



HAL
open science

Les facteurs majeurs contrôlant les conceptions initiales en Géosciences : cas de l'enseignement du magmatisme de subduction en Terminale S à Saint Martin, approche quantitative par modélisation du contexte

Alexandra Renouard

► To cite this version:

Alexandra Renouard. Les facteurs majeurs contrôlant les conceptions initiales en Géosciences : cas de l'enseignement du magmatisme de subduction en Terminale S à Saint Martin, approche quantitative par modélisation du contexte. Sciences de l'Homme et Société. 2015. dumas-01202822

HAL Id: dumas-01202822

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01202822>

Submitted on 21 Sep 2015

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.

UNIVERSITE DES ANTILLES ET DE LA GUYANE



ESPE de Guadeloupe



Mémoire de Master

«METIER de L'ENSEIGNEMENT, DE L'EDUCATION ET DE LA FORMATION»

Mention Pratiques et ingénieries des didactiques contextuelles

Présenté en vue de l'obtention du Grade de Master sur le thème :

**Les facteurs majeurs contrôlant les conceptions initiales en
Géosciences.**

**Cas de l'enseignement du magmatisme de subduction en Terminale S à
Saint Martin, approche quantitative par modélisation du contexte.**

Mémoire présenté par : Alexandra Renouard

Directeur : Thomas Forissier

Co-directeur : Yves Mazabraud

Année 2014/2015

REMERCIEMENTS

« Et je vis Sisyphe qui souffrait de grandes douleurs et poussait un énorme rocher avec ses deux mains. Et il s'efforçait, poussant ce rocher des mains et des pieds jusqu'au sommet d'une montagne. Et quand il était près d'en atteindre le faîte, alors la masse l'entraînait, et l'immense rocher roulait jusqu'au bas. Et il recommençait de nouveau, et la sueur coulait de ses membres, et la poussière s'élevait au-dessus de sa tête. ».

Homère, *Le supplice de Sisyphe*

Seulement, si Sisyphe choisit de monter le rocher alors il devient maître de son destin et nous pouvons considérer Sisyphe heureux...

Ce sont donc de vifs remerciements que j'adresse à toutes les personnes qui, d'une manière ou d'une autre, ont participé à ce travail.

Merci à Thomas Forissier, qui a dirigé ce travail, pour ses conseils.

Merci également à Yves Mazabraud pour son implication. Merci d'avoir accepté de lire entièrement ce travail.

Merci aux élèves de Terminale S, Latoya, David, Maxime, Eva, Sarah, Dylan, Alice et Ann-Elisabeth, qui ont accepté de participer à ce travail et d'y passer un peu de leur temps.

Un grand merci aux parents pour leur disponibilité et leur bonne humeur. Merci de s'être prêté au « jeu ».

Merci également à mes proches, et puis toi, surtout, pour ta patience. Merci d'avoir accepté et encouragé à pousser le rocher de Sisyphe.

SOMMAIRE

1	Introduction.....	5
2	Cadre théorique	8
2.1	Les conceptions : un processus plus qu'un objet	8
2.1.1	Des <i>représentations</i> aux <i>conceptions</i> , un fondement épistémologique.....	8
2.1.2	Le travail des représentations	9
2.1.3	La construction de problèmes explicatifs.....	14
2.2	Les interactions : une dimension sociale et instrumentale.....	19
2.2.1	Des interactions sociales entre sujets à rôle émetteur et récepteur.....	19
2.2.2	La médiation instrumentale : le produit d'une interaction entre un objet et un sujet.....	20
3	Objet d'étude et problématique	23
4	Questions de recherche et hypothèses.....	25
4.1	Modélisation du contexte de l'élève : une approche par la structure cristalline des minéraux silicates.....	25
4.1.1	Le néso-instrument élève, produit de l'interaction entre les objets du contexte et le sujet lui-même.....	25
4.1.2	L'ino-instrument conceptions de l'élève : une interaction entre son néso-instrument et les néso-instruments des sujets de son entourage	27
4.1.3	Le phyllo-instrument de la classe : un système d'interactions entre ino-instruments élèves	29
4.1.4	Le tecto-instrument : les prémices tridimensionnelles d'un système ultra-complexe d'interactions intra- et interindividuelles, inscrit dans un espace temporel.....	31
4.2	Première question de recherche : la caractérisation globale des intensités des interactions intra- et interindividuelles au sein de chaque ino-instrument élève	33
4.3	Deuxième question de recherche : la détermination spécifique des interactions les plus stables parmi toutes les interactions intra- et interindividuelles au sein des ino-instruments	34
4.4	Troisième question de recherche : la définition de profils d'élèves en relation au type d'interactions impliquées au sein des ino-instruments.....	35
5	Méthodologie de la recherche	37
5.1	Première étape : définir la méthodologie d'évaluation qualitative de l'interaction entre l'élève et son objet contextuel	37
5.1.1	Principe de la méthode de calcul de la valeur des objets contextuels	37
5.1.2	Caractérisation des cinq catégories définissant l'objet d'enseignement et d'apprentissage	38
5.1.3	Caractérisation des cinq catégories définissant l'objet médiatique	40

5.1.4	Caractérisation de l'objet croyances.....	41
5.1.5	Caractérisation des cinq catégories définissant l'objet géologique.....	41
5.2	Deuxième étape : sélection des élèves à interroger en entretien.....	42
5.2.1	Un premier critère : les productions écrites.....	42
5.2.2	Second critère : les groupes de travaux élèves	42
5.2.3	Troisième critère : la disponibilité des parents	43
5.2.4	Sélection finale des élèves de Terminales S	43
5.3	Troisième étape : conduite des entretiens parents et élèves	45
5.3.1	Entretiens élèves	45
5.3.2	Entretiens parents	56
5.4	Quatrième étape : analyse des corrélations entre objets contextuels à partir de l'analyse factorielle en composante principale (ACP).....	56
5.4.1	Principe de la recherche corrélacionnelle	56
5.4.2	Principe de l'analyse en composante principale (ACP) avec le logiciel Statistica	58
6	Présentation et analyse des résultats	71
6.1	Construction des néso-instruments élèves de Terminale S	71
6.2	Caractérisation globale des intensités des interactions intra- et interindividuelles au sein de chaque ino-instrument élève de Terminale S.....	71
6.2.1	Caractérisation des intensités des interactions entre l'élève et ses objets contextuels.....	71
6.2.2	Caractérisation des intensités des interactions entre élèves collaborateurs.....	77
6.2.3	Caractérisation des intensités des interactions entre élèves et parents	85
6.2.4	Caractérisation des intensités des interactions entre élèves et enseignants.....	93
6.3	Détermination spécifique des interactions les plus stables au sein des ino-instruments élèves.....	95
6.3.1	Analyse en composante principale de la matrice de corrélation entre variables	95
6.3.2	Détermination des interactions les plus stables entre les individus au sein de l'ino-instrument élève	99
6.4	Détermination des profils d'élèves relativement aux interactions avec leurs objets contextuels au sein des ino-instruments	105
6.4.1	Sélection de l'image la plus proche du nuage des individus originel	105
6.4.2	Evaluation de la projection des variables et de leur corrélation aux axes	107
6.4.3	Définition des groupes à partir des trois plans factoriels.....	109

7	Discussion des résultats.....	117
7.1	Confirmation d'une interaction d'intensité forte entre l'objet médiatique et l'élève.....	117
7.1.1	L'objet médiatique, un référent pour construire un registre empirique et valider les observables 118	
7.1.2	L'objet médiatique : un référent spécifique à chacun pour modeler une structure profonde commune.....	121
7.1.3	L'objet médiatique : une référence nécessaire mais non suffisante	125
7.2	L'interaction entre l'élève et un nouvel objet, l'objet terrain : une interaction faible à considérer	126
7.2.1	L'exemple de la Soufrière de Guadeloupe	126
7.2.2	L'exemple de la Chaîne des Puys dans le Massif Central	131
7.2.3	Un nécessaire ancrage de l'objet terrain dans un scénario d'enseignement et d'apprentissage	134
7.3	L'interaction objet médiatique-élève : la confirmation d'une interaction très stable.....	140
8	Conclusion : Bilan et perspectives	148
8.1	Bilan : définition des interactions stables au sein des ino-instruments élèves	148
8.2	Détermination final des profils d'élèves en regard de l'hypothèse de recherche émise.....	150
8.2.1	Bilan des élèves E1LP et E6AT : profil 7 de l'hypothèse de recherche.....	151
8.2.2	Bilan des élèves E2DS et E8AS : profil 4 de l'hypothèse de recherche.....	154
8.2.3	Bilan des élèves E4SM et E5EJ : profil 1 de l'hypothèse de recherche	156
8.2.4	Bilan des élèves E3MJ et E7DL : profil 3 de l'hypothèse de recherche	158
8.3	Perspectives	161
9	Bibliographie.....	163
10	Table des annexes	195
11	Table des illustrations : liste des figures	196

1 Introduction

« Comment aborder la question du sens ? Sans aucune provocation, osons dire que ce texte-ci n'a aucun sens. Le sens ne gît pas dans les situations, le sens ne réside pas dans les contextes, le sens se trouve dans le rapport qu'un sujet vit avec un contexte. Aussi ce texte aura du sens si le lecteur y trouve du sens, ou n'aura pas de sens s'il ne fait pas vibrer en lui quelque chose qui a sans doute à voir avec son rapport au monde, son rapport à lui-même ou son rapport aux autres. »

Michel Develay, 1998

Ces propos écrits par Michel Develay qui nous ont posé question il y a bien longtemps, en 2003, résonnent encore et sont donc repris intacts dans le cadre de ce mémoire de master 2 Pratique et Ingénierie des Didactiques Contextuelles, douze années plus tard. Un paradoxe ?

Éric Sanchez (2008) débute son mémoire de thèse avec la citation d'un élève de Terminale S : « à force de parler de roches et encore de roches, c'est devenu un peu long et presque ennuyant ». Ces paroles font écho, identiques, dans toutes les classes. C'est évidemment un thème vers lequel nous nous orientons naturellement.

De plus, les élèves qui sont l'objet de notre étude, vivent dans un contexte géologique particulier : une île, Saint-Martin, inscrite dans un arc insulaire et un contexte géodynamique tout aussi spécifique, à savoir, une zone de subduction océanique¹ associée à un magmatisme à tendance calco-alkaline². L'intérêt de l'étude est également primordial puisque les phénomènes liés au magmatisme des zones de subduction permettent de mieux comprendre le fonctionnement du globe terrestre, mais également les risques telluriques³ potentiels encourus dans une telle zone.

Enfin, si nous nous référons au programme des Sciences de la vie et de la Terre (SVT) du collège (Bulletin Officiel de l'Education Nationale BOEN, août 2008) et du lycée (Bulletin Officiel de l'Education Nationale BOEN, septembre 2010 pour la Première S et Bulletin Officiel de l'Education Nationale BOEN, octobre 2011 pour la Terminale S), les notions d'arc insulaires et de zone de subduction sont évoquées au collège par l'étude de deux grands types d'éruption

¹ Une subduction océanique est le processus qui se traduit par l'enfouissement dans le manteau terrestre d'une plaque lithosphérique océanique, ici la plaque Atlantique, plonge sous une autre plaque lithosphérique (ici les Caraïbes) (D'après *Pétrologie endogène* de Bernard Bonin).

² Le magma calco-alkalin est caractérisé par un taux relatif d'oxyde de potassium (K_2O) + d'oxyde de sodium (Na_2O) et de silice SiO_2 moyen ($52\% < SiO_2 < 62\%$) (D'après *Pétrologie endogène* de Bernard Bonin)

³ Ce sont les risques relatifs à la Terre solide : séismes, volcans, glissements de terrain, sécheresse géotechnique et effondrement de cavités souterraines (D'après le BRGM)

volcanique (effusive⁴ et explosive⁵), de la répartition des volcans actifs ainsi que du mouvement des plaques dont leur enfouissement au niveau des fosses océaniques⁶. En première S, la notion de subduction est reprise de façon allusive : c'est un lieu de destruction de la lithosphère océanique⁷ marqué par une répartition des foyers sismiques⁸ suivant un plan incliné, le plan de Wadati-Benioff. Enfin, en Terminale S, l'étude de la subduction est approfondie par l'étude du magmatisme et des phénomènes associés, l'étude du moteur de la tectonique des plaques et l'étude de la convection mantellique⁹.

De ce fait, au vu de l'environnement naturel des élèves de Terminale S saint-martinois : un contexte géologique particulier de subduction, nous pouvons penser, à juste titre, que les phénomènes étudiés tout au long de la scolarité sont bien connus de ces derniers car accessibles à l'observation directement. D'autant plus que la dynamique éruptive du volcan la *Soufriere Hills* de Montserrat fait bien parler de lui dans les médias locaux. Qu'en est-il alors des conceptions initiales des élèves de Saint-Martin sur le magmatisme de subduction lorsqu'ils abordent l'étude du thème ? Comment pensent-ils que leur île s'est formée ?

A la lumière des productions écrites recueillies, exprimant leurs idées spontanées, nous verrons que cette évidence pointée concernant l'état de connaissances de ces élèves n'en est en fait pas une. Il est alors nécessaire d'apporter des éléments de compréhension quant à ce constat paradoxal. Ainsi, si le sens se trouve dans le rapport qu'un sujet vit avec un contexte, quel est le contexte des élèves de Terminale S de Saint-Martin ? Quels rapports ont-ils avec chaque élément de leur contexte ?

Nous tentons donc dans ce travail de modéliser le contexte de huit élèves afin de mieux décrire les relations qui existent entre ces derniers et les différents éléments de leur contexte. Ceci

⁴ Une éruption effusive est caractérisée par l'épanchement d'un magma fluide sous forme d'une coulée de lave qui épouse le relief ou d'un magma un peu plus visqueux qui ne peut pas couler, s'accumule et constitue un dôme (d'après *Volcanologie* de J.-M. Bardintzeff)

⁵ Une éruption explosive est définie par un magma constitué d'un mélange de phases solide, liquide et/ou gazeuse qui arrive violemment en surface. Des matériaux pyroclastiques (cendres, bombes, blocs, ponces, etc.) sont projetés à grande vitesse, à des altitudes et des distances importantes et recouvrent de grandes surfaces ((d'après *Volcanologie* de J.-M. Bardintzeff)

⁶ Une *fosse océanique* ou fosse sous-marine est une dépression sous-marine profonde, plus ou moins longue et étroite, présente dans les zones de subduction.

⁷ La lithosphère océanique désigne la couche superficielle de la Terre constituée par la croûte océanique et une partie du manteau terrestre, le manteau lithosphérique (elle fait environ 80 Km d'épaisseur)

⁸ Un foyer sismique désigne le lieu d'occurrence d'un séisme en profondeur dont la projection orthogonale en surface est l'épicentre

⁹ La convection mantellique désigne le mode de transfert de chaleur avec mouvement de matière au sein du manteau.

nous permettra alors de mieux comprendre le rapport que chaque élève a avec son contexte et donc de mieux appréhender leurs conceptions initiales associées au thème étudié. Freud écrit : « apprendre, c'est investir du désir dans un objet de savoir ». Seulement, avec le savoir, chacun vit une relation objectale bien spécifique : l'apprentissage prend donc une dimension identitaire. Cette étude soulèvera aussi des profils d'élèves différents vis-à-vis des objets du savoir. De cette manière, débusquer les paramètres majeurs qui expliquent les conceptions initiales des élèves, c'est permettre de construire des actions didactiques qui tiennent compte du rapport final que l'élève entretient avec son contexte géologique et géodynamique.

2 Cadre théorique

Cette partie nous apporte les lentilles conceptuelles qui nous permettront d'élaborer notre problématique, de préciser nos questions de recherche et d'élaborer un cadre d'analyse des données recueillies au cours de nos expérimentations. Il s'agit d'examiner comment les travaux antérieurs permettent d'éclairer la question de la construction du contexte des élèves qui explique et anticipe leurs conceptions initiales.

Ceci nous amène à explorer différents cadres théoriques :

- les travaux menés sur les conceptions afin d'en définir le concept, leur place et leur rôle dans les processus d'apprentissage ;
- les travaux qui nous apportent un éclairage sur la question des interactions interindividuelles au cours de l'apprentissage d'un point de vue socio-constructiviste ;
- les travaux qui nous offrent un point de vue interprétatif sur la question de la médiatisation des interactions entre un objet donné et le sujet impliqué. Nous examinons pour cela les travaux sur la médiation instrumentale.

2.1 Les conceptions : un processus plus qu'un objet

2.1.1 Des *représentations* aux *conceptions*, un fondement épistémologique

C'est Emile Durkheim qui, en 1898, a différencié les représentations individuelles des représentations collectives. Ce concept a été notablement développé par Serge Moscovici, sous l'expression de *représentation sociale*, pour définir une modalité de connaissance particulière, servant la communication sociale et résolument distincte de l'univers de la pensée scientifique (Moscovici, 1961). Puis, Jean Piaget interroge les mécanismes de la projection et le réalisme enfantin. Ce réalisme expose la pensée « *à de perpétuelles confusions entre l'objectif et le subjectif, entre le vrai et l'immédiat* » (Piaget, 1926). Enfin, Gaston Bachelard exprime que l'expérience première, la « connaissance générale », le pragmatisme, le substantialisme et l'animisme sont autant d'obstacles à la pensée scientifique (G. Bachelard, 1938).

Seulement, le texte fondateur des recherches en didactique, s'agissant des représentations à l'œuvre dans les apprentissages scolaires, a été rédigé par Jean Migne en 1970, et est intitulé *Pédagogie et représentations* (Migne, 1970).

Les représentations sont généralement considérées comme des systèmes de connaissances organisés et structurés qu'un sujet mobilise spontanément face à une question ou à un problème, que ceux-ci aient ou non fait l'objet d'un apprentissage. Elles renvoient à des façons particulières

de raisonner qui se réfèrent à un modèle explicatif préexistant aux apprentissages formels. Elles sont également évolutives et personnelles. Cependant, le terme de *représentation* est jugé trop statique. En effet, il désigne davantage une simple *re-présentation* de l'image de l'objet en son absence, aux sens philosophique (*repraesentatio*) et psychanalytique (*vorstellung*).

André Giordan et Gérard de Vecchi ont alors proposé de remplacer le terme de *représentation* par celui de *conception* (A. Giordan et G. de Vecchi, 1987). Ce terme cherche donc à se débarrasser de la polysémie du terme *représentation* et de son emploi dans différents champs, comme la sociologie, la psychanalyse et la psychologie cognitive. Il est conséquemment restreint au champ de validité de la didactique dans la mesure où il est employé à propos des représentations interférant avec l'acquisition de connaissances des apprenants dans des situations d'enseignement-apprentissage. André Giordan et Gérard de Vecchi définissent donc les conceptions comme « un ensemble d'idées coordonnées et d'images cohérentes, explicatives, utilisées par les apprenants pour raisonner face à des situations problèmes » et « traduisant une structure mentale sous-jacente responsable de ces manifestations contextuelles ». *L'apprendre* est défini non plus comme une simple dynamique de construction du savoir, mais comme un *processus de déconstruction-reconstruction des conceptions* (Giordan & Girault, 1996). **Dans le cadre de notre étude, nous utiliserons donc le terme de *conception*.**

2.1.2 Le travail des représentations

2.1.2.1 *La métaphore de l'iceberg : des structures de surface modelant des structures profondes*

La pratique consistant à faire « émerger les conceptions des élèves » en préliminaire d'une séquence n'est pas nouvelle. Mais que faire des productions que nous aurions ainsi collectées ? Ce n'est pas ce que l'élève dit, écrit ou dessine qui importe, c'est-à-dire la structure de surface, mais la structure sous-jacente qui serait à l'origine de cette expression (A. Giordan, 1998). Pour aider à saisir ces deux dimensions, Philippe Jonnaert recourt à la *métaphore de l'iceberg* (**figure 1**). Il distingue un niveau superficiel, observable, qui est celui des productions orales, écrites et graphiques produites par les apprenants, et un niveau profond, insu, que constitue le réseau immergé des hypothèses explicatives (Astolfi *et al.*, 1997). C'est ce que Giordan et de Vecchi (1994) rappellent en affirmant que la conception n'est que la partie émergée d'un réseau de conceptions plus larges.

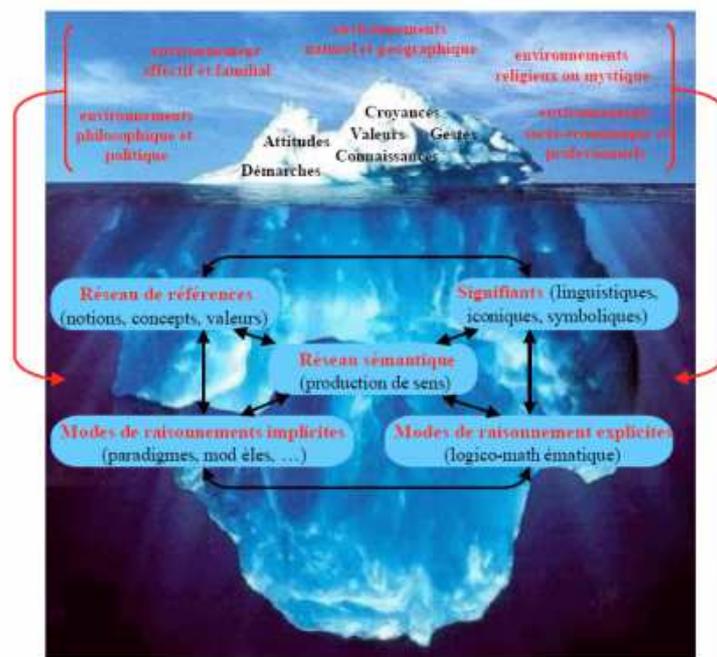


Figure 1. La métaphore de l'iceberg pour représenter les conceptions (d'après Giordan-Pellaud, 2001)

Bien plus que de simples représentations ou images mentales, les conceptions font donc appel à des *modes de raisonnement*, à des *réseaux de références* et des *signifiants variés*. L'ensemble de ces éléments est directement issu du vécu de chacun, influencé par les *multiples environnements* (*environnements culturels et historiques propres, géographiques, religieux, socio-économiques, politiques et affectifs*) dans lesquels nous baignons quotidiennement et dont les aspects affectifs vont souvent jouer un rôle déterminant. Ces conceptions ne sont donc jamais évidentes et rarement exprimées de manière explicite. Tel l'iceberg repéré par la petite fraction qui affleure au-dessus de l'eau, elles ne sont révélées que par des *gestes*, des *attitudes*, l'expression de *valeurs*, de *croyances* ou de *connaissances*, qui peuvent apparaître de manière tout à fait anodine au cours d'une discussion, d'une réponse à une question, d'un dessin.

Si les productions de surface sont innombrables, les structures sous-jacentes, elles, existent en un nombre restreint de figures et de modèles qui révèlent une certaine régularité. Ce constat d'invariance peut alors faire rechercher l'existence d'une structure stable qui serait responsable des manifestations de surface (Astolfi et Develay, 1987).

De cette manière, à la lumière de la *métaphore de l'iceberg* (figure 1), nous définirons les conceptions initiales comme le résultat d'un modelé des structures profondes par l'environnement de l'élève qui transparaittent à travers l'expression de surface de leurs connaissances ou de leurs croyances. Nous nous servirons également de cette métaphore pour élaborer notre problématique.

2.1.2.2 *Le modèle allostérique de l'apprendre : apprendre, c'est transformer ses conceptions*

Les conceptions, par leur plasticité, répondent ainsi à de nombreuses situations et suffisent généralement au sujet pour ses besoins quotidiens. Ils lui assurent une certaine tranquillité cognitive et le maintien de l'image de soi, mais génèrent un conservatisme qui fait obstacle à l'acquisition de la plupart des connaissances scolaires. Cependant, selon Guy Brousseau (1998), il est inévitable que l'apprentissage et *a fortiori* l'enseignement, surtout quand il est axé sur la compréhension des notions communiquées, fasse surgir des obstacles cognitifs (d'ordre ontogénétique¹⁰, didactique¹¹ et épistémologique¹²). Parmi ces obstacles cognitifs, certains sont parfaitement évitables, d'autres le sont beaucoup moins. Seulement, les obstacles ne constituent pas, en sciences, des accidents qui auraient pu et qui doivent être évités, mais sont l'occasion du progrès intellectuel. Cependant, ce franchissement d'obstacle ne suffit pas à ce que la nouvelle connaissance soit meilleure pour que la précédente disparaisse. Il est nécessaire que la connaissance erronée soit identifiée comme telle et que son rejet fasse partie intégrante de la connaissance nouvelle.

André Giordan (1997) propose un modèle didactique pour penser le dépassement de l'obstacle : le *modèle allostérique de l'apprendre* ou « *allosteric learning model* ». Ce dernier possède la particularité principale de récuser l'hypothèse de linéarité de l'acquisition des savoirs, en proposant qu'ils se font et se défont au contraire au gré des expériences vécues par l'individu, ainsi que sous l'influence forte de ses affects et de ses émotions.

Selon ce modèle, chacun des icebergs (représentant les conceptions) figure un acide aminé. Les conceptions ne sont pas autonomes : elles sont reliées entre elles, avec des liens plus

¹⁰ Les conceptions sont dues à l'inachèvement du développement de l'enfant (théorie de Piaget, 1926)

¹¹ Les difficultés sont ici générées par les situations didactiques elles-mêmes, la manière dont les savoirs scolaires construisent une réalité propre à instituer des conventions qui ne sont plus remises en cause

¹² Il existe des modes de pensée pré ou non-scientifiques qui génèrent des obstacles à l'apparition de la pensée scientifique (théorie de Piaget)

ou moins solides, au sein d'un réseau complexe et mouvant qui s'apparente au réseau constitué par les acides aminés liés dans les protéines allostériques. Dans cette perspective, le savoir global est donc défini comme un ensemble de protéines, en interaction ou non selon que les réseaux de conceptions qu'elles représentent constituent des systèmes explicatifs compatibles (cas des connaissances en biologie et en chimie) ou non (cas des croyances religieuses et des connaissances scientifiques). Chaque nouvelle information reçue par l'élève va alors être confrontée à l'un de ses réseaux de conceptions, qui l'accueillera soit comme une protéine accueillerait un réactif chimique : c'est le cas d'une information qui provoque la réorganisation de conceptions, ou, soit comme un nouvel acide-aminé : cas de l'information qui constitue un savoir nouveau et se raccroche à la structure préexistante (**figure 2**). Mais tout réactif chimique n'a pas nécessairement d'action sur une protéine : il peut également être rejeté ou même dans certains cas, être transformé lui-même avant d'être plus ou moins intégré par la protéine.

Le principe du modèle allostérique de l'apprendre nous servira alors de lentille conceptuelle pour aborder l'analyse des propos établis par les élèves puisqu'il nous donne à voir que les informations apportées par l'ensemble des paramètres de l'environnement de l'élève peuvent être réorganisées, déformées, filtrées par ses conceptions ou bien induisent la transformation de ses conceptions en des conceptions plus opératoires (figure 2).

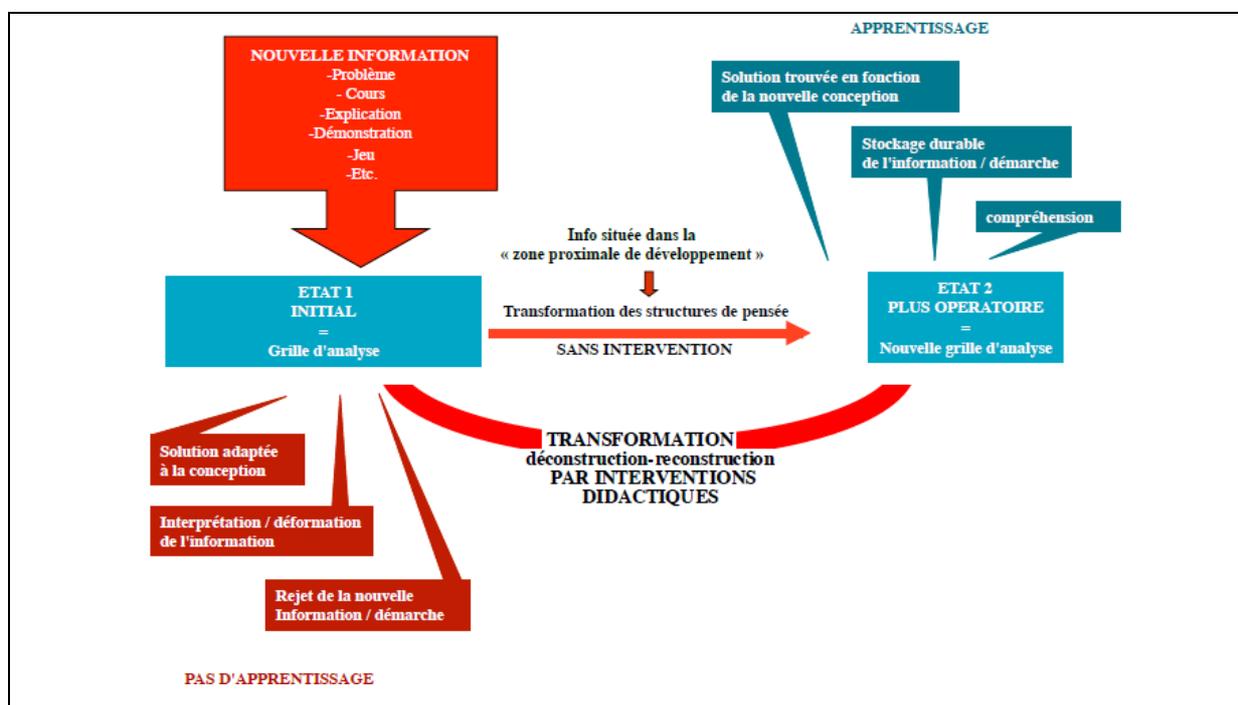


Figure 2. Processus de transformation des conceptions (D'après Giordan, 1997, Eastes, 2013)

L'élève ne se laisse donc pas facilement déposséder de ses opinions et de ses croyances. A l'introduction d'une perturbation cognitive qui heurte la conception de l'élève, celle-ci provoque une tension qui rompt le fragile équilibre créé par le cerveau. Le savoir peut être reformulé pour limiter cette tension. L'élève passe par un état de transition incertain, au cours duquel il va peu-à-peu se réappropriier un autre savoir au moins aussi fiable que celui qui a été « abandonné » (**figure 3**). Pour autant, l'efficacité de la perturbation ne préjuge en rien de sa capacité à modifier de façon durable le savoir de l'élève.

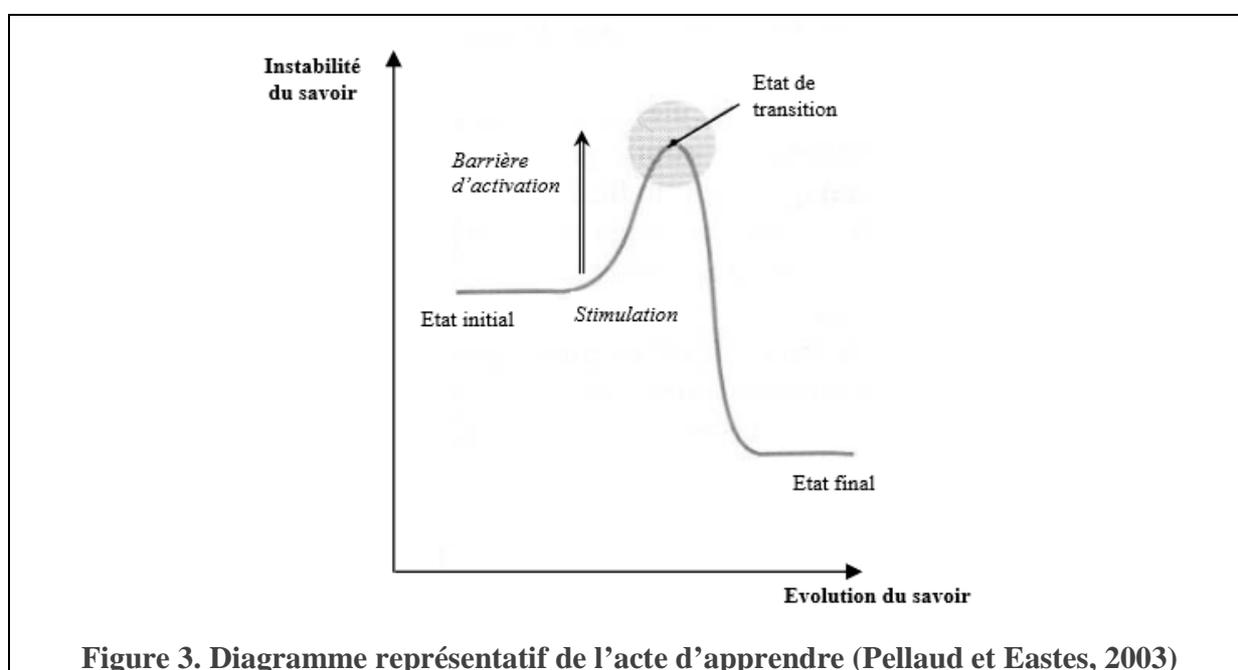


Figure 3. Diagramme représentatif de l'acte d'apprendre (Pellaud et Eastes, 2003)

Dans le cadre du thème que nous étudions, nous tiendrons compte de cette considération afin d'apporter des éléments de compréhension, issus de l'environnement-même de l'élève, quant à l'origine de cet état de transition instable et incertain.

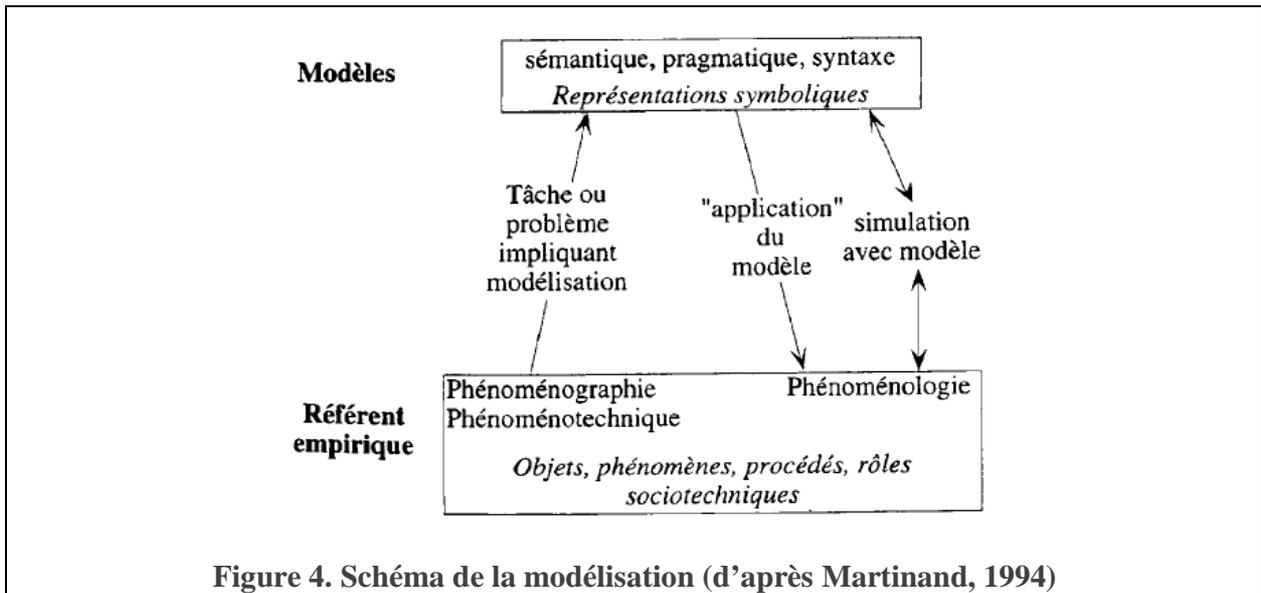
Seulement, les conceptions ne sont pas des « choses » auxquelles nous accédons et qui nous présentent l'état des connaissances des élèves à un moment donné, indépendamment du problème sur lequel les élèves travaillent. En effet, cela reviendrait à comparer les productions des élèves à des modèles scientifiques qui décriraient la réalité telle qu'elle est, indépendamment du problème que ces modèles sont censés mettre au travail.

2.1.3 La construction de problèmes explicatifs

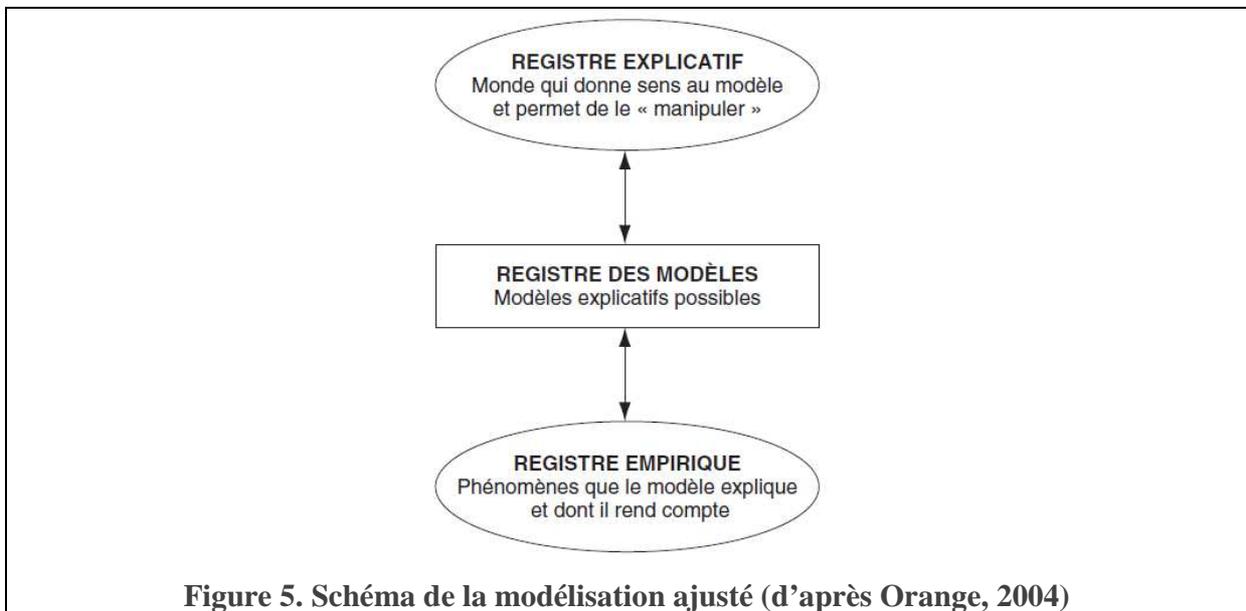
Face aux réifications précédemment citées et, du fait que les conceptions présentent de profondes références épistémologiques¹³ qui définissent leur résistance par leur cohérence et leur efficacité, Denise Orange-Ravachol et Christian Orange (2013) rappellent alors qu'elles nécessitent un lien fort avec les problèmes scientifiques, particulièrement les problèmes explicatifs.

C'est pourquoi Christian Orange et Michel Fabre font intervenir le processus de problématisation (Orange, 2002). Ces auteurs font le lien entre les conceptions des élèves et les savoirs scientifiques auxquels ils doivent accéder. Ce qui fait mettre en lumière une caractéristique indispensable des savoirs scientifiques : leur *apodicticité* (Orange, 2002). La résolution de problèmes scientifiques passe par une démarche de modélisation qui comprend l'élaboration de nouvelles représentations conceptuelles à partir de représentations préexistantes. Les conceptions sont donc comparées à des modèles scientifiques. Ces derniers sont définis comme des constructions (schémas, texte, équations, combinaisons de formes, etc.) destinées à rendre compte de certains phénomènes (Orange, 1997). La construction par un élève d'une production explicative et de la représentation correspondante partage avec la modélisation des scientifiques le fait d'articuler des éléments appartenant à un *registre empirique* (celui des phénomènes dont on cherche à rendre compte) avec des éléments appartenant au *registre des modèles* (celui des constructions explicatives), selon le schéma proposé par Jean-Louis Martinand (1994 : **figure 4**).

¹³ Modes d'explications liés à des stéréotypes sociaux ou à une interprétation des données de l'expérience fondée sur la perception immédiate et relevant du réalisme naïf



La modélisation se fait nécessairement dans un cadre explicatif plus ou moins explicite ; c'est lui qui donne des repères pour construire les modèles et leur confère leur valeur explicative. Un deuxième registre est ajouté alors : le *registre explicatif* (Orange, 2004 : **figure 5**). De cette manière, le modèle se réfère à la fois au registre empirique (phénomènes que le modèle explique et dont il rend compte) mais aussi au registre explicatif (monde qui donne sens au modèle et permet de le manipuler).



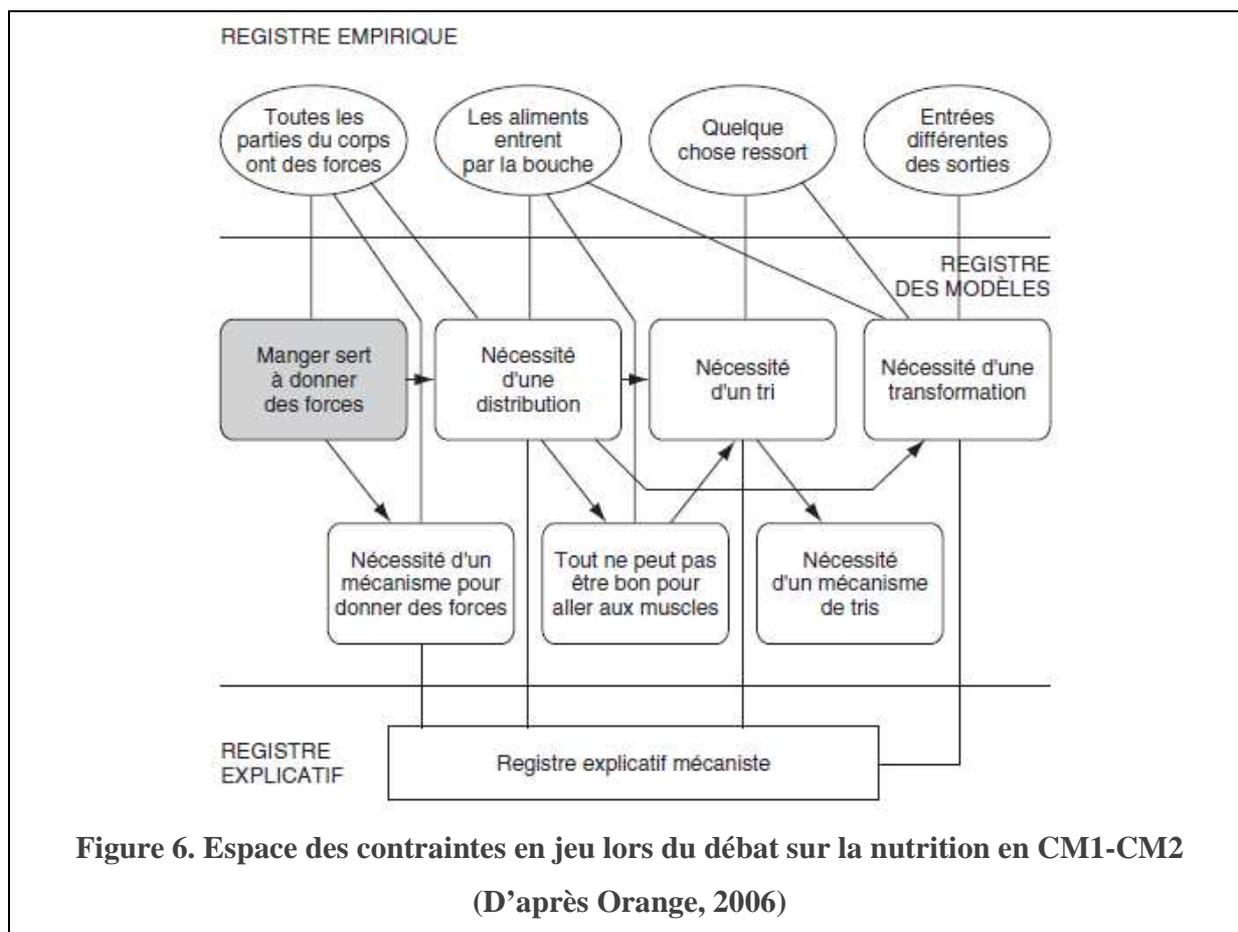
Dans le cadre de cette modélisation, il s'agit donc d'explorer et d'identifier le champ des modèles possibles c'est-à-dire d'identifier les nécessités qui fondent les savoirs scientifiques

(Orange, 2002, 2013). Tant que des argumentations ne sont pas produites explicitement pour justifier ou discuter les modèles construits, les représentations ne correspondent pas à des savoirs apodictiques. Ces argumentations se font nécessairement au sein d'une communauté scientifique (la classe et tous les documents venant de l'extérieur de la classe). Ainsi, selon cette considération, les conceptions ne sont plus considérées comme des appuis pour les changer (*travail des représentations*) mais comme des modèles explicites et argumentés sous-tendus par des conditions de nécessités en lien avec les contraintes empiriques (*construction des problèmes*) (**tableau 1**).

Point de vue du « Travail sur les représentations »	Point de vue de la « Construction des problèmes »
<p>Objectifs : faire passer les élèves d'une représentation C1 à une représentation C2</p> <p>Travail didactique : faire prendre conscience à l'élève de ses représentations et de leurs limites (qui de nous a raison?)</p> <p>C1 et C2 sont de même nature C2 est plus proche des savoirs actuels que C1</p>	<p>Objectifs : faire passer les élèves d'une opinion O à un savoir scientifique S</p> <p>Travail didactique : faire construire le problème et, en particulier, les raisons. (quelles raisons se cachent derrière nos idées ?)</p> <p>O et S ne sont pas de même nature S est un savoir raisonné</p>

Tableau 1. Comparaison du point de vue du travail des représentations et celui de la problématisation (D'après Orange, 2013)

La problématisation en sciences est donc définie comme l'exploration des articulations possibles entre registre des modèles et registre empirique ; elle conduit à l'identification de contraintes et de conditions de possibilité des solutions (nécessités). Les problématiques, développées par des élèves lors de débats scientifiques, sont décrites à travers des représentations schématiques, nommées *espaces de contraintes*. Ces espaces représentent les contraintes empiriques (éléments empiriques invoqués par les élèves et partagés par la classe) et les nécessités (solutions proposées aux impossibilités de fonctionnement) qui ont été discutées par les élèves au cours du débat (Orange, 2006). Précisément, cette représentation a pour intérêt de caractériser, de décrire les produits de l'activité de problématisation et de mettre en valeur la construction d'un raisonnement en le situant sur ses pôles empiriques et des modèles. L'espace de contraintes présenté ci-dessous est par exemple établi à partir de l'étude d'un débat en CM1-CM2 qui portait sur « *comment ce que j'ai mangé peut donner des forces à tout mon corps* » (Orange, 2006 : **figure 6**). Les contraintes empiriques sont notées dans la partie supérieure du schéma, les nécessités dans la partie moyenne. Les flèches indiquent la « propagation » logique de ces nécessités.



De cette manière, à travers l'étude des espaces de contraintes, nous situerons les analyses et résultats de nos travaux en relation à cette démarche de problématisation. Nous éclairerons également nos interprétations à la lumière des travaux de recherche effectués par C. Orange, D. Orange-Ravachol et M. Fabre.

L'élève est amené alors à argumenter ses opinions au sein d'une communauté d'autres élèves. Jean-Pierre Astolfi et Michel Develay (1987) rappellent aussi que, dans sa réponse, l'élève cherche à se situer par rapport à différents repères que sont les attentes supposées du maître, l'image de soi qu'il souhaite donner et de l'ajustement espéré au point de vue du groupe. L'élève n'est pas seul face à ses conceptions et interagit donc fortement avec les éléments de son environnement, qui l'entourent. Ce sont donc des interactions qu'il faut considérer.

2.2 Les interactions : une dimension sociale et instrumentale

2.2.1 Des interactions sociales entre sujets à rôle émetteur et récepteur

L'apprentissage s'effectue au cœur des processus de groupe. La classe est un lieu social où les interactions de tous les partenaires sont focalisées sur des savoirs en élaboration qui sont à l'intersection de diverses formes d'interrelations sociales. Chez Lev Vygotski (1934), les savoirs sont conçus comme des produits socio-culturels, dont l'acquisition par l'enfant participe à son développement. De cette manière, les représentations des concepts scientifiques prennent naissance sous l'influence déterminante de connaissances venues de l'entourage de l'élève et qu'il a assimilées. Processus intrapersonnels et interpersonnels semblent donc interagir dans la construction des connaissances scientifiques.

Nous distinguons deux modalités de fonctionnement des processus interpersonnels (Guy Brousseau, 1998). Une première modalité est la description par un élève émetteur d'une information relative à un problème posé et destinée à un élève récepteur qui se trouve face à une situation inconnue. Dans ce cas, les deux élèves ont une position dissymétrique : ce qui est l'essence-même du problème posé. Seulement, plusieurs élèves peuvent travailler ensemble sur un problème donné et tous avoir une position d'émetteur de l'information à envoyer. Dans cette configuration (deuxième modalité), les processus d'interaction entre les élèves émetteurs travaillant ensemble en classe jouent un rôle probablement décisif sur les décisions relatives aux choix des informations à envoyer au récepteur. De cette façon, l'organisation sociale entre les émetteurs est extérieure au problème posé initialement : elle a une influence uniquement sur sa résolution.

Le problème pour l'élève émetteur est donc d'abord de type social, celui de communiquer à l'élève récepteur les « bonnes » informations pour que ce dernier réussisse. C'est pour résoudre ce problème d'ordre social que cet élève émetteur est en second lieu confronté au problème posé (par exemple un problème géologique relatif au magmatisme des zones de subduction). L'organisation sociale est ici un moyen pour donner du sens au problème posé et permettre sa dévolution (G. Brousseau, 1998) à l'élève. Autrement dit, elle permet que l'élève se saisisse du problème à résoudre et en élabore une représentation correcte en regard du problème transmis par l'enseignant. Les retours sont possibles si des questions à l'élève émetteur de la part de l'élève récepteur sont permises. Elles conduisent à ce que l'élève émetteur prenne conscience des ambiguïtés, des manques dans les informations transmises. Cependant, ces retours sont le résultat

d'une interprétation par l'élève récepteur des informations données par l'élève émetteur en fonction de ses propres connaissances. Ceci n'offre pas les mêmes garanties de validité que des retours au registre empirique par exemple. De même, l'élève récepteur peut ne pas bien comprendre des formulations qui seraient comprises par d'autres ou des formulations qui sont, pourtant, en usage en Géosciences. Nous abordons ici les limites que peuvent revêtir ces situations¹⁴ (Catherine Garnier, Nadine Bednarz, Irina Ulanovskaya, 2004).

Dans le cas où des élèves travaillent ensemble pour se mettre d'accord sur la résolution d'un problème donné, les rôles respectifs des partenaires sont peu déterminés par la situation (G. Brousseau, 1998) : un partenaire peut acquiescer à tout ce que fait l'autre ou inversement, être systématiquement en désaccord avec lui. Les processus de résolution du problème dépendent des partenaires engagés dans la tâche. L'accent a souvent été mis sur l'aspect moteur des contradictions interindividuelles dans la résolution d'un problème ou sur l'évolution des stratégies de résolution d'un type de problème. La contradiction de deux points de vue opposée est plus facilement perçue et plus difficilement réfutable que la contradiction à laquelle est confronté un individu isolé. En effet, ce dernier peut ne pas prendre conscience de la contradiction soulevée par les faits observés ou peut également ne pas la prendre en compte. En revanche, des élèves en conflit sociocognitif sont amenés à le régler à dépasser les contradictions révélées en apportant par exemple une solution (Catherine Garnier, Nadine Bednarz, Irina Ulanovskaya, 2004).

De cette façon, au cours de notre étude, nous considérerons que l'élève est un être social et en interaction continuels avec des sujets de son entourage. Ce qui nous amènera à analyser les échanges entre les individus que nous interrogerons à la lumière des travaux de G. Brousseau, C. Garnier et N. Bednarz.

2.2.2 La médiation instrumentale : le produit d'une interaction entre un objet et un sujet

Le point de départ de l'approche instrumentale de P. Rabardel (1995) est la distinction que fait l'auteur entre *artefact* et *instrument*. La notion d'artefact est un terme neutre permettant de penser différents types de relations du sujet à l'objet. Selon lui, un artefact est donc tout objet technique ou symbolique ayant subi une transformation d'origine humaine. Quant à l'instrument,

¹⁴ Une situation est l'ensemble des circonstances dans lesquelles une personne se trouve, et des relations qui l'unissent à son milieu (*D'après Théorie des Situations* de Guy Brousseau)

pour P. Rabardel, l'instrument est le fruit d'une construction par l'individu. L'instrument est une entité mixte, composé d'une part, de l'artefact et, d'autre part, des schèmes d'utilisation qui lui sont associés (qui peuvent être le fruit d'une construction propre du sujet ou d'une appropriation de schèmes sociaux d'utilisation). La manière dont l'utilisateur va utiliser un artefact, les structures cognitives qu'il va construire et développer (schèmes d'utilisation) pour réaliser un type de tâche lors de l'usage de l'artefact vont avoir un impact sur les savoirs en construction.

L'appropriation de l'instrument est donc le résultat d'un processus progressif que P. Rabardel nomme *genèse instrumentale*. Lors de la genèse instrumentale, un double mouvement s'établit entre l'artefact et le sujet : l'*instrumentalisation* et l'*instrumentalisation* (figure 7). L'instrumentalisation est relative à la personnalisation de l'artefact par le sujet (l'usager adapte l'outil à ses besoins), l'instrumentation est relative à l'émergence des schèmes chez le sujet (accommodation de ses propres schèmes aux contraintes et potentialités de l'artefact mais aussi association de l'artefact à de nouveaux schèmes).

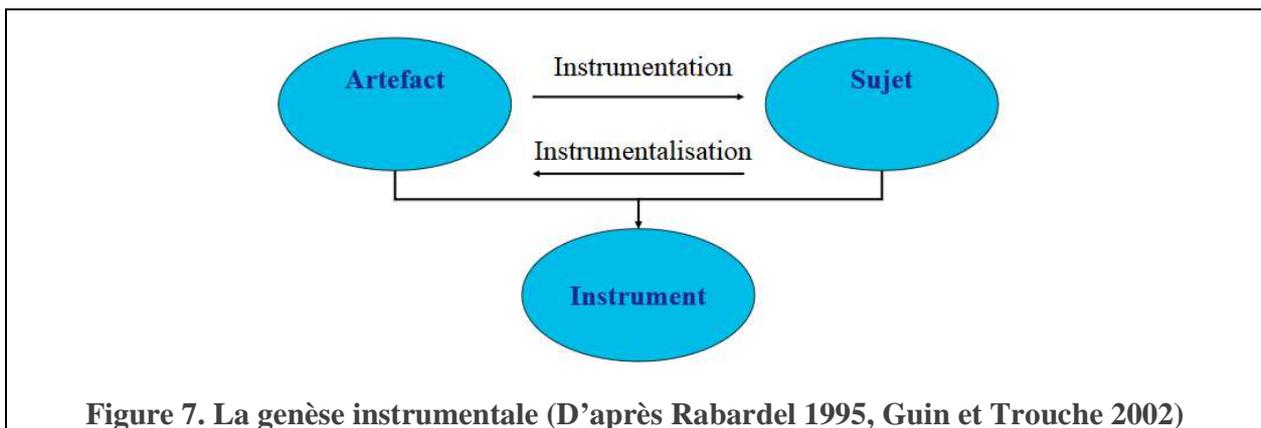


Figure 7. La genèse instrumentale (D'après Rabardel 1995, Guin et Trouche 2002)

Seulement, si Rabardel utilise bien le terme de schèmes, ce sont Jean Piaget puis Gérard Vergnaud qui en ont évoqué la notion bien avant ce dernier. En effet, selon J. Piaget (1930), les schèmes constituent les moyens du sujet à l'aide desquels il peut assimiler les situations et les objets auxquels il est confronté. Pour G.Vergnaud (1991), les schèmes sont des organisateurs de l'activité du sujet : pour une classe de situations données, l'organisation de la conduite est invariante mais pas la conduite elle-même. Ainsi, pour J. Piaget, l'interaction avec le milieu¹⁵ de l'élève est d'ordre épistémique : l'élève apprend en s'adaptant à son milieu. Quant à L. Vygotski

¹⁵ Contexte construit par l'enseignant, d'un point de vue matériel, symbolique et humain avec lequel l'élève interagit

(1934), celui-ci estime que les concepts émergent dans l'action, via la médiation d'interactions sociales. Ils sont internalisés grâce à un double mouvement de construction, ancré à la fois dans l'action mais aussi dans l'utilisation de concepts scientifiques qui permettent la réflexivité sur cette action.

A la lumière de L. Vygotski, les interactions avec les instruments et avec les autres sujets, dans le cadre d'activités socialisées, sont épistémiques. Dans notre étude, nous nous intéresserons donc à cette dimension et nous en mesurerons l'impact. Nous considérerons également que chaque élève est en interaction avec des individus mais également des objets qui l'entourent. De plus, afin de mieux visualiser le champ d'interactions qui ont siège au sein de l'environnement de chaque élève, nous tenterons de construire un modèle qui se basera de façon symbolique sur le concept de genèse instrumentale exprimé par P. Rabardel.

3 Objet d'étude et problématique

Si nous nous référons aux écrits initiaux individuels des élèves de Terminale S, ces productions (schéma accompagné ou non de textes) sont catégorisées en fonction des explications qu'elles révèlent concernant le problème de l'origine du magmatisme des zones de subduction. Nous identifions quatre catégories d'explication (**annexe 1**). La première explication avance que le magmatisme des zones de subduction a pour origine une réserve de magma diffuse préexistante, située dans le manteau ou dans le noyau (huit élèves). La deuxième explication révèle une présence locale de magma préexistant qui est stockée dans une chambre magmatique, le magma remonte par une faille qui est à l'interface entre la plaque plongeante et la plaque chevauchante (cinq élèves). D'après la troisième explication, le magma se forme localement et est issu de la fusion de la lithosphère océanique plongeante sous l'action d'une forte température (cinq élèves). La quatrième explication évoque une fusion locale du manteau asthénosphérique situé sous la plaque chevauchante sous l'action d'une forte température et/ou d'une forte pression (trois élèves). Le magma formé est stocké dans une chambre magmatique ou remonte directement vers la surface. Les dernières productions concernent les élèves qui ont dessiné une structure volcanique sans en spécifier l'origine : ces productions ne peuvent donc pas être classées (sept élèves).

Seuls trois élèves sur 28 expriment à travers leur production une fusion locale du manteau asthénosphérique sous-jacent à la plaque chevauchante et explicitent donc une idée qui se rapproche de celles admises par la communauté scientifique. Ce constat est paradoxal puisque ces élèves de Terminale S vivent sur une île d'origine volcanique, Saint-Martin, qui est la conséquence visible d'une activité magmatique liée à la subduction de la plaque nord-américaine sous la plaque caraïbe. Ce contexte géologique local est donc accessible à l'observation directement. Il est donc légitime de penser que le thème du magmatisme des zones de subduction leur est familier. Or, il semble que ce n'est pas le cas. Ces élèves explicitent des idées spontanées très similaires à celles qui ont déjà été formulées par des élèves de Terminale S au lycée Montesquieu du Mans, ville située dans la région des Pays de la Loire de la France hexagonale (Chalak, 2012).

Au vu de l'environnement naturel dans lequel baignent ces élèves de Terminale S saint-martinois et des risques telluriques liés encourus, l'étude descriptive et explicative de l'origine du magma produit en zone de subduction présente un intérêt majeur. De plus, comme nous l'avons

exprimé en introduction, le sens ne se produit pas dans les contextes eux-mêmes mais dans le rapport qu'un sujet vit avec un contexte. Pour avoir des éléments de compréhensions concernant les conceptions initiales des élèves de Terminale S étudiés, **il faut donc aller étudier les interactions que chaque sujet élabore avec les éléments de son contexte car c'est de là que le sujet donne du sens à ce qui l'entoure. Nous comprendrons mieux alors l'origine des conceptions et donc des productions exprimées en conséquence.**

Selon les auteurs Antoine Delcroix, Thomas Forissier et Frédéric Anciaux (2013), le contexte se définit comme l'ensemble des paramètres, même sous-jacents, de la situation d'enseignement, d'apprentissage ou de formation, à l'instar de la définition du *milieu* de G. Brousseau : «tout ce qui agit sur l'élève, et tout ce sur quoi l'élève agit». Face à la multiplicité de ces paramètres, nous pouvons distinguer plusieurs types de contexte : le contexte socioculturel, linguistique, mystique/religieux, scolaire et naturel lié à l'environnement de l'élève. Chaque élève est donc en interaction avec les acteurs de chacun de ces types de contexte, que ce soit des objets ou des sujets. Cet environnement spécifique va lui fournir des informations qui vont modeler un réseau sémantique lui permettant de donner du sens à ce qui l'entoure. Ainsi, les éléments de ce réseau sémantique vont apparaître à travers les croyances ou les connaissances qu'il exprime. C'est le principe de la métaphore de l'iceberg (A. Giordan, F. Pellaud, 2001) évoqué précédemment dans le cadre théorique.

Nous pouvons donc nous demander si entre tous ces facteurs déterminant l'environnement spécifique de l'élève -et donc ses conceptions initiales-, il n'existe pas des facteurs communs majeurs à tous les environnements élèves et qui structurent une base commune de leurs conceptions au sein de la classe.

De cette manière, la problématique de ce mémoire consiste en déterminer les facteurs majeurs qui vont influencer les conceptions initiales des élèves au sujet du magmatisme des zones de subduction. Autrement dit, l'objectif de la recherche est de conduire une analyse didactique des facteurs modelant la structure des conceptions initiales des élèves, de façon à dégager des facteurs communs majeurs.

