

# UN DISPOSITIF DIDACTIQUE UTILISANT DES IMAGES POUR FAIRE ÉVOLUER LES CONCEPTIONS DES ÉLÈVES DE DIX ANS SUR LES SÉISMES

Jean-Charles Allain

*Cet article présente un dispositif conçu autour d'une sélection d'images et d'activités variées sur ces images. Les conceptions des élèves de neuf-dix ans sont évaluées tout au long de cette progression pour tenter de montrer que les images sont une aide à la schématisation, une aide pour franchir certains obstacles et qu'elles participent à la construction des concepts.*

Il semble difficile, à l'époque actuelle, d'aborder à l'école élémentaire, en cycle III, le sujet "séismes et éruptions volcaniques" sans utiliser des images de toutes sortes ; les manuels scolaires actuels en sont un exemple. Depuis 1985, ce sujet d'étude figure dans les Instructions officielles concernant l'enseignement de la biologie et de la géologie à l'école élémentaire. Il est repris en 1994 pour le cycle III. Il s'agit seulement pour cette tranche d'âge de neuf à dix ans de faire comprendre, à partir de l'étude des volcans et des tremblements de terre que "la Terre est une planète active" et que "la répartition des volcans et celle des tremblements de terre s'expliquent par une structure discontinue de la croûte terrestre" et de procéder à "une approche simple du modèle proposé par les géologues pour expliquer cette répartition".

La réflexion sur un enseignement qui s'appuie sur des activités autour des images n'est pas encore très avancée. Nous sommes là, en marge d'un domaine peu exploré de la didactique et les travaux que nous conduisons, au sein de l'Institut National de Recherche Pédagogique (1), nous laissent penser que l'on doit créer des situations didactiques facilitatrices des apprentissages dans lesquelles les images ne seraient plus considérées simplement comme apportant des informations illustratives mais aidant à la structuration des connaissances.

Notre but est de suggérer que des images bien choisies, incluses dans un dispositif didactique pertinent, sont une aide pour faciliter l'évolution des conceptions des jeunes

- (1) Certains des résultats présentés ici sont empruntés aux travaux de l'équipe de recherche INRP dirigée par Gérard Mottet (Allain, Boutot, Chaix, Dinard, Grosjean, Mahieu, Minguez) : "Représentations imagées et traitement des connaissances" (1988-1992) et "Des images pour apprendre les sciences" (1992-1995). Département "Technologies nouvelles et éducation".

une recherche  
INRP

élèves sur ces problèmes. Les conditions de choix des images seront précisées, et par l'analyse d'une série de tests proposés aux élèves, nous tenterons d'évaluer leurs effets sur la construction des connaissances.

## 1. UNE SÉLECTION D'IMAGES

des images  
descriptives

À cause de leur caractère attractif et de l'intérêt spontané que leur portent les élèves, il est important d'utiliser des images qui "collent" à l'actualité, à la réalité observable ; par exemple, les images des incidences matérielles et humaines des catastrophes sismiques, des tremblements de terre filmés en direct : images du Bay Bridge ou autres images des séismes de San Francisco (1989), de Los Angeles (1994) ou de Kôbé (1995), des images de volcan en activité comme la fameuse nuée ardente de l'Unzen (1991) qui a englouti K. et M. Krafft. Ce sont toutes des images descriptives très réalistes.

des images...

Mais nous avons aussi recherché quelles étaient les images qui pouvaient rendre accessible, de la manière la plus simple et la plus efficace possible, l'idée de la dynamique du globe terrestre :

pour rendre  
visible l'invisible

- des photographies de failles, celle d'El Asnam en Algérie, ou, plus souvent, la faille de San Andreas vue d'avion ;
- des images qui rendent visible ce qui n'est pas accessible à l'observation directe, telles les images de laves émises dans les dorsales ;

pour rendre lisible

- des images à forte valeur explicative, telles des coupes (coupe d'un volcan, exemple celle du Pinatubo figurant les liens avec une zone de subduction), des graphiques (sismogrammes), des cartes (répartition géographique mondiale des volcans, des séismes et frontières des plaques), des schémas (bloc-diagramme de la faille de San Andreas) ;

pour rendre  
perceptible

- des images qui montrent en mouvement des phénomènes géologiques imperceptibles à l'échelle humaine (dessins animés de la dérive des continents, de l'expansion océanique comparée à un trottoir roulant ou encore l'affrontement de la plaque indienne et de la plaque asiatique conduisant à la formation de l'Himalaya). Même parmi les images fixes, des images utilisant des procédés pour figurer le mouvement peuvent être sélectionnées : celles qui comportent des flèches pour indiquer la direction du mouvement des plaques, des cercles concentriques servant à visualiser les ondes sismiques et leur propagation dans toutes les directions, des images en séquence, par exemple les images successives des continents au cours des temps géologiques ou encore le schéma d'une faille "avant" et "après" un tremblement de terre.

Lors de la mise en place d'un des dispositifs d'expérimentation, c'est le film du CNDP *La Terre, astre vivant* (2) qui fut choisi pour la variété de ses images.

## 2. DES IMAGES SUPPORTS D'ACTIVITÉS

des situations-  
images

Les images ne sont pas d'emblée des instruments de connaissance. Elles ne le deviennent que si on met en place des activités didactiques appropriées. Il s'agit de créer des situations que G. Mottet nomme "**situations-images**" (3) dans lesquelles les élèves manipulent activement ces objets : choisir, ordonner, commenter, compléter des images, voire même en produire pour décrire ou expliquer un phénomène. La perspective de cette stratégie se démarque d'un modèle pédagogique de transmission. Elle se rapproche plutôt d'un modèle constructiviste dans le sens où l'accent est mis sur l'analyse préalable de la matière à enseigner, sur la prise en compte des conceptions des élèves et sur l'activité intellectuelle des élèves dans diverses situations. Il ne s'agit pas d'une simple illustration des concepts par des images ; bien au contraire, au cours de ces activités de classe, c'est à partir de l'analyse des images et à partir de la production de nouvelles images (schémas explicatifs) que se construit activement la connaissance.

Les images citées, précédemment, sont utilisées pendant des séquences de classe. Certaines d'entre elles permettent un accès à des phénomènes invisibles. Nous avons donc recherché quelles informations les élèves en tiraient et avons supposé que ces images faciliteraient la compréhension des causes de phénomènes tectoniques dont seules les conséquences sont apparentes. Ainsi, des images de "sortie de laves" dans les rifts au fond des océans doivent-elles permettre de comprendre ce qui se passe dans les dorsales océaniques quand deux plaques s'écartent l'une de l'autre. De la même façon, des images de simulation qui montrent l'affrontement de deux plaques donnent une explication au déclenchement de très nombreux séismes, à la montée de magma et à la formation de volcans.

Une des hypothèses que nous formulons est que les images, par les activités de modélisation qu'elles autorisent, constituent pour les élèves un espace de **confrontation** et de contrôle de leurs propres conceptions internes, un lieu de **mise à l'épreuve** de celles-ci et, finalement, un moyen de fissurer ces conceptions et d'en construire de nouvelles.

- 
- (2) BAYARD, A., PICREL, M. (1986). *La terre, astre vivant*. Paris : CNDP, 20'.
- (3) La notion de "*situation-image*" a été proposée par Gérard Mottet dans le compte rendu de recherche (1990) : "*Il était une fois... la vie - un dessin animé à l'école*". Paris : INRP (à paraître). Elle sera développée dans le numéro 22 d'*Aster, Images et activités scientifiques*.

### 3. UN DISPOSITIF DIDACTIQUE

#### 3.1. Des activités en classe avec des images facilitant la compréhension des causes des séismes

un dispositif  
rigoureux

Afin de permettre à l'équipe de recherche (maîtres formateurs et professeurs d'IUFM) de suivre de manière rigoureuse l'évolution des conceptions des élèves à propos de la compréhension des causes des tremblements de terre, une progression présentant une alternance de séquences d'enseignement et d'épreuves-tests d'évaluation a été élaborée. Cette progression a été réalisée dans deux classes de Cours Moyen, d'environ 25 élèves chacune, en 1990 et 1991 (Mottet, Allain, Bentot, Minguez, 1995), puis, reprise, en 1995 avec des images nouvelles en fonction de l'actualité sismique. Les séquences de classe comportaient pour les élèves, des tâches à accomplir sur des images de toutes sortes ; il s'agissait par exemple de rechercher des informations pour une définition ou un fonctionnement, de fournir une explication verbale à partir d'une image, de produire des schémas explicatifs.

recueil des  
conceptions  
initiales

L'exploitation des données recueillies dans ces dispositifs, a fait l'objet d'une analyse interprétative qui a mis à jour des tendances générales mais aussi des variations individuelles dans la construction des connaissances (voir plus loin).

