qu'il pourrait générer dans l'esprit des élèves par ses propres situations de classe. Pour cela, une connaissance même partielle, des origines possibles de ces obstacles est intéressante. Dans un premier temps l'objectif des enseignants est simple, il s'agit de prendre connaissance de ces obstacles et d'appliquer ces observations aux séances de classe pour, à défaut de mieux, au moins ne pas générer de nouveaux obstacles dans l'esprit des élèves. Dans un second temps, l'objectif de l'enseignant doit devenir le dépassement des obstacles des élèves. Pour cela il faut cerner les obstacles possibles, en accord avec le thème travaillé, pour établir un scénario pédagogique dirigé vers leur dépassement. Il est évident que connaitre tous les obstacles susceptibles d'être rencontrés par les élèves pour un apprentissage donné est illusoire. En revanche, pour faciliter l'étape d'identification des obstacles il est possible d'établir une liste générale, non exhaustive, de leurs origines possibles et probables :

- Obstacles liés au langage ;
- Obstacles liés à la simplification excessive du savoir.

• Obstacles liés à la nature du savoir lui-même.

• Obstacles liés à des notions nécessaires à la compréhension (prérequis).

• Obstacles générés par les livres et les manuels scolaires.

• Obstacles générés par la modélisation.

• Obstacles liés au style d'apprentissage de l'apprenant.

• Obstacles en rapport avec les actions éducatives menées par l'enseignant.

4. Que faire face à l'obstacle ?

J'ai souvent été frappé du fait que les professeurs ne comprennent pas que leurs élèves ne comprennent pas...

Bachelard

Comme le souligne Bachelard, avant de vouloir agir contre un obstacle didactique il faut en prendre conscience. Comme nous l'avons vu ces obstacles sont à rechercher dans les propos et les questions des apprenants. De fait, le meilleur moyen de les identifier est encore de récolter directement, auprès des élèves, les conceptions initiales susceptibles de créer de futurs obstacles.

a. Récolte et analyse des conceptions initiales

Astolfi (Astolfi & Demounem, 1996) s'est intéressé à la question de la prise en compte des conceptions initiales des élèves. Afin d'identifier ce qu'ils savent, ou croient savoir, sur un apprentissage donné, il propose six étapes nécessaires à la récolte de ces savoirs initiaux :

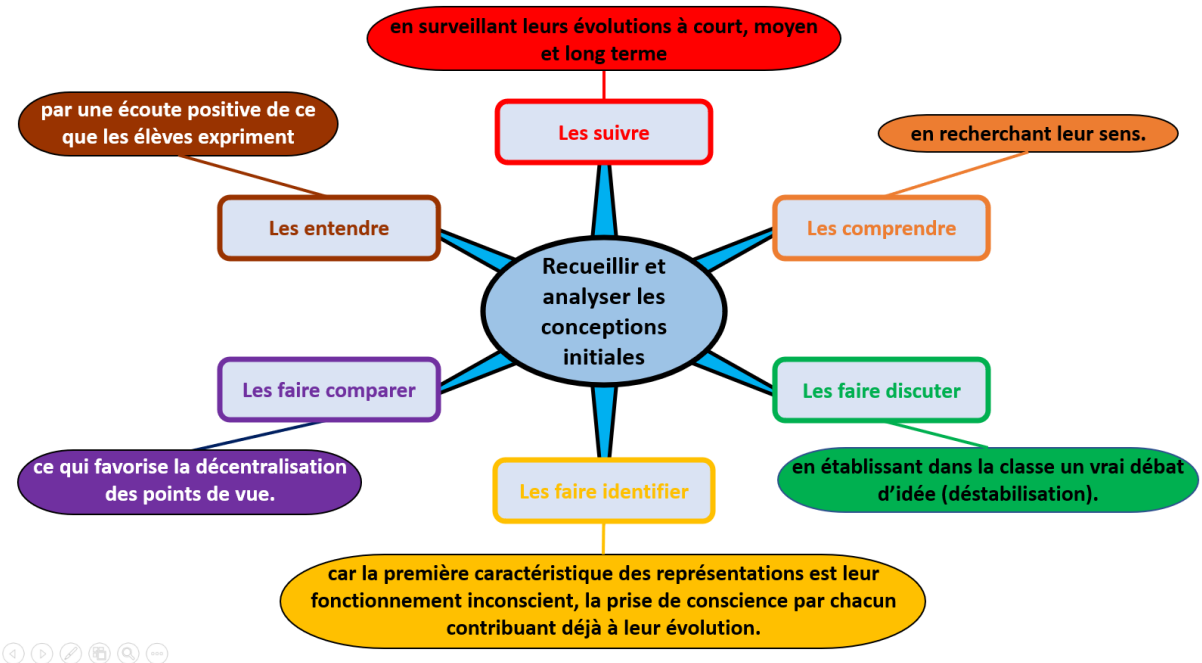


Figure 5. Carte mentale présentant les six étapes de collecte des conceptions initiales réalisée à partir des travaux de JP Astolfi, 1996.

Une fois récoltées ces conceptions doivent être analysées. Comme présenté par A. Giordan dans son article de 1995, *« s'appuyer sur les conceptions des apprenants ne veut pas dire « y rester » ».* Il constate que *« trop souvent, dans nos observations de classe, nous avons vu des maîtres faire exprimer les idées des élèves et considérant que cela suffisait, enchaîner en pédagogie frontale ou dialoguée ».* L'expression des conceptions doit être vue comme *« un point de départ des activités d'enseignement ».* Comme il le rappelle dans son article, l'acquisition de nouveaux savoirs n'est pas chose aisée pour les apprenants.

C'est l'apprenant qui, seul, peut élaborer chaque bribe de savoir. Et il ne peut le faire qu'en s'appuyant sur les seuls outils qui lui sont disponibles, c'est-à-dire ses conceptions.

André Giordan

Les conceptions de l'apprenant comme tremplin pour l'apprentissage... !

Publié dans Sciences Humaines, 1995

A ce stade, insiste Giordan, il ne faut pas confondre ce qui émerge en classe (ce que l'élève dit, écrit ou fait) avec la conception de l'élève. Une conception est la structure sous-jacente à l'origine des productions d'élève.

Il faut faire avec (les conceptions initiales) pour aller contre.

André Giordan

---

b. Le modèle allostérique

Le modèle allostérique est *« un modèle de l'apprendre »,* c'est-à-dire, selon Giordan (Giordan, 1995)*, « une aide à penser pour mieux comprendre la réalité »*. Ce modèle didactique n'est néanmoins qu'une modélisation s'appuyant sur l'observation de phénomènes dans des situations idéalisées, de fait, ce modèle est défini pour des domaines d'application particuliers.

Il est important de ne pas faire l'amalgame entre le modèle et son application pédagogique, ce qui reviendrait à confondre apprendre et enseigner !

André Giordan

Ce modèle est proposé par Giordan et son équipe dans *Apprendre !* (Giordan, 2002), le terme d'allostérique est emprunté à la chimie, il est utilisé ici par analogie à la réactivité chimique des protéines. Le modèle allostérique complète les trois modèles didactiques couramment admis :

- Le modèle empiriste
- Le modèle behavioriste
- Le modèle constructiviste

Il repose sur quatre piliers fondamentaux jusque là absents ou anecdotiquement présents dans les modèles précédents.

Le modèle allostérique se concentre sur la transformation du savoir initial des élèves. A ce titre, l'enseignant retrouve une place centrale dans les apprentissages en devenant un *« metteur en scène du savoir »*.

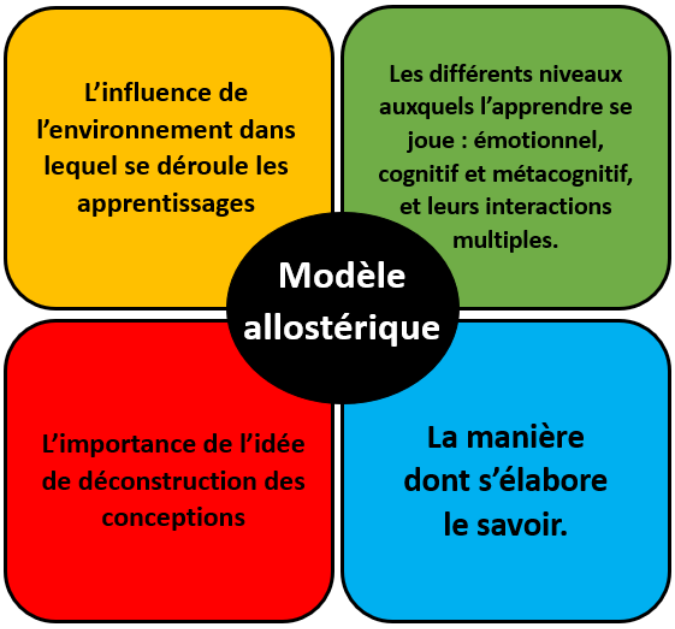


Figure 6 Les quatre piliers du modèle allostérique, réalisé à partir des travaux de A. Giordan, 1995.

c. Mises en place d'objectif-obstacle

Le modèle allostérique a trouvé un certain succès chez les Anglo-Saxons. En France c'est le concept d'objectif-obstacle introduit par Jean-Louis Martinand dans sa thèse de doctorat de 1982 et reprit dans son ouvrage *Connaître et transformer la matière* (Martinand, 1986), qui s'est majoritairement imposé. Martinand associe deux concepts a priori contradictoires, l'obstacle et l'objectif. Cette dualité objectif-obstacle est, pour lui, *« une tentative pour faire rejoindre deux courants, celui des pédagogues qui cherchent, à travers les objectifs, à rendre plus efficaces les actions didactiques, et celui des épistémologues qui s'intéressent aux difficultés qu'affronte la pensée scientifique »*.

Les propositions que nous faisons pour ne garder que les objectifs utiles consistent à exprimer les objectifs en termes d'obstacles franchissables, c'est à dire de difficultés réelles que les élèves rencontrent et peuvent vaincre au cours du curriculum.

Jean-Louis Martinand, 1986

En dans son ouvrage de 1996, Jean Pierre Astolfi (Astolfi & Demounem, 1996) fournit un processus de mise en œuvre de ce concept d'objectif-obstacle en six étapes :

1. **Repérer** les obstacles à l'apprentissage, sans les minorer ni les valoriser.
2. **Définir** inversement, et de manière dynamique, le progrès intellectuel correspondant à leur éventuel franchissement.
3. **Sélectionner**, parmi la diversité des obstacles repérés, celui (ou ceux) qui paraît franchissable au cours d'une séquence, produisant un progrès intellectuel décisif.
4. Se fixer comme objectif le **dépassement** de cet obstacle jugé franchissable.
5. **Traduire** cet objectif en termes opérationnels selon les méthodologies classiques de formulation des objectifs.

6. **Construire** un dispositif (ou plusieurs), cohérent avec l'objectif, ainsi que les procédures de remédiation en cas de difficulté.

5. Exemples de travaux d'indentification des obstacles didactique en géologie.

Les obstacles didactiques en géologie sont nombreux. J'ai choisi ici de présenter certains de ces obstacles présentés dans la revue *ASTER n°20, Représentation et obstacle en géologie*, publiée en 1995.

a. Formation des montagnes

L'article de Gabriel Gohau (Gohau, 1995) traite des obstacles liés aux temps et à l'espace que l'on retrouve lorsque l'on interroge les apprenants sur la formation des montagnes.

Dans une première partie il place cet obstacle comme étant un obstacle didactique directement issu d'un ancien obstacle épistémologique. Il rappelle quelques idées anciennes sur la formation des reliefs, celles de Buffon (1707 – 1788), de Lyell (1797 – 1875) ou encore celles de Elie de Beaumont (1798 – 1874).

La deuxième partie de son article est consacrée à la recherche de ces *« modes de pensée archaïques »* chez l'apprenant. Il y présente alors les résultats de ces *« observations sur la résistance des élèves aux idées modernes, en géologie »*. Il s'agit là d'une recherche patronnée par l'Institut National de Recherche Pédagogique, menée par un groupe de professeurs de lycée et animée par Guy Rumelhard. La méthode utilisée est celle du questionnaire portant sur l'âge et le mécanisme de la formation des montagnes.

1° Quand se sont formées les montagnes ?

2° Comment se sont-elles formées (dessins éventuels) ?

3° On trouve jusqu'au sommet de certaines montagnes élevées des coquillages (fossiles) marins. Les couches qui les contiennent sont, par ailleurs, généralement inclinées. Que vous apportent ces deux observations ? Confirment-elles votre réponse à la question précédente ? Sinon, en quoi modifient-elles votre réponse ?

4° À la fin du XVIIIème siècle, trois conceptions s'affrontaient à propos de l'origine des montagnes :

- *pour certains, le globe avait acquis ses irrégularités dès l'origine, au moment de son refroidissement, comme se forment les aspérités sur une boule de fer fondu qui se refroidit ;*
- *d'autres croyaient que le globe avait été lisse à l'origine, puis que des effondrements successifs, provoqués par des cavernes souterraines, avaient formé les plaines. Les montagnes étant constituées par les blocs restés en place (zones non effondrées) ;*
- *d'autres enfin pensaient, au contraire des précédents, que la terre avait subi, non des effondrements, mais des soulèvements par l'action d'un "feu souterrain", et que les diverses montagnes étaient résultées de ces bombements.*

- *Que pensez-vous de chacune de ces théories ?*
- *Y en a-t-il une qui se rapproche de votre propre conception ? Si oui laquelle ?*
- *L'une vous semble-t-elle plus fausse que les autres ? Pourquoi ?*

Figure 7. Questionnaire présenté par Guy Rumelhard et son équipe aux classes de quatrième et première.

Le questionnaire a été proposé dans les collèges et lycées de Paris, à des élèves de quatrième (13-14 ans) et de première (16-17ans). Bien que d'âges différents ces élèves ont tous un savoir minimum en géologie, acquis lors des cours antérieurs et par leurs expériences propres.