4 Questions de recherche et hypothèses

4.1 Modélisation du contexte de l'élève : une approche par la structure cristalline des minéraux silicates

4.1.1 Le néso-instrument élève, produit de l'interaction entre les objets du contexte et le sujet lui-même

4.1.1.1 *Les objets contextuels*

Les élèves sont en interaction avec des objets de chacun des types de contexte étudié. Pour notre recherche, nous distinguons cinq objets appartenant au contexte socioculturel, scolaire et linguistique voire mystique/religieux : l'objet médiatique appartenant au contexte socioculturel et scolaire, l'objet d'enseignement et d'apprentissage appartenant au contexte scolaire mais aussi socioculturel, l'objet croyances appartenant au contexte socioculturel voire mystique/religieux, l'objet géologique appartenant au contexte naturel et l'objet langues appartenant au contexte linguistique.

L'objet d'enseignement et d'apprentissage (Flamand et Gervais, 2004) désigne un ensemble de ressources ayant une intention pédagogique et offrant un scénario d'apprentissage complet visant directement l'atteinte de capacités reliées à l'apprentissage (capacités intellectuelles de la taxonomie de Bloom, capacités psychomotrices, capacités attitudinales et affectives, capacités métacognitives). L'objet médiatique désigne l'ensemble de médias n'ayant pas de scénario pédagogique. Ils sont intégrables à une séquence d'apprentissage ou à plusieurs assemblages ou scénarios pédagogiques (Flamand et Gervais, 2004). L'objet médiatique est donc informationnel, parce qu'il est conçu pour représenter, à travers l'usage d'un ou de plusieurs langages, un objet réel ou imaginaire autre que lui-même. Par exemple, un documentaire télévisé relate un évènement historique ; un jeu vidéo met en scène un univers féérique ; un poème exprime une expérience. L'objet de croyances désigne l'ensemble des convictions, jugements et attentes d'un élève donné au sujet de l'origine du magma des zones de subduction, par exemple, pour notre étude. Enfin, l'objet géologique regroupe l'ensemble des notions relatives à la spécificité du magmatisme des zones de subduction, à ses manifestations externes, à son contexte géodynamique ainsi qu'à son origine, et ce, à différentes échelles géographiques.

Nous nommons les quatre objets que nous étudions réellement dans ce mémoire (objet d'enseignement et d'apprentissage, objet médiatique, objet croyances et objet géologique) des objets contextuels.

4.1.1.2 Principe et construction du néso-instrument élève

De plus, dans le cadre de notre étude, nous reprenons les concepts de l'approche instrumentale (P. Rabardel, 1995). En effet, au même titre que ces concepts qui ont été repris de manière symbolique par Luc Trouche (2005), les élèves de Terminale S que nous étudions sont en interaction avec des artefacts symboliques : les objets contextuels. A travers ces interactions, chaque élève adapte les objets contextuels à ses besoins (instrumentalisation) et, en retour, ces derniers l'influencent et le conditionnent (instrumentation). A travers ce processus, chacun des élèves construisent alors un instrument qui est le produit de cette double interaction (**figure 8**). Ce processus de construction et l'instrument lui-même vont avoir un effet sur la construction des savoirs et sur leur conceptualisation.

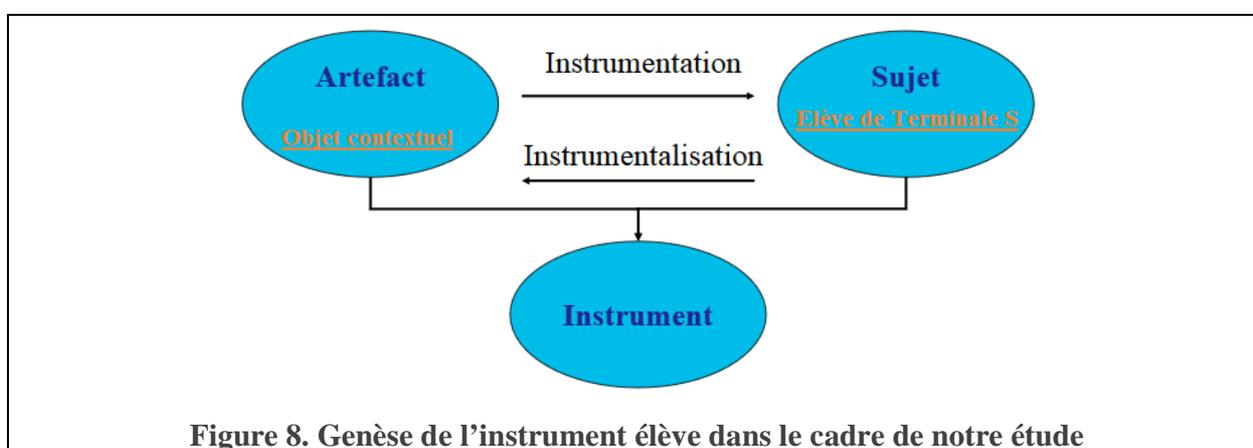


Figure 8. Genèse de l'instrument élève dans le cadre de notre étude

Les instruments élèves que nous étudions sont donc le produit des interactions avec les quatre objets contextuels : l'objet géologique, l'objet d'enseignement et d'apprentissage, l'objet médiatique et l'objet croyances. Nous avons choisi d'élaborer un modèle théorique de ces instruments sous la forme d'un tétraèdre isolé. Chaque sommet du tétraèdre représente un type d'objets. Le sujet élève, quant à lui, est matérialisé par une sphère au centre du tétraèdre. Le corps du tétraèdre détermine le champ instrumental conceptuel de l'élève considéré c'est-à-dire l'ensemble des valeurs fonctionnelles et subjectives que chaque objet peut prendre au sein de l'activité d'un individu. Les interactions que celui-ci a avec les objets sont figurées sous la forme de flèches doubles. Enfin, les liaisons entre les objets forment l'ossature du tétraèdre et sont également représentées par des doubles flèches puisque ces objets sont en interaction entre eux.

Cette structure élaborée rappelle le réseau cristallin élémentaire de minéraux néosilicates comme le grenat : un tétraèdre isolé à sommets d'oxygène O et à atome centré de silicium (**figure 9**).

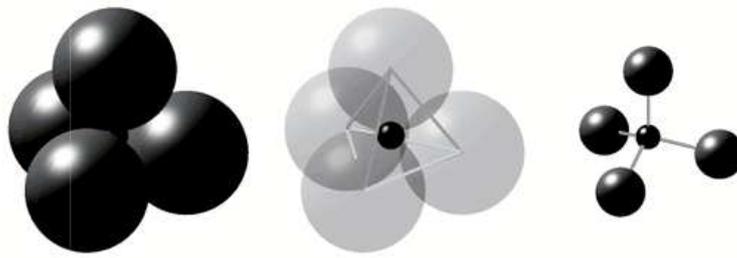


Figure 9. Tétraèdre SiO₄ isolé (D'après A. Provost et C. Langlois, 2011)

L'instrument élève développé sera nommé néso-instrument, en référence aux nésosilicates (figure 10).

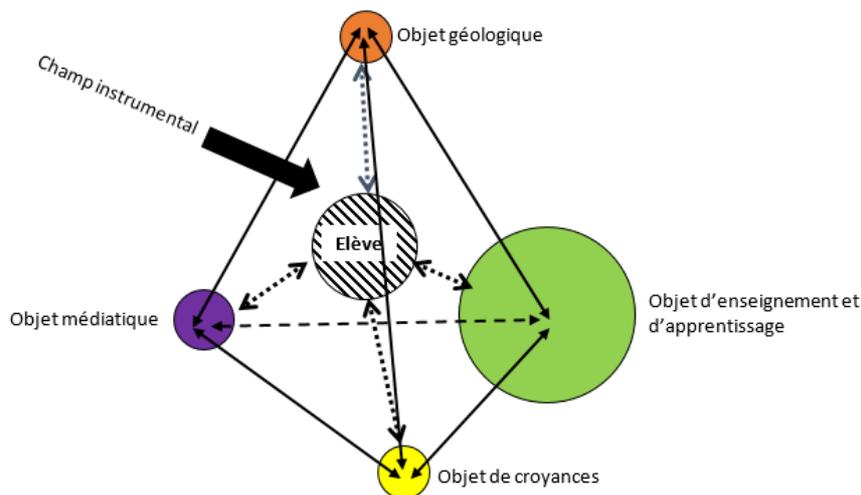
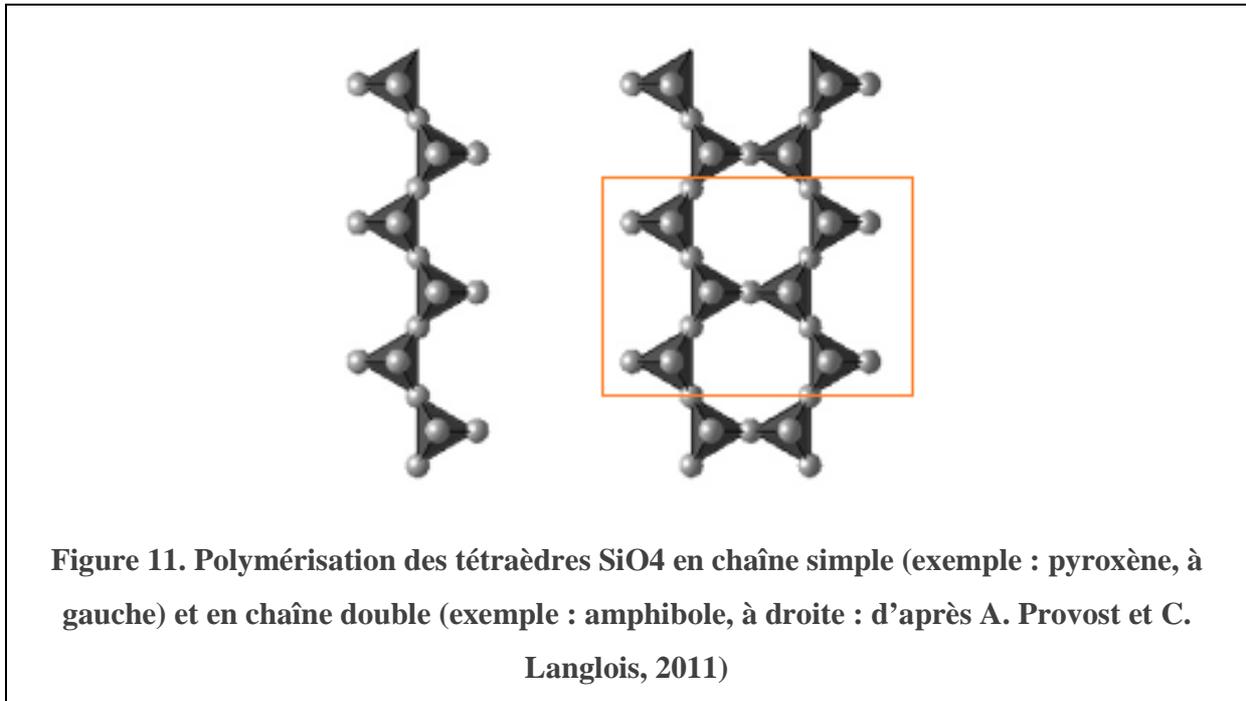


Figure 10. Exemple de néso-instrument élève

4.1.2 L'ino-instrument conceptions de l'élève : une interaction entre son néso-instrument et les néso-instruments des sujets de son entourage

Le sujet élève est certes en interaction avec les différents objets contextuels considérés. Seulement, en tant qu'être social, ce dernier est également en interrelation avec des sujets de son entourage proche comme ses parents mais aussi des sujets qui partagent sa vie quotidienne, comme les autres élèves de sa classe ou ses enseignants. De cette manière, le néso-instrument de l'élève étudié est alors également en interaction avec les néso-instruments des sujets de son entourage : les parents, les élèves avec lesquels il collabore, les enseignants qu'il a ou qu'il a eu tout au long de sa scolarité. L'ensemble de ces interactions est structuré par l'objet langues, vecteur de communication et d'extériorisation des conceptions mentales, qui rend cohérent l'ensemble des néso-instruments en jeu dans l'édifice élaboré.

Le résultat de la polymérisation des néso-instruments conduit à la formation de l'ino-instrument de l'élève en référence à la minéralogie des silicates, plus précisément, un inosilicate à chaîne double tel que l'amphibole (**figure 11**). Les inosilicates sont structurés par un assemblage de tétraèdres formant des chaînes allongées dans une direction de l'espace.



Ces chaînes sont rangées parallèlement les unes aux autres et des cations sont positionnés entre les chaînes pour assurer la neutralité et la cohésion de l'édifice cristallin. Les cations correspondent alors à l'objet langues. Seulement, dans les inosilicates, chaque tétraèdre dans la chaîne est relié au suivant grâce à un sommet qu'il partage en commun. Ici, dans le modèle présenté, la liaison des tétraèdres entre eux est assurée par l'objet langues qui permet ce partage entre les objets.

Au final, l'ino-instrument de l'élève correspond à la modélisation de ses conceptions initiales sur le thème du *magmatisme des zones de subduction* puisqu'il caractérise les différentes interactions que ce dernier a avec son environnement : les objets contextuels mais aussi les sujets de son entourage qui influencent ses propres conceptions (figure 12).

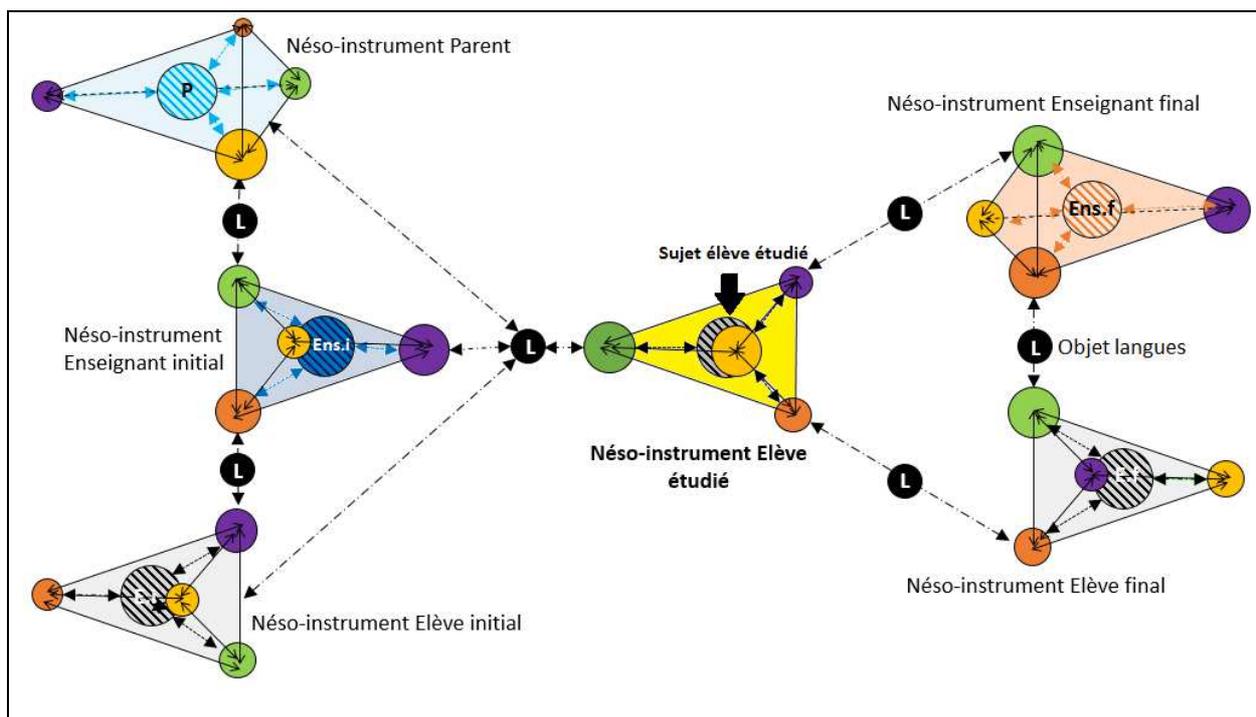


Figure 12. Exemple d'un ino-instrument des conceptions initiales de l'élève étudié (placé au centre)

P= sujet Parent, *E.i*= sujet élève initial (avec lequel le sujet élève étudié interagissait au collège), *Ens.i*= sujet enseignant initial (avec lequel le sujet élève étudié interagissait au collège), *E.f* (avec lequel le sujet élève étudié interagit au lycée) et *Ens.f*= sujet enseignant final (avec lequel le sujet élève étudié interagit au lycée)

4.1.3 Le phyllo-instrument de la classe : un système d'interactions entre ino-instruments élèves

Chaque élève d'une classe est donc défini par son ino-instrument. Seulement, ces ino-instruments ne sont pas isolés les uns des autres : ils sont intimement connectés. En effet, la classe est un système d'élèves qui collaborent entre eux : si chaque élève construit ses propres conceptions sous l'influence de l'élève avec lequel il interagit, cela signifie que les ino-instruments des élèves au sein de la classe se superposent via la manifestation de cette interaction. Ces ino-instruments sont également cimentés par l'objet langues, qui est le garant de la cohésion de l'ensemble. L'ensemble de ce système forme alors le phyllo-instrument. Ce phyllo-instrument est le résultat de la polymérisation de l'ensemble des ino-instruments en

interaction dans le système classe. Il sera nommé précisément phyllo-instrument classe (**figure 14**).

Le phyllo-instrument fait référence, là encore, à la structure cristalline des silicates. Les phyllosilicates sont des réseaux cristallins dont les tétraèdres sont disposés en feuillets (**figure 13**). Les argiles ou les micas en sont un exemple.

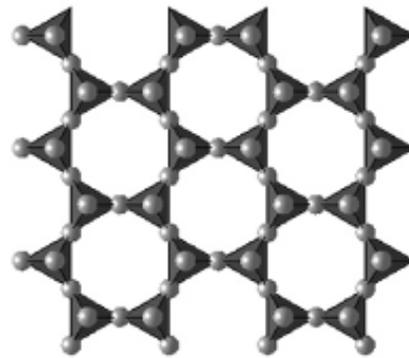


Figure 13. Polymérisation des tétraèdres SiO4 en feuillet, exemple : argiles ou micas
(D'après A. Provost et C. Langlois, 2011)

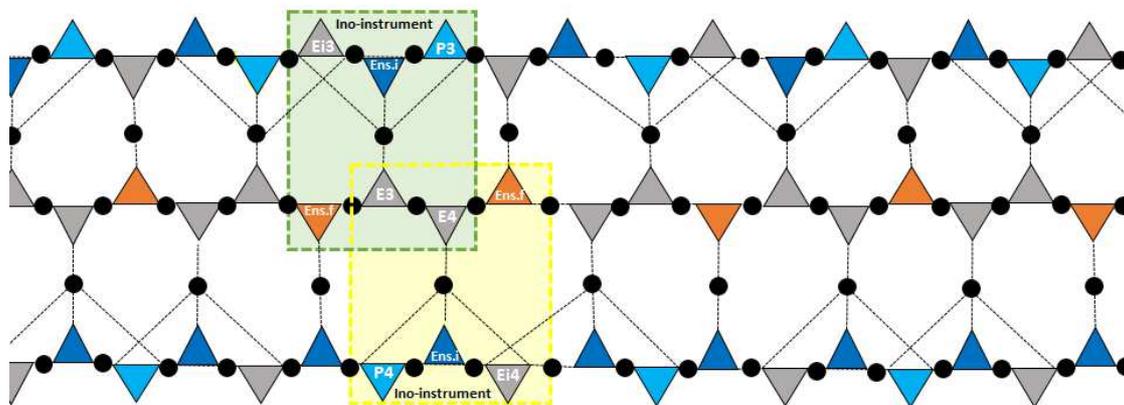


Figure 14. Représentation simplifiée d'une partie du phyllo-instrument du système classe
Les néso-instruments sont représentés de façon simplifiée sous forme de triangle. Les ronds noirs spécifient les objets langues, les triangles gris sont les élèves (E_i = élève initial, E_3 =élève numéro 3 de la classe, E_{i3} =élève initial ayant collaboré avec l'élève numéro3), les triangles bleu-clair sont les parents (P_3 =parent de l'élève numéro 3), les triangles bleu-foncé sont les enseignants

initiaux ayant interagi avec les élèves et les triangles oranges sont les enseignants finaux interagissant actuellement avec les élèves.

4.1.4 Le tecto-instrument : les prémices tridimensionnelles d'un système ultra-complexe d'interactions intra- et interindividuels, inscrit dans un espace temporel

Le système classe représente donc un réseau complexe de conceptions en confrontation. Seulement, ce modèle présenté du système classe (le phyllo-instrument classe) prend en compte uniquement l'assemblage des ino-instruments élèves c'est-à-dire le réseau des conceptions des élèves autour du sujet sur le magmatisme en zone de subduction.

Or, les parents et les enseignants sont des sujets qui sont également en interaction avec les élèves et leurs néso-instruments : ils font donc partie intégrante de la définition de l'ino-instrument aussi. Par conséquent, si nous considérons que chaque enseignant, en tant que sujet, modèle ses conceptions en fonction des mêmes critères présentés : objets contextuels et sujets de son entourage proche, les ino-instruments enseignants sont alors également en interaction avec les ino-instruments des élèves. Le modèle construit vit alors dans un espace, non plus à deux dimensions, mais à trois dimensions. Il sera nommé alors tecto-instrument. Ce tecto-instrument est le résultat de la polymérisation de l'ensemble des ino-instruments en interaction dans le système classe, à la fois ceux des enseignants et ceux des élèves. Ce terme fait encore une fois référence à la structure cristalline des minéraux silicates : les tectosilicates comme le quartz. Dans cette structure, chaque tétraèdre est engagé dans une liaison avec quatre autres tétraèdres par l'intermédiaire de ses quatre atomes d'oxygène O, ce qui forme dans l'espace une charpente tridimensionnelle (A. Provost et C. Langlois, 2011).

Cependant, de la même façon, si nous considérons les ino-instruments des parents selon les mêmes modalités de construction, le modèle tend à se complexifier énormément. Nous passons effectivement à une quatrième dimension. A l'échelle humaine, sa visualisation devient alors impossible et l'apport de la structure cristalline des minéraux silicates ne devient plus d'aucune aide. C'est donc un système conceptuel très complexe qui fait interagir une multiplicité de conceptions en confrontation : celles des élèves, des parents, des enseignants. En effet, chaque nouvel acteur impliqué dans l'espace instrumental qui entre en scène, est inscrit dans un ino-instrument qu'il faudra considérer. Par conséquent, le modèle passe facilement à 5 dimensions, à 6 dimensions... à n dimensions.

4.2 Première question de recherche : la caractérisation globale des intensités des interactions intra- et interindividuelles au sein de chaque ino-instrument élève

Nous pouvons alors concevoir que, les conceptions des élèves sont le résultat d'un réseau ultra-complexe de conceptions en interaction dont sa construction pas-à-pas nous amène à remonter dans le temps. La fondation même de ce système prend ses sources très loin dans le temps. Sa manifestation actuelle serait donc le produit d'une structure héritée transmise, comme un support constitué par un socle des connaissances naïves (Dehaene, Spelke et al., 1999).

A la lumière de cette considération, il n'est alors pas étonnant que de vieilles explications sur l'origine du volcanisme observé, datant du XVIII^{ème} siècle et du XIX^{ème} siècle subsistent encore actuellement comme par exemple :

- une explication locale qui attribue l'origine des volcans à un feu souterrain superficiel (Buffon : 1707-1788);
- une explication centrale pour laquelle les volcans seraient associés à des réserves magmatiques planétaires situées sous l'écorce ou au centre de la Terre (Louis Cordier : 1777-1861).

Cependant, nous pouvons partir du postulat que si nous changeons l'intensité des liaisons qui unissent les différents acteurs actuels de ce système de conceptions ultra-complexe défini, et si nous remodelons les interactions actuelles avec les différents objets contextuels, nous pouvons penser que la structure globale du système s'en trouve modifiée.

De ce fait, dans notre étude, nous cherchons d'abord à modéliser le contexte de chaque élève étudié dans le cadre du thème sur le magmatisme des zones de subduction. **Notre première question de recherche porte donc sur la caractérisation des intensités des liaisons impliquées entre les différents acteurs au sein des ino-instruments élèves.**

Première hypothèse de recherche : nous supposons qu'une estimation quantitative de la valeur des objets contextuels en interaction avec chaque élève, établie à partir d'éléments évaluateurs que nous prédéfinirons, permettra d'évaluer le degré de corrélation entre les différents objets contextuels. Ceci permettra alors d'estimer l'intensité des interactions entre ces différents objets. De même, nous supposons qu'une évaluation qualitative des interactions entre les différents acteurs, établie à partir de l'analyse d'échanges issues des entretiens que nous mènerons, permettra d'estimer le degré d'influence de chaque acteur impliqué dans l'ino-instrument de l'élève. Pour cela, nous supposons que, suivant la théorie des situations de G.

Brousseau (1998), un sujet uniquement émetteur d'informations est très peu influencé par les sujets de son ino-instrument, qu'un sujet uniquement récepteur d'informations est très influencé par les sujets de son ino-instrument et qu'un sujet à la fois émetteur et récepteur d'informations est influencé par les sujets de son ino-instrument (situation opposant-proposant : Brousseau, 1998) ayant le même statut ou étant seulement émetteurs.

4.3 Deuxième question de recherche : la détermination spécifique des interactions les plus stables parmi toutes les interactions intra- et interindividuelles au sein des ino-instruments

Dans le cadre du modèle allostérique de l'apprendre de 2002, l'apprendre est considéré comme un passage d'une conception 1 à une conception 2, ce passage prenant la forme d'un processus de « déconstruction-reconstruction » (Giordan, 1997). L'idée de passage de l'état 1 à l'état 2 mérite d'être explicitée. Ce changement d'état nous le considérerons, pour l'élève, comme l'émergence d'une possibilité nouvelle de traitement de l'information, réalisée pour la modification structurale de ses schèmes de pensée préexistants ou par celle des règles régissant leur utilisation (R.-E. Eastes, 2013). Mais rien ne garantit que ces nouvelles structures de pensée et leur nouvelle opérationnalité subsisteront ou seront toujours employées à bon escient.

A la lumière de cette considération, **notre deuxième question de recherche porte sur la détermination des interactions les plus stables (les facteurs majeurs), donc les plus robustes, qui ont trait au sein de l'ensemble de chaque ino-instrument ainsi que leur compréhension.** En effet, ce sont les plus intéressantes car :

- elles sont considérées par l'élève comme fiables et ne sont donc pas transformées facilement pour conduire à des structures de pensée plus stables ;
- elles sont également considérées par l'élève comme opératoires et sont donc utilisées pour produire du sens, c'est-à-dire des associations stables avec des informations provenant de l'environnement de l'élève.

Par conséquent, l'objectif est de pouvoir in fine caractériser des processus didactiques qui conduiraient à une déstabilisation de ces interactions très stables, sans pour autant déconstruire le réseau de l'ino-instrument élève, puis une restructuration des interactions qui amèneraient à une redéfinition des conceptions initiales, en amont même du travail des représentations, que nous soyons dans la tradition anglo-saxonne (Thomas S. Kuhn, 1983) du changement conceptuel ou française de la rupture épistémologique (G. Bachelard, 1938).

Seconde Hypothèse de recherche : nous supposons que les interactions les plus stables impliquent :

- des sujets en lesquels l'élève étudié a le plus confiance et pour qui il a de l'estime c'est-à-dire ses pairs mais aussi les enseignants qui ont un ascendant, accepté, sur lui : « ce qui détermine que l'on croit ou non à une histoire [...] dépend de qui raconte l'histoire » (Antoine Bello, 2007) ;
- des objets lui apportant des informations simples et/ou en cohérence avec ses conceptions initiales et/ou consensuelles, c'est-à-dire les ressources qu'ils sélectionnent volontiers, issues de son objet médiatique : « on croit plus facilement une histoire si elle confirme une opinion que l'on a déjà » (A. Bello, 2007) ;
- des objets avec lesquels il porte une valeur émotionnelle importante (passions, souvenirs forts, attractivité et esthétique d'une ressource...) c'est-à-dire les ressources issues de son objet médiatique qu'il affectionne ou les histoires racontées empruntées de son objet croyances : « on croit plus facilement à une histoire que l'on aime » (A. Bello, 2007). Seulement, en ce qui concerne l'objet croyances, nous pensons que les élèves de Terminale S, au vu de leur expérience scientifique, confrontent ces histoires à leurs visions cartésiennes acquises tout au long de leur scolarité. C'est donc un processus déstabilisateur.

4.4 Troisième question de recherche : la définition de profils d'élèves en relation au type d'interactions impliquées au sein des ino-instruments

Enfin, le système étudié n'est pas seulement un réseau de confrontation de conceptions intra-individuels mais également interindividuels. **Notre troisième question de recherche porte sur la tentative de définition de profils d'élèves à critères communs, du point de vue du degré et du type d'interaction engagée.** En effet, il s'agit de comprendre s'il existe des systèmes d'interactions stéréotypées ou plutôt ultra-spécifiques. *La détermination d'un soubassement commun offrirait la possibilité d'élaborer des actions didactiques adaptées à un système classe et donc, par voie de conséquence à une échelle plus large comme un bassin académique.*

Troisième hypothèse de recherche : nous supposons que les profils des élèves sont définis sur la base des interactions les plus stables. De cette considération, nous supposons que sept profils possibles potentiels peuvent être dégagés (**tableau 2**). Parmi les sept profils, nous

retenons pour notre hypothèse les profils impliquant obligatoirement l'influence de l'enseignant (lignes surlignées en gris clair). Nous supposons effectivement que l'élève interagit avec ses enseignants depuis le début de sa scolarité, c'est-à-dire depuis plus de dix ans. Par conséquent, nous proposons que l'enseignant a un impact sur l'élève, quel qu'il soit. Seulement, il est probable que le degré de stabilité de cette interaction varie d'un profil d'élèves à l'autre.

Groupe d'élèves influencé par	Objet médiatique	Elève collaborateur	Enseignant
Profil 1	×	×	×
Profil 2	×	×	
Profil 3	×		×
Profil 4		×	×
Profil 5	×		
Profil 6		×	
Profil 7			×

Tableau 2. Profils d'élèves définis sur la base de leurs interactions les plus stables au sein de leur ino-instrument

5 Méthodologie de la recherche

5.1 Première étape : définir la méthodologie d'évaluation quantitative de l'interaction entre l'élève et son objet contextuel

5.1.1 Principe de la méthode de calcul de la valeur des objets contextuels

Nous estimons l'intensité de l'interaction entre l'élève et son objet contextuel (objet d'enseignement et d'apprentissage ou objet médiatique ou objet croyances ou objet géologique) de manière quantitative par une estimation de la valeur de l'objet. En effet, nous considérons que plus l'élève utilise une multiplicité de ressources correspondant à l'objet d'enseignement et d'apprentissage ou l'objet médiatique, plus la valeur résultante de l'objet considéré sera grande et donc plus l'interaction entre cet objet et l'élève sera intense. De même, plus les connaissances de l'élève vis-à-vis du thème du magmatisme de subduction seront variées et diversifiées, plus la valeur de l'objet géologique sera élevée et plus l'interaction entre cet objet et l'élève sera significative. Enfin, plus l'élève détiendra des visions s'écartant d'un concept rationnel sur l'origine du magma (magie de la licorne, feu qui s'échappe, colère de Dieu, etc.), plus la valeur de l'objet croyances sera élevée et donc plus l'interaction avec cet objet sera conséquente.

La quantification des objets contextuels est effectuée via un programme élaboré sous l'interface Excel. Chaque objet est chiffré sur 5 : il peut donc prendre une valeur de 0 à 5. La valeur globale de l'objet est évaluée à partir des catégories que l'on a définies à l'intérieur de cet objet, cinq au maximum : chacune étant évaluée sur 1. Seulement, pour chiffrer chaque catégorie, il a fallu définir des éléments évaluateurs. Ces éléments évaluateurs correspondent à des critères que l'on a définis pour estimer l'échelle de valeur de la catégorie d'objet. Si l'élève répond positivement à un élément évaluateur, nous lui mettrons la valeur 1, sinon la valeur 0. De cette manière, la valeur de la catégorie d'objet correspond à la somme des valeurs prises par les éléments évaluateurs, ramenée sur 1. Enfin, la valeur finale de l'objet (sur 5) équivaut à la somme des cinq catégories évaluées (sur 1) définies par ses éléments évaluateurs (**tableau 3**).

Evaluation de l'objet		Evaluation de la catégorie		Evaluation de l'élément évaluateur	
Objet contextuel Sur 5	Somme des catégories	Catégorie 1 Sur 1	Somme des éléments évaluateurs ramenée sur 1	Elément évaluateur 1	0 ou 1
				Elément évaluateur 2	0 ou 1
			
				Elément évaluateur n	0 ou 1
		Catégorie 2 sur 1	Somme des éléments évaluateurs ramenée sur 1	Elément évaluateur 1	0 ou 1
				Elément évaluateur 2	0 ou 1
			
				Elément évaluateur n	0 ou 1
		Catégorie 3 sur 1	Somme des éléments évaluateurs ramenée sur 1	Elément évaluateur 1	0 ou 1
				Elément évaluateur 2	0 ou 1
			
				Elément évaluateur n	0 ou 1
		Catégorie 4 sur 1	Somme des éléments évaluateurs ramenée sur 1	Elément évaluateur 1	0 ou 1
				Elément évaluateur 2	0 ou 1
			
				Elément évaluateur n	0 ou 1
		Catégorie 5 sur 1	Somme des éléments évaluateurs ramenée sur 1	Elément évaluateur 1	0 ou 1
				Elément évaluateur 2	0 ou 1
			
				Elément évaluateur n	0 ou 1

Tableau 3. Récapitulatif de la méthodologie de quantification d'un objet contextuel

5.1.2 Caractérisation des cinq catégories définissant l'objet d'enseignement et d'apprentissage

L'objet d'enseignement et d'apprentissage est défini selon cinq catégories (ressources non normalisées pour public scolaire, ressources non normalisées pour tout public, manuels scolaires, ressources normalisées¹⁶ indexées ainsi que ressources universitaires). Le tableau spécifie les éléments évaluateurs, associés à un ou des exemples (**Tableau 4**).

¹⁶ La normalisation est l'adoption d'un langage officiel commun pour le catalogage des contenus d'apprentissage numérisés ou non.

Catégorie	Élément évaluateur	Exemple(s)
Ressources non normalisées public scolaire	Sites web enseignants	<i>SVT Prepabac</i> de C. Dupas : http://svt.prepabac.s.free.fr/
	Sites d'aide et de soutien inscription gratuite ou payante	Site APS (assistance scolaire personnalisée), site Kartable
	Site d'aide et de soutien libre accès sans inscription	<i>Les Bons Profs</i> : https://www.lesbonsprofs.com
	Ouvrages imprimés ou numériques (annales, exercices)	Annabac
	Ouvrages imprimés ou numériques (résumés de cours, fiches synthétiques, révisions)	Les clés du bac Terminale S SVT Réviser son bac avec le Monde en SVT
Ressources non normalisées vulgarisation tout public	Support imprimés (ouvrages)	<i>Goûter la géologie</i> de Luc David
	Sites en autoformation	<i>Kezako ?</i> : http://kezako.unisciel.fr/
	Sites en autoformations organismes scientifiques	<i>GéoManips</i> du CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) : http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosgeol/01_decouvrir/index_flash.htm
	Support numérique (CD, vidéos)	<i>La Mange Cailloux</i> - Guide pédagogique et encyclopédique de minéralogie
Manuels scolaires		Manuel de terminale S édition Belin, Hatier, hachette, Didier, Bordas
Ressources normalisées indexées public scolaire	Sites	Sites indexés sur Eduscol : http://www.ac-nice.fr/svt/productions/minusc/subduction-minusc/index.html
	Lithothèques académiques	Académie d'Aix-Marseille http://www.lithotheque.ac-aix-marseille.fr/Affleurements_PACA/
	Vidéos	DVD <i>La France au cours des temps géologiques</i> publié par Canopé
	Ouvrages imprimés ou numériques	<i>Les cahiers d'activité du sismo</i> , CRDP de l'Académie de Nice
Ressources universitaires	Ouvrages imprimés ou numériques	<i>Mémo visuel de géologie : l'essentiel pour réviser</i> de Y. Lagabrielle, R. Maury et M. Renard
	Cours en ligne enseignants	<i>Objectif-Terre</i> : http://objectif-terre.unil.ch/index .
	Site d'aide et de soutien (Forum)	Forum du Département de Géosciences Université de Lyon : http://nte-serveur.univ-lyon1.fr/nte/geosciences/

Tableau 4. Éléments évaluateurs retenus pour l'évaluation de chaque catégorie de l'objet d'enseignement et d'apprentissage, accompagnés d'exemples

5.1.3 Caractérisation des cinq catégories définissant l'objet médiatique

L'objet médiatique est, quant à lui, défini par les ressources Science-Fiction, les ressources généralistes, les ressources de vulgarisation scientifique jeunesse, les ressources de vulgarisation scientifique tout public et les ressources scientifiques universitaires. Le tableau donne, pour chaque catégorie, les éléments évaluateurs qui ont servi à chiffrer chaque catégorie (tableau 5).

Catégorie	Elément évaluateur	Exemple(s)
Ressources Science-Fiction	Livres	Gandahar n°1-Les volcans, Collectif
	Vidéos, films	<i>The Core</i> de J. Amiel, <i>Volcano</i> de M. Jackson
Ressources généralistes	Journaux locaux ou nationaux, imprimés ou télévisés	<i>Saint-Martin's Week</i> , <i>Journal de Saint-Barth</i> , <i>Le Monde</i> , <i>Le Figaro</i>
	Encyclopédies imprimées/numériques	Wikipedia, Encyclopédie Larousse
	Revue	National Geographic
	Films documentaires	<i>Les Andes, toute une histoire</i> d'Annie et Jean Pichon
	Guides et sites valorisant le patrimoine géologique	Géoguide : <i>Les Volcans d'Auvergne</i> de Pierre Guitton et Anthony Moinet
Ressources vulgarisation scientifique jeunesse	Emissions jeunesse	<i>C'est pas Sorcier</i> de F. Courant, B. Gonner et J. Goubaud
	Revue jeunesse	Cosinus, Sciences et Vie junior
	Atlas et livres jeunesse	<i>Les volcans et leurs éruptions</i> de J.-M. Bardintzeff
	Sites numériques jeunesse	Junior de la Cité des sciences http://www.cite-sciences.fr/fr/ressources/juniors/
Ressources vulgarisation scientifique tout public	Revue	Pour La Science, La Recherche
	Ouvrages géologique	<i>Les diables des volcans</i> de M. et K. Krafft <i>A la recherche des océans disparus dans les montagnes françaises</i> de C. Nicollet et C. Laverne
	Documentaires scientifiques	<i>Le Karthala, un volcan méconnu ?</i> d'E. Pons
	Sites numériques	Futura-sciences http://www.futura-sciences.com/
	Guides de découverte géologiques	<i>Curiosités géologiques Guadeloupe</i> de P. Graviou, S. Bès de Berc et E. Bourdon
Ressources universitaires scientifiques	Revue	Bulletin Société Géologique de France,
	Conférences	<i>Comment la subduction océanique a contrôlé la formation de la Cordillère des Andes</i> de J. Martinod
	Ouvrages	<i>La subduction océanique</i> de S. Lallemand
	Sites	Planet-Terre de l'ENS de Lyon http://www.ens-lyon.fr/Planet-Terre/

Tableau 5. Eléments évaluateurs retenus pour l'évaluation de chaque catégorie de l'objet médiatique, associés à un ou des exemples correspondant

5.1.4 Caractérisation de l'objet croyances

L'objet croyances est évalué en fonction du type de vision que peuvent avoir les élèves : visions cartésiennes, visions animistes, mythologiques, créationnistes et légendaires locales. Les visions cartésiennes désignent des visions qui donnent une explication rationnelle aux objets et phénomènes géologiques observés. Les visions animistes désignent les visions qui confèrent aux objets et phénomènes géologiques une dimension vivante, une personnification (ex : le volcan en colère). Les visions créationnistes désignent les visions à composante religieuse qui invoquent l'existence d'une entité supérieure à l'origine de la création des objets et phénomènes géologiques (ex : les Enfers et le diable associés aux volcans en guise de punition divine). Les visions mythologiques désignent en fait les visions personnelles apparentées à la mythologie (ex : les volcans crachent du feu, référence aux forges de Vulcain). Les visions légendaires locales regroupent les visions imaginaires ou contes transmis de façon intergénérationnelle à l'échelle locale. Nous n'avons pas ici spécifié des éléments évaluateurs. Par conséquent, en fonction du type de vision que l'élève exprime, nous inscrivons 0 ou 1 dans la colonne correspondante. Par exemple, si l'élève ne fait allusion à aucune vision animiste, ni mythologique, ni créationniste et ni légendaire locale, ce dernier aura une valeur de 0 pour chacune des visions lorsqu'il évoque l'origine du magma et ses manifestations externes. En revanche, s'il exprime une vision cartésienne, sera inscrit 1 dans la colonne correspondante. De ce fait, la valeur de son objet vaudra 1/5.

5.1.5 Caractérisation des cinq catégories définissant l'objet géologique

Pour l'objet géologique, celui-ci est évalué en fonction de ses cinq catégories : le contexte global, le contexte national, le contexte Caraïbes, le contexte régional et le contexte local. Chaque catégorie présente des éléments évaluateurs la spécifiant. Le contexte global regroupe toute la connaissance des objets et phénomènes géologiques à l'échelle du globe terrestre concernant le thème magmatisme des zones de subduction. Le contexte national regroupe toute la connaissance des objets et phénomènes géologiques factuels, liée au magmatisme des zones de subduction, qui structurent l'histoire géologique de France (DOM-COM compris sauf la Guadeloupe). Le contexte Caraïbes désignent toute la connaissance des objets et phénomènes géologiques associés à l'arc insulaire caribéen, dans le cadre du magmatisme de zones de subduction. Le contexte régional désigne toute la connaissance des objets et phénomènes géologiques de l'archipel guadeloupéen (Guadeloupe, Désirade, Marie-Galante, les Saintes, Saint-Martin et Saint-

Barthélemy compris) associés au magmatisme des zones de subduction. Le contexte local désigne toute la connaissance des objets et phénomènes géologiques associés à l'île de Saint-Martin et concernant ce même thème.

5.2 Deuxième étape : sélection des élèves à interroger en entretien

5.2.1 Un premier critère : les productions écrites

Les élèves ont été sélectionnés sur la base de trois critères. Le premier critère est les productions écrites : il s'agit de choisir un ensemble d'élèves qui représentent toutes les possibilités d'explication. Ces productions ne sont pas examinées comme des « choses en soi » en les sortant de leur contexte socio-cognitif. Il s'agit ici d'étudier le processus qui conduit à l'élaboration de ces productions et c'est cette étude qui va permettre de mieux comprendre les interactions que chaque élève vit avec les éléments de son contexte et qui conduisent à donner du sens à ce qui l'entoure. A la lumière de ces productions, nous avons établi auparavant cinq types d'explication concernant l'origine du magma dans les zones de subduction (**annexe 1**) :

- une origine diffuse d'un magma préexistant à forte température d'origine superficielle ou profonde (huit élèves) → **explication 1** ;
- une origine locale d'un magma préexistant à forte température, stocké dans des poches ou chambres magmatiques (cinq élèves) → **explication 2** ;
- une production locale de magma issu de la fusion de la lithosphère océanique plongeante à forte température (cinq élèves) → **explication 3** ;
- une production locale de magma issu de la fusion d'une partie de l'asthénosphère à forte température et/ou pression (trois élèves) → **explication 4** ;
- une absence d'explication : structure volcanique sans lien avec une quelconque production de magma (7 élèves) → **explication Ø** ;

5.2.2 Un second critère : les groupes de travaux élèves

Les élèves de Terminale S ont l'habitude de collaborer en binôme de travail le plus souvent. Comme nous avons besoin d'étudier les interactions entre les élèves qui collaborent, il s'agit alors de sélectionner des élèves représentatifs des explications produites mais que, parmi ces élèves, nous puissions reconstruire au maximum les groupes de travaux qui ont l'habitude de se former dans les séances d'apprentissage ordinaires. De plus, parmi ces groupes de travaux reconstitués, nous souhaitons qu'il y ait des groupes d'élèves qui aient produit le même type

d'explication et des groupes d'élèves qui aient produit une explication différente, proportionnellement à la répartition qui s'observe au sein de la classe entière.

	Explication 1	Explication 2	Explication 3	Explication 4	Explication \emptyset
Explication 1	×	2 groupes (A et B)	2 groupes (C et D)	2 groupes (E et F)	3 groupes (G, H et I)
Explication 2		1 groupe (J)	×	1 groupe (K)	×
Explication 3			×	×	1 groupe (L)
Explication 4				×	×
Explication \emptyset					2 groupes (M et N)

Tableau 6. Répartition des groupes de travaux élèves en séance ordinaire en fonction du type d'explication avancé

La croix (×) désigne une absence de groupe pour la configuration considérée. Les cases colorées en orange mettent en évidence les groupes d'élèves qui ont produit la même explication. Les cases colorées en bleu mettent en évidence les groupes qui ont produit des explications différentes. Les groupes sont nommés suivant une lettre de l'alphabet en majuscule.

5.2.3 Un troisième critère : la disponibilité des parents

Enfin, le troisième critère est la disponibilité des parents. Comme l'étude des interactions entre les élèves interrogés et les sujets de leur entourage proche que sont les parents est également nécessaire, il s'agit de sélectionner des élèves qui soient représentatifs de la classe (différents types d'explication, groupes d'élèves qui collaborent et répartition de ces groupes de travaux élèves proportionnelle à celle de la classe) mais aussi, dont il est possible d'évaluer les interactions qu'ils ont avec leurs parents.

5.2.4 Sélection finale des élèves de Terminales S

De cette façon, huit élèves de Terminale S ont été interrogés : l'élève E1LP, l'élève E2DS, l'élève E3MJ, l'élève E4SM, l'élève E5EJ, l'élève E6AT, l'élève E7DL et l'élève E8AS.

La répartition de ces élèves en liaison avec le type d'explication fournie se rapproche de celle de la classe.

	Explication 1	Explication 2	Explication 3	Explication 4	Explication ∅
Répartition des élèves dans la classe	8	5	5	3	7
Nom des élèves sélectionnés	E1LP E8AS	E4SM E5EJ	E3MJ	E7DL	E6AT E2DS

Tableau 7. Sélection des élèves en fonction du type d'explication

A partir de ces huit élèves de Terminale S, trois groupes de travaux peuvent être étudiés : un groupe d'élèves qui produisent le même type d'explication : le groupe J formé de E4SM et E5EJ (une origine locale de magma préexistant dans des poches magmatiques) et 2 groupes d'élèves qui produisent une explication différente : le groupe E formé de E7DL et E8AS (une origine locale du magma produit par fusion du manteau/une origine diffuse du magma préexistant d'origine profonde) et le groupe L formé de E2DS et E3MJ (une absence d'explication sur l'origine du magma/une origine locale du magma produit par fusion de la croûte océanique).

Enfin, quatre parents ont rapidement répondu présent suite au message diffusé à leur intention via leur propre enfant : il s'agit du parent de l'élève E3MJ que nous nommons P3MJ, du parent de l'élève E4SM que nous nommons P4SM, du parent de l'élève E5EJ que nous nommons P5EJ ainsi que du parent de l'élève E7DL que nous nommons P7DL. Ce sont ces parents que nous interrogeons.

Pour cette étude, nous avons également sélectionné trois élèves volontaires issus de la classe de Seconde : l'élève E9ES, l'élève E10DC et l'élève E11SG. Nous menons des entretiens avec ces trois élèves car ils servent d'élèves référents lors de l'analyse des résultats obtenus. En effet, ces élèves entament le lycée et n'ont donc reçu aucun enseignement relatif au thème étudié de ce cycle.

5.3 Troisième étape : conduite des entretiens parents et élèves

5.3.1 Entretiens élèves

Les entretiens ont lieu dans une salle de classe climatisée de l'établissement scolaire de l'élève. Ils ont une durée approximative d'une heure. Les rendez-vous ont été pris en fonction des disponibilités de l'élève et de l'enseignant mais également en fonction des binômes de travail (E2DS-E3MJ, E4SM-E5EJ et E7DL-E8AS). En effet, afin de pouvoir enregistrer les produits des échanges entre les élèves collaborateurs, il a fallu trouver une plage horaire qui puisse permettre de réserver un temps commun pour l'échange entre les deux élèves collaborateurs (**tableau 8**).

Nom de l'élève	Date de passage	Début entretien	Fin entretien	Durée des échanges binômes
E1LP	18/03/2015	15h10min	16h02min	
E2DS	20/03/2015	9h21min	10h20min	19 min
E3MJ	20/03/2015	9h51min	11h13min	
E4SM	20/03/2015	13h43min	15h20min	33 min
E5EJ	20/03/2015	14h37min	15h48min	
E6AT	20/03/2015	15h50min	16h44min	
E7DL	27/03/2015	9h33min	10h45min	21 min
E8AS	27/03/2015	10h14min	11h21min	

Tableau 8. Dates, horaires d'entretien et durée des échanges entre binômes de travail pour les élèves de Terminale S interrogés

L'entretien s'est organisé en trois parties :

- une première partie concerne l'évaluation des objets d'enseignement et d'apprentissage, médiatique et croyances;
- une deuxième partie concerne l'évaluation de l'objet géologique ;
- une troisième partie est enfin réservée aux échanges entre les deux élèves d'un même binôme de travail.

5.3.1.1 Première partie : évaluation des objets enseignement-apprentissage, médiatique et croyances

Pour cette première partie, l'élève a à sa disposition quelques ressources en liaison avec l'objet contextuel évalué : l'objet d'enseignement et d'apprentissage et l'objet médiatique. Pour chaque objet, un ou deux exemples par catégorie lui est présenté. Ces exemples ne sont volontairement pas exhaustifs mais servent de base de discussion. Nous ne voulons pas surcharger l'élève de trop d'informations dont il ne saurait que faire. Nous lui invitons alors à consulter ces ressources qui ont, bien évidemment, un lien avec le thème du magmatisme en zones de subduction.

En ce qui concerne l'**objet d'enseignement et d'apprentissage** :

- pour la catégorie ressources non normalisées pour public scolaire, il dispose d'un ordinateur avec connexion à internet où il peut consulter la page web d'un exemple de site d'aide et de soutien avec inscription (*site assistance scolaire personnalisée APS*) et une vidéo issue d'un site d'aide et de soutien en libre accès (*site Les Bons Profs*). Il peut consulter également des ouvrages imprimés tels que *Les clés du bac Terminale S SVT*, édition belin et *Réviser son bac avec le Monde en SVT*, édition rue des écoles ;
- pour la catégorie des ressources non normalisées pour tout public, il dispose d'un ordinateur avec connexion à internet où figure un accès au site *GeoManips* du CNRS. Il peut naviguer également dans l'interface interactive du *Mange cailloux*, qui est un guide pédagogique de minéralogie ;
- pour la catégorie ressources normalisées pour public scolaire, l'élève a à sa disposition un ordinateur avec connexion à internet sur lequel il peut consulter un exemple de site indexé dans Eduscol et traitant des minéraux des roches intervenant dans la subduction. Il peut consulter également un exemplaire du *Cahier d'activités du Sismo* du CRDP de l'Académie de Nice ;
- pour la catégorie ressources universitaires, l'élève peut consulter sur un ordinateur connecté à internet le site *Objectif-terre* de l'Université de Lausanne en Suisse et a à sa disposition l'ouvrage *mémo visuel de géologie, l'essentiel en fiches* de Yves Lagabrielle, René Maury et Maurice Renard ;
- pour la catégorie manuels scolaires, l'élève dispose du manuel qu'il a l'habitude d'utiliser en SVT : *manuel de SVT*, édition Bordas.

Nous donnons à l'élève une dizaine de minutes au cours desquelles ils consultent les différentes ressources (**annexe 2a**). Il a pour objectif de sélectionner les ressources assimilées qu'il utilise ou a déjà utilisé chez lui, celles vers lesquelles il pourrait être attiré et enfin, celles qu'il ne consulterait assurément pas du tout. Un entretien suivra, au cours duquel l'élève explicitera ses choix. Une discussion sera alors engagée afin d'examiner au mieux le rapport que celui-ci a aux ressources d'enseignement et d'apprentissage.

En ce qui concerne l'**objet médiatique**, nous gardons le même principe. L'élève est placé devant des ressources représentatives de l'objet médiatique pendant une dizaine de minutes (**annexe 3a**). Il est amené à opérer à des sélections : les ressources qu'il a l'habitude de consulter, celles vers lesquelles il pourrait être attiré et, enfin, celles qu'il ne consulterait absolument pas.

- Pour la catégorie ressources de Science-Fiction, l'élève dispose d'un extrait du livre *Gandahar n°1, les volcans* et un extrait du film *The Core* en version originale sous-titrée sur un ordinateur ;
- Pour la catégorie ressources généralistes, l'élève peut consulter un exemplaire d'un journal local, *le Journal de Saint-Barth*, la revue *National geographic*. Il peut visionner un film documentaire sur les Andes : *les Andes, toute une histoire* d'Annie et Jean Pichon et a accès à internet où lui est spécifié un accès à une rubrique de *Wikipedia* ;
- Pour la catégorie ressources de vulgarisation scientifique jeunesse, l'élève dispose d'une revue *Cosinus* le numéro 76, octobre 2006 : *l'Himalaya, toujours plus haut ?* et d'un livre *les volcans et leurs éruptions* de J.-M. Bardintzeff. Il lui est présenté également un extrait de l'émission *C'est pas Sorcier* de F. Courant, B. Gonner et J. Goubaud sur l'origine du magma ;
- Pour les ressources de vulgarisation scientifique tout public, l'élève a à sa disposition un *Dossier Pour La Science* d'avril-juin 2010 *La Terre à cœur ouvert, du noyau aux volcans*, le guide des *Curiosités géologiques Guadeloupe* de P. Graviou, S. Bès de Berc et E. Bourdon. Il peut également visionner un documentaire scientifique *Le Karthala, un volcan méconnu ?* et ont accès à une page web du site Futura-Sciences <http://www.futura-sciences.com> ;
- Pour les ressources scientifiques universitaires, l'élève a accès à une vidéo-conférence de Joseph Martinod *comment la subduction océanique a contrôlé la formation de la*

Cordillère des Andes et peut consulter un ouvrage universitaire tel que celui de Serge Lallemand *la subduction océanique*.

En ce qui concerne l'**objet croyances**, nous demandons à l'élève sa vision personnelle de l'origine de l'activité volcanique. Nous lui demandons également s'il connaît des histoires, contes ou légendes au sujet de l'activité magmatique. La parole est laissée libre, des questions sont éventuellement posées afin d'éclaircir certaines idées. Pour cette première partie, les entretiens seront transcrits de telle manière à pouvoir chiffrer les trois objets étudiés selon les modalités décrites dans le **tableau 3** pour les huit élèves interrogés (**annexes 2b, 3b et 4**).

5.3.1.2 Deuxième partie : évaluation de l'objet géologique

L'élève est placé devant un ordinateur. Nous lui présentons un diaporama sur l'interface Power Point (**annexe 5a**), lui demandons de décrire ce qu'il observe et de déduire une identification des objets ou structures qu'il a décrits. Une discussion est alors engagée. La parole est laissée libre. Des questions sont seulement posées pour engager l'élève à poursuivre, ou bien pour le sortir d'un silence éventuel. L'entretien est transcrit afin d'identifier les éléments permettant d'évaluer les cinq catégories de l'objet géologique et d'en donner une valeur (**tableaux 9, 10, 11, 12 et 13**).

Catégorie de l'objet géologique à évaluer	Élément évaluateur	Diapositive associée issue du diaporama présenté à l'élève
Contexte global	Volcanisme sous-marin effusif dorsale océanique	N°20 : vidéo d'une éruption volcanique sous-marine
	Eruption effusive hors de l'eau	N°22 : vidéo d'une éruption volcanique aérienne de type effusif
	Eruption explosive hors de l'eau	N°21 : vidéo d'une éruption volcanique aérienne de type explosif
	Roches formées à l'axe des dorsales	N°20 : vidéo d'une éruption volcanique sous-marine
	Roches formées éruption explosive	N°21 : vidéo d'une éruption volcanique aérienne de type explosif
	Roches formées à l'issue éruption effusive	N°22 : vidéo d'une éruption volcanique aérienne de type effusif
	Magmatisme à l'axe de la dorsale	N°20 : vidéo d'une éruption volcanique sous-marine N°23 : diagramme de stabilité péridotite et géothermes de dorsale, plaine abyssale, subduction associés
	Magmatisme dans les zones de subduction	N°21 : vidéo d'une éruption volcanique aérienne de type explosif

		N°23 : diagramme de stabilité de la péridotite et géothermes de dorsale, plaine abyssale, subduction associés
	Diagramme solidus/liquidus de péridotite	N°23 : diagramme stabilité péridotite et géothermes de dorsale, plaine abyssale, subduction associés
	Quelques activités magmatiques échelle globe	N°18 : photographie du <i>Mont Fuji</i> , île de Honshu, Japon N°19 : photographie du <i>Grand Prismatic Spring</i> , parc de Yellowstone, Wyoming, Etats Unis

Tableau 9. Répartition des diapositives présentées en fonction des éléments évaluateurs pour le contexte global de l'objet géologique

Catégorie de l'objet géologique à évaluer	Élément évaluateur	Diapositive associée issue du diaporama présenté à l'élève
Contexte national	Chaîne des Puys et morphologie volcanique	N°14 photographie de la Chaîne des Puys, Massif Central, France
	Puy Lemptégy et morphologie volcanique	N°15 : photographie du Puy Lemptégy
	Type de magmatisme/volcanisme chaîne des Puys	N°14 photographie de la Chaîne des Puys, Massif Central, France N°15 : photographie du Puy Lemptégy
	Piton de la Fournaise et morphologie volcanique	N°16 : photographie du Piton de la Fournaise, La Réunion, DOM
	Type de magmatisme et volcanisme Réunion	N°16 : photographie du Piton de la Fournaise, La Réunion, DOM

Tableau 10. Répartition des diapositives présentées en fonction des éléments évaluateurs pour le contexte national de l'objet géologique

Catégorie de l'objet géologique à évaluer	Élément évaluateur	Diapositive associée issue du diaporama présenté à l'élève
Contexte Caraïbes	Arc insulaire caribéen	N°1 : carte bathymétrique dans la zone des Caraïbes N°2 : carte de répartition des foyers sismiques dans la zone des Caraïbes N°3 : schéma structural de la zone de convergence des Petites Antilles
	Frontières de plaques bordant la plaque Caraïbe	N°3 : schéma structural de la zone de convergence des Petites Antilles
	Indices de subduction : séismes, Wadati-Benioff	N°2 : carte de répartition des foyers sismiques dans la zone des Caraïbes
	Indices de subduction :	N°17 : photographie de la <i>Soufriere</i>

	volcanisme	<i>Hills</i> , île de Montserrat
	Indices de subduction : fosse océanique	N°1 : carte bathymétrique dans la zone des Caraïbes
	Volcanisme actif éruptif Montserrat	N°17 : photographie de la <i>Soufriere Hills</i> , île de Montserrat
	Roches formées à Montserrat	N°17 : photographie de la <i>Soufriere Hills</i> , île de Montserrat

Tableau 11. Répartition des diapositives présentées en fonction des éléments évaluateurs pour le contexte Caraïbes de l'objet géologique

Catégorie de l'objet géologique à évaluer	Élément évaluateur	Diapositive associée issue du diaporama présenté à l'élève
Contexte régional	Soufrière et morphologie volcanique	N°10 : photographie du dôme de la Soufrière, Basse-Terre, Guadeloupe N°11 : photographie d'un gouffre situé au sommet de la Soufrière, Basse-Terre, Guadeloupe
	Fumerolles de la Soufrière	N°12 : photographie de fumerolles au sommet de la Soufrière, Basse-Terre, Guadeloupe N°13 : vidéo d'une fumerolle en activité, Soufrière, Basse-Terre, Guadeloupe
	Terrains affleurant à la Soufrière	N°11 : photographie d'un gouffre situé au sommet de la Soufrière, Basse-Terre, Guadeloupe
	Type de magmatisme et volcanisme Guadeloupe	N°11 : photographie d'un gouffre situé au sommet de la Soufrière, Basse-Terre, Guadeloupe N°12 : photographie de fumerolles au sommet de la Soufrière, Basse-Terre, Guadeloupe N°13 : vidéo d'une fumerolle en activité, Soufrière, Basse-Terre, Guadeloupe
	Traces d'hydrothermalisme	N°11 : photographie d'un gouffre situé au sommet de la Soufrière, Basse-Terre, Guadeloupe N°12 : photographie de fumerolles au sommet de la Soufrière, Basse-Terre, Guadeloupe N°13 : vidéo d'une fumerolle en activité, Soufrière, Basse-Terre,

		Guadeloupe
	Géodynamique de la Guadeloupe	

Tableau 12. Répartition des diapositives présentées en fonction des éléments évaluateurs pour le contexte régional de l'objet géologique

Catégorie de l'objet géologique à évaluer	Élément évaluateur	Diapositive associée issue du diaporama présenté à l'élève
Contexte local	Affleurements d'andésite	N°6 : photographie du Fort Louis de Marigot, Saint-Martin
	Texture de l'andésite	N°7 : photographie de l'andésite du Fort Louis de Marigot
	Minéralogie de l'andésite	N°7 : photographie de l'andésite du Fort Louis de Marigot
	Affleurements de granodiorite	N°5 : photographie des reliefs de Grand-Case, Saint-Martin N°8 : photographie d'un affleurement commun de granodiorite, Cul-de-Sac, Saint-Martin
	Minéralogie de la granodiorite	N°9 : photographie via la loupe à main d'un extrait de granodiorite
	Texture de la granodiorite	N°9 : photographie via la loupe à main d'un extrait de granodiorite
	Mise en place roches rencontrées Saint-Martin	N°5 : photographie des reliefs de Grand-Case, Saint-Martin N°7 : photographie de l'andésite du Fort Louis de Marigot
	Géodynamique de Saint-Martin	
	Reliefs du Pic Paradis	N°4 : photographie des reliefs du Pic Paradis, Saint-Martin

Tableau 13. Répartition des diapositives présentées en fonction des éléments évaluateurs pour le contexte local de l'objet géologique

Associés au diaporama, des échantillons de roches sont mis à la disposition des élèves (**annexe 5a**). Celui-ci est amené à décrire chaque échantillon : sa couleur, son aspect, sa texture, sa minéralogie, le type de roche que cela est, son contexte de formation, et, éventuellement, un nom. De la même façon, la parole est laissée libre mais, en fonction de la réaction des élèves, des questions sont posées pour engager une discussion ou l'approfondir. Le résultat des échanges transcrits vont servir, également, à évaluer l'objet géologique (**tableaux 14 et 15**).