Les conceptions initiales ont d'abord été repérées avant toute activité concernant le sujet (pré-test T1), avant tout apport d'information, dans le cadre scolaire, dans le but de repérer les différentes stratégies mentales utilisées par les élèves pour résoudre les problèmes qui leur étaient posés : *"Explique à l'aide d'un dessin ce qu'est pour toi un volcan."* et *"Peux-tu expliquer pourquoi la terre tremble ?"* Leur analyse (et celle de près de 200 autres élèves) montre, sur ce sujet, une extraordinaire diversité (Allain, 1995). Elle révèle les multiples confusions concernant les causes naturelles qu'émettent ces jeunes élèves lorsqu'il s'agit d'expliquer les séismes. Néanmoins, ces conceptions doivent être considérées, en définitive, plutôt comme des protoconcepts en construction, efficaces temporairement que comme des obstacles très solidement ancrés.

des séquences  
d'enseignement...

Consécutivement, deux séquences sont réalisées. Elles s'appuient sur la comparaison-confrontation des conceptions initiales des élèves, puis sur l'analyse de textes documentaires et l'analyse de photographies (cf. les images choisies).

La première séquence porte sur les volcans. En effet, diverses questions se posent aux élèves quant à la nature de la lave, son origine et son devenir, à sa montée dans le volcan et, à la localisation des volcans. Des images de différents volcans sont présentées ; les élèves doivent rechercher dans ces images les indices permettant d'approfondir la définition d'un volcan et de comprendre qu'il existe deux

grands types de volcans : les volcans à coulées de lave, et les volcans à éruptions explosives. Pour finir, une carte de la localisation des volcans dans le monde est analysée. Cette approche géographique se révèle indispensable pour mettre en évidence des zones où les volcans sont nombreux et alignés, et des zones où ils ne sont pas représentés.

avec  
confrontation  
des premières  
conceptions...

La deuxième séquence est organisée autour de deux questions successives : *"Qu'est-ce qu'un tremblement de terre ? Pourquoi la terre tremble-t-elle ?"* Le point de départ est la confrontation des conceptions initiales des enfants. Quelques dessins, jugés les plus significatifs parce qu'ils proposent des solutions très diverses, sont affichés au tableau et sont le support d'une analyse collective. Il s'agit, essentiellement, de provoquer chez les élèves, la prise de conscience de l'hétérogénéité de leurs points de vue, des confusions entre différentes causes naturelles et de la nécessité de rechercher une solution commune conforme à la réalité scientifique. Des images descriptives de catastrophes sismiques sont utilisées alors pour affiner la définition. Puis, avec un tout autre type d'image (le sismogramme, image graphique), les élèves progressent rapidement : la notion d'ondes qui se propagent dans l'écorce terrestre devient, alors, plus évidente.

et recherche de  
nouvelles  
- explications

Enfin, la question : *"Pourquoi la terre tremble-t-elle ?"* est abordée. Le maître fait trouver l'argument géographique de la "dérive des continents" à partir de l'analyse d'une carte géographique mondiale : emboîtement Amérique du Sud - Afrique. *"On pourrait dire que c'était accroché : ça a presque la même forme."* Une carte du fond de l'océan Atlantique est alors donnée, elle doit bien faire apparaître la dorsale océanique *"dans le grand précipice, à chaque fois ça s'écarte et ce qui est à côté s'écarte aussi"*. Ainsi, à partir de ce document imagé, les enfants ont l'idée que du magma peut monter dans ces zones particulières et provoquer l'écartement des plaques. Une dernière carte de la répartition des plaques, dans le monde, est étudiée. Après ces séquences de classe, un nouveau relevé des conceptions est effectué (T2).

Plus tard, une troisième séquence est organisée autour de la projection du film *La terre, astre vivant* ou d'extraits de films documentaires tels ceux de la série *La Planète miracle* (4) comportant, par exemple, un dessin animé de la dérive des continents, et d'extraits de journaux télévisés (images des derniers tremblements de terre de Los Angeles ou de Kôbé) ; ce visionnement est suivi d'un débat collectif dirigé, et de la production par les élèves de schémas explicatifs. À partir des propositions des élèves, un schéma de synthèse est réalisé, et les dernières conceptions recueillies (T3).

Des post-tests, réalisés un mois après (T4), puis trois mois après (T5) ont permis de vérifier la persistance des concep-

(4) NAKAZATO, T. (1988). *La naissance des grandes chaînes de montagne*. (Série *La Planète miracle*). NHK, Antenne 2. 50'.

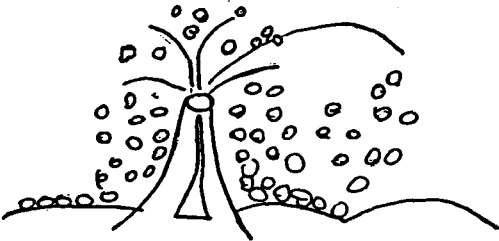
post-tests  
décalés  
dans le temps

tions des enfants lors de la mise à l'épreuve de leurs systèmes explicatifs ; nous pensons qu'ils pourraient être productifs pour résoudre d'autres problèmes à base d'images non encore utilisées dans la classe (coupe de l'écorce terrestre à légender et à flécher, choix justifié d'images pour expliquer un séisme particulier).

### PRÉ-TEST T1

1) Peux-tu expliquer pourquoi la terre tremble ?

La Terre Tremble parce - que quand il ya de volcans qui s'alimentent ça fait évacuer une grosse couche de roche et en retombant ça fait trembler la Terre .



Niveau 0

2) As-tu déjà vu un reportage à la télévision sur ce sujet ? : Oui / ~~Non~~  
Si tu réponds oui, dans quelle émission ?

Dans le journal de 20h00 (sur la 5)

Figure 1. Exemple d'épreuve-test (T1) réalisée par un élève de CM1

### 3.2. Principes d'évaluation

Tous les tests ont été conçus pour repérer l'évolution des conceptions des enfants quant aux causes des tremblements de terre. Sans doute, ces tests conçus dans un but d'évaluation jouent-ils, aussi, un rôle dans l'apprentissage, puisque, dans un cas, on demande aux élèves de fournir des explications grâce aux images et, dans l'autre, on utilise des images pour que les élèves mobilisent leur savoir. Certains de ces tests offrent des questions ouvertes et des questions fermées. Ils supposent des réponses explicatives sous forme de texte écrit ou de schéma. D'autres apportent des éléments visuels nouveaux (photographies, schémas, cartes) que les enfants doivent utiliser pour résoudre des problèmes : analyse, interprétation de schémas, classement ou/et choix d'images, voire production d'un schéma.

un pré-test...

Tout d'abord trois tests écrits ont été réalisés : pré-test T1 (fig. 1) servant au recueil des conceptions initiales et à la mesure de l'impact de la télévision extrascolaire ; test T2 après les deux premières séquences ; test T3 (fig. 2) après la troisième séquence, intégrant des images télévisuelles sur les mouvements des plaques. Ils ont servi après dépouillement et analyse des réponses, à repérer et à mesurer l'évolution des conceptions des enfants concernant la question : *"Peux-tu expliquer pourquoi la terre tremble ?"*. Le test T3 demandait, en plus, aux élèves, de citer les images qui les avaient *"le plus aidé à répondre"*.

des tests...

Des post-tests de conceptions légèrement différentes - T4 et T5 (voir plus loin des illustrations de ces deux tests dans les parcours individuels d'élèves, fig. 8 à 10) - ont permis de mesurer, après une période de maturation, les effets des images dans l'acquisition des connaissances et de vérifier si les modifications des conceptions des enfants étaient perceptibles. On voulait observer si les enfants avaient réellement changé de modèle mental et pouvaient l'utiliser par transfert dans une situation nouvelle pour résoudre un nouveau problème.