G. Gohau relève des traces subsistantes de pensées archaïques dans les réponses des élèves qui rappellent les thèses anciennes d'effondrement des plaines ou de retrait des eaux. Il constate que malgré les apprentissages qu'ils ont pu avoir les obstacles persistent et que *« le globe reste encore pour les élèves de première très voisin de celui des anciens avec ses vents, ses fermentations, ses incendies… ».*

Il met également en exergue l'idée récurrente dans les solutions des élèves de mouvements eustatiques de grande ampleur. Cette observation est également faite chez des étudiants de 19-20 ans candidats à un concours national. Preuve que la tentation de l'eustatisme est tenace, autant pour les élèves du secondaire que pour les étudiants.

b. Le volcanisme, les séismes et la Terre interne

L'article suivant est un article de Jean-Charles Allain (Allain, 1995), il y présente les conceptions d'élèves de 8 à 10 ans sur les séismes, les éruptions volcaniques et l'intérieur de la Terre. Le public testé ici est constitué d'élève de cycle 3. En tant que futur enseignant dans le secondaire les conceptions initiales des futurs collégiens me paraissent intéressantes, de plus j'ai sélectionné cet article car il présente une méthodologie basée sur des dessins individuels et des entretiens. Des entretiens complémentaires ont également été réalisés pour préciser l'analyse de la pensé de l'élève.

La demande formulée aux élèves était la suivante : « Explique, à l'aide d'un dessin, ce qu'est pour toi un volcan. ». Dans les productions des élèves J-C Allain relève que *« ce sont souvent les aspects spectaculaires et grandioses qui apparaissent le plus spontanément »*. Particulièrement à l'oral où l'accent est fréquemment mis sur les aspects catastrophiques, dévastateurs ou terrifiants du phénomène.

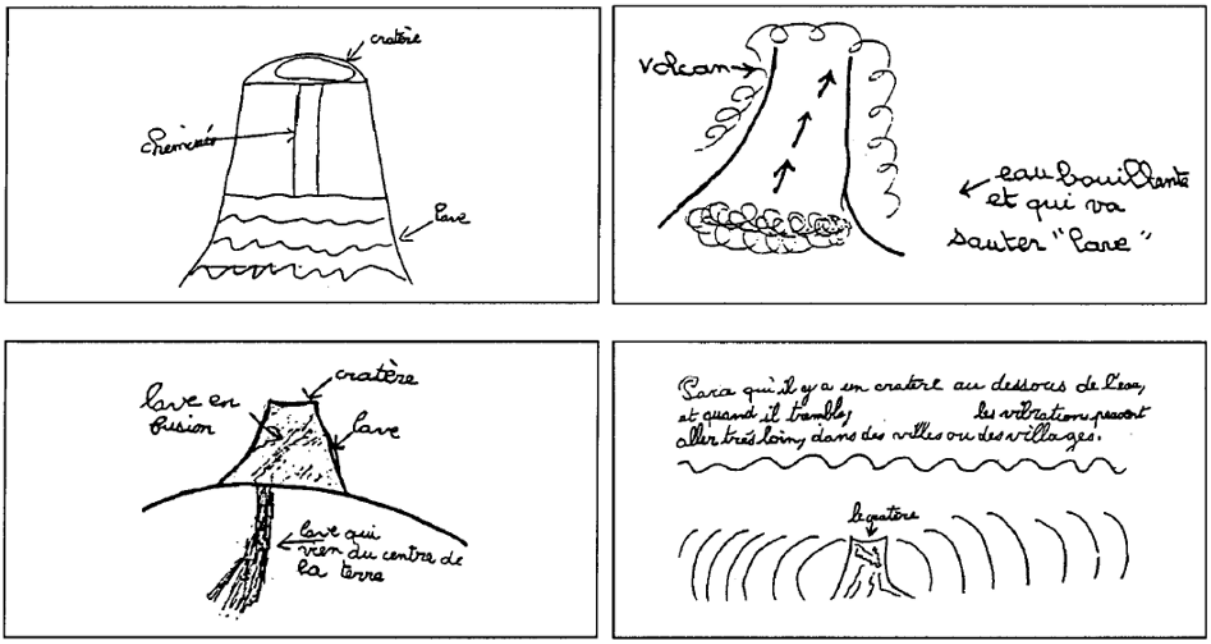


Figure 8. Exemple des dessins réalisés par les élèves interrogés par J-C Allain.

Pour ce qui est des conceptions initiales des séismes et de l'intérieur de la Terre, je ne les développerai pas ici. Cependant on notera que *« les conceptions des élèves à propos de ces phénomènes volcaniques et sismiques sont multiples et hétérogènes »* et que *« les élèves de huit à dix ans ont recours quasi systématiquement à des causes naturelles pour expliquer ces phénomènes ».*

L'analyse de ces conceptions révèle quelques obstacles de nature épistémologique et d'autres simplement de nature didactique.

Jean-Charles Allain

ASTER n°20, 1995.

Les éventuelles sources de difficultés aux apprentissages des élèves proposées par J-C Allain sont celles couramment rencontrées en géologie, à savoir :

- La lenteur des processus géologique les rendant quasi imperceptibles.
- La profondeur et l'inaccessibilité de la plupart des phénomènes tectoniques.
- Les problèmes d'échelle, difficulté d'associer un phénomène local à une cause globale.

Cependant J-C Allain conclut son analyse positivement en présentant ces conceptions plutôt comme des protoconcepts, susceptibles d'être enrichis ou remodelés et non comme des obstacles ancrés qu'il s'agirait de déconstruire et de dépasser.

c. Carte géologique

Le troisième et dernier exemple que j'ai choisi de présenter est celui des obstacles liés à la carte géologique. Il s'appuie sur l'article de Pierre Savaton (Savaton, 1995) également publié dans le numéro 20 de la revue ASTER. Son étude porte sur des élèves de première scientifique (16 – 17 ans). Le recueil des conceptions initiales se fait par deux questionnaires donnés à la suite d'entretiens préalables avec des élèves volontaires. Le premier questionnaire proposé aux élèves permet des réponses ouvertes (Questionnaire A), le second est un questionnaire à choix multiple ou QCM (Questionnaire B). Comme l'explique P Savaton *« Le recours à un QCM était avant tout motivé par la rapidité de traitement qu'il permet et donc par la constitution d'un échantillon numériquement important »,* mais il contraint les réponses des élèves. Pour tenter de réduire cette contrainte et faire au mieux ressortir les conceptions initiales des élèves, P Savaton présente le QCM seulement après que les élèves aient rempli le questionnaire à réponses ouvertes.

Comment un géologue détermine la nature du sous-sol lorsque celui-ci est recouvert d'un sol épais ou inaccessible parce que recouvert par un étang par exemple ?	Questionnaire A question 9 (en %)	Questionnaire B question 12 (en %)
par des forages, carottages, sondages	49	**82**
par des études sismiques, des ondes	24	48
par déduction, supposition, extrapolation	12	**32**
en décapant le sol	-	7
par étude du sol	-	35
par étude de la nature de la végétation	-	31

Figure 9. Exemple de réponse obtenue par P Savaton. Il en conclut : « Toutes les réponses proposées renfermant l'action d'observer sont plébiscitées. Déduction, supposition, extrapolation ne font, en revanche, guère recette. Ces termes semblent détachés de l'observation, pire ils semblent crédités d'un degré d'approximation qui les éloignerait de la réalité telle que "l'observation la garantie". »

L'analyse des conceptions initiales de ces élèves de première met en avant, selon P Savaton, une survalorisation de l'observation au détriment de la déduction, de la supposition ou de l'extrapolation.

À travers la carte géologique, c'est la géologie (voire la biologie) qui passe pour une somme d'observations détachées du raisonnement et sans relations établies.

Pierre Savaton,

ASTER n°20, 1995

En bilan de son analyse Pierre Savaton dresse une liste des obstacles possibles identifiés à partir des conceptions initiales des élèves. Ainsi il note que les élèves de première scientifique, en plus de leur attachement à l'observation, présentent des faiblesses dans la perception des dimensions spatiales et temporelles. *« Les roches ne sont pas imaginées dans l'espace, elles ne se prolongent pas dans le non-vue […] la disposition (des strates) n'est pas reliée à des principes physiques ou mathématiques, […] sous-représentation des indicateurs de durée ou de chronologie. »*

Enfin, il indique comment faire face à ces représentations. Il reprend la formulation de Giordan, *« il faut faire avec pour aller contre »* comme étant une solution à développer. Pour cela il propose de *« mettre l'élève en situation de faire, c'est-à-dire revoir profondément l'actuel apprentissage scolaire. »*.

6. Le franchissement d'obstacle dépendant de la construction du problème

Un autre mouvement didactique plus récent mené notamment par le didacticien Christian Orange s'intéresse à la construction du problème et son appropriation par l'élève comme une nécessité au franchissement d'obstacle. Ce courant de recherche didactique apparait dans les années 90 et fait directement suite aux travaux abordés précédemment (Giordan, 1995, 2002) (Astolfi & Demounem, 1996). Comme l'indique C. Orange (Fabre, 1997), « *Actuellement, on maitrise le plus souvent les moyens de faire douter un élève de la valeur de ses conceptions (fissuration). Mais, malgré quelques tentatives de théorisation des changements conceptuels, les conditions permettant un véritable franchissement d'obstacle ainsi que l'adhésion à une autre conception restent encore obscures*. ». Il poursuit en indiquant que *« c'est avant tout la construction et la reconstruction des problèmes par l'apprenant qui doivent être étudiées par les didacticiens et travaillées en classe. »* sous-entendu ici il faut préférer un travail en classe sur la construction et la reconstruction de problème à la « centration habituelle sur la résolution de problèmes ».

Ce processus (la problématisation) transforme un problème perçu en un problème construit ou, plus généralement, en un ensemble articulé de problèmes construits (problématiques).

Christian Orange, 1997

a. La redéfinition du savoir scientifique

Dans son article C. Orange (Fabre, 1997) et son équipe propose une nouvelle définition du savoir scientifique, en effet l'objectif est de comprendre quelles sont les caractéristiques principales de ces savoirs particuliers afin d'identifier l'origine possible des obstacles à leur acquisition et les conditions didactique du franchissement de ces-dits obstacles. Ils proposent alors trois caractéristiques principales communes à tout savoir scientifique :

- Les savoirs scientifiques sont des **compétences**
- Les savoirs scientifiques sont **raisonnés**
- Les savoirs scientifiques sont **partagés et soumis à la critique**.

Les savoirs scientifiques sont des compétences pour maîtriser des problèmes

---

Un savoir scientifique n'est pas la simple description d'une réalité : il permet d'expliquer, et, de façon subsidiaire, de prévoir ; donc de maîtriser des problèmes. Cette caractéristique, les savoirs scientifiques la partagent avec les conceptions des élèves. C'est en cela qu'il y a concurrence.

Christian Orange, 1997

Le savoir scientifique se doit d'être fonctionnel, il doit être en mesure de concurrencer efficacement dans l'esprit de l'élève la conception initiale dans la maîtrise des problèmes. Comme l'indique Bachelard (Bachelard, 1975), « *On ne peut accéder à la culture scientifique qu'en changeant de culture, en renversant les obstacles déjà amoncelés par la vie quotidienne*. ». Travailler uniquement sur les ruptures des obstacles ne permet pas leur dépassement. Selon Orange (Fabre, 1997), le dépassement des obstacles ne peut se faire qu'au prix de la confrontation par les élèves de leurs nouvelles connaissances à divers problèmes.

Les savoirs scientifiques sont des savoirs raisonnés

Ce qui est important, ce n'est pas d'accéder directement à un savoir factuel « vrai » mais plutôt de construire ou reconstruire la problématique dont ce savoir fournit une solution possible.

Christian Orange, 1997

Le savoir raisonné est pour C. Orange un savoir compris, assimilé qui est à l'opposé d'un savoir appris par cœur et répété. Ainsi, pour atteindre ce savoir assimilé la construction ou reconstruction d'une problématique est la méthode plébiscitée. *« Les ruptures et le franchissement des obstacles correspondants sont donc avant tout liés, non à la résolution du problème, à la découverte d'une solution, mais à la construction par les élèves du problème ou d'une problématique dans un cadre théorique défini. »* (Fabre, 1997).

Les savoirs scientifiques sont des savoirs partagés et soumis à la critique.

À chaque étape il lui faut s'exposer (la pensée scientifique) à la critique et à l'expérience.

Jacob François, 1980

À la manière de la construction du savoir scientifique au sein de la communauté scientifique qui se fait par des communications, des repris, des admis, des reconstruits et des critiques, C Orange (Fabre, 1997) indique de partager le savoir, *« un savoir ne sera vraiment scientifique que s'il est partagé, discuté et s'il*

peut servir de base à d'autres développements communicables ». Selon lui *« pour la science à l'école il faut donc penser, de façon primordiale, débats scientifiques et argumentations. »*. Il propose la fondation d'un paradigme de classe au travers de la construction d'une problématique commune comme accesseur des élèves vers le savoir scientifique.

b. La problématisation

Comme on l'a bien compris la problématisation est pour C Orange l'outil principal du dépassement des obstacles chez les élèves. Cependant ce terme de problématisation pose question, qu'est-ce que problématiser pour C. Orange ?

Comprendre une proposition ou une série de propositions, c'est donc retrouver les questions oubliées auxquelles ces propositions répondent.

Christian Orange, 1997

La problématisation est pour C Orange nécessairement réalisée par l'élève ou un groupe d'élève, il distingue ce terme de ceux de « compréhension » qu'il qualifie de « problématisation privé » et de « résolution de problème » qui n'est pour lui qu'une problématisation sans marge de manœuvre pour l'élève. Lors d'une problématisation le problème n'est pas clairement présenté aux élèves, il est simplement posé sous la forme d'une question générale ou d'une situation. C'est ensuite aux élèves de « *le construire progressivement à partie d'un cahier des charges et par un système de contamination de contraintes, de telles sorte que sa détermination complète coïncide effectivement avec ses solutions possibles.* ».