Catégorie de l'objet géologique à évaluer	Élément évaluateur	Echantillon de roche présenté à l'élève
Contexte global	Reconnaissance péridotite	Echantillon de péridotite
	Sa texture	
	Sa minéralogie	
	Magmatisme axe dorsale	
	Magmatisme zones de subduction	
	Diagramme péridotite solidus/liquidus	
	Reconnaissance gabbro	Echantillon de gabbro
	Sa texture	
	Sa minéralogie	
	Roches formées axe dorsale	
	Reconnaissance basalte	Echantillon de basalte
	Sa texture	
	Sa minéralogie	
	Volcanisme sous-marin effusif dorsale océanique	
	Roches formées à l'issue éruption effusive	
	Roches formées dorsale	
	Reconnaissance granodiorite	Echantillon de granodiorite
	Sa texture	
	Sa minéralogie	
	Magmatisme zones de subduction	
Reconnaissance andésite	Echantillon d'andésite	
Sa texture		
Sa minéralogie		
Roches formées à l'issue éruption explosive		
Magmatisme zones de subduction	Echantillon de granite	
Reconnaissance granite		
Sa texture		
Sa minéralogie		
Magmatisme zones de subduction		

Tableau 14. Répartition des échantillons de roches en fonction des éléments évaluateurs pour le contexte global de l'objet géologique

Catégorie de l'objet géologique à évaluer	Elément évaluateur	Echantillon de roche présenté à l'élève
Contexte Caraïbes	Roches formées à Montserrat	Echantillons d'andésite/granodiorite
Contexte régional	Terrains affleurant à la Soufrière	Echantillon d'andésite
	Type de magmatisme et volcanisme Guadeloupe	Echantillons d'andésite/granodiorite
Contexte local	Affleurements d'andésite	Echantillon d'andésite
	Texture de l'andésite	
	Minéralogie de l'andésite	
	Affleurements de granodiorite	Echantillon de granodiorite
	Minéralogie de la granodiorite	
	Texture de la granodiorite	

Tableau 15. Répartition des échantillons de roches en fonction des éléments évaluateurs pour le contexte Caraïbes, régional et local de l'objet géologique

A l'issue des entretiens, chaque entretien est transcrit de telle manière à pouvoir chiffrer l'objet géologique des huit élèves interrogés selon les modalités décrites dans le **tableau 3** pour les huit élèves interrogés (**annexes 5b**).

De cette façon, l'évaluation des quatre objets contextuels va permettre d'estimer l'intensité de l'interaction qui a lieu entre chaque élève et chacun de ses objets contextuels. L'Analyse en Composante Principale, qui est la quatrième étape de cette méthodologie, va aider à estimer l'intensité de corrélation qui existe entre ces objets contextuels de façon à voir dans quelle mesure chaque objet contextuel du néso-instrument élève influence ce dernier.

5.3.1.3 Troisième partie : organisation des échanges entre élèves collaborateurs

Un temps est réservé aux échanges au sein des groupes de travaux (élèves E2DS-E3MJ, E4SM-E5EJ et E7DL-E8AS). Nous mettons à disposition des feuilles blanches ainsi que des feutres de couleur. Cet échange a lieu à la fin de l'entretien avec le premier élève du binôme et au début de l'entretien suivant du deuxième élève du même binôme. De cette façon, l'élève E2DS a déjà subi l'entretien quand l'échange débute avec l'élève E3MJ. L'élève E4SM a déjà subi l'entretien quand l'échange débute avec l'élève E5EJ. Enfin, l'élève E7DL a déjà subi l'entretien quand l'échange débute avec l'élève E8AS.

Nous posons successivement deux problèmes explicatifs aux élèves du binôme de travail :

- Comment l'île de la Guadeloupe s'est formée ?
- Comment l'île de Saint-Martin s'est formée ?

Nous leur demandons de « travailler » de la même façon qu'ils font en séance ordinaire de Travaux Pratiques. La discussion est alors engagée et laissée libre. Nous intervenons uniquement pour l'éclaircissement d'un point précis évoqué lors de l'échange. Les feuilles blanches servent d'appui pour expliciter leur idées et pour construire un modèle explicatif. De cette manière, cet échange se déroule alors à la lumière des travaux de C. Orange (2002, 2006, 2013) : les contraintes et les nécessités sont soulevés. La transcription de ces échanges sert de base pour analyser les interactions entre élèves, plus précisément, entre ino-instruments élèves. Elle va permettre d'estimer l'intensité et la robustesse des interactions de façon à voir dans quelle mesure les néso-instruments élèves s'influencent entre eux. Elle va fournir également une base de données intéressante pour analyser les rapports que chaque élève vit avec ses objets contextuels.

Concernant les **trois élèves de seconde référents**, les entretiens se déroulent sur la base des entretiens prévus pour les élèves de Terminale S à l'exception que l'étude des interactions interindividuels n'est pas réalisée. En effet, ce qui nous importe ici est d'avoir une base de référence quant aux interactions qui se font entre un élève et ses objets contextuels afin d'en évaluer les conséquences sur les conceptions initiales, puisque, rappelons-le, ces élèves n'ont pas suivi le programme du lycée concernant le thème étudié. Les entretiens élèves de seconde ont lieu dans une petite salle informatique climatisée, au sein de leur établissement scolaire. Ils ont une durée approximative de 35 minutes. Les rendez-vous ont été pris en fonction des disponibilités des élèves et de l'enseignant (**tableau 16**).

Nom de l'élève	Date de passage	Début entretien	Fin entretien
E9ES	05/05/2015	13h14min	13h58min
E10DC	06/05/2015	11h16min	11h44min
E11SG	12/05/2015	11h17min	11h52min

Tableau 16. Dates et horaires d'entretien pour les élèves de Seconde interrogés

5.3.2 Entretiens parents

Les entretiens parents ont lieu dans une petite salle de réunion climatisée, au sein de l'établissement scolaire de leurs enfants. Ils ont une durée approximative de 35 minutes. Les rendez-vous ont été pris en fonction des disponibilités des parents et de l'enseignant (**tableau 17**).

Nom de l'élève	Date de passage	Début entretien	Fin entretien
P5EJ	04/05/2015	14h56min	15h21min
P4SM	07/05/2015	10h07min	10h43min
P7DL	13/05/2015	15h07min	15h41min
P3MJ	22/05/2015	10h05min	10h25min

Tableau 17. Dates et horaires d'entretien pour les parents des élèves de Terminale S interrogés (E3MJ, E4SM, E5EJ et E7DL)

La transcription des échanges sert de base pour analyser les interactions entre les élèves et leur entourage proche, ici leurs parents, au sein des ino-instruments élèves. Elle va permettre d'estimer l'intensité et la robustesse des interactions de façon à voir dans quelle mesure les néso-instruments parents influencent les néso-instruments des élèves associé.

5.4 Quatrième étape : analyse des corrélations entre objets contextuels à partir de l'analyse factorielle en composante principale ACP

5.4.1 Principe de la recherche corrélacionnelle

Nous décidons donc d'effectuer une **recherche corrélacionnelle** : nous n'influençons pas les variables que l'on a mesurées. Les variables correspondent aux objets contextuels (objet d'enseignement et d'apprentissage, objet médiatique, objet croyances et objet géologique) qui prennent des valeurs différentes en fonction de l'élève étudié. Nous mesurerons donc ces variables et nous recherchons alors les relations (**corrélacions**) existant entre ces dernières.

La corrélation mesure la **relation entre deux variables ou plus**. Les coefficients de corrélation sont compris dans l'intervalle **[-1,00 ; +1,00]**. La valeur -1,00 représente une parfaite corrélation négative tandis que la valeur + 1,00 représente une parfaite corrélation positive. La valeur 0.00 représente une absence de corrélation (ou l'indépendance entre deux variables). Le coefficient de corrélation le plus connu est le **coefficient r de Pearson**, également appelé

coefficient de corrélation linéaire. Ce type de corrélation est proposé dans le module *Statistiques Élémentaires (matrice de corrélation)* du logiciel *Statistica* que nous utilisons.

De cette manière, nous calculons les corrélations sur toutes les variables numériques de notre fichier de données. Une corrélation sera forte si les points s'alignent bien sur une droite (de pente positive ou négative). Cette droite est appelée **droite de régression** ou droite des moindres carrés (elle est définie de telle sorte que la somme des distances au carré de tous les points à la droite soit la plus faible possible).

Nous évaluons également la **fiabilité des relations** entre ces variables étudiées. Elle fait référence à la « **représentativité** » du résultat trouvé dans notre échantillon étudié par rapport à la population toute entière de Terminale S à Saint-Martin ou dans l'Académie de Guadeloupe par exemple. De ce fait, l'étude de la fiabilité de la relation nous indique dans quelle mesure nous avons des chances de trouver une relation similaire si l'expérience était menée sur d'autres échantillons issus de la même population. En effet, nous nous intéressons à cet échantillon que dans la mesure où il nous donne des informations sur la population. Cette mesure peut être estimée grâce au **niveau de significativité statistique**, le **niveau p** qui évalue le degré auquel le résultat obtenu est vrai c'est-à-dire représentatif de la population. Plus le niveau p est élevé, moins nous avons de chances pour que la relation observée entre les variables de l'échantillon soit un bon indicateur de la relation entre les variables respectives dans la population. Nous considérons que, comme dans de nombreux domaines de recherche, un niveau de **p de 0,05** (il existe une probabilité de 5% pour que la relation entre les variables trouvées dans notre échantillon soit une « coïncidence » ou due « à la chance ») représente la **limite acceptable d'erreur**. Les résultats significatifs au seuil p 0,01 sont généralement considérés comme statistiquement significatifs et au seuil p 0,005 ou 0,001 comme très significatifs.

Bien évidemment la **significativité** d'un coefficient de **corrélation** évolue avec la **taille de l'échantillon**. S'il existe peu d'observations, il existe également peu de combinaisons possibles de modalités des variables, et donc la probabilité d'obtenir par chance une combinaison de valeurs indiquant une forte relation est relativement forte. Ainsi, étant donné la taille petite de notre échantillon (8 élèves de Terminale S), nous ne perdrons pas de vue cette dernière affirmation. Nous serons par conséquent très prudents dans l'interprétation des résultats obtenus.

Seulement, si une relation entre deux variables étudiées est « objectivement » faible dans la population, il faut avoir une taille d'échantillon grand pour pouvoir identifier l'intensité de la relation dans une étude de façon statistiquement significative. Ainsi, si une relation est « objectivement » très forte dans la population, il est plus facile de la trouver très significative dans une étude fondée sur un petit échantillon. Ce qui signifie que si une relation est très forte, nous pouvons la trouver significative dans un petit échantillon.

5.4.2 Principe de l'analyse en composante principale (ACP) avec le logiciel Statistica

L'analyse en composante principale (ACP) s'intéresse à des tableaux de données rectangulaires avec des **individus en lignes** (nommés **observations** sur *Statistica*) et des **variables quantitatives** – valeur de chaque objet sur 5 - **en colonnes** (aussi appelées **variables** sur *Statistica*). Pour cette analyse, la valeur du nombre d'individus statistiques considérés est de huit élèves de Terminale S et la valeur du nombre de variables est de quatre (objet géologique, objet médiatique, objet croyances, objet d'enseignement et d'apprentissage).

Pour l'analyse globale, nous utilisons **quatre variables actives** : objet géologique, objet médiatique, objet croyances et objet d'enseignement et d'apprentissage. Ces variables correspondent aux valeurs des objets avec lesquels chaque élève est en interaction. L'analyse en composante principale (ACP) nous aide à comprendre dans quelle mesure ces variables sont liées entre elles et dans quelle mesure elle dessine des profils d'élèves. Le tableau de données brutes figure à **l'annexe 6**.

L'analyse en composante principale (ACP) sous *Statistica* étudie donc ce tableau de données qui peut être vu comme un ensemble de lignes (individus) ou un ensemble de colonnes (variables). Puisque nous travaillons sur le même tableau de données, nous voyons qu'il existe un lien entre les études sur les individus et l'étude sur les variables. Si nous focalisons sur l'**étude des individus**, nous pouvons estimer quand les individus se ressemblent du point de vue de l'ensemble des variables considérées et de conclure à un **bilan de ressemblances**. Même si l'échantillon étudié est petit, nous nous exerçons à établir des premières conclusions qui pourront être corroborées lors d'une étude plus large. Seules les conclusions les plus vraisemblables sont retenues. Une première typologie des individus va être donc réalisée : nous cherchons à construire des groupes d'individus qui soient homogènes du point de vue de l'ensemble des variables.

Quant aux **variables**, leur étude permet de **rechercher les liaisons linéaires** qui existent entre ces dernières. La mesure de « ressemblance » entre variables est effectuée grâce à au coefficient r de corrélation.

Il s'agit maintenant de comprendre comment nous pouvons envisager notre étude sur les individus (élèves de Terminale S interrogés) à partir de l'analyse en composante principale (ACP) et des représentations graphiques obtenues.

5.4.2.1 *Etude des individus avec l'analyse en composante principale (ACP)*

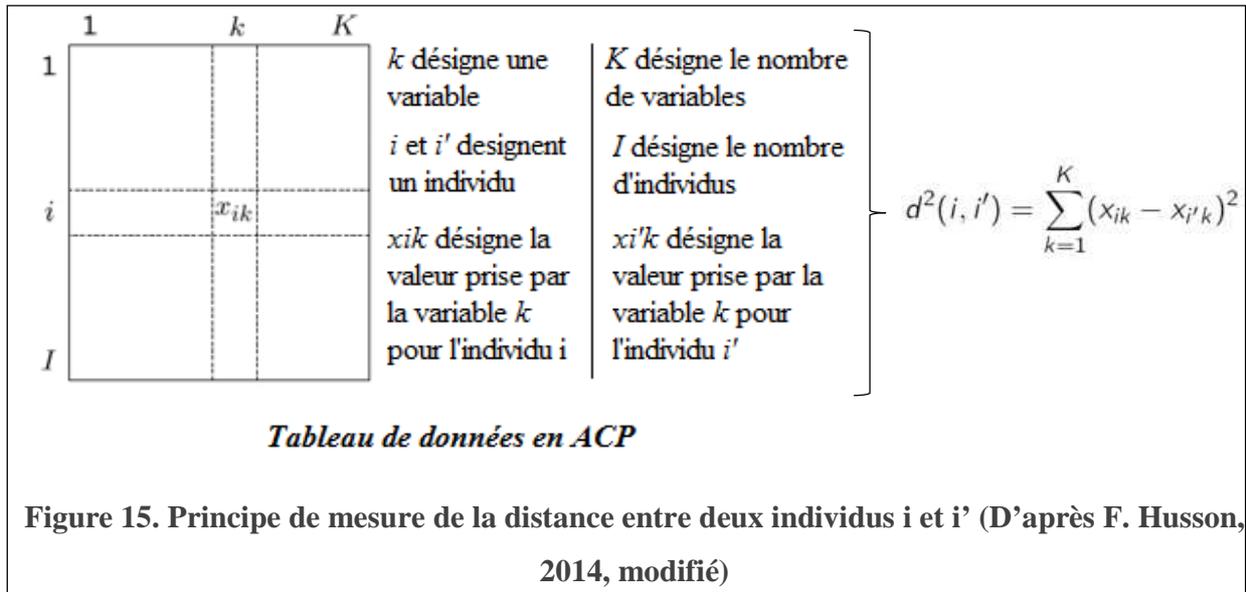
L'étude sur les individus signifie d'abord considérer le **nuage de points** correspondant à l'ensemble des individus (sachant qu'un point représente un individu). Ce nuage de points est dans un espace de **dimension élevée**. Le nombre de variables indique le nombre de dimensions réservées à l'espace dans lequel vit le nuage de points des individus. Autrement dit, plus nous augmentons le nombre de variables à l'étude, plus le nuage de points sera dans un espace de dimension élevée.

- Etude de la structure du nuage de points des individus

Si le nombre de variables est de un, la représentation des individus est relativement aisée : une représentation axiale s'impose et les individus sont positionnés en fonction de la valeur qu'ils prennent sur l'axe. Si le nombre de variables est de deux, il est possible de construire un nuage de points comme en régression simple : la variable Y est exprimée en fonction de la variable X . Si le nombre de variables est de trois, la difficulté augmente. Seulement, nous pouvons utiliser un logiciel adapté dont les fonctionnalités permettent de bouger le nuage de points obtenu et donc le visualiser en trois dimensions. Si le nombre de variables est supérieur ou égal à quatre, il est impossible de représenter le nuage de points en quatre dimensions ou plus. Or, pour notre travail de recherche, quatre variables principales sont à l'étude : elles correspondent aux quatre objets contextuels.

Nous nous demandons alors comment il va être possible de visualiser le nuage d'individus s'il vit dans un espace relativement grand et surtout peu perceptible dans son intégralité. Il est en fait nécessaire d'étudier la structure du nuage des individus. Pour ce faire, il faut partir de la notion de ressemblance. Nous pouvons supposer dans un premier temps que deux individus se ressemblent quand ils sont proches. De cette manière, la distance entre les individus est définie

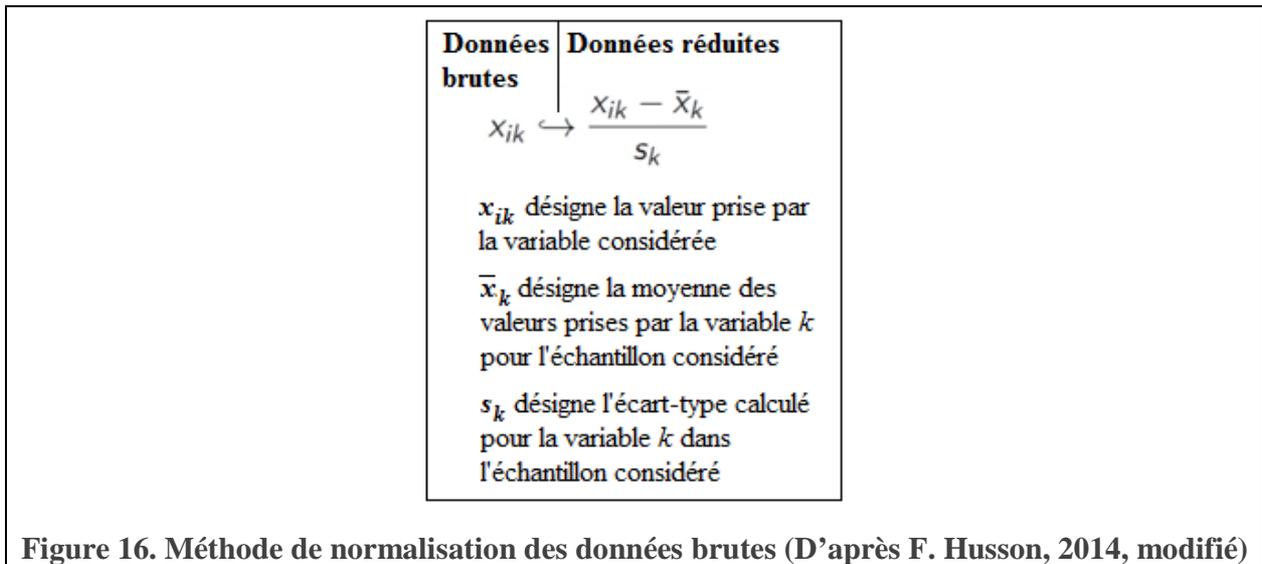
grâce au théorème de Pythagore : la distance d au carré entre deux individus i et i' est la somme des carrés des écarts entre les valeurs prises par chacune des variables considérées pour chaque individu (**figure 15**).



Par conséquent, **étudier la structure du nuage des individus revient à repérer les individus qui sont proches et ceux qui sont éloignés**. En effet, l'étude des distances entre individus va permettre une visualisation de l'espace des individus avec une représentation graphique en deux dimensions. Or la distance entre deux individus est liée à la somme des écarts entre variables pour les deux individus (**figure 15**).

- Réduction des données

Selon les unités choisies par les variables, la structure du nuage des individus risque de changer. Afin d'annuler cet effet, les données brutes sont alors réduites. Même si nos variables n'ont pas d'unités, nous décidons dans un premier temps de réduire les données afin d'accorder la même importance à chaque variable. En effet, ne pas réduire permet de donner plus d'importance aux variables qui ont une variabilité plus grande (variance plus grande). La normalisation des différentes variables se fait de la manière suivante (**figure 16**) :



Le jeu de données résultant de la normalisation est un jeu de données réduit qui est visible dans l'**annexe 7**. Les signes négatifs (-) pris par les valeurs calculées signifient que la valeur de l'objet est inférieure à la moyenne de la valeur pour chaque variable considérée. A l'inverse, Les signes positifs (+) pris par les valeurs calculées signifient que la valeur de l'objet est supérieure à la moyenne de la valeur pour chaque variable considérée. Les valeurs qui suivent une loi Normale sont normalement comprises entre -1,96 et +1,96. Etant donnée l'étendue de notre échantillon, il est difficile de savoir si les données obtenues suivent une loi normale. Seulement, si nous partons du postulat que ces données suivent une loi Normale, nous pouvons considérer qu'une valeur affichée est dite extrême si celle-ci est inférieure à -2 ou supérieure à +2.

- Sélection intuitive de l'image de la structure du nuage des individus la plus approchée

La recherche de l'image la plus approchée de la structure du nuage de points se fait à partir du jeu de données réduit. Nous pouvons penser qu'une telle image est une bonne image à la condition qu'elle restitue le mieux possible la structure du nuage de points originel, donc qu'elle résume au mieux les données. Voici les six propositions d'images possibles de la structure du nuage de points des individus dans le cadre de notre étude sous *Statistica* (**figure 17**). Etant donné que le nuage de points que nous étudions vit dans quatre dimensions, suivant les axes considérés (quatre axes en tout), nous visualisons six possibilités d'image correspondant à ce nuage de points donc six projections des points correspondant aux individus.

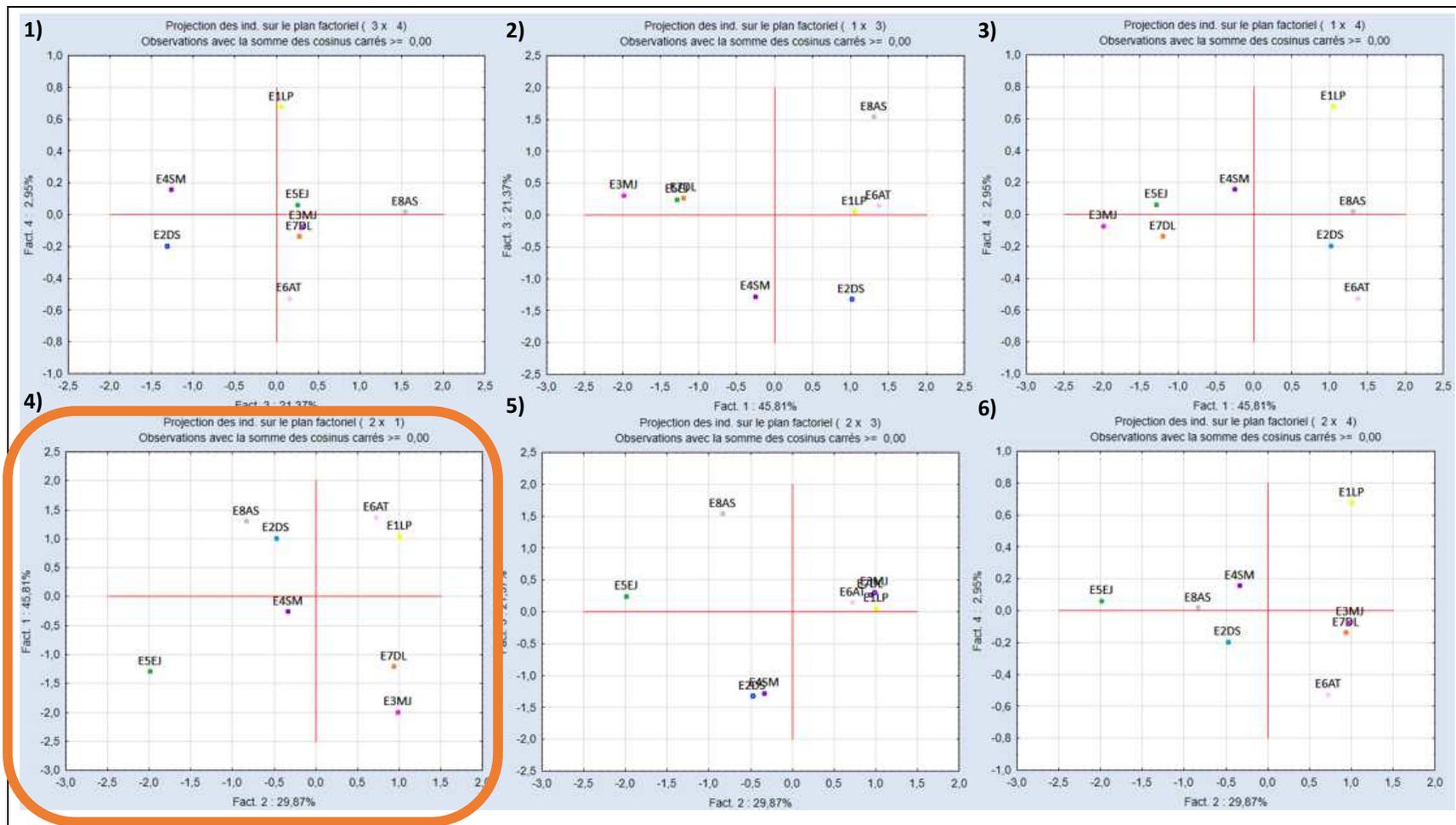


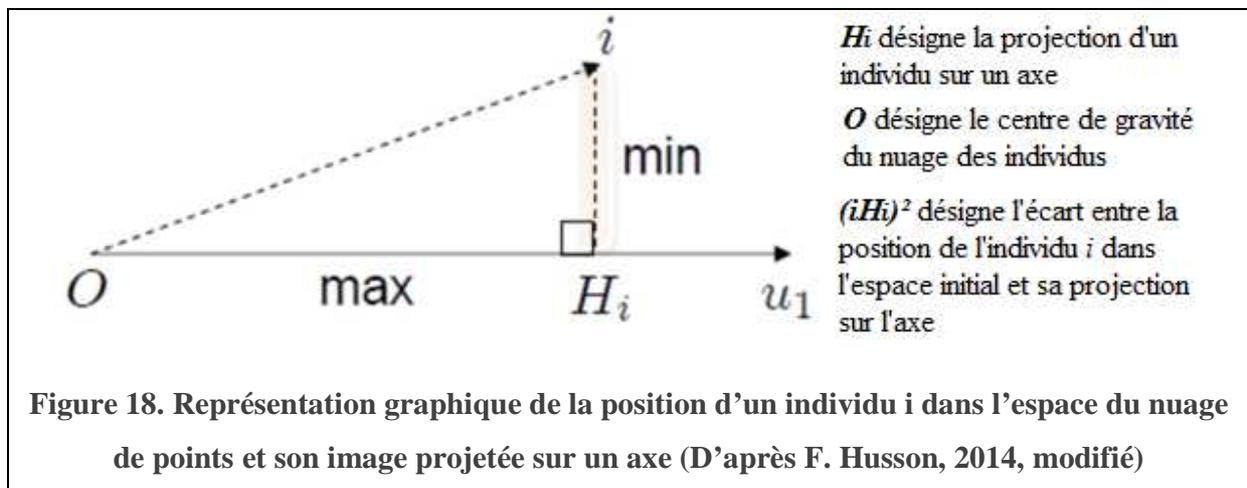
Figure 17. Propositions d'images du nuage des 8 individus vivant dans un espace à 4 dimensions selon les axes choisis pour son observation (un point= un individu = un élève : d'après Statistica)

Séparer les points dans un espace revient finalement à augmenter la dispersion, c'est-à-dire la variabilité des points, donc des individus. L'**image du nuage d'individus** qui restitue le plus fidèlement possible la structure générale du nuage sera donc celle qui aura une **meilleure représentation de la variabilité des données** et qui ne perturbera pas les distances entre individus.

Au vu des six propositions d'image présentées ci-dessus, il semble qu'intuitivement la quatrième proposition (encadrée en orange : **figure 17**) soit la plus proche de la structure du nuage de points parce-que les points semblent bien séparés et les distances entre individus mieux visibles.

- Principe de la méthode d'ajustement du nuage de points

Cette image de la structure du nuage de points est représentée en deux dimensions donc en fonction de deux axes. Pour en fait trouver la meilleure image possible, il faut d'abord trouver le premier axe (nommé **premier facteur**) qui déforme le moins possible le nuage de points originel. Autrement dit, l'écart entre la position de l'individu dans l'espace initial et sa projection sur ce premier axe doit être le plus petit possible (**figure 18**).



Plus précisément, le carré de cet écart iH_i doit être le plus petit possible. Or, comme la distance Oi d'un individu i à son origine O est toujours la même, pour que la distance iH_i soit très petite, il faut que la distance OH_i soit grande. En effet, d'après le théorème de Pythagore :

$$(OH_i)^2 + (iH_i)^2 = (Oi)^2$$

Comme $(Oi)^2$ est constant, $(iH_i)^2$ est le plus petit possible si $(OH_i)^2$ prend sa valeur maximale. Il faut donc avoir les $(OH_i)^2$ les plus grands possibles. Etant donné que ce constat doit

être valable pour tous les individus interrogés, la somme des $(OH_i)^2$ de tous les individus doit aussi être la plus grande possible. Par conséquent, cette somme des $(OH_i)^2$ correspond bien à la dispersion des individus la plus grande possible. Notre intuition première se trouve alors justifiée : le **meilleur axe sera l'axe qui maximalise la dispersion des projections**.

Une fois le meilleur axe trouvé (=le meilleur facteur), il s'agit de trouver le meilleur plan c'est-à-dire trouver les points H_i qui appartiennent à un plan telle que la dispersion soit la plus grande possible. Le meilleur plan qui permet de visualiser au mieux la structure du nuage de points contient forcément le meilleur axe. Pour trouver alors le meilleur plan, il faut rechercher un axe orthogonal au premier meilleur axe trouvé qui maximise la dispersion (soit la somme des $(OH_i)^2$). Séquentiellement, nous trouvons les différents axes : un troisième axe orthogonal qui maximise la dispersion et ainsi de suite pour tous les autres axes.

- Quantification de la qualité de l'image affichée en deux dimensions

Afin de quantifier la qualité de l'image affichée en deux dimensions, le logiciel *Statistica* signale le **degré de dispersion**. En effet, nous venons de voir que plus les points affichés en deux dimensions dans le plan de projection seront dispersés, plus la position de ses points projetés sera proche des points du nuage des individus dans l'espace et mieux nous allons donc visualiser le nuage. Or, un ensemble de points est très dispersé s'il y a une forte variabilité. Etant donné que la variabilité est établie sur plusieurs dimensions, nous parlons plutôt d'inertie. L'inertie équivaut à une variance généralisée à plusieurs dimensions. C'est donc le **pourcentage d'inertie** affiché dans la fenêtre qui nous donnera une idée de la qualité de l'image affichée. Le degré de dispersion est donc évalué par l'affichage du pourcentage d'inertie sur le plan factoriel.

- Principe d'interprétation de la projection des individus dans le plan factoriel

Une position des individus dans l'espace suivant des coordonnées factorielles

Chaque individu possède des coordonnées relatives aux deux axes du plan factoriel : une coordonnée sur l'axe horizontal et une coordonnée sur l'axe vertical. Sous *Statistica*, les coordonnées de chaque individu sont reportées en colonnes. Etant donné que nous avons considéré quatre variables pour notre étude (variables objet géologique, objet d'enseignement et d'apprentissage et objet croyances), les individus vivent dans un espace à quatre dimensions. Il existe alors quatre axes ou quatre facteurs pour définir le nuage des individus. Les individus ont

donc quatre coordonnées factorielles possibles. Une première colonne correspond aux coordonnées des individus sur l'axe 1, notées Fact.1, une deuxième colonne correspond aux coordonnées des individus sur l'axe 2, notées Fact.2, une troisième colonne correspond aux coordonnées des individus sur l'axe 3, notées Fact.3 et une quatrième colonne correspond aux coordonnées des individus sur l'axe 4, notées Fact.4

Apport de l'étude des corrélations entre l'axe et les variables

Afin d'interpréter la projection des individus dans le plan factoriel, il est bien évident qu'il faut considérer les variables étudiées. Dans ce sens, les corrélations sont donc calculées entre la variable et chaque axe ou facteur. Si par exemple, la corrélation entre la variable et l'axe 1 est proche de 1, cela veut dire que les valeurs de cette variable sont très liées aux coordonnées sur l'axe 1. De cette manière, les individus qui ont des faibles valeurs pour la variable, prennent des faibles valeurs sur l'axe 1 et donc les points correspondant à ces individus sont à gauche du plan factoriel. A l'inverse, des individus qui ont des fortes valeurs pour la variable, ont de fortes coordonnées sur l'axe 1 et sont donc à droite du plan factoriel. En revanche, si la corrélation est négative, cela signifie que les individus qui prennent des faibles valeurs pour la variable, prennent de fortes valeurs sur l'axe 1 et inversement. Ces constats sont évidemment valables pour les autres axes.

5.4.2.2 Etude des variables à partir de l'analyse en composante principale (ACP)

Corrélativement aux calculs de corrélations entre variable et Facteur, une représentation graphique des variables est également obtenue. Cette représentation affiche toutes les variables du jeu de données. Ces variables sont représentées dans un cercle qui est appelé le cercle de corrélation et le graphe est appelé le graphe des cercles de corrélations. C'est finalement une représentation synthétique du nuage de variables originel. Dans notre étude, les variables sont des points situés dans un espace à huit dimensions (huit étant le nombre d'individus). Cette variable est donc représentée par un vecteur de 8 coordonnées. Si les variables sont réduites, comme c'est le cas dans notre étude, la longueur de tous les vecteurs correspondant à chaque variable est de 1. Tous les vecteurs sont donc à une distance de 1 depuis l'origine sur une hypersphère de rayon 1.

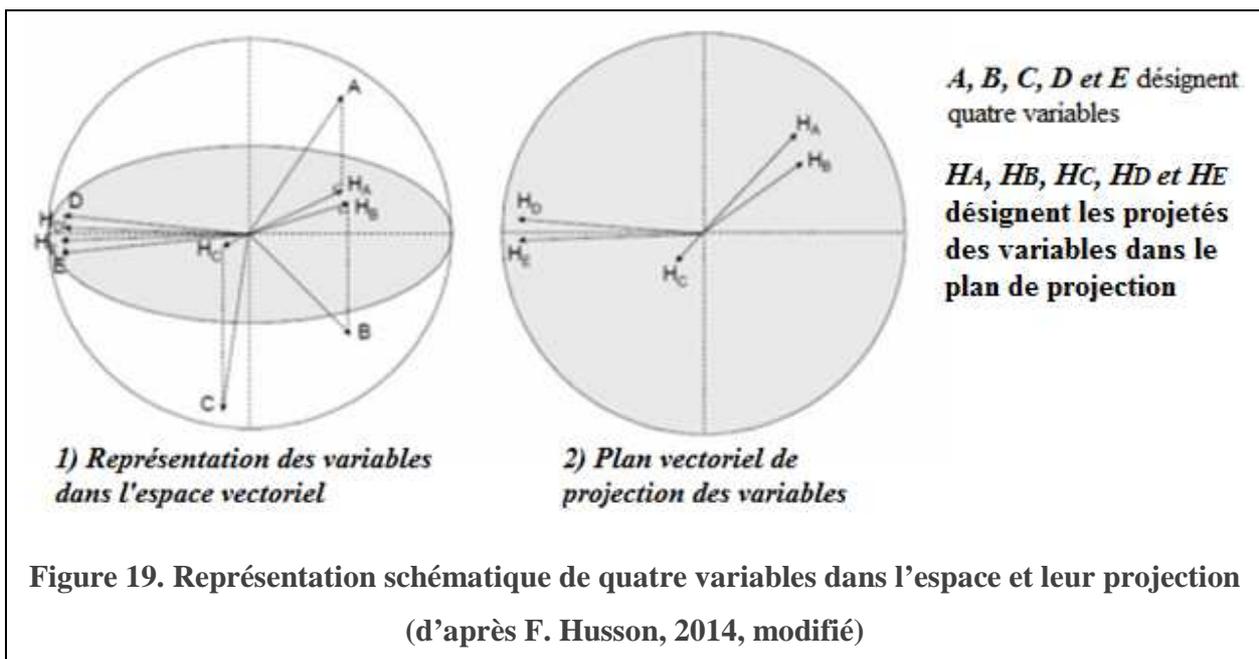
- Etude de la structure du nuage des variables

Il faut ajuster le nuage des variables afin d'avoir la meilleure image possible de sa structure. Le procédé est identique à l'ajustement du nuage des individus. Dans ce cas, le premier

axe du plan factoriel dans lequel sont projetées les variables est l'axe qui maximise la somme des corrélations entre le facteur et chacune des variables. Ce facteur, portant le premier axe, est donc une variable synthétique qui résume au mieux l'ensemble des variables. Un axe factoriel est donc la droite passant par l'origine et de vecteur directeur le facteur. Les axes suivants, orthogonaux, sont déterminés séquentiellement de la même manière.

- Estimation du degré de projection des variables dans le plan factoriel

De cette manière, à la lumière de cette construction, nous visualisons alors la meilleure image de la structure du nuage des variables, qui correspond à la matrice de corrélation de l'ensemble des variables. Le **coefficient de corrélation entre deux variables équivaut au cosinus de l'angle entre ces deux variables**. Seulement, cette égalité n'est valable que pour l'angle dans l'espace du nuage des variables. Or, nous ne visualisons pas l'angle dans l'espace mais dans le plan de projection (**figure 19**).



Les variables D et E sont par exemple très proches du plan de projection (**figure 19**) : leurs projetés H_D et H_E sont proches. L'angle du plan de projection peut être utilisé pour visualiser la corrélation : le cosinus de l'angle entre H_D et H_E (projection) est très proche du cosinus de l'angle entre D et E (espace vectoriel) si la corrélation entre les deux variables est très forte. Les variables sont alors bien projetées. Ce qui signifie que le cosinus de l'angle entre H_D et

H_E est très proche du coefficient de corrélation entre les variables D et E. Cependant, lorsque les variables sont mal projetées comme c'est le cas pour les variables A et B (**figure 19**), l'angle entre H_A et H_B dans le plan de projection est petit alors que l'angle entre A et B dans l'espace est très grand. H_A et H_B sont projetés presque au même endroit dans le plan de projection mais ces vecteurs sont mal projetés. Il n'y a pas de correspondance entre les cosinus des angles. Les coefficients de corrélations ne peuvent être donc lus que pour les variables qui sont bien projetées.

Les variables sont bien projetées si elles sont proches du cercle de corrélation. Puisque nous avons une hypersphère de rayon 1, elle se coupe par un plan et donc elles se projettent dans un cercle de rayon 1 (1 étant la corrélation maximale). Les variables bien projetées seront proches du bord du cercle. Seules les variables bien projetées peuvent être interprétées.

- Estimation de la qualité de projection des variables

La qualité de la projection des variables est mesurée avec le pourcentage d'inertie qui est expliqué par chaque axe inscrit dans le plan. Afin d'interpréter le pourcentage d'inertie cumulée sur les deux premiers axes, il existe un tableau de référence qui répertorie le pourcentage d'inertie pour la construction d'une analyse en composante principale (ACP) sur la base d'un jeu de variables indépendantes. Dans ce tableau de référence (**tableau 18**), le quantile à 95% du pourcentage d'inertie du premier plan factoriel, lorsque toutes les variables sont indépendantes, est affiché. Avec huit individus et quatre variables, une valeur de 88,1 s'affiche. Cette valeur nous indique alors que, après avoir fait dix mille analyses en composante principale avec huit individus et quatre variables indépendantes et après avoir calculé le pourcentages d'inertie pour le premier plan de chacune des 10 000 analyses en composante principale (ACP), 95% des premiers plans factoriels de l'ACP ont un pourcentage d'inertie inférieur à 88,1. Par conséquent, si nous réalisons une ACP avec huit individus et quatre variables et, que le pourcentage d'inertie sur le premier plan factoriel est inférieur à 88,1, cela implique que le plan factoriel obtenu n'explique pas plus que ce que nous aurions eu avec des variables indépendantes. Le résumé des données n'est pas très synthétique.

nbind	Nombre de variables												
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
5	96.5	93.1	90.2	87.6	85.5	83.4	81.9	80.7	79.4	78.1	77.4	76.6	75.5
6	93.3	88.6	84.8	81.5	79.1	76.9	75.1	73.2	72.2	70.8	69.8	68.7	68.0
7	90.5	84.9	80.9	77.4	74.4	72.0	70.1	68.3	67.0	65.3	64.3	63.2	62.2
8	88.1	82.3	77.2	73.8	70.7	68.2	66.1	64.0	62.8	61.2	60.0	59.0	58.0
9	86.1	79.5	74.8	70.7	67.4	65.1	62.9	61.1	59.4	57.9	56.5	55.4	54.3
10	84.5	77.5	72.3	68.2	65.0	62.4	60.1	58.3	56.5	55.1	53.7	52.5	51.5
11	82.8	75.7	70.3	66.3	62.9	60.1	58.0	56.0	54.4	52.7	51.3	50.1	49.2
12	81.5	74.0	68.6	64.4	61.2	58.3	55.8	54.0	52.4	50.9	49.3	48.2	47.2
13	80.0	72.5	67.2	62.9	59.4	56.7	54.4	52.2	50.5	48.9	47.7	46.6	45.4
14	79.0	71.5	65.7	61.5	58.1	55.1	52.8	50.8	49.0	47.5	46.2	45.0	44.0
15	78.1	70.3	64.6	60.3	57.0	53.9	51.5	49.4	47.8	46.1	44.9	43.6	42.5
16	77.3	69.4	63.5	59.2	55.6	52.9	50.3	48.3	46.6	45.2	43.6	42.4	41.4
17	76.5	68.4	62.6	58.2	54.7	51.8	49.3	47.1	45.5	44.0	42.6	41.4	40.3
18	75.5	67.6	61.8	57.1	53.7	50.8	48.4	46.3	44.6	43.0	41.6	40.4	39.3
19	75.1	67.0	60.9	56.5	52.8	49.9	47.4	45.5	43.7	42.1	40.7	39.6	38.4
20	74.1	66.1	60.1	55.6	52.1	49.1	46.6	44.7	42.9	41.3	39.8	38.7	37.5
25	72.0	63.3	57.1	52.5	48.9	46.0	43.4	41.4	39.6	38.1	36.7	35.5	34.5
30	69.8	61.1	55.1	50.3	46.7	43.6	41.1	39.1	37.3	35.7	34.4	33.2	32.1
35	68.5	59.6	53.3	48.6	44.9	41.9	39.5	37.4	35.6	34.0	32.7	31.6	30.4
40	67.5	58.3	52.0	47.3	43.4	40.5	38.0	36.0	34.1	32.7	31.3	30.1	29.1
45	66.4	57.1	50.8	46.1	42.4	39.3	36.9	34.8	33.1	31.5	30.2	29.0	27.9
50	65.6	56.3	49.9	45.2	41.4	38.4	35.9	33.9	32.1	30.5	29.2	28.1	27.0
100	60.9	51.4	44.9	40.0	36.3	33.3	31.0	28.9	27.2	25.8	24.5	23.3	22.3

Tableau 18. Quantile à 95% du pourcentage d’inertie des deux premiers axes après 10000 Analyses en Composante Principale obtenues avec des variables indépendantes (D’après F. Husson, 2014)

5.4.2.3 *Estimation de la qualité de la représentation des variables et des individus : le cosinus carré*

La qualité de la représentation d’une variable ou d’un individu est mesurée par le cosinus carré (\cos^2). Pour la variable, c’est le cosinus carré de l’angle entre une variable et sa projection sur le plan ou sur un axe (**figure 19**). Pour l’individu c’est le cosinus carré de l’angle entre le vecteur qui part du centre du nuage jusqu’au point correspondant à l’individu et le vecteur qui part du centre du nuage et qui va jusqu’à son projeté (**figure 18**). Ce cosinus carré est calculé axe par axe. Si le cosinus carré est proche de 1, cela veut dire que l’angle est très proche de 0 donc la variable ou l’individu est très proche de son projeté. De cette manière, une bonne projection des variables ou des individus est un critère qui nous permet avec assurance de bien interpréter les proximités entre les points correspondant aux variables ou aux individus.

Ainsi, pour répondre à la première question de recherche sur la caractérisation globale des intensités des interactions intra- et interindividuelles au sein de chaque ino-instrument élève, une construction des néso-instruments élèves sera effectuée puis :

- Une **analyse du temps impartie à chaque objet et des valeurs prises par les différents objets** puisque ces deux paramètres donnent un indice sur l'intensité de l'interaction qui existe entre l'élève étudié et son objet contextuel ;
- Une **analyse qualitative des échanges entre élèves collaborateurs** puisque les différents statuts des élèves (émetteur et/ou récepteur) donnent une bonne représentation de l'intensité des interactions qui ont trait entre chaque élève du binôme de travail étudié ;
- Une **analyse qualitative des échanges avec les parents** puisque l'estimation des intensités de liaison entre ces derniers et leurs objets contextuels (établie par les valeurs prises pour chaque objet) va déterminer conséquemment le type et l'intensité d'interaction qui s'opère entre chaque parent et son enfant.

Pour répondre à la deuxième question de recherche sur la détermination spécifique des interactions les plus stables au sein des ino-instruments élèves :

- Une **analyse en composante principale (ACP)** va permettre de déterminer les interactions les plus stables au sein des néso-instruments élèves (interactions intra-individuelles) à partir de l'estimation des corrélations existantes entre les quatre variables étudiées (objet d'enseignement et d'apprentissage, objet médiatique, objet croyances et objet géologique);
- Une **analyse des échanges entre élèves collaborateurs et avec les parents** va permettre de déterminer les interactions les plus stables au sein des ino-instruments élèves (interactions interindividuels) à partir de l'estimation des statuts (émetteurs/récepteurs) des différents individus étudiés ;

Pour répondre à la troisième question de recherche sur la définition de profils d'élèves en relation au type d'interactions impliquées au sein des ino-instruments, trois analyses conjointes sont réalisées :

- Une **analyse quantitative à travers l'analyse en composante principale** puisque l'étude de la projection des élèves dans le plan factoriel est interprétée à partir des corrélations entre les quatre variables étudiées et les axes du plan. En fonction de leurs coordonnées factorielles sur les deux axes, des groupes d'élèves sont identifiées. Seulement, cet établissement des profils d'élèves est effectué à la lumière de trois paramètres essentiels : la qualité de l'image des individus et des variables projetés (pourcentage d'inertie), la qualité de leur représentation (cosinus carré) et leur contribution aux axes (coefficient de corrélation pour les variables et coordonnées factorielles ;
- Une **analyse supplémentaires des entretiens entre élèves collaborateurs et avec les parents. Conjointement aux deux analyses précédentes, cette dernière analyse va permettre d'élaborer les profils finaux des élèves.** Nous discuterons et/ou validerons alors l'hypothèse de recherche émise en regard des sept profils élèves hypothétiques (**tableau 2**). Voir conclusion pour résultats finaux.

6 Présentation et analyse des résultats

6.1 Construction des néso-instruments élèves de Terminale S

A l'issue des entretiens effectués sur les huit élèves de terminale S, la taille des quatre types d'objet en interaction avec le sujet étudié : l'objet médiatique, l'objet géologique, l'objet d'enseignement et d'apprentissage ainsi que l'objet croyances, est estimée à partir des grilles du tableur Excel et ce, suivant les éléments évaluateurs définis précédemment dans la méthodologie de recherche (**annexe 2b, 3b, 4 et 5b**). Au vu des résultats, il est possible de construire les néso-instruments des élèves de Terminale S E1LP, E2DS, E3MJ, E4SM, E5EJ, E6AT, E7DL et E8AS. La construction graphique obtenue est consignée dans l'**annexe 8**.

6.2 Caractérisation globale des intensités des interactions intra- et interindividuelles au sein de chaque ino-instrument élève de Terminale S

6.2.1 Caractérisation des intensités des interactions entre l'élève et ses objets contextuels

6.2.1.1 *Correspondance entre temps d'interrogation impartie à l'objet étudié et valeur prise par cet objet*

Au moment de la transcription des entretiens, nous avons repéré les temps de paroles des huit sujets de la classe de Terminale S vis-à-vis de chaque objet évalué de telle sorte à pouvoir interpréter une éventuelle correspondance entre le temps passé sur un objet donné et la taille estimée de chaque objet correspondant. Les résultats sont répertoriés dans le tableau ci-dessous (**tableau 19**).

Nom de l'élève	Objet géologique		Objet médiatique		Objet enseignement-apprentissage		Objet croyances	
	Valeur	Temps	Valeur	Temps	Valeur	Temps	Valeur	Temps
E1LP	1,70	14min48s	0,9	2min45s	1,66	1 min 12s	1	0min20s
E2DS	1,01	12min25s	1,15	3min07s	3,33	1 min 30s	1	0min15s
E3MJ	3,05	23min16s	1,95	5min07s	1,66	1 min 07s	1	0min10s
E4SM	1,98	17min43s	1,4	4min36s	3,33	1 min 33s	1	0min20s
E5EJ	2,25	15min35s	1,85	4min52s	3,33	0 min 59s	2	0min50s
E6AT	0,77	14min22s	1,15	3min46s	1,66	1 min 01s	1	0min14s
E7DL	2,54	16min09s	1,75	4min55s	1,66	1 min 10s	1	0min18s
E8AS	0,85	14min44s	1,15	3min51s	1,66	0 min 56s	2	0min45s

Tableau 19. Comparaison des temps impartis pour chaque objet étudié à leur valeur sur 5

- Caractérisation des intensités des interactions élèves- objets géologique/médiatique

L'analyse du graphique résultant des données concernant l'objet géologique montre qu'il y a une relation presque linéaire entre le temps d'interrogation réservé à l'évaluation de cet objet et sa valeur estimée (**figure 20**). Le coefficient de corrélation ($r=0,79299$) est élevé et significatif ($p\text{-value}=0,019$).

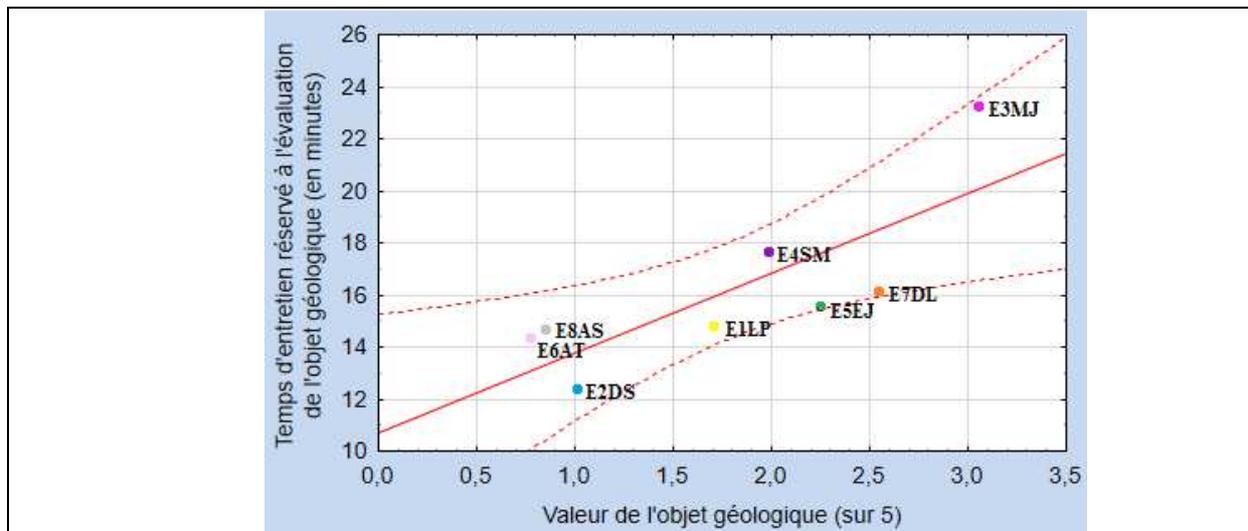
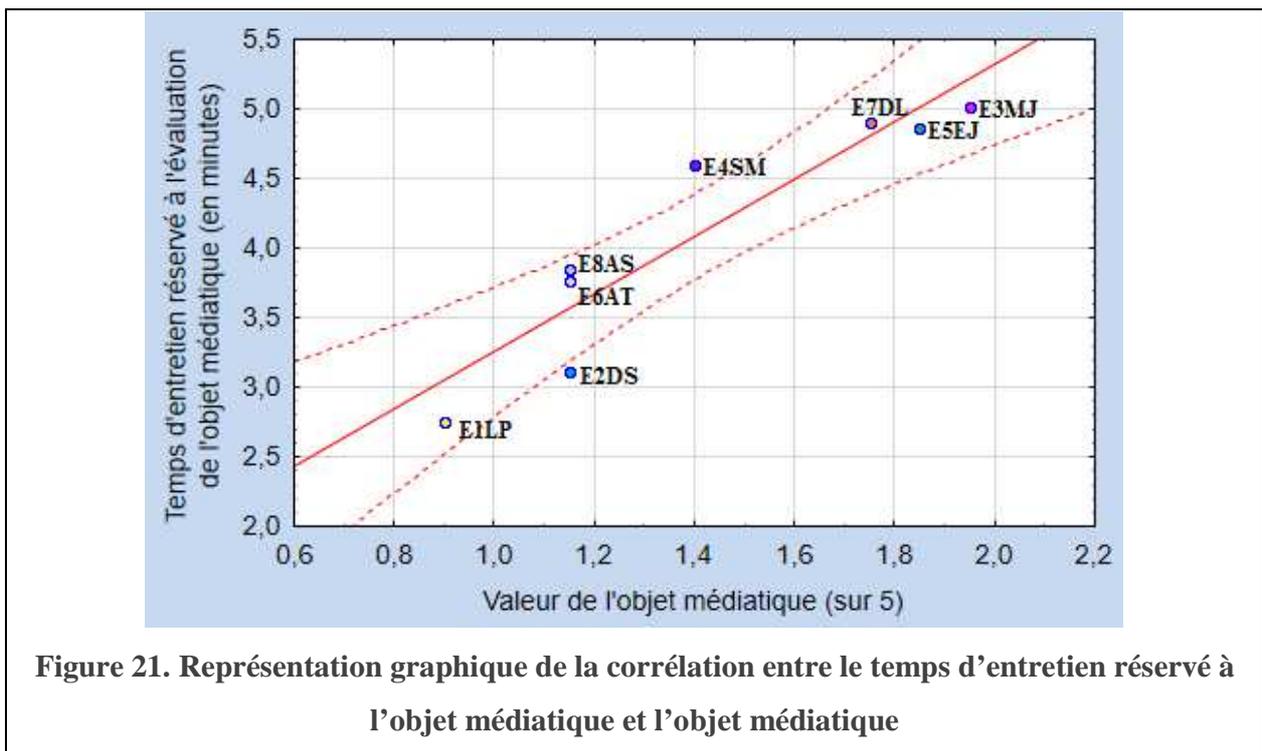


Figure 20. Représentation graphique de la corrélation statistique entre le temps d'entretien réservé à l'objet géologique et l'objet géologique

De même, cette relation linéaire se retrouve entre le temps pris pour l'évaluation de l'objet médiatique pendant l'entretien et la valeur résultante de cet objet : coefficient de corrélation $r=0,92562$ et niveau de significativité $p\text{-value}=0,001$ (**figure 21**). Même si l'échantillon reste petit (8 élèves), l'intensité de la relation semble forte et nette puisque le coefficient de corrélation est très élevé. Ce résultat offre bien évidemment une tendance et reste à confirmer pour une population plus grande : une classe entière, un lycée, un bassin académique.



Ainsi, plus le temps de paroles est grand vis-à-vis de la description de l'objet géologique ou médiatique, plus la valeur finale évaluée de cet objet sera élevée. En effet, il apparaît plausible qu'un élève passe plus de temps à décrire et à interpréter ce qu'il voit lorsqu'il possède des connaissances liées à l'objet géologique plus riches. Il fera alors appel plus volontiers à ses connaissances initiales.

Par conséquent, l'élève **E3MJ interagit fortement avec son objet géologique** : il possède la valeur la plus élevée (3,05/5) et passe du temps à décrire et identifier ce qu'il voit (23 min 16s). Son expression est fluide et n'est pas hésitante : ses propos ne sont pas ponctués de silence. **Les élèves E1LP, E7DL, E4SM et E5EJ interagissent moyennement avec leur objet géologique.** Les valeurs de l'objet sont moins élevées : 2,54/5 pour l'élève E7DL, 2,25 pour

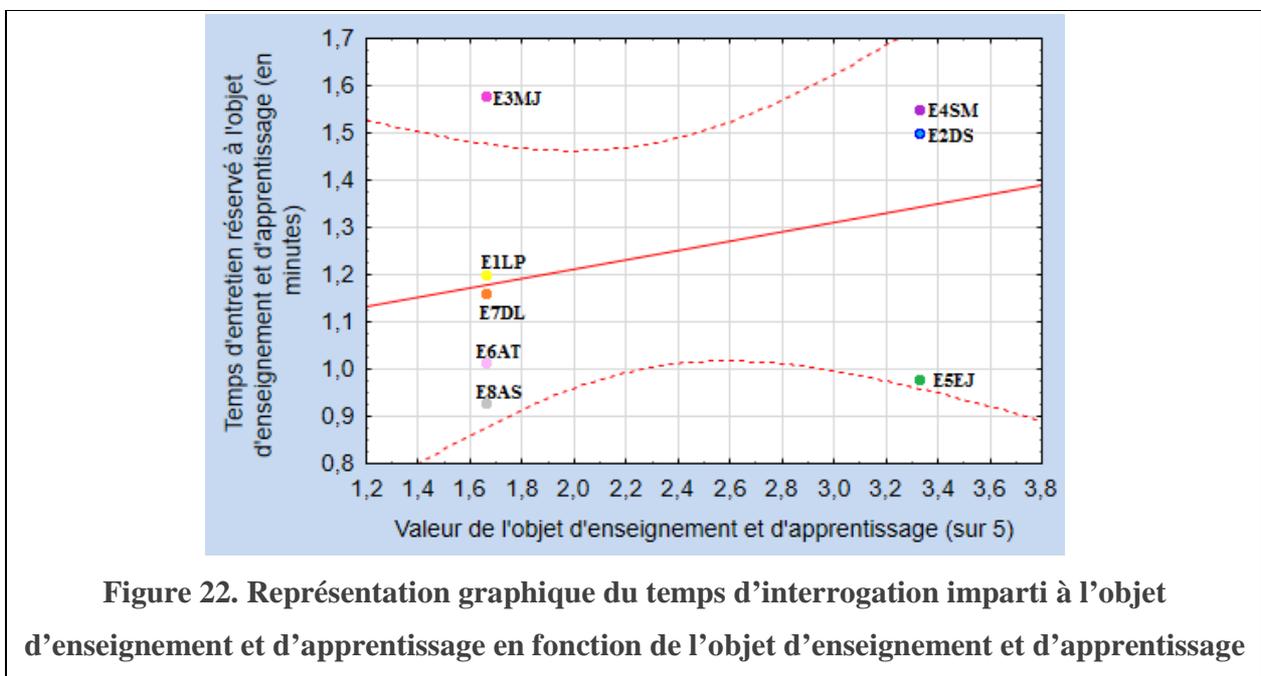
E5EJ, 1,98/5 pour l'élève E4SM et 1,7/5 pour l'élève E1LP : elles tournent autour de la moyenne. Le temps de parole réservé à cet objet est également moins long. L'expression de l'élève E4SM est moins fluide et ponctuée de silence (d'une durée totale de 2 minutes 26 secondes sur le temps d'entretien) comme le montrent ces « euh » hésitants (22 en tout). Les élèves E1LP, E5EJ et E7DL s'expriment, eux, plus librement mais offrent des réponses plus courtes que l'élève E3MJ. Enfin, les élèves **E2DS, E6AT et E8AS interagissent assez faiblement avec leur objet géologique** : 1,01/5 pour l'élève E2DS, 0,77/5 pour l'élève E8AS. Les connaissances engagées sont relativement pauvres, les réponses sont courtes voire laconiques. Une durée totale de 3 minutes 08 secondes et de 3 minutes 57 secondes de silence ponctue respectivement les entretiens des élèves E6AT et E8AS. Ce qui est marqueur d'un propos très hésitant.

De la même manière, il ne semble pas incohérent non plus qu'un élève s'attarde plus sur la description de l'objet médiatique lorsqu'il fait usage des ressources liées à celui-ci plus intensément et/ou diversifié. Celui-ci parlera plus volontiers de ce qu'il utilise et justifiera plus facilement ses choix en relation avec ses propres critères de sélection.

De ce fait, les élèves **E3MJ, E5EJ et E7DL interagissent donc relativement fortement avec leur objet médiatique**. Cet objet médiatique prend une valeur relative élevée : 2,95/5 pour l'élève E3MJ, 2,85/5 pour élève E5EJ et 2,75/5 pour l'élève E7DL. De ce fait, ils prendront plus de temps à exprimer ce qu'ils ont l'habitude de consulter comme ressources, en lien avec le thème étudié : un temps en moyenne de cinq minutes en l'occurrence. L'élève **E4SM interagit, quant à elle, moyennement avec son objet médiatique**. Cet objet médiatique prend une valeur relative moyenne 1,4/5. Il passe d'ailleurs moins de temps à développer les ressources qu'il consulte (4 minutes 36 secondes). Enfin, les élèves **E1LP, E2DS, E6AT et E8AS interagissent faiblement avec leur objet médiatique**. Cet objet médiatique prend une valeur relative faible : 0,9/5 pour l'élève E1LP et 1,15/5 pour les élèves E2DS, E6AT et E8AS. Ils passent beaucoup moins de temps à développer les ressources qu'ils consultent : moins de 4 minutes.