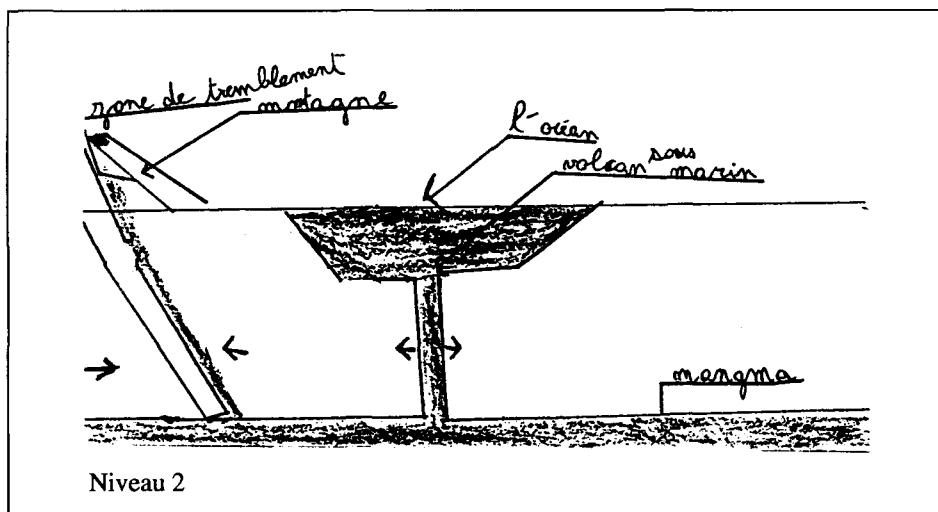
et des post-tests

Le post-test T4 consistait en la restitution d'un schéma de synthèse élaboré collectivement, un mois auparavant. Il s'agissait de vérifier la persistance des acquis en évitant les difficultés de la formulation écrite et, de constater le degré d'influence d'une image à valeur explicative sur l'évolution des modèles mentaux des enfants.

Le dernier post-test T5 était construit dans l'optique de vérifier, après quatre mois de maturation, la permanence des acquis et leur réinvestissement dans de nouvelles situations plus complexes, exigeant d'interpréter de nouvelles images. Il est donc différent des tests précédents, avec des variables en partie nouvelles (images non encore utilisées dans la classe, tâches différentes : tri, jugement sur la pertinence de ces images), mais il est évalué, quand même, selon des critères identiques. Pour ce post-test nous avons imaginé deux types d'épreuves.

## TEST T3

1) Le film que tu as vu doit te permettre d'expliquer par un schéma pourquoi la terre tremble. Fais ce schéma.



2) Quelles images du film t'ont le plus aidé pour comprendre ?

Quand les scientifiques étaient sous l'eau et  
quand ils ont montré la maquette et  
aussi (qu'en la vision sous-marine) a vu le magma  
(quand la fissure sous-marine)

Figure 2. Exemple d'épreuve-test (T3) réalisée par un élève de CM1



Un premier type comporte la lecture d'un schéma de synthèse sur lequel l'élève doit traduire, par des flèches, le mouvement que laissait supposer l'image. Il devait aussi placer des légendes significatives. Il s'agissait de raisonner au niveau global de la théorie explicative. La tâche était homogène et très explicite.

Un second type, très différent du précédent, propose à l'élève des images qu'il devait juger plus ou moins pertinentes pour expliquer le séisme de San Francisco, puis, plus tard, celui de Kôbé. Les cinq images présentées (vue de faille, bloc-diagramme, cartes à différentes échelles et image des dégâts) étaient nouvelles, c'est-à-dire non encore utilisées dans la classe. Elles concernaient un exemple précis de séisme, à la différence de la première épreuve qui présentait un schéma globalisant. Dans cette épreuve, la difficulté portait surtout sur la dialectique figuratif/explicatif.

À partir des réponses aux tests, l'état de compréhension de chaque élève est évalué approximativement et réparti en quatre niveaux (les élèves n'ont pas connaissance de cette notation) :

différents  
niveaux atteints  
par les élèves

- niveau 0 = pas de réponse ou réponse inexacte ou incongrue,
- niveau 1 = réponse faisant apparaître un élément exact,
- niveau 2 = réponse faisant apparaître plusieurs éléments satisfaisants,
- niveau 3 = réponse reflétant une bonne compréhension du mécanisme.

D'autres critères sont pris en compte pour cette évaluation du niveau atteint :

- niveau de complexité du schéma,
- degré d'abstraction du schéma,
- réalisation d'un schéma en coupe, avec un pouvoir explicatif supérieur,
- indication de mouvement par des flèches,
- accord entre formes représentées et mouvement.

Les différents niveaux de compréhension correspondent, en fait, à des formulations de plus en plus élaborées. Chaque nouvelle étape atteinte par les enfants, se substitue à la précédente, en la chassant ou en l'intégrant en partie.

### **Exemples de niveaux observés à propos de la définition d'un tremblement de terre**

Niveau 0 : *"Je pense qu'un léger décalage de temps sur les rotations de la Terre peut créer un tremblement de terre."*

*"Parce que la terre vibre à cause des tempêtes violentes ou des grosses choses très lourdes."*

*"Parce qu'il y a des produits qui enlèvent la couche d'ozone."*

*"Parce que le vent soulève la terre."*

*"À cause du froid."*

*"À cause des météorites qui se tapent contre la Terre."*

Niveau 1 : *"Un tremblement de terre, c'est le choc entre deux continents."*

*"Il y a dans quelques pays comme un tout petit ravin, ça se rapproche et se frotte."*

Niveau 2 : *"C'est quand deux plaques se rencontrent, ça fait un gros boum et ça fait des ondes."*

*"Quand les morceaux de terre se rapprochent et se touchent."*

Niveau 3 : *"Quand une plaque rencontre une autre plaque, l'une d'entre elles passe sous l'autre, ce qui la fait fondre."*

L'examen rapide de ces réponses montre que les enfants de CM, au niveau 0 font des confusions entre différents phénomènes naturels : couche d'ozone, météorite, planète, tempête... En fait, ne connaissant pas la cause exacte des séismes, ils lui suppléent une autre cause naturelle.

Avec le premier niveau, il existe déjà une relation, en partie correcte, de cause à effet, mais l'explication reste incomplète. Avec le deuxième niveau, les enfants changent de formulation et, le concept de plaque chasse, en partie, celui de continent. Quant au troisième et dernier niveau atteint, il fait apparaître une conception dynamique de l'écorce terrestre et de son découpage en plusieurs plaques. À ce stade, nous pouvons estimer que l'enfant a acquis une vision correcte, pour son jeune âge, de la théorie explicative.

#### 4. IMPORTANCE DES IMAGES EXPLICATIVES

L'analyse des données recueillies permet de repérer quelques tendances générales concernant l'importance des images et des activités sur ces images, dans la construction des connaissances.

##### 4.1. Les images spectaculaires de l'inconnu

attirance vers le spectaculaire...

mais également vers les images de l'inconnu

Quand on les interroge en classe, les enfants reconnaissent avoir été frappés, en priorité, par les images spectaculaires de l'inconnu : par exemple, celles des volcans sous la mer. On peut certes taxer les élèves d'attirance vers le spectaculaire, mais aussi remarquer que ces images retenues apportent des informations sur le mécanisme de la naissance des fonds océaniques : volcanisme effusif sous-marin des rifts océaniques. Toutes ces images **rendent visibles des phénomènes invisibles**.

En revanche, ils sont peu frappés par les images réalistes (exemple : destruction d'immeubles), peut-être parce que ces images sont devenues courantes, banalisées par les apports extra-scolaires.

## 4.2. Fort impact des images explicatives

Dans l'interprétation des causes des séismes, par exemple, plus de la moitié des élèves reconnaissent – lors d'un questionnaire (*"Quelles images du film vous ont le plus aidé à comprendre ?"*) et à l'occasion de quelques entretiens individuels – avoir été **aidés par les images à valeur explicative** : carte, coupe, dessin animé, maquette facilitant la compréhension d'un mécanisme.