7. Exemple de problématisation par débat collectif

Je vais présenter ici une étude de cas réalisée par Fabre M. et Orange C. (Fabre, 1997). Cette étude porte sur une classe de CE2 qui se demande : *« Comment les aliments font-ils pour faire grandir ? »* Le but de la séance est de faire construire à la classe, par un débat, une problématique. Les auteurs ne s'intéressent pas à la recherche de la solution mais à la construction du problème lui-même. Leur objectif et de proposer un résumé global du débat.

Pour cela les chercheurs ont choisi de représenter le déroulé du débat sous la forme d'un schéma. Cette représentation se lit sur deux dimensions : verticale et horizontale. L'enchaînement distingue plusieurs types d'inférence :

- R, **inférence apocritique**, une réponse est proposée.
- Q, **inférence problématologie**, la réponse relance de nouvelles questions, sans être remise en cause.
- O, **objection**, la réponse est remise en cause

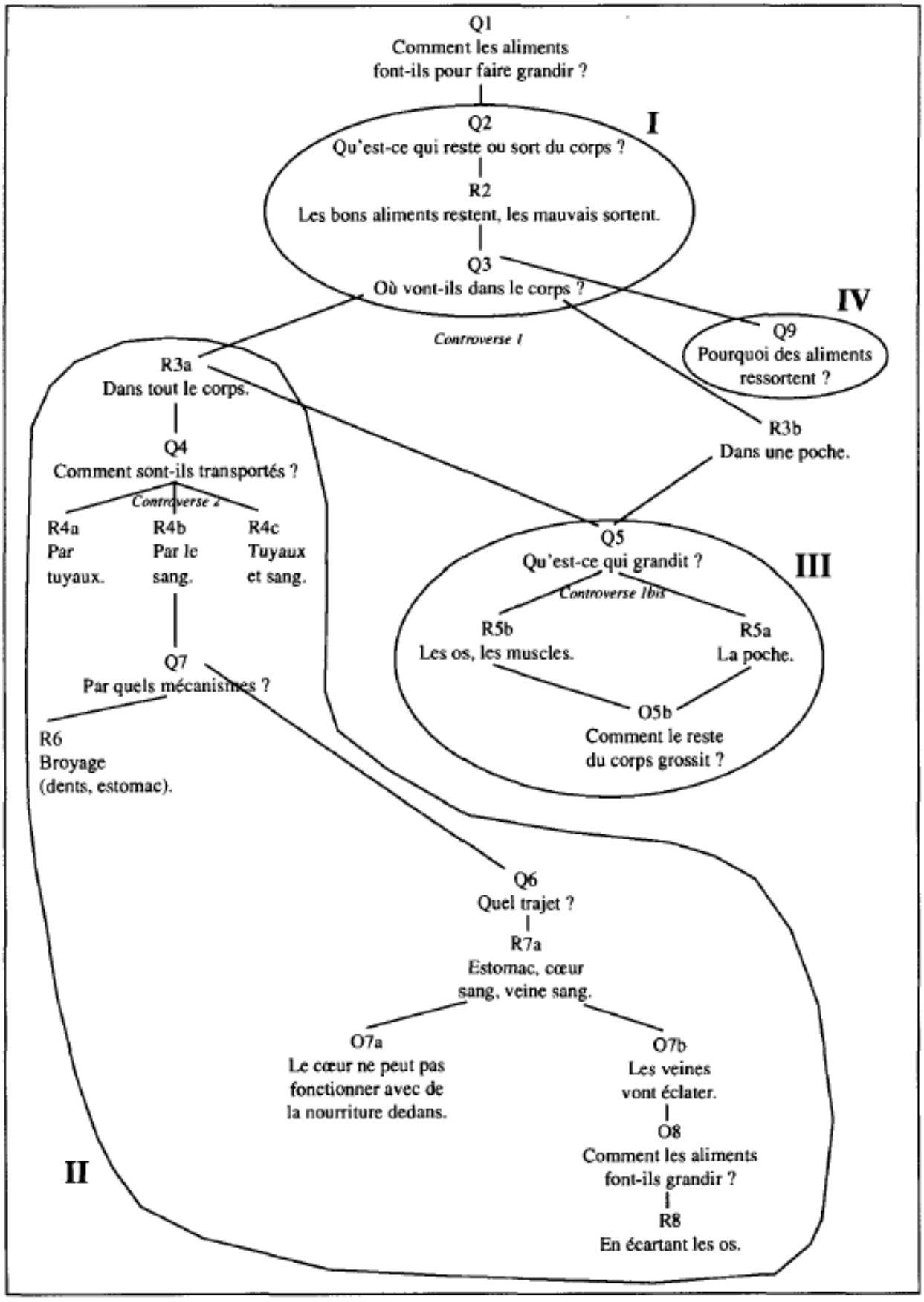


Figure 10. Macrostructure du débat dans une classe de CE2

8. Trois types de ruptures

Pour Fabre (Fabre, 1997) le terme de rupture désigne l'action d'un groupe d'élève qui se sépare d'une conception ancienne pour en adopter une nouvelle. Les ruptures présentées par Fabre sont définies dans le cadre de débats collectifs en classe.

a. La rupture métaphysique

« La rupture à faire correspond à un véritable changement d'épistème, de paradigme explicatif ou de cadre épistémique. Ce sont les intelligibles fondamentaux des élèves qu'il faut modifier. ». Dans ce cas il n'est pas possible de mettre en concurrence les points de vue divergents dans un débat argumenté. *« On ne peut donc pas montrer simplement la supériorité de l'une des explications, ni par un appel à la raison, ni par un recours à des résultats empiriques. »*

Les conceptions des élèves sont aptes à répondre à toutes les objections

---

C'est un changement important sur le sens de l'« explication » qui doit être fait par les élèves : *« un changement des grandes règles du jeu scientifique. »* Pour l'enseignant il ne s'agit pas de convaincre mais d'inviter les élèves à essayer autre chose.

b. La rupture développementale ou de raisonnement

L'explication que l'on veut faire adopter aux élèves n'est ici plus un changement d'épistème, cependant ils doivent *« comprendre et accepter un autre raisonnement, plus complexe et moins commun que leur raisonnement spontané. ».* Les obstacles sont dans le changement d'un raisonnement quotidien et efficace pour l'élève, il faut rendre l'élève conscient des limites de ce raisonnement, pour l'amener à en adopter un nouveau. L'enseignant est ici une aide pour les élèves en leur proposant des pistes un fois que la nécessité de changer d'explication leur est apparu.

c. La rupture simple

La rupture à faire est essentiellement celle faite entre opinions et savoirs scientifiques problématisés. Les obstacles existants sont liés aux objets étudiés, à leur charge affective, technique ou symbolique et aux conceptions épistémologiques des élèves (qu'est-ce qu'un savoir en science ?). Dans ce cas de rupture les différentes conceptions des élèves de la classe présentent une certaine variété d'explications et d'arguments qui enrichie le débat. De fait la problématisation peut ici se faire en grande partie par un débat, organisé et régulé par l'enseignant.

9. Problématisation

Comme nous l'avons vu la question des obstacles didactiques est fortement liée à celle des conceptions initiales des élèves. Ces conceptions sont multiples et complexes, elles font intervenir à la fois les apprentissages antérieurs, les expériences personnelles et les croyances religieuses et/ou culturelles des élèves.

Les travaux de didactique récents de Fabre M. et Orange C. (Fabre, 1997), rapprochent la question des obstacles à celle de la problématisation qui, si elle est construite par l'élève, peut permettre le dépassement de certains obstacles.

C'est cette piste que j'ai suivi lors de l'élaboration de mon mémoire. Ainsi ma recherche s'est axée sur les obstacles didactiques rencontrés dans l'enseignements de cycle 4 en géologie et plus particulièrement

sur ceux portant sur la théorie de la tectonique des plaques. Mon objectif a été le dépassement d'un obstacle didactique spécifique, « le manteau liquide », qui amène certains élèves à concevoir les plaques lithosphériques comme circulantes sur un matériel mantélique liquide. J'ai souhaité proposer aux élèves un temps de réflexion important dans le but de leur permettre de se questionner sur les limites profondes des plaques tectoniques. J'ai donc mené une étude dont le but a été d'apporter des éléments de réponses à la question suivante :

Une problématisation par débat collectif en classe permet-elle le dépassement d'obstacles didactiques dans l'enseignement de la théorie de la tectonique des plaques en classe de quatrième ?

10. Matériels et Méthodes

Cette étude a été réalisée au collège de Fraisans avec des élèves de quatrième (cycle 4). Le collège compte quatre classes de quatrième nommées de A à D. Le public de l'étude est donc des élèves du secondaire âgés de 14 à 16 ans. Du fait des conditions sanitaires en cours lors de la réalisation de cette étude, les effectifs d'élèves soumis aux différentes expérimentations sont variables. De plus, pour des raisons logistiques la classe de quatrième A n'a pas été soumise à l'étude. Ainsi trois classes de quatrième ont participées à cette étude :

- La classe de quatrième B (notée 4B)
- La classe de quatrième C (notée 4C)
- La classe de quatrième D (notée 4D)

a. Temps d'expérimentation et effectifs

J'ai mené cette étude en trois phases d'expérimentation :

- Une collecte des conceptions initiales
- Un débat collectif en demi-classe
- Une collecte des conceptions finales

Classes	Effectifs collecte des conceptions initiales	Effectifs des débats	Effectifs des collectes conceptions finales
4B	23	22	23
4C	22	23	23
4D	21	21	22
TOTAL	**66**	**66**	**68**

Tableau 1. Effectifs des différentes expérimentations

b. Collecte des conceptions initiales des élèves

Nous l'avons vu, le point de départ de tous travaux sur les obstacles en didactiques est la récolte des conceptions initiales des élèves (Astolfi & Demounem, 1996). En quatrième, les élèves ont débuté les enseignements de géologie notamment lors du cycle 3 en sixième ou pour certains dès l'école primaire. Néanmoins, le sujet de la tectonique des plaques ne leur a pas été enseigné. Cependant, ils en ont tous une conception. En effet, l'idée de « mouvements des plaques » s'est aujourd'hui largement diffusée hors des milieux géologiques permettant à chacun de s'en faire une conception plus ou moins précise. Cependant, il ne s'agit pas ici de demander aux élèves si les plaques tectoniques sont ou pas en mouvement, ni même de leur poser la question des moteurs de ces mouvements. Il s'agit de les questionner sur les conditions nécessaires à ces mouvements.

Prise en compte des apprentissages des élèves

La collecte des conceptions initiales soulève la question de la prise en compte des apprentissages des élèves. En effet, pour aborder en classe les limites profondes des plaques lithosphériques, il faut que les concepts de plaques lithosphériques et de leurs limites horizontales soient connus des élèves. Ainsi, j'ai mis au point deux activités qui ont permis d'introduire ces concepts. La première activité traite de la répartition mondiale des séismes et des volcans et a pour objectif d'aboutir à la caractérisation des limites horizontales des plaques lithosphériques *(Annexe 1)*. La seconde activité aborde le mouvement des plaques par la visualisation de leur vecteurs GPS au travers du logiciel Tectoglob 3D *(Annexe 2)*.

En fin d'expérimentation les élèves terminent la séquence par une activité traitant des limites verticales des plaques (*Annexe 3*)

Mon outil de collecte des conceptions initiales

Pour récolter les conceptions initiales, j'ai utilisé une fiche individuelle *(Annexe 5)* distribuée à la fin de l'activité abordant le mouvement des plaques *(Annexe 2)* à tous les élèves de chaque classe. Ce document est organisé en deux parties :

Un questionnaire à choix unique

L'objectif de ce questionnaire est d'identifier ce que l'élève imagine trouver sous une plaque lithosphérique. Pour cela, le QCU (Questionnaire à Choix Unique) propose trois schémas associés à trois modèles fréquemment évoqués par les apprenants pour présenter les limites profondes des plaques lithosphériques. Parmi ces modèles, le premier indique un plaque lithosphérique reposant sur une couche de roche solide. Il s'agit du modèle reposant sur la théorie actuellement admise par la communauté scientifique. Le second met en scène l'obstacle du « manteau liquide » et présente une plaque lithosphérique flottant sur un magma liquide. Il s'agit d'une conception de la terre interne retrouvée dans de nombreux travaux didactiques (ORANGE C. (1995) & ALLAIN Jean-Charles. (1995)) Enfin, le troisième schéma représente une plaque flottant sur l'océan à la manière d'un bateau (inspiré de la théorie de la dérive des contiennent de Alfred Wegener)

Consigne 1 : Choisir **le** modèle qui permet **selon-toi** d'expliquer le déplacement des plaques lithosphériques. Si aucun des modèles proposés ne te convient, tu peux en proposer un au dos de la feuille.