- Caractérisation des intensités des interactions entre élèves et les objets enseignement et apprentissage/croyances

La relation entre le temps imparti pour l'évaluation de l'objet d'enseignement et d'apprentissage et la valeur obtenue pour ce même objet est beaucoup plus diffuse, comme l'illustre le coefficient de corrélation entre les deux variables étudiées $r=0,32134$ (figure 22). Le niveau de significativité p est évalué à 0,438. L'échantillon est petit et donc les faibles relations entre deux variables ne sont pas très significatives. Il faudrait, là encore, étudier une grande population d'élèves de Terminale S pour mieux interpréter ces résultats.



Seulement, au vu des observations établies sur cet objet d'enseignement et d'apprentissage, nous constatons que les élèves de Terminale S interrogés présentent un profil similaire et adoptent des comportements analogues vis-à-vis de cet objet. Trois élèves sur huit (E2DS, E4SM et E5EJ) diffèrent parce qu'ils consultent en plus leur manuel scolaire (résumés de cours, schémas) et apprennent dessus (valable pour E2DS et E4SM). La totalité des élèves vus en entretien utilisent des cours en ligne sur internet : fichiers ou vidéos comme le site web *Les Bons Profs*, des livres d'aide et de soutien scolaire pour mieux préparer le baccalauréat, des exercices interactifs diffusés en ligne par exemple.

La valeur de l'objet d'enseignement et d'apprentissage évaluée est donc très proche d'un individu à l'autre et ne va différer que par l'utilisation du manuel scolaire. De plus, si nous analysons les temps de paroles pour chaque élève, nous remarquons que ce temps est compris entre 0 minute 56 secondes et 1 minute 33 secondes : ce qui fait un écart-type de 18 secondes et une moyenne de 1 minute 14 secondes sur l'ensemble des huit élèves interrogés. Nous pouvons facilement supposer que la proximité des valeurs des objets d'enseignement et d'apprentissage entre les élèves peut expliquer le faible écart entre les différents temps de paroles pour chaque élève. Seulement, au vu de cette dernière distinction, il apparaît que **l'intensité de l'interaction entre les élèves E2DS, E4SM et E5EJ soit plus élevée que pour les élèves E1LP, E3MJ, E6AT, E7DL et E8AS.**

Le temps d'entretien réservé pour l'évaluation de l'objet croyances et la valeur résultant de cet objet affiche une relation linéaire forte (coefficient de corrélation $r = 0,97052$ pour un niveau de significativité p proche de 0 : **figure 23**).

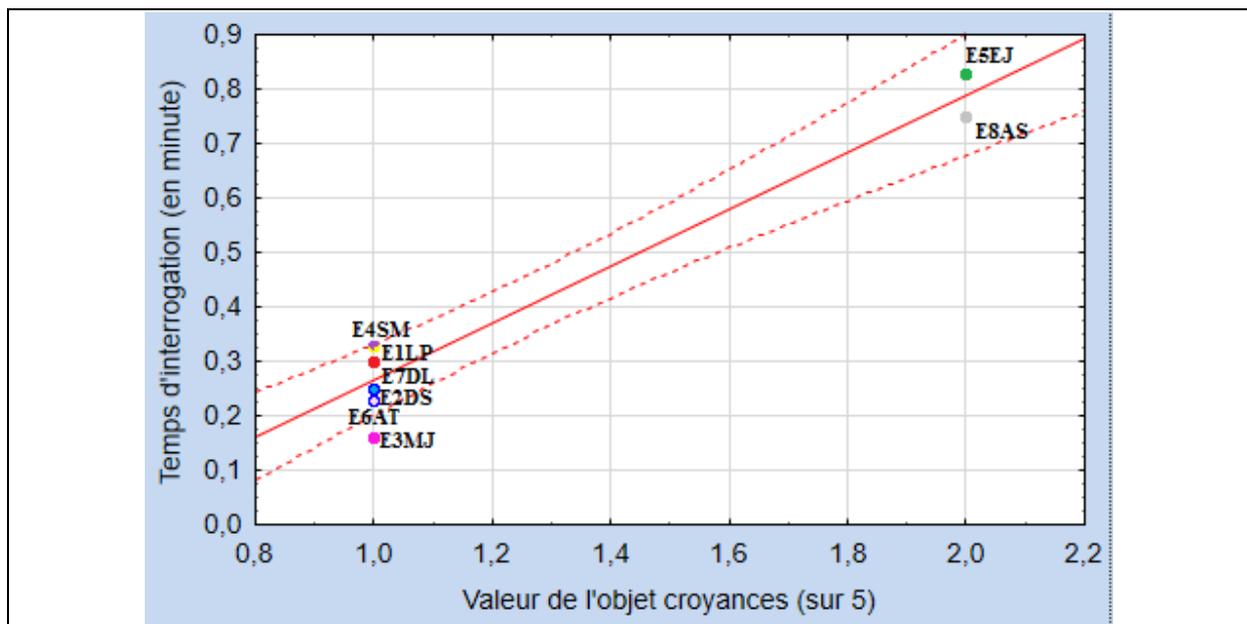


Figure 23. Représentation graphique du temps d'interrogation imparti à l'objet croyances en fonction de l'objet croyances : affichage de la droite de régression, coefficient de corrélation $r=0,97052$

Cette relation est à nuancer de par l'échantillon petit, certes, mais aussi de par la disposition des points sur le graphique de correspondance entre les deux variables étudiées. La valeur affichée pour l'objet croyances est soit 1/5 soit 2/5 : elle présente un taux de variabilité très faible. Seuls les élèves E5EJ et E8AS présentent des croyances supplémentaires quant au thème du magmatisme en zone de subduction : ce qui change la valeur de leur objet. La totalité des élèves interrogés ont une vision très cartésienne du magmatisme en zone de subduction. Même si le coefficient de corrélation r et l'allure de la droite de régression en relation avec le nuage de points obtenus (points=élèves) sont à interpréter prudemment, il apparaît tout à fait concevable qu'il y ait une relation linéaire entre les temps de paroles et la valeur de l'objet croyances puisque plus un élève aura des histoires locales issues des croyances populaires à raconter sur le magmatisme en zone de subduction et le volcanisme dans les Antilles, plus il prendra du temps à les décrire. Nous retenons ici que **seuls les élèves E8AS et E5EJ présentent une relative forte interaction avec son objet croyances** puisque l'élève E8AS pense que la montagne, près de laquelle il vit, est un ancien volcan, comme le montre la forme en creux de son sommet et l'élève E5EJ évoque les indigènes qui étaient jetés dans les cratères des volcans en guise de châtiment.

6.2.2 Caractérisation des intensités des interactions entre élèves collaborateurs

6.2.2.1 Une faible intensité d'interaction entre l'élève émetteur E3MJ et l'élève récepteur E2DS

Différents types d'interaction élèves peuvent être mis à jour. Il existe des interactions un peu déséquilibrées où un élève dans le binôme a un rôle moteur. C'est lui qui mène la discussion et apporte la plupart des idées. Ces paroles sont assez directives. Il a le statut d'élève émetteur.

E3MJ : mais tu vas la faire directe ? bah fais un truc plus large... genre à la limite tu fais la dorsale, tu fais le plancher là, après tu fais descendre, et là après tu fais, euh, la, la Soufrière

E3MJ : ça faudra l'enlever

E3MJ : ouais c'est bon tu fais des flèches. Quand tu les fais migrer bah dans une chambre hein ?

L'autre élève exécute, tout en donnant son avis de temps en temps. C'est lui qui va prendre en main la construction du modèle et interroge l'élève moteur sur la conduite à tenir. Il prend le statut d'élève récepteur.

E2DS : je le fais commencer de là ou de là ? de là ?

E2DS : bon c'est bon après on fait la zone de subduction là ?

E2DS : ouais. c'est bon ? Ça passe par là ?

E2DS : on fait jusqu'à là-haut ?

Le bilan est que le modèle construit est à l'image de ce que pense l'élève E3MJ. En effet, le schéma final retrace les idées de l'élève E3MJ. L'interaction entre l'élève émetteur E3MJ et l'élève récepteur E2DS est donc d'intensité faible. Dans ce cas précis, l'interaction favorise surtout l'élève E2DS qui enrichit son répertoire géologique.

Lorsque l'enseignant leur demande d'expliquer comment s'est formée l'île de Saint-Martin, l'élève E2DS exprime son ignorance par rapport aux phénomènes géologiques qui ont été responsables de la naissance de cette île. L'élève E3MJ semble avoir plus d'idées et les partagent donc. Le résultat est que l'élève E2DS va prendre conscience que l'île de Saint-Martin est la conséquence visible d'un processus de subduction :

P : Ok bon bah maintenant la même chose sauf que vous faites Saint-Martin ? Comment s'est formée l'île de Saint-Martin ?

E2DS : comme si on y était... tu sais [*riant*]

E3MJ : [*riant*]... logiquement Saint-Martin c'était une île volcanique, donc, c'est le même principe... il y a dû avoir une subduction forcément vu que la...

E2DS : ah bon ?

Seulement, l'élève E2DS après avoir admis la situation, devient de nouveau passif et s'exécute à retracer schématiquement la proposition de son camarade E3MJ. Il souligne d'ailleurs à plusieurs reprises son incompréhension.

E2DS [<i>dessinant</i>] : toc là je vais jusque-là et je descends	E2DS : hein y a eu un volcan ici ?
E3MJ : t'es pas obligé d'empiéter aussi haut. Non pas comme ça, c'est la même croûte	E3MJ : ch'ai plus lequel c'était... je crois que c'était Pic Paradis... ce qui serait logique vu que c'est le plus haut
E2DS, c'est la même chose c'est à partir de là, ça devait descendre là !	E2DS : on fait un truc là ?
E2DS : ah donc y a pas lui ?	E3MJ : ouais puis après tu fais par-dessus
E3MJ : bah non	E2DS : par-dessus là on refait les sommets ?
E2DS : bah j'avais pas compris	E3MJ : ou tu fais... tu sais, tu dessines un relief
	E2DS : euh... Je t'ai pas suivi là

Dans la configuration de ce binôme, l'élève E3MJ apporte plus d'éléments de connaissances que l'élève E2DS. L'élève E2DS bénéficie plus de la collaboration que l'élève E3MJ. Même si beaucoup d'erreurs sont soulignées, l'élève E2DS enrichit la connaissance de son objet géologique puisqu'il semble apprendre de l'élève E3MJ des éléments supplémentaires quant à son contexte local. Il remodèle donc ses conceptions. De plus, si nous revenons à la valeur respective de leur objet géologique : l'élève E3MJ a la valeur la plus élevée de tous les élèves interrogés 3,05/5 alors que l'élève E2DS fait partie des élèves qui ont une très faible valeur pour leur objet géologique 1,01/5. De ce fait, ceci peut expliquer pourquoi cette interaction se déroule de la sorte : il y a comme un effet de contrat entre ces deux élèves. L'élève E2DS s'en remet à l'élève E3MJ du point de vue des connaissances, en retour, l'élève E3MJ laisse dessiner l'élève E2DS, qui semble mieux gérer son geste technique.

E3MJ : je pense qu'en voyant ça vous comprenez pourquoi c'est E2DS qui fait les dessins, madame ?
E2DS : comme si j'étais un très bon dessinateur.
E3MJ : j'ai pas dit que tu étais très bon, j'ai dit que moi j'étais très mauvais

6.2.2.2 *Interaction dépendant du degré de maîtrise de la situation entre les élèves E7DL et E8AS*

Nous retrouvons les mêmes constats avec le groupe des élèves E7DL-E8AS. L'élève E7DL n'impose cependant pas son point de vue tout de suite. Il va plus s'attarder à expliquer les phénomènes qu'il comprend et donner son avis. L'élève E8AS a dessiné pour expliquer ses

conceptions initiales autour de la formation de l'île de Guadeloupe une structure volcanique en profondeur (**annexe 1**). L'élève E7DL, élève émetteur, objecte cette conception en lui soulignant l'impossibilité de la structure dessinée. L'élève E8AS, élève récepteur se rallie finalement.

E7DL : faut pas que tu dessines un volcan comme la dernière fois...

E8AS : *[rires]*

E7DL : qu'est-ce que tu penses ?

E8AS : ben... comme la dernière fois, j'ai dis que y avait...

E7DL : non les volcans c'est pas possible... là, comment tu as dessiné ton volcan c'était pas possible parce-que ce truc-là on le retrouve en surface...

E8AS : oui

Même si le comportement de l'élève E7DL est moins directif, ses idées influencent majoritairement le groupe. Il semble là aussi qu'il y ait un effet de contrat. L'élève E7DL présente une valeur de l'objet géologique plus élevée : 2,54/5 contre 0,85/5 pour l'élève E8AS. C'est comme si il y avait un accord tacite entre les deux : l'élève E8AS estime que, au regard des connaissances liées à l'objet géologique, l'élève E7DL est plus fiable qu'elle. Autant l'élève E2DS participait à l'élaboration du schéma explicatif, autant l'élève E8AS reste beaucoup plus passive et se contente d'écouter.

E8AS : tu penses quoi ?

E7DL : bah je dessine... ça fait un truc comme ça, là t'as la zone de subduction, enfin... là t'as un truc normal, la faille, là t'as une chambre magmatique, là plus ça va en profondeur, plus ça fond... y a peut-être des trucs, des cheminées... donc en fait ce qu'on a... et après par la suite, ça forme un volcan. Parce-que le truc de la dernière fois, tu l'avais mis là, mais y a une chambre là, hein ?

E8AS : tu penses que ça va...

E7DL : je pense que le matériau qui est là fond comme il est moins dense, il remonte...

E8AS : à la surface et...

E7DL : et par le biais de failles... parce-que quand y a des séismes, ça, ça se faille...

E8AS : oui

E7DL : donc ça remonte avec des failles

E8AS : OK. C'est plus logique que ce que j'ai fait.

E7DL : bah fallait me consulter avant.

De la même façon que le groupe précédent, l'élève E8AS bénéficie de l'interaction entre elle et l'élève E7DL beaucoup plus que ce dernier. En effet, l'élève E7DL expose ses pensées et explique à l'élève E8AS en quoi ses conceptions initiales sont erronées. Cette situation, dans le cas de l'élève E8AS, améliore fortement les conceptions autour du thème étudié et donc l'objet géologique. **Face à une situation connue, l'interaction entre l'élève E7DL émetteur et l'élève E8AS récepteur est faible.**

En revanche, face à une situation inconnue, l'élève E7DL reste très prudent. En regard de l'effet de contrat établi entre les deux élèves E7DL et E8AS, l'élève E7DL entend d'abord les propos de l'élève E8AS mais reste d'abord très sceptique. L'élève E8AS n'arrive alors pas à s'affirmer.

E7DL : Saint-Martin c'est pas volcanique...

E8AS : non je pense pas mais peut-être y avait les volcans avant, ils sont inactifs...

E7DL: non y a pas de cratères.

E8AS : tu es sûr ? Sur la côte euh...

E7DL : en tout cas au Pic Paradis il me semble y a pas de cratère. Si y en a pas, y a pas de volcan

E8AS : enfin... près de où j'habite y a une énorme montagne qui est comme ça qui...

E7DL : oui mais est-ce qu'il y a un trou à l'intérieur ?

E8AS : bah je sais pas

E7DL : est-ce qu'il y a des barrières autour ?

E8AS : bah non

E7DL : bah alors y a pas de cratère.

Après réflexion, l'élève E7DL se retrouve devant une impasse. Il ne comprend pas comment l'île de Saint-Martin s'est formée et n'arrive pas à apporter une solution. L'élève E8AS intervient de nouveau et apporte une idée nouvelle. La réaction de l'élève E7DL change alors

E8AS : mais y a aussi eu des collisions, non ?

E7DL : c'est possible... mais donc comment ? Enfin comment tu vois ça ?

E8AS : comme ça... enfin là on sait qu'il y a une grosse zone de subduction près de l'île donc c'est peut-être lié à ça...

E7DL : l'arc antillais est comme ça, la zone de subduction et toutes les îles sont autour... ouais mais y a... Ouais mais est-ce qu'il y a de la roche volcanique à Saint-Martin. C'est une île volcanique ?

E8AS : peut-être c'était une île volcanique

E7DL : peut-être

De ce fait, dans le cadre de la formation de l'île de Saint-Martin, les échanges entre E7DL et E8AS deviennent plus équilibrés : chacun apporte des idées. Ils débattent alors sur la possibilité que Saint-Martin soit une île volcanique associée au processus de subduction. Cette interaction a permis de débloquent une situation qui était, à première vue, au point mort. Même si des zones d'ombre subsistent, il apparaît que ces échanges ont contribué positivement à un enrichissement de l'objet géologique pour les deux élèves : le contexte régional ainsi que le contexte local.

Face à une situation inconnue, l'interaction entre l'élève E7DL et E8AS et plus forte : ils jouent tour à tour le rôle de récepteur et émetteur.

Seulement, ces échanges peuvent devenir stériles s'ils sont laissés sans cadre structurant. En effet, au final, les élèves E7DL et E8AS n'ont pas abouti à développer un modèle qui leur correspondent. Le fait de ne pas trouver de volcan actif les perturbe énormément. Ils ont donc opté, sans conviction certaine, pour un épisode de collision-subduction. La collision explique les reliefs montagneux et règle le problème de l'absence de volcan. Par conséquent, la subduction suit ; la collision antérieure éludant tous les processus magmatiques associés. Il est probable que

d'autres paramètres doivent entrer en jeu afin de débloquent une situation insoluble. C'est là que le rôle de l'enseignant intervient, nous en discuterons ultérieurement.

E7DL: mais c'est pas possible !

E8AS : comment ça ?

E7DL : puisqu'on a vu, enfin ce schéma-là, que les explosifs restent toujours en activité puisque la subduction entraîne des séismes qui créent des failles, qui fait chauffer le truc...

E8AS : ou peut-être c'est pas explosif.

E7DL : ouais ça peut être effusif. Ouais mais on est au niveau des zones de subduction- là... ah je me souviens... le monsieur de l'année dernière il avait fait un truc... je sais plus... mais en tout cas c'est un cas particulier Saint-Martin.

E8AS : ah ! Peut-être que ça s'est plié en fait...en fait y avait une zone de subduction...en fait ça doit être un genre plié comme ça... non, c'est trop bas... comme ça...

E7DL : c'est possible, hein... donc ça veut dire qu'il y a eu collision et subduction... c'est possible puisque la collision ça crée des montagnes. En tout cas, c'est bien moche.

6.2.2.3 Une forte interaction entre l'élève E4SM et l'élève E5EJ

Enfin, si nous analysons les derniers échanges entre E4SM et E5EJ, nous constatons que ces derniers deviennent rapidement équilibrés. D'ailleurs, l'objet géologique de l'élève E4SM prend une valeur de 1,98/5 pour l'élève E4SM et 2,25/5 pour l'élève E5EJ. Les valeurs sont donc très proches d'un élève à l'autre. L'élève E4SM débute l'échange sans imposer ses idées : elle demande l'accord de sa camarade E5EJ et tient facilement compte de ses remarques.

E4SM : alors déjà t'aurais pensé que c'était un océan, Guadeloupe ?

E5EJ : oui

E4SM : ouais donc ça a été un océan et... du coup on retrouve les roches de la croûte océanique, ophiolites... ouais, il [*le volcan*] est toujours en activité... donc il est toujours relié avec la Terre, enfin pas vraiment en activité mais...

E5EJ : non il est fossile

E4SM : enfin pas vraiment en activité, enfin je sais pas comment ça s'appelle... ouais, y a pas d'explosion donc il est pas vraiment en activité

Nous constatons également que, contrairement aux situations précédentes, les deux élèves participent à l'élaboration du modèle qui explique la formation de l'île de la Guadeloupe. De ce fait, ce schéma final est nourri des apports de chacun.

E4SM [*dessinant*] : donc faut faire une flèche pour montrer que ça pousse. Comme ça ?

E5EJ : ouais

E4SM [*montrant sur le schéma*] : donc elle [*la lithosphère océanique*], elle s'enfonce ?

E5EJ : ouais elle s'enfonce et elle, elle remonte je pense. Je fais ? [*dessinant*]

E4SM : Ok... D'accord... mais il faut une espèce de faille aussi pour laisser les gaz sortir... euh...

E5EJ : ouais

E4SM [*dessinant*] : donc une petite faille-là, ouais y a beaucoup de... comme des gouffres, il me semble, y en a deux ou trois

E5EJ : ah j'aurais fait une faille comme on disait. Je la fais ?

Actifs dans leur interaction, ils n'hésitent pas à se corriger quand ils soulignent une erreur ou constatent une aberration.

<p>P : bon qu'est-ce que c'est pour vous ça et ça ?</p> <p>E5EJ : la croûte continentale, non ?</p> <p>E4SM : bah t'as dit que ça avait été un océan... genre comme ça... donc c'est pas la croûte océanique ?</p> <p>E5EJ : euh... océanique... ouais , pardon.. je suis bête</p>	<p>E5EJ : c'est les roches de l'asthénosphère qui fusionnent, non ?</p> <p>E4SM : tu te rappelles le truc de liquidus là ? c'était profond, non ? c'était pas 1000-1200... 1200... la lave elle fait 1200°C je crois...</p> <p>E5EJ : donc c'est plus bas que l'asthénosphère ?</p> <p>E4SM : euh... le noyau c'est 6000. Ça remonte de tout ça et ça reste chaud. 120km c'est la lithosphère, euh...et puis y a un truc jusqu'à 600.</p> <p>E5EJ : c'est 220 à 600, non ? ça peut pas être plus bas. C'est les roches de l'asthénosphère je pense.</p> <p>E4SM : autour du noyau externe puis ça remonte ?</p> <p>E5EJ : aussi profond ? qui remonte tout ça ?</p> <p>E4SM : bah faut qu'il fasse chaud pour que ça devienne totalement liquide... Bon, roches en fusion dans l'asthénosphère, alors ?</p> <p>E5EJ : ouais</p>
--	---

6.2.3 Caractérisation des intensités des interactions entre élèves et parents

Sur les quatre parents interrogés, nous constatons que la valeur prise par l'objet géologique est très faible : 0,37/5 pour la mère de l'élève E3MJ, 0,34/5 pour la mère de l'élève E5EJ, 0,61/5 pour le père de l'élève E4SM et enfin 0,64/5 pour la mère de l'élève E7DL (**figure 24**). Les résultats sont présentés ci-dessous à travers un diagramme de Kiviat qui affiche visuellement et quantitativement les différentes tendances des objets pour chaque parent interrogé sur la base des critères ayant servi à l'évaluation de chaque objet.

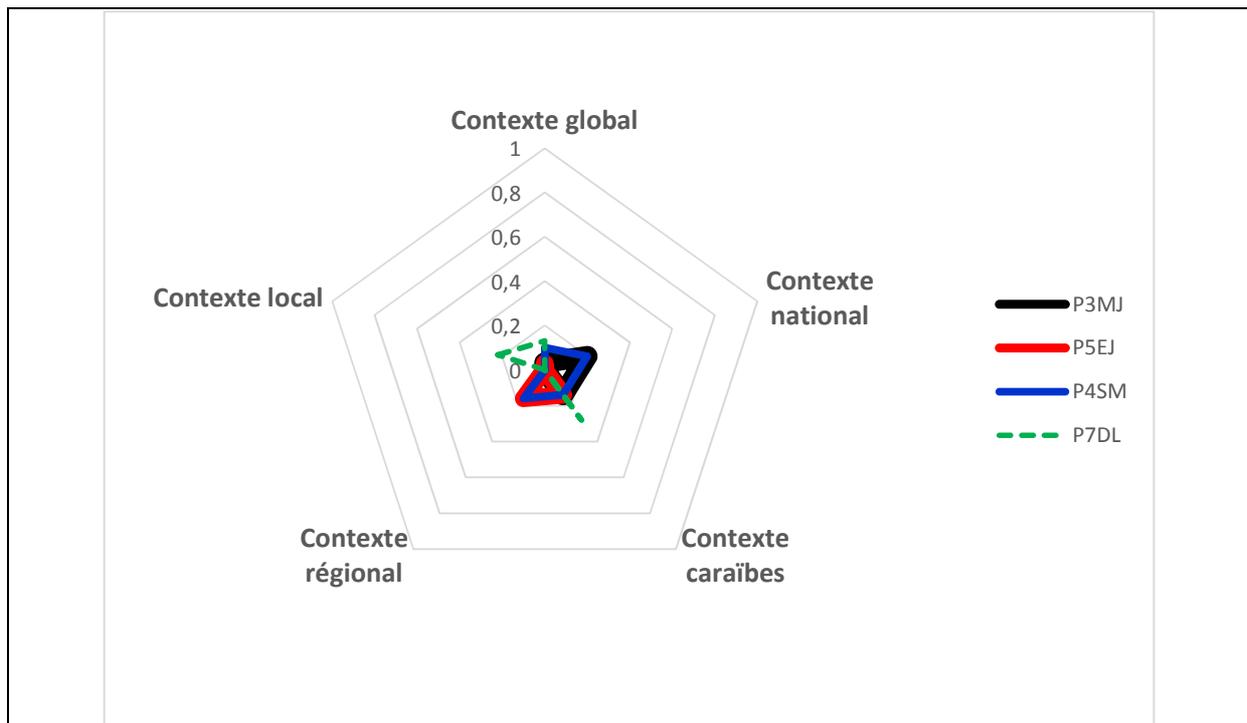


Figure 24. Diagramme de Kiviat : profil géologique défini selon les critères d'évaluation de l'objet géologique pour les parents des élèves E3MJ, E4SM, E5EJ et E7DL E1LP

Les parents interrogés présentent des lacunes concernant les connaissances mises en jeu pour l'évaluation de cet objet géologique. S'ils sont en interaction avec leurs enfants, ils peuvent même véhiculer des idées erronées sur l'origine même du magma ou le type de roches rencontrées dans leur environnement. Le parent de l'élève E4SM considère qu'il y a du granite au Fort Louis de Marigot à Saint-Martin ou bien des moraines sur la route du Pic Paradis puisque, selon lui, les moraines sont associées aux montagnes et le Pic Paradis en est une. Les parents des élèves E3MJ et E7DL estiment qu'ils retrouvent du calcaire à Grand-Case.

P7DL : je sais pas si c'est du calcaire ancien...je pense que c'est du calcaire mais je ne suis pas sûre

P3MJ : euh... normalement c'est des roches calcaires

En revanche, Les parents des élèves E3MJ, E5EJ et E7DL pensent que la roche visible au Fort Louis de Marigot est une roche volcanique puisqu'elle apparaît sombre et poreuse. Les parents P3MJ et P5EJ précisent qu'ils ne sont pas sûrs. Nous pouvons supposer que les parents

P3MJ et P5EJ ne vont pas influencer leurs enfants du point de vue de ces connaissances du fait de leur incertitude. En effet, le parent de l'élève E5EJ ajoute qu'il ne connaît pas l'histoire de la formation de l'île de Saint-Martin. Le parent de l'élève E3MJ souligne qu'il ne pense pas qu'il y ait eu du volcanisme à Saint-Martin. Seul le parent de l'élève E7DL affirme avec assurance que la roche observée est d'origine volcanique.

<p>P5EJ [<i>décrivant l'andésite du Fort Louis de Marigot</i>] : poreuse... euh... je sais pas... volcanique P : pourquoi vous dites ça ? P5EJ : ch'ai pas... parce-que elle est poreuse, non ? peut-être hein, je sais pas, je dis ça par pur hasard.</p>	<p>P3MJ : bah ça c'est des roches volcaniques puisqu'elles sont noires... c'est poreux</p>	<p>P7DL [<i>décrivant la roche</i>] : c'est volcanique P : qu'est-ce qui vous fait dire que c'est volcanique ? P7DL : la couleur... et l'aspect.</p>
--	--	--

Les parents ne semblent pas contribuer à la construction du contexte local associé à l'objet géologique. Ils ne connaissent pas avec précisions les objets, structures et phénomènes géologiques liés à l'île de Saint-Martin. Aucun des parents ne reconnaissent les affleurements de granodiorite. Seuls les parents des élèves E3MJ et E5ES affirment qu'ils ont déjà observé effectivement ces roches à Saint-Martin.

<p>P5EJ : on la voit souvent ces... des rochers comme ça mouchetés, non ? Je sais pas... c'est pas les rochers qu'on voit souvent sur les bords de mer ? P3MJ : si... ouais... on a déjà vu ça... mais bon je sais pas ce que c'est... bon, on dirait que ça fait un aspect du granite à cause des petits pigments.</p>
--

Il semble que l'influence du néso-instrument parent sur celui des élèves soit relativement faible. Au vu de notre étude, les interactions entre les élèves et les parents sont donc de faible intensité. Il apparaît même que dans cette interaction, ce soit plus les élèves qui ont un impact sur leurs parents vis-à-vis de l'objet géologique. En effet, lorsque l'enseignant demande au parent P7DL les sources qui lui ont permis de caractériser la notion d'éruption explosive, ce dernier évoque tout de suite ses enfants.

<p>P : et le terme explosif ? P7DL : avec les enfants à l'école... explosif/effusif ça m'est resté avec les enfants.</p>

Le parent P4SM précise qu'il est beaucoup en interaction avec sa fille et qu'il s'intéresse à ce qu'elle fait. A plusieurs reprises, il évoque une notion scientifique qu'il a compris grâce à elle.

<p>P4SM : ça c'est Grand-Case, y a certainement du granite qui est le produit d'une remontée magmatique. C'est ma fille qui m'a expliqué que le granite était d'origine magmatique</p>	<p>P4SM : C'est les montagnes du Pic Paradis. Ma fille m'a d'ailleurs expliqué que sous les montagnes y avait une racine. Alors, je lui ai demandé, quand ça s'érode le sommet qu'est-ce qui se passe en profondeur... bon elle n'a pas su me répondre. Mais bon j'imagine que tout ça ça remonte, non ?</p>
--	--

De ce fait, les parents semblent jouer le rôle de récepteur et les élèves d'émetteur. Les informations concernant le thème magmatisme des zones de subduction sont transférées unilatéralement depuis l'élève émetteur jusqu'au parent récepteur. L'interaction est donc faible.

Seulement, il n'en est pas de même pour l'objet médiatique. Nos observations semblent nous montrer que les parents ont plus une influence sur l'objet médiatique du champ instrumental de leur enfant. Si nous comparons les profils médiatiques des parents au regard de leur enfant, nous constatons une forte similarité (**figures 25, 26, 27**).

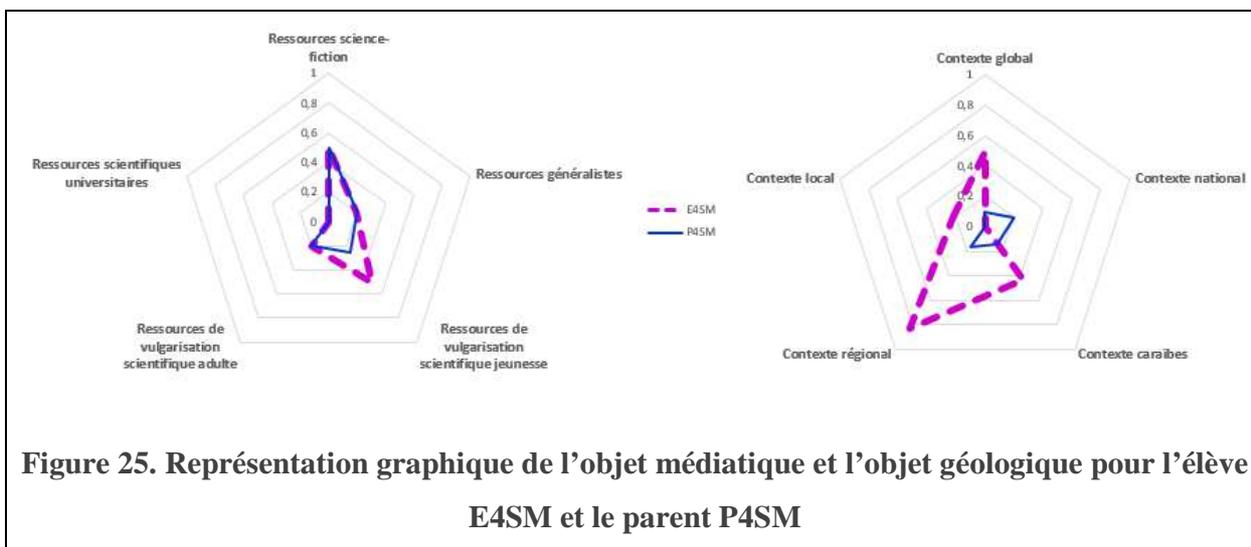
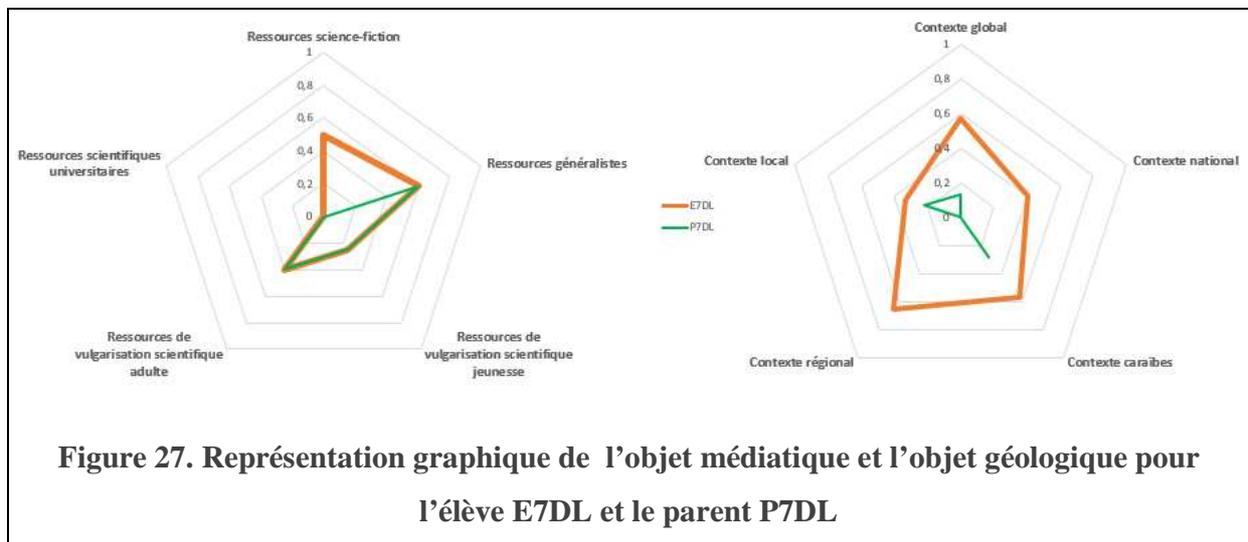
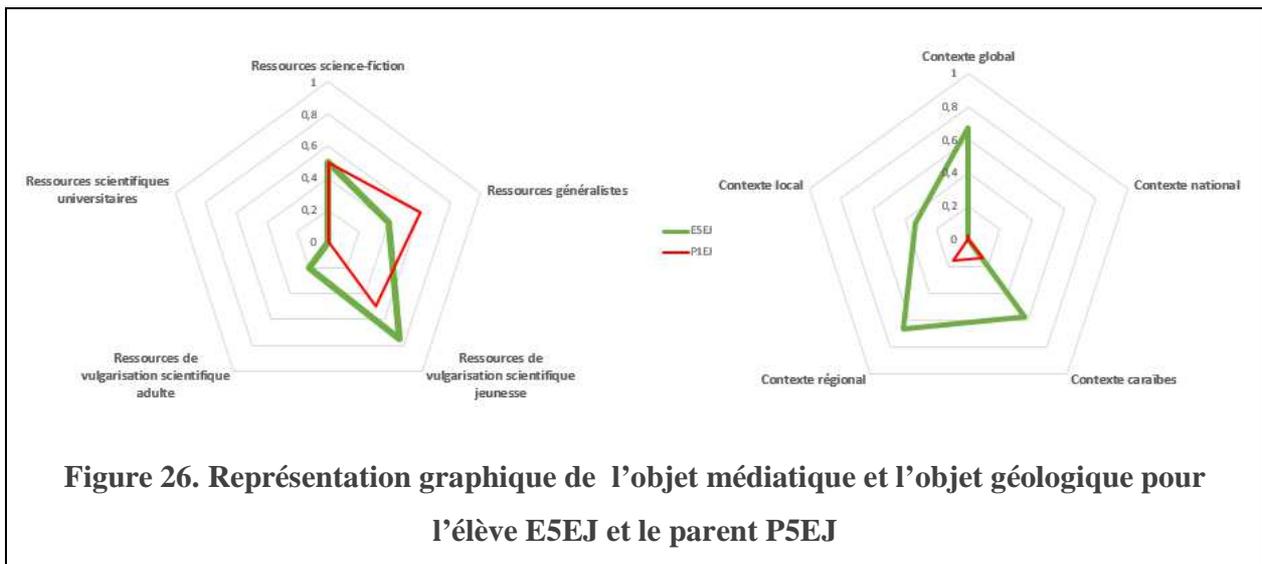


Figure 25. Représentation graphique de l'objet médiatique et l'objet géologique pour l'élève E4SM et le parent P4SM



Les parents P4SM, P5EJ et P7DL ont une influence certaine sur le profil médiatique de leurs enfants respectifs : E4SM, E5EJ et E7DL. Par exemple, le parent P4SM précise au cours de l'entretien qu'il ne consulte pas les journaux : « ça c'est pas là-dedans que je vais trouver des trucs qui m'intéressent... et puis bon l'actualité de Saint-Martin... bon... ». Son enfant, l'élève E4SM dit qu'elle ne lit pas d'article de journal, encore moins ceux traitant du thème étudié. Ce même parent affirme également qu'il aime bien la chaîne *Arte* et qu'il regarde volontiers les documentaires de vulgarisation scientifique : il cite comme exemple un documentaire sur le lac Toba en Indonésie. En revanche, sa fille précise qu'elle ne regarde pas les documentaires sur *Arte* : « Arte, ça m'ennuie un peu les documentaires qu'ils font, un peu trop lents ».

De même, autre exemple, le parent E5EJ a un profil médiatique très centré sur les ressources de vulgarisation jeunesse au même titre que son enfant E5EJ. En effet, l'élève E5EJ précise qu'il a l'habitude de regarder *C'est pas Sorcier* et qu'il lisait la revue *Cosinus* au collège : « celui-là je le lisais au collège : c'est simplifié, c'est bien, et ça c'est ce qu'on est en train de faire en physique en ce moment... ». Le parent P5EJ a donc orienté les lectures de ces enfants depuis leur jeune âge.

<p>P5EJ : bah les <i>C'est pas Sorcier</i>, on a toute la collection chez nous... bah on les regarde avec... on les a regardé avec mon enfant quand... euh... souvent on regarde quand il avait en primaire des devoirs à faire... on prenait les <i>C'est pas Sorcier</i> selon le sujet... on visionnait... même maintenant il s'en sert des fois...</p>	<p>P5EJ : ça j'ai déjà acheté pour mon enfant, souvent, <i>Cosinus</i>...</p>
--	---

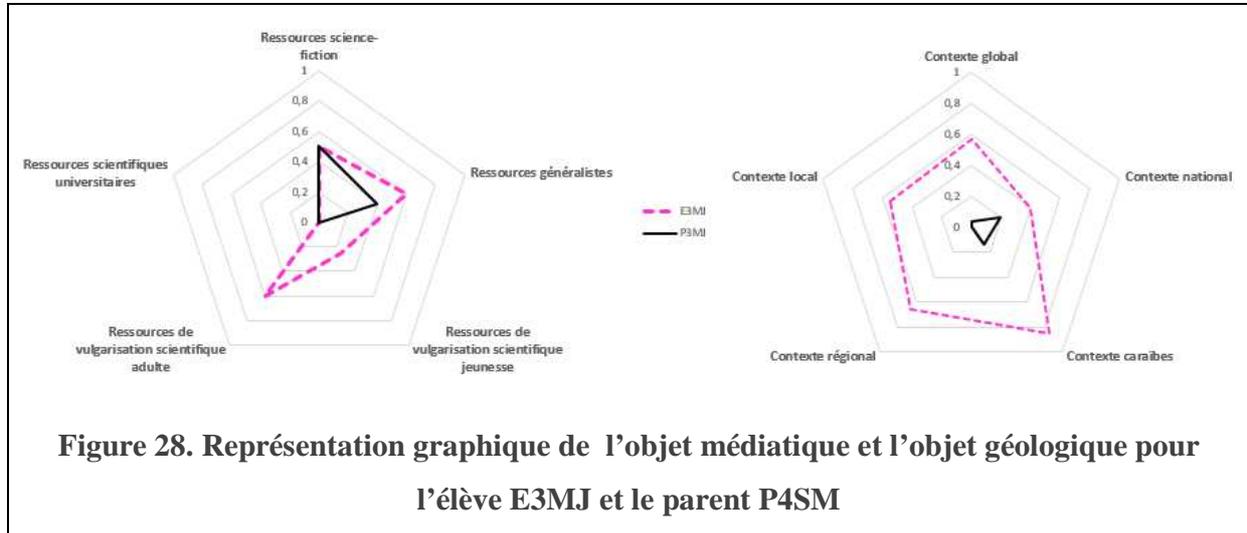
L'élève E5EJ a précisé au cours de l'entretien qu'elle aime bien regarder des vidéos sur le thème en anglais. Le parent P5EJ affirme à son tour qu'elle aime bien regarder des films de science-fiction en version originale, que, d'une manière générale, elle préfère écouter en anglais qu'en français.

<p>P5EJ : j'aime bien les versions originales parce-que j'aime bien l'anglais en fait... quand je regarde les séries, je préfère les regarder en anglais que en français. Ouais... bah en général nous, on regarde les séries en anglais, nous...</p>

Enfin, le profil médiatique du parent de l'élève E7DL est centré sur les ressources généralistes et les ressources de vulgarisation scientifique adulte. En effet, ce dernier a beaucoup aidé ses enfants dans les devoirs jusqu'au collège et a même fait des recherches associés au thème étudié. Il les a donc orienté à effectuer des recherches et a consulté des ressources de ce type.

<p>P7DL : comme on est sur une île volcanique, j'ai lu un peu sur ça... mais pas récemment... pour les enfants parce-que ils avaient des devoirs à faire et puis j'ai commencé à faire des recherches avec eux sur... euh... des documents sur internet, on va voir les volcans, les différents types de volcans...</p>

En revanche, si nous comparons le profil médiatique du parent P3MJ à celui de l'enfant E3MJ, la similarité ne se retrouve pas (**figure 28**).



Le parent P3MJ ne s'intéresse pas du tout au thème étudié : il a déjà consulté de ressources généralistes à ce propos uniquement. Nous pouvons nous demander alors ce qui conditionne le profil médiatique de l'élève E3MJ. Il faudrait peut-être chercher dans l'interaction avec l'enseignant. Par ailleurs, nous avons également quelques éléments de réponse : le parent P3MJ précise qu'il lit beaucoup. Par conséquent, l'élève E3MJ est habitué à ce que son parent lise. De plus, le parent E3MJ ajoute que son enfant est très autonome. Il est probable que cet élève aille chercher l'information tout seul et ait construit au fil du temps son propre profil médiatique.

P3MJ : je lis beaucoup... beaucoup de Fantasy, des policiers, pas mal de... c'est varié.

P3MJ : mon enfant je sais qu'il a des capacités donc j'ai tendance à le pousser... mais il est complètement autodidacte, autonome.

Les interactions parents-élèves ont surtout un impact sur la caractérisation de l'objet médiatique. A moins que l'élève lui-même soit très autonome, le profil médiatique des élèves semblent découler de celui des parents. Si l'élève peut avoir une influence sur l'objet géologique de ses parents (à condition que la valeur de cet objet ne soit pas très élevée), l'inverse n'est pas constaté. Seulement, nous pouvons tout de même considérer que les parents, dans leur interaction avec leur enfant, influence indirectement l'objet géologique de leur

enfant. Ainsi si les parents interagissent avec leur enfant via l'objet médiatique, cela signifie donc qu'ils ont un impact indirect sur l'objet géologique. Par ailleurs, nous ne pouvons pas écarter non plus la possibilité qu'ils influencent négativement le néso-instrument de leur enfant en véhiculant des erreurs portant sur des connaissances liées à l'objet géologique.

6.2.4 Caractérisation des intensités des interactions entre élèves et enseignants

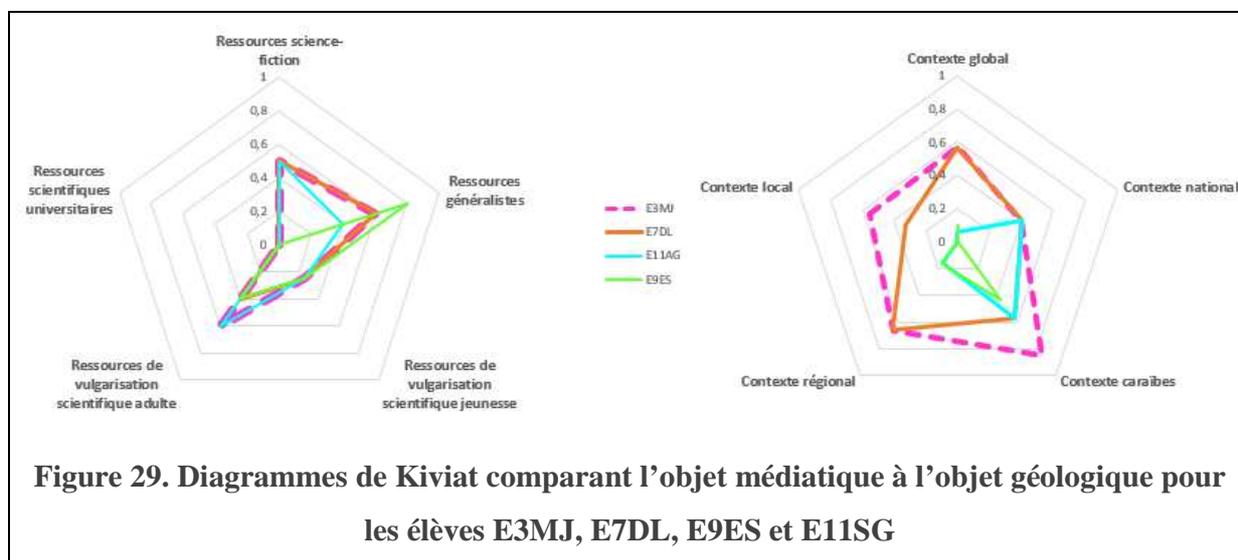
Il est indéniable que l'enseignant interagit avec l'élève via son objet d'enseignement et d'apprentissage, ce qui a une incidence sur l'objet géologique résultant. Or, chaque enseignant est en relation avec les objets étudiés : l'objet géologique, l'objet médiatique, l'objet d'enseignement et d'apprentissage, l'objet croyances mais aussi l'objet terrain. Le rapport à ces objets définit leur instrument. Chaque instrument intervient donc spécifiquement sur les néso-instruments élèves. Il conviendrait alors d'analyser chaque objet inscrit dans le champ instrumental des enseignants afin de comprendre les interactions inter-objectales orchestrées par les enseignants eux-mêmes. Puis, il serait intéressant d'étudier l'interaction proprement dite entre le néso-instrument enseignant et le néso-instrument élève c'est-à-dire estimer l'impact de ce néso-instrument sur les différents objets constituant le néso-instrument élève. De cette manière, pourront être considérés les éléments majeurs qui vont influencer l'objet géologique de l'élève. Cette étude n'est pas établie dans ce mémoire. Il serait donc souhaitable dans une perspective future de s'y attarder.

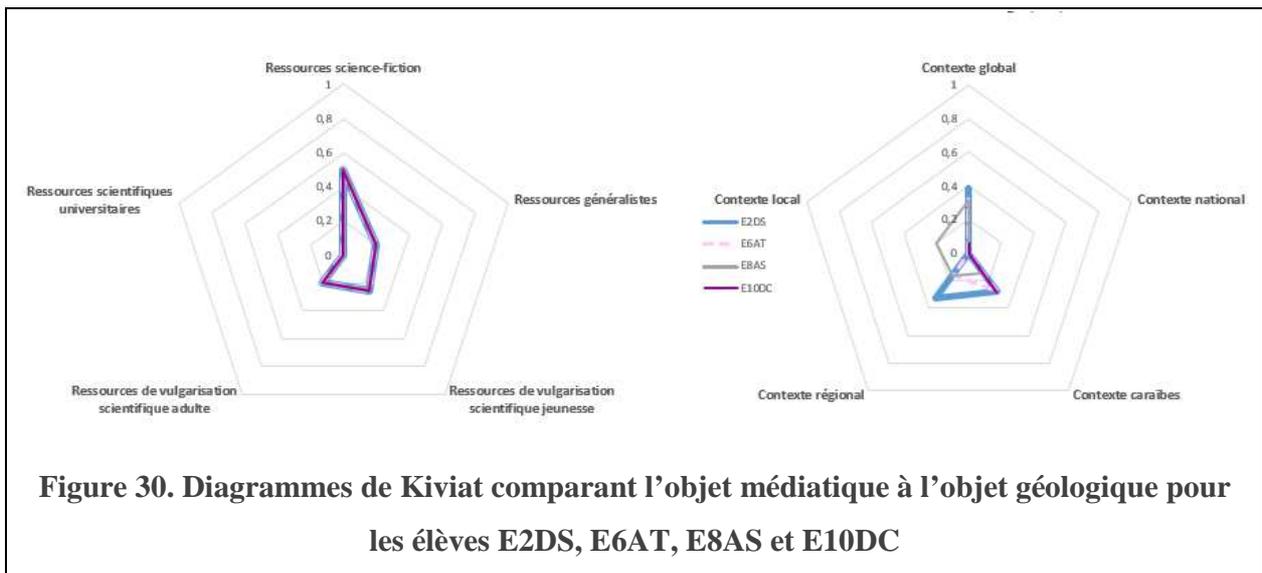
Nous constatons cependant que sept élèves sur les huit interrogés affirment que des enseignants de SVT les ont marqués. Ils retiennent leur côté intéressant : « il me donne envie d'enrichir mes connaissances » (élève E4SM), « ils sont captivants » (élève E3MJ), « ils éclairent des sujets que j'ignorais totalement » (élève E1LP). De plus, ils soulignent le fait qu'il mémorise bien leur cours : « j'aime bien leur schéma-bilan » (E5EJ). Ils précisent qu'ils aiment leur travail : « ils aiment leur travail » (élèves E2DS et E7DL), « ils transmettent leur savoir avec passion » (élève E4SM) et « ils ont une passion pour ce qu'ils font, et je veux avoir une vraie passion pour les SVT aussi, pour pouvoir expliquer aux gens et leur inspirer aussi » (E8AS).

De plus, il apparaît évident que la valeur de l'objet géologique des élèves ne dépend pas uniquement de l'objet médiatique. En effet, si nous considérons les trois élèves de Seconde référents de notre étude, nous constatons que ces élèves ont un profil médiatique qui correspond aux profils médiatiques évoqués précédemment pour les élèves de Terminale. Seulement, si la juxtaposition est possible pour l'objet médiatique, celle-ci ne se retrouve pas pour l'objet

géologique. De ce fait, un profil médiatique ne définit pas un type bien particulier de profil vis-à-vis de l'objet géologique. Par exemple, les élèves E9ES et E11SG présentent un profil médiatique similaire au groupe E3MJ-E7DL : centré sur les ressources généralistes et les ressources de vulgarisation scientifique adulte. Pour autant, leur objet géologique reste très réduit et ne se rapproche de celui des élèves E3MJ et E7DL. Il en est de même pour l'élève E10DC. Il présente un profil médiatique semblable aux élèves E2DS, E6AT et E8AS. Cependant, il n'existe pas autant de différences pour l'objet géologique car la valeur prise pour cet objet est déjà très faible chez les élèves de Terminale S (**figures 29 et 30**).

Aussi, l'élève E1LP a une valeur d'objet médiatique faible (0,9/5) relativement à la valeur de son objet géologique (1,7/5). Celui-ci précise qu'il n'aime pas le thème étudié et ne consulte pas beaucoup de ressources médiatiques en lien avec ce thème. Il ne connaît personne de son entourage proche qui s'intéressent au thème étudié, que ce soit pour les études, le travail ou par simple curiosité. Cet élève fait partie des élèves qui sont assez directifs lors des travaux de groupe. Nous pouvons penser alors que la valeur de son objet géologique s'explique en partie par l'interaction avec l'enseignant via l'objet d'enseignement et d'apprentissage. **Nous pensons alors que l'interaction enseignant-élève est donc une interaction d'intensité forte à considérer.**





6.3 Détermination spécifique des interactions les plus stables au sein des ino-instruments élèves

6.3.1 Analyse en composante principale de la matrice de corrélation entre variables

Nous réalisons sous *Statistica* un bilan des ressemblances entre variables et visualisons la matrice de corrélation (**tableau 20**).

Variable	OBJET GEOLOGIQUE	OBJET MEDIATIQUE	OBJET CROYANCES	OBJET ENSEIGNEMENT APPRENTISSAGE
OBJET GEOLOGIQUE	1,000000	0,826939	-0,160806	-0,021780
OBJET MEDIATIQUE	0,826939	1,000000	0,138539	0,115062
OBJET CROYANCES	-0,160806	0,138539	1,000000	0,149071
OBJET ENSEIGNEMENT APPRENTISSAGE	-0,021780	0,115062	0,149071	1,000000

Tableau 20. Synthèse des corrélations entre les quatre variables actives sous Statistica : les corrélations significatives sont marquées en rouge

6.3.1.1 Etude de la liaison variable objet géologique-variable objet médiatique

Au vu de ce tableau synthétique de la matrice de corrélations, nous pouvons constater que **la variable objet géologique est très liée à la variable objet médiatique** : le coefficient de corrélation r est de 0,826939. Il apparaît d'ores et déjà que ces deux objets ont une correspondance. Notre hypothèse de recherche était que les interactions entre l'objet médiatique et les élèves étaient des interactions très stables puisque ces derniers considèrent que leur rapport à cet objet est fiable. Dans cette étude, nous constatons une forte correspondance entre l'objet médiatique et l'objet géologique. Or, l'expression des connaissances liées à l'objet géologique

révèle l'état des conceptions initiales de l'élève (métaphore de l'iceberg, Giordan-Pellaud, 2001 : **tableau 1**) lorsqu'il est engagé dans la résolution d'un problème explicatif comme *comment l'île de Saint-Martin s'est-elle formée ?* **Par conséquent, il y a une interaction robuste entre l'objet médiatique et l'élève puisque le produit de cette interaction est considéré comme stable et opératoire par celui-ci et agit donc sur l'expression de ces connaissances géologiques, donc ses conceptions.**

6.3.1.2 *Etude de la liaison variable objet géologique-variable objet d'enseignement et apprentissage*

La variable de l'objet d'enseignement et d'apprentissage n'est pas corrélée à la variable géologique : le coefficient de corrélation est proche de 0. Elle ne semble donc pas avoir d'influence sur la variable géologique. Ce constat n'est pas surprenant. Nous avons déjà constaté auparavant que les individus interrogés possédaient un rapport à l'objet d'enseignement et d'apprentissage similaire, mis-à-part l'utilisation des manuels scolaires pour trois d'entre eux (élèves E2DS, E4SM et E5EJ). Ainsi, si nous comparons la valeur prise par l'objet géologique pour ces trois élèves : 1,01/5 pour l'élève E2DS, 1,98/5 pour l'élève E4SM et 2,25/5 pour l'élève E5EJ, celles-ci sont très hétérogènes. L'objet d'enseignement et d'apprentissage a très peu de lien avec l'objet géologique. Or cet objet géologique exprime les connaissances de l'élève vis-à-vis du thème étudié (magmatisme des zones de subduction). Et selon la métaphore de l'iceberg (Pellaud-Giordan, 2001 : **figure 1**), les conceptions sont révélées notamment par l'expression des connaissances. Par conséquent, **au regard des conceptions initiales des élèves, l'interaction entre l'objet d'enseignement et d'apprentissage et l'élève n'est pas une interaction stable.** Seulement, une analyse plus approfondie devra être réalisée de façon à mesurer la robustesse de cette interaction à l'issue de l'étude du thème sur le magmatisme des zones de subduction.

6.3.1.3 *Etude de la liaison variable objet géologique-variable objet croyances*

La variable objet croyances est très faiblement corrélée à la variable géologique : le coefficient de corrélation est proche de 0 et très légèrement négative est de -0,16. Elle ne semble donc pas avoir d'influence significative sur la variable géologique. En effet, les individus interrogés possèdent tous une vision cartésienne sur l'origine du magmatisme de subduction même si deux d'entre eux (élèves E5EJ et E8AS) ont des références liées au thème puisées dans les croyances populaires. Nous rappelons que l'élève E8AS pense que la montagne près de

laquelle il vit à Saint-Martin est un volcan. Il précise par ailleurs que c'est sa mère qui lui a fourni cette information :

E8AS : ici c'est pour ça que j'ai fait référence tout à l'heure à la montagne qui est près de chez moi parce-que ma mère elle disait que : oui c'était volcanique avant c'est pour ça qu'il y a une sorte de cratère, un creux en haut... près de Dutch Cul-de-Sac, les supermarchés *Grand-Marché* et *cost u less...*

Si la croyance de l'élève E5EJ, tirée de l'école primaire, concernant les indigènes jetés dans les cratères des volcans en guise de punition, n'influence pas sa vision rationnelle de l'origine du magma des zones de subduction et de ses manifestations liées, il n'en est pas de même pour l'élève E8AS. En effet, lorsqu'il s'agit d'explicitier ses idées sur la façon dont l'île de Saint-Martin s'est formée, celui-ci évoque cette montagne et reste même convaincu que c'est un volcan. Dans ce cas-ci, pour l'élève E8AS, l'interaction entre celui-ci et son objet croyances est très stable et orientera ses conceptions sur la formation de l'île de Saint-Martin. En revanche, cette interaction n'est pas une interaction stable à considérer en ce qui concerne les autres élèves E1LP, E2DS, E3MJ, E4SM, E5EJ, E6AT et E7DL. Comme l'exprime la variance de leur objet géologique, les conceptions initiales, exprimées notamment au travers des connaissances liées au magmatisme des zones de subduction, ne sont pas influencées par l'objet croyances.

6.3.1.4 *Etude de la liaison variable objet d'enseignement et d'apprentissage-variable objet médiatique*

La variable objet d'enseignement et d'apprentissage est très faiblement corrélée à la variable médiatique : le coefficient de corrélation est de 0,11. Elle ne semble donc pas avoir d'influence significative sur la variable médiatique.

Seulement, même si le coefficient de corrélation entre la variable objet médiatique et la variable objet d'enseignement est faible, il est possible qu'une étude sur un échantillon d'élèves plus grand, révèle une plus forte corrélation. En effet, il n'est pas exclu que, parmi la population d'individus, un groupe soit caractérisé par le fait qu'ils consultent des ressources documentaires en grand nombre, qu'elles soient purement médiatique ou orientées spécifiquement pour l'enseignement et l'apprentissage. De même, cette étude peut également mettre en évidence un profil d'élèves qui ne consultent pas ou peu de ressources médiatiques parce-que le thème étudié ne les intéresse pas plus que cela. En revanche, au vu de l'échéance du baccalauréat, ces mêmes

élèves consultent beaucoup plus de ressources liées à l'objet d'enseignement et d'apprentissage parce qu'ils souhaitent détenir des éléments pour mieux réussir l'épreuve écrite, mieux comprendre le cours, mieux acquérir les notions liés à ce même thème. Dans ce cas précis, il n'y a pas de correspondance directe entre l'objet médiatique et l'objet d'enseignement et d'apprentissage. Même si notre échantillon peut révéler ces types de profil, il n'en demeure pas moins que la taille de l'échantillon ne nous permet pas de conclure quant à la tendance générale. Il est probable cependant que l'étude sur un échantillon de plus grande ampleur révèle plus une faible corrélation entre l'objet d'enseignement et d'apprentissage et l'objet médiatique.

6.3.1.5 *Etude de la liaison variables objet enseignement et apprentissage/ objet médiatique-variable objet croyances*

La variable objet croyances est très faiblement corrélée aux variables objet médiatique et objet d'enseignement et d'apprentissage : le coefficient de corrélation est de 0,14-0,15. Elles ne semblent donc pas avoir d'influence significative sur la variable médiatique. Nous pouvons alors penser que les croyances cartésiennes des individus interrogés ne vont pas influencer leur comportement vis-à-vis de la sélection d'un type de ressource médiatique plutôt qu'un autre. Il en est de même pour l'objet d'enseignement et d'apprentissage. Il n'y a donc pas d'interaction stable à considérer entre cet objet croyances et les objets médiatique et enseignement-apprentissage pour l'échantillon des huit élèves de Terminale S considérés (E1LP, E2DS, E3MJ, E4SM, E5EJ, E6AT, E7DL et E8AS).

Seulement, le coefficient de corrélation n'est pas nul. Il est alors probable qu'avec l'étude d'un échantillon plus grand, ce coefficient de corrélation augmente. En effet, nous pouvons penser raisonnablement qu'un individu qui a des croyances appartenant au registre légendaire ou religieux par exemple aura un profil médiatique très orienté en relation avec ses propres croyances. L'étude d'un des individus référents de notre recherche nous a permis de l'évoquer. L'élève E10DC est un élève de Seconde du groupe référent. Il exprime qu'il ne regarde pas des ressources (imprimés, vidéos ou films, sites numériques) qui montrent des images de volcan en éruption :

E10DC : « ça je regarde pas. Déjà parce-que ça me perturbe lorsque je regarde ce genre d'images, j'aime pas trop... c'est trop catastrophique, c'est pas mon truc. Trop d'images choquantes, j'ai peur quoi. ».