Sans doute ces images, que nous appelons "images explicatives", sont des images possédant une valeur explicative dans un contexte particulier d'apprentissage. Elles fournissent des éléments d'explication. Ce sont des images le plus souvent simplifiées, schématisantes qui facilitent la construction conceptuelle (par exemple : une coupe de l'écorce terrestre peut aider à intégrer l'idée d'expansion océanique dans les dorsales). Grâce à leur simplification et à leur plus ou moins grand degré d'abstraction, elles font ressortir l'essentiel, à voir et à comprendre, d'un phénomène complexe, notamment les relations entre la répartition des volcans et des tremblements de terre et, les mouvements des plaques.

des images  
schématisantes

## 4.3. Des images plus pertinentes que d'autres

Toutes les images ne sont pas aussi efficaces, les unes que les autres, dans la construction du concept abordé. Pour ces jeunes élèves, les **images en mouvement** apparaissent plus efficaces que les images fixes dans le processus de modélisation d'un réel aux mouvements imperceptibles. C'est très net à propos de la représentation animée, en coupe, de l'expansion océanique dans la dorsale médio-atlantique, qui figure dans un dessin animé présenté (et, qui est repris dans certains journaux télévisés, à l'occasion de catastrophes sismiques). Celui-ci propose une **analogie** pour permettre la compréhension de la montée de magma dans les dorsales et le mouvement du fond des océans à partir du rift. Il utilise la comparaison avec le mouvement d'un trottoir roulant. Notons, cependant, qu'il renforce trop l'idée que, l'expansion océanique est le seul moteur du mouvement des plaques, alors que les scientifiques estiment, plutôt, que c'est leur enfoncement dans les zones de subduction qui joue le rôle le plus important dans l'entraînement des plaques.

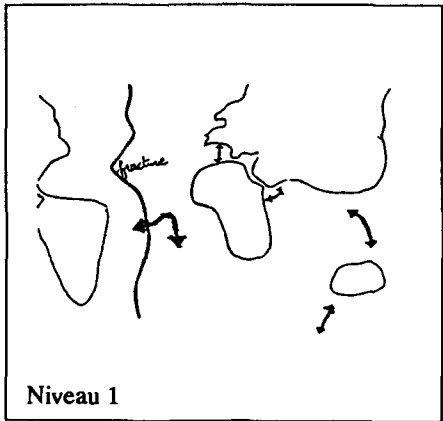
des  
représentations  
imaginées du  
mouvement  
des plaques

Ce dessin animé n'est pas une photographie du réel, mais une vision éloignée de la réalité, filtrée, simplifiée. C'est par des procédés de métaphores ou d'analogies, tel le modèle technologique utilisé dans ce cas, qu'un ensemble d'éléments simples se substitue à un réel beaucoup plus complexe. Avec ce type d'images, les jeunes enfants peuvent alors comprendre la montée de magma au cœur d'une dorsale océanique et l'écartement de ses deux lèvres. *"On voyait que ça s'écartait, c'était impressionnant."*

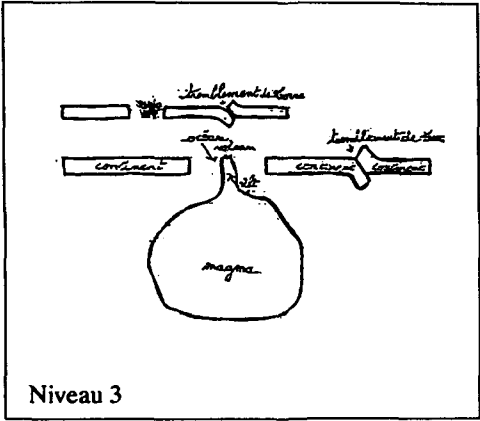
**4.4. L'utilisation d'images aide les élèves à produire des schémas**

Les différentes images télévisuelles ont fourni aux enfants des **indices facilitateurs** pour la construction de schémas. À l'issue de visionnements d'extraits de films, les enfants proposent, d'ailleurs eux-mêmes, la réalisation de schémas (fig. 3 à 6) pour expliquer les mécanismes des tremblements de terre. Ils envisagent différentes solutions : cartes (fig. 3), globe terrestre en entier, globe en coupe, coupe de l'écorce terrestre avec indications de mouvement (fig. 4, 5 et 6). Tous les dessins présentés ici ont été réalisés à l'occasion de tests individuels et ne correspondent, en aucune façon, à une simple recopie de certaines images des films présentés.

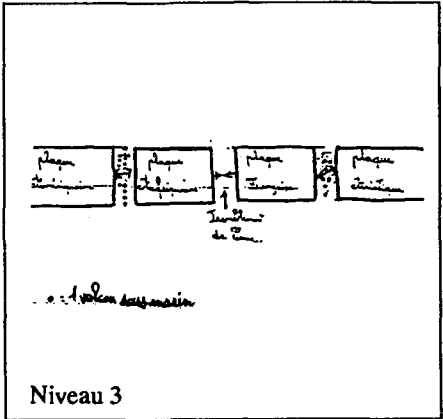
production de schémas



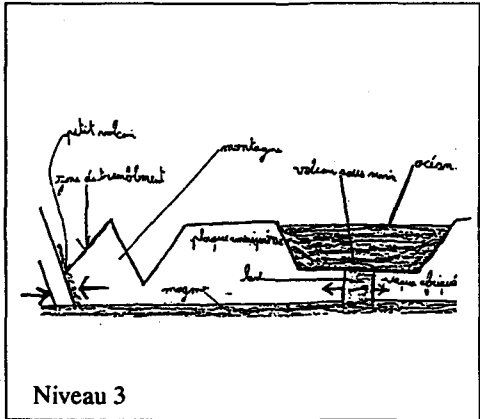
**Figure 3. Production de Florent, élève de CM, après visionnement d'extraits de films (T3)**



**Figure 4. Production de Cédric (idem T3)**



**Figure 5. Production de Damien (idem T3)**



**Figure 6. Production de David (idem T3)**

Florent par exemple (fig. 3), évoque, par une carte mondiale l'idée de dérive des continents, avec fléchage du sens des déplacements, mais, il n'envisage pas d'affrontement entre les continents. La production de Cédric (fig. 4) témoigne d'un fort degré de schématisation : il représente des montées de magma au fond des océans et une collision entre les plaques, avec subduction, mais, il ne donne pas d'indications de mouvement.

Damien (fig. 5) effectue une représentation très symbolisée (qui n'était absolument pas présente dans les images utilisées en classe) et, précise par des flèches l'écartement ou le rapprochement des plaques. Quant à David (fig. 6), son schéma est logique, mais il fait apparaître un obstacle difficile à vaincre, à cet âge : il imagine que les plaques sont situées au-dessus d'une couche uniforme de magma.

Il faut remarquer le niveau important, de simplification et d'abstraction, atteint par ces enfants de dix ans. Leurs schémas sont dépouillés à l'extrême et, néanmoins très clairs et explicites.

## 5. L'ÉVOLUTION DES CONCEPTIONS DES ÉLÈVES

Dans ce paragraphe une idée graphique des cheminements de tous les élèves d'une classe et, une analyse plus fine du parcours de trois de ces élèves sont présentées.

