

**CHRONOCOUBE : UN LOGICIEL
POUR L'APPRENTISSAGE DU RAISONNEMENT DIACHRONIQUE EN
SCIENCES DE LA TERRE**

Eric Sanchez
INRP – ERTé ACCES

MOT CLES : GEOLOGIE – TEMPS – TIC – RAISONNEMENT DIACHRONIQUE –
CHRONOLOGIE RELATIVE

RESUME : Notre recherche vise à mettre au point et à évaluer un environnement informatique destiné à développer la capacité de mise en œuvre d'un raisonnement de type diachronique sur une coupe géologique chez des élèves de terminale scientifique. L'analyse de traces d'élèves en activité sur le logiciel et leurs réponses à un questionnaire montrent qu'ils sont en mesure d'appliquer certains concepts de datation relative à partir de la manipulation d'un modèle de coupe géologique mais que cet apprentissage ne concerne que des compétences d'ordre procédural.

ABSTRACT : Our research aims at conceiving and evaluating a software intended to develop a reasoning of diachronic type on an outcrop for pupils engaged in scientific studies (year 13). The analysis of the trails from pupils using the software and their answers to a questionnaire show that they are able to apply some concepts of relative dating by manipulating a model of a geologic outcrop but that this training relates only to procedural skills.

L'objet de notre recherche est la conception et l'évaluation d'un environnement informatique destiné à développer les capacités d'élèves de lycée, à établir une chronologie relative des événements géologiques ayant affecté une région à partir de l'observation d'une coupe géologique. L'environnement informatique Chronocoupe, développé dans le cadre de nos travaux, est donc destiné à l'apprentissage d'un raisonnement de type diachronique. Nous indiquons ici les résultats observés du point de vue des stratégies employées par les élèves et des apprentissages obtenus.

1. REPERES EPISTEMOLOGIQUES

La géologie est une discipline peu explorée par les épistémologues, néanmoins, des travaux récents (Frodeman 1995, Rabb et Frodeman 2002, Dodick et Orion 2003a) s'accordent à souligner le caractère historique des sciences de la Terre. Le géologue fait donc du temps un paramètre important et sa pensée est avant tout de type diachronique, c'est à dire visant à comprendre le déroulement des phénomènes dans le temps et à « insérer l'explication d'un état présent dans la dimension temporelle » (Montangero 1996). Pour Vale Dias (2002) « le temps est la quatrième dimension et tout objet de connaissance se situe dans le temps » et la construction du raisonnement diachronique est un processus complexe qui enrichit la connaissance des phénomènes et la compréhension de la réalité puisqu'il permet de considérer les étapes qui ont mené à l'état présent, les changements futurs possibles et donc de comprendre les transformations. Dodick et Orion (2003b) s'appuient sur les travaux de Montangero (1996) pour préciser la place du raisonnement diachronique en géologie. Ils définissent ainsi un schème, qualifié de « schème de l'organisation temporelle ». Pour ces auteurs, la reconstitution de l'histoire géologique d'une région est fondée, entre autres, sur la capacité à relever des indices géologiques. L'observation des relations géométriques entre structures géologiques (recoupement ou superposition de ces structures) permet ainsi de définir la séquence des événements qui ont affecté une région.

Dans le cadre de notre recherche, nous avons privilégié le développement de ces deux types de capacités : aptitude à repérer des indices de type géométrique sur un affleurement et aptitude à en déduire les relations temporelles entre les structures géologiques impliquées.

2. CONCEPTION DE L'INTERFACE

Nous avons choisi de privilégier un travail autonome dans la classe à l'aide d'un environnement informatique que nous avons nommé Chronocoupe (fig. 1). La situation mise en place conduit l'élève à observer cinq images de coupes géologiques « modèles » et à tenter de les reproduire sans l'aide du professeur ou d'autres documents que ceux accessibles via l'interface. C'est donc l'option d'un environnement de type micromonde (Papert 1981, Bruillard 1997) qui a été retenue. L'interface permet à l'élève de manipuler un modèle du domaine de connaissances avec lequel on

souhaite qu'il se familiarise. La commande *charger une image modèle* du menu *fichier* permet d'importer une image de coupe géologique créée par le professeur. Sur l'écran s'affichent alors en avant plan l'image de coupe géologique que l'élève construit et en arrière plan (accessible par un clic gauche prolongé de la souris), l'image « modèle » de la coupe géologique à construire. Chacun des six boutons *événement* permet la réalisation de l'événement géologique dont il porte le nom et modifie immédiatement la coupe en construction. Le module d'aide contextuelle permet de consulter des informations sur les événements géologiques modélisés dans Chronocoupe et sur les différentes commandes disponibles. Le bouton *annuler* permet d'annuler le dernier événement géologique activé. Le bouton *retour début* permet d'annuler tous les événements géologiques activés et donc de recommencer le travail.