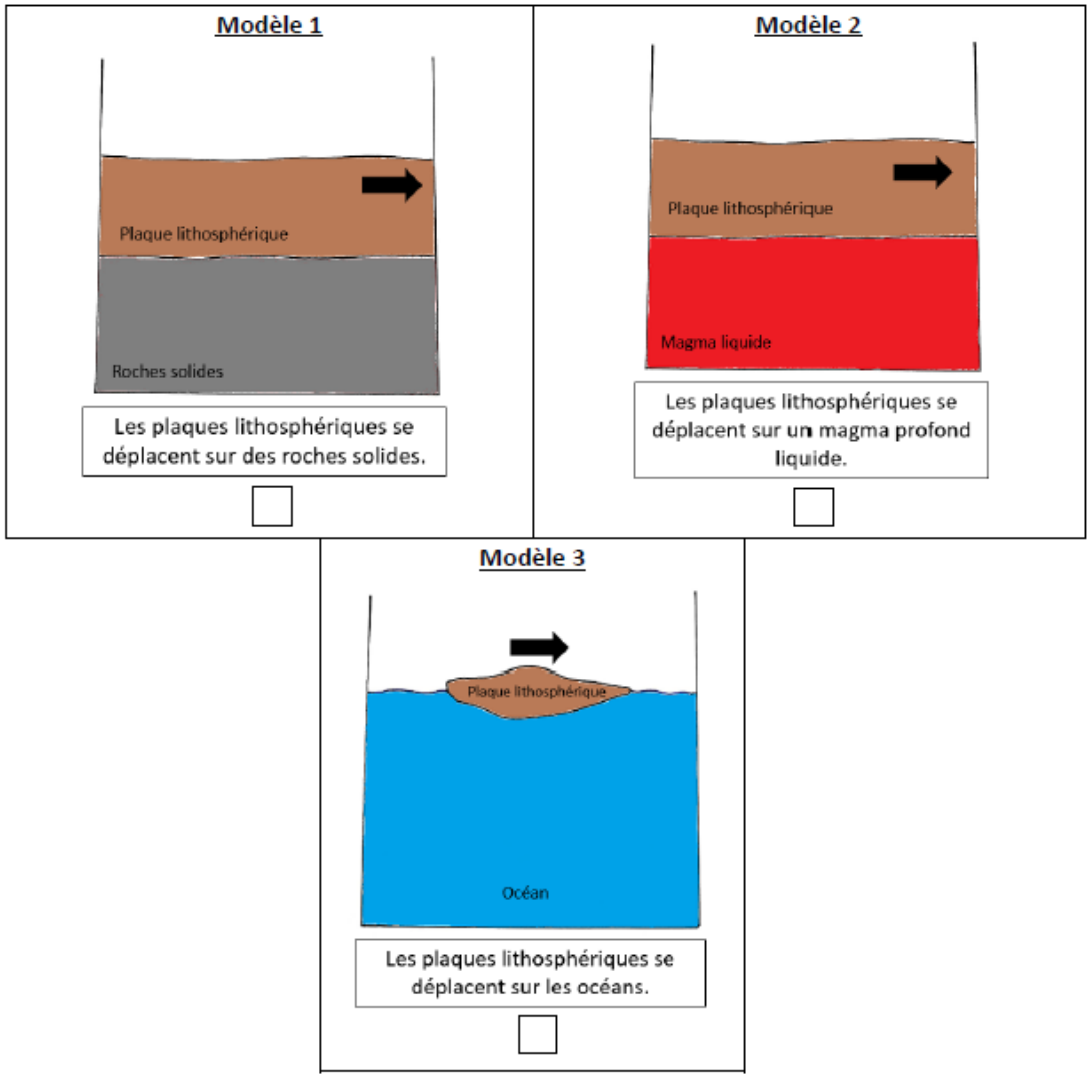


Figure 11. Questionnaire à choix unique proposé aux élèves de quatrième du collège Gustave Eiffel.

Je rappelle ici qu'à ce moment de leur progression pédagogique les élèves ont conscience que la plaque lithosphérique est solide et en mouvement.

Lors de ce questionnaire, les conceptions des élèves sont fortement orientées par les trois propositions de schéma. Ce choix de proposition de schéma est critiquable mais permet, à mon sens, à un maximum d'élève de s'exprimer. En effet, bien que chacun ait une conception sur la question, j'ai renoncé à demander aux élèves de réaliser un dessin explicatif à la manière de Jean-Charles Allain (Allain, 1995). En effet, deux éléments ont orienté mon choix vers la proposition de modèles :

- Les élèves bien qu'ils aient suivi les enseignements ne sont, pour la plus plupart, pas suffisamment à l'aise avec le concept de plaque lithosphérique pour s'exprimer au travers d'un dessin, croquis ou schéma.
- Le concept qui leur est proposé est souterrain (entre 30 et 100km de profondeur en milieu continental), il est donc inaccessible à l'observation contrairement aux volcans sur lesquels

Allain et son équipe ont travaillé (Allain, 1995). Ce caractère « invisible » me semble être un frein à une représentation graphique par les élèves.

Une justification écrite du choix

Dans le but de permettre aux élèves de transcrire leur raisonnement et ainsi entrevoir leur conception sur la question, je leur ai demandé de justifier leur choix de modèle. J'attendais ici une explication succincte (3 à 4 lignes) et argumentée (dans la mesure des capacités d'un élève de quatrième) quant à leur choix de modèle. Cette justification permet également d'assoir le choix de modèle de l'élève et de limiter un choix « au hasard ».

c. Problématisation au travers d'un débat collectif

Une fois les conceptions initiales des élèves collectées, l'étape suivante a été de les utiliser pour animer une séance de débat collectif dans le but de permettre une problématisation posée, au maximum, par les élèves eux-mêmes comme le propose C Orange et son équipe (Fabre, 1997). Afin de permettre l'analyse de ces débats a posteriori toutes les séances ont été filmées.

Détails des classes concernées par la séance de débat collectif

Dans le but de mettre en avant les effets d'une problématisation en classe sur le franchissement d'obstacle, j'ai choisi de réaliser une séance axée sur un débat collectif dans deux des trois classes : les 4C et 4D. La classe de 4B jouant lors de cette étude le rôle de classe témoin. Toutes les classes ont suivi les mêmes enseignements avant et après le débat, les conceptions de chaque élève sont récoltées en début et fin d'expérimentation, le seul paramètre changeant est la présence d'un temps de débat collectif dans les classes tests et non présent dans la classe témoin.

Classes	Collecte des conceptions	Séance de débat collectif	Rôle
4B	Oui	Non	Classe témoin
4C	Oui	Oui	Classe test
4D	Oui	Oui	Classe test

Tableau 2. Traitement des classes de quatrième étudiées

De la collecte des conceptions à la problématisation

Les débats ont été réalisés en demi-classe de 10 à 12 élèves. Ainsi, chaque classe a été divisée en deux groupes. Les élèves formant les groupes 1 (notés 4Cgrp1 et 4Dgrp1) ont pu problématiser le lendemain de la collecte des représentations. Les élèves des groupes 2 (notés 4Cgrp2 et 4Dgrp2) n'ont pu, pour des raisons d'emploi du temps, problématiser que deux semaines après la collecte des conceptions du fait la superposition de l'étude avec les vacances scolaires.

Classes	Groupes	Temps entre la collecte des conceptions et le débat
4B	Pas de débat collectif	
4C	4Cgrp1	1 jour
	4Cgrp2	**2 semaines**
4D	4Dgrp1	1 jour
	4Dgrp2	**2 semaines**

Tableau 3. Mise en évidence des traitements différents entre les groupes d'une même classe.

Organisation de la séance de problématisation

Le débat collectif se place après l'activité - *Mouvements des plaques lithosphériques* - (*Annexe 2*) et sera suivi d'une activité répondant à la question des limites verticales des plaques - *Les limites verticales*

des plaques lithosphériques - (*Annexe 3*). Comme évoqué plus tôt, le débat est organisé autour des conceptions initiales des élèves, particulièrement celles exprimées dans la justification de leur choix de modèle. J'ai voulu organiser ce débat en deux temps : une première phase de débat en ilot (3 – 4 élèves) d'une dizaine de minute suivie d'une phase de débat collectif avec l'ensemble des élèves (10-12 élèves).

Phase d'échange en ilots

La demi-classe est divisée en ilot de 3 à 4 élèves. J'ai constitué les ilots en fonction des modèles choisis par les élèves, dans le but de permettre les rencontres entre des conceptions opposées et ainsi favoriser le débat au sein de chacun des ilots. L'objectif donné aux élèves est d'harmoniser leur choix dans chaque ilot sur un seul modèle.

Mon objectif est principalement de proposer une phase d'échange préparative au débat collectif afin que chaque ilot puisse préparer des arguments en faveur ou en défaveur d'un modèle ou d'un autre. Pour que les échanges soient le moins possible orientés, les élèves sont laissés au maximum en autonomie. Mes interventions ont été occasionnelles, brèves et ont eu pour objectif de cultiver le débat en encourageant chaque élève à exprimer son opinion, quand bien même son point de vue serait minoritaire dans son ilot.

Phase d'échange collectif

L'objectif ici est de tenter de répondre avec l'ensemble des élèves à la question des limites verticales des plaques lithosphériques. Pour cela, j'ai utilisé quelques citations anonymes sélectionnées dans les fiches de collecte des conceptions initiales précédemment complétées par les élèves. L'objectif est de faire réagir les élèves par rapport à ces arguments.

L'élément essentiel est de construire des nécessités dans l'esprit des élèves. Ils ont comme connaissances le mouvement des plaques qu'ils ont vu lors de l'activité précédente *(Annexe 2)*. Ils savent également que ces plaques sont constituées de roches, de fait elles sont « lourdes ». A priori c'est deux connaissances sont contradictoires ou du moins peuvent l'être pour les élèves. C'est selon moi ici que l'élève produit inconsciemment l'obstacle que je souhaite déconstruire.

Dans le quotidien des élèves, certains objets bien que très lourds flottent sur l'eau et se déplacent facilement à sa surface. En revanche, ces mêmes objets posés sur une surface rigide ne peuvent pas s'y déplacer. De fait, l'élève en vient à concevoir une surface liquide sous les plaques qui rend alors possible l'idée de leurs mouvements. Cette idée est fausse et l'objectif de mon débat, et plus largement de ma séquence, est son abandon par les élèves au profit d'une conception d'un manteau solide et très dense supportant une plaque également solide mais moins dense.

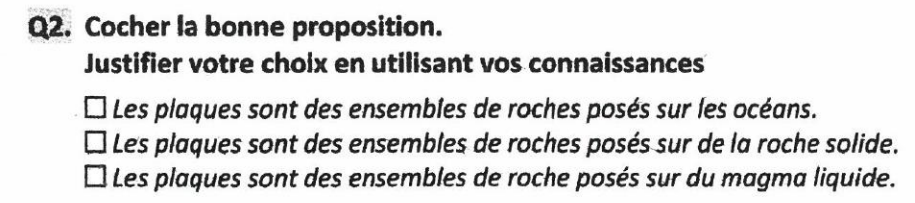
Pour progresser petit à petit vers la déconstruction de cet obstacle, il faut pointer du doigt avec les élèves les conditions nécessaires pour que les plaques puissent se déplacer. Ces nécessités doivent, autant que possible, venir des élèves et c'est là que cette phase de débat collectif prend tout son sens. Lors de cette séance les deux nécessitées visées ont été :

- La nécessité d'une plaque plus légère (ou moins dense) que le manteau car elle est par-dessus. Dans le cas où la plaque lithosphérique serait plus dense que le manteau, celle-ci s'y enfoncerait. C'est d'ailleurs le cas au niveau des zones de subduction.
- La nécessité d'une force qui met en mouvement les plaques. Les moteurs des mouvement lithosphériques (zone de convergence -subduction et collision- et zone de divergence -dorsale-) n'étant pas au programme de quatrième, la nécessité d'une force motrice sera abordée sans en questionner la source.

d. Collecte des conceptions en fin de séquence

L'objectif de mon étude est de mettre en évidence l'intérêt d'un débat collectif permettant une phase de problématisation venant des élèves dans le dépassement d'un obstacle précis. Ainsi pour mettre en avant un effet sur les conceptions des élèves, il est évidement nécessaire de récolter leurs conceptions avant la séance de débat mais également à la fin des enseignements sur la tectonique des plaques. De fait, j'ai réalisé une seconde collecte des conceptions en fin de séquence.

J'ai intégré cette collecte dans l'évaluation sommative au travers d'un exercice volontairement simple et sans piège dont le seul objet était la collecte des conceptions des élèves après les enseignements. La forme de cette collecte se rapproche de la forme prise par la collecte précédente, avec la proposition de trois modèles à la différence que cette fois les modèles ne sont pas proposés sous forme de schéma mais décrit dans une courte phrase. Une justification de leur choix est comme précédemment attendue.


Q2. Cocher la bonne proposition.
Justifier votre choix en utilisant vos connaissances

☐ *Les plaques sont des ensembles de roches posés sur les océans.*
☐ *Les plaques sont des ensembles de roches posés sur de la roche solide.*
☐ *Les plaques sont des ensembles de roche posés sur du magma liquide.*

Figure 12. Outil de collecte des conceptions en fin de séquence

11. Résultats

Lors de cette étude, j'ai interrogé trois classes de quatrième quant à leur conception initiale sur les limites profondes des plaques tectoniques. Ces trois classes représentent un effectif cumulé de 68 élèves. Lors des différentes collectes des conceptions initiales on notera l'absence de deux élèves. Comme indiqué précédemment la classe de 4B constitue la classe témoin alors que les classes de 4C et 4D sont les classes tests ayant suivis le débat.

a. Bilan des conceptions initiales chez les trois classes interrogées

Résultats chiffrés

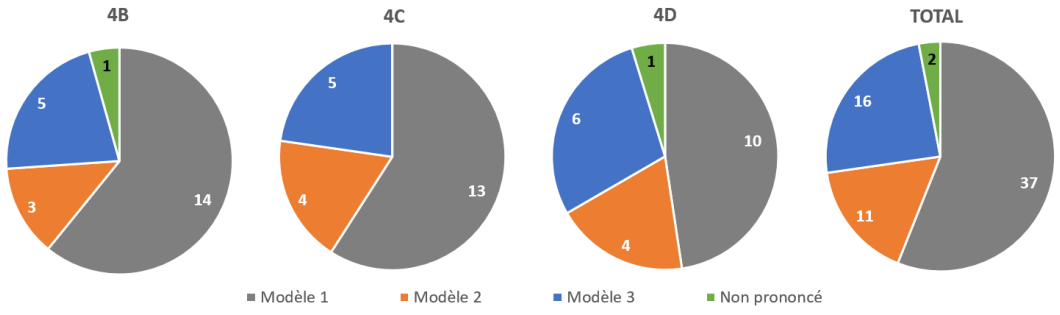


Figure 13. Résultats proportionnels des conceptions initiales chez les élèves de quatrième (effectif) réalisée a partir de l'annexe 4

Tout d'abord, on peut constater dans ces résultats que le choix du modèle 1 est fréquent pour les élèves quelle que soit leur classe (56%). Il s'agit du modèle présentant une plaque surplombant de la roche solide. Parmi les modèles proposés aux élèves, il s'agit du plus scientifiquement exact ou du moins celui se basant sur la théorie actuellement admise par la communauté scientifique vis-à-vis de la limite profonde des plaques.