### 5.1. Cheminements individuels des élèves d'une classe de Cours Moyen

Une lecture des itinéraires (fig. 7) suivis par chaque enfant, confirme que la majorité d'entre eux est en progression quasi régulière et reste à un niveau satisfaisant, quatre mois après. Ce type de représentation graphique permet, également, une nette mise en évidence de tendances :

- tous les élèves d'une classe ne sont pas au même niveau, dès le départ d'une activité (T1) ;
- une majorité d'enfants passe, rapidement, du niveau 0 au niveau 2, ou 3, entre T1, T2, T3 ;
- après le visionnement du film (T3), un grand nombre d'enfants restent longtemps à un bon niveau 2 ou 3 ;
- quatre mois plus tard (T5), une légère déperdition est observée avec un retour en arrière des conceptions de quelques élèves ; ce dernier cas de figure témoigne de la difficulté à faire changer de modèle mental tous les élèves d'une même classe ; certains reprennent, en effet, une partie de leur conception ancienne en y greffant des idées nouvelles apportées par le dispositif. Néanmoins, le changement conceptuel, provoqué par ces activités, semble persistant pour une majorité d'élèves.

des variations  
individuelles

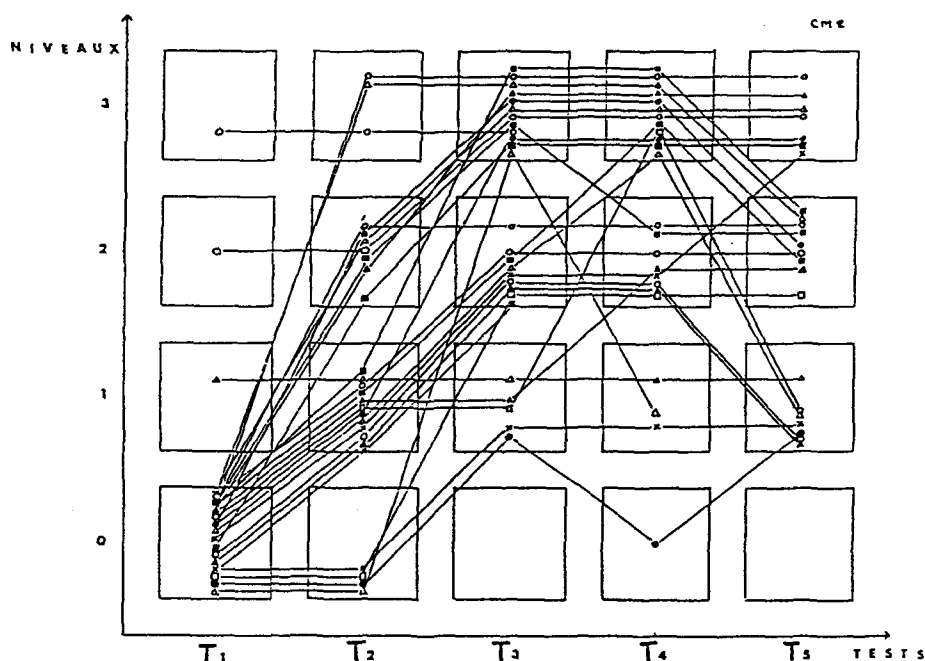


Figure 7. Visualisation des cheminements individuels d'une classe de Cours Moyen

## 5.2. Exemples de parcours individuels

### • Guillaume (fig. 8)

une conception  
initiale déjà très  
correcte

Qualifié de "bon élève", il est l'un des rares à évoquer, dès le pré-test (T1), la dérive des continents et un affrontement entre eux. En T2, le schéma qu'il réalise, témoigne d'un fort degré d'abstraction (en coupe, fléché et en deux étapes). Ses commentaires renforcent l'idée qu'il a déjà atteint un bon niveau de conceptualisation. En T3, le déplacement des plaques est correct, mais persiste encore une forte idée d'écartement dû à la montée de magma dans le rift et, l'idée incorrecte d'une couche continue de magma sous l'écorce terrestre. Remarquons aussi, la qualité du vocabulaire de cet élève de neuf ans : ligne de fracture, rift, plaque.

Un mois après (T4), son schéma est d'excellente qualité graphique et correct, compte tenu du modèle construit en classe et de ses limites : l'expansion océanique, comme seul moteur de la dérive, est, en fait, une conception en partie inexacte, d'un point de vue scientifique. Quatre mois plus tard (T5), il réalise sans problème la nouvelle tâche à accomplir et, il est le seul élève à utiliser l'excellente dénomination de "phénomène naturel".

• **Cécile (fig. 9)**

des volcans...

aux plaques qui  
se déplacent

Qualifiée, elle aussi, de "bonne élève" par le maître de la classe, elle fait appel, comme beaucoup d'autres, avant toute activité sur le sujet (T1), aux volcans pour expliquer les causes des tremblements de terre : *"Quand un volcan est en éruption, la lave très chaude qui coule arrive sur le sol. Elle est tellement chaude qu'elle fait trembler la terre."* En T2, après avoir intégré de nouveaux apports (analyse de documents), elle change radicalement de conception et envisage un déplacement de plaques (en fait, dans son esprit, de continents) : *"Avant l'Inde était attachée à l'Afrique. Mais l'Inde commença à se détacher de l'Afrique et elle s'attacha à l'Asie. La plaque de l'Inde poussa la plaque de l'Asie et provoqua un tremblement de terre et construisit l'Himalaya."*

En T3, après l'utilisation d'un film en classe, elle réalise un schéma très correct, qui, parce qu'il est en coupe, très dépouillé et fléché, témoigne d'un progrès intellectuel et marque l'impact des images explicatives utilisées pendant la séquence. Un mois plus tard (T4), elle restitue le schéma qui avait été élaboré en commun : le fléchage est bon et les relations sont nettes entre affrontement de plaques et formation de volcans, de séismes et de chaînes de montagnes.

Quatre mois plus tard (T5), son interprétation du schéma (à légender et à flécher) témoigne de la persistance d'un bon niveau : *"Dans la mer, il y a des volcans sous-marins qui écartent les plaques. L'une part d'un côté et l'autre, de l'autre côté. Celle qui part d'un côté rencontre une autre plaque. Cela produit un tremblement de terre."* Mais, on remarquera, pour cette tranche d'âge, les limites du modèle construit, évoquées précédemment.

• **Mimouna (fig. 10)**

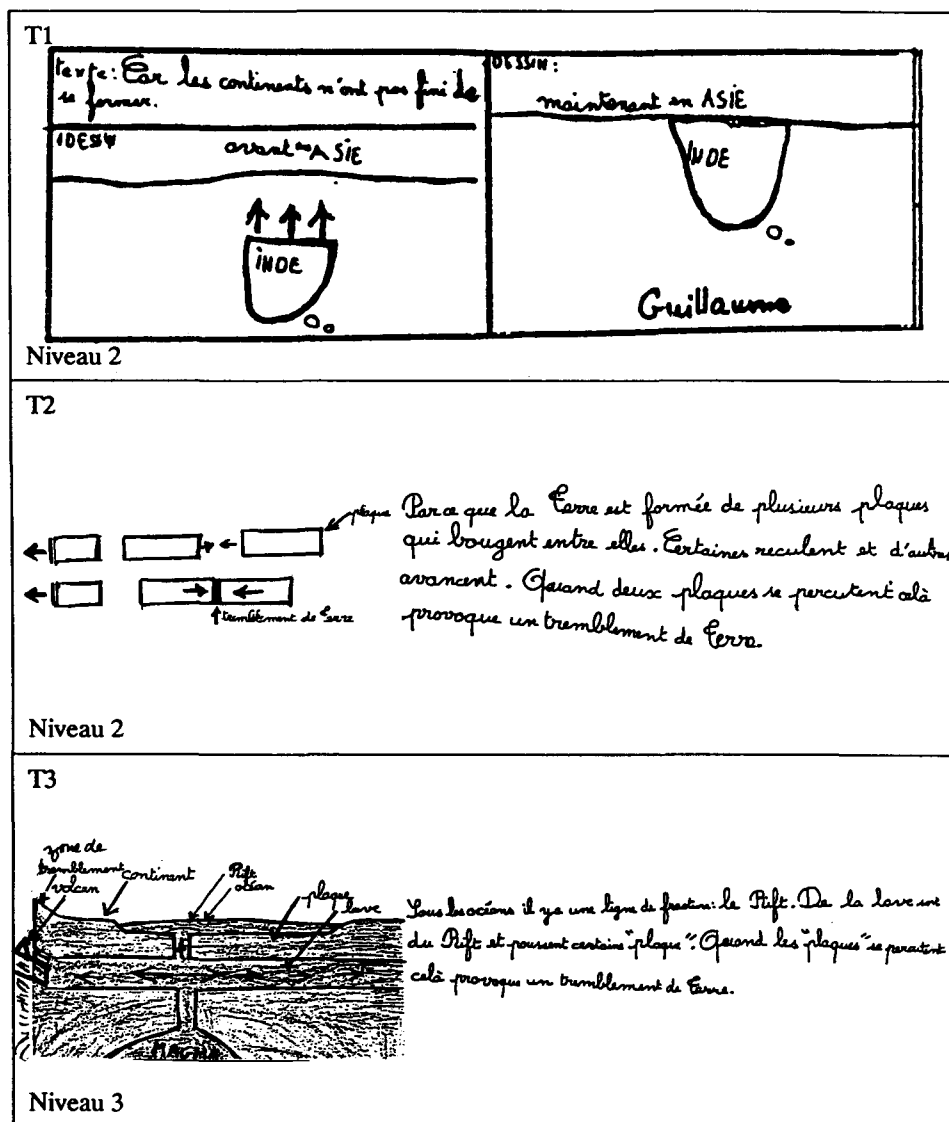
des volcans...