Et si nous mettons en relation cette attitude au regard de ce type de ressource avec sa vision sur l'origine du magma, nous remarquons que ses croyances, sans évoquer des forces surnaturelles ou des entités supérieures, sont empruntées d'une vision iconique symbolique comme si le magma était associé aux Enfers et que ses éjections catastrophiques choquent, font peur. De cette manière, cet élève n'ira pas consulter des ressources qui le font confronter à ses propres angoisses.

E10DC : « Bah le magma il est dessous les plaques alors forcément des fois il sort... je sais pas par des trous, des failles et du coup ça fait un volcan. »

Cet élève a vécu le séisme d'Haïti du 12 janvier 2010, nous pouvons supposer que son traumatisme vis-à-vis des manifestations volcaniques externes soit lié à son expérience personnelle également. Pour autant, cet individu précise dans l'entretien qu'il regarde des films de Science-fiction comme *The Core* parce qu'il parle de séismes. Nous pouvons aussi préciser qu'il regarde volontiers ce type de film parce qu'il sait que ce sont des situations irréelles. Au demeurant, cela n'annule pas le rapport entre ses propres croyances et son rapport à la ressource médiatique.

E10DC : j'ai l'habitude de regarder les films de Science-fiction, j'ai bien aimé le film avec le tremblement de terre là, *The Core*...

Cet exemple cité n'est donc par définition qu'un exemple mais il peut souligner un lien possiblement significatif entre l'objet médiatique et l'objet croyances à l'échelle d'un échantillon plus grand. Il souligne alors l'existence d'une interaction stable entre l'objet croyances et l'objet géologique mais également entre l'objet médiatique et l'objet croyances pour cet élève E10DC.

6.3.2 Détermination des interactions les plus stables entre les individus au sein de l'instrument élève

6.3.2.1 *Des interactions très stables entre élèves collaborateurs*

L'intensité des interactions entre un élève émetteur et un élève récepteur est faible puisque seul l'élève récepteur sera influencé par les échanges produits. L'intensité des interactions est forte entre de élèves qui jouent à la fois le rôle d'émetteur et le rôle de récepteur. Dans cette configuration, les élèves s'influencent mutuellement. Ces interactions sont des interactions stables. En effet, face à une situation inconnue, les échanges entre élèves ne suffisent

pas à construire un objet géologique solide. Des impossibilités de fonctionnement sont souvent pointées. Par exemple, l'élève E7DL est perturbé dans son raisonnement pour expliquer la formation de l'île de Saint-Martin. Pour lui, l'île doit nécessairement héberger un volcan comme en Guadeloupe afin de pouvoir conclure à une origine volcanique. Il présente des difficultés à faire le lien entre la présence de l'île et le contexte proche de subduction. Il en est de même pour les élèves E4SM et E5EJ.

L'élève E4SM a entendu dire que l'île de Saint-Martin soit d'origine volcanique mais il s'étonne qu'il n'y ait pas de restes visibles. Face à cette possibilité, l'élève E5EJ reste interloquée (« *Saint-Martin, c'est un ancien volcan ?* »). De la même façon, l'absence de traces d'une structure volcanique bien distinguable dans le paysage leur fait éloigner de la possibilité que Saint-Martin soit lié à un processus de subduction. En effet, pour ces deux élèves, la subduction est forcément associée à la formation d'un volcan avec une morphologie volcanique caractéristique type cône.

E4SM : sans doute... je sais même pas ce qui aurait en-dessous de Saint-Martin.... Donc je fais 2 plaques comme ça ? c'est pas possible...

E5EJ : non

E4SM : ça fait un volcan

E5EJ : mais oui ça fait un volcan...

L'élève E4SM et E5EJ se posent également la question du type de roches qu'ils pourraient rencontrer sur l'île car cela pourrait être des indices nécessaires. Face à l'absence de référence médiatique autour de la formation de l'île de Saint-Martin, les élèves se dirigent alors naturellement vers le registre empirique. La confrontation d'un registre empirique au registre des modèles devient une nécessité pour ces élèves. Nous voyons alors que l'interaction élève-élève favorise le processus de problématisation. En effet, les élèves partent de contraintes empiriques pour construire leur modèle, révèlent les impossibilités de fonctionnement et soulignent les nécessités pour que ce modèle fonctionne. Seulement, ils conçoivent la nécessité de retourner au registre empirique pour valider voire instancier les premières solutions proposées. Comme le groupe E7DL-E8AS, ils soulèvent une possibilité de collision entre deux plaques sans en être intimement persuadés.

E5EJ: bon, c'est quoi les roches de l'île ? Les roches dans les montagnes-là ? A Hope Estate ?

E4SM : qu'ils [*référence aux personnes de la carrière de Hope Estate*] cassent là ?

E5EJ : ouais

E4SM : on retrouve pas des pillow-lava ici ?

E5EJ : non c'est pas possible...

E4SM : je sais pas

De même, les élèves E4SM et E5EJ ont également des difficultés à positionner le magma visqueux en profondeur lorsqu'ils construisent le modèle de formation de l'île de Guadeloupe. Ils associent la présence du volcan de nature explosive en Guadeloupe à la nécessité d'avoir du magma visqueux en profondeur. Or, l'élève E5EJ souligne l'impossibilité que le magma soit dans une chambre magmatique car sinon, selon celui-ci, une éruption explosive se produirait. Les deux élèves finissent par ne dessiner aucun lien entre la zone de fusion partielle asthénosphérique produisant le magma visqueux et la chambre magmatique.

E4SM : on représente le magma visqueux ?

E5EJ [*montrant sur le schéma*] : il est là.

E4SM : bah normalement il remonte !

E5EJ : il remonte ?

E4SM : il remonte et avec la pression ça explose... mais là il explose pas là... ça explose pas

E5EJ : je sais pas... quand il remonte, s'il était là, il exploserait, non ?

E4SM : donc il est pas dans la chambre magmatique ?... En fait, vu que ça monte, c'est moins dans la zone où les roches sont en fusion donc le magma il arrive plus, il atteint plus la zone... enfin je sais pas... non ça monte pas... ça reste...

E : mais si c'est là, ça explose, non ? si il est là ?

E4SM : le magma ?

E5EJ : non ch'ai pas les... la roche qui fond qui est par là [*montrant la zone de fusion partielle dans l'asthénosphère*], tu penses qu'il y en a là toi du magma ? [*montrant la chambre magmatique*]

E4SM : non ça aurait explosé, à force

E5EJ : donc là [*montrant de nouveau la zone de fusion partielle dans l'asthénosphère*]

Outre, le heurte à des éléments non résolus et difficilement solvables par une simple interaction élève-élève, des erreurs sont véhiculées. L'élève E3MJ va estimer que le Pic Paradis, qui est le point culminant de l'île de Saint-Martin correspond à un volcan. L'élève E8AS considère que la montagne à côté de chez elle, près du Dutch Cul-de-Sac, est un ancien volcan parce-que ses parents lui ont dit. L'élève E3MJ estime que ce sont les roches de la croûte océanique plongeante qui vont fondre pour créer le magma des zones de subduction. Les élèves E4SM et E5EJ considèrent qu'il y a des ophiolites en Guadeloupe donc de la lithosphère océanique. Ils supposent également que l'île de Saint-Martin est le fruit d'une collision à l'origine de chaînes de montagnes visibles sur l'île au même titre que les élèves E7DL et E8AS. Par conséquent, l'interaction entre élèves collaborateurs est une interaction stable. Si le processus s'arrête là, l'état des conceptions initiales des élèves se trouve fortement influencé par le produit de cette interaction.

Les interactions élèves-élèves apportent des éléments indéniablement positifs : apports de connaissances géologiques pour des élèves ayant un objet géologique de faible valeur mais aussi enrichissement de connaissances géologiques entre élèves face à des situations inconnues et qui posent question, évocation des conditions de nécessités pour faire fonctionner le modèle d'après des contraintes empiriques partagés, prise de conscience d'un besoin de retour au registre empirique afin de valider ou instancier le modèle. Elles offrent un contexte favorable au processus de problématisation et permettent d'articuler le registre empirique au registre théorique sans l'imposer. Seulement, si ces interactions ne sont pas placées dans un cadre structurant, des erreurs sont véhiculées et des zones d'ombre demeurent. Il est probable alors que ces élèves se dirigent vers l'objet médiatique pour trouver les solutions à leur problème. Démunis d'esprit critique et de recul par rapport aux connaissances liées à l'objet géologique, il y a risque qu'ils se tournent vers une ressource qui apporte des informations scientifiques malheureusement fausses.

6.3.2.2 *Des interactions stables très indirectes entre élèves et parents*

Nous avons observé que, parmi les parents interrogés, seul le parent de l'élève E7DL affirme avec assurance que la roche observée au Fort Louis de Marigot est d'origine volcanique. Or, rappelons que, son fils, l'élève E7DL n'a aucune idée précise sur l'origine de la formation de l'île de Saint-Martin, il a même supposé que ce n'est pas volcanique. Il apparaît donc que l'élève E7DL n'a pas été influencé ou dirigé par son parent. De même, les élèves E3MJ, E4SM et E5EJ sont déjà montés à la Soufrière de Guadeloupe et ont reconnu très facilement la structure volcanique du dôme qui leur a été présenté. Pour autant, face à la photographie de ce même dôme, les parents des élèves E3MJ, E4SM et E5EJ ne le reconnaissent pas. Seule P5EJ réussit à l'identifier au vu de la seconde photographie du gouffre situé à son sommet :

P5EJ : bah c'est la Soufrière... j'imagine puisque c'est le Soufre qui sort. J'y ai été mais bon y a longtemps hein.

Ces élèves ont donc construit un registre empirique qui n'a pas de lien direct avec leur parent. L'interaction entre les élèves et leur parent n'est donc pas une interaction robuste. De plus, l'interaction élèves-parents devient plus intense lorsqu'il s'agit de l'objet médiatique. En effet, les parents peuvent influencer les profils médiatiques de l'élève. Seulement, l'interaction stable à considérer, ici, est celle que l'élève entretient avec son objet médiatique, que ses choix soient influencés, ou non, par ses parents. **Par conséquent, nous ne considérons pas que l'interaction élève-parent est une interaction stable.**

6.3.2.3 *Des interactions très stables entre élèves et enseignants*

L'élève E3MJ a une partie de son objet géologique expliqué par son objet médiatique. Seulement, à travers les échanges, nous avons pu constater qu'il a retenu des éléments concernant la formation de l'île de Saint-Martin. Or, ce dernier a participé à une sortie géologique en Première S dans le cadre des Olympiades de Géosciences. C'est au cours de cette dernière, qu'il a enrichi son objet géologique. Face à la carte schématique représentant l'archipel des Petites Antilles dans le contexte de la tectonique des plaques, il est le seul élève à avoir repéré les deux arcs volcaniques.

E3MJ : ça... ça serait... bah là... si j'en suis ma logique de toute à l'heure... là on aurait la... l'ancienne zone de subduction ou... euh... ouais non l'ancienne zone du... de subduction je dirais... donc euh qui passe par la Martinique... qui passe par euh... Grande Terre... Antigua et

Saint-Martin, Saint-Barth... et maintenant on a la nouvelle ligne qui passe de Saint-Kitts, Montserrat jusqu' à Saint-Vincent... qui est... euh... la zone actuelle en fait.

De même, lorsqu'il reconnaît la photographie montrant une vue aérienne de Grand-Case, cet élève est le seul capable de déterminer la présence de granodiorite. Or nous savons que lors de cette sortie de terrain, les élèves ont visité la carrière de *Hope Estate* qui est située très près de Grand-Case. L'élève E3MJ a retenu également les informations qu'il a repérées sur le terrain et qui ont été travaillées.

P : pour toi ça serait quoi comme roche ? Si tu devais donner un nom aux roches, tu aurais dit quoi ?

E3MJ : un nom de roche ? euh c'est plus de la roche granitique à cet endroit-là donc sûrement granodiorite... ou... ouais ça doit être sûrement ça, je pense.

A plusieurs reprises, les élèves font référence aux notions qu'ils ont vues en classe. Devant le diagramme d'état de la péridotite en fonction de la température et de la profondeur, ils ne se sentent pas complètement à l'aise puisque ce diagramme fait appel à des notions bien précises telles que géotherme, solidus, liquidus. Ce n'est ni l'objet médiatique, ni l'interaction parent-élève ou élève-élève qui entrent en jeu mais bien l'interaction avec l'enseignant via l'objet d'enseignement et d'apprentissage.

P : et qu'est-ce que tu remarques pour le géotherme de la dorsale ?

E4SM : bah lui il dépasse un peu la limite... euh il est décroissant... bah il rentre dans la zone de fusion partielle pour après retomber dans les profondeurs d'environ 100 Km, redevenir dans la zone de solidus... mais je me rappelle avoir vu ce terme l'année dernière... mais je me rappelle plus ce que c'est que le géotherme.

De même, lors de l'analyse d'échantillons de roches à analyser, les élèves font appel à leurs souvenirs. Ils semblent même se situer de nouveau dans le contexte d'apprentissage.

E4SM : c'est l'andésite je crois, c'est le premier dans	E4SM : ah bah ça je m'en rappelle E5EJ : oui, on l'a fait... E4SM : c'est granodiorite...	E5EJ [<i>saisissant la péridotite</i>]: mais je la connais cette roche E4SM : ah le basalte...
---	---	--

les 3 petites boîtes E5EJ : ouais E4SM : qu'on a vu en TP	E5EJ : oui, oui E4SM : on voyait là les tous petits cristaux là comme le gros sel, euh... E5EJ : oui le quartz. E4SM : plagioclase, euh,... ouais voilà le quartz.	E5EJ : on a vu l'année dernière avec pleins de cristaux E4SM : euh... bah les minéraux verts, y a les olivines. On en connaît d'autres des minéraux verts ? E5EJ : jadéite
--	--	--

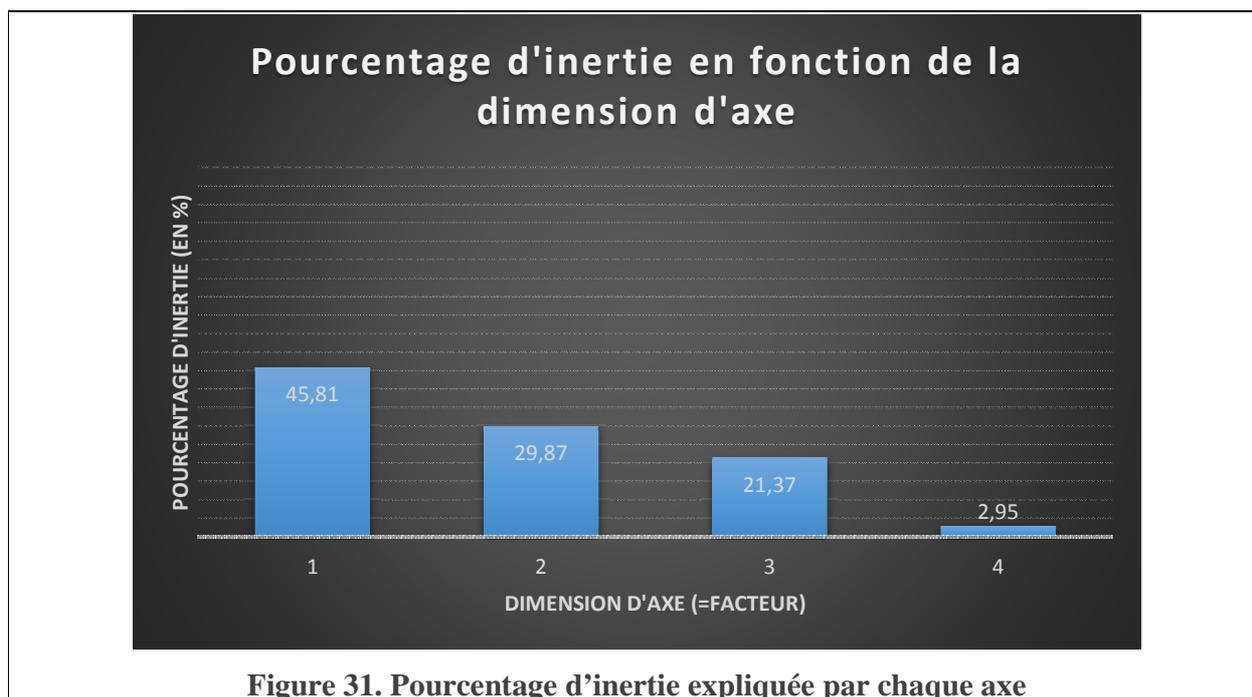
De ce fait, l'interaction entre l'élève et l'enseignant est une interaction stable. Au des références établies par les élèves au sujet des éléments qu'ils ont vus en classe ou en sortie scolaire, nous pouvons penser que l'ascendance de l'enseignant sur l'élève est robuste puisqu'il fait référence aux notions qu'il aurait vu comme faisant partie de son registre empirique construit.

6.4 Détermination des profils d'élèves relativement aux interactions avec leurs objets contextuels au sein des ino-instruments

6.4.1 Sélection de l'image la plus proche du nuage des individus originel

6.4.1.1 *Sélection des axes qui affichent le maximum de dispersion*

Le degré de dispersion est estimé par le pourcentage d'inertie. Le pourcentage d'inertie expliqué par le premier axe est de 45,81% et le pourcentage d'inertie expliqué par le deuxième axe est de 29,87%. Etant donné que le pourcentage d'inertie expliqué par le troisième axe est de quand même 21,37%, il est également intéressant de visualiser les représentations avec ce troisième axe. En revanche, le pourcentage d'inertie expliqué par le dernier axe est de 2,95% : ce qui est très faible (**figure 31**). Par conséquent, avec les trois premières dimensions, nous pouvons expliquer 97,05% de l'information qui est contenue dans notre jeu de données. Nous sélectionnerons pour l'interprétation des données les trois premiers axes.



6.4.1.2 *Estimation de la qualité de la projection des individus*
 La qualité de la représentation des individus s'évalue avec la valeur du cosinus carré (voir méthodologie de recherche : **figure 18**). Ce module est accessible sous *Statistica* (**tableau 21**).

Individus	Fact. 1	Fact. 2	Fact. 3
E1LP	0,426440	0,391897	0,001207
E2DS	0,340321	0,075400	0,571849
E3MJ	0,786333	0,193044	0,019652
E4SM	0,034755	0,062674	0,888647
E5EJ	0,291580	0,697038	0,010650
E6AT	0,695721	0,193520	0,008466
E7DL	0,599999	0,361745	0,030760
E8AS	0,356293	0,146594	0,497027

Tableau 21. Valeur du cosinus carré pour les individus étudiés concernant les trois premiers facteurs

La qualité de la projection des individus sur le plan s'obtient en sommant la valeur du cosinus carré correspondant à une première dimension et la valeur du cosinus carré correspondant à une deuxième dimension (**Tableau 22**). En effet, les axes étant orthogonaux, les qualités de projection s'additionnent. Rappelons que les individus sont bien projetés si l'angle entre O_i et OHi est très proche de 0 donc que le cosinus carré est très proche de 1 (**figure 18**).

Individus	Somme des cosinus carré pour les facteurs 1 et 2	Somme des cosinus carré pour les facteurs 1 et 3	Somme des cosinus carré pour les facteurs 2 et 3
E1LP	0,818338	0,427647	0,393104
E2DS	0,415721	0,912170	0,647249
E3MJ	0,979377	0,805985	0,212696
E4SM	0,097429	0,923402	0,949144
E5EJ	0,988619	0,30223	0,707688
E6AT	0,889241	0,704187	0,201986
E7DL	0,961744	0,630759	0,392505
E8AS	0,502887	0,853320	0,643621

Tableau 22. Somme des valeurs du cosinus carré pour tous les individus de Terminale S en fonction des trois premiers axes sélectionnés

Les élèves E3MJ, E5EJ, E7DL sont très bien projetés dans le plan correspondant aux axes 1 et 2 : les valeurs du cosinus carré sont très proches de 1. Il en est de même pour les élèves E1LP et E6AT. Un maximum d'élèves est donc bien projeté dans ce plan factoriel. En revanche, les élèves E2DS, E4SM et E8AS ont des valeurs du cosinus qui sont très éloignées de 1 et ne sont donc pas bien projetés sur ce plan. Les élèves E2DS, E4SM et E8AS sont très bien projetés sur le plan correspondant aux axes 1 et 3. L'élève E4SM est également très bien projeté sur le plan (axes 2-3). Il semble alors que les deux premiers plans : le plan correspondant aux axes 1 et 2 ainsi que le plan correspondant aux axes 1 et 3, permettent d'avoir une bonne projection des huit élèves de Terminale S. Nous considérons alors ces deux plans pour notre analyse.

6.4.2 Evaluation de la projection des variables et de leur corrélation aux axes

6.4.2.1 Corrélations des variables aux axes

L'interprétation des individus dans les plans de projection factoriels sont faits à la lumière des variables. Il s'agit de déterminer les variables qui sont liées à l'axe 1, 2 et 3 (**tableau 23**).

Variable	Fact. 1	Fact. 2	Fact. 3
Objet géologique	-0,950192	0,202470	-0,020786
Objet médiatique	-0,958091	-0,126142	0,101465
Objet croyances	0,004995	-0,798176	0,597574
Objet enseignement et apprentissage	-0,106704	-0,707723	-0,697980

Tableau 23. Calcul des corrélations entre Facteurs et variables pour notre étude

Les **variables objet géologique et objet médiatique sont très liées à l'axe 1** : la corrélation est cependant négative ($r=-0,95192$ et $r=-0,958091$). Cela signifie que les individus qui ont des faibles coordonnées pour l'axe 1, prennent des fortes valeurs pour l'objet géologique et l'objet médiatique : ils sont situés à gauche du plan factoriel. A l'inverse, les individus qui ont de fortes coordonnées pour l'axe 1, prennent de faibles valeurs pour l'objet géologique et l'objet médiatique : ils sont situés à droite du plan factoriel.

Les variables objet croyances et objet enseignement et apprentissage sont, elles, plutôt liées à l'axe 2 : la corrélation est également négative ($r=-0,798176$ et $r=-0,707723$). Cela signifie que les individus qui ont des faibles coordonnées pour l'axe 2, prennent des fortes valeurs pour l'objet croyances et l'objet enseignement et apprentissage : ils sont situés en bas du plan factoriel. A l'inverse, les individus qui ont de fortes coordonnées pour l'axe 2, prennent de faibles valeurs pour l'objet géologique et l'objet médiatique : ils sont situés en haut du plan factoriel.

Enfin, **les variables objet géologique et objet médiatique ne sont pas liées à l'axe 3** : les corrélations sont très faibles, proches de 0. En revanche, **les variables objet croyances et objet enseignement et apprentissage sont plus liées à l'axe 3** : la corrélation est négative pour l'objet d'enseignement et d'apprentissage ($r=-0,697980$) et positive pour l'objet croyances ($r=0,597574$). Cela signifie que les individus qui ont des faibles coordonnées pour l'axe 3, prennent des fortes valeurs pour l'objet d'enseignement et d'apprentissage et des faibles valeurs pour l'objet croyances. A l'inverse, les individus qui ont de fortes coordonnées pour l'axe 3, prennent de faibles valeurs pour l'objet d'enseignement et d'apprentissage et des fortes valeurs pour l'objet croyances.

6.4.2.2 Qualité de la projection des variables dans le cercle de corrélation

Variable	Avec 1 facteur	Avec 2 facteurs
Objet géologique	0,902864	0,943858
Objet médiatique	0,917939	0,933850
Objet croyances	0,000025	0,637111
Objet enseignement et apprentissage	0,011386	0,512257

Tableau 24. Valeur du cosinus carré pour les variables étudiées

Nous constatons rapidement que les variables objet géologique et objet médiatique sont très proches de leur projeté puisque les valeurs du cosinus carré sont très proches de 1 :

respectivement $\cos^2= 0,902864$ et $\cos^2=0,917939$ avec un axe puis $\cos^2=0,943858$ et $\cos^2=0,933850$ avec deux axes (**tableau 24**). Ces variables sont donc très bien projetées ; elles peuvent être donc interprétées. En revanche, les variables objet croyances et objet enseignement et apprentissage sont assez mal projetées puisque les valeurs du cosinus carré s'éloignent de 1. Elles sont très mal projetées avec un axe (axe 1) : le cosinus carré est très proche de 0. Ce qui signifie que l'angle entre la variable dans le nuage et sa projection dans le plan tend vers l'infini. De plus, avec les deux axes (axe 1 et axe 2), ces deux variables sont mieux projetées : $\cos^2=0,637111$ et $\cos^2=0,512257$ (**tableau 24**). Les deux variables objet croyances et objet enseignement apprentissage ne peuvent pas être interprétées avec autant de certitude car elles ne sont pas bien projetées sur le plan factoriel.

6.4.3 Définition des groupes à partir des trois plans factoriels

6.4.3.1 Une première analyse : le premier plan factoriel selon les axes 1 et 2

Nous considérons dans un premier temps le plan factoriel correspondant à l'axe 1 et à l'axe 2 puisque ce plan projette bien cinq individus dans le plan : c'est donc le plan le plus approchant du nuage de points originel. Au vu des coordonnées factorielles (**tableau 25**), les élèves E3MJ, E4SM, E5EJ et E7DL ont des coordonnées négatives par rapport à l'axe 1 : ils ont donc des fortes valeurs relatives pour les objets médiatique et géologique. En revanche, les élèves E1LP, E2DS, E6AT et E8AS ont des coordonnées positives par rapport à l'axe 1 : ils ont donc des faibles valeurs relatives pour les objets médiatique et géologique. Les élèves E2DS, E4SM, E5EJ et E8AS ont des coordonnées négatives par rapport à l'axe 2 : ils ont donc des fortes valeurs relatives pour les objets d'enseignement et d'apprentissage et croyances. Les élèves E1LP, E3MJ, E6AT et E7DL ont des coordonnées positives par rapport à l'axe 2 : ils ont donc des faibles valeurs relatives pour les objets d'enseignement et d'apprentissage et croyances

Individus	Fact. 1	Fact. 2
E1LP	1,04316	1,00002
E2DS	1,01380	-0,47719
E3MJ	-1,99204	0,98701
E4SM	-0,25111	-0,33721
E5EJ	-1,28595	-1,98826
E6AT	1,36677	0,72085
E7DL	-1,20250	0,93371
E8AS	1,30786	-0,83891

Tableau 25. Coordonnées factorielles des individus dans le plan factoriel correspondant aux deux premiers axes

Par conséquent, nous pouvons distinguer quatre groupes (**figure 32**).

- le **groupe des élèves E3DL et E7SM** qui est caractérisé par une forte valeur relative d'objet géologique et d'objet médiatique relative et une faible valeur relative d'objet croyances et d'objet enseignement et apprentissage. C'est un groupe fiable puisqu'ils sont bien projetés sur ce plan (**tableau 22**) ;
- le **groupe des élèves E1LP et E6AT** qui est défini par une faible valeur relative d'objet géologique et d'objet médiatique et une faible valeur relative d'objet croyances et d'objet enseignement et apprentissage relative. C'est un groupe fiable puisqu'ils sont bien projetés sur ce plan (**tableau 22**) ;
- le **groupe des élèves E4SM et E5EJ** est caractérisé par une forte valeur relative d'objet géologique et d'objet médiatique et une forte valeur relative d'objet croyances et d'objet enseignement et apprentissage. Cependant, pour ce groupe, une première incohérence est soulignée : l'élève E4SM ne possède pas une forte valeur relative pour l'objet croyances contrairement à l'élève E5EJ. De plus, l'élève E4SM est positionné avec une coordonnée très peu négative par rapport à l'axe 2. Ce constat indiquerait qu'elle a des valeurs relativement faibles pour l'objet croyances mais aussi l'objet d'enseignement et d'apprentissage : ce qui n'est pas le cas. L'élève E4SM est mal projeté (**tableau 22**). En revanche E5EJ est très bien projeté : forte valeur relative pour les quatre objets (géologique, médiatique, croyances et enseignement/apprentissage) ;
- le **groupe des élèves E2DS et E8AS** est caractérisé par une faible valeur relative d'objet géologique et d'objet médiatique et une forte valeur relative d'objet croyances et d'objet enseignement et apprentissage. Au vu des coordonnées de ces élèves pour les deux axes, ces élèves sont très proches. Or, l'élève E2DS ne possède pas une forte valeur relative pour l'objet croyances au contraire de l'élève E8AS. De même, l'élève E8AS ne possède pas une forte valeur relative pour l'objet enseignement et apprentissage à l'inverse de l'élève E2DS. Ces élèves n'ont pas le même profil. Ils ne peuvent pas être proches sur le plan factoriel. Ces élèves sont donc également mal projetés (**tableau 22**). Le jeu de données n'est donc pas bien interprétable.

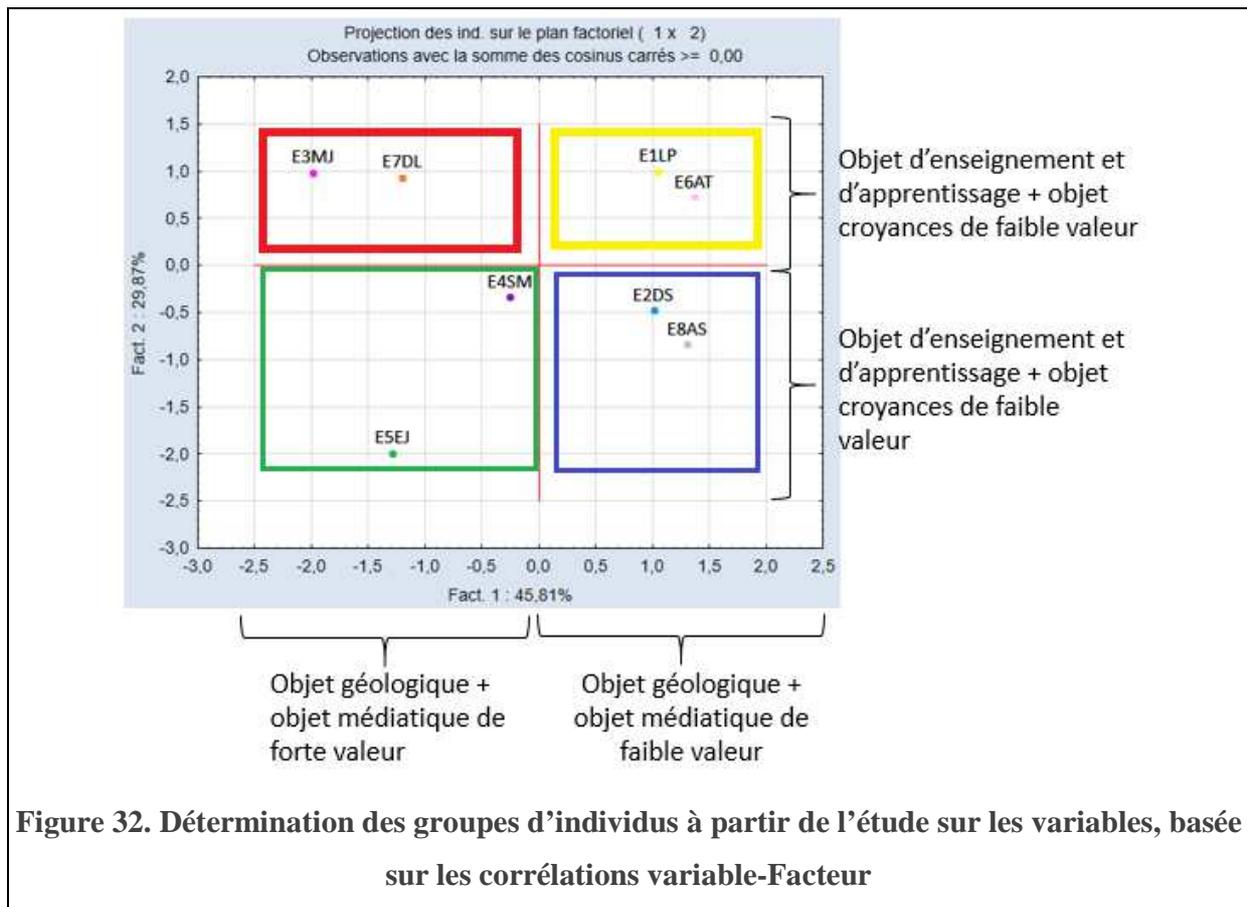


Figure 32. Détermination des groupes d'individus à partir de l'étude sur les variables, basée sur les corrélations variable-Facteur

Il faut donc désormais considérer le deuxième plan (1x3) qui projette bien les individus E2DS, E4SM et E8AS de telle façon à interpréter correctement les données.

6.4.3.2 Une deuxième analyse : le deuxième plan factoriel selon les axes 1 et 3

L'élève E4SM possède de très faibles coordonnées pour l'axe 1 et l'axe 3 : il présente donc une forte valeur d'objet enseignement et apprentissage et une faible valeur pour l'objet croyances. L'élève E4SM fait toujours partie du groupe des élèves qui ont une forte valeur relative pour les objets géologique et médiatique. Par conséquent, cet élève n'est pas si éloigné de l'élève E5EJ dans l'espace du nuage de points. L'existence de ce groupe peut se justifier alors. De même, l'élève E2DS possède de très faibles coordonnées pour l'axe 3 mais est situé à droite de l'axe 1. L'élève E2DS fait donc toujours partie du groupe des élèves qui ont une faible valeur relative pour les objets géologique et médiatique. Seulement, au vu de l'axe 3, il possède une forte valeur pour l'objet d'enseignement et d'apprentissage et une faible valeur pour l'objet croyances. Enfin, l'élève E8AS possède de très fortes coordonnées pour l'axe 3 et est situé à droite de l'axe 1. L'élève E8AS fait aussi toujours partie du groupe des élèves qui ont une faible

valeur relative pour les objets géologique et médiatique, mais, au vu de l'axe 3, il possède une faible valeur pour l'objet d'enseignement et d'apprentissage et une forte valeur pour l'objet croyances. Le groupe des élèves E2DS-E8AS identifié sur le premier plan ne se justifie donc plus, puisque ces élèves, bien projetés sur le plan 1×3, se trouvent très éloignés par l'axe 3 (figure 33).

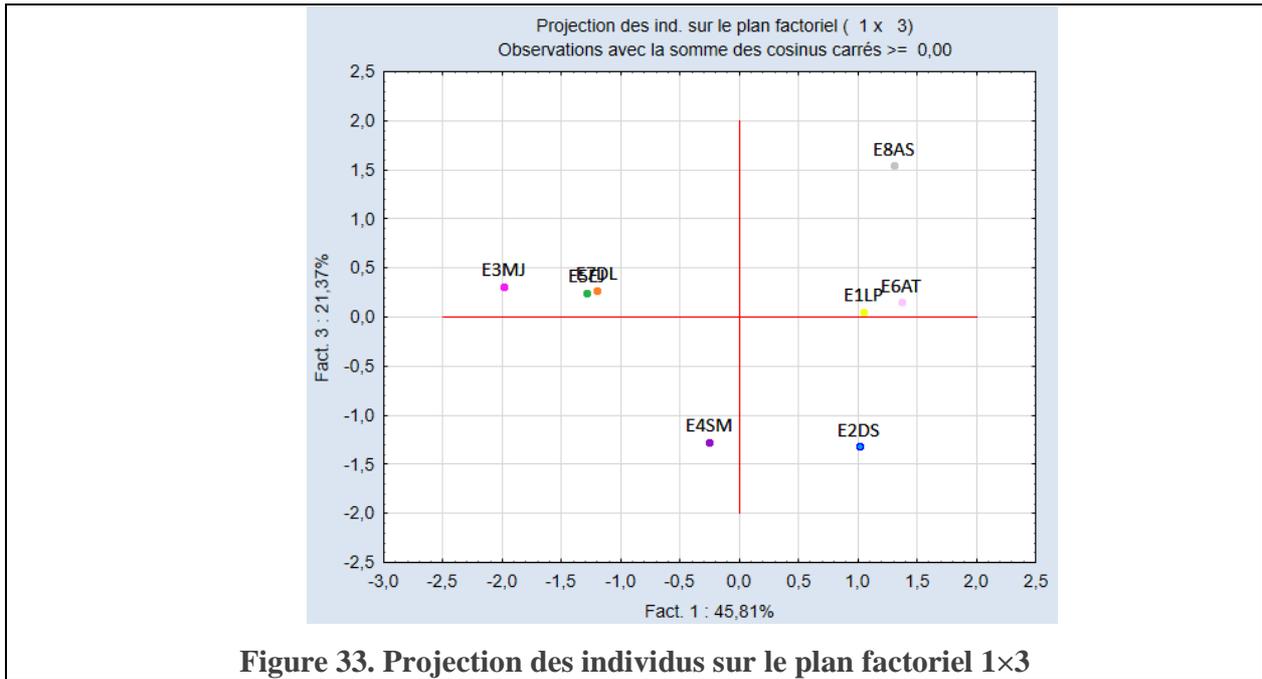


Figure 33. Projection des individus sur le plan factoriel 1×3

Enfin, la projection des individus suivant les trois axes : axe 1, axe 2 et axe 3 donne alors la représentation en trois dimensions suivante (figure 34) :

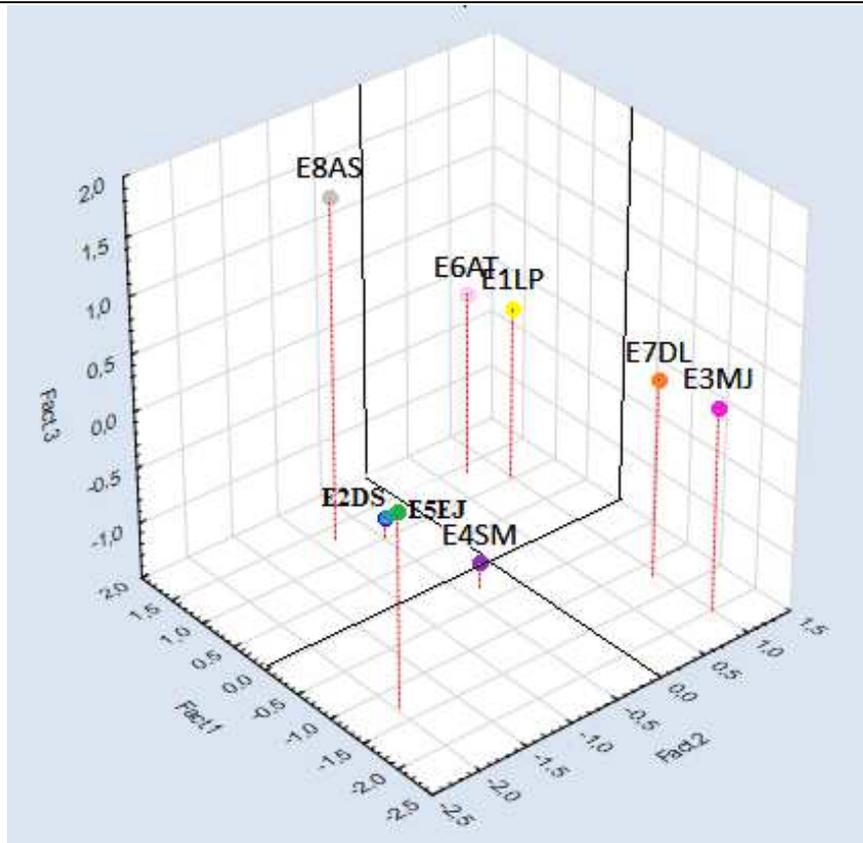


Figure 34. Projection des individus sur l'espace vectoriel à trois dimensions et suivant leurs coordonnées relatives (Fact.1, Fact.2 et Fact.3)

L'analyse de cette projection met en évidence des cas particuliers. En effet, sur huit élèves interrogés, cinq « groupes » d'élèves sont représentés dans l'espace. Les élèves E2DS et E8AS ne sont plus regroupés : ils s'individualisent. Seuls les groupes E3MJ et E7DL ainsi que E1LP et E6AT demeurent dans ce nouvel espace. Ce sont ceux qui étaient bien projetés dès l'observation du plan factoriel sélectionné. Nous pouvons cependant aussi considérer que les élèves E4SM et E5EJ se rassemblent puisque l'élève E5EJ présente au même titre que l'élève E4SM une vision cartésienne sur l'origine du magma dans les zones de subduction et que les histoires locales qu'il connaît n'influencent pas sa vision rationnelle.

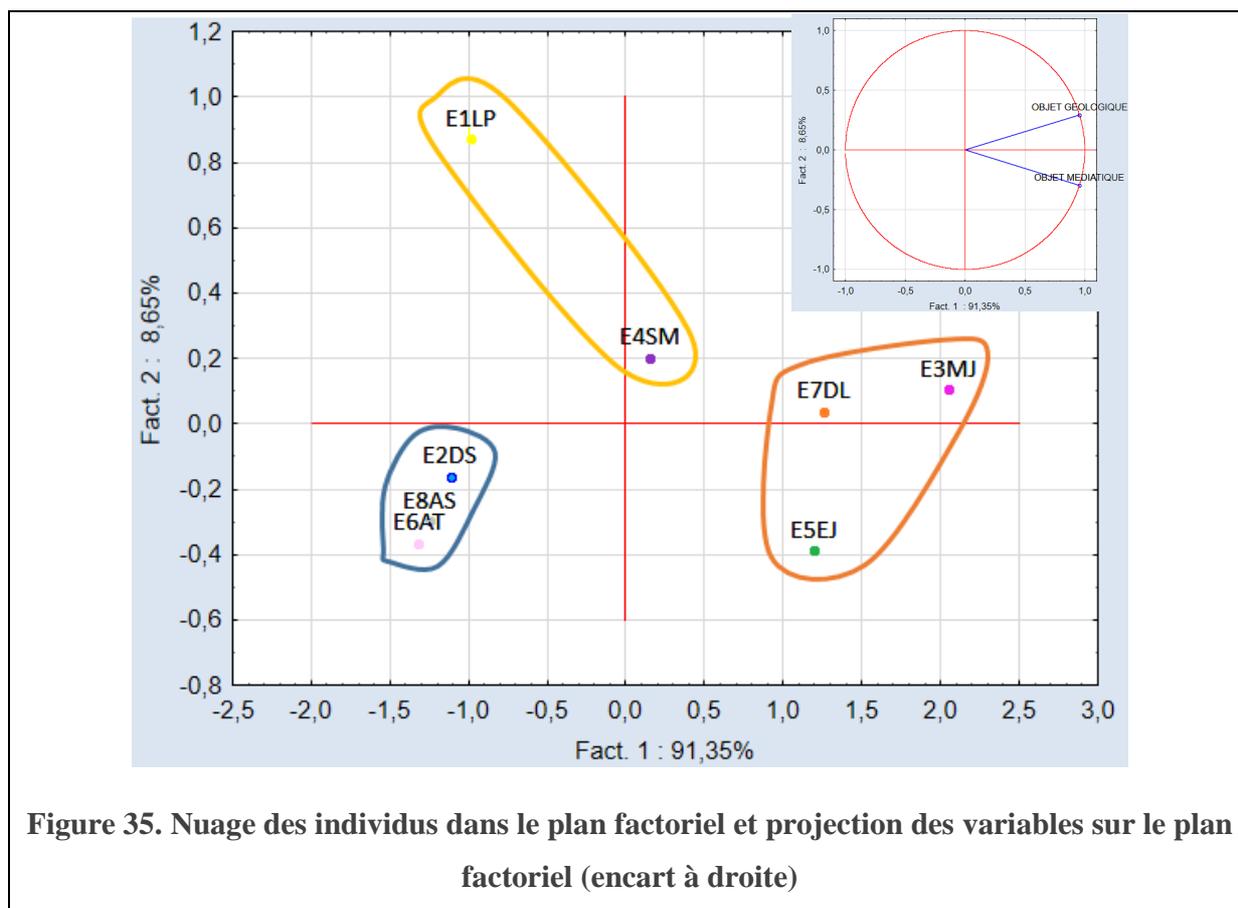
De plus, le pourcentage d'inertie pour le premier plan factoriel sélectionné est de 76,68%. Or, d'après le tableau de référence (méthodologie de recherche : **tableau 18**), avec huit individus et quatre variables, une valeur de 88,1 s'affiche. Nous rappelons que cette valeur nous indique que, après avoir fait dix mille analyses en composante principale avec huit individus et quatre

variables indépendantes et après avoir calculé le pourcentage d'inertie pour le premier plan de chacune des 10 000 analyses en composante principale (ACP), 95% des premiers plans factoriels ont un pourcentage d'inertie inférieur à 88,1. Par conséquent, si nous réalisons une ACP avec huit individus et quatre variables et, que le pourcentage d'inertie sur le premier plan factoriel est inférieur à 88,1, cela implique que le plan factoriel obtenu n'explique pas plus que ce que nous aurions eu avec des variables indépendantes. Le résumé des données n'est pas très synthétique.

Par ailleurs, les variables objet d'enseignement et d'apprentissage et objet croyances ne sont pas bien projetés dans le cercle de corrélation (**tableau 24**). Ces variables objet d'enseignement et d'apprentissage ainsi que objet croyances sont très faiblement corrélés à la variable objet géologique : la relation est très faible (**tableau 20**). Par conséquent, les interactions entre l'objet d'enseignement et d'apprentissage et l'élève ainsi qu'entre l'objet croyances et l'élève ne sont pas des interactions robustes, l'objet géologique représentant l'expression de ses connaissances initiales. De cette façon, en regard des objets contextuels, les profils d'élèves peuvent être construits sur la base des interactions stables : à savoir l'interaction entre l'objet médiatique et l'objet géologique. Ces deux variables sont effectivement très fortement corrélées, bien projetées dans le plan factoriel et possèdent le maximum de variance. De cette façon, nous sommes assurés que le nuage des points des individus représentés dans le plan factoriel est une bonne transcription du jeu de données. Les distances entre individus sont bien évaluées et nous évaluons donc correctement les relations de proximité entre ces individus au regard des variables considérées.

6.4.3.3 *Une troisième analyse : établissement des profils à partir de l'objet médiatique et l'objet géologique*

De ce plan factoriel (**figure 35**), nous pouvons mettre en évidence trois profils d'élèves au regard de ces variables. Les élèves situés très à droite du plan, car ayant de fortes coordonnées pour l'axe 1, ont des valeurs relatives élevées pour les objets géologique et médiatique. À l'inverse, les élèves situés à gauche du plan et, qui ont de très faibles coordonnées pour l'axe 1, ont de faibles valeurs pour les objets géologique et médiatique.



De ce fait, les élèves E2DS, E6AT et E8AS ont des faibles coordonnées sur l'axe 1 : ils ont donc de faibles valeurs pour l'objet médiatique et pour l'objet géologique. Ils interagissent faiblement avec l'objet médiatique et avec l'objet géologique. Comme ces deux variables sont corrélées, c'est qu'elles sont en relation. Ces élèves appartiennent à un groupe qui ont un objet médiatique de faible ampleur et que cette faible ampleur influence la faible ampleur conséquente de l'objet géologique.

Les élèves E3MJ, E5EJ et E7DL ont des fortes coordonnées sur l'axe 1 : ils ont donc de fortes valeurs pour l'objet médiatique et pour l'objet géologique. Ces élèves appartiennent à un groupe qui a un objet médiatique de forte ampleur et que cette forte ampleur influence la forte ampleur conséquente de l'objet géologique. L'élève E5EJ présente une coordonnée moyennement négative pour l'axe 2. Cela confirme donc sa relative forte valeur pour l'objet médiatique mais cela indique aussi que cette valeur est très élevée au regard de la valeur prise par son objet géologique. L'axe 2 montre donc les écarts significatifs entre les 2 variables. Nous

aurions pu penser alors qu’au vu de la valeur prise par son objet médiatique, la valeur de l’objet géologique aurait dû être plus élevée.

Les élèves E1LP et E4SM ont des coordonnées moyennes à faibles sur l’axe 1 : ils ont donc des valeurs moyennes pour l’objet géologique et pour l’objet médiatique. En réalité, si nous considérons l’axe 2, l’élève E1LP présente des coordonnées positives sur cet axe. Ceci indique, qu’au regard de la valeur prise par son objet médiatique, elle présente une valeur pour son objet géologique forte. Ainsi, l’élève E1LP ne peut être situé dans le premier groupe (E2DS, E6AT et E8AS). Il ne peut pas être situé dans le groupe E3MJ-E5EJ-E7DL puisque son objet géologique prend une valeur moyenne, qui se rapproche de celle de l’élève E4SM. De plus, l’élève E1LP est la seule élève qui ne consulte pas de films de Science-fiction : ce qui fait abaisser la valeur de son objet médiatique. Par conséquent, si nous décidons d’enlever le critère « ressources Science-fiction » parce qu’il ne fait pas distinguer les élèves plus que cela, la valeur de l’objet médiatique de l’élève E1LP se rapproche de celle de E4SM. Nous considérons alors que les élèves E1LP et E4SM se rassemblent : la moyenne valeur prise par l’objet médiatique a une incidence sur la moyenne valeur prise par l’objet géologique.

L’analyse en composante principale (ACP) met en évidence trois profils d’élèves qui sont distinguables par l’intensité de la relation entre les objets médiatique et géologique (**tableau 26**).

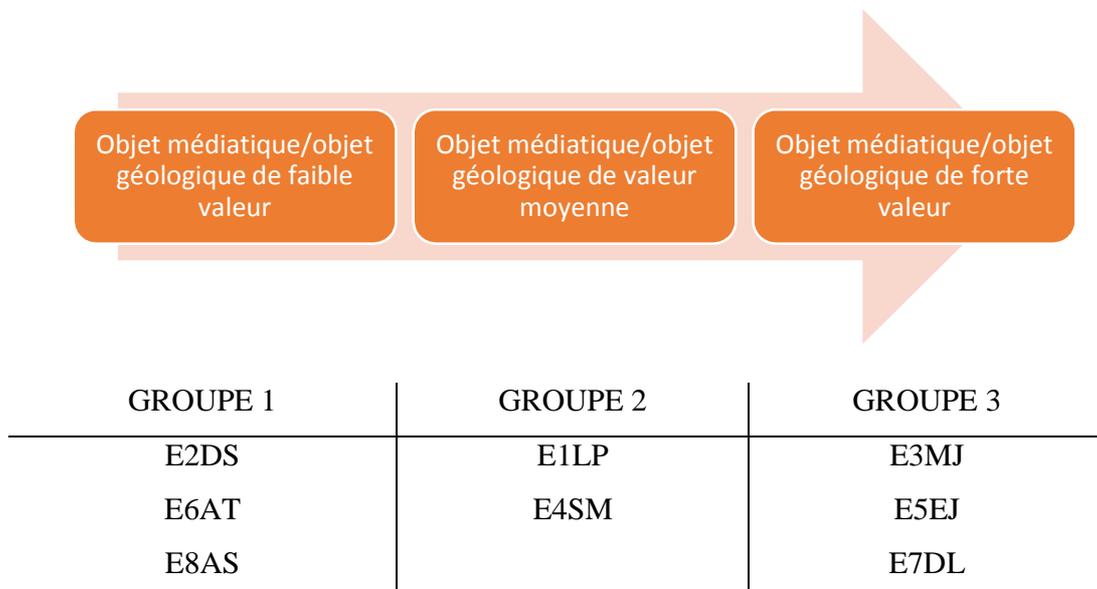


Tableau 26. Les trois profils d’élèves établis en regard de l’analyse en composante principale (ACP)

7 Discussion des résultats

7.1 Confirmation d'une interaction d'intensité forte entre l'objet médiatique et l'élève

Lorsque les élèves explicitent leur idées et construisent un modèle pour répondre au problème explicatif *comment s'est formée l'île de la Guadeloupe ?*, ces derniers invoquent des éléments empiriques (contraintes empiriques) qui semblent partagés par tous les élèves interrogés. Ces éléments appartiennent au registre empirique car ils relèvent plus ou moins directement d'un constat. Nous rappelons que l'espace de contraintes établi à partir de l'étude des résultats obtenus à l'issue de la question : *comment s'est formée l'île de la Guadeloupe ?* est résumé à la **figure 36**.

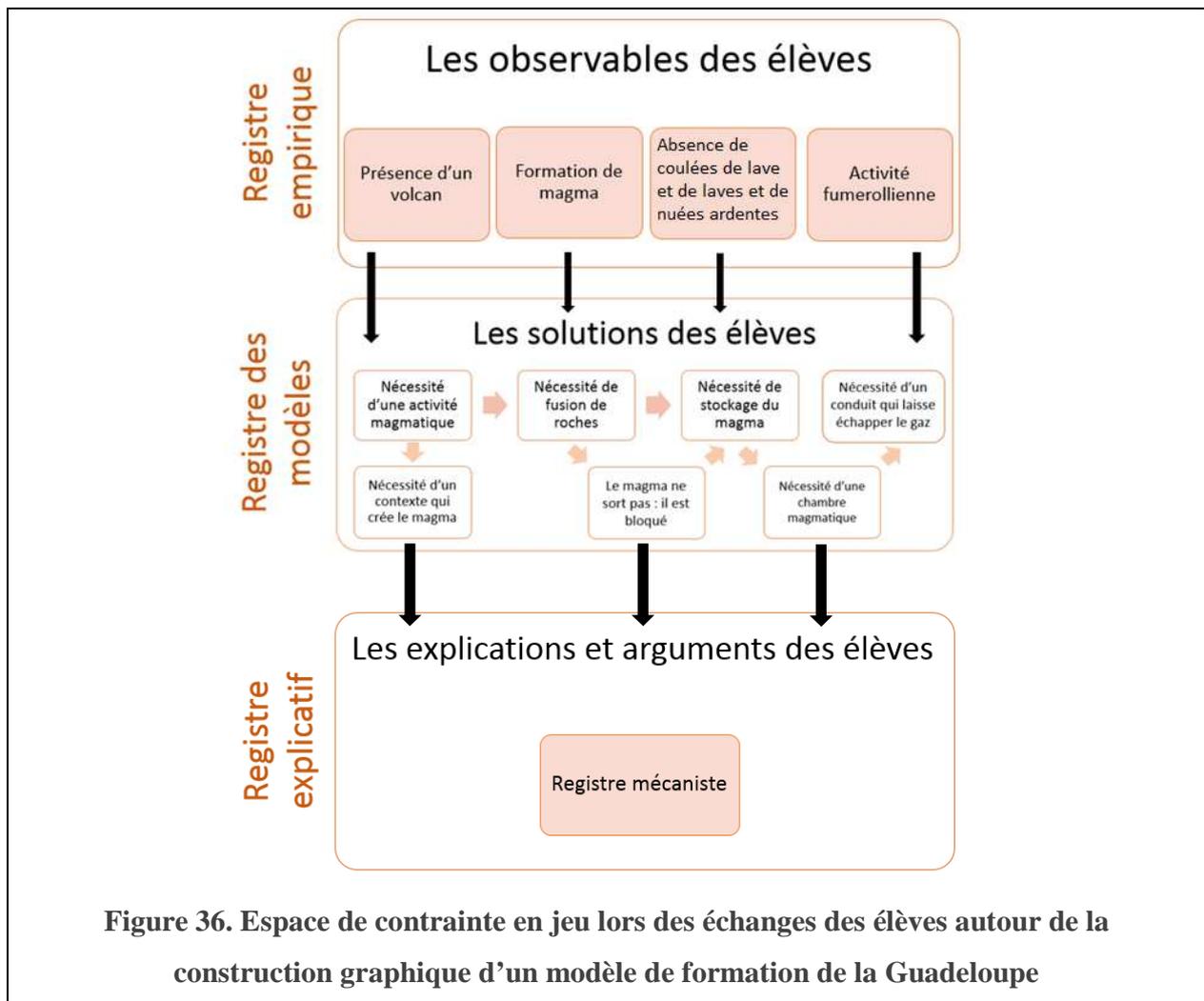


Figure 36. Espace de contrainte en jeu lors des échanges des élèves autour de la construction graphique d'un modèle de formation de la Guadeloupe

7.1.1 L'objet médiatique, un référent pour construire un registre empirique et valider les observables

Les contraintes empiriques ainsi que les nécessités pour que le modèle fonctionne contribuent donc fortement à la construction de ce dernier. Or, nous avons constaté auparavant l'existence d'un lien fort entre l'objet géologique (les connaissances associées au thème magmatisme des zones de subduction) et l'objet médiatique. De plus, les constats établis par les élèves dans le cadre de la construction de leur registre empirique sont, pour beaucoup, indirects. Par conséquent, **l'objet médiatique peut devenir un référent pour caractériser les contraintes empiriques de départ qui vont servir à construire le modèle (les solutions)**. Ainsi, le référent médiatique devient une nouvelle contrainte inscrite dans l'espace de contraintes. Nous pouvons alors définir des contraintes médiatiques qui vont également déterminer l'espace de contraintes nécessaire à l'établissement du modèle. Dans ce cas, l'objet médiatique contribue à la reconnaissance et à la définition de l'objet géologique par l'élève.

Par exemple, l'élève E3MJ a circonscrit ses conceptions autour de l'éruption effusive à travers la visualisation d'une vidéo sur une éruption volcanique à Hawaï (**figure 37**).

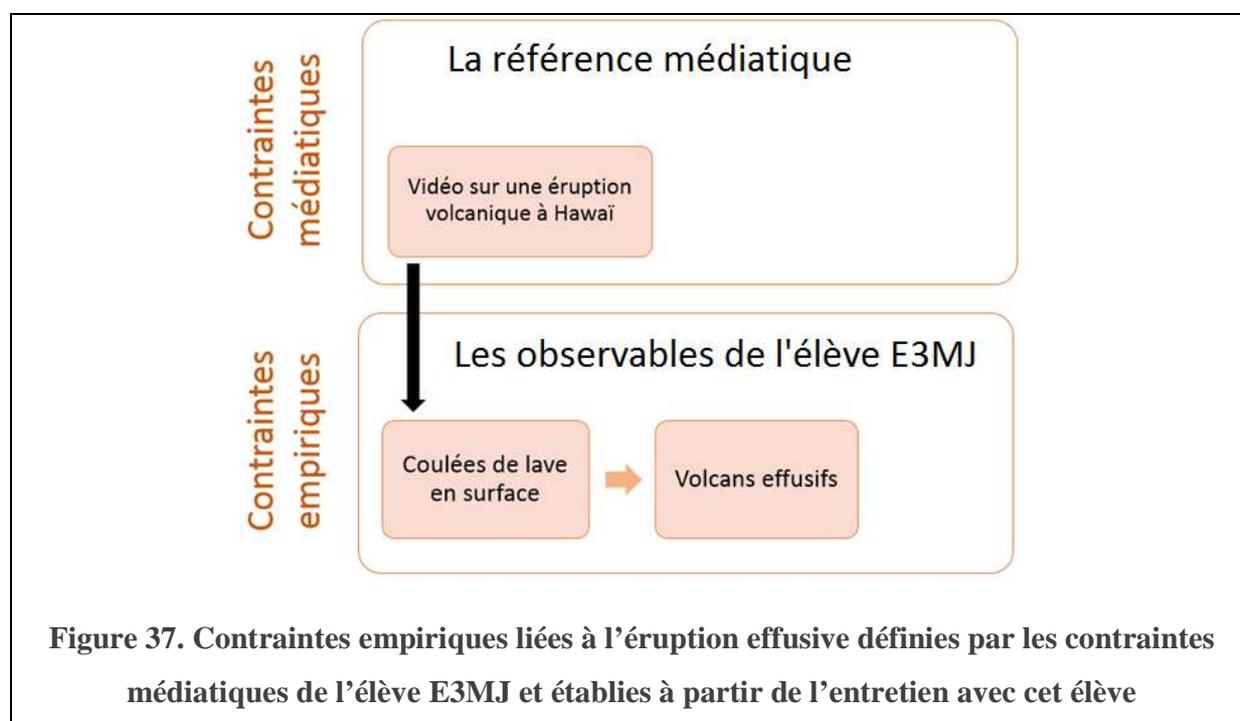


Figure 37. Contraintes empiriques liées à l'éruption effusive définies par les contraintes médiatiques de l'élève E3MJ et établies à partir de l'entretien avec cet élève

Cette vidéo constitue le point de départ de la définition des contraintes empiriques qui vont lui servir à construire sa propre vision. En conséquence, cela contribue à enrichir le

répertoire de son objet géologique : il est capable d'expliquer et reconnaître une éruption effusive.

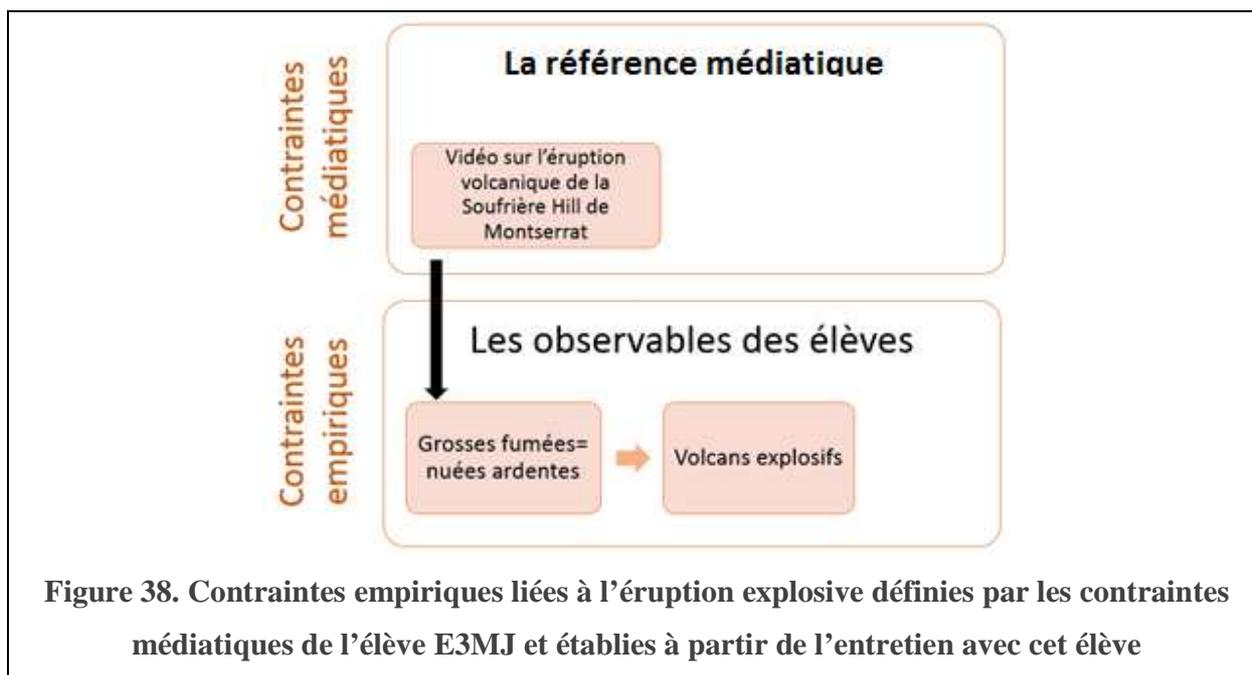
P. [*Enseignant montrant une séquence filmée de l'éruption du Piton de la Fournaise à la Réunion datant du 21 juin 2014*]

E3MJ : bah ça doit être un volcan effusif, parce qu'on voit la lave en surface, on a la coulée de lave justement... c'est un volcan effusif.