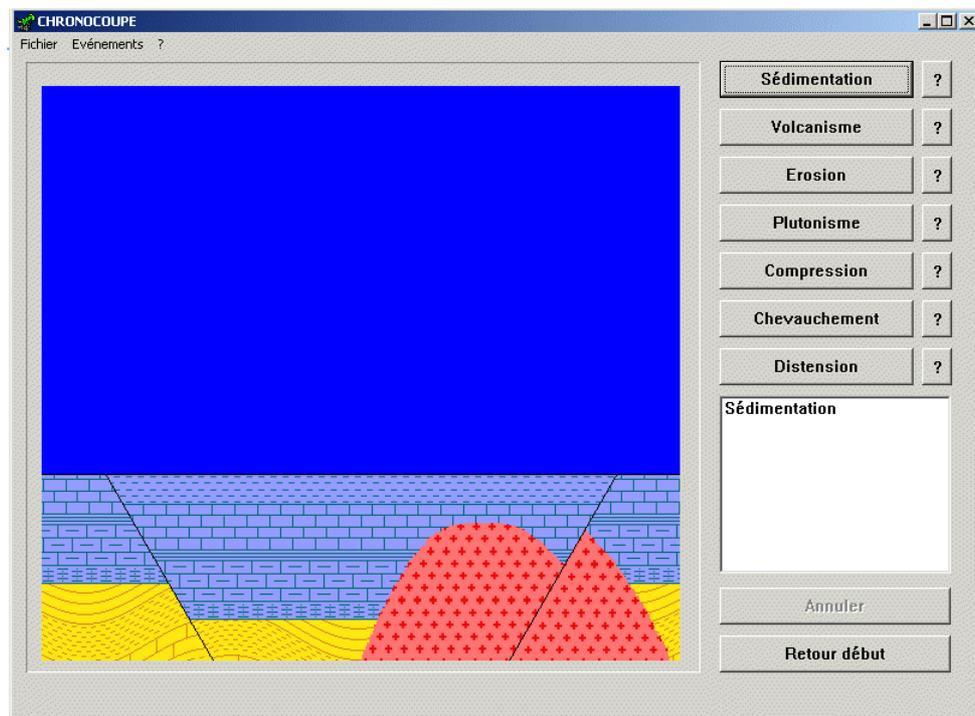


fig. 1. L'interface de chronocoupe

3. QUESTIONS DE RECHERCHE ET METHODOLOGIE DE L'ETUDE

Deux questions de recherche ont fait l'objet d'une investigation. La première porte sur les stratégies employées par les élèves. Ces élèves sont-ils en mesure d'exploiter les indices donnés par l'image modèle afin de reconstituer la chronologie qui a conduit à sa construction ? La seconde porte sur les apprentissages effectivement obtenus en plaçant les élèves en activité sur l'interface. Sont-ils en mesure de mettre en œuvre un raisonnement de type diachronique ? Afin de répondre à ces deux questions nous avons recueilli les traces de l'activité de 46 élèves à l'aide d'un logiciel développé à cet effet et complété ces traces par un questionnaire distribué à l'issue de la séance. Ce questionnaire permet de confirmer les résultats obtenus à l'aide de l'analyse de traces et d'évaluer la capacité des élèves à reconstruire la chronologie d'une série d'événements géologiques à partir

d'une photographie d'affleurement géologique. Durant 5 à 27 minutes les élèves travaillent en autonomie, sans intervention du professeur, et tentent de reproduire les cinq images « modèles » mises à leur disposition. Notre analyse ne porte que sur cette phase de la séance.

4. QUELLES STRATEGIES DE RESOLUTION ?

L'analyse des traces d'un élève (E1) montre que la première minute de son travail est consacrée à des clics sur les différents boutons *événements*, avant même le chargement de la première image. Cette phase, que nous qualifions de phase exploratoire, est identifiable chez environ 10% des élèves de notre corpus. E1 reproduit ensuite de manière exacte les 5 images « modèles » en un peu moins de 7 minutes. Durant le travail sur la première image, les accès à l'image « modèle » sont nombreux mais brefs. Quatre tentatives successives permettent néanmoins à cet élève de retrouver la chronologie exacte. Le décours temporel des clics est très différent en fin de séance. Un seul essai suffit et plus du tiers du temps est consacré à l'observation de l'image « modèle ». La durée d'observation de cette image, retenue comme indicateur de la stratégie employée, est importante en fin de séance. D'une stratégie de type essai/erreur en début de séance, cet élève semble par la suite adopter une stratégie fondée sur l'exploitation de l'image « modèle ».