Les modèles 2 et 3 sont choisis dans des proportions relativement proches (respectivement 17% et 24%). Ces modèles présentent une plaque « flottante » soit sur du magma (modèle 2) soit sur l'eau (modèle 3).

Données complémentaires

Parmi les élèves qui ont choisi le modèle 1, nombreux sont ceux qui ne donnent pas de justifications argumentées à leur choix indiquant qu'ils ont choisi ce modèle *« car les plaques se déplacent sur une surface solide »* ou *« car les plaques lithosphériques sont sur la terre ».* Ils indiquent sinon qu'ils ont choisi à défaut ne concevant pas les autres modèles proposés ou en ne sachant pas, toujours sans argumenter ce qui motive leur jugement *« car je ne vois pas comment elles se déplaceraient sur le magma et je ne pense pas que ce soit avec l'océan. ».*

D'autres élèves proposent des justifications au choix du modèle 1 en invoquant la stabilité apportée par un support solide vis-à-vis d'une plaque « flottant » sur un liquide : *« les plaques bougeraient trop si c'était liquide »* ou encore *« si c'était sur le magma ça serait bancal ».* Un deuxième argument fréquemment évoqué pour défendre le modèle 1 sont les séismes (qui ont été étudiés lors d'une séance précédente). Beaucoup d'élève les ont utilisés ici plus ou moins clairement pour justifier les déplacements des plaques sur une surface solide. *« J'ai choisi le modèle 1 car les plaques glissent sur les roches et après elles se brisent et fondent puis créer des volcans et des séismes. ».* Ainsi, selon certains, les séismes sont la conséquence du déplacement des roches au niveau du contact entre la zone en mouvement (la plaque) et la zone statique (l'asthénosphère) : *« Je sais que les plaques lithosphériques bougent à cause de la roche, car on ne vit pas sur de la lave mais de la roche »*.

En ce qui concerne les modèles 2 et 3, ils sont très souvent justifiés par l'idée de mouvements rendus possibles par la présence de liquide sous la plaque : *« Les plaques se déplacent sur du magma* » ; « *car je trouve que dans les océans c'est plus facile de se déplacer* » ou *« parce qu'il faut quelque chose de liquide pour faire avancer les plaques.* » ou encore *« J'ai choisi le modèle 3 car l'océan est forcément en mouvement contrairement à la roche solide et car les plaques flottent sur l'eau ce qui expliquerait leur déplacement. »* Dans l'esprit de l'élève, les plaques semblent être souvent comparées à des radeaux flottant sur un liquide au grès des courants, comme le pensait Alfred Wegener en 1912.

Pour moi le modèle 2 est le bon car les plaques représentent un bateau et le magma liquide un océan, le bateau s'il n'y a personne dedans dérive ce qui expliquerait le déplacement.

La discrimination entre les modèles 2 et 3, est faite par certains élèves sur la question de la température. Pour certains élèves ayant choisi le modèle 3, la température du magma est trop forte et entrainerait la fusion de la plaque, *« car elles ne peuvent pas être sur de la lave sans être chaude. ».* Pour d'autres ayant choisi le modèle 2, la chaleur du magma permet au contraire le déplacement de la plaque, *« Je pense que c'est un liquide chaud qui pourrait déplacer une plaque lithosphérique.»*

De manière plus minoritaire, certains élèves justifient le choix du modèle 1 ou 3 par la position de la plaque sur le globe. Selon les cas, les plaques sont envisagées par l'élève « sur la terre » ou « sur l'eau », « *Je l'ai (modèle 3) choisi car on peut peut-être expliquer pourquoi elles se situent au milieu de l'eau et pourquoi pas sur la terre ferme*. ». D'autres élèves utilisent aussi les mouvements des plaques (également vu lors des séances précédentes) pour indiquer que celles-ci se déplacent soit vers les continents ou soit vers « les points d'eau », *« Oui, sur la Terre est composé à 99% d'eau et de ce qu'on a vu, les flèches (déplacement des plaques) se dirigent principalement vers les points d'eau et non vers la terre ferme. ».*

Enfin, un dernier argument pour le modèle 1, retrouvé dans quelques justifications d'élèves, est le poids de la plaque qui « s'enfoncerait » dans l'eau ou le magma, *« Je pense que les plaques lithosphériques se déplacent sur des roches solides car elles pourraient fondre avec le magma où elles s'enfonceraient. ».*

b. Données obtenues lors du débat

Les débats collectifs ont, quelle que soit la classe soulevés les mêmes arguments que ceux énoncés lors des justifications des conceptions initiales. Les ordres d'apparition des divers arguments et avec des interactions ont varié d'une classe à l'autre, mais l'ensemble de ces échanges peuvent être présentés synthétiquement sous la forme d'un schéma à la manière de Fabre M. et Orange C. (Fabre, 1997).

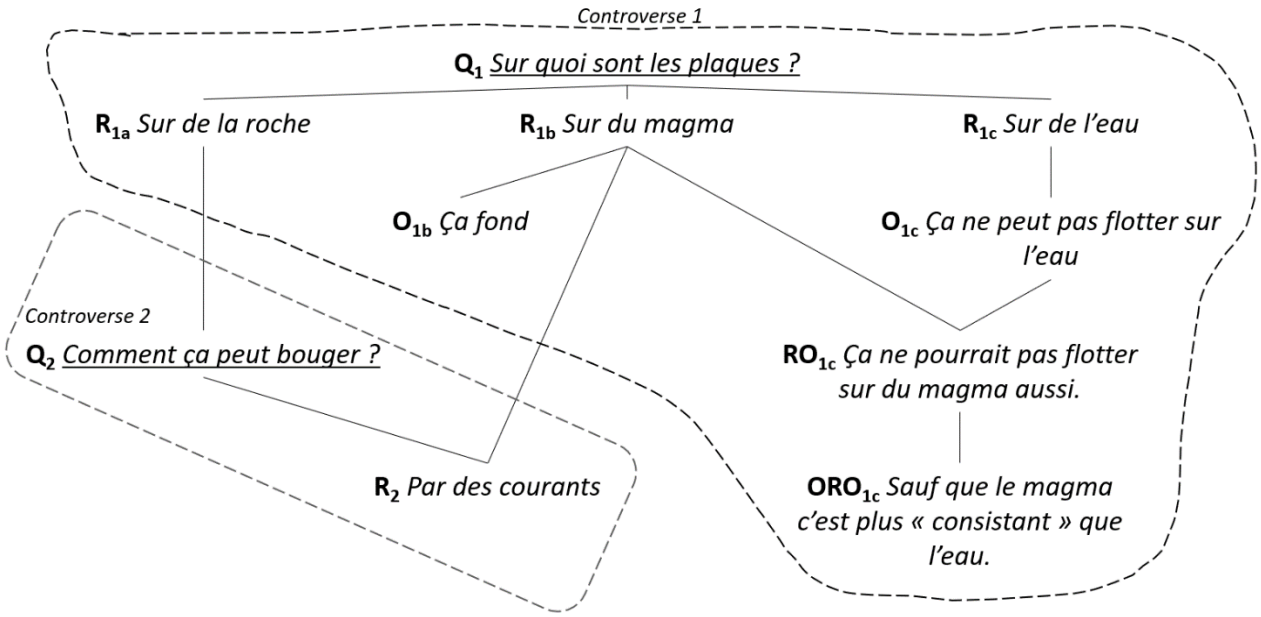


Figure 14. Représentation schématique des échanges avec les élèves. Les questions sont représentées par un "Q", les réponses par un "R" et les objections par un "O".

c. Evolutions des conceptions en fin de séquence

Résultats chiffrés

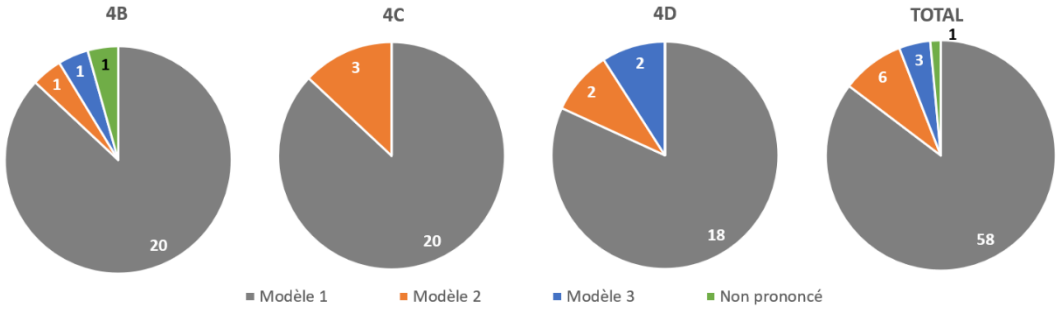


Figure 15. Résultats proportionnels des conceptions chez les élèves de quatrième (effectif) en fin de séquence réalisée à partir de l'annexe 4

Classes	Effectifs	Modèle 1		Modèle 2		Modèle 3		Non prononcé	
		Av	Ap	Av	Ap	Av	Ap	Av	Ap
4B	23	61%	87%	13%	4%	22%	4%	4%	4%
4C	23	59%	91%	18%	14%	23%	0%	0%	0%
4D	22	48%	86%	19%	10%	29%	10%	5%	0%
TOTAL	68	56%	88%	17%	9%	24%	5%	3%	2%

Tableau 4. Comparaison entre les résultats des collectes des conceptions initiales et ceux des collectes des conceptions en fin de séquence.

Les résultats indiquent une augmentation des pourcentages d'élève ayant choisi le modèle 1 par rapport aux conceptions initiales des élèves quelle que soit la classe. En revanche les résultats obtenus sont très proches d'une classe à l'autre et la différence entre les classes tests (4C et 4D) et la classe témoin (4B) est très peu marquée.

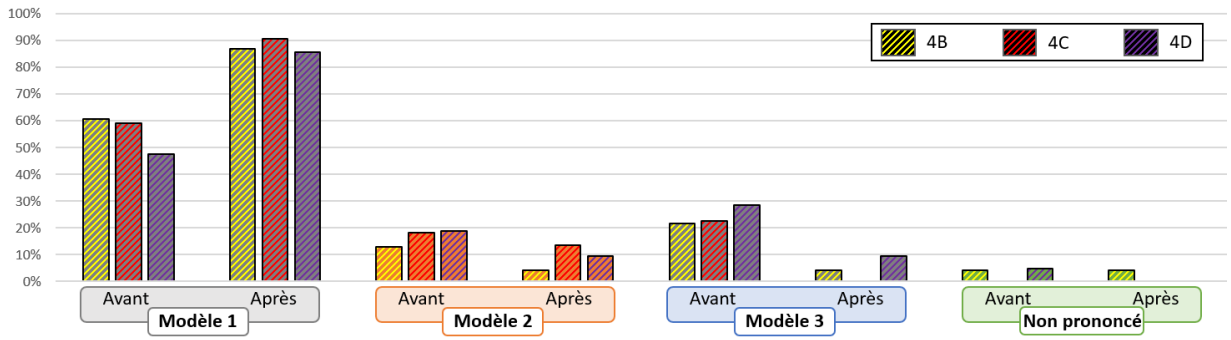


Figure 16. Pourcentages de choix des modèles (1, 2 ou 3) dans les classes, avant le débat collectif (Avant) et après (Après)

Ce graphique permet de quantifier l'évolution dans le choix des modèles. Il représente les pourcentages d'élèves ayant choisi un modèle avant et après le débat. Le modèle 1 est préféré après le débat mais cela indifféremment des classes tests et de la classe témoin. De plus, le modèle 3 est moins choisi par les élèves dans toutes les classes. En revanche, pour ce qui est du modèle 2 ; le pourcentage d'élèves l'ayant choisi diminue légèrement et reste encore choisi par 9% des élèves après le débat.

Données complémentaires

Par rapport aux données obtenues lors de la collecte initiale, les choix des élèves sont globalement moins argumentés. De nombreux élèves ont simplement récité ce qu'ils avaient écrit dans le cours. De

plus lorsqu'ils sont présents, les arguments exprimés par les élèves sont identiques à ceux donnés lors de la collecte des conceptions initiales :

Pour le modèle 1, les élèves utilisent encore les séismes comme manifestation de frottements profond, *« J'ai coché « M1 » car quand il y a un tremblement donc que les plaques bougent les roches se cassent. ».* L'idée d'une plaque qui coulerait sur un milieu liquide est également toujours présente pour justifier la véracité du modèle 1, « *Ça ne peut être que ça (modèle 1) car si c'est posé sur l'océan sa coulerai et sur de la lave aussi ».*

Dans le cas du modèle 2, choisi par six élèves, la grande majorité évoquent la formation de magma et de volcans aux limites horizontales des plaques ou alors « là où les plaques se cassent ». « *Les plaques sont des roches posées sur du magma liquide où quand les plaques se cassent cela fait une éruption volcanique et ça crée un magma* »

Enfin, le modèle 3 n'a été choisi que par trois élèves. Parmi eux, deux n'ont pas donné de justifications sur leur choix et le troisième a argumenté son choix en indiquant que les plaques sont « sur les océans ».