P : alors où ça pourrait être ce genre de choses ?

E3MJ : dans l'archipel hawaïen. J'ai déjà vu une vidéo. Y a pas de faille en fait c'est vraiment la remontée magmatique qui a produit les îles... donc après les volcans effusifs, y en a pas qu'à Hawaï...

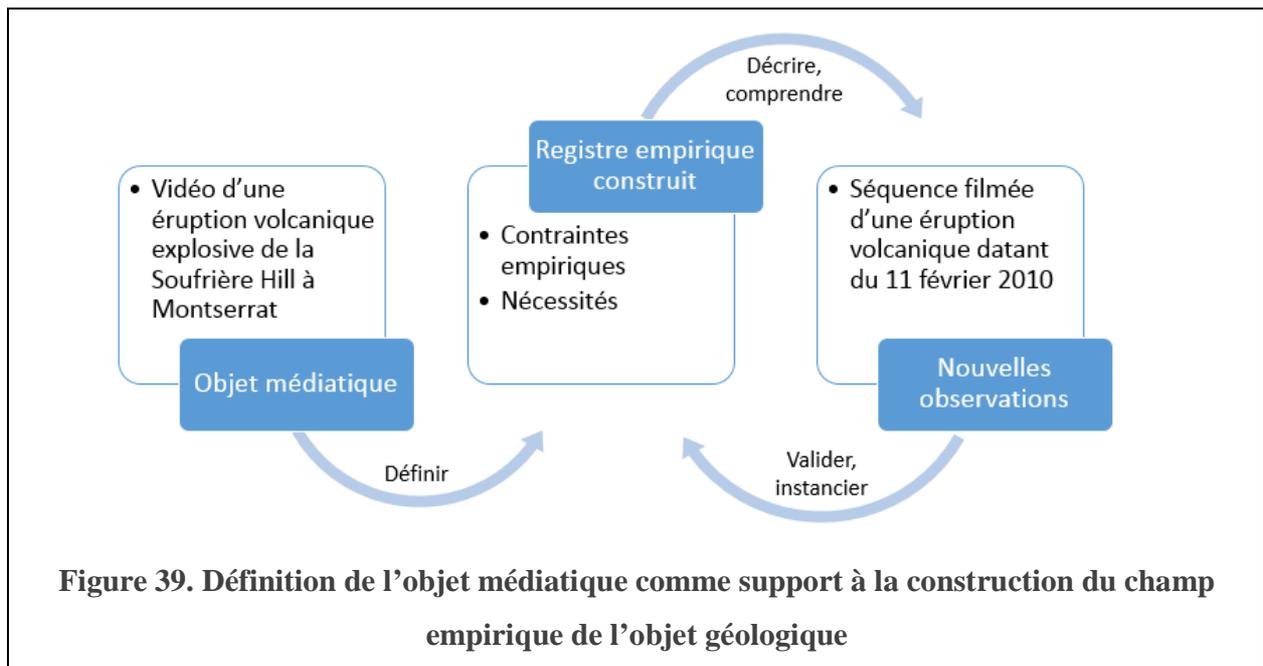
Le référent médiatique aide à construire un registre empirique mais il aide également l'élève à valider ses observables. En effet, l'élève E3MJ confronte ses nouvelles observations aux contraintes empiriques qu'il avait construites auparavant puis les valide. En validant le registre empirique déjà construit auparavant, l'élève assoit ses connaissances initiales et enrichit donc la valeur de son objet géologique (**figure 38**). Dans cet exemple similaire au précédent, l'élève E3MJ confronte le champ des contraintes empiriques qu'il avait construit au sujet de l'éruption explosive de la Soufrière Hill à Montserrat aux observations menées lors du visionnage d'une vidéo montrant l'éruption de ce même volcan datant du 11 février 2010. Nous remarquons alors qu'il reconnaît la vidéo déjà observée auparavant et identifie très facilement le lieu de l'éruption explosive de Montserrat.



Seulement, il est probable que face à une observation du même type complètement inconnue, l'élève E3MJ ne puisse valider que les observables : à savoir caractériser les éléments types d'une éruption explosive. En effet, les élèves E4SM et E5EJ sont capables de caractériser rapidement les éléments types d'une éruption explosive sans pour autant identifier le lieu où cela s'est produit.

<p>P : et là est-ce que tu reconnais ?</p> <p>E4SM : euh non... ça a l'air d'être un paysage sec avec un volcan de nature explosif car on voit bien le nuage de cendres, euh, c'est peut-être l'Afrique mais je sais pas si y a encore des volcans actifs là bas.</p>	<p>P : et là ?</p> <p>E5EJ : c'est blanc... non... c'est la neige ou du sable ou de la terre blanche... Je sais pas ce que c'est... c'est un volcan explosif... parce-que y a de la fumée qui sort... euh... après c'est pleins de petites montagnes et là c'est la végétation verte et là c'est sec... parce-que c'est chaud je pense.</p>	<p>P : Je te montre une vidéo...</p> <p>E3MJ : bon ça on l'a vu en cours... c'est le volcan de Montserrat... une éruption du volcan de Montserrat.</p> <p>P : qui est de quel type?</p> <p>E3MJ : explosif pour moi... ouais parce-que vraiment on a des grosses fumées... on avait vu d'ailleurs sur la vidéo les nuées ardentes... bon vraiment pour moi c'est des volcans explosifs</p>
---	---	--

Ce qui nous amène à dire que, face à une situation inconnue, ce sont les éléments observables qui vont se heurter au registre empirique construit auparavant. Ce dernier va permettre de mieux comprendre ou décrire les nouvelles observations qui vont le valider ou l’instancier à leur tour (figure 39). En revanche, ce processus ne permet pas de retourner aux sources qui ont contribuées à construire ce champ empirique de façon certaine.

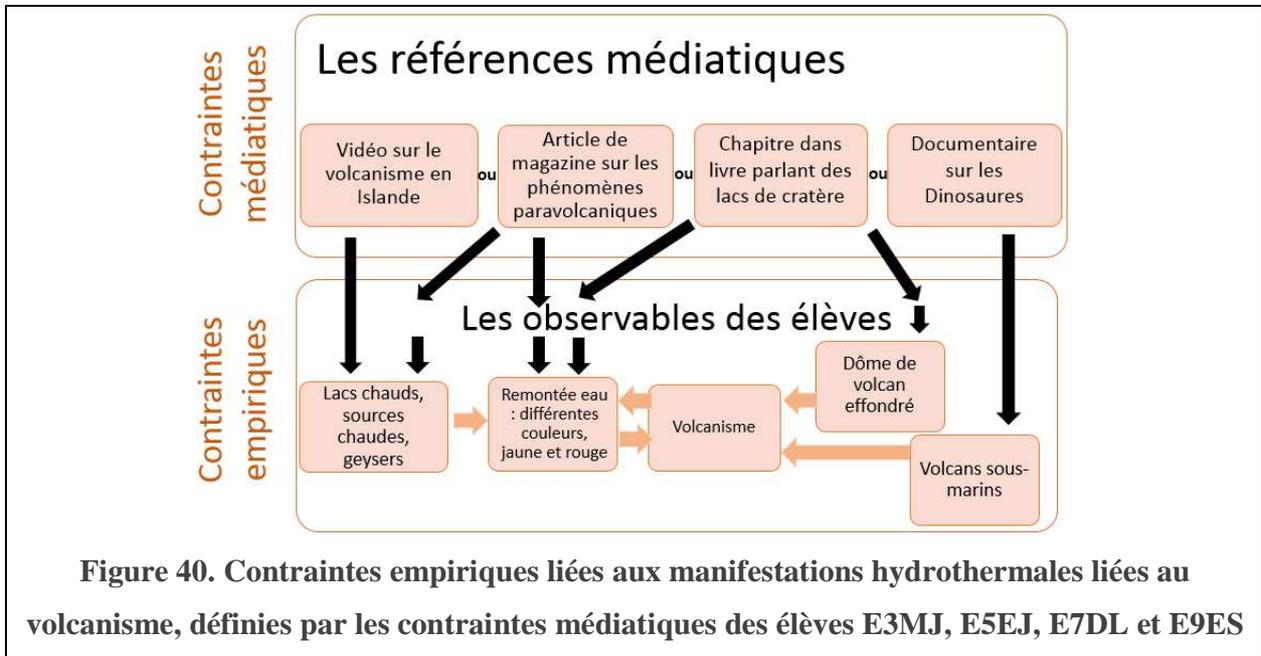


7.1.2 L’objet médiatique : un référent spécifique à chacun pour modeler une structure profonde commune

Il est alors intéressant de constater que l’expérience médiatique de chaque élève peut aboutir à la construction d’un registre empirique qui peut être similaire, voire complémentaire. Par exemple, l’élève E3MJ a visionné une vidéo sur le volcanisme en Islande, l’élève E5EJ a lu un article sur les phénomènes paravolcaniques dans un magazine, l’élève E7DL a vu un documentaire sur les dinosaures en Amérique du Nord et l’élève E9ES a lu un chapitre sur les lacs de cratère dans un livre.

Confrontés à l’image du *Grand Prismatic Spring* dans le parc national de Yellowstone, ces élèves retirent pourtant de leurs observations les mêmes types d’information (figure 40). Dans les différents échanges retranscrits ci-après, sont mis en bleu les éléments faisant référence à l’eau, en rouge les éléments évoquant l’origine volcanique et/ou hydrothermal, en vert les éléments décrivant la végétation et en orange les hypothèses quant à la localisation de la structure

géologique observée (page 118). Ils ne reconnaissent certes pas l'endroit précisément mais sont amenés à tirer les mêmes conclusions à partir d'un registre empirique construit relativement similaires.



En revanche, quand aucune référence médiatique n'a permis la construction d'un champ empirique initiale, les interprétations effectuées suites aux observations du *Grand Prismatic Spring* deviennent difficiles à mener. Les élèves éprouvent des difficultés à expliquer ce qu'ils observent : ce qui contraint fortement l'ampleur de la connaissance de l'objet géologique. L'élève E2DS considère les tapis de cyanobactéries hyperthermophiles comme des coulées de lave. L'élève E6AT va par exemple mettre du temps à répondre, finit par évoquer l'idée de pollution et termine son propos par un silence. L'élève E4SM parle de lac artificiel et avoue finalement qu'il ne sait pas. Le résultat est qu'aucun élément dans leur réponse n'est valorisé dans le sens d'une meilleure connaissance de l'objet géologique.

E2DS : Après là on peut voir qu'il y a de la lave... et donc en dessous y a subduction. Et donc c'est forcément un volcan

E4SM : euh... y a des sapins, euh... on dirait un lac artificiel, je sais pas... le sol a l'air cassant

E6AT : euh... il y a des arbres en arrière-plan... y a des sapins... on dirait de la pollution... y a de la fumée...

E3MJ : alors là... bon déjà à voir la végétation, on est dans une zone nordique... enfin nordique, pas tropical quoi... parce-que on va avoir des sapins, des cyprès et tous ces trucs-là... euh donc là ça doit être une remontée de...de... peut-être pas de gaz mais de... comment ça s'appelle de sources chaudes, peut-être euh comme des geysers... parce qu'on a des différentes couleurs, on a quand même de la vapeur ici à cet endroit... donc c'est possible que ce soit une zone de geysers en fait... hydrothermie.

P : où ça alors ?

M : bah euh y en a beaucoup en Islande en fait... donc euh je dirais c'est possible que ce soit en Islande ou en Amérique du Nord

P : Et là est-ce que tu reconnais cet endroit ?

E5EJ : y a des Pins, des Sapins... ça doit être chaud...

bah là y a de la fumée qui sort et j'avais vu sur un magazine des trucs comme ça, c'est... normalement c'est des lacs chauds... y a du volcanisme pas très loin... y a les montagnes et un tout petit peu en bas y a des sortes de lac...

P : et là ?

E9ES : c'est un dôme écrasé et l'eau est remontée à la surface... euh y a du Fer, du Soufre.

P : à quoi tu vois ça ?

E9ES : c'est rouge/orange et jaune. C'est des volcans éteints... j'ai vu ça dans un livre...

P : et là ?

E7DL : je dirai volcan sous-marin mais je suis pas sûr parce-que y a de la fumée qui s'échappe et y a de l'eau. C'est dans les forêts mais je dirais que c'est plus en Californie ou... je sais pas... j'avais vu un truc sur les dinosaures où y avait le même type de reliefs. C'est l'Amérique en tout cas.

7.1.3 L'objet médiatique : une référence nécessaire mais non suffisante

L'impact de l'objet médiatique sur l'objet géologique est par ailleurs à nuancer. En effet, dans le cas suivant, les élèves E9ES et E7DL reconnaissent l'image présentée du Mont Fuji mais ne peuvent aller au-delà dans l'explication (**figure 41**). Par conséquent, leur registre empirique construit reste peu fourni. Ils auront alors des difficultés à exprimer des solutions d'interprétation du relief qu'ils observent.

Image du Mont Fuji (internet, télévision, magazine)

P : et là est-ce que tu reconnais ? E9ES : c'est le Mont Fuji. Il est enneigé et il surplombe un lac. J'ai vu la photo sur internet. Quand je sais pas ce qu'il y a sur la photo, je demande et on me dit.	P : et là est-ce que tu reconnais cette photo ? E7DL : oui on la voit souvent soit à la télé ou dans des magazines... enfin le truc blanc dessus c'est de la neige et euh... y a la même chose au Kilimandjaro je pense. C'est un relief volcanique en tout cas. Enfin non... en tout cas c'est montagneux, volcanique ou pas... j'ai aucun indice.
---	--

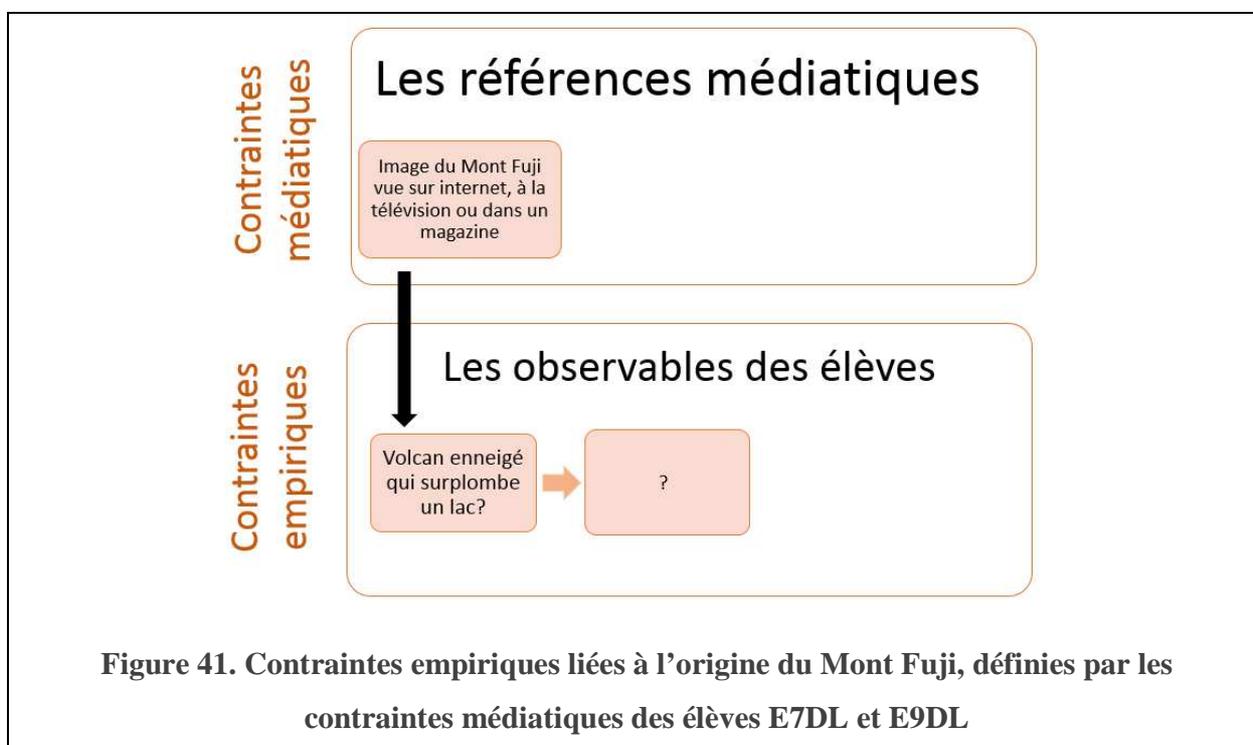


Figure 41. Contraintes empiriques liées à l'origine du Mont Fuji, définies par les contraintes médiatiques des élèves E7DL et E9DL

7.2 L'interaction entre l'élève et un nouvel objet, l'objet terrain : une interaction faible à considérer

7.2.1 L'exemple de la Soufrière de Guadeloupe

L'impact de l'objet médiatique sur l'élaboration du registre empirique présente donc des limites et a des conséquences sur la connaissance de l'objet géologique lui-même. Par conséquent, la considération de l'objet médiatique seule n'apparaît pas suffisamment. Un autre élément fondamentale doit être pris en compte. En effet, les élèves E2DS et E6AT sont capables de reconnaître une photographie prise au sommet de la Soufrière de Guadeloupe (fumerolle) mais ne sont pas capables d'identifier une photographie du dôme de la Soufrière. Par ailleurs, l'élève E2DS ne sait pas situer le volcan en Guadeloupe. Ces éléments prouvent alors que ces deux élèves ne sont jamais allés à la Soufrière de Guadeloupe. Ils ont puisé leurs connaissances dans leur objet médiatique : ils ont retenu une seule image numérique vue en classe. Certes la connaissance de leur objet géologique a été enrichie : les fumerolles indiquent la présence d'un volcan en Guadeloupe. Seulement, ils sont incapables d'aller plus loin dans la connaissance de l'objet géologique.

Image numérique : fumerolles au sommet de la Soufrière de Guadeloupe

<p>P [montrant une photographie du dôme de la Soufrière] : Et là est-ce que tu reconnais ?</p>	<p>P [montrant une photographie du dôme de la Soufrière] : et là est-ce que tu reconnais cette photo ?</p>	<p>P [montrant une photographie du dôme de la Soufrière]: et là alors est-ce que tu reconnais ?</p>
<p>E2DS : Non</p>	<p>E6AT : Non. C'est peut-être</p>	<p>E7DL : non. C'est pas à Saint-</p>
<p>P [montrant une photographie d'une fumerolle située au sommet de la Soufrière] : et là est-ce que tu reconnais ?</p>	<p>un volcan. Ça a une forme de montagne... c'est un peu plus foncé ici donc je pense qu'il doit avoir un creux dedans...</p>	<p>Martin ça. On dirait pas. C'est un relief volcanique parce qu'on voit que c'est plus foncé au-dessus. Donc y a de la roche qui s'est formée et en bas y a de la végétation qui s'est développée.</p>
<p>E2DS : Euh oui là c'est en Guadeloupe. On a vu ça la semaine dernière</p>	<p>P [montrant une photographie d'une fumerolle située au sommet de la Soufrière] : et là ?</p>	<p>Mais elle a pas eu le temps de se développer en haut car peut-être des conditions avec le soufre, des trucs comme ça, n'étaient pas</p>
<p>P : Et c'est à quel niveau de la Guadeloupe ?</p>	<p>A : la Soufrière... c'est là où il y a du soufre qui</p>	<p>idéales pour la plante, le développement de... une</p>
<p>E2DS : ...</p>	<p>sort... c'est en hauteur, c'est</p>	<p>possibilité de vie.</p>
<p>P : Qu'est-ce que cela pourrait représenter pour toi ça ?</p>	<p>en Guadeloupe... y a la fumée qui est dégagée par la</p>	<p>P [montrant une photographie d'une fumerolle située au sommet de la Soufrière] : et là,</p>
<p>E2DS : Ça c'est en haut d'une montagne, ça c'est un volcan, un ancien volcan</p>	<p>chaleur... du soufre.</p>	<p>est-ce que tu reconnais cette image ?</p>
<p>P : A quoi tu vois ça ?</p>		<p>E7DL : euh oui... c'est la</p>
<p>E2DS : Hum... On peut voir qu'il y a de la soude qui sort...</p>		<p>soufrière... euh, enfin c'est en Guadeloupe... parce-que vous l'avez montrez. C'est un volcan.</p>

Par contre, si l'enseignant présente à un élève, comme ici E7DL, une photographie prise sous un autre angle ou montrant une autre fumerolle du sommet de la Soufrière de Guadeloupe, l'élève se retrouve dans une situation inconnue. Il présente de nouveau des difficultés à identifier les paysages de la Soufrière. C'est la confrontation de ses observations à son registre empirique construit qui va l'aider à se sortir de cette situation inconnue... qui pourtant, à travers une seule photographie, semblait être connue. De cette façon, un seul élément photographié ne suffit pas à reconnaître la structure géologique dans son ensemble. Les éléments tirés de l'objet médiatique ne suffisent pas à la maîtrise complète du contexte régional définissant une partie de l'objet géologique.

P [*montrant une photographie d'un gouffre situé au sommet de la Soufrière*] : et là ?

E7DL : c'est un cratère... bah déjà y a des palissades, enfin on peut pas tomber dedans donc ça doit être assez profond... et y a de la vapeur d'eau qui sort liée aux roches qui se sont hydrothermalisées et qui sont remontées en surface... je sais pas où a été prise cette photo et je ne reconnais pas la roche.

P [*montrant une photographie d'une autre fumerolle située au sommet de la Soufrière*] : et là ?

E7DL : c'est sûrement les fumerolles ou quelque chose comme ça...

P : ah les fumerolles ?

E7DL : oui, les fumerolles... ça doit être du soufre. Je pense que ça a été pris au même endroit que la photo précédente c'est-à-dire au cratère mais je connais pas l'endroit. En fait, j'ai une idée...[silence]... peut-être que c'est en Guadeloupe... enfin je me souviens plus du nom exact du volcan qu'il y a en Guadeloupe... Montserrat... c'est Montserrat ?

Il faut donc faire intervenir un autre élément. En effet, les situations sont complètement différentes pour E3MJ, E4SM et E5EJ. Ces élèves ont le point commun d'être allés à la Soufrière de Guadeloupe. Aucune photographie ne va présenter des zones d'ombre : elles sont toutes reconnues. Ils n'hésitent donc pas à donner les détails de leur expérience sur le terrain.

<p>P [<i>montrant une photographie du dôme de la Soufrière</i>] : et là, est-ce que tu reconnais ?</p>	<p>P [<i>montrant une photographie du dôme de la Soufrière</i>]: et là est-ce que tu reconnais ?</p>	<p>P [<i>montrant une photographie du dôme de la Soufrière</i>]: et là ?</p>
<p>E3MJ : là c'est la Soufrière... donc ouais y a le petit chemin là après on monte et on sera enfumé en haut...</p>	<p>E4SM : c'est la Soufrière, il me semble, en Guadeloupe, j'y suis allée... donc je me rappelle de la végétation et tout...</p>	<p>E5EJ : c'est la Soufrière de Guadeloupe, j'y suis allée...</p>
<p>P [<i>montrant une photographie d'un gouffre situé au sommet de la Soufrière</i>]</p>	<p>P [<i>montrant une photographie d'un gouffre situé au sommet de la Soufrière</i>] : et là ?</p>	<p>P [<i>montrant une photographie d'un gouffre situé au sommet de la Soufrière</i>]: là c'est où ?</p>
<p>E3MJ : Je l'ai fait... donc oui voilà j'ai été à cet endroit-là, je suis monté... donc là on a, on est au niveau du cratère du volcan, où on a donc le gouffre donc au fond on a la cheminée, là on a les rejets de gaz de... composés de... où y a du soufre c'est pour ça qu'on sent et que ça fait mal aux yeux... donc euh, ouais voilà</p>	<p>E4SM: là y a un espèce de gouffre où il y a du dépôt jaune et avec un genre de gaz... c'est quand on a monté tout en haut, quand on est arrivé au sommet puis on est au niveau où les personnes ont fait des tas de roches avant de redescendre pour re-continuer...</p>	<p>E5EJ : pareil... c'est la Soufrière, c'est au sommet-ça. On voit des cratères, avec de la fumée, de la vapeur... de la vapeur d'eau... P : d'où elle vient cette vapeur d'eau ? E : du volcanisme, non ?... P [<i>montrant une photographie d'une fumerolle située au sommet de la Soufrière</i>]: et là ?</p>
<p>P [<i>montrant une photographie d'une fumerolle située au sommet de la Soufrière</i>]</p>	<p>P [<i>montrant une photographie d'une fumerolle située au sommet de la Soufrière</i>]: et là ?</p>	<p>E : bah c'est la Soufrière aussi... c'est blanc ça ? P : c'est plutôt gris clair.</p>
<p>M : bah c'est toujours... un gouffre de la zone donc c'est le même principe, voilà, tu</p>	<p>E4SM : ouais c'est au sommet du volcan, là où il y a... où le... le ... où le soufre... où on peut bien sentir le soufre... toutes les fumées qui s'évaporent... enfin... c'est de la vapeur d'eau mélangée à du gaz... à cause de la chaleur</p>	<p>E : ah ça c'est jaune... non, ouais c'est du soufre. P : pourquoi y a du soufre ? E : euh c'est les gaz que le volcan rejette. Là c'est les dépôts de soufre</p>

peux pas rester à côté puisque
ça fait mal aux yeux quoi, tu
pleures...

qu'il y a sous la Terre.

De même, si les élèves E2DS, E6AT et E7DL reconnaissent facilement une seule photographie liée à la Soufrière de Guadeloupe (celle d'une fumerolle), l'élève E9ES n'en est incapable pour deux raisons : c'est un élève de Seconde et n'a donc pas suivi le même enseignement que les élèves de Terminale mais il n'est également jamais monté à la Soufrière de Guadeloupe. En revanche, cet élève reconnaît la photographie présentée du dôme de la Soufrière en Guadeloupe parce-qu'il est allé à l'Observatoire de Volcanologie de Guadeloupe en sortie. Cependant, même si ce dernier a vécu neuf années à Sainte-Rose en Basse-Terre, il précise qu'il n'est jamais allé. Par conséquent, il ne reconnaît pas les fumerolles et les images associées du sommet du volcan.

P [*montrant une photographie du dôme de la Soufrière*] : et là est-ce que tu reconnais ?

E9ES : oui c'est la Soufrière, le volcan en Guadeloupe... je l'ai vu quand je suis allée à l'Observatoire... je connais, j'ai habité à Sainte-Rose pendant neuf ans.... Mais je suis jamais allée.

P [*montrant une photographie d'un gouffre situé au sommet de la Soufrière*] : et là ?

E9ES: euh... c'est un volcan, un dôme... euh y a des fumées qui s'échappent, sans doute avec des particules de cendres. Je sais pas où c'est.

P [*montrant une photographie d'une fumerolle située au sommet de la Soufrière*] : et là ?

E9ES : euh... c'est jaune donc y a du soufre. C'est sans doute près d'une source d'eau chaude en contact avec un volcan. De la vapeur d'eau... bon.

Il convient alors d'ajouter un nouvel objet avec lequel l'élève est en interaction et qui a une influence forte sur la construction du registre empirique. Outre l'objet médiatique, l'objet d'enseignement et d'apprentissage, l'objet croyances, il y a cet objet terrain qu'il faut considérer. Celui-ci a une incidence forte sur la connaissance de l'objet géologique et détermine des conceptions initiales plus ancrées dans la réalité donc plus solides.

7.2.2 L'exemple de la Chaîne des Puys dans le Massif Central

D'autres situations permettent de le mettre en évidence la nécessité de considérer cet objet terrain dans notre étude. Les élèves E4SM et E9ES sont contraints dans leurs références médiatiques. Face à la photographie prise au Nord du Massif Central dans la Chaîne des Puys, l'élève E4SM pense à la publicité de l'eau minérale Volvic alors que l'élève E9ES se rappelle d'une image qu'il a vue dans un livre. Seulement, cette source ne leur permet pas vraiment de construire un registre empirique lié à l'objet géologique consistant.

Ces élèves enrichissent certes la connaissance du contexte national lié à l'objet géologique : ils savent qu'il y a des volcans anciens en France et certainement éteints (**figure 42**). L'élève E9ES arrive même à les situer approximativement même si elle n'est jamais allée. En revanche, lorsqu'ils se trouvent face à une photographie du Puy Lemptégy qui est situé dans la même zone, ces élèves se retrouvent bloqués et sont démobilisés. De la sorte, ces élèves ont reconnu ponctuellement un élément de ce paysage volcanique du Massif Central. Seulement, nous sommes loins de la connaissance du contexte de formation de ce type de volcan.

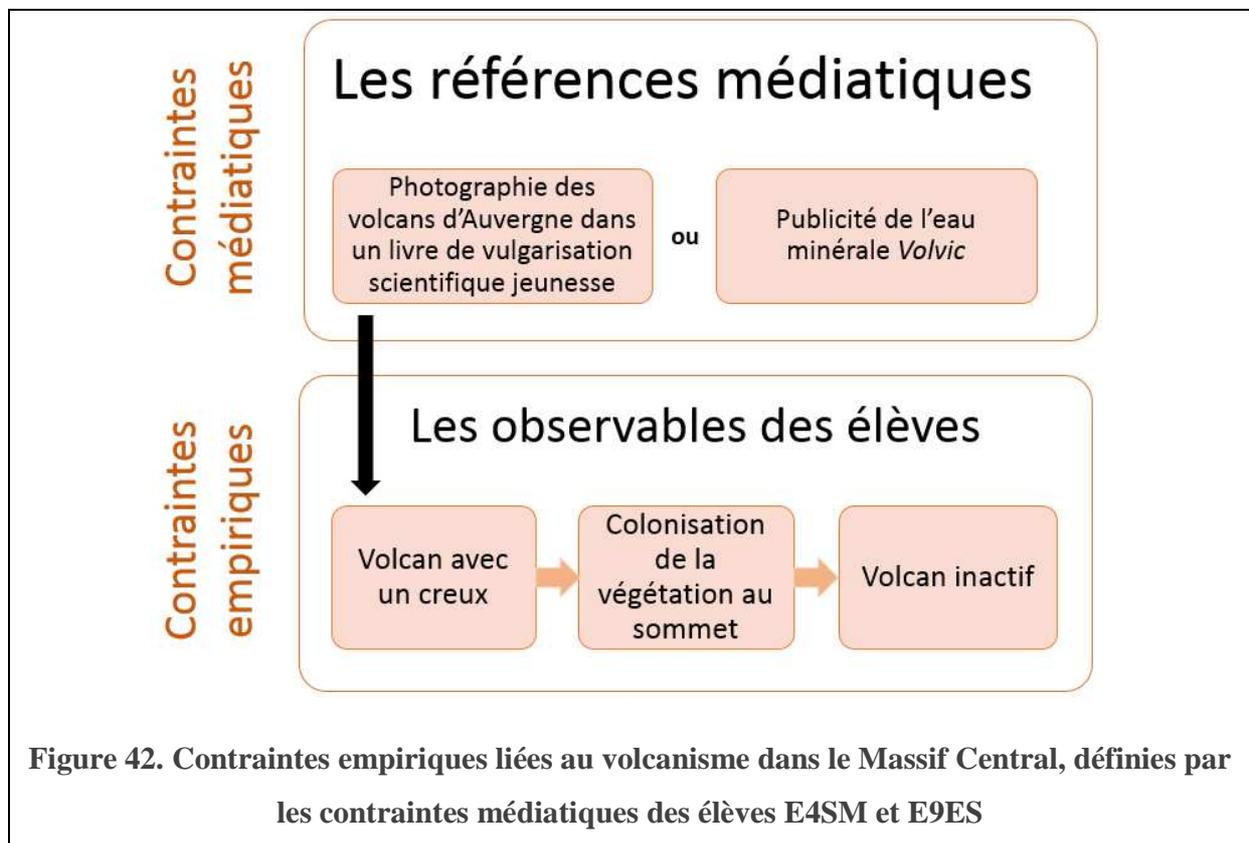
Photographie des volcans de la Chaîne des Puys, Nord du Massif Central

<p>P : et là ?</p> <p>E4SM : euh... c'est en France... on voit bien les plaines, ça fait pas penser au paysage des Antilles... euh... c'est peut-être un ancien volcan parce-que la végétation est toute verte, donc euh... je pense pas qu'il y a eu des coulées de lave... des explosions... donc c'est sûrement un volcan qui n'est plus en activité. Et depuis un bon moment...</p> <p>P : donc où c'est exactement ? est-ce que tu saurais donner l'endroit ?</p> <p>E4SM : ça me fait penser à la pub <i>Volvic</i>... ça me fait penser à ça avec le creux.</p> <p>P : et c'est où cette pub <i>Volvic</i> à ton avis ?</p> <p>E4SM : dans les Alpes, le Massif du Jura... je</p>	<p>P : et là est ce que tu reconnais ?</p> <p>E9ES : c'est un volcan... c'est le Puy de Dôme.</p> <p>P : à quoi l'as-tu reconnu ?</p> <p>E9ES : j'ai vu l'image dans un livre... Une image des volcans d'Auvergne. Je suis jamais allée. Je sais que c'est un dôme effondré et que c'est vieux... euh... C'est des volcans éteints qui date d'avant la Préhistoire.</p>
--	---

sais pas du tout...

Photographie du Puy Lemptégy, près de Clermont-Ferrand

<p>P : et là alors ?</p> <p>E4SM : ça a été creusé par l'homme... on voit un paysage, toujours des plaines et au milieu... comme un mini canyon mais bien creusé... y a pas des reliefs très différents, y a des escaliers... peut-être qu'ils veulent étudier l'activité sismique, peut-être... du sol... ils ont fait une zone... euh... pour ça...</p>	<p>P : qu'est-ce que tu peux dire là ?</p> <p>E9ES : je ne connais pas. Euh... on dirait peut-être une mine... c'est recouvert de terre. C'est peut-être de la fumée écrasée d'un volcan. Non, je sais pas. Ça me rappelle les campagnes françaises. Peut-être dans les Pyrénées...</p>
---	---



Si maintenant nous nous attardons sur l'élève E7DL, cet élève a une expérience de terrain en plus. Et cette expérience supplémentaire étoffe largement son registre empirique et donc sa connaissance du contexte national inscrit dans l'objet géologique. Quand bien même il n'identifie pas le Puy Lemptégy, il est capable de reconnaître la structure volcanique et de la localiser.

P : Et là est-ce que tu reconnais ?

E7DL: c'est en France parce-que j'ai déjà été là-bas... enfin je pense que c'est vers le Massif Central...Je suis déjà allé... ça c'est les dômes et c'est un cratère... c'est un relief volcanique... mais par contre à Montserrat c'était explosif mais là c'est effusif parce-que les explosifs ils sont toujours en activité la plupart du temps alors que les effusifs, non.

P : et là, est-ce que tu reconnais cet endroit ?

E7DL : j'ai déjà visité un endroit comme ça. Bah près de Chambon sur lac j'étais parti en colonies et on était allés à un volcan... c'est la roche volcanique mais je saurai pas le nom, on est dans le cratère... on est en France dans le Massif Central, près de Clermont-Ferrand.

7.2.3 Un nécessaire ancrage de l'objet terrain dans un scénario d'enseignement et d'apprentissage

L'expérience de terrain est donc fondamentale et offre une dimension supplémentaire dans la connaissance de l'objet géologique à différents niveaux. Pour autant, celle-ci doit être absolument associée à une solide exploitation des observations. En effet, quand il s'agit d'interpréter au-delà de simples constats, l'élève E7DL effectuent des conclusions erronées quant au type de magmatisme associé à la zone présentée. Cet élève y est allé dans un contexte particulier : la colonie. De ce fait, cette sortie n'a sans doute pas été placée dans une situation d'enseignement et d'apprentissage type, scolaire.

7.2.3.1 *Un premier exemple : les andésites du Fort Louis de Marigot, Saint-Martin*

Tous les élèves interrogés vont reconnaître le Fort Louis situé sur les hauteurs de Marigot, à Saint-Martin, parce qu'ils y sont allés mais ils sont incapables de reconnaître la roche présente comme le montrent les trois extraits d'entretien suivants :

<p>P : Et là est-ce que tu reconnais l'endroit ?</p> <p>E2DS : Bah oui c'est euh.. le château, qui est au-dessus de Marigot.</p> <p>P : Est-ce que tu connais ces roches ?</p> <p>E2DS : bah ça ? ça peut-être du... euh... ça peut-être soit des roches volcaniques... ouais c'est des roches volcaniques</p> <p>P : d'accord. Pourquoi tu dis ça ?</p> <p>E2DS : car elles sont situées, euh, vachement, en haut des montagnes... Par rapport à la structure de la roche</p> <p>P : Comment elle est la structure de la roche ?</p> <p>E2DS : Ça je peux pas vous dire</p>	<p>P : et là ?</p> <p>E6AT : c'est au Fort Louis à Saint-Martin... c'est du basalte.</p> <p>P : là c'est la roche de plus près. Est-ce que tu peux me la décrire ?</p> <p>E6AT : elle est grenue parce-que y a des petits points, des petits creux en fait... c'est du basalte.</p>	<p>P : est-ce que tu reconnais ?</p> <p>E8AS : oui c'est Fort Louis... euh... c'est ici, c'est à Saint-Martin</p> <p>P : qu'est-ce que c'est que ces roches pour toi ?</p> <p>E8AS : euh peut-être que c'est des ophiolites.</p> <p>P : pourquoi tu dis ça ?</p> <p>E8AS : ben parce que c'est super proche de la mer et ça ressemble pas trop à la granite en fait</p> <p>P : d'accord, et donc là c'est la même roche mais vue de plus près, alors qu'est-ce que tu pourrais me dire sur cette roche ?</p> <p>E8AS : elle a une structure microlitique, euh... euh...</p> <p>P : pour toi quand y a une roche qui a une structure microlitique, c'est quoi comme type de roche?</p> <p>AE : qui a pu prendre son temps pour... enfin pour cristalliser... où tu vois pas les cristaux</p> <p>P : est-ce que tu connais le nom de cette roche ?</p> <p>E8AS : euh... enfin, je veux pas dire une bêtise... j'aurais dit du granite mais je suis vraiment pas sûre.</p>
--	---	---

Seuls trois élèves de Terminale réussissent finalement à déterminer la roche présente. Ce sont des élèves qui ont été capables de confronter leur registre empirique établi en classe (étude des roches observables en contexte de subduction à l'œil nu) aux nouvelles observations effectuées. **Même si leur diagnostic présente des erreurs, il n'en demeure pas moins que ces échanges montrent l'importance d'une exploitation solide des affleurements visibles sur le terrain. Voir n'est pas regarder.**

P : et là est-ce que tu reconnais ?	P : et là c'est où ?	P : et là ?
E4SM : c'est le Fort de Marigot...	E5EJ : euh là c'est au Fort à Marigot. Les roches... c'est pas des roches volcaniques ça ?	E7DL : c'est à Marigot, c'est au Fort.
P : est-ce que tu connais les roches ?	P : alors là y a l'image mais de plus près...	P : est-ce que tu connais la roche ?
E4SM : euh, non... je sais pas... enfin c'est peut-être des roches volcaniques	E : ça ressemble à celle-là [<i>montrant un échantillon d'andésite</i>]	E7DL : non
P : alors là c'est la roche de plus près, est-ce que tu peux me la décrire ?	P : alors laquelle dis-moi...	P : donc là c'est la même mais vue de près ?
E4SM : elle a une texture grenue je dirais... on voit pas de cristaux apparents à l'œil nu comme sur les microlitiques et... on distingue pas non plus des cristaux d'une couleur spéciale, c'est pratiquement tout gris et ça a l'air, euh, ça a l'air assez coupant... vu la texture des reliefs de la roche... c'est, euh... euh... une roche volcanique.... L'andésite.	E5EJ : vite fait ça ressemble en fait... à celle-là.	E7DL : c'est une roche volcanique parce-que par rapport à cette roche-là [<i>montre l'andésite en échantillon</i>]... c'est la même chose : y a des creux mais aussi des points blancs.
	P : celle-ci ?	
	E5EJ : ouais.	
	P : OK. Bon c'est quoi ça alors ?	
	E5EJ : c'est l'andésite ou la rhyolite.	

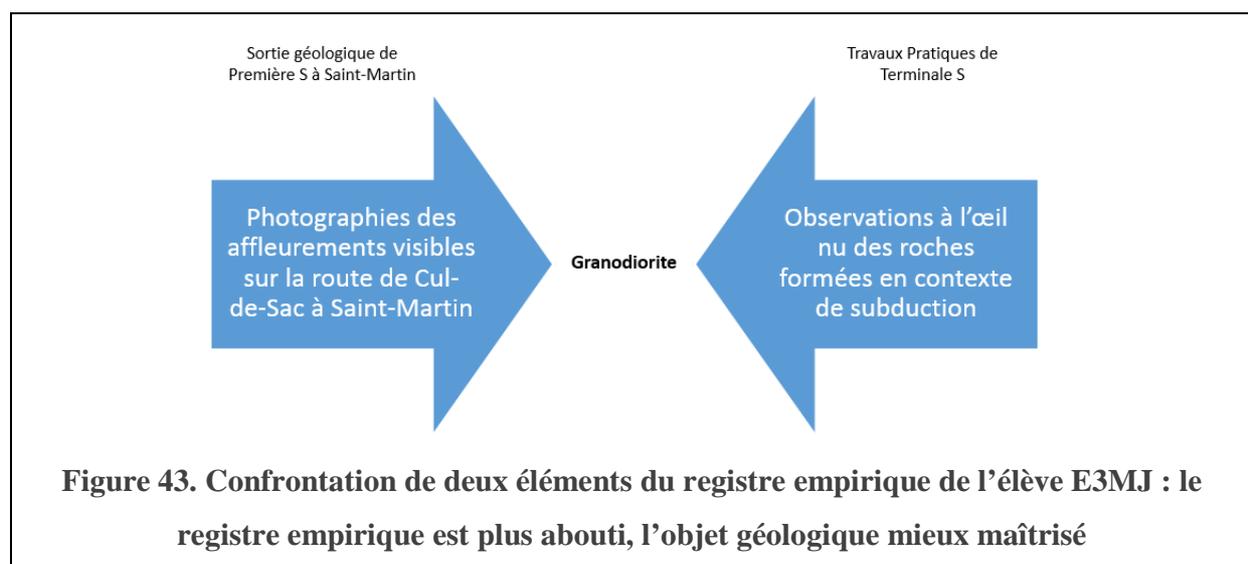
7.2.3.2 Une deuxième exemple : la sortie scolaire de première S dans le cadre des Olympiades de Géosciences

Seuls deux élèves sur les huit élèves ont participé à une sortie géologique réalisée à Saint-Martin, dans le cadre des Olympiades académiques de Géosciences. Contrairement, aux autres élèves, ils sont capables assez facilement de reconnaître les affleurements de granodiorite, roches très présentes à Saint-Martin. L'élève E3MJ fait appel à ses souvenirs, relatifs à cette sortie. Il parle de roches sédimentaires, d'altération et de l'origine profonde de la roche visible. Il mélange les observations et aboutit à des conclusions erronées. Seulement ; il est capable de reconnaître l'affleurement et d'identifier finalement la roche, preuve qu'il a étoffé son registre empirique construit lors de cette sortie par de nouvelles observations réalisées en classe (**figure 43**).

E3MJ : là on est pas sur la route pour aller à la décharge ? On dirait cette route-là qui est le long de l'Horizon Pinel vers Cul-de-Sac. Donc là c'est pareil on a des roches... non même pas pareil, puisque on a des roches sédimentaires... elles sont rondes donc ça veut dire que... qu'elles ont été altérées... donc ça peut-être l'eau... oui, je pense que c'est l'eau... ça doit être des roches vraiment formées en profondeur, dans le manteau donc voilà...

P : donc là c'est la même chose mais sauf qu'on l'a pris de très près.

E3MJ : d'accord, bah ça c'est de la granodiorite, euh parce qu'on voit bien la sorte de matrice blanche dans laquelle baignent les minéraux sombres, noirs... ouais, y a aucun doute... en plus là on voit ces zones où ça commence à être friable... enfin ça va risquer de se casser...



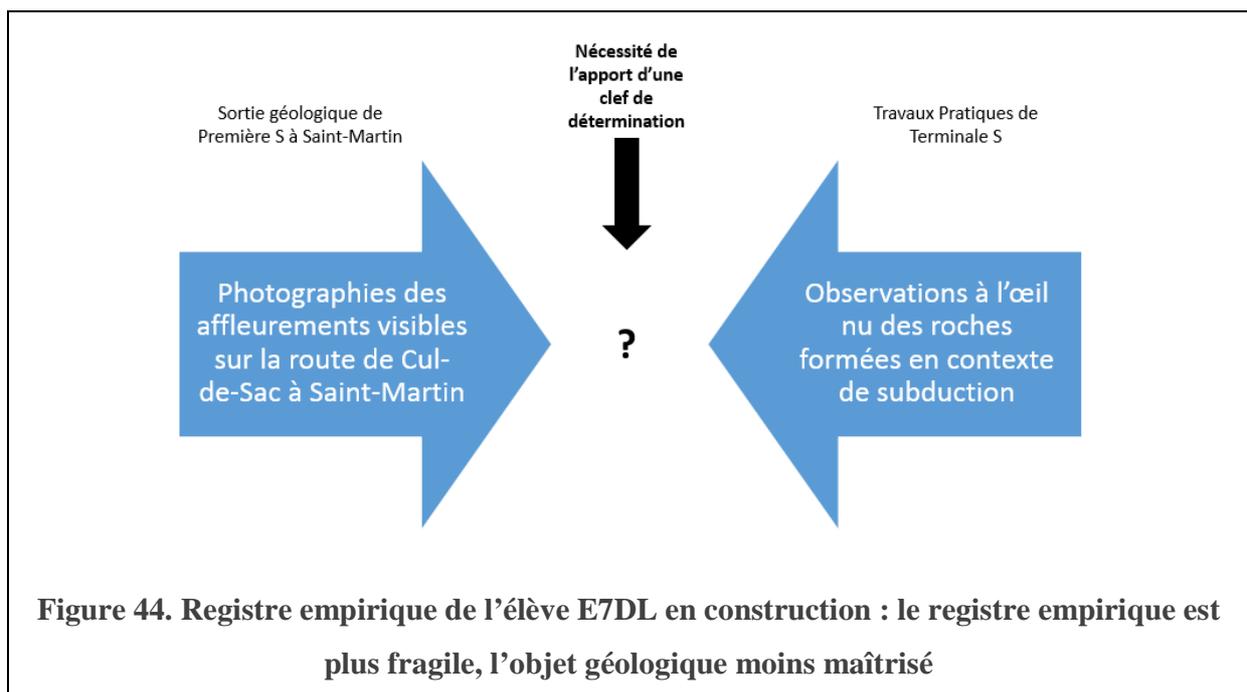
En revanche, l'élève E7DL reconnaît certes l'affleurement mais ne va pas jusqu'à identifier la roche. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'il y ait eu un décalage temporel entre le moment de la sortie géologique (Première S) et le moment de la séance de Travaux Pratiques (Terminale S). Cet élève présente des difficultés à établir le lien entre toutes ses observations, et ce, à différentes échelles (**figure 44**).

P : et là est-ce que tu reconnais ?

E7DL : là c'était au voyage de... c'est une roche grenue. C'est à côté de Mont-Vernon... peut-être que j'ai connu la roche mais j'ai oublié.

P : donc là c'est la même chose sauf qu'on la voit de plus près.

E7DL : c'est une roche grenue par la présence de minéraux... je suis capable de déterminer la roche et la minéralogie si j'ai les trucs à côté mais là de tête non.



La construction d'un registre empirique sur la base de la détermination d'un type de roche à différentes échelle est nécessaire. L'expérience de terrain favorise et consolide l'acquisition des différents éléments constituant l'objet géologique. Cependant, elle doit être associée à une identification des observables de terrain à différentes échelles, de façon à

établir les liens nécessaires à la construction de l'objet géologique et à la mise en histoire des structures et phénomènes observés.

En effet, l'élève E5EJ n'arrive pas à identifier avec assurance la photographie des affleurements de granodiorite comme l'a fait l'élève E3MJ. Il présente donc des difficultés à associer son registre empirique construit avec les éléments de son contexte géologique local.

P : et là ? Où est-ce que ça a été pris ? Qu'est-ce que c'est comme roche ?

E5EJ : la roche cassante ?...*[silence]* je sais pas où et je sais pas ce que c'est.

P : et là c'est la même sauf qu'on a pris de un peu plus près...

E : c'est grenue, on peut voir les cristaux... je pense que y a du quartz, des cristaux blancs... on dirait que c'est la roche-là... *[montre l'échantillon de granodiorite]*

Autre exemple, l'élève E1LP est capable de reconnaître un échantillon de granodiorite décontextualisé, en laboratoire mais n'est pas capable d'identifier la même roche vue de près et photographiée à Saint-Martin. Des élèves tels que l'élève E2DS se retrouvent perdus face à une telle situation et tirent des conclusions totalement hasardeuses.

P : Et là est-ce que tu reconnais ?

E2DS : Non

P : Non ? La roche non plus ? Tu me dis si tu ne reconnais pas, hein ?

E2DS : Ça c'est le truc de la granite, ou du basalte ou du gabbro

L'objet médiatique est donc en forte interaction avec l'objet géologique dans le champ instrumental de l'élève mais ne suffit pas à une complète maîtrise de cet objet géologique. Par ailleurs, nous confirmons que les élèves E3MJ, E5EJ et E7DL qui ont un fort objet médiatique enrichissent fortement la valeur de leur objet géologique. De même pour l'élève E4SM mais dans une moindre mesure. Les élèves E2DS, E6AT et E8AS, de par leurs références médiatique plus limitées, ont plus de difficultés à identifier les éléments de leur objet géologique. Seulement, l'apport du terrain ainsi que son exploitation dans le cadre de l'enseignement et de l'apprentissage est un élément qu'il faut ajouter au champ instrumental de l'élève.

7.3 L'interaction objet médiatique-élève : la confirmation d'une interaction très stable

Si maintenant nous considérons l'espace de contraintes établi à partir de l'étude des résultats obtenus à l'issue de la question : *comment se forme l'île de la Guadeloupe ?* (**figure 36**), les contraintes empiriques définies par les élèves aboutissent à des nécessités de fonctionnement du modèle construit.

En effet, des impossibilités de fonctionnement sont pointées et elles amènent à définir les conditions de nécessité portant sur la solution apportée. Le modèle est alors élaboré et sera même discuté et argumenté. Or, dans le cadre du processus de la modélisation, la validation voire l'instanciation du modèle établi demande logiquement un retour au registre empirique, qui pourra corroborer ou non la solution proposée.

Seulement, quand les solutions proposées par les élèves se confrontent à l'objet médiatique, cet objet médiatique supplante le registre empirique et le processus de modélisation est rompu. Le modèle établi devient alors une solution factuelle. Les contraintes et les nécessités sont discutées à la lumière de la référence médiatique considérée et confrontées à celle-ci. Au regard de l'élève, ce registre prend la forme d'un registre empirique déguisé. Le modèle élaboré n'est plus confronté aux données empiriques mais aux données apportées par l'objet médiatique lui-même. De ce fait, le modèle ne sera plus instancié ou validé par le champ empirique mais par le champ médiatique.

Lorsqu'il s'agit de construire un modèle de la formation de l'île de Guadeloupe, l'élève E3MJ élabore son schéma à la lumière des nécessités invoquée au regard des contraintes empiriques. Seulement, il va confirmer ses conceptions initiales en faisant référence au livre *Le volcanisme en Guadeloupe* de Jean-Jacques Jérémie et Hélène Pascaline. Dans cet imprimé, les auteurs expliquent la convergence en ces termes : « *la plaque rigide froide peut plonger sous une autre plaque et s'enfoncer dans l'asthénosphère plus fluide et chaude ; ce mouvement, suivant une surface bien définie, appelée plan de Bénéoff* ». Ces descriptions sont associées à un schéma dont le titre est très évocateur : « la convergence : la croûte plonge, s'enfonce et entre en fusion » (**figure 45**). Ces affirmations apportées par la ressource médiatique sont erronées.

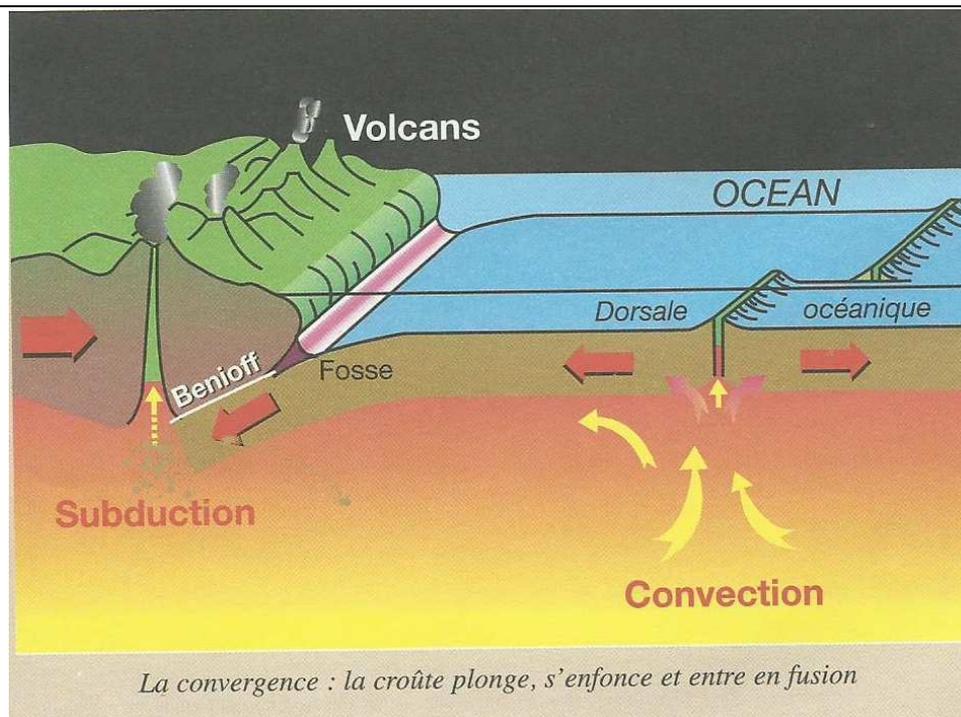


Figure 45. Schéma extrait du livre Le volcanisme en Guadeloupe de Jean-Jacques Jérémie et Hélène Pascaline, page 9

Parmi toutes les ressources médiatiques, l'élève E3MJ a retenu cette ressource précise. Sans discernement, ni même esprit critique vis-à-vis de l'information scientifique qui lui est présentée, cet élève va valider, non sans fierté, le modèle qu'il a décrit à travers cette ressource (figure 46). **L'interaction entre l'objet médiatique et l'élève est donc robuste. Nous illustrons là le lien fort qu'il y a entre l'objet médiatique et l'objet géologique, mais ce lien n'est pas sans conséquences puisqu'il confirme des conceptions initiales très erronées. Le résultat est que l'élève valide son modèle sans recul critique.**

P : qu'est-ce qui migre là ? qu'est-ce que c'est ça ?

E3MJ : c'est les roches qui ont fondu en fait

P : les roches de quoi ?

E3MJ : les roches de la croûte océanique, en plongeant elles entrent à très haute température, elles sont entrées en stade de fusion... donc moins dense elle remonte

E3MJ [cherchant le schéma de la convergence représentée par les auteurs du livre *Le Volcanisme en Guadeloupe pour valider son modèle*] je l'ai vu en plus j'étais content, j'ai dit que je savais que c'était ça... voilà... pour la formation de la Soufrière [montrant la page 9 du livre sur le *Volcanisme de Guadeloupe*]

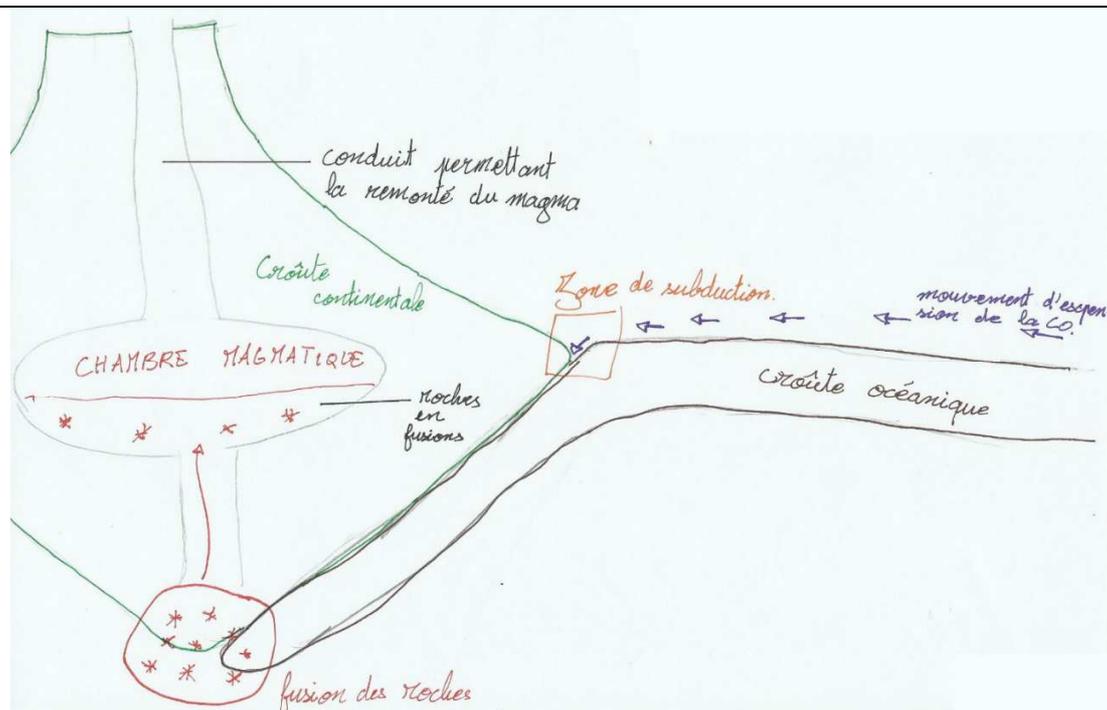


Figure 46. Modèle de formation de l'île de Guadeloupe établi par l'élève E3MJ

De la même façon, face à la détermination des conditions de nécessité pour le fonctionnement correct du modèle, l'élève E4SM fait référence à une source médiatique pour valider les éléments du modèle construit. En effet, lorsque les élèves E4SM et E5EJ essaient de s'entendre pour décider du lieu de fusion de la roche à l'origine du magma, celle-ci évoque le schéma animé issu d'un cours diffusé en ligne par un internaute. Ce schéma présente la

tectonique des plaques en centrant sur l'activité des dorsales qui fonctionnent à la manière d'un tapis roulant : une remontée de matériel chaud par convection qui entraîne la lithosphère océanique en profondeur au niveau d'une zone de subduction. De plus, du magma se forme dans le manteau lithosphérique de la plaque lithosphérique continentale suivant des conditions assez obscures (**figure 47**).

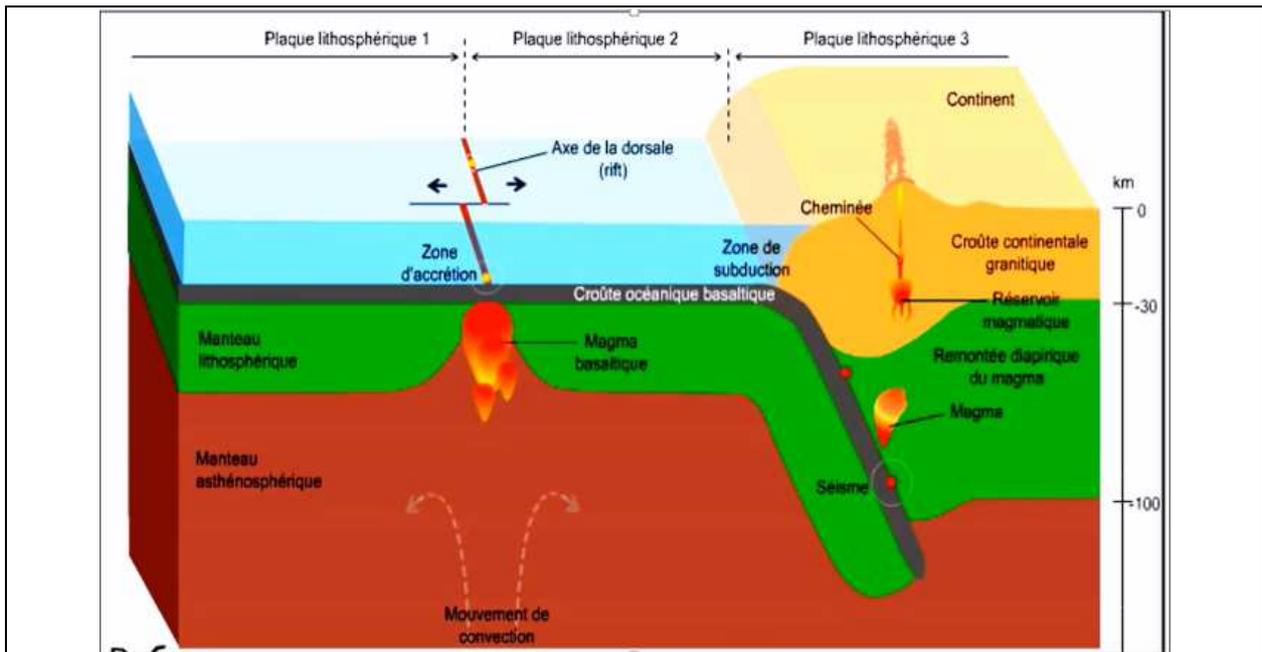


Figure 47. Extrait du schéma animé mettant en évidence les mouvements de divergence et de convergence

Cette référence médiatique lève les doutes émis entre les deux élèves. Là encore aucun des deux élèves ne propose la possibilité que ce documentaire présente des informations erronées. Il prend la valeur de dogme inébranlable, il n'est pas discuté ni remis en doute.