aux continents...

et aux plaques

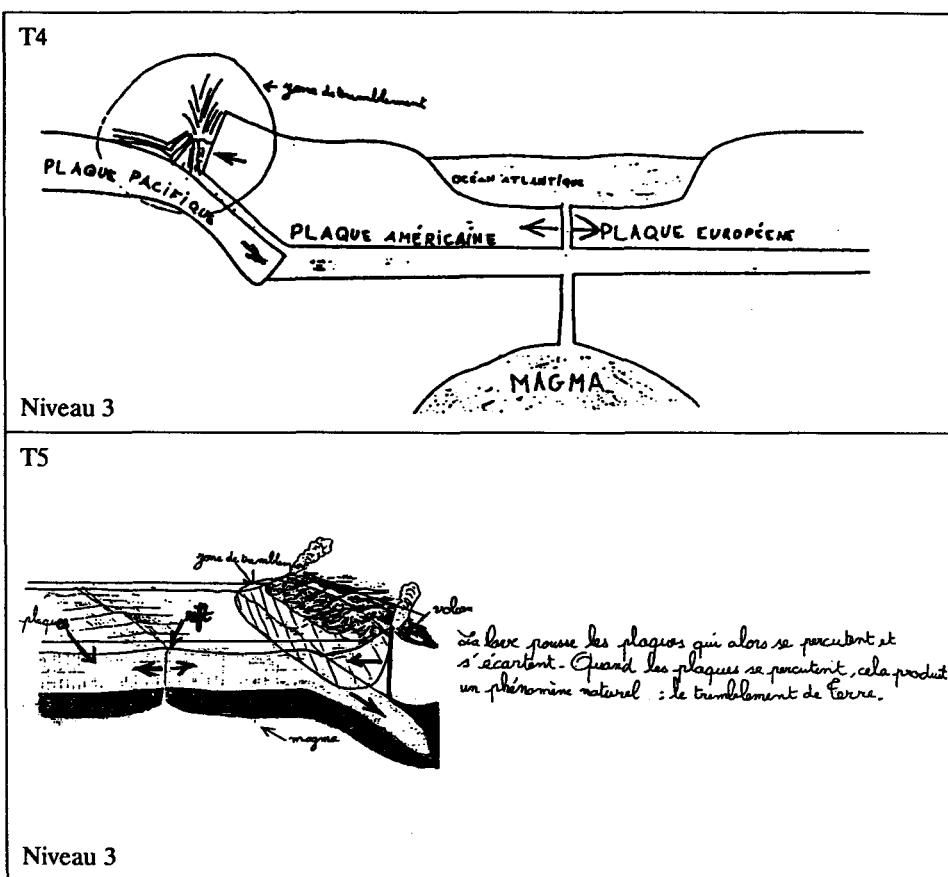
Nous abordons avec elle un autre profil d'élève qualifié de "faible" par le maître. La conception initiale (T1) montre un attrait pour le spectaculaire et un impact fort des volcans. Après que le sujet ait été abordé en classe (T2) on note un net progrès à travers le remplacement pur et simple du mot "continent" par celui de "plaque" sans que le changement conceptuel soit profond : *"Parce que les continents se détachent par endroits et par d'autres se rapprochent. Ces deux continents s'appellent des plaques. Une plaque se pousse contre l'autre et forme une montagne et l'autre un volcan. Et pendant que les deux plaques se poussent, la terre se met à trembler et cela provoque les tremblements de terre."*

En T3, après travail sur des images animées, la réalisation d'un schéma (même imparfait et d'un niveau graphique modeste) témoigne encore d'autres progrès dans la construction des connaissances chez cette élève. En T4, un mois après, certaines notions subsistent (plaques et relation entre séismes et volcans et formation de montagnes) mais, d'autres s'effacent déjà (absence d'indication de mouvement et absence de la montée de laves dans les rifts).



**Figure 8. Évolution des réponses de Guillaume à la question “Peux-tu expliquer pourquoi la terre tremble ?”**

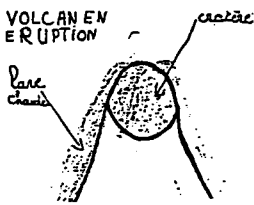




**Figure 8 (suite) Évolution des réponses de Guillaume à la question  
"Peux-tu expliquer pourquoi la terre tremble ?"**

**T1**

VOLCAN EN ERUPTION

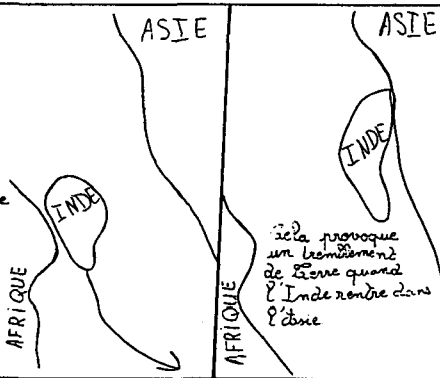


Quand un volcan est en éruption la lave très chaude qui coule arrive sur le sol. Elle est tellement chaude qu'elle fait trembler la terre.

**Niveau 0**

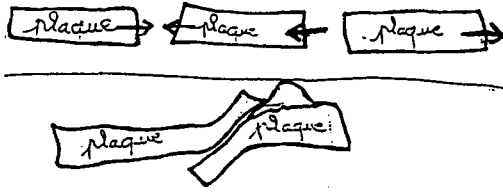
**T2**

Avant l'Inde était attachée à l'Afrique. Mais l'Inde commença à se détacher de l'Afrique et elle s'attachait à l'Asie. La plaque de l'Inde poussa la plaque de l'Asie et provoqua un tremblement de terre et construisit l'Himalaya.



**Niveau 2**

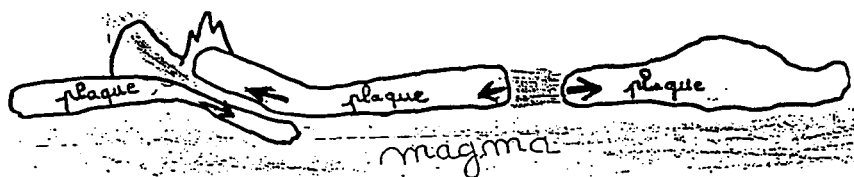
**T3**



**Niveau 1**

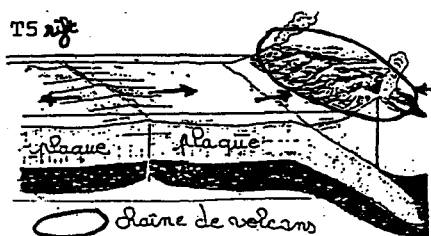
**Figure 9. Évolution des réponses de Cécile à la question "Peux-tu expliquer pourquoi la terre tremble?"**

T4



Niveau 3

T5



Dans la mer il y a des volcans sous-marins qui écartent les plaques d'une part d'un côté et l'autre, de l'autre côté.

Celle qui part d'un côté rencontre une autre plaque. Cela produit un tremblement de terre.

Niveau 3

**Figure 9 (suite) Évolution des réponses de Cécile à la question  
"Peux-tu expliquer pourquoi la terre tremble ?"**

T1



Les tremblements de terre se produisent souvent à cause des volcans qui se mettent en éruption et cela produit souvent des tremblements de terre.