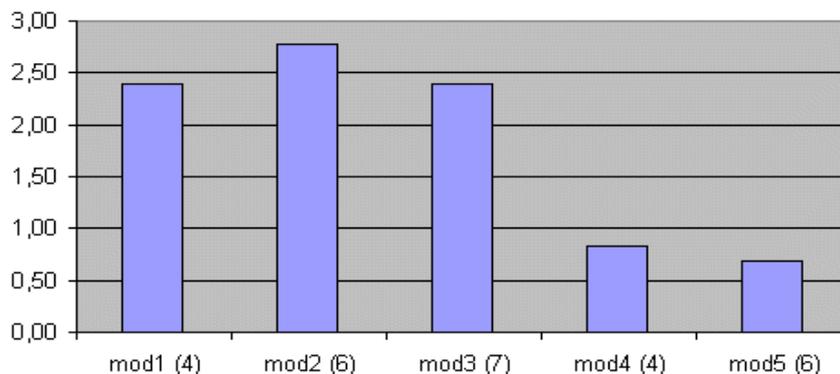


Fig. 2. Nombre moyen de « clics » sur le bouton « annuler »

Le nombre de clics sur le bouton *annuler* (fig. 2) au cours du travail sur les différentes images successives (mod1, mod2...) a également été retenu comme indicateur de la stratégie employée. En effet, l'utilisation de ce bouton permet d'explorer une seconde possibilité lorsqu'un essai se révèle infructueux. Pour l'ensemble des résultats disponibles, il est possible de distinguer deux phases dans la séance en ce qui concerne l'emploi de ce bouton. Il est utilisé en moyenne de 2,3 à 3,6 fois pour les trois premières images « modèles ». En fin de séance, pour les deux images suivantes, il est utilisé moins d'une fois en moyenne. Si on croise ces résultats avec les réponses au questionnaire on constate que les élèves indiquent majoritairement avoir cliqué plus ou moins au hasard en début de séance (45% contre 15% à un autre moment). Il semble donc que, pendant la première partie de la séance, les élèves procèdent principalement par essai/erreur pour tenter de reproduire les images « modèles ». Cette stratégie n'est véritablement abandonnée qu'à partir de la troisième ou quatrième

image pour une stratégie fondée sur une exploitation des informations apportées par l'observation de l'image à reproduire. Ce changement de stratégie n'est observable qu'en fin d'activité, à la 13^{ème} minute sur les 16 que dure le travail en moyenne.

5 QUELS APPRENTISSAGES ?

Les moyennes des temps consacrés à la réalisation (fig. 3) pour chacune des images « modèles » permettent d'apprécier la capacité des élèves à mettre en œuvre les principes de superposition et de recoupement pour identifier la chronologie relative des événements géologiques. De nouveau, on constate que la séance comprend deux phases. Une première phase, au cours de laquelle les temps moyens de réalisation sont élevés (trois premières images « modèles ») et une seconde phase pour laquelle ces temps diminuent de 2 à 3 fois. Il semble donc que, au cours de la séance, les élèves aient réussi à mettre en œuvre des procédures leur permettant de résoudre le problème de manière de plus en plus rapide donc efficace. Les élèves deviennent ainsi capables de repérer des indices géométriques sur l'image « modèle » et d'utiliser ces indices pour retrouver la chronologie.