E5EJ : non ch'ai pas les... la roche qui fond qui est par là... tu penses qu'il y en a là toi du magma ?

E4SM : non ça aurait explosé, à force

E5EJ : donc là ?

E4SM : ouais mais j'ai vu dans le petit documentaire que ça fondait ici...

E5EJ : ouais bon...c'est quelque part... c'est là normalement et que ça remonte

E4SM : oui

E 5EJ: bon on a qu'à faire par là, hein ?

Contrairement au schéma animé, les élèves ont finalement décidé que les roches entraient en fusion dans l'asthénosphère (**figure 48**). Seulement, ceci n'a été possible que par l'intervention de l'enseignant puis de l'élève E5EJ qui a exprimé son désaccord face à la proposition de l'élève E4SM. La référence médiatique de cet élève ne l'a donc pas aidé à apporter une solution satisfaisante et précise quant à l'origine du magma.

P : c'est quelle roche qui fond ?

E4SM : bah l'ordre qu'on avait vu là... l'ordre... euh l'éclogite, non ?

E5EJ : c'est l'éclogite qui fond ? Mais là on est... on est dans la couche de ça là...

E5EJ : euh croûte océanique...

E4SM : là y a le manteau

E5EJ : lithosphère... euh non manteau euh...

E4SM : lithosphérique...

E5EJ : manteau lithosphérique... ça fait lithosphère océanique. En dessous c'est...

E4SM : asthénosphère

E5EJ [*s'adressant à P*]: c'est l'asthénosphère la couche

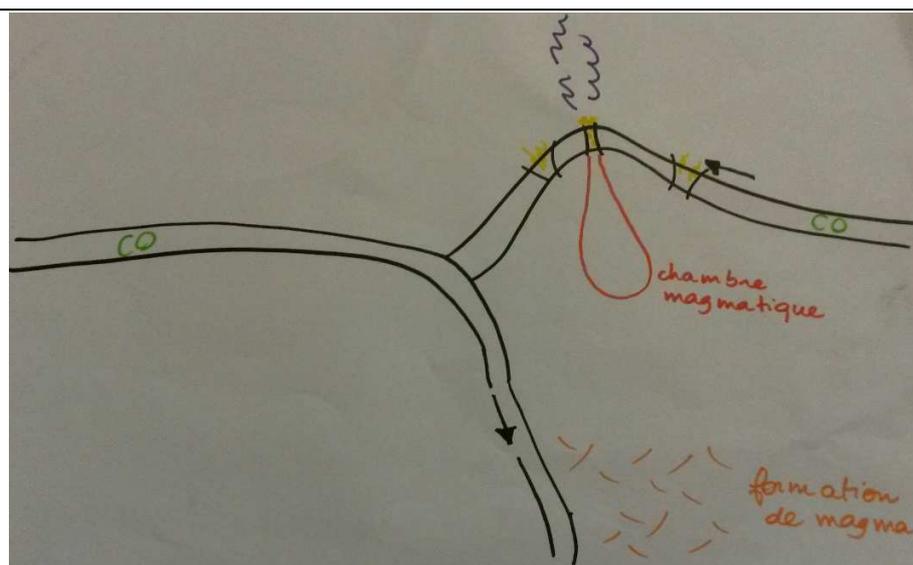


Figure 48. Modèle de formation de l'île de Guadeloupe établi par les élèves E4SM et E5EJ

Enfin, un dernier exemple indique encore que la référence médiatique influence les conceptions associées à l'objet géologique. L'élève E7DL va utiliser un extrait de l'émission *C'est pas sorcier* sur l'origine du magma pour valider son modèle (**figure 49**). Nous apercevons que la maquette expliquée par le présentateur Jamy peut induire en erreur le public non averti puisqu'elle matérialise le plongement d'une lithosphère océanique dans une asthénosphère figurée par une matrice vaporeuse jaune-orangé comme si des plaques dures plongeaient dans une mer de magma. De cette façon, il apparaît, à la visualisation, que l'édifice volcanique est alimenté directement en magma par des conduits.



Figure 49. Extrait de l'émission *C'est pas sorcier* expliquant l'origine du magma dans les zones de subduction

L'élève E7DL va jusqu'à dire qu'il est largement valorisé par rapport à sa camarade, l'élève E8AS. La véracité de l'information véhiculée par l'objet médiatique n'est, là encore, pas discutée.

E7DL : ça va être chauffé là... donc quand y a des séismes, enfin... c'est un peu de la triche hein, parce-que moi j'ai déjà... mais je viens juste de voir sur le truc.

P : sur quel truc ?

E7DL : bah sur *C'est pas sorcier*... C'est un peu de la triche... même si j'avais déjà une idée la première fois...

P : t'avais pas cette idée-là ?

E7DL : hum si... mais j'avais pas l'idée que en fait ça chauffait et ça remontait... du coup, que ça... que c'est enfin si ça chauffait mais que y avait par exemple, enfin ici par exemple, les cheminées étaient pas comme ça mais plutôt reliées comme ça... bah ils sont reliés bien plus en profondeur en fait, comme si ça chauffe en profondeur... et que c'était par le système de failles que se créait une cheminée... je savais pas ça, que ça apparaissait comme ça... Donc là tu vois [*s'adressant à l'élève E8AS*] comme y a des séismes, y a des failles qui vont se créer... (**figure 50**)

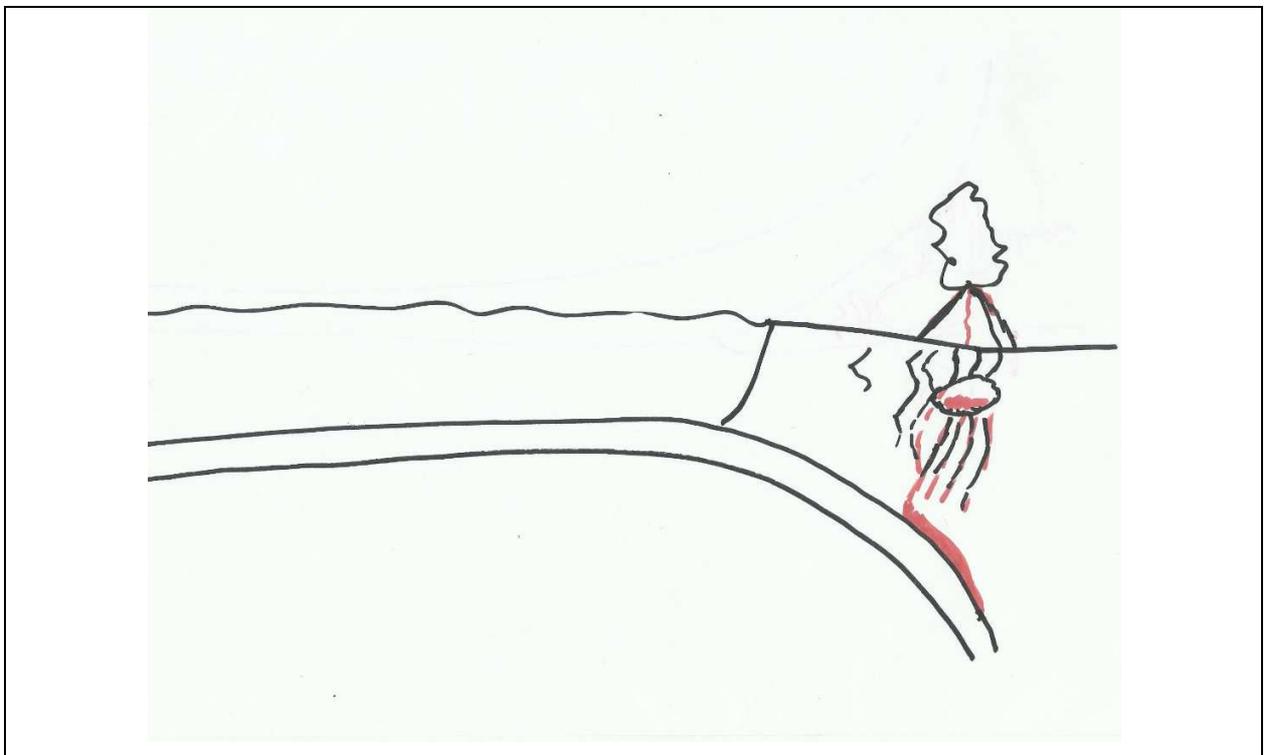


Figure 50. Modèle de formation de l'île de Guadeloupe établi par l'élève E7DL

Le modèle ne prend plus sa dimension de modèle à valider mais plus la valeur de solution qui explique comment se forme l'île de la Guadeloupe. Et cette rupture dans le processus de modélisation a été consommée par la référence à un élément de l'objet médiatique. Cette contrainte médiatique est inscrite dans l'espace de contraintes des élèves et n'est pas discutée.

Ainsi l'analyse de l'influence de l'objet médiatique sur l'objet géologique au cours des entretiens a permis de confirmer la très forte corrélation entre ces deux objets. L'interaction entre l'objet médiatique et l'élève est très stable. En effet, considéré par tous les élèves comme objet intrinsèquement indiscutable, il n'est ni critiqué, ni discuté. Ainsi, s'il transporte des informations scientifiques erronées et supplante le registre empirique, il contribue à construire des éléments erronés au sein de cet objet géologique et rompt même le processus de problématisation.

8 Conclusion : Bilan et perspectives

8.1 Bilan : définition des interactions stables au sein des ino-instruments élèves

L'analyse en composante principale (ACP) a mis à jour trois groupes d'élèves avec trois profils distincts concernant les élèves interrogés. En effet, l'ACP a révélé une forte corrélation entre l'objet médiatique et l'objet géologique. En revanche, une faible corrélation est observée entre l'objet d'enseignement et d'apprentissage et l'objet géologique mais aussi l'objet croyances et l'objet géologique. Nous ne pensons pas alors que l'objet d'enseignement et d'apprentissage seul, en interaction avec l'élève, contribue à améliorer la connaissance de l'objet géologique. Il en est de même pour l'objet croyances puisqu'il apparaît que les élèves de Terminale S aient des visions très cartésiennes concernant l'origine du magma de subduction. Ainsi, nous pensons que cet objet croyances ne va guère influencer l'objet médiatique. De même, nous supposons qu'il n'y a pas de lien obligatoire entre l'objet médiatique et l'objet d'enseignement et d'apprentissage. Bien évidemment il faudrait approfondir notre étude pour confirmer ces premières affirmations.

Par conséquent, nous avons retenu les deux objets : médiatique et géologique, et confirmé la corrélation qui existe entre eux. De ce fait, le premier groupe d'élève (E3MJ-E5EJ-E7DL) est caractérisé par un objet médiatique relativement fort et un objet géologique relativement fort. Le deuxième groupe d'élèves (E1LP-E4SM) est défini par un objet médiatique à valeur relative moyenne et un objet géologique à valeur relative moyenne également en conséquence. Le troisième groupe d'élèves (E2DS-E6AT-E8AS) est particularisé par un objet médiatique relativement faible et un objet géologique relativement faible. Seulement, l'objet médiatique ne détermine pas à lui-seul la valeur prise par l'objet géologique puisque les élèves de Seconde référents possédant les mêmes types de profil médiatique ne possédaient pas le même type de profil géologique associé. D'autres éléments entrent en jeu, d'autant plus que l'objet médiatique n'a pas toujours une influence positive sur les connaissances associées à l'objet géologique.

Il semble alors qu'il faille considérer un autre objet qui entre en interaction avec l'élève au sein de son champ instrumental. Il s'agit de l'objet terrain. Or, cet objet terrain a une réelle influence sur l'objet géologique s'il est inscrit dans un cadre structurant animé par un enseignant c'est-à-dire inscrit dans un processus d'enseignement et d'apprentissage. Dans cette étude, nous avons aussi analysé l'impact des interactions entre les élèves collaborant en classe, entre les

parents et les élèves interrogés et évoqué l'impact des interactions entre les enseignants et les élèves via l'objet d'enseignement et d'apprentissage. Il existe également trois profils d'interaction mis en évidence dans notre étude. Lorsque nous faisons interagir deux élèves qui ont l'habitude de travailler ensemble, nous constatons que :

- soit un élève domine la situation et apporte globalement toute l'information. Dans ce cas, cette interaction favorise seulement l'élève récepteur de la communication qui enrichit son objet géologique (cas des élèves E2DS-E3MJ);
- soit un élève émetteur peut sembler dominer la situation et apporter l'ensemble des informations mais reste ouvert aux idées de l'autre élève récepteur, qui est moins passif, surtout face à une situation inconnue. Dans ce cas, l'objet géologique du destinataire accumule des connaissances supplémentaires. L'élève émetteur se verra doté de connaissances hypothétiques liés au thème étudié mais ne les inclura pas forcément dans ses connaissances définitives du point de vue des conceptions initiales (cas des élèves E7DL-E8AS) ;
- soit les deux élèves sont en interaction équilibrées. Dans ce cas, les deux élèves prennent tout à tour le statut d'émetteur et de récepteur et enrichissent mutuellement leur objet géologique (cas des élèves E4SM-E5EJ)).

Par ailleurs, nous avons constaté que globalement les parents ont une influence très indirecte sur l'objet géologique de l'élève. En effet, il semble que le profil médiatique de l'élève dépende fortement du profil médiatique de ses parents. Par conséquent, comme l'objet médiatique a une influence certaine sur l'objet géologique, ils ont donc une répercussion sur cet objet indirecte. Au demeurant, étant donnée la très faible valeur de l'objet géologique des parents interrogés, ces derniers n'ont pas d'influence sur l'objet géologique ou si vraiment en ils ont une, elle est erronée. Les élèves E4SM, E5EJ et E7DL ont un profil médiatique très similaire à celui de leurs parents et sont influencer par eux. En revanche, l'élève E3MJ a un profil médiatique qui se détache de celui de sa mère et apparaît l'avoir construit seul.

Enfin, les enseignants ont également une influence fondamentale sur l'objet géologique. Seulement, ici, il faudrait s'attarder très précisément sur cette étude pour avoir un résultat confirmatoire et validé. Au demeurant, les élèves E2DS, E6AT et E8AS n'ont pas beaucoup voir aucun souvenirs du collège concernant le thème étudié. De plus, aucun enseignant de SVT n'a

marqué l'élève E6AT. En ce qui concerne, les élèves E3MJ, E4SM, E5EJ et E7DL ont gardé des connaissances du collège. C'est d'ailleurs l'élève E1LP qui a les connaissances les plus précises. Ces cinq derniers élèves ont visiblement été marqués par leur enseignant de SVT. L'élève E1LP précise juste qu'ils éclairent des sujets qu'il ignorait totalement.

De cette façon, nous pouvons construire désormais le bilan des interactions impliquées au sein de l'ino-instrument pour chaque élève.

8.2 Détermination final des profils d'élèves en regard de l'hypothèse de recherche émise

Ce bilan révèle pour chaque élève quels sont les éléments qui agissent sur l'objet géologique et qui expliquent donc ses conceptions initiales liées au thème du magmatisme en zone de subduction. L'élève est donc placé au centre et tout autour rayonnent les objets et néso-instruments qui sont en interaction avec l'élève. Les objets définis sont l'objet d'enseignement et d'apprentissage, l'objet terrain, l'objet croyances, l'objet médiatique et l'objet géologique. L'élève est ou a été en interaction avec le néso-instrument de ses enseignants. Nous avons donc précisé le néso-instrument enseignant initial pour désigner l'enseignant du collège qu'il a eu par exemple et le néso-instrument enseignant final pour désigner l'enseignant qu'il possède actuellement en Terminale S. Bien évidemment, nous avons résumé la situation en deux néso-instruments mais il faudrait en fait considérer tous les néso-instruments avec lesquels l'élève a été en interaction. Ainsi, ce bilan pourra être précisé largement lorsqu'une étude sur les néso-instruments enseignants sera réalisée. De plus, l'élève est ou a été en interaction avec d'autres élèves au moment de collaborations dans le travail effectué en classe. Sont précisés alors les néso-instruments élève initial et néso-instruments élève final. Le néso-instrument élève initial désigne le néso-instrument de l'élève avec lequel l'élève interrogé interagissait au collège par exemple (d'où le terme initial). Le néso-instrument élève final désigne le néso-instrument de l'élève avec lequel l'élève interrogé interagit finalement actuellement (d'où le terme final). Enfin, l'élève est aussi en interaction avec le néso-instrument de ses parents. Par conséquent, sont ajoutés sur ce bilan les néso-instruments enseignants (enseignant initial et enseignant final), les néso-instruments élèves (élève initial et élève final) ainsi que le néso-instrument parents.

Les interactions sont symbolisées par des flèches ou des double-flèches : les flèches représentant les actions et les double-flèches les interactions. L'intensité de l'action ou de l'interaction est matérialisée par l'épaisseur de la flèche ou de la double-flèche qui est relative à

la valeur de cette action ou de cette interaction. Lorsque les flèches ou double-flèches sont en pointillées, cela signifie que nous n'avons pas de résultats en notre possession pour conclure. Ce sont donc des éléments qui restent à étudier. Pour autant, nous avons spécifié une intensité d'action ou d'interactions qui correspondent à des hypothèses que nous avons émises et qui restent à valider. C'est pour cela que nous avons rajouté un point d'interrogation. L'interaction avec les néso-instruments enseignant et élève initiaux sont toujours hypothétiques puisque nous n'avons pas étudié les enseignants d'une part et qu'il aurait fallu suivre les élèves interrogés sur quelques années. De même, l'interaction avec le néso-instrument enseignant final est toujours hypothétique puisque, là encore, nous n'avons pas analysé les néso-instruments enseignants ainsi que leur impact sur les élèves. Lorsque les néso-instruments sont connus et identifiés par les entretiens, les termes « élève final » et « parent » sont remplacés par le nom de la personne effectivement interrogée.

Le rapport élève-objet géologique est encadré à chaque fois en gris puisqu'il désigne l'interaction sur laquelle nous nous sommes focalisées dans notre étude. Autrement dit, l'objectif était de comprendre le rapport à l'objet géologique au regard des autres éléments avec lesquels l'élève interagissait : l'objet terrain, l'objet médiatique, l'objet enseignement et apprentissage, l'objet croyances, les néso-instruments enseignants, les néso-instruments élèves et le néso-instrument parent. De cette façon, l'interaction matérialisée par une double flèche, dont l'intensité dépend de la valeur de l'objet géologique, entre l'élève et l'objet géologique est la résultante de toutes les autres composantes formant l'ino-instrument élève. Par conséquent, l'intensité de l'interaction entre l'élève et son objet géologique dépend du degré des interactions que ce même élève a avec les autres composantes de son ino-instrument.

8.2.1 Bilan des élèves E1LP et E6AT : profil 7 de l'hypothèse de recherche

L'élève a un objet géologique de valeur relative moyenne. Son objet géologique ne dépend pas de son objet croyances puisqu'il a une vision très cartésienne sur l'origine du magma (la flèche est donc de faible épaisseur). Il ne dépend pas non plus de son objet médiatique qui a une valeur relative très faible (0,9/5). Nous avons vu que l'objet d'enseignement et d'apprentissage n'a pas un fort impact sur la connaissance réelle de l'objet géologique : il améliore peut-être des éléments théoriques des différents contextes (global, Caraïbes, éventuellement national et régional mais certainement pas local). De toutes les façons, il

n'intervient très certainement pas trop dans les conceptions initiales des élèves liées au thème étudié. Nous supposons que l'élève E1LP interagit faiblement avec l'objet terrain : il n'a pas effectué de sortie géologique et ne s'intéresse pas au thème que nous avons étudié. Nous supposons également qu'il interagit faiblement avec le néso-instrument de ses parents puisqu'il précisé qu'il ne connaît aucune personne de son entourage proche qui s'intéresse de près ou de loin au thème du magmatisme de subduction. Nous proposons que cet élève ne bénéficie pas des interactions avec ses camarades de travail puisqu'il semble avoir une attitude d'élève émetteur des informations et transmetteur des idées. Nous n'avons cependant aucun élément pour anticiper sur l'interaction menée antérieurement avec ses camarades passées. Nous évoquons l'idée d'une faible interaction. Nous ne pensons pas alors que son objet géologique dépende de ses interactions avec ses binômes. En revanche, cet élève a des connaissances très précises sur ce qu'elle a étudié au collège concernant ce thème. Il en est de même pour le lycée.

En conclusion, nous pensons que les conceptions initiales de l'élève E1LP liées au thème étudié dépendent essentiellement des interactions qu'elle a eues avec ses enseignants via l'objet d'enseignement et d'apprentissage. Cet élève appartient donc au profil 7 de l'hypothèse de recherche (figure 51).

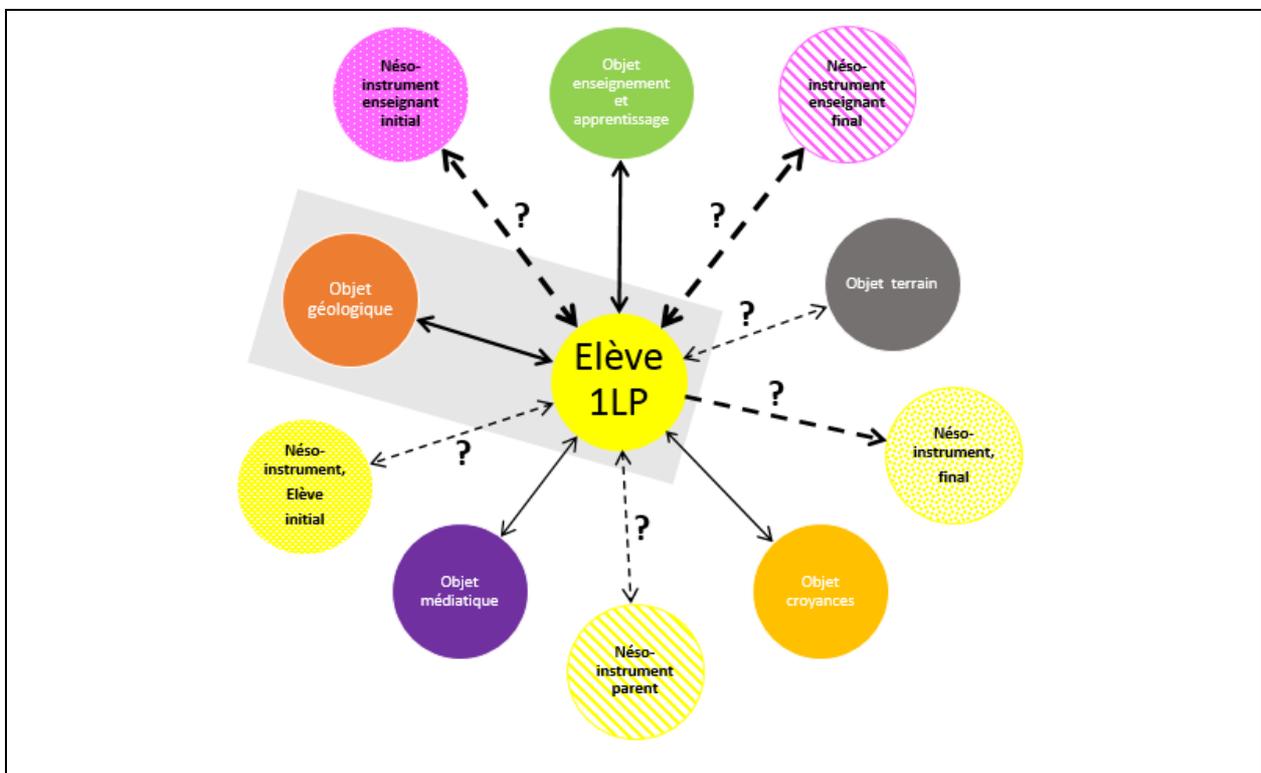


Figure 51. Bilan des interactions expliquant l'objet géologique au sein de l'ino-instrument de l'élève E1LP

L'élève E6AT a un objet géologique de valeur relative faible. Son objet géologique ne dépend pas de son objet croyances puisqu'il a une vision cartésienne sur l'origine du magma. Son objet géologique ne dépend pas non plus de son objet médiatique qui a une valeur relative très faible (1,15/5). Nous ne considérons pas non plus l'objet d'enseignement et d'apprentissage puisqu'il ne semble pas avoir un impact sur les conceptions initiales. Nous supposons que l'élève E6AT interagit faiblement avec l'objet terrain : il n'a pas effectué de sortie géologique, n'a pas montré d'intérêt pour le thème étudié et a un registre empirique très pauvre (pas d'expérience de terrain). Nous supposons également qu'il interagit faiblement avec le néso-instrument de ses parents puisqu'il a précisé qu'il ne connaît aucune personne de son entourage proche qui s'intéresse au thème du magmatisme de subduction dans le cadre de leurs études, leur travail ou par simple curiosité. Les interactions avec les camarades de classe ne sont pas connues pour l'élève E6AT. Nous n'avons donc pas de résultats mais nous supposons que, au vu des interactions menées en classe avec son binôme de travail, cet élève bénéficie très peu de l'interaction puisque la valeur de l'objet géologique de son collaborateur tend à être faible. Nous n'avons également aucun élément pour anticiper sur les interactions de l'élève E6AT menées antérieurement avec ses camarades passés. Nous évoquons l'idée d'une faible interaction hypothétique puisque cet élève n'a aucun souvenir du collège concernant le thème étudié. De même, au vu des faibles connaissances mises en jeu pour l'évaluation de son objet géologique ainsi que ses souvenirs pauvres, nous supposons que l'influence des néso-instruments enseignants sur les conceptions initiales de l'élève E6AT est faible. D'autant plus que ce dernier n'a pas été marqué par ses enseignants de SVT

En conclusion, nous pensons que les conceptions initiales de l'élève E6AT sont également influencées par les apports des enseignants via l'objet d'enseignement et d'apprentissage mais relativement faiblement. Son profil appartient également au profil 7 de l'hypothèse de recherche (figure 52).

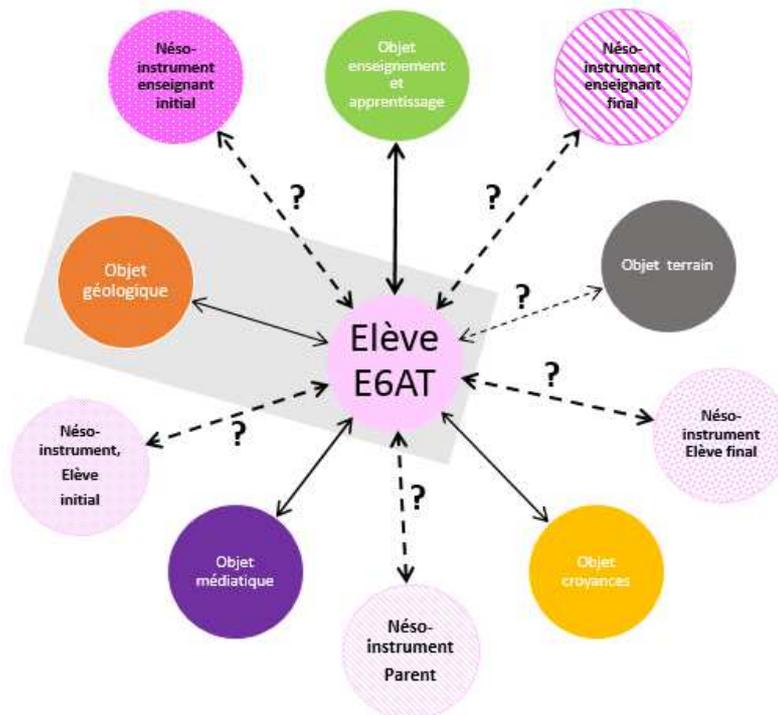


Figure 52. Bilan des interactions expliquant l'objet géologique au sein de l'ino-instrument de l'élève E6AT

8.2.2 Bilan des élèves E2DS et E8AS : profil 4 de l'hypothèse de recherche

Les élèves E2DS et E8AS ont un objet géologique de valeur relative faible. Leur objet géologique ne dépend pas de leur objet croyances puisqu'ils ont une vision très cartésienne sur l'origine du magma même si l'élève E8AS évoque l'existence d'un volcan avec un creux à Saint-Martin. Leur objet géologique ne dépend pas non plus de leur objet médiatique qui a une valeur relative très faible (1,15/5). Nous ne considérons pas non plus l'objet d'enseignement et d'apprentissage puisqu'il ne semble pas avoir un impact sur les conceptions initiales. L'élève E2DS a un objet d'enseignement et d'apprentissage de valeur plus élevée que l'élève E8AS. Pour autant, son objet géologique prend une valeur faible 1/5 contre 0,82/5 pour l'élève E8AS. Nous supposons que les élèves E2DS et E8AS interagissent faiblement avec l'objet terrain : ils n'ont pas effectué de sortie géologique, n'ont pas montré d'intérêt pour le thème étudié et ont un registre empirique très pauvre. Nous supposons également qu'ils interagissent faiblement avec le néso-instrument de leurs parents puisqu'ils ont précisé qu'ils ne connaissent aucune personne de leur entourage proche qui s'intéresse au thème du magmatisme de subduction dans le cadre de

leurs études, leur travail ou par simple curiosité. En revanche, les élèves E2DS et E8AS bénéficient fortement des interactions avec leurs camarades de travail puisqu'ils ont une attitude d'élèves récepteurs des informations apportées par le groupe. Nous n'avons aucun élément pour anticiper sur les interactions de ces deux élèves menées antérieurement avec leurs camarades passés. Nous évoquons l'idée d'une forte interaction bénéficiant aux élèves E2DS et E8AS. De même, au vu des faibles connaissances mises en jeu pour l'évaluation de leur objet géologique ainsi que leurs souvenirs pauvres, nous supposons que l'influence des néso-instruments enseignants sur les conceptions initiales des élèves E2DS et E8AS est faible. D'autant plus que l'élève E2DS n'a pas été marqué par ses enseignants de SVT et que l'élève E8AS souligne qu'il a été marqué seulement par ses enseignants de lycée.

En conclusion, nous pensons que les conceptions initiales des élèves E2DS et E8AS dépendent des interactions avec leur binôme de travail. Leurs conceptions initiales sont également influencées par les apports des enseignants via l'objet d'enseignement et d'apprentissage mais relativement faiblement. Ils appartiennent donc au profil 4 de l'hypothèse de recherche (figures 53+54).

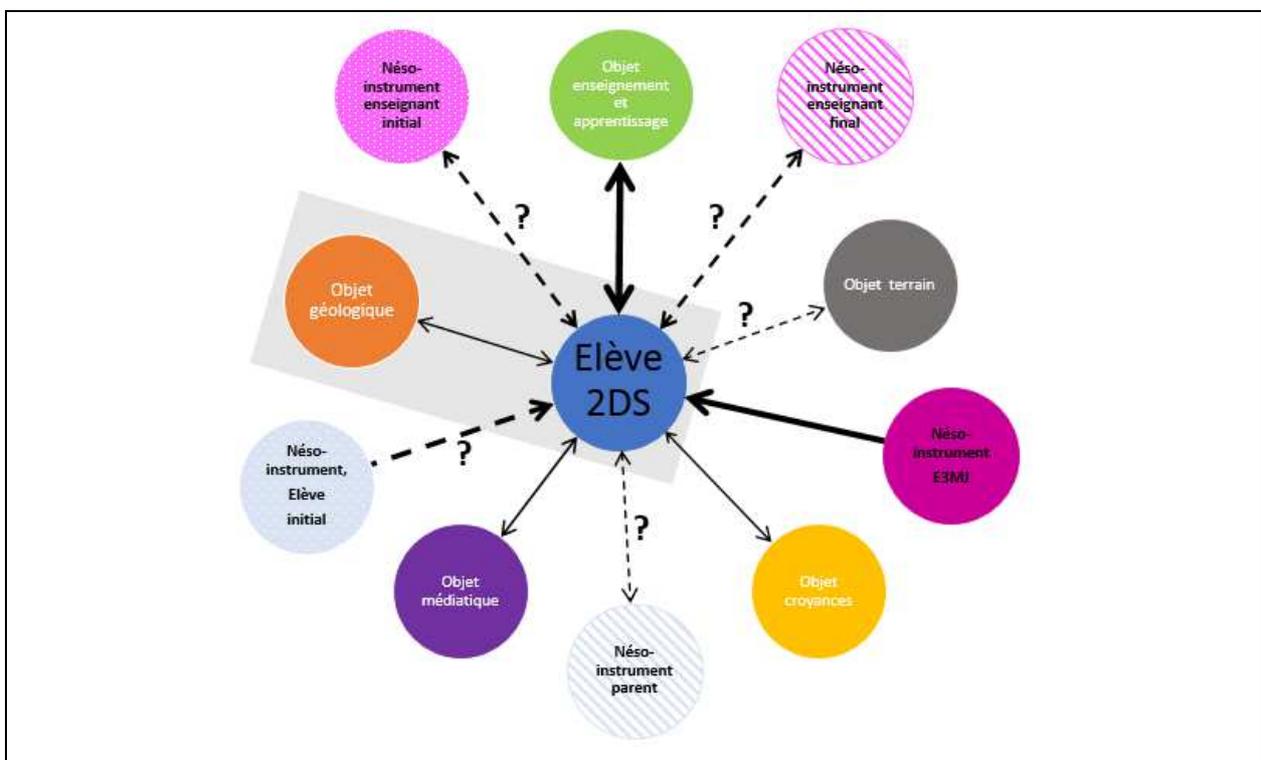


Figure 53. Bilan des interactions expliquant l'objet géologique au sein de l'ino-instrument de l'élève E2DS

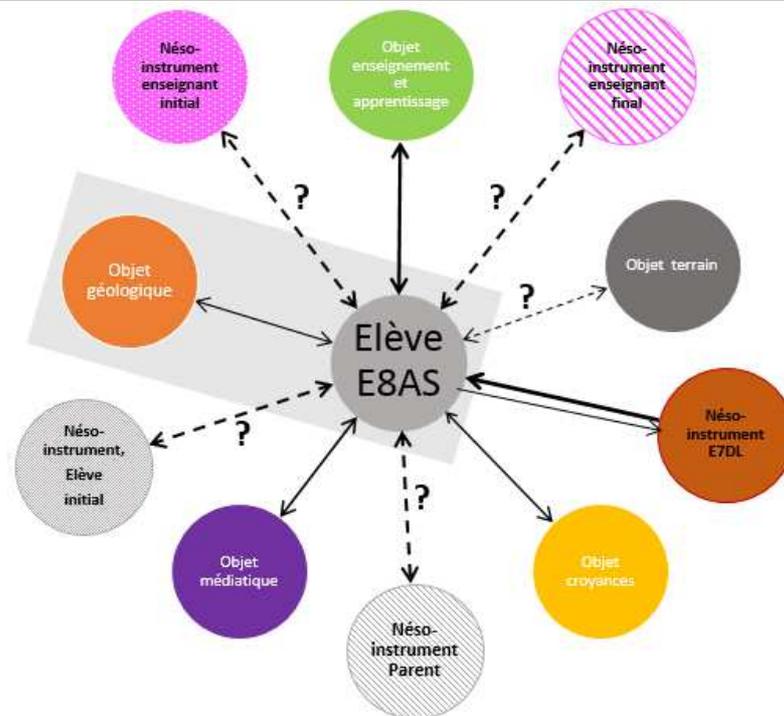


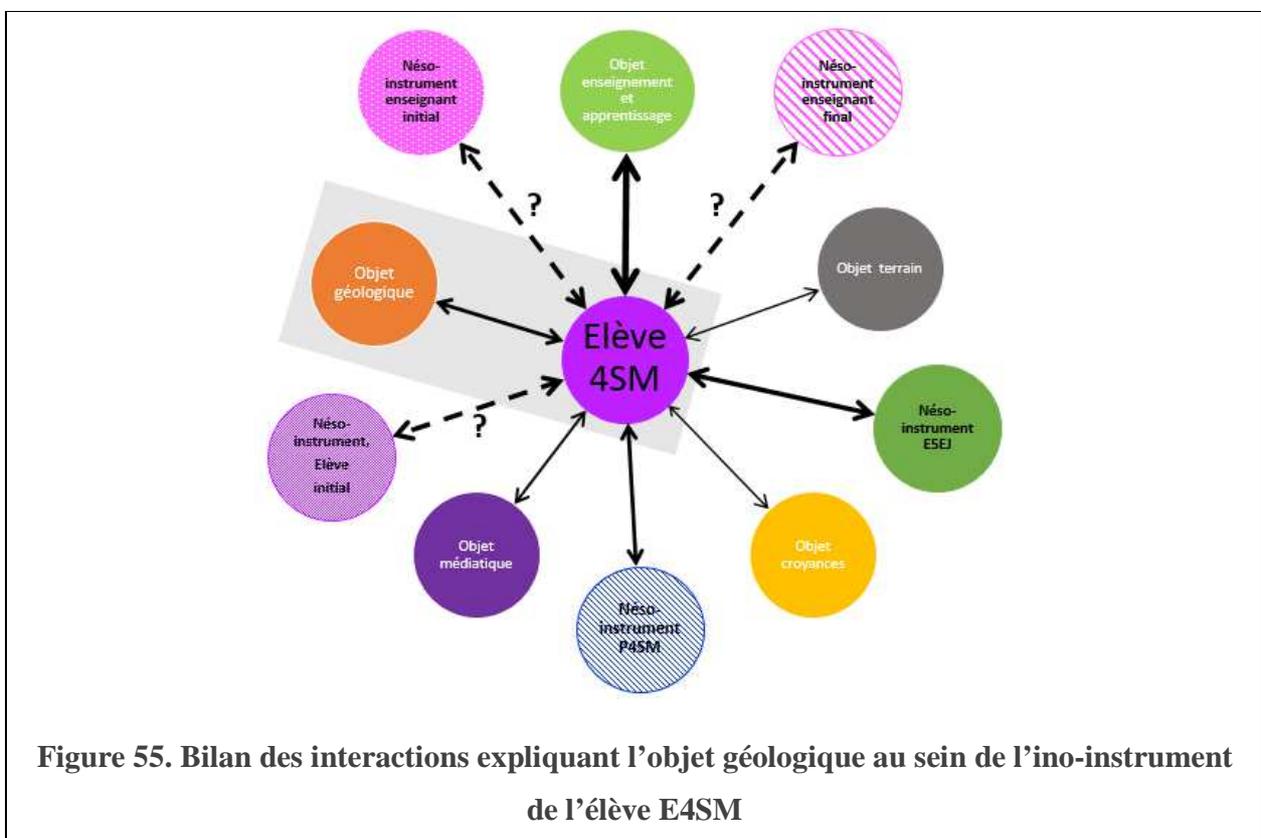
Figure 54. Bilan des interactions expliquant l'objet géologique au sein de l'ino-instrument de l'élève E8AT

8.2.3 Bilan des élèves E4SM et E5EJ : profil 1 de l'hypothèse de recherche

Les élèves E4SM et E5EJ ont un objet géologique de valeur relative assez forte. Leur objet géologique ne dépend pas de leur objet croyances puisqu'ils ont une vision très cartésienne sur l'origine du magma même si l'élève E5EJ fait allusion aux corps jetés dans les volcans en guise de sacrifice. Leur objet géologique dépend de leur objet médiatique qui a une valeur relative moyenne à forte : 1,40/5 pour l'élève E4SM et 1,85/5 pour l'élève E5EJ. Seulement, l'objet médiatique de l'élève E5EJ influe plus sur les connaissances acquises associées au thème étudié. L'objet d'enseignement et d'apprentissage n'est toujours pas considéré puisqu'il ne semble pas avoir une influence marquée sur les conceptions initiales. Nous supposons que les élèves E4SM et E5EJ interagissent plus que les élèves précédents avec l'objet terrain : ils n'ont pas effectué de sortie géologique mais ont une petite expérience de terrain (visite du dôme de la Soufrière de Guadeloupe par exemple) et sont plus intéressés par le thème étudié. Ce qui explique sans doute la valeur de leur objet médiatique. Nous supposons également qu'ils interagissent fortement avec le néso-instrument de leurs parents puisque leur profil médiatique s'apparente

fortement avec celui de leurs parents et ont eu des échanges avec eux sur le thème étudié. Ces élèves bénéficient aussi des interactions avec leurs camarades de travail et prennent à la fois le rôle d'émetteur et de récepteur : l'enrichissement est mutuel. Nous n'avons là encore aucun élément pour anticiper sur les interactions menées antérieurement avec leurs camarades passés. Nous évoquons l'idée d'une interaction équilibrée similaire. De même, nous supposons que l'objet géologique de ces élèves a également été influencé par les néso-instruments enseignants puisqu'ils font souvent appel à leurs connaissances lors de l'entretien et qu'ils donnent des noms spécifiques d'enseignants, collègue et lycée, qui les ont marqués.

En conclusion, nous pensons que les conceptions initiales des élèves E4SM et E5EJ dépendent de leur objet médiatique, lui-même relié à leurs parents. Ces conceptions initiales sont également influencées par les apports des enseignants via l'objet d'enseignement et d'apprentissage, apports qui sont certainement consolidés par les ressources liées à l'objet d'enseignement et d'apprentissage qu'ils utilisent. Enfin, elles dépendent également des connaissances mises en exergue lors des interactions au sein des binômes de travail ainsi que, pour une faible part, de l'objet terrain (figures 55+56). Les élèves appartiennent au profil 1 de l'hypothèse de recherche.



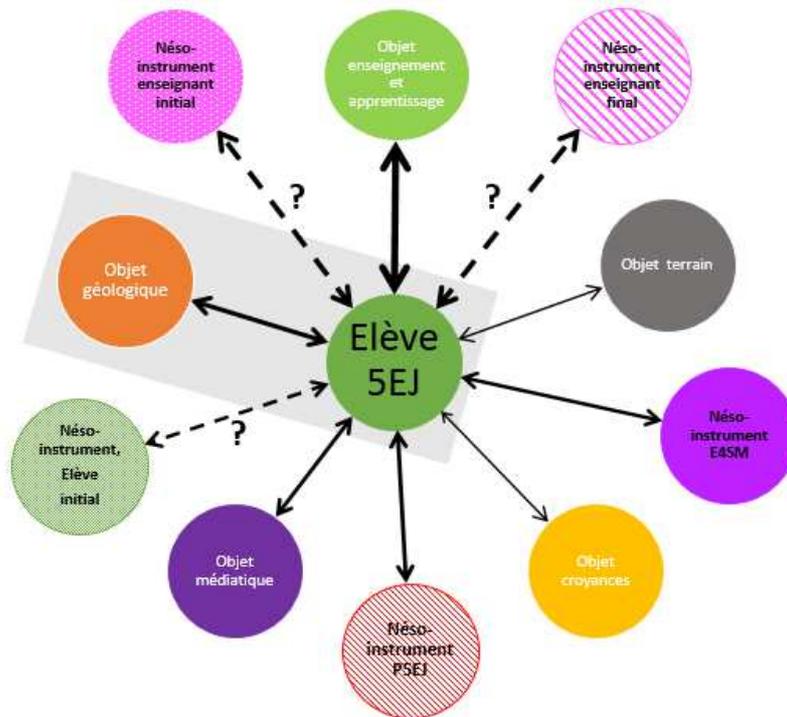


Figure 56. Bilan des interactions expliquant l'objet géologique au sein de l'ino-instrument de l'élève E5EJ

8.2.4 Bilan des élèves E3MJ et E7DL : profil 3 de l'hypothèse de recherche

Les élèves E3MJ et E7DL ont un objet géologique de valeur relative forte. Leur objet géologique ne dépend pas non plus de leur objet croyances puisqu'ils ont une vision très cartésienne sur l'origine du magma. Leur objet géologique dépend de leur objet médiatique qui a une valeur relative forte : 1,75/5 pour l'élève E7DL et 1,95/5 pour l'élève E3MJ. Les connaissances acquises associées au thème étudié sont donc fortement conditionnées par l'objet médiatique. L'objet d'enseignement et d'apprentissage n'est, là encore, pas considéré puisqu'il n'apparaît ne pas avoir une influence marquée sur les conceptions initiales. Nous supposons que les élèves E3MJ et E7DL interagissent assez fortement avec l'objet terrain : ils ont effectué une sortie géologique à la carrière de Grand-Case ainsi que sur les affleurements de granodiorite notamment. Ils ont une petite expérience de terrain (visite du dôme de la Soufrière de Guadeloupe, colonie de vacances dans la Chaîne des Puys) et présentent une curiosité vis-à-vis du thème étudié. Ce qui explique aussi la valeur de leur objet médiatique. Nous supposons également que l'élève E7DL interagit fortement avec le néso-instrument de ses parents puisque

son profil médiatique s'apparente avec celui de ses parents. En revanche, ce n'est pas le cas de l'élève E3MJ qui affiche une certaine indépendance vis-à-vis du profil médiatique de ses parents. Ces élèves ne bénéficient cependant pas des interactions avec leurs camarades de travail : ce sont des élèves essentiellement émetteurs. Nous n'avons bien évidemment aucun élément pour anticiper sur les interactions menées antérieurement avec leurs camarades passés. Nous évoquons l'idée que ces élèves aient été émetteurs également. De même, nous supposons que l'objet géologique de ces élèves a également été influencé par les néso-instruments enseignants puisqu'ils ont des souvenirs de collège et de lycée liés au thème étudié, font souvent appel à leurs connaissances lors de l'entretien et semblent avoir été marqués par leurs enseignants de SVT, collège et lycée.

En conclusion, nous pensons que les conceptions initiales des élèves E3MJ et E7DL dépendent de leur objet médiatique. Seul l'élève E7DL est en interaction véritable avec ses parents du point de vue de cet objet. Ces conceptions initiales sont également influencées par les apports des enseignants via l'objet d'enseignement et d'apprentissage. Enfin, elles dépendent également de l'objet terrain qui est plus étendu dans le cas de ces élèves (figures 57+58). Les élèves E3MJ et E7DL appartiennent donc au profil 3 de l'hypothèse de recherche.

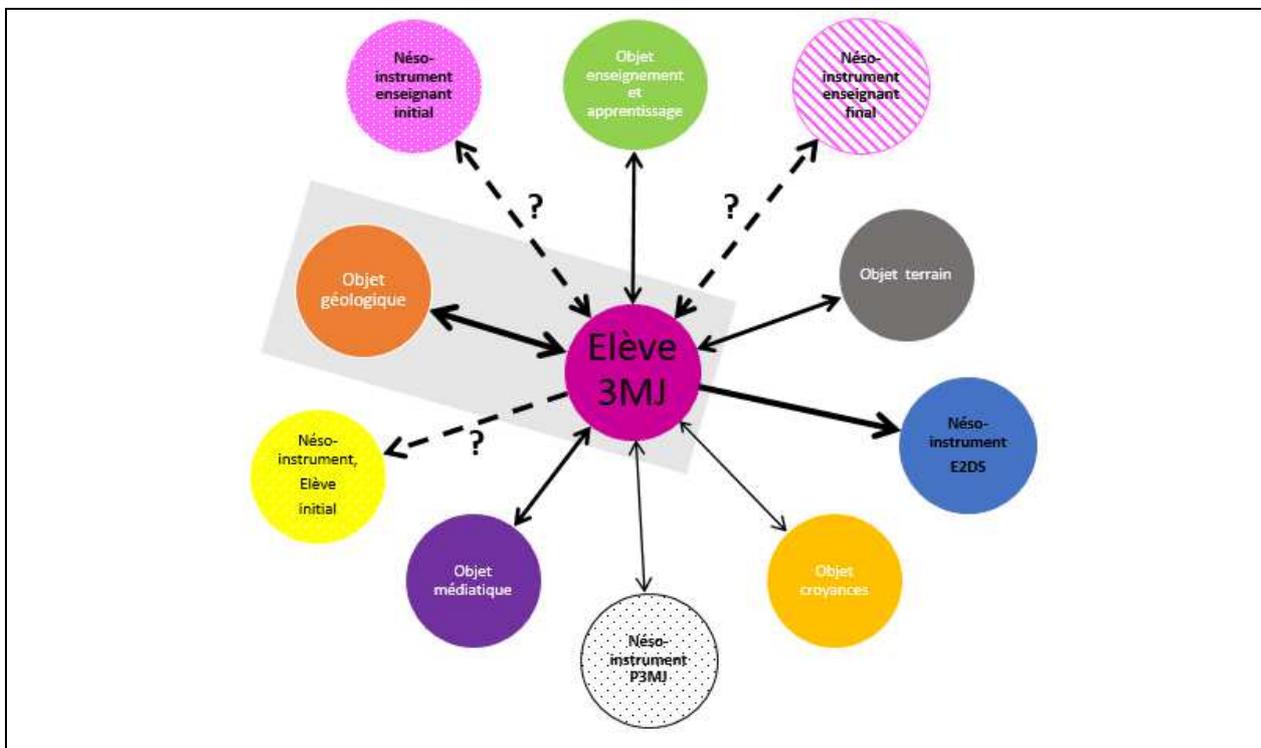


Figure 57. Bilan des interactions expliquant l'objet géologique au sein de l'ino-instrument de l'élève E3MJ

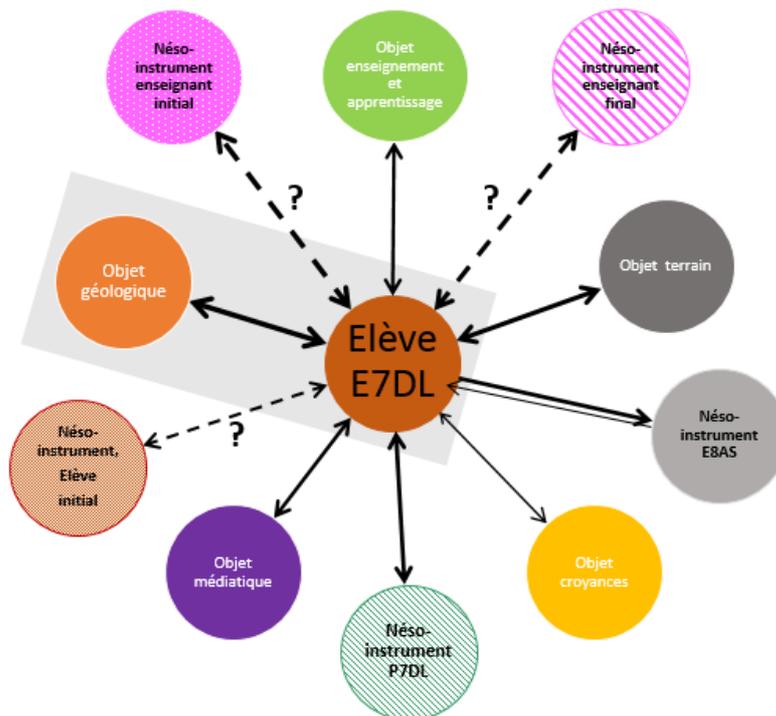


Figure 58. Bilan des interactions expliquant l'objet géologique au sein de l'ino-instrument de l'élève E7DL

Ainsi, afin d'enrichir les conceptions initiales, outre le rapport au néso-instrument enseignant, il faut considérer l'objet médiatique ainsi que l'objet terrain. En effet, les élèves qui ont la plus forte valeur d'objet géologique sont influencés fortement par l'objet médiatique et l'objet terrain, en plus du néso-instrument enseignant. Il est bien évident que ce néso-instrument est à considérer pour les perspectives futures puisque lorsque l'impact entre ce néso-instrument et l'élève est faible, les connaissances résultantes sont faibles également. De plus, il faut garder à l'idée que le profil médiatique de l'élève peut être influencé par le profil médiatique des parents. Les interactions entre élèves sont à considérer également mais pas dans l'objectif de retravailler les binômes. Elles doivent être considérées à la lumière des processus d'enseignement et d'apprentissage établis.

8.3 Perspectives

Il convient d'approfondir cette étude afin de comprendre l'impact du néso-instrument de l'enseignant sur les élèves et donc sur leurs conceptions initiales associées à l'objet géologique. De même, il est nécessaire d'analyser plus précisément les éléments liés à l'objet d'enseignement et d'apprentissage dans le cadre du thème étudié. Il s'agit de montrer en quoi cet objet n'a pas de lien direct avec la connaissance initiale de l'objet géologique. Cette analyse permettra également d'identifier dans quel mesure ce même objet a un impact sur la connaissance finale de l'objet géologique. Il serait intéressant de suivre des élèves sur quelques années afin d'appréhender le réseau de relations qui se construit au fil du temps et de saisir précisément l'origine des conceptions initiales liées au thème étudié. Enfin, il est indispensable également de mener notre étude à une échelle plus grande en augmentant la taille de la population étudiée : une classe, un bassin académique. Ceci légitimerait d'une part les premiers résultats constatés et donnerait accès d'autre part au comportement global de la population dans le cadre du thème étudié (magmatisme des zones de subduction), à l'échelle d'une classe, à l'échelle d'un bassin académique. De cette manière, ceci rendrait les phyllo-instruments plus stables car afficherait des liaisons entre les différents acteurs, bien connectées et cohérentes. Face à cela, des actions didactiques adaptées pourront être édifiées afin d'anticiper les conceptions initiales et afin d'améliorer le processus d'enseignement et d'apprentissage à partir de ces conceptions initiales. En effet, si nous comprenons exactement comment s'élaborent les conceptions initiales chez les élèves, il est possible d'adapter des ingénieries didactiques préventives en conséquence. De cette façon, l'élève entame l'étude de la partie sur le magmatisme de subduction avec des conceptions initiales plus solides. De même, le dépassement de ces conceptions initiales sera travaillé à la lumière de ces ingénieries didactiques conçues de façon affinée et adaptée.

Il faudra bien évidemment réfléchir à une manière automatisée de concevoir les entretiens mais également de réaliser l'interprétation à partir d'un module informatique spécialisé et donc adapté à notre étude. Cette méthodologie élaborée pourra hypothétiquement se translater sans perdre son information finale à d'autres thèmes d'étude en lien avec les programmes d'enseignement.

De cette étude, à l'occasion de ce mémoire, quelques éléments d'ingénierie didactique peuvent être soulevés. En effet, nous avons vu la nécessité d'exercer les élèves à un regard

critique vis-à-vis des ressources médiatiques pour lesquelles ils ont très peu de recul. Il est donc utile d'élaborer des séances d'apprentissage qui puissent ouvrir à la discussion de modèles présentés dans la littérature. Il est également intéressant que l'enseignant, outre les parents sur lesquels nous n'avons pas de prise, contribue à la construction du profil médiatique de l'élève en proposant à la lecture des documents qui correspondent à leurs habitudes et affinités initiales. Il faut donc mettre à jour les comportements globaux et communs des élèves vis-à-vis des ressources médiatiques pour mieux les inciter à développer leur objet médiatique. Il est aussi indispensable d'élaborer des processus d'enseignement et d'apprentissage qui soulève la nécessité d'invoquer le registre empirique afin de valider ou instancier des modèles élaborés. Ce qui rend au terrain son statut indispensable dans la consolidation des connaissances associées à l'objet géologique. Il est sans doute impératif d'ancrer ce système d'apprentissage dans le contexte local, qui est très mal connu, qui pose question et qui, malgré cela, semble intéresser les élèves.

Cette étude constitue donc les prémices d'une étude plus large qui amène à mieux comprendre et anticiper les conceptions initiales des élèves vis-à-vis du thème sur le magmatisme des zones de subduction. Ceci est permis par une étude fine des ino-instruments élèves puis des phyllo-instruments classes. Ce sont des systèmes complexes multi-paramètres finement contrôlés. S'ils sont contrôlés, c'est qu'ils sont contrôlables. De cette manière, à travers une étude très approfondie, nous saurons quels sont les paramètres majeurs sur lesquels il faut agir. Nous en avons certes une première esquisse. Il s'agit alors de la confirmer et d'en intensifier l'analyse. L'objectif est de pouvoir construire des actions didactiques adaptées qui suivent le cursus des élèves et qui sont affinées au fur et à mesure de leurs avancements.

9 Bibliographie

- Astolfi J.-P. (1997), *L'erreur, un outil pour enseigner*. Issy-les-Moulineaux : ESF.
- Astolfi J.-P. & Develay M. (1991), *La didactique des sciences*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Bachelard, G. (1938), *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- Bardintzeff, J.-M. (2011), *Volcanologie*. Paris : Dunod
- Bello, A. (2007) *Les falsificateurs*. Paris : Gallimard
- Bonin B. (1999), *Pétrologie endogène*. Paris : Dunod.
- BRGM (2006), Les risques telluriques. *Géosciences*, vol. 4, p. 1-7.
- Brousseau, G. (1998), *Théorie des situations didactiques*. Grenoble: La pensée sauvage.
- Chalak, H. (2012) *Conditions didactiques et difficultés de construction de savoirs problématisés en sciences de la Terre : étude de la mise en texte des savoirs et des pratiques enseignantes dans des séquences ordinaires et forcées concernant le magmatisme (collège et lycée)*. Education. Université de Nantes; - Université Saint-Joseph de Beyrouth : <tel-00700798>.
- Dehaene, S. Spelke, L. Pinel, P. Stanescu, R. & Tsivkin, S. (1999), Sources of mathematical thinking : behavioral and brain-imaging evidence, *Science*, vol; 284, pp. 970---974.
- Delcroix, A., Forissier, T., Anciaux, F. (2013), Vers un cadre d'analyse opérationnel des phénomènes de contextualisation didactique, in Frédéric Anciaux, Thomas Forissier et Lambert Félix Prudent, *Contextualisations didactiques, approches théoriques*, Paris, L'Harmattan (pp. 141-189).
- Develay, M. (1998), *Donner du sens à l'école*. Paris : ESF
- Durkheim, E. (1898), Représentations individuelles et collectives. *Revue de Métaphysique et de Morale*, vol.6, p 1-22
- Eastes, R.-E. (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*. Education. UFR Philosophie de l'Université Paris 1-

Institut d'Histoire et de Philosophie des Sciences et des Techniques (IHPST)-Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation de l'Université de Genève

Flamand, P., Gervais, A. (2004), Les objets d'apprentissage : au-delà de la technologie, la pédagogie. *Le bulletin clic*, vol. 54, p. 1-5

Garnier, C., Bednarz, N., Ulanovskaya, I. (2004), *Après Vygotski et Piaget. Perspectives sociales et constructiviste. Écoles russe et occidentale*. Bruxelles: Éditions De Boeck.

Giordan, A., De Vecchi, G. (1987), *Les origines du savoir*. Neuchâtel : Delachaux et Nieslé.

Giordan, A., De Vecchi, G. (1994), *L'enseignement scientifique. Comment faire pour que ça marche?* Nice : Z'éditions.

Giordan, A., Girault. Y. (1996), *New learning models*. Nice : Z'éditions.

Giordan, A. (1997), *Des idées pour apprendre*. Nice : Z'éditions.

Giordan, A. (1998) *Apprendre!* Paris : Belin.

Guin, D., Trouche, L. (2002), *Calculatrices symboliques : transformer un outil en un instrument du travail mathématique, un problème didactique*. Grenoble : La pensée sauvage.

Husson, F. (2014) *Analyse des données*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes

Kuhn T.S. (1983), *La structure des révolutions scientifiques*. Paris : Flammarion, (édition originale 1962).

Lallemand, S. (1999) *La subduction océanique*. Amsterdam: Gordon and Breach Science Publishers

Martinand, J.-L. (1994). Quels enseignements peut-on tirer des travaux dans la perspective du développement de curriculum ?, *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences* (pp. 127-133). Paris : INRP.

Migne, J. (1970), Pédagogie et représentations, *Education permanente*, vol.8 (republié en 1994 dans *Education permanente*, n°119, pp.11-31.

Moscovici, S. (1961), *La psychanalyse, son image et son public*. Paris, PUF.

Orange, C. (1994), Les modèles, de la mise en relation au fonctionnement, in J.-L. Martinand *et al.*, *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation*. Paris, INRP, (pp.25-43).

Orange, C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie, quels apprentissages pour le lycée ?* Paris : PUF.

Orange, C. (2002), Apprentissages scientifiques et problématisation, *Les Sciences de l'éducation, pour l'ère nouvelle*, vol. 35, n°1, pp.25-42.

Orange, C. (2004), Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques », *Les Sciences de l'éducation, Pour l'ère nouvelle*, vol. 38, n°3, pp.69-93.

Orange, C. (2006), Chapitre 5. Problématisation, savoirs et apprentissages en sciences, in M. Fabre *et al.*, *Situations de formation et problématisation*. Paris : De Boeck Supérieur Perspectives en éducation et formation, (pp. 73-90).

Orange, C., Orange-Ravachol, D. (2013) Le concept de représentation en didactique des sciences : sa nécessaire composante épistémologique et ses conséquences, *Recherches en éducation*, vol. 17, pp.46-62.

Pellaud, F., Eastes P.-E. (2003) The importance on « presenting » knowledge : The role of the teaching environment in the Allosteric Learning Model, in *Actes du Hawaii international conference on social sciences*, Honolulu.

Pellaud, F. (2011), *Pour une éducation au développement durable*. Versailles : Quae.

Piaget, J. (1926), *The Language and Thought of the Child*. New York: Harcourt Brace & Company.

Piaget, J. (1930). *The Child's Conception of Physical Causality*. New York: Harcourt Brace & Company.

Provost, A., Langlois C. (2011), *Mini-manuel de géologie- roches et géochimie*. Paris : Dunod.

Rabardel, P. (1995), *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : A. Colin.