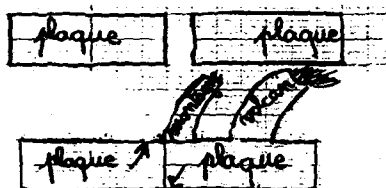
Niveau 0

T2

Parce que les continents se détachent par endroits et par un autre il se rapproche. Ces deux continents s'appellent des plaques. Une plaque se pousse contre l'autre et forme une montagne et l'autre un volcan. Et pendant que les deux plaques se poussent la terre se met à trembler et cela provoque les tremblements de terre.

Niveau 2

T3



Niveau 2

Figure 10. Évolution des réponses de Mimouna à la question "Peux-tu expliquer pourquoi la terre tremble?"

T4

Diagram illustrating plate tectonics. It shows a cross-section of the Earth's crust and upper mantle. Two plates, labeled 'plaque océanique' (oceanic plate) and 'plaque continentale' (continental plate), are shown moving towards each other. Below the plates, the mantle is labeled 'magma'. Arrows indicate the movement of the plates and the rising of magma. Handwritten labels include 'les tremblements de terre' (earthquakes), 'volcan', 'chaînes de montagnes' (mountain ranges), and 'sismes de montagne' (mountain earthquakes).

Niveau 1

T5

Diagram illustrating plate tectonics. It shows a cross-section of the Earth's crust and upper mantle. Two plates, labeled 'plaque océanique' (oceanic plate) and 'plaque continentale' (continental plate), are shown moving towards each other. Below the plates, the mantle is labeled 'magma'. Arrows indicate the movement of the plates and the rising of magma. Handwritten labels include 'les tremblements de terre' (earthquakes), 'volcan', 'chaînes de montagnes' (mountain ranges), and 'sismes de montagne' (mountain earthquakes).

Niveau 1

Figure 10 (suite) Évolution des réponses de Mimouna à la question  
"Peux-tu expliquer pourquoi la terre tremble ?"

Quatre mois plus tard (T5), les inexactitudes, repérées précédemment, persistent bien que l'élève ait nettement progressé : *"Les tremblements de terre se provoquent à cause de deux plaques qui se rentrent dedans et provoquent parfois des chaînes de montagnes ou parfois un volcan marin. Sur le coup, les appareils s'agitent, font de drôles de formes sur un papier [difficile lecture d'un sismogramme vu en classe]. Les maisons, appartements s'écroulent et les gens s'agitent. Pendant des jours et des jours, les gens gesticulent ou n'arrêtent pas de bouger et en fin de compte le pays (ou la ville) est endommagé."* Des progrès existent, mais un net retour en arrière traduit, dans ce cas, une certaine résistance au changement conceptuel et le retour au simple domaine du descriptif (manifestations catastrophiques et conséquences humaines).

Ces trois exemples sont présentés parce qu'ils sont significatifs de l'hétérogénéité des élèves et des divers modes repérés de construction du concept. Cependant, d'autres variations auraient pu également être citées :

différentes  
façons de  
changer de  
conceptions

- niveaux 0,0,1,1,1 d'un élève en difficulté pour lequel l'idée de plaque est acquise, mais, pas celle de la dynamique d'ensemble (des confusions dans le sens des mouvements des plaques lors du T5 par exemple) ;
- niveaux 0,2,2,2,3, bons niveaux atteints rapidement, avec même une progression, en fin de parcours, témoignant d'une bonne intégration du nouveau modèle...

Parallèlement, on remarque que quelques élèves, considérés habituellement comme "faibles" dans cette classe, ont bien réussi aux tests comportant l'utilisation d'images et ont même atteint un bon niveau 2 ou 3, à la fin de nos activités.

## 6. DES OBSTACLES FRANCHIS EN PARTIE

certaines  
obstacles sont  
franchis...

Certains des obstacles ou difficultés, repérés par l'analyse des conceptions initiales (voir Aster N° 20), ont été franchis au cours de cette progression. Par exemple, les élèves n'attribuent plus aux seuls volcans les causes des séismes ; ils ne confondent plus toutes les causes naturelles et, ils adhèrent massivement à une conception mobiliste, dans laquelle les mouvements des plaques sont la cause essentielle des tremblements de terre. Pour certains, le changement conceptuel est radical (cf. Cécile, fig. 9) grâce aux apports imagés ; pour d'autres, il était déjà engagé, avant la classe, grâce à des apports médiatiques extrascolaires (cf. Guillaume, fig. 8) ; et, pour d'autres enfin, le changement est plus progressif avec, parfois, un certain retour en arrière (cf. Mimouna, fig. 10).

Des difficultés subsistent cependant pour la plupart des élèves de neuf-dix ans testés, comme l'idée d'une couche de magma uniforme sous les plaques. C'est une idée très forte-

d'autres  
subsistent

ment ancrée à quelques rares exceptions près (cf. Cédric, fig. 4). Cette conception est fausse scientifiquement puisque l'on sait que le manteau a la consistance de l'acier et qu'il est pourtant animé de mouvements de convection, à l'échelle des temps géologiques. Il faut préciser que le maître de la classe n'a pas transmis cette nouvelle hypothèse et que, la majorité des dessins animés de simulation et des schémas de livres de vulgarisation scientifique ou de manuels scolaires, continue à reproduire le manteau sous les plaques comme une couche de magma (rouge), tout comme l'image que nous avons utilisée pour le post-test T5 (fig. 8) ! Cependant, cette conception inexacte se révèle efficace provisoirement, pour ces jeunes élèves, car elle leur permet d'admettre qu'une couche puisse se déplacer au-dessus d'une autre.

Alors patience ! Donnons rendez-vous à ces élèves en Quatrième de collège et en lycée pour atteindre un niveau supérieur de formulation de ces concepts...

## 7. CONCLUSION : DES IMAGES POUR APPRENDRE DES SCIENCES

des images...

Dans ce dispositif didactique, les images qui permettent aux élèves de découvrir et de comprendre ces phénomènes scientifiques, ont changé de statut : ce ne sont plus de simples illustrations séduisantes, attrayantes. Nous avons tenté de montrer pour la construction de ce concept global que les images, par la perturbation intellectuelle qu'elles provoquent, aident les jeunes élèves, ignorant les causes des séismes en raison de leur jeune âge, à créer de nouveaux modèles mentaux (assortis parfois d'erreurs). Par ailleurs, elles les aident aussi, sans aucun doute, quand ils possèdent déjà une idée sur la question, à changer de modèle explicatif.

comme aides au  
changement  
conceptuel...

Ces images devraient être considérées comme des **instruments de traitement des connaissances**, selon l'expression proposée par G. Mottet, des aides didactiques indispensables à l'enseignement de ces notions. Elles pourraient agir, grâce aux activités dont elles sont le support, dans le changement conceptuel en mettant à l'épreuve les conceptions personnelles de la majorité des enfants, en contribuant à leur fissuration, puis à leur restructuration. Une véritable appropriation cognitive de ces images doit s'effectuer.

comme  
instruments de  
traitement des  
connaissances

Enseigner les sciences aujourd'hui, à notre avis, ne peut plus se faire sans tenir compte des extraordinaires potentialités des images, à condition que celles-ci soient intégrées de manière pertinente dans un dispositif didactique. Il faut faire appel à toutes les complémentarités pour accéder au réel et à sa représentation. Non seulement, les images expo-

sent un savoir qui peut provoquer un déséquilibre efficace chez l'apprenant mais elles ont également un rôle privilégié dans l'évolution des conceptions et par conséquent dans les processus d'élaboration des connaissances.

Jean-Charles ALLAIN  
IUFM de Bourgogne, Dijon  
Équipe INRP "Des images pour  
apprendre les sciences"

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALLAIN, J.-Ch., CHAIX, J.-P., DINARD, G., GROSJEAN, P., MAHIEU, B. (1990). *"J'ai vu à la télé... pourquoi la terre tremble"*. Paris, INRP (document interne).

ALLAIN, J.-Ch. (à paraître). « "On T.V., I saw... why there are earthquakes" or Pictures for learning science ». In *Actes du colloque "Les nouveaux modèles pour apprendre"*. Genève-Chamonix, IUBS-CBE/Association européenne de didactique de la biologie.

ALLAIN, J.-Ch. (1994). *L'évolution des conceptions d'élèves de huit-dix ans à propos des causes des tremblements de terre grâce à l'utilisation d'images*. Mémoire de DEA. Paris VII.