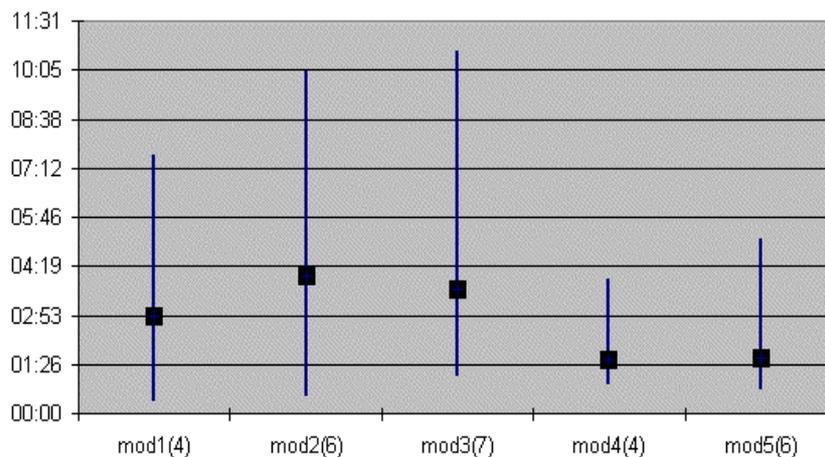


Fig. 3. Temps moyens de réalisation

Ces temps moyens masquent une très grande variabilité inter-individuelle (fig. 3). Le temps consacré à chacune des images varie ainsi d'un facteur de l'ordre de 10 pour les trois premières. Ce facteur n'est plus que de 3 à 5 pour les deux dernières ce qui semble témoigner d'une certaine homogénéisation des stratégies et des apprentissages : les principes de datation relative sont majoritairement employés. Les réponses au questionnaire, confirment que les élèves sont, à l'issue de la séance, en mesure d'identifier la chronologie des événements sur une photographie d'affleurement. Mais les résultats montrent que seul un élève sur 23 a pu justifier de manière complète sa réponse. Si, au cours de la séance, les élèves mettent en place des procédures pertinentes pour dater de manière relative des événements géologiques, ils ne deviennent pas pour autant capables de prendre le recul nécessaire pour identifier les procédures qu'ils utilisent et argumenter pour justifier leurs choix.

Les résultats obtenus montrent que, placés en autonomie face à de tels environnements informatiques, les élèves modifient leur stratégie initiale de résolution de problème. Ce changement est obtenu en demandant un travail répétitif qui permet aux élèves de prendre conscience qu'une stratégie fondée sur le tâtonnement n'est pas une stratégie optimale et les conduit à réviser leur manière de procéder. Il permet d'autre part une homogénéisation des niveaux des élèves du point de vue de leur aptitude à repérer une succession d'événements géologiques et à reconstruire la coupe représentative de cette séquence. Ces aptitudes, développées dans le cadre du travail sur un modèle simulé, peuvent être transférées pour un travail sur photographie d'affleurement. L'apprentissage observé porte sur des connaissances procédurales, utilisées certes de manière efficace, mais pas formalisées et donc pas utilisables pour construire une argumentation. Notre travail ne vise donc pas à décharger le professeur de sa responsabilité pédagogique. Si celui-ci s'est effacé le temps d'une activité autonome, notre travail montre que la suite qu'il donnera à la séance est fondamentale. Il devra conduire ses élèves à prendre conscience des règles de datation relative qu'ils se sont construites et aider à leur formulation de manière à ce qu'elles puissent constituer des supports à l'argumentation.

BIBLIOGRAPHIE

- BRAHIC A. DANIEL J.Y. HOFFERT M. TARDY M. SCHAAF A. (1999). Sciences de la Terre et de l'Univers, Vuibert.
- BROUSSEAU G. (1998) Théorie des situations didactiques, (didactique des mathématiques 1970-1990) La Pensée sauvage Grenoble.
- BRUILLARD E. (1997) Les machines à enseigner, Hermes.
- DODICK, J. & ORION, N. (2003a) Geology as an historical science : Its perception within science and the education system. *Science & Education*, 12, 197-211.
- DODICK, J. & ORION, N. (2003b) Cognitive factor affecting student understanding of geologic time. *Journal of research in science teaching*, 40, 415-442.
- FRODEMAN, R. (1995) Geological reasoning : geology as an interpretative and historical science. *Geological Society of America Bulletin*, 107, 960-968.
- GOULD, S.J. (1990) Aux racines du temps. Grasset et Fasquelle.
- MONTANGERO, J. (1996) Understanding changes in time. London : Taylor and Francis.
- PAPERT S. (1981) Jaillissement de l'esprit, ordinateurs et apprentissage, Flammarion.
- RAAB, T. & FRODEMAN R. (2002). What's it like to be a geologist? Phenomenology of geology and its practical implications. *Philosophy and Geography*, 5/1, 69-81.
- STENGERS I. (1993). L'invention des sciences modernes. La Découverte.
- VALE DIAS, MDL, (2002) Eduquer et former pour la créativité au XXI^e siècle : l'importance de la perspective diachronique, 6^e biennale éducation et formation.