12. Analyse des résultats

a. Analyse des productions initiales des élèves

Pour le modèle 1

A premier vu, il apparait que la moitié des élèves ont avant le cours l'idée d'une plaque reposante sur un manteau solide. Cependant, sur ces 37 élèves trois profils sont identifiables :

- L'élève ne donne pas de justification argumentée. La réponse est de type « *car les plaques lithosphériques sont sur la roche solide* ». Pour ces élèves, il n'est pas possible ici d'accéder à leur conception. On peut seulement dire qu'ils estiment que le modèle 1 est le « bon » mais sans exposer leur raisonnement.
- L'argument de flottabilité : L'élève estime que la plaque ne peut pas se maintenir au-dessus d'une surface liquide. On a ici un raisonnement de l'élève vis-à-vis du réel, de ce qu'il a pu observer lors de ces expériences passées. Une roche sur un liquide ne peut que couler.
- La recherche d'un moteur : L'élève utilise un concept vu précédemment dans le cours pour proposer un moteur aux déplacements de la plaque. L'utilisation de connaissances nouvellement acquises pour expliquer un phénomène est commun en science. L'exemple est fréquent lors de changement de paradigme, les nouveaux savoirs sont appliqués indifféremment à toutes les situations, et peuvent, à terme constitué un prisme de lecture qui peut aboutir à des conceptions erronées, voir constituer des obstacles didactiques ou épistémologiques. Dans ce cas, les réponses évoquent des séismes ou des ondes sismiques.

Pour le modèle 2

Ce modèle a été choisi par un total de 11 élèves, leurs justifications sont fréquentes et peuvent être regroupées sous deux grandes idées :

- L'argument de la fuite de lave : L'élève évoque les volcans présents aux limites de plaques et « là où les plaques sont cassées » comme preuve que lorsqu'il le peut, le magma jaillit des profondeurs. Ainsi, pour certains élèves, une rupture/absence de la plaque offrirait un passage à la lave présente uniformément en profondeur. L'origine de cette idée pourrait être le cours sur les volcans étudié récemment et combiné à une interprétation de la Terre comme étant un « contenant » rempli de magma, à la manière d'un ballon rempli d'air ou d'eau.

- La recherche d'un moteur : L'élève associe source de chaleur et mise en mouvement. Il indique que la chaleur du magma est le moteur du déplacement des plaques. C'est pour moi l'application du concept de convection observé fréquemment dans la vie quotidienne qui ressort ici.

Pour le modèle 3

Le modèle 3 a été initialement choisi par 16 élèves au total. Ce choix est principalement justifié par la position « des plaques » et leur mouvements aléatoires.

- L'élève utilise la position des plaques qu'il voit « sur » ou « proche » des océans pour justifier le modèle.
- La recherche d'un moteur : L'élève propose que les vagues et les courants marins déplacent les plaques à la manière d'un bateau à la dérive.

Ces résultats s'expliquent selon moi par une confusion chez ces élèves entre la plaque et le continent. L'origine de cette confusion peut être épistémologique. En effet, le premier à envisager des déplacements tectoniques à la surface du globe a été l'allemand Alfred Wegener. Wegener a alors imaginé que les masses continentales se déplaçaient à la surface des océans. Il nomma de ce fait sa théorie : la dérive des continents. Dans ce terme, on retrouve la position des plaques sur les océans et l'idée de déplacements aléatoires, qui sont les arguments donnés par les élèves en justification du modèle 3.

b. Analyse des débats

Lors des débats, l'objectif était de permettre aux élèves d'être, le plus possible, acteurs de la problématisation. Ainsi ces débats se sont orientés vers la recherche de nécessités. Pour faire émerger ces nécessités, j'ai largement utilisé les conceptions évoquées plus tôt. Ainsi les élèves ont pu à partir de l'argument de flottabilité aboutir à la nécessité d'une plaque moins dense que son support. Et à partir des arguments des mouvements sismiques et des courants chauds aboutir à la nécessité d'un moteur mettant en mouvement les plaques.

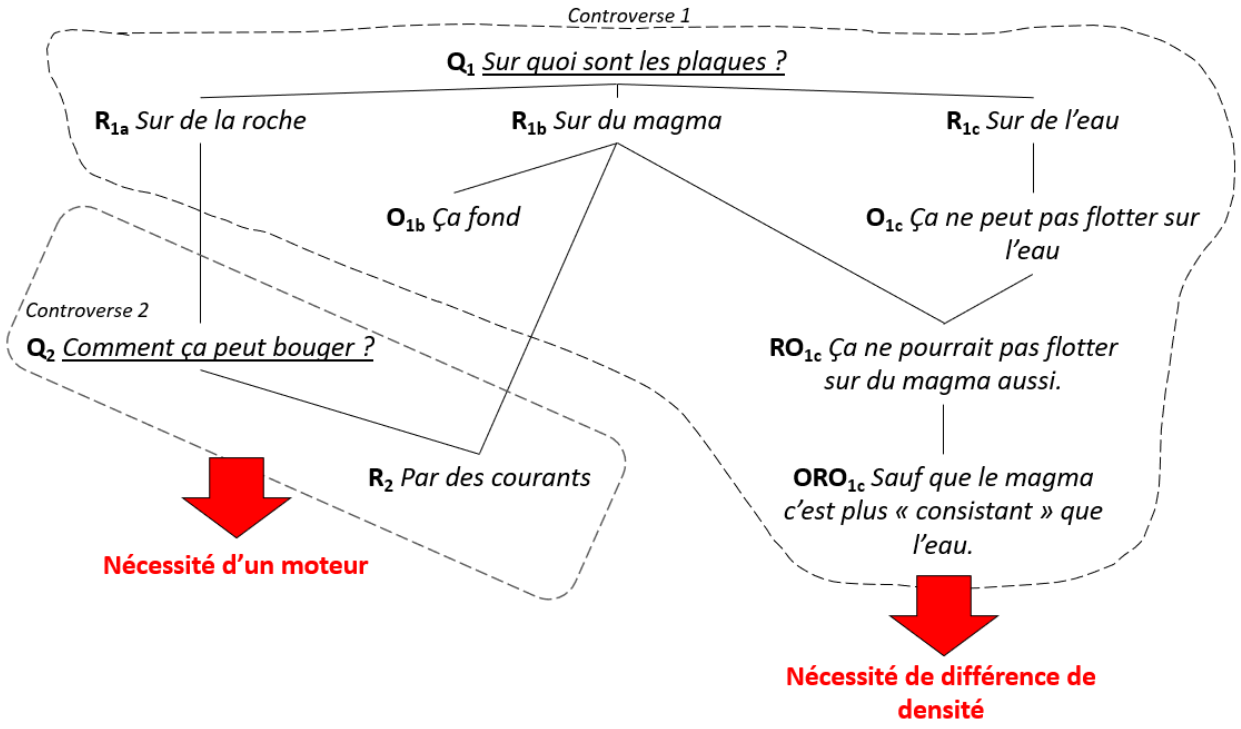


Figure 17. Schéma de la construction de nécessités par interaction entre les élèves

c. Analyse du franchissement de l'obstacle

L'objectif de mon étude était de vérifier l'influence d'un débat collectif de problématisation sur le franchissement d'un obstacle précis. L'obstacle que j'ai ciblé ici, était celui de plaques lithosphériques flottant sur un océan de lave. Cet obstacle était dans mon étude représenté par le modèle 2.

On remarque que le modèle 1 est largement plus choisi après les enseignements (de 56% à 88%). Les résultats sont inverses pour le modèle 3 qui est lui largement moins choisi après les enseignements (de 24% à 5%). Pour ce qui est du modèle 2, les résultats baissent dans toutes les classes mais leur évolution est moins franche que celle des deux autres modèles (de 17% à 9%). Le modèle semble satisfaire certains élèves autant avant qu'après le cours. On remarque bien ici l'une des caractéristiques propres aux obstacles, ils sont résistants aux apprentissages. De plus, quand on compare les résultats de la classe témoin à ceux des classes tests, on remarque que la classe témoin présente une baisse des choix du modèle 2 plus importante que celles observées dans les deux classes tests. Cette observation est ponctuelle et réalisée sur un échantillon très faible, cependant le débat semble avoir eu une influence moins importante que le même cours sans débat. On peut alors se poser la question de l'efficacité du débat.

13. Discussion

Avant tout, je souhaite nuancer ces résultats. Il s'agit d'une étude portée sur seulement trois classes, pour un effectif total d'élèves de 68. Les résultats obtenus sont valides et mérite à ce titre d'être analysés, cependant afin d'augmenter le poids des résultats, il faudrait élargir cette étude à un échantillon plus grand. De fait, les résultats présentés et discutés dans ce mémoire sont à voir comme un instantané de trois classes de quatrième d'un même établissement ayant suivi tous leurs enseignements de cycle 4 avec la même enseignante de SVT.

a. Efficacité du débat

Nous l'avons vu les résultats posent la question de l'efficacité d'un débat collectif. En effet, contrairement à mes attentes les élèves des classes ayant participé aux débats ont moins changé de choix que ceux de la classe témoin. Plusieurs pistes peuvent expliquer ces observations :

- Un débat est un échange d'argument. Certains élèves ne distinguant pas la valeur relative d'un argument scientifique par rapport à une opinion ou une hypothèse, peuvent être convaincus par une idée sans pour autant qu'elle soit scientifiquement valide. L'afflux argumentatif peut être déstabilisant pour certains élèves ne parvenant pas à distinguer le savoir de l'obstacle. Au contraire, lors d'un cours, le savoir est distribué par l'enseignant qui distingue clairement ce qui est « scientifique exacte » de ce qui est faux ou non prouvé. De fait, les élèves portant crédit à la parole de l'enseignant (argument d'autorité) savent quoi retenir. A ce titre, un cours peut donner l'impression d'un dépassement de l'obstacle car l'élève a appris, mais parfois l'obstacle n'est pas surmonté et il peut refaire surface lors d'enseignements ultérieurs.
- Les écarts et les évolutions présentés ne sont pas significatifs du fait la faible taille d'échantillon ils doivent être considérés comme l'expression de tendances. De plus, il s'agit de science humaine, de fait une seule étude ne permet pas de conclure efficacement quant en effet d'un débat collectif. Pour cela, il faudrait étendre cette étude à plusieurs établissements ce qui permettrait d'apporter plus de diversité dans le public testé et donc plus de poids dans les résultats obtenus.

b. Les biais de manipulation

Dans cette étude et ce malgré mes efforts des biais subsistent.

Changement de plusieurs paramètres simultanément lors des expériences

Lors des débats de nombreux paramètres ont été modifiés ce qui va à l'encontre de la rigueur scientifique. Parmi eux, certains paramètres sont inhérents aux études en pédagogie et ne peuvent pas être évités, c'est le cas des changements de classe. Lors d'une année, il n'est pas possible de réaliser plusieurs tests sur une même classe dans les mêmes conditions de connaissance. Chaque nouveau test est forcément affecté par le précédent. Dans mon étude, j'ai choisi trois classes d'un même niveau mais dont les élèves sont tous différents face à l'obstacle, différences qui peut affecter les résultats.

D'autres changements expérimentaux auraient quant à eux pu être évités. Notamment la séance de débat espacée de deux semaines entre les groupes 1 et 2. Un autre changement important qui aurait pu être évité est celui de la forme prise par le questionnaire de récolte des conceptions. La première récolte s'est faite anonymement et sans jugement de valeur. Lors de la seconde récolte, les élèves étaient en situation d'évaluation. De fait il s'agissait d'un exercice bridant forcément leur réponse. C'est ce qui explique le recours important aux éléments du cours dans leur justification. Il aurait à mon sens été intéressant de récolter leur conception avec la même méthode avant et après ce qui aurait permis une meilleure comparaison.

L'influence du groupe classe

L'ensemble des expériences se sont faites en classe (récoltes des conceptions) ou en demi-classe (débats) ainsi il est possible qu'un effet de pression et de jugement ait pu être ressenti par des élèves. Je pense que cela a pu affecter leur comportement, notamment lorsque certains élèves n'étaient pas en accord avec le modèle défendu. Ainsi, par manque de confiance en eux et en suivant l'influence du groupe ils ont pu changer leur réponse mais sans pour autant changer leur conception.

Également certains élèves étant habitué à rechercher la « bonne » réponse, beaucoup ont suivi leur voisin dans leur choix et/ou dans leur argumentation. Comment alors avoir un meilleur accès à la pensée de chaque élève sans que celle-ci ne soit influencée au groupe ?

Une maitrise fragile de la notion de plaque lithosphérique

Il apparait au vu des justifications des élèves que ceux-ci ne maitrisent pas toujours la notion de plaque lithosphérique. En effet, ils ont découvert cette notion seulement dans les deux activités précédentes, de faite, la maitrise est fragile. Ainsi cette maitrise fragile des élèves, notamment lors de la phase de débat a pu produire des non-sens voire des obstacles dans leurs esprits. Par exemple, bien qu'ils aient choisi le modèle 1, certains élèves parlent de plaque surplombant des roches solides, elles-mêmes disposées sur du magma liquide. Evoquent-ils le noyau externe liquide ou imagine t'ils une zone liquide dans le manteau asthénosphérique ?

De plus, dans les évaluations de certains élèves, le modèle 1 est choisi bien que dans les autres exercices, la définition de ce qu'est plaque ne soit pas claire et puisse être interprétée comme renvoyant à un obstacle. (Annexe 6)

Conclusion

Cette étude ne permet pas à elle seule de répondre quant à l'efficacité de la problématisation lors d'un débat collectif sur le dépassement d'obstacle en géologie. Mais elle offre quelques éléments de réponse et pistes d'amélioration intéressantes.

Dans un premier temps, il apparait au vu de mes résultats et en les comparant à ceux obtenus lors d'autres études sur le sujet (Fabre, 1997) que le débat peut constituer une aide pour certains élèves dans le dépassement d'un obstacle. Cependant dans mes propres résultats, cette méthode de problématisation n'apparait pas plus efficiente que celle appliquée dans les enseignements descendants traditionnels. Néanmoins, ces résultats ne sont pas généralisables. Avant de statuer sur la place du débat collectif dans nos pédagogies, il s'agit de multiplier les expériences, notamment en ajustant au mieux le protocole pour éviter au maximum les biais.

Il serait intéressant de proposer aux élèves, en plus des questionnaires lors des collectes, de s'exprimer lors d'entretiens individuels afin de voir au cas par cas ce que l'élève conçoit sur la question. Ces entretiens permettraient également de sensibiliser les résultats. En effet, certains élèves ont choisi le modèle 1 mais leur adhésion à la conception d'une plaque présente sur de la roche solide n'est pas totalement certaine. Dans ces cas, l'obstacle ne s'exprime pas dans le questionnaire mais il est néanmoins présent dans l'esprit de l'élève.