ALLAIN, J.-Ch. (1995). "Séismes, éruptions volcaniques et intérieur de la Terre : conceptions d'élèves de huit à dix ans". In *Représentations et obstacles en géologie*. Aster, N° 20. Paris, INRP.

MOTTET, G. (1993). "Des images pour apprendre les sciences". In *Images et enseignement. Ressources 95*, N° 3. Cergy, CDDP Val d'Oise.

MOTTET, G. (1993). "Images et démarches scientifiques - une orientation de recherche". In *Science et technique en spectacle. Actes des 15<sup>èmes</sup> journées internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifiques et techniques*. Giordan, A., Martinand, J.-L. & Raichvarg, D. éditeurs. Paris, Université Paris VII.

MOTTET, G. & al. (1994). "Des images pour apprendre les sciences". In *Actes du colloque Audiovisuel, formation initiale et formation continue des enseignants, 23-25 novembre 1992*. Paris, INRP.

MOTTET, G., ALLAIN, J.-Ch., BOUTOT, B., MINGUEZ, R. (1995). *Volcans et tremblements de terre - Images descriptives, images explicatives*. Paris, INRP.



## RESSOURCES AUDIOVISUELLES

*Quand la terre tremble.* Radiovision RVE, N° 260. Paris, CNDP.

*Une classe volcanique.* (1989). Nice, CRDP. V.H.S. 13'.

*Séisme aux Philippines.* (1991). Nice, CRDP. (Livret et 12 diapositives).

*Djibouti, naissance d'un océan.* (1991). Paris, Nathan. (Cassette VHS + livret pédagogique, niveau collège).

*La Fournaise, volcan sous surveillance.* (1991). Paris, Nathan. (Cassette VHS + livret pédagogique, niveau collège).

*Mystérieux océans.* (1991). Paris, Nathan.

*La grande secousse. Big one la menace.* (1994). *Envoyé spécial.* Paris, France 2.

*Champs magnétiques.* (1994). Paris, Nathan. (Cassette VHS + livret pédagogique, niveau lycée).

*Dérive des continents.* (1994). Paris, Nathan. (Cassette VHS + livret pédagogique, niveau collège).

*Structure et dynamique du globe - Croûte et manteau.* (1994). Paris, Nathan. (Cassette VHS + livret pédagogique, niveau collège).

*Erebus.* (1994). Génération 3. Paris, France 3 / CNDP. (Quatre épisodes).

ADAMS, G. & FORSBERG, R. (1992). *America : les grands volcans.* Chicago, Questar video. 55'.

AFANASSIEFF, J. (1993). *Kamtchatka les volcans.* MC 4. 22'.

ATTENBOROUGH, D. (1989). *La formation de la terre.* (série *La planète vivante / Le monde vivant*, diffusée par Time Life). Londres, BBC. VHS. 55'.

BALL, E. (1993). *Oman la plus belle ophiolite du monde.* Montpellier, Laboratoire de Tectophysique / Université / Cyclopes Images / CRDP. 14'.

BARNES, M. (1990). *Le tremblement de terre de Californie : 1989, le dernier avertissement.* BBC. 50'. (Diffusé sur Planète).

BAYARD, A., PICREL, M. (1986). *La terre, astre vivant.* Paris, CNDP, 20'.

BERGOUZAT, M. (1995). *Maurice et Katia Krafft, au rythme de la terre.* Paris, La Sept/Arte/SZ Productions. 90'.

BOSCHERON, T. (1992). *Quand la terre gronde...*, N° Spécial E = M6. Une émission de N. Goldzah et Mac Lesggy. Paris, M6 / VM Productions. 80'.

BONALDI, J. (1993). *Dis Jérôme...? La tectonique des plaques*. (Épisodes de 5'). Canal +.

BRETT, J. & SUZUKI. (1991). *Le mont Pinatubo*. NHK. 50'.

BROUSMICHE, G. & MASSAYOSHI, N. (1995). *Tokyo : le jour où la terre tremblera*. Paris, Bonnes Nouvelles Multimédias. 30'. (Diffusé dans *Reportages*, TF1).

CHALVRON, A. de & GALEASSI, E. (1995). *Demain le Vésuve*. Paris, France 2. (Un reportage pour *Envoyé spécial*).

DAUPHIN, J.-M. (1992). *Les splendeurs naturelles d'Europe, Les volcans d'Europe*. Téléconcept. 55'. (Diffusé par Planète).

DELOUCHE, J.-P. (1991). *Le mont Etna*. Prod., Nicoloso, O. et A. 45'.

GOLDZAH, N. (1995). "Volcans d'Auvergne" - "Images du centre de la Terre" - "Volcans et lave". In *E=m6 Junior*, magazine animé par Mac Lesggy et C. Avon. Paris, M6-VM Productions.

GREGORY, A. (1994). *Tremblements de terre : un instant de terreur*. USA, ABC/Kane Productions International. 44'.

HERMANNSSON, J. (1989). *La violence de la terre*. Islande, Tefra films. Six épisodes de 25'. (Diffusé par Planète).

HIROZ, P.-A. (1994). *Erebus, la montagne fumante*. Une expédition de J.-L. Etienne. Paris, France 3 / Gedeon / Elf Partenariat. 25'.

HIROZ, P.-A. (1994). *Erebus volcan des glaces*. Une expédition de J.-L. Etienne. Paris, France 3 / Gedeon / Elf Partenariat. 53'.

JULIEN, O. & SERRANO, E. (1995). *Expédition Erebus*. Paris, France 3 / Gedeon / Elf Partenariat. 14'. (Diffusé dans la série *Quand la terre gronde*, La Cinquième/CNDP).

KIMMERLING, P. (1994). *La Terre, astre vivant*. Génération 3. Paris, France 3 / CNDP. (Quatre épisodes).

KIMMERLING, P., BAYARD, A., UBERSCHLAG, J. *La chaleur de la Terre*. Paris, CNDP. VHS, 16'.

KRAFFT. (1988). *La Fournaise, un volcan dans la mer*. Jeulin. VHS, SECAM, 26'.

LALLEMANT, P. (1994). *Volcans : il était une fois la vie sur terre. La marche du siècle*, une émission de J.-M Cavada. Paris, France 3 / Théophraste. (1h 40').

LARA, R. (1990). *Une classe volcanique*. Nice, CRDP. Vidéocassette, 13'.

LYNCH, J. (1991). *L'héritage du volcan - Les conséquences de l'éruption du Mont Saint Helens, en 1980*. BBC. 47'. (Diffusé par Planète).

MACHADO, T. (1994). *Le diable afar*. Paris, Canal+. 50'.

NAKAZATO, T. (1988). *La naissance des grandes chaînes de montagne*. (Série *La Planète miracle*). NHK, Antenne 2. 50'.

PREVOST, J.-L. (1984). *Haroun Tazieff raconte sa terre*. Paris, Telfrance. (Épisodes de 50').

SANO, H. (1988). *La grande fissure*. (Série *La Planète miracle*). NHK / Antenne 2. 50'.

SINGTON, D. (1991). *Terre en fusion*. BBC. 55'. (Diffusé par Arte).

TAZIEFF, H. (1959). *Les rendez-vous du diable*. Paris, UGC. 1h 40'.

TAZIEFF, H. (1984). *Les volcans : Etna et Niragongo*. Videogram' Passion. VHS.

TAZIEFF, H. (1990). *Sur les volcans du monde*. BT sonore. PEMF. 30'.

TAZIEFF, H. & WILLEMIN, P. (1994). *Le feu de la Terre*. Paris, France 2 / Gaumont Télévision / Ciné documents Tazieff. (série documentaire en 6 volets de 55' : "Du volcan interdit à la montagne de Dieu", "Etna : sur les traces d'Empédocle", "Le triangle de l'Afar", "La cordillère des volcans", "Java", "Les cratères fertiles").

Des ressources complémentaires sont indiquées dans l'ouvrage de MOTTET, G., ALLAIN, J.-Ch., BOUTOT, B., MINGUEZ, R., *Volcans et tremblements de terre - Images descriptives, images explicatives*, cité dans les références bibliographiques.