On retrouve bien là une des caractéristiques de l'obstacle, il est récursif, l'élève n'a pas conscience de l'obstacle avant de l'avoir dépassé. Une autre des caractéristiques majeures de l'obstacle est sa forte résistance aux enseignements. Face à un obstacle, les savoirs ou notions vues ou évoquées lors d'un cours ou d'un documentaire peuvent ne pas affecter pas la conception de l'élève. De fait, ni les connaissances personnelles ni l'obstacle ne pourra évoluer.

De la même manière, on remarque ici que de nombreux élèves ont modifié le choix de leur modèle après les apprentissages. J'ai choisi de considérer cela comme un signe du dépassement de l'obstacle mais il se peut que cet obstacle ne soit pas dépassé et que les élèves se soient contentés d'apprendre le cours sans forcément le comprendre et l'assimiler. Pour vérifier cela, il me semble intéressant de mettre en place une collecte tardive des conceptions, par exemple lors de l'année de troisième pour voir si les élèves reviennent à leur conception initiale ou si en effet l'obstacle est bel et bien dépassé.

Dans le but de répondre de manière plus complète sur cette question, de nouvelles études sont à mener notamment en incluant des entretiens individuels et/ou des test tardifs de dépassement de l'obstacle.

Bibliographie

[1]. Leibnitz (1704). Nouveaux essais sur l'entendement humain

[2]. Condillac (1754). Traité des sensations

[3]. Piaget J. (1937). *La construction du réel chez l'enfant*. Delachaux & Niestlé

[4]. Giordan A. & De Vecchi, G. (1994). Les origines du savoir : des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques. Neuchâtel Lausanne: Delachaux et Niestlé.

[5]. Le Pichon X., Francheteau J. et Bonnin J. (1973). *Plate Tectonics*, Elsevier, 300 p

[6]. Hanaà Chalak et Fadi El Hage, « L'enseignement des sciences de la Terre au Liban : enjeux, obstacles et orientations professionnelles », RDST, 3 | 2011, 209-240.

[7]. Bednarz N., Garnier C. & Brousseau G. (1988). *Construction des savoirs. Obstacles et conflits.* Ottawa : Agence Arc.

[8]. Gohau G. (1987/1990). *Une histoire de la géologie*. Paris : Seuil.

[9]. ORANGE C. (1995). Volcanisme et fonctionnement interne de la Terre : repères didactiques pour un enseignement de l'école élémentaire du lycée. Aster, n° 20, p. 86-103.

[10]. Bachelard G (1938). La formation de l'esprit scientifique. Paris : Vrin.

[11]. Fabre M. (1995). *Bachelard éducateur*. Paris : Presses universitaires de France.

[12]. De Vecchi, G. & Giordan, A. (2002). *L'enseignement scientifique : comment faire pour que « ça marche ?*. Paris : Delagrave Pédagogie et formation

[13]. Astolfi, JP. & Demounem, R. (1996). *Didactique des sciences de la vie et de la terre*. Paris: Nathan pédagogie

[14]. Astolfi JP., Peterfalvi B. & Vérin A. (1998). *Comment les enfants apprennent les sciences.* Paris: Retz

[15]. Fabre M. & Orange C. (1997). « Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. » Aster, n°24, p28-38.

[16]. Giordan A (1995). *Les conceptions de l'apprenant comme tremplin pour l'apprentissage* [en ligne] -

[17]. GOHAU Gabriel. (1995) « Traquer les obstacles épistémologiques à travers les lapsus d'élèves et d'écrivains ». Aster, n° 20, p. 197.

[18]. Giordan A. (2002). *Apprendre !*. Belin nouvelle édition

[19]. Martinand J-L (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.

[20]. ALLAIN Jean-Charles. (1995) « Séismes, éruptions volcaniques et intérieur de la Terre : conceptions d'élèves de huit à dix ans ». Aster, n° 20, p. 197.

[21]. SAVATON Pierre. (1995) « La carte géologique : représentations d'élèves de classe de première scientifique ». Aster, n° 20, p. 197.

Ouvrages complémentaires

- Aline Cautinat (2016). Le rôle de la prise en compte des conceptions initiales dans l'amélioration de l'apprentissage des élèves de seconde en SVT. Ecrit réflexif, sous la direction de Françoise JOLIVET, Université de Nantes.

- Richard-Emmanuel Eastes (2013). Processus d'apprentissage, savoirs complexes et traitement de l'information : un modèle théorique à l'usage des praticiens, entre sciences cognitives, didactique et philosophie des sciences. Université Panthéon-Sorbonne - Paris I ; Université de Genève. Département de philosophie. Français.

Webographie

- Conférence du 12 juillet 2013 par Pierre Thomas à l'IUFM de Paris. « La tectonique des plaques de 1970 à 2013 : qu'est-ce qui a changé dans le modèle et n'a pas (assez) changé dans sa transmission depuis l'époque des pères fondateurs »
  https://www.youtube.com/watch?v=an7lKPVg3Mg&ab_channel=IdeasinScience

- Synthèse de la conférence JP Astolfi [en ligne] - http://www-annexe.ac-rouen.fr/premier_degre/presteia76/manif/astolfi.htm

- Blog didactique : http://saoussendkhil.over-blog.com/2014/01/obstacle-didactique.html

- https://www.andregiordan.com/
- https://journals.openedition.org/rdst/863#bibliography
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Obstacle_didactique
- https://crotal.wordpress.com/2012/05/18/les-representations-ou-conceptions/
- http://philocite.blogspot.com/2009/07/bachelard-et-lobstacle-epistemologique.html

Sommaire des annexes

Les activités de la séquence

Annexe 1 : Activité 8. Répartition des volcans et des séismes.

Annexe 2 : Activité 9. Mouvements des plaques lithosphériques

Annexe 3 : Activité 10. Limites verticales des plaques lithosphériques

Tableaux de donnée

Annexe 4 : Tableaux de donnée

Collecte des conceptions

Annexe 5 : Document de collecte des conceptions initiales

Annexe 6 : Exemple de conception finale

Annexe 1 : Activité 8. Répartition des volcans et des séismes.

Thème A

Chapitre 3 II

Activité 8. REPARTITION DES VOLCANS ET DES SEISMES

Compétence ciblée :
1.4. Lire, interpréter, explorer et mettre en relation des données.

Niveau de maîtrise travaillé :
NIVEAU 3 : Je sais repérer plusieurs données dans plusieurs supports et les relier entre elles.

Débutant	Apprenti	Confirmé	Expert
A réussir	*Repérage incomplet ET Données non reliées*	*Repérage complet OU Données mises en relation*	*Repérage complet ET Données mises en relation*

Un séisme de magnitude 7 s'est produit dans le sud des Philippines, ce jeudi 21 janvier 2021.
Comme les Balkans, les Philippines sont une zone subissant de fortes contraintes ce qui provoque une importante activité géologique.
Les Balkans sont une zone montagneuse alors que les Philippines sont un arc insulaire proche de la fosse des Mariannes.



© Annaick Leclerc / Ouest France

On cherche à _____

_____.

Objectif

◆ **Ressource 1. Logiciel Tectoglob3D – Les foyers sismiques et les volcans**

Authentifiez-vous sur une tablette, taper « cosphilog » dans le moteur de recherche, sélectionner « cosphilog.fr » Cliquer sur « Accéder à la liste des applications », dans la rubrique Tectoglob3D sélectionner « Site académique Nice ».



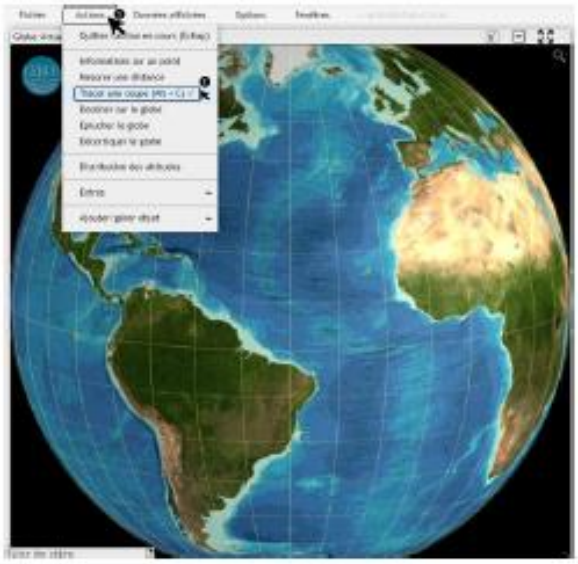
- Ouvrir le menu « Données affichées ».
- Vous pouvez afficher les foyers sismiques et/ou les volcans comme vous le souhaitez.

◆ **Ressource 2. Planisphère indiquant les limites des plaques**

Consigne 1 : En utilisant la ressource 1, tracer **au crayon de papier** sur la ressource 2 la répartition des foyers sismiques mondiaux.

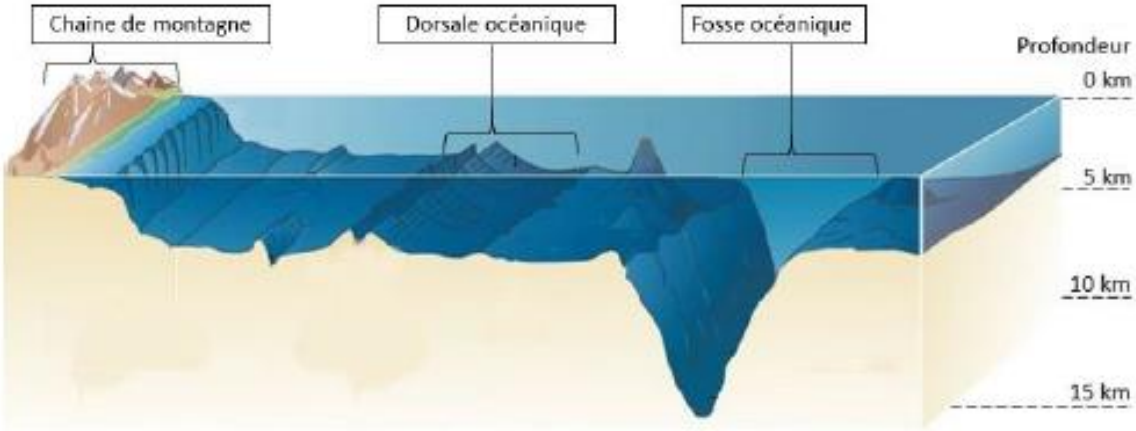
Consigne 2 : En utilisant la ressource 1, tracer **en couleur** sur la ressource 2 la répartition des volcans mondiaux.

◆ Ressource 3. Logiciel Tectoglob3D – Tracer une coupe



- Ouvrir le menu « Action ».
- Vous pouvez tracer des coupes au niveau des limites des plaques tectoniques

◆ Ressource 4. Les différents reliefs sur Terre



Consigne 4 : Exploiter l'ensemble des ressources pour faire le lien entre la répartition des séismes et des volcans mondiaux, les limites de plaque et le relief.

Annexe 2 : Activité 9. Mouvements des plaques lithosphériques

Thème A
Chapitre 3 II

Activité 9. MOUVEMENTS DES PLAQUES LITHOSPHERIQUES

Compétence ciblée :
1.4. Lire, interpréter, explorer et mettre en relation des données.

Niveau de maîtrise travaillé :
NIVEAU 3 : Je sais repérer plusieurs données dans plusieurs supports et les relier entre elles.

Débutant	Apprenti	Confirmé	Expert
A réussir	*Repérage incomplet ET Données non reliées*	*Repérage complet OU Données mises en relation*	*Repérage complet ET Données mises en relation*

Activité 8 : Les foyers sismiques et les volcans sont fortement concentrés dans les zones de relief, alors qu'ils sont peu présents hors de ces zones.

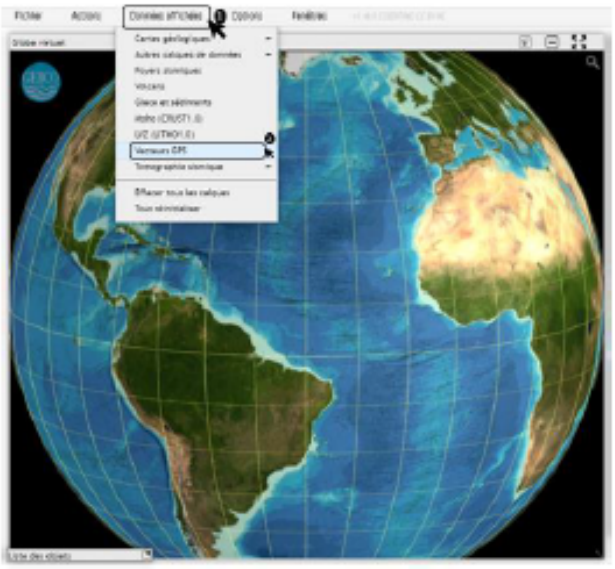
On cherche à _____

_____

OBJECTIF

◆ **Ressource 1. Logiciel Tectoglob3D – Les vecteurs GPS**

Authentifiez-vous sur une tablette, taper « cosphilog » dans le moteur de recherche, sélectionner « cosphilog.fr » Cliquer sur « Accéder à la liste des applications », dans la rubrique Tectoglob3D sélectionner « Site académique Nice ».



- Ouvrir le menu « Données affichées ».
- Afficher les vecteurs GPS.

Remarque : Les vecteurs GPS représente les mouvements absolus des plaques lithosphériques.

Consigne : Exploiter l'ensemble des ressources pour répondre à l'objectif.

_____.

_____.

_____.

_____.

Annexe 3 : Activité 10. Limites verticales des plaques lithosphériques

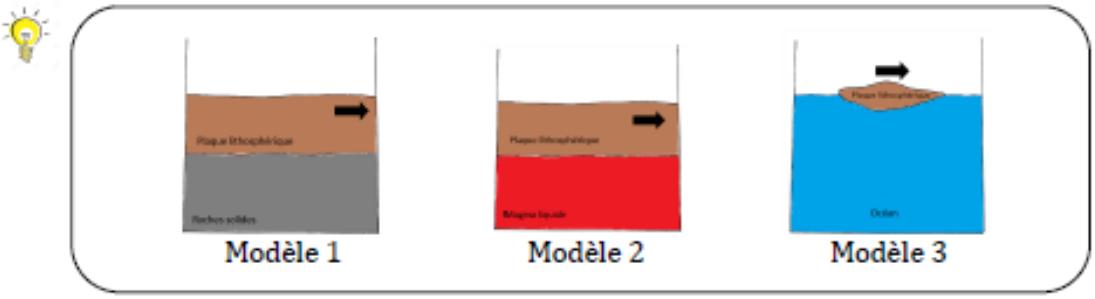
Thème A
Chapitre 3 II

Activité 10. LES LIMITES VERTICALES DES PLAQUES LITHOSPHERIQUES

Compétence ciblée :
1.4. Lire, interpréter, exploiter et mettre en relation des données.

Niveau de maîtrise travaillé :
NIVEAU 3 : Je sais repérer plusieurs données dans plusieurs supports et les relier entre elles.

Débutant	Apprenti	Confirmé	Expert
A réussir	*Repérage incomplet ET Données non reliées*	*Repérage complet OU Données mises en relation*	*Repérage complet ET Données mises en relation*



On cherche à _____

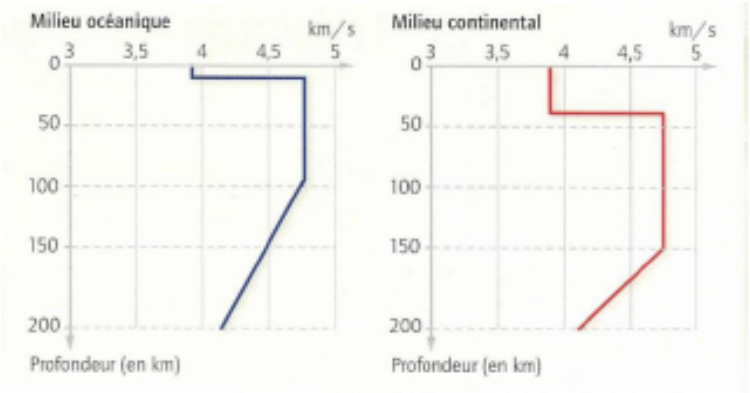
_____.

◆ Ressource 1. Apport de l'étude de la vitesse des ondes sismiques

L'étude de la vitesse de propagation des ondes sismiques en profondeur fournit des informations sur la structure des plaques lithosphériques.
La vitesse des ondes sismiques diminue quand la rigidité des roches traversées diminue. Une variation brutale de la vitesse des ondes permet d'identifier un changement dans la rigidité des roches traversées.
Les ondes sismiques ne se propagent pas dans les milieux liquides.

Modifié d'après Belin-SVT 4ème 2007, p. 175

◆ Ressource 2. Vitesse des ondes sismiques sous les océans et sous les continents



Source : Belin-SVT 4ème 2007, p. 175

Consigne 1 : En utilisant les ressources 1 et 2, identifier à quelles profondeurs les vitesses des ondes sismiques changent.

_____

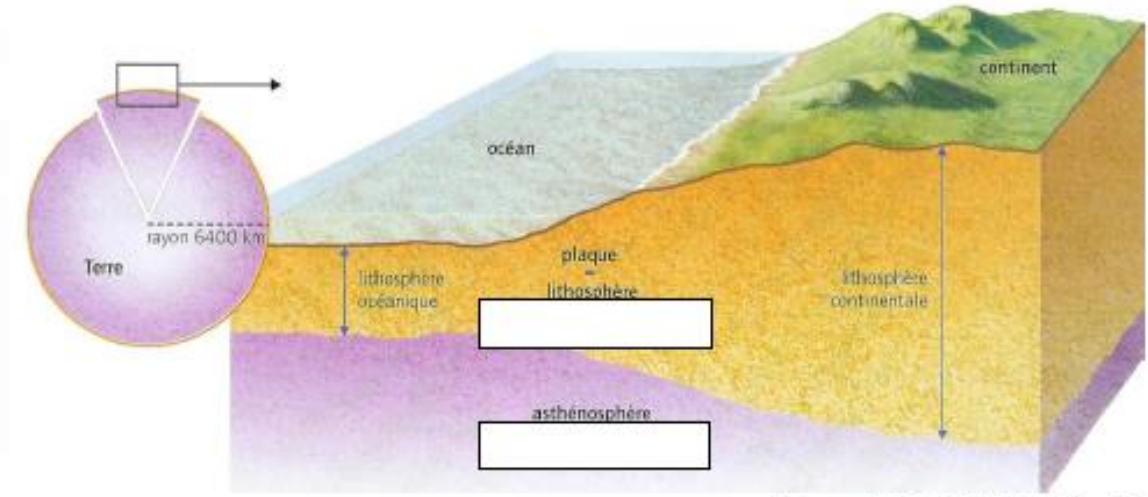
_____.

Consigne 2 : Déduire de la réponse précédente les profondeurs auxquels la rigidité des roches changent.

Consigne 3 : Préciser à quelles profondeurs sont les roches sont les plus rigides

---

◆ Ressource 3. <u>Schéma des lithosphères continentale et océanique</u>



<u>Source : Belin-SVT 4ème 2007, p. 175</u>

Consigne 4 : En utilisant les ressources 1 et 2, compléter la ressource 3.

Consigne 5 : Sur la ressource 3, colorier **d'une couleur** la lithosphère et **d'une autre couleur** l'asténosphère.

Consigne 6 : En vous aidant de la ressource 3, expliquer le nom « plaques lithosphèriques ».

Consigne 7 : En exploitant l'ensemble des ressources répondre à l'objectif.

Annexe 4 : Tableaux de donnée

Classes	Effectifs	Modèle 1		Modèle 2		Modèle 3		Non prononcé	
4B	23	14	61%	3	13%	5	22%	1	4%
4C	22	13	59%	4	18%	5	23%	0	0%
4D	21	10	48%	4	19%	6	29%	1	5%
TOTAL	**66**	**37**	**56%**	**11**	**17%**	**16**	**24%**	**2**	**3%**

Tableau des résultats bruts de collecte des conceptions initiales présentant la répartition des choix dans chacune des classes en effectif et en pourcentage.

Classes	Effectifs	Modèle 1		Modèle 2		Modèle 3		Non prononcé	
4B	23	20	87%	1	4%	1	4%	1	4%
4C	23	20	91%	3	14%	0	0%	0	0%
4D	22	18	86%	2	10%	2	10%	0	0%
TOTAL	**68**	**58**	**88%**	**6**	**9%**	**3**	**5%**	**1**	**2%**

Tableau des résultats bruts de collecte des conceptions en fin de séquence présentant la répartition des choix dans chacune des classes en effectif et en pourcentage.

Classes	Effectifs	Modèle 1		Modèle 2		Modèle 3		Non prononcé	
		Av	Ap	Av	Ap	Av	Ap	Av	Ap
4B	23	61%	87%	13%	4%	22%	4%	4%	4%
4C	23	59%	91%	18%	14%	23%	0%	0%	0%
4D	22	48%	86%	19%	10%	29%	10%	5%	0%
TOTAL	**68**	**56%**	**88%**	**17%**	**9%**	**24%**	**5%**	**3%**	**2%**

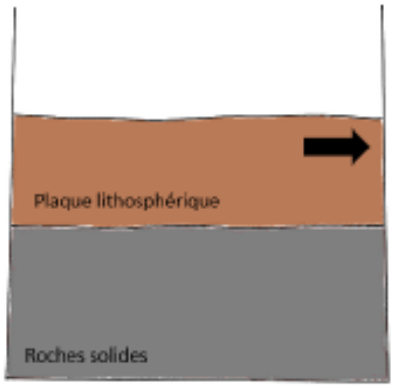
Tableau de comparaison des résultats des collectes des conceptions initiales et en fin de séquence présentant les pourcentages de choix de chaque modèle dans chacune des classes, avant le débat (Av) et après le débat (Ap).

Annexe 5 : Document de collecte des conceptions initiales

Comment expliques-tu le déplacement des plaques lithosphériques ?

Consigne 1 : Choisir le modèle qui permet **selon-toi** d'expliquer le déplacement des plaques lithosphériques. Si aucun des modèles proposés ne te convient, tu peux en proposer un au dos de la feuille.

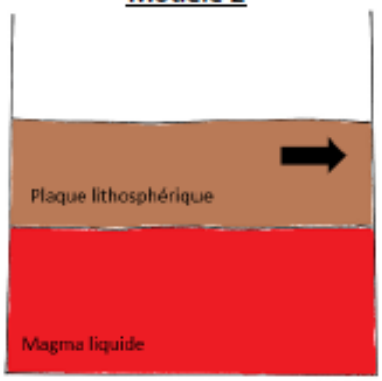
Modèle 1



Les plaques lithosphériques se déplacent sur des roches solides.

☐

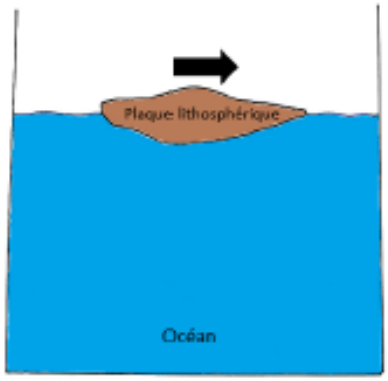
Modèle 2



Les plaques lithosphériques se déplacent sur un magma profond liquide.

☐

Modèle 3



Les plaques lithosphériques se déplacent sur les océans.

☐

Consigne 2 : Justifies ton modèle.

_____.

_____.

_____.

_____.

Annexe 6 : Exemple de conception finale

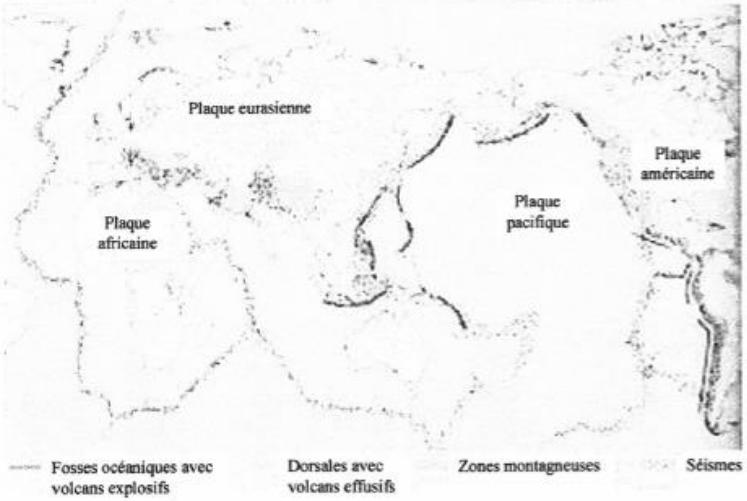
NOM : [redacted]
Prénom : [redacted]

Classe : 4°C
Date : 02/03/21

Evaluation A3 – L'ACTIVITE INTERNE DE LA TERRE.

Exercice 1. LES PLAQUES TERRESTRES.

La carte suivante indique les principaux endroits où sont localisés les séismes et les volcans sur la planète.



CARTE DES PRINCIPALES PLAQUES TERRESTRES.

Q1. En utilisant les informations de la carte, expliquer de manière complète comment sont limitées les plaques terrestres. *Comp 1.4* /3

Les plaques terrestres sont limités en transsant des failles. Partout où il y a des failles, plus il y a des volcans et des seismes ! Les plaques ne traverse pas de pays/continents. Elles restent sur les côtes littorals et les mers/océans

Q2. Cocher la bonne proposition.
Justifier votre choix en utilisant vos connaissances

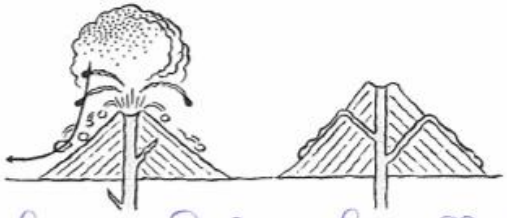
- ☐ *Les plaques sont des ensembles de roches posés sur les océans.*
- ☒ *Les plaques sont des ensembles de roches posés sur de la roche solide.*
- ☐ *Les plaques sont des ensembles de roche posés sur du magma liquide.*

Il y a la Terre puis en bas des plaques (roches) appelées Lithosphère (couche rigide) et en bas des plaques (roches) appelées Asthénosphère (couche peu rigide). Donc il n'y a ni d'eau, ni de magma

Exercice 2. L' ORIGINE DES DEUX TYPES D'ERUPTIONS VOLCANIQUES.

Comp 4.6. /10

Classiquement, les deux types d'éruptions volcaniques sont représentés de la façon suivante :



volcan explosif volcan effusif

Q3. Utiliser vos connaissances pour relier (à la règle) chaque type d'éruption à ses caractéristiques :

Eruption effusive	Les gaz s'échappent facilement du magma	1
	Les gaz s'échappent difficilement du magma	2
	Le magma refroidit lentement pendant sa montée	3
	Le dôme explose sous la pression des gaz	4
	Le magma perd ses gaz à la surface et devient de la lave qui s'écoule sur les flancs du volcan	5
	Le magma refroidi s'accumule à la surface et forme un dôme	6
Eruption explosive	Le magma est visqueux	7
	Le magma est fluide	8
	Le magma monte rapidement à la surface	9
	Le magma monte lentement à la surface	10

Q4. Ecrire l'ordre des étapes pour les 2 types d'éruption.

L'ordre des étapes pour les éruptions effusives est : 10, 3, 6, 2, 7

L'ordre des étapes pour les éruptions explosives est : 9, 4, 5, 1, 8