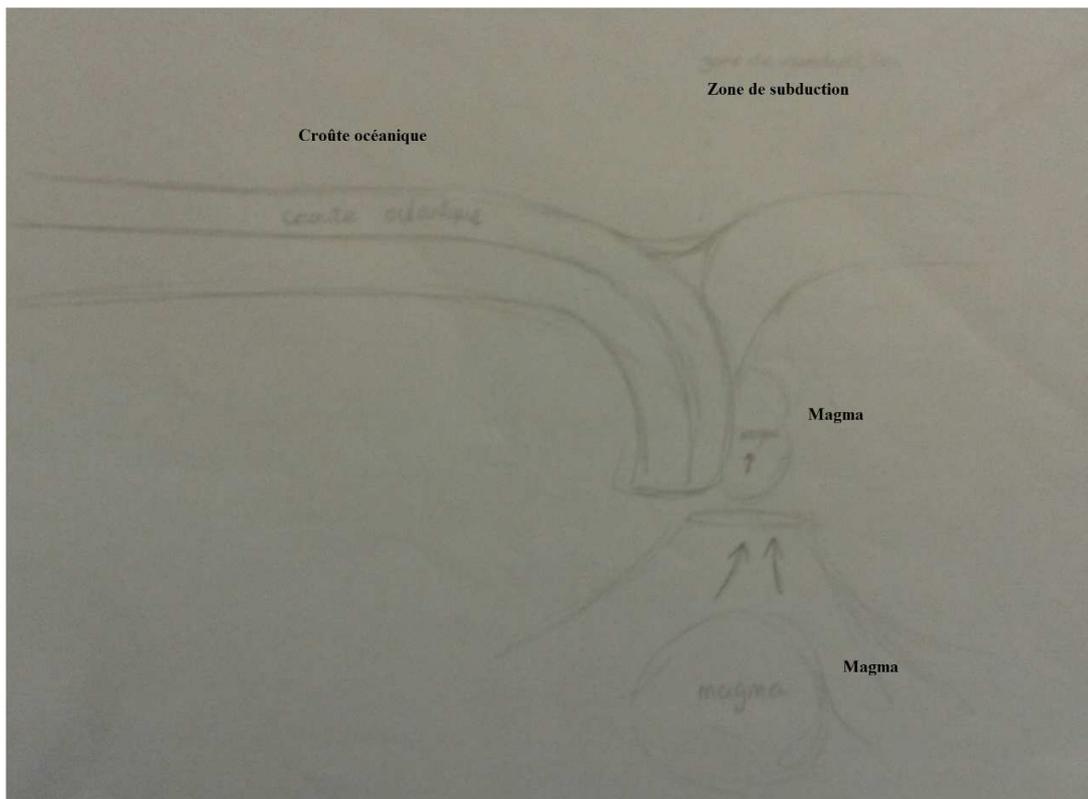
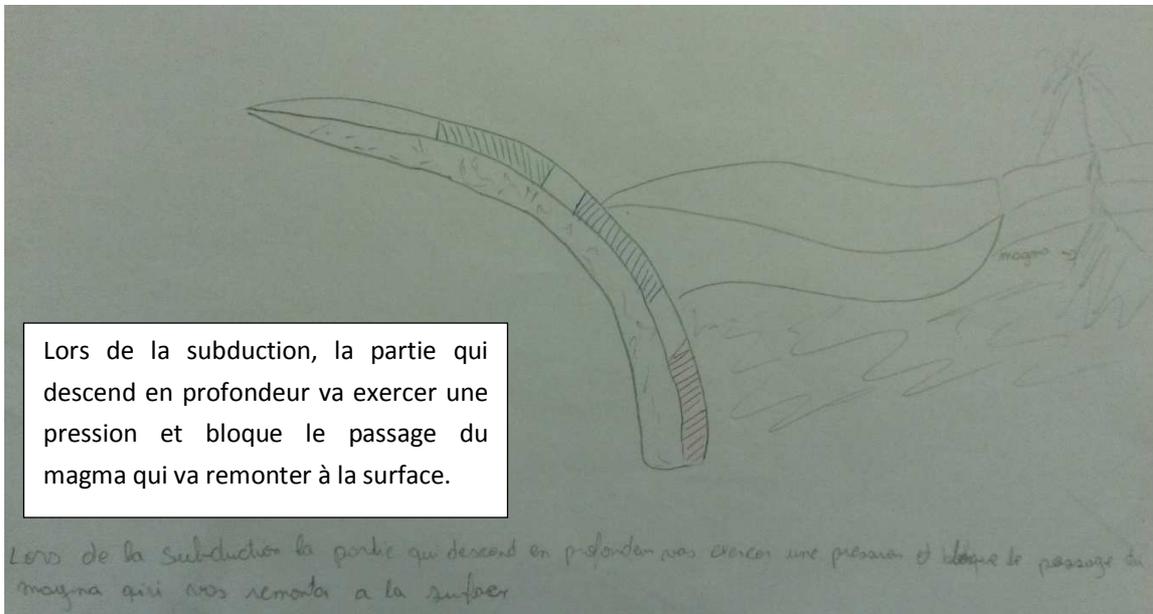
Sanchez, E. (2008), *Investigation scientifique et modélisation pour l'enseignement des sciences de la Terre, Contribution à l'étude de la place des technologies numériques dans la conduite d'une classe de terrain au lycée*. Education. Université Claude Bernard-Lyon I : <tel- 00199077>

Trouche, L. (2005), Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques : nécessité des orchestrations, *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 25, pp. 91-138

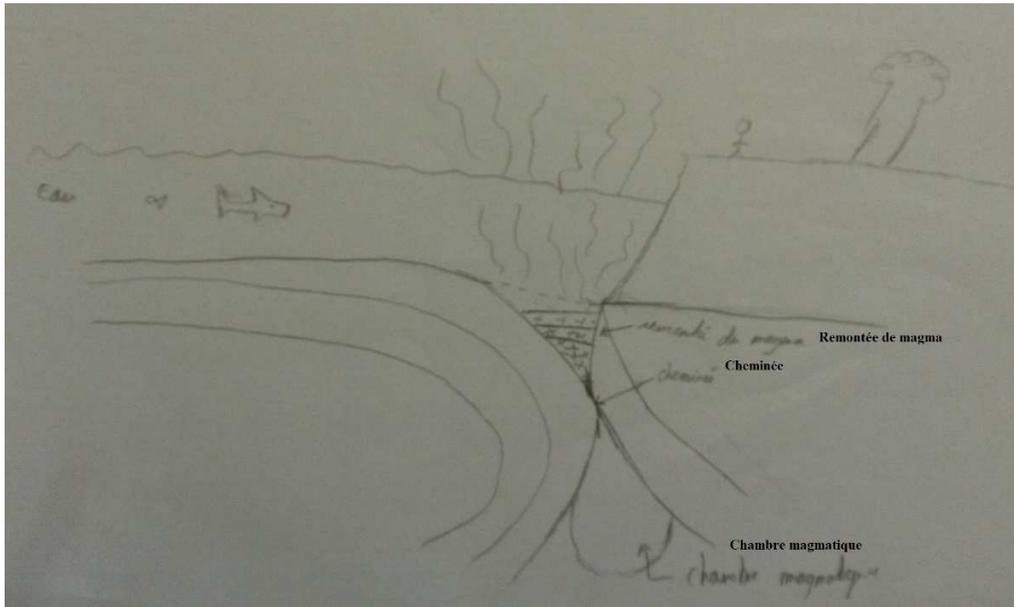
Vergnaud, G. (1991) Langage et Pensée dans l'apprentissage des mathématiques, *Revue Française de Pédagogie*, vol. 96, pp. 79-86.

Vygotski, L. (1934/1985), *Pensée et langage*. Paris : éd. sociales.

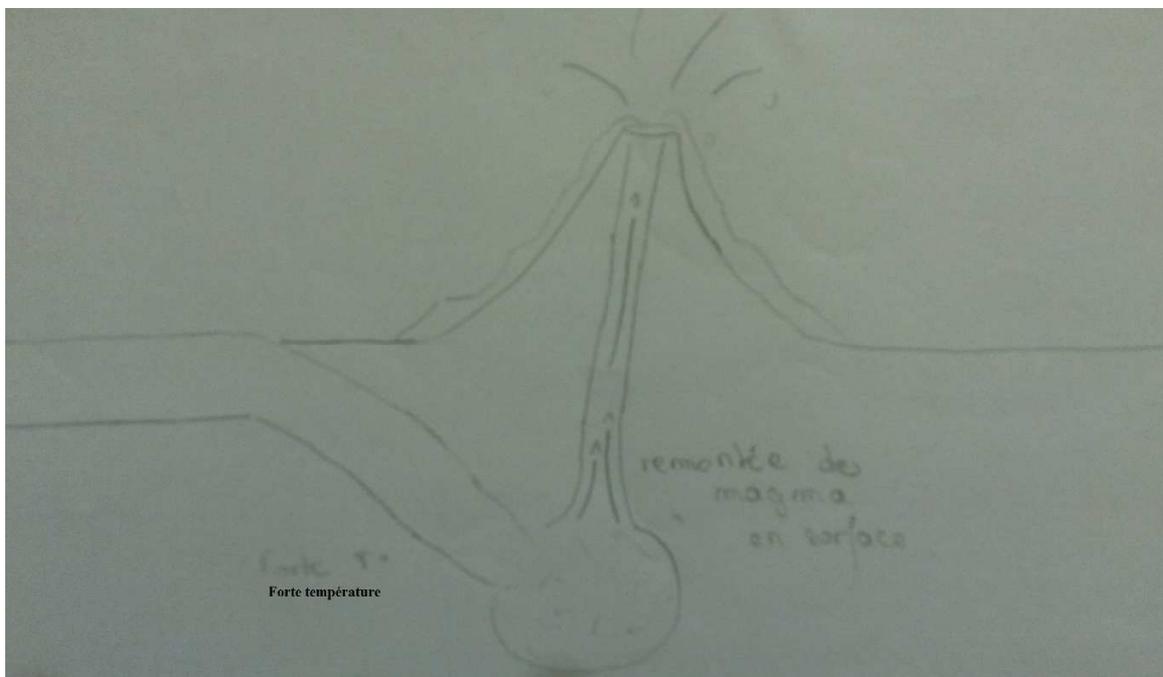
ANNEXE 1 : CLASSIFICATION DES PRODUCTIONS ECRITES EN FONCTION DU TYPE D'EXPLICATION



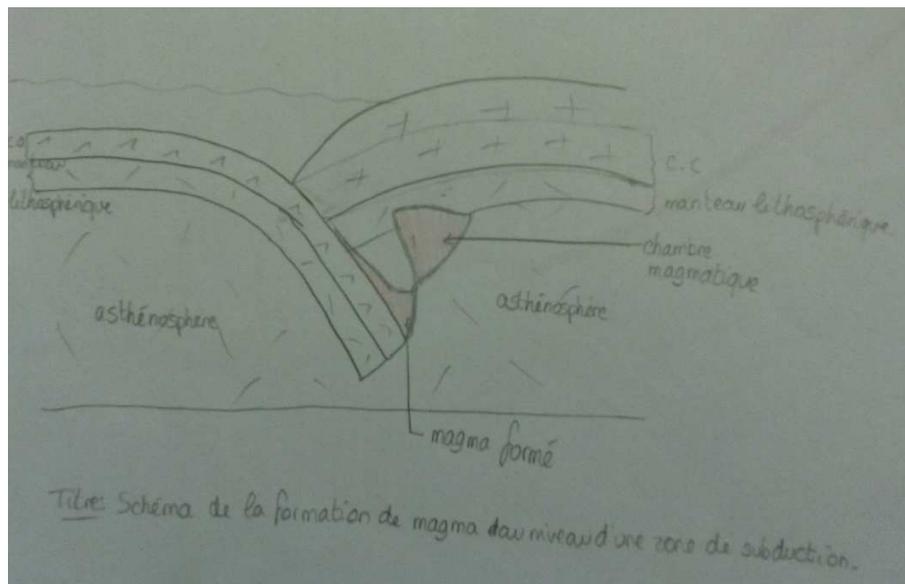
Explication 1 : réserve de magma diffuse préexistante, située dans le manteau ou dans le noyau



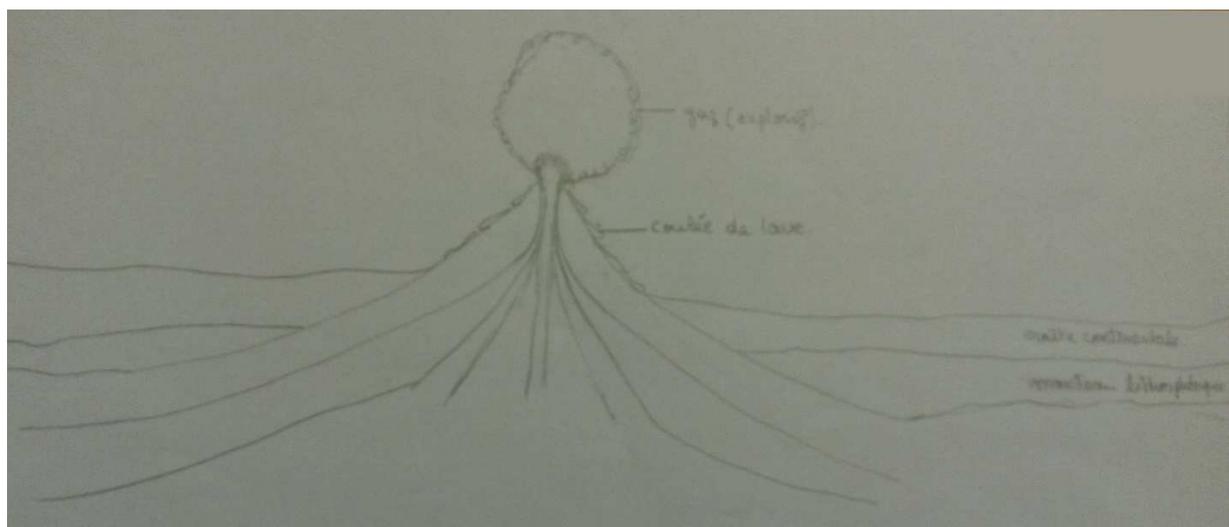
Explication 2 : présence locale de magma préexistant qui est stockée dans une chambre magmatique, le magma remonte par une faille qui est à l'interface entre la plaque plongeante et la plaque chevauchante



Explication 3 : le magma se forme localement par fusion de la lithosphère océanique plongeante sous l'action d'une forte température.



Explication 4 : fusion locale du manteau asthénosphérique situé sous la plaque chevauchante



Explication Ø : aucune explication sur l'origine du magma dans les zones de subduction

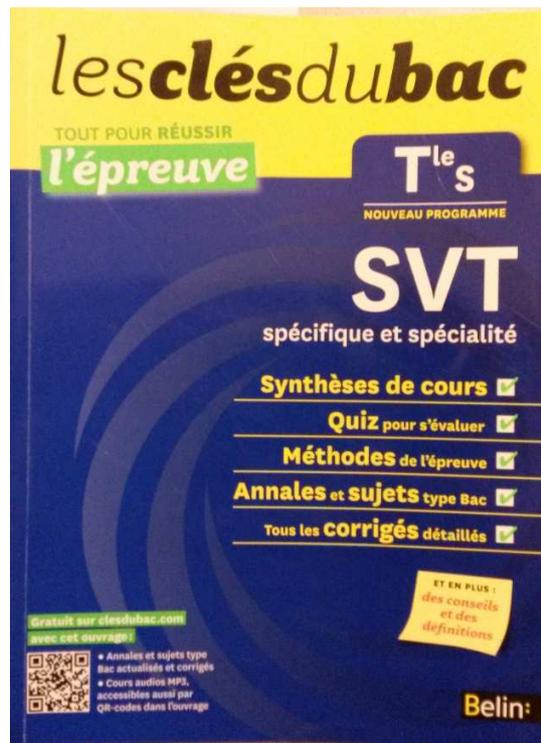
ANNEXE 2A : RESSOURCES DE L'OBJET D'ENSEIGNEMENT ET D'APPRENTISSAGE A DISPOSITION DES ELEVES

The screenshot shows the ASP website interface. At the top, there is a navigation bar with the ASP logo, the text 'assistance scolaire personnalisée lycée', and a 'lycée' tab. Below this, a blue banner displays the date 'Lundi 15 juin 2015. Bonjour' and options to 'Se connecter' or 'S'inscrire gratuitement'. The main content area is titled 'Document Exercices' and features the article 'Le magmatisme en zone de subduction : une production de nouveaux matériaux continentaux'. The article text discusses oceanic margins, subduction zones, and volcanic activity. A sidebar on the left contains navigation links for 'SVT', 'Tableau de bord T. S.', and 'Autres rubriques'. The article content includes a sub-heading '1. Un volcanisme explosif' and a paragraph describing volcanic activity in subduction zones, mentioning the Krakatoa eruption and the subduction of the Indo-Australian plate under the Eurasian plate.

Extrait 1 : page du site assistance scolaire personnalisée

The screenshot shows a video player interface. The video content features a female teacher standing in front of a chalkboard. The chalkboard has handwritten text in French: 'Analyse au TLO en LPA et en LPNA de roches des zones de subduction'. Below the text is a geological diagram showing a subduction zone with a trench, a volcanic arc, and various rock types labeled 'S', 'S+L', and 'L'. The video player includes a progress bar at the bottom showing '0:10 / 3:09' and the 'les bons profs' logo in the bottom right corner.

Extrait 2 : vidéo du site Les Bon Profs sur les roches et zones du subduction pour les élèves de Terminale S



Extrait 3 : ouvrage *Les clés du bac* Terminale S SVT



Extrait 4 : ouvrage *Réviser son bac avec le Monde*, SVT



Extrait 5 : page du site *GéoManips* du CNRS.



Extrait 6 : interface du logiciel le mange cailloux

www.ac-nice.fr/svt/productions/minusc/subduction-minusc/index.html

ressources edu

Les plus visités Débuter avec Firefox Compte Microsoft offi...

Auteur : Paul Pilon - octobre 2009

Étude des minéraux rencontrés dans les zones de subduction à l'aide du logiciel MinUSc

Place de l'activité dans le programme

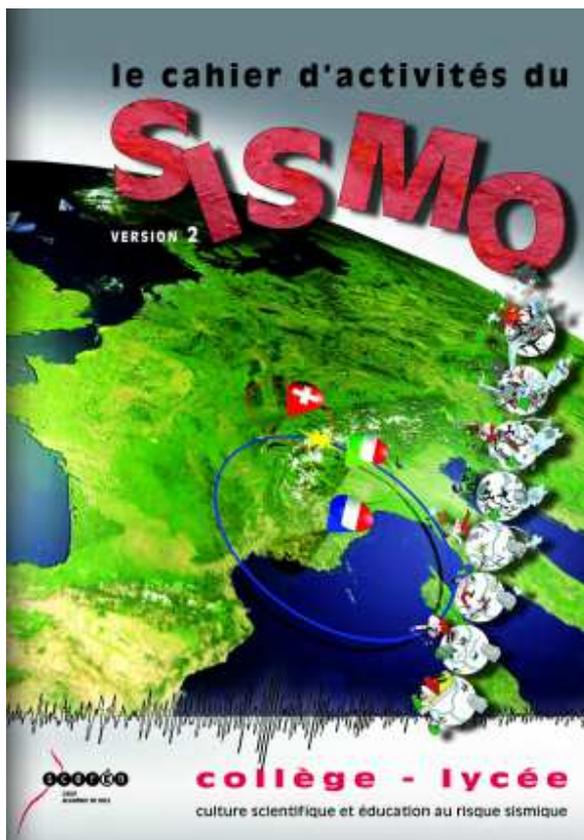
En classe de Terminale S, "La convergence lithosphérique", après avoir étudié les caractéristiques du magmatisme des zones de subduction, on recherche la cause possible à l'hydratation des péridotites du manteau au dessus du plan de Bénioff.

Les compositions minéralogiques des roches de la croûte océanique en subduction ont été étudiées, au microscope polarisant ou sur échantillon macroscopique. L'objectif de cette activité est de rechercher la présence éventuelle d'eau dans des métagabbros de composition minéralogique connue.

Problème à résoudre

Les roches de la croûte océanique au cours de leur refroidissement et de leur enfouissement dans les zones de subduction, subissent des transformations qui modifient leurs assortiments de minéraux.

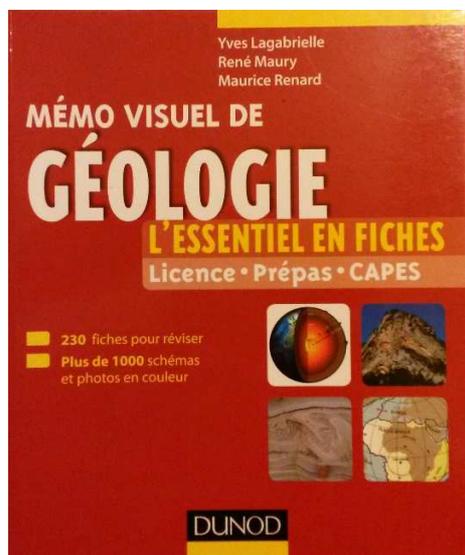
Extrait 7 : exemple de site indexé dans les ressources d'Eduscol



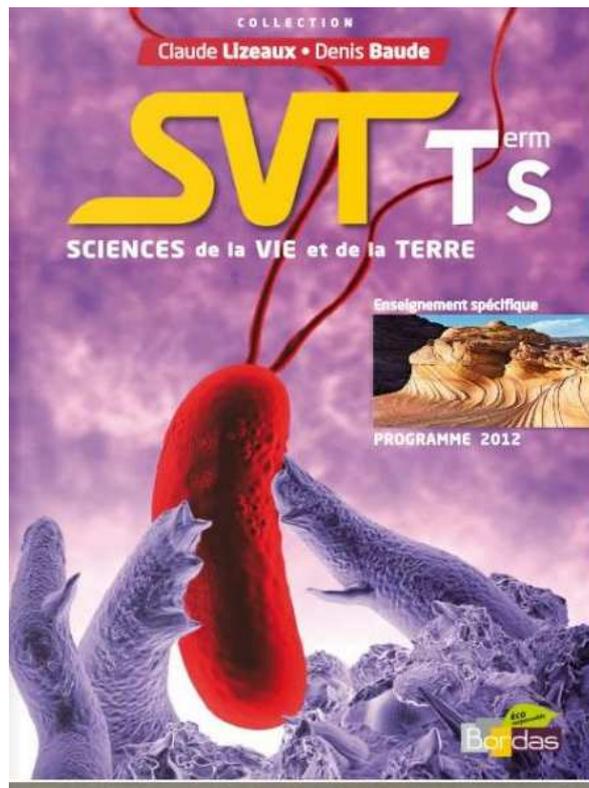
Extrait 8 : le cahier d'activités du sismo (éditions du Scerén)



Extrait 9 : page du site *Objectif-Terre* de l'Université de Lausanne.



Extrait 10 : ouvrage mémo visuel de géologie, l'essentiel en fiches

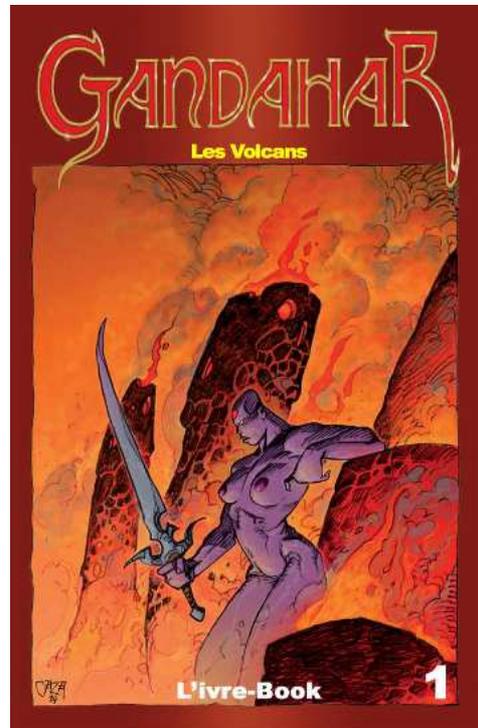


Extrait 11 : manuel scolaire de SVT, édition Bordas

ANNEXE 2B : EVALUATION DE L'OBJET D'ENSEIGNEMENT ET D'APPRENTISSAGE SOUS INTERFACE EXCEL

Catégorie d'objet	Éléments d'évaluation de l'objet	Elève E1LP	Elève E2DS	Elève E3MJ	Elève E4SM	Elève E5EJ	Elève E7DL	Elève E8AS	Elève E6AT	
Ressources non normalisées public scolaire	Sites et blogs enseignants	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Sites aide soutien, inscription gratuite ou payante	1	1	1	1	1	1	1	1	
	site aide soutien libre accès	1	1	1	1	1	1	1	1	
	ouvrages imprimés ou numériques (annales, exercices)	1	1	1	1	1	1	1	1	
	/5	ouvrages imprimés ou numériques (résumés de cours, fiches)	1	1	1	1	1	1	1	1
/1		1	1	1	1	1	1	1	1	
Manuels scolaires		0	1	0	1	1	0	0	0	
	/1	0	1	0	1	1	0	0	0	
Ressources non normalisées vulgarisation tout public	Supports imprimés (ouvrages)	0	1	0	1	1	0	0	0	
	Sites en autoformation	1	1	1	1	1	1	1	1	
	/4	Supports numériques (CD, vidéos)	1	1	1	1	1	1	1	
	/1		0,666666667	1	0,666666667	1	1	0,666666667	0,666666667	0,666666667
Ressources normalisées indexées public scolaire	Sites	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Lithothèques académiques	0	0	0	0	0	0	0	0	
	/4	Vidéos	0	1	0	1	1	0	0	0
	/1	Ouvrages imprimés ou numériques	0	0	0	0	0	0	0	0
Ressources universitaires		0	0,25	0	0,25	0,25	0	0	0	
	Ouvrages imprimés ou numériques	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Cours en ligne enseignants	0	0	0	0	0	0	0	0	
	/3	Site aide soutien (forum)	0	0	0	0	0	0	0	
/1		0	0	0	0	0	0	0		
/5		1,666666667	3,25	1,666666667	3,25	3,25	1,666666667	1,666666667	1,666666667	

ANNEXE 3A : RESSOURCES DE L'OBJET MEDIATIQUE A
DISPOSITION DES ELEVES



Extrait 1 : un ouvrage de science-fiction



Extrait 2 : un film de science-fiction

A Saint-Barth, il est possible de recourir à la géothermie basse température

Chercheur au Laboratoire de Recherche en Géosciences et Energies (Large), à l'Université des Antilles et de la Guyane, Yves Mazabraud était invité par Saint-Barth Essential à donner une conférence sur les roches de Saint-Barthélemy. L'occasion de sonder avec ce géologue le potentiel de notre île en matière de géothermie, source d'énergie renouvelable.



Qu'est-ce que la géothermie ?
Yves Mazabraud : La géothermie est une source d'énergie en plein essor dans le Caraïbe, et aux Petites Antilles en particulier. Elle présente l'intérêt d'être renouvelable et non émet-

trice de gaz à effet de serre. Mais en plus, elle n'est pas dépendante des variations climatiques annuelles (ensoleillement, cyclones, etc.). Concrètement, il s'agit de fluides et de gaz à haute température présents en pro-

fondeur dans les roches, qui peuvent être captés pour produire de l'électricité. Leur refroidissement et leur condensation libèrent de l'énergie pour alimenter une turbine.

Que faut-il pour exploiter cette ressource ?

Pour qu'une telle ressource existe, il faut la conjonction de trois paramètres. Il faut bien sûr une source de chaleur, ce qu'offre une zone volcanique. Il faut aussi des précipitations abondantes, pour que l'eau de pluie s'infilte dans les roches et soit réchauffée avant d'être captée. Enfin il faut un réseau de fractures (des failles) qui découpent la roche et facilitent la circulation des fluides. Ces trois paramètres peuvent être présents dans les arcs volcaniques actifs, comme aux Petites Antilles. C'est notam-

ment le cas en Basse-Terre de Guadeloupe, à Nevis, en Martinique et à la Dominique, où les volcans sont récents.

A Saint-Barth, serait-ce possible ?

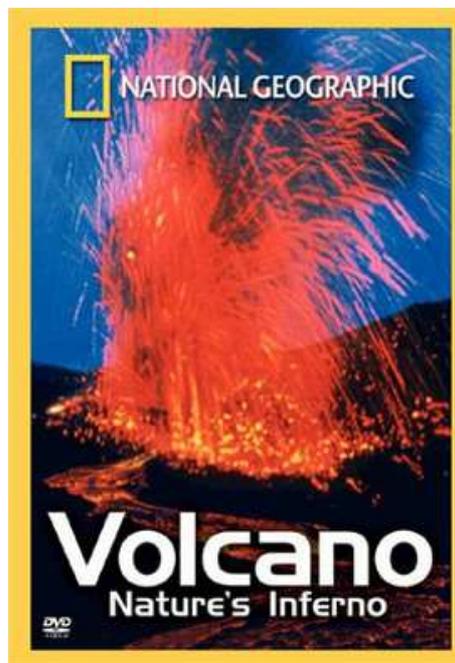
Saint-Barth, tout comme Saint-Martin et Anguilla, sont plus anciennes. Les volcans qui les ont formés ne sont plus actifs depuis trente millions d'années. Assez de temps pour que l'anomalie thermique, située peu en profondeur, soit dissipée. Ce sont aussi des îles sèches, présentant un relief relativement faible, qui «n'accroche» pas les alizés. Les précipitations y sont donc plus faibles que sur les flancs de la Soufrière de Guadeloupe, par exemple. Si le réseau de failles favorisant la circulation des fluides au sein des roches est bien présent à Saint-Barth, la température des roches en profondeur et les précipitations sur l'île sont vraisemblablement insuffisantes pour qu'une ressource géothermique haute

température exploitable, rentable, existe. Cette géothermie était pourtant à l'œuvre par le passé, les roches le montrent. En effet, des minéraux tels que le Jaspé (blocs rouges) et l'épidote (couleur de pistache), présents à Saint-Barth, témoignent d'une activité hydrothermale fossile.

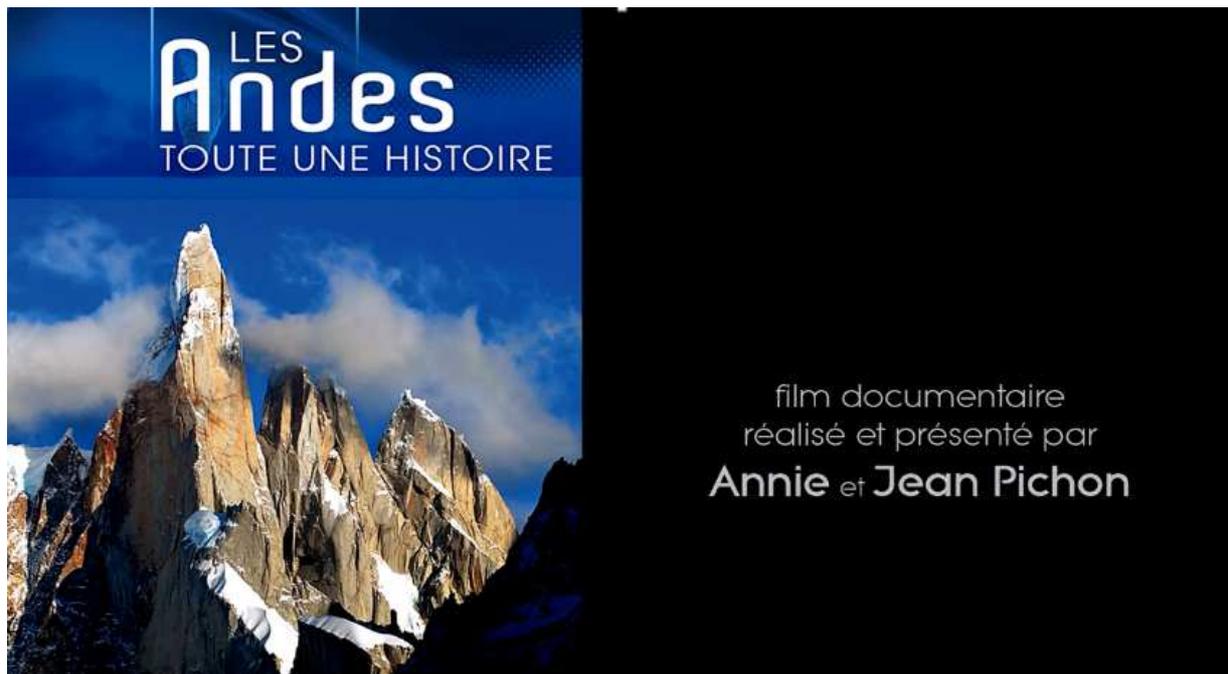
Faut-il y renoncer, donc ?

Si la production d'électricité géothermique n'est, a priori - en l'absence d'étude approfondie et spécifique il faut émettre des réserves - pas une option envisageable pour Saint-Barth, la géothermie basse température présente des possibilités particulièrement adaptées au contexte insulaire tropical. Et donc à Saint-Barth. La géothermie basse température consiste à exploiter la chaleur du sol, réchauffé par le soleil. Avec cette énergie, il est tout à fait possible de chauffer l'eau et de réaliser pour son chauffe-eau, par exemple, des économies d'énergie substantielles.

Extrait 3 : une coupure de journal local, Le Journal de Saint-Barth



Extrait 4 : une revue, National Geographic



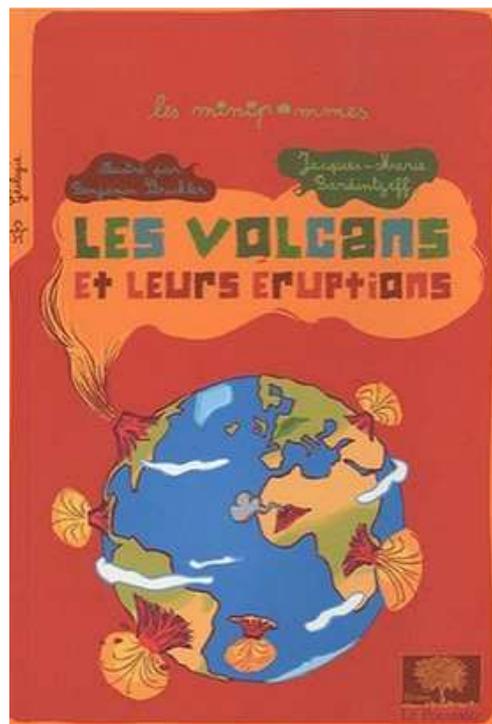
Extrait 5 : un film documentaire sur les Andes

The screenshot shows the Wikipedia article for 'Subduction'. On the left is the standard Wikipedia sidebar with navigation links like 'Accueil', 'Portails thématiques', and 'Contribuer'. The main content area includes the title 'Subduction', a search bar, and a table of contents. The text explains that subduction is the process where an oceanic tectonic plate moves under another plate. It mentions that the west coast of South America is an example and lists consequences such as Andean-style volcanism and earthquakes. A diagram on the right illustrates a simplified subduction zone with labels 'Zone de subduction' and 'Schéma simplifié d'une zone de subduction'.

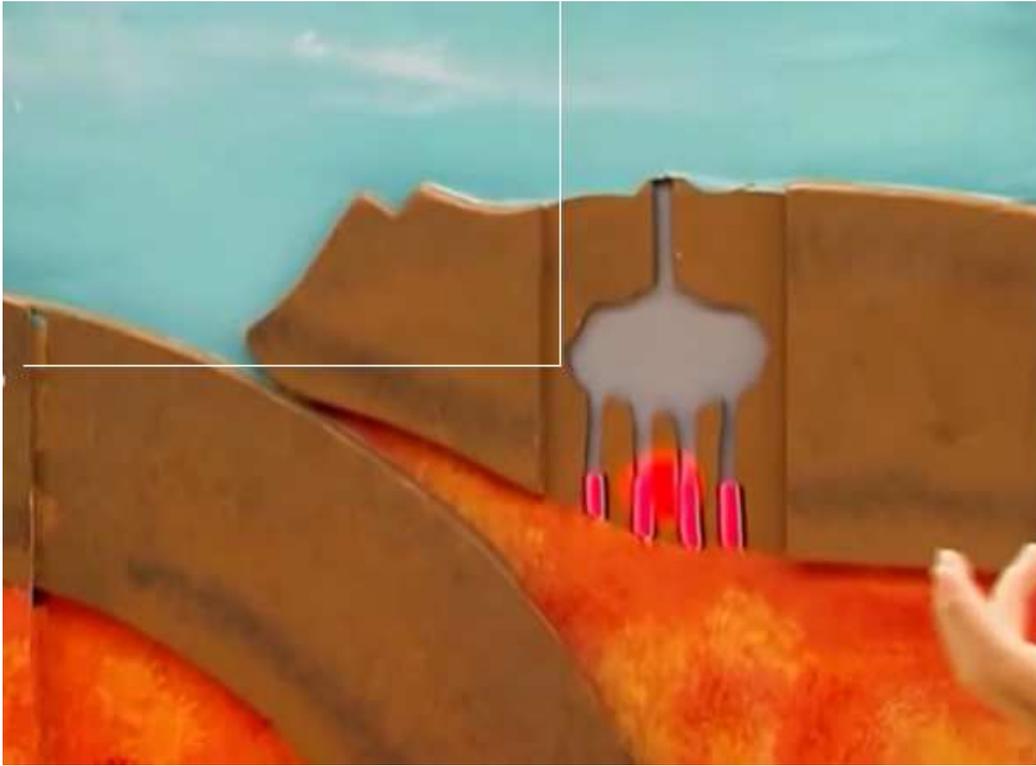
Extrait 6 : une encyclopédie numérique



Extrait 7 : une revue jeunesse *plus haut* ?



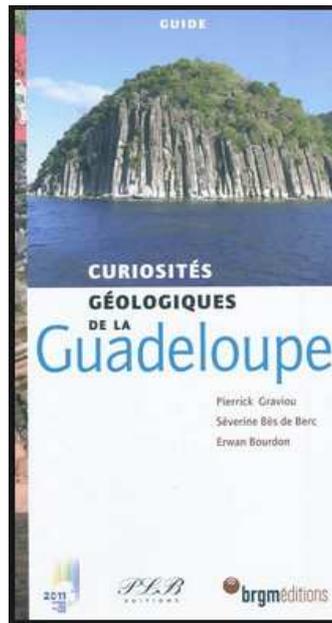
Extrait 8 : un ouvrage jeunesse



Extrait 9 : une émission jeunesse, *C'est pas Sorcier*



Extrait 10 : un dossier *Pour La Science*



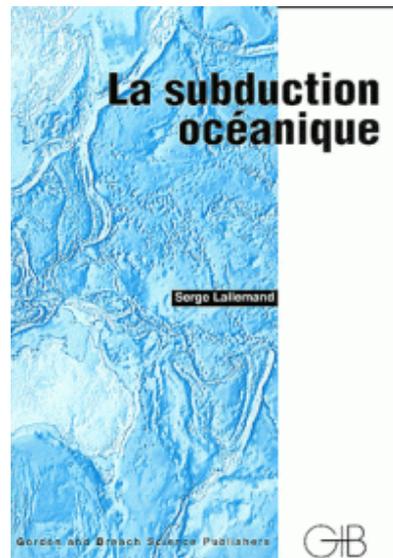
Extrait 11 : un guide géologique pour tout public



Extrait 12 : un documentaire scientifique pour tout public



Extrait 13 : une conférence scientifique



Extrait 14 : un ouvrage universitaire

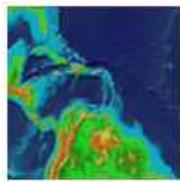
ANNEXE 3B : EVALUATION DE L'OBJET MEDIATIQUE SOUS INTERFACE EXCEL

Catégorie d'objet	Éléments d'évaluation de l'objet	Elève E1LP	Elève E2DS	Elève E3MJ	Elève E4SM	Elève E5EJ	Elève E7DL	Elève E8AS	Elève E6AT
Ressources Science Fiction	Film/vidéos de science fiction	0	1	1	1	1	1	1	1
	/2 Livres de science fiction	0	0	0	0	0	0	0	0
/1		0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Ressources généralistes	Journaux locaux et nationaux	0	0	1	0	1	1	1	0
	Encyclopédies imprimées et numériques	0	0	0	0	0	1	0	0
	Revue généralistes	0	0	1	1	0	0	0	0
	Films documentaires et émissions	1	1	1	0	1	1	0	1
	/5 Guides et sites généralistes valorisant le patrimoine géologique	0	0	0	0	0	0	0	0
/1		0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,6	0,2	0,2
de vulgarisation scientifique jeunesse	Emissions jeunesse	1	1	1	1	1	1	1	1
	Revue jeunesse	0	0	0	0	1	0	0	0
	Livres et atlas jeunesse	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sites numériques jeunesse	1	0	0	1	1	0	0	0
	/1		0,5	0,25	0,25	0,5	0,75	0,25	0,25
de vulgarisation scientifique tout public	Revue scientifique tout public	0	0	1	0	0	1	0	0
	Ouvrages géologiques de vulgarisation	0	0	0	0	0	0	0	0
	Documentaires scientifiques tout public	1	1	1	0	0	1	0	0
	Sites numériques tout public	0	0	1	1	1	0	0	1
	/4 Guides de découverte géologique	0	0	0	0	0	0	1	0
/1		0,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2
Ressources universitaires	Revue géologiques spécialisées	0	0	0	0	0	0	0	0
	Conférences universitaires	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ouvrages géologiques spécialisés	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sites numériques et conférences universitaires	0	0	0	0	0	0	0	0
	/1		0	0	0	0	0	0	0
/5		0,9	1,15	1,95	1,4	1,85	1,75	1,15	1,15

ANNEXE 4 : EVALUATION DE L'OBJET CROYANCES SOUS L'INTERFACE EXCEL

Catégorie d'objet	Elève 1LP	Elève E2DS	Elève E3MJ	Elève E4SM	Elève E5EJ	Elève E7DL	Elève E8AS	Elève E6AT
Visions cartésiennes /1	1	1	1	1	1	1	1	1
Visions animistes /1	0	0	0	0	0	0	0	0
Visions mythologiques /1	0	0	0	0	0	0	0	0
Visions créationnistes /1	0	0	0	0	0	0	0	0
Visions légendaires locales /1	0	0	0	0	1	0	1	0
/5	1	1	1	1	2	1	2	1

**ANNEXE 5A : RESSOURCES DE L'OBJET GEOLOGIQUE A
DISPOSITION DES ELEVES**

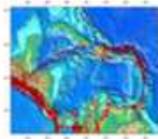


Carte bathymétrique des Caraïbes



Les reliefs de Saint-Martin : le Pic Paradis

Carte des foyers sismiques dans la région Caraïbes



Les reliefs de Grand-Case

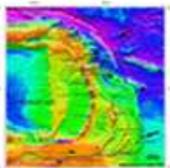


Schéma structural de la zone Caraïbes



Le Fort Louis de Marigot



L'andésite de Saint-Martin



Le dôme de la Soufrière, Guadeloupe

Les affleurements de granodiorite de Cul-de-Sac



Un gouffre situé au sommet de la Soufrière

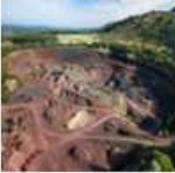
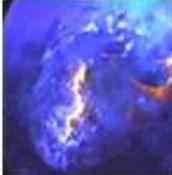
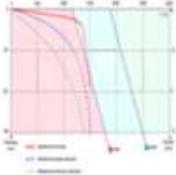


La granodiorite de Saint-Martin



Les fumerolles de la Soufrière

**ANNEXE 5A : RESSOURCES DE L'OBJET GEOLOGIQUE A
DISPOSITION DES ELEVES**

	La chaîne des Puy, Massif Central		La <i>Soufriere Hills</i> de Montserrat
Le Puy Lemptégy, Massif Central		Le Mont Fuji, île de Honshu, Japon	
	Le Piton de la Fournaise, La Réunion		Le <i>Grand Prismatic Spring</i> , parc de Yellowstone, Etats-Unis
	Eruption sous- marine effusive		Diagramme de stabilité de la péridotite
Eruption aérienne explosive		Echantillons de roches	
	Eruption aérienne effusive		Gabbros, basaltes, andésites, granodiorites, granites, péridotites

ANNEXE 5B : EVALUATION DE L'OBJET GEOLOGIQUE SOUS INTERFACE EXCEL

Type de contexte	Éléments d'évaluation de l'objet	Elève E1P	Elève E2DS	Elève E3MJ	Elève E4SM	Elève E5EJ	Elève E7DL	Elève E6AT	Elève E8AS
Contexte global	Volcanisme sous-marin effusif dorsale océanique	0	0	1	1	1	1	1	0
	Éruption effusive hors de l'eau	1	1	1	1	1	1	1	1
	Éruption explosive hors de l'eau	1	1	1	1	1	1	1	1
	Roches formées à l'axe des dorsales	1	1	1	1	1	1	1	0
	Roches formées éruption explosive	0	0	0	1	1	1	0	0
	Roches formées à l'issue éruption effusive	1	0	1	0	0	1	1	0
	Magmatisme à l'axe de la dorsale	0	1	1	1	1	1	1	0
	Magmatisme dans les zones de subduction	0	0	0	0	0	0	0	0
	Diagramme solidus/liquidus de péridotite	1	0	1	0	0	0	0	0
	Quelques activités magmatiques échelle globe	1	0	1	1	1	1	0	1
	Reconnaissance péridotite	0	1	0	0	0	1	0	0
	Sa texture	1	1	1	0	1	1	0	1
	Sa minéralogie	0	0	0	1	1	1	0	0
	Reconnaissance gabbro	0	0	1	1	1	0	0	0
	Sa texture	1	1	0	0	1	1	0	1
	Sa minéralogie	0	0	0	0	0	0	0	0
	Reconnaissance basalte	0	1	0	1	1	0	1	0
	Sa texture	1	0	1	1	1	1	0	1
	Sa minéralogie	0	0	0	0	0	0	0	0
	Reconnaissance granodiorite	1	0	1	1	1	0	0	0
	Sa texture	1	1	1	0	1	1	0	1
	Sa minéralogie	0	0	0	1	1	0	0	0
	Reconnaissance andésite	1	0	0	1	1	0	1	0
	Sa texture	1	1	1	0	1	1	0	1
	Sa minéralogie	0	0	0	0	0	0	0	0
	Reconnaissance granite	0	0	1	0	0	0	0	0
	Sa texture	1	1	1	0	1	1	0	1
	Sa minéralogie	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL sur 28	14	11	15	14	19	15	9	9	
TOTAL sur 1	0,5	0,3928571	0,5714286	0,5	0,678571	0,571429	0,321429	0,32143	
Contexte national	Chaîne des Puys et morphologie volcanique	0	0	1	0	0	1	0	0
	Puy Lempéty et morphologie volcanique	0	0	0	0	0	1	0	0
	Type de magmatisme/volcanisme chaîne des Puys	0	0	0	0	0	0	0	0
	Piton de la Fournaise et morphologie volcanique	0	0	0	0	0	0	0	0
	Type de magmatisme et volcanisme Réunion	0	0	1	0	0	0	0	0
	Total sur 5	0	0	2	0	0	2	0	0
	TOTAL sur 1	0	0	0,4	0	0	0,4	0	0
Contexte Caraïbes	Arc insulaire caribéen	1	1	1	1	1	1	1	0
	Frontières de plaques bordant la plaque Caraïbe	1	0	1	1	1	1	0	1
	Indices de subduction : séismes, Wadati Benioff	1	0	1	0	1	1	1	0
	Indices de subduction : volcanisme	0	1	1	1	1	1	0	0
	Indices de subduction : fosse océanique	0	0	0	0	0	0	0	0
	Volcanisme actif éruptif Montserrat	0	0	1	0	0	0	0	0
	Roches formées à Montserrat	0	0	1	0	0	0	0	0
	Total sur 7	3	2	6	3	4	4	2	1
	TOTAL sur 1	0,428571	0,2857143	0,8571429	0,428571	0,571429	0,571429	0,285714	0,14286
	Contexte régional	Soufrière et morphologie volcanique	1	0	1	1	1	1	0
Fumerolles de la Soufrière		1	1	1	1	1	1	1	0
Terrains affleurant à la Soufrière		0	0	0	1	0	0	0	0
Type de magmatisme et volcanisme Guadeloupe		1	0	1	1	1	1	0	0
Traces d'hydrothermalisme		0	0	0	0	0	0	0	0
Géodynamique de la Guadeloupe		1	1	1	1	1	1	0	0
Total sur 6		4	2	4	5	4	4	1	1
TOTAL sur 1	0,666667	0,3333333	0,6666667	0,833333	0,666667	0,666667	0,166667	0,16667	
Contexte local	Affleurements d'andésite	0	0	0	1	1	1	0	0
	Texture de l'andésite	1	0	1	0	1	1	0	1
	Minéralogie de l'andésite	0	0	0	0	0	0	0	0
	Affleurements de granodiorite	0	0	1	1	0	0	0	0
	Minéralogie de la granodiorite	0	0	0	0	0	0	0	0
	Texture de la granodiorite	0	0	0	0	1	1	0	1
	Mise en place roches rencontrées Saint-Martin	0	0	1	0	0	0	0	0
	Géodynamique de Saint-Martin	0	0	1	0	0	0	0	0
	Reliefs du Pic Paradis	0	0	1	0	0	0	0	0
	Total sur 9	1	0	5	2	3	3	0	2
TOTAL sur 1	0,111111	0	0,5555556	0,222222	0,3333333	0,333333	0	0,22222	
		1,706349	1,0119048	3,0507937	1,984127	2,25	2,542857	0,77381	0,85317

ANNEXE 6 : TABLEAU DE DONNEES BRUTES AYANT SERVI A L'ANALYSE EN COMPOSANTE PRINCIPALE (ACP) SUR LE LOGICIEL STATISTICA

Feuil1									
	1 Objet géologique	2 Objet médiatique	3 Objet croyances	4 Objet enseignement et apprentissage	5 Contexteglobal	6 Contextenational	7 Contexte caraïbes	8 Contexte régional	9 Contexte local
E1LP	1,7	0,9	1	1,66	0,5	0	0,43	0,66	0,11
E2DS	1,01	1,15	1	3,25	0,39	0	0,28	0,33	0
E3MJ	3,05	1,95	1	1,66	0,57	0,4	0,85	0,66	0,55
E4SM	1,98	1,4	1	3,25	0,5	0	0,43	0,83	0,22
E5EJ	2,25	1,85	2	3,25	0,67	0	0,57	0,66	0,33
E6AT	0,77	1,15	1	1,66	0,32	0	0,28	0,16	0
E7DL	2,54	1,75	1	1,66	0,57	0,4	0,57	0,66	0,33
E8AS	0,85	1,15	2	1,66	0,32	0	0,14	0,16	0,22

	10 Ressources science fiction	11 Ressources généralistes	12 Ressources jeunesse	13 Ressources adulte	14 Ressources universitaires
E1LP	0	0,2	0,5	0,2	0
E2DS	0,5	0,2	0,25	0,2	0
E3MJ	0,5	0,6	0,25	0,6	0
E4SM	0,5	0,2	0,5	0,2	0
E5EJ	0,5	0,4	0,75	0,2	0
E6AT	0,5	0,2	0,25	0,2	0
E7DL	0,5	0,6	0,25	0,4	0
E8AS	0,5	0,2	0,25	0,25	0

**ANNEXE 7 : TABLEAU DE DONNEES CENTRE-REDUIT UTILISE POUR L'ANALYSE DES
DONNEES SOUS STATISTICA**

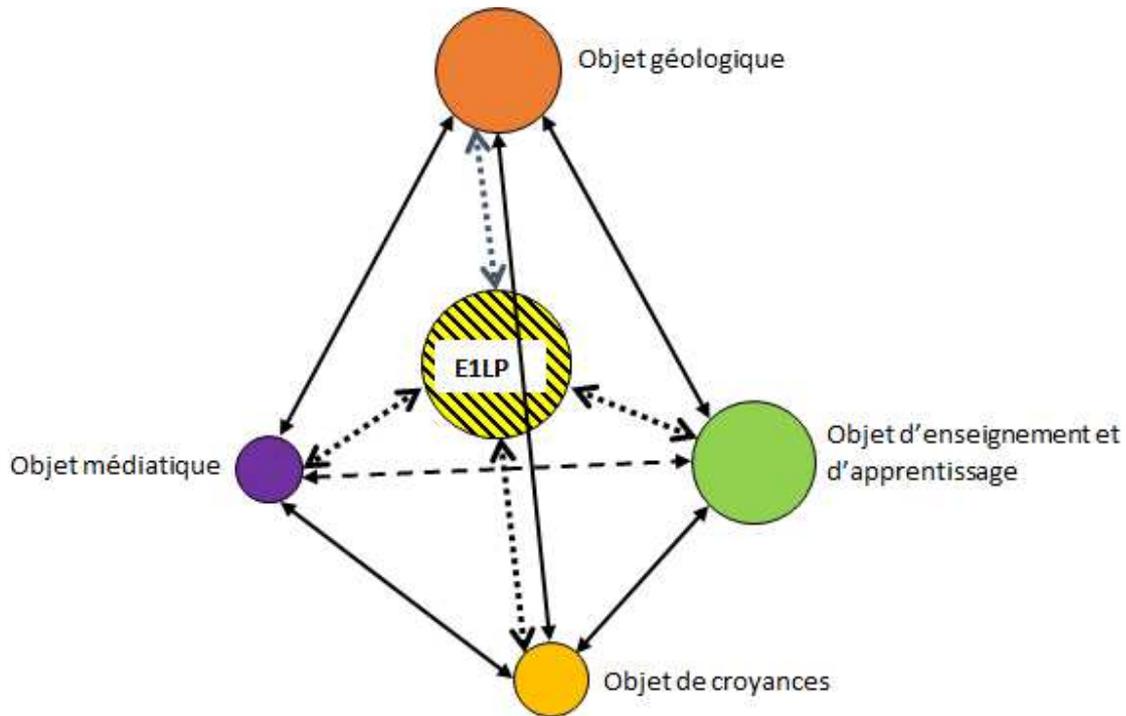
	Feuil1					
	1 OBJET GEOLOGIQUE	2 OBJET MEDIATIQUE	3 OBJET CROYANCES	4 OBJET ENSEIGNEMENT APPRENTISSAGE	5 CONTEXTE GLOBAL	6 CONTEXTE NATIONAL
E1LP	-0,081883	-1,314689	-0,540062	-0,724569	0,157832	-0,540062
E2DS	-0,903687	-0,673377	-0,540062	1,207615	-0,710245	-0,540062
E3MJ	1,525995	1,37882	-0,540062	-0,724569	0,710245	1,620185
E4SM	0,251603	-0,032066	-0,540062	1,207615	0,157832	-0,540062
E5EJ	0,573179	1,122296	1,620185	1,207615	1,499407	-0,540062
E6AT	-1,189532	-0,673377	-0,540062	-0,724569	-1,262658	-0,540062
E7DL	0,918574	0,865771	-0,540062	-0,724569	0,710245	1,620185
E8AS	-1,09425	-0,673377	1,620185	-0,724569	-1,262658	-0,540062

	Feuil1						
	7 CONTEXTE CARAIBES	8 CONTEXTE REGIONAL	9 CONTEXTE LOCAL	10 RESSOURCES SCIENCE6FICTION	11 RESSOURCES GENERALISTES	12 RESSOURCES JEUNESSE	13 RESSOURCES ADULTES
E1LP	-0,062099	0,559826	-0,591608	-2,474874	-0,682221	0,661438	-0,504016
E2DS	-0,739545	-0,714261	-1,183216	0,353553	-0,682221	-0,661438	-0,504016
E3MJ	1,834749	0,559826	1,774824	0,353553	1,500886	-0,661438	2,18407
E4SM	-0,062099	1,216173	0	0,353553	-0,682221	0,661438	-0,504016
E5EJ	0,570184	0,559826	0,591608	0,353553	0,409333	1,984313	-0,504016
E6AT	-0,739545	-1,370608	-1,183216	0,353553	-0,682221	-0,661438	-0,504016
E7DL	0,570184	0,559826	0,591608	0,353553	1,500886	-0,661438	0,840027
E8AS	-1,371828	-1,370608	0	0,353553	-0,682221	-0,661438	-0,504016

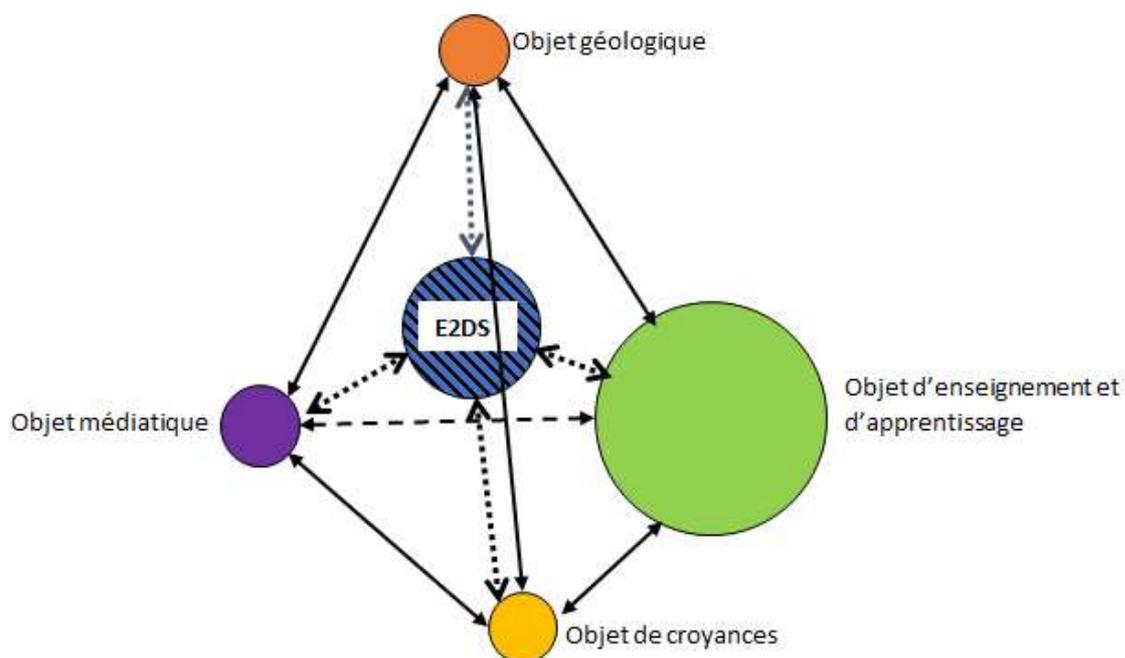
Donnée réduites

ANNEXE 8 : NESO-INSTRUMENTS ELEVES DE TERMINALE S

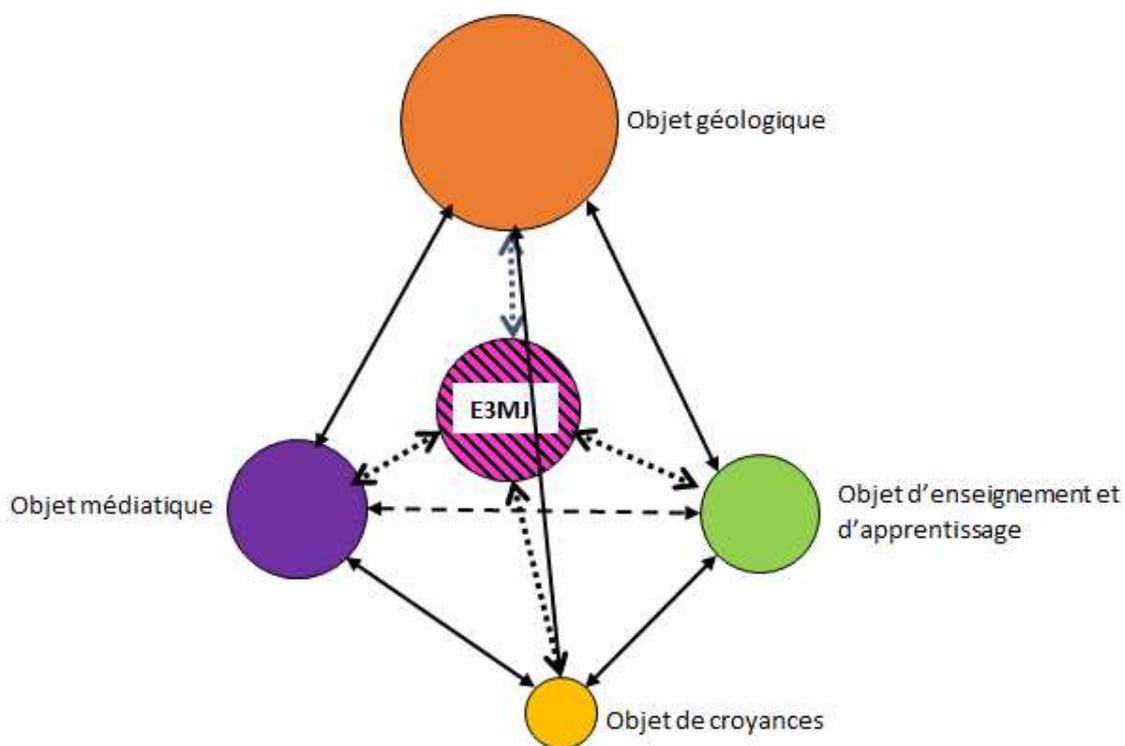
Nom de l'élève	Objet géologique		Objet médiatique		Objet enseignement et apprentissage		Objet croyances	
	Valeur (/5)	Diamètre de la sphère (en cm)	Valeur (/5)	Diamètre de la sphère (en cm)	Valeur (/5)	Diamètre de la sphère (en cm)	Valeur (/5)	Diamètre de la sphère (en cm)
E1LP	1,70	1,70	0,9	0,9	1,66	1,66	1	1
E2DS	1,01	1,01	1,15	1,15	3,33	3,33	1	1
E3MJ	3,05	3,05	1,95	1,95	1,66	1,66	1	1
E4SM	1,98	1,98	1,4	1,4	3,33	3,33	1	1
E5EJ	2,25	2,25	1,65	1,65	3,33	3,33	2	2
E6AT	0,77	0,77	1,15	1,15	1,66	1,66	1	1
E7DL	2,54	2,54	1,75	1,75	1,66	1,66	1	1
E8AS	0,85	0,85	1,2	1,2	1,66	1,66	2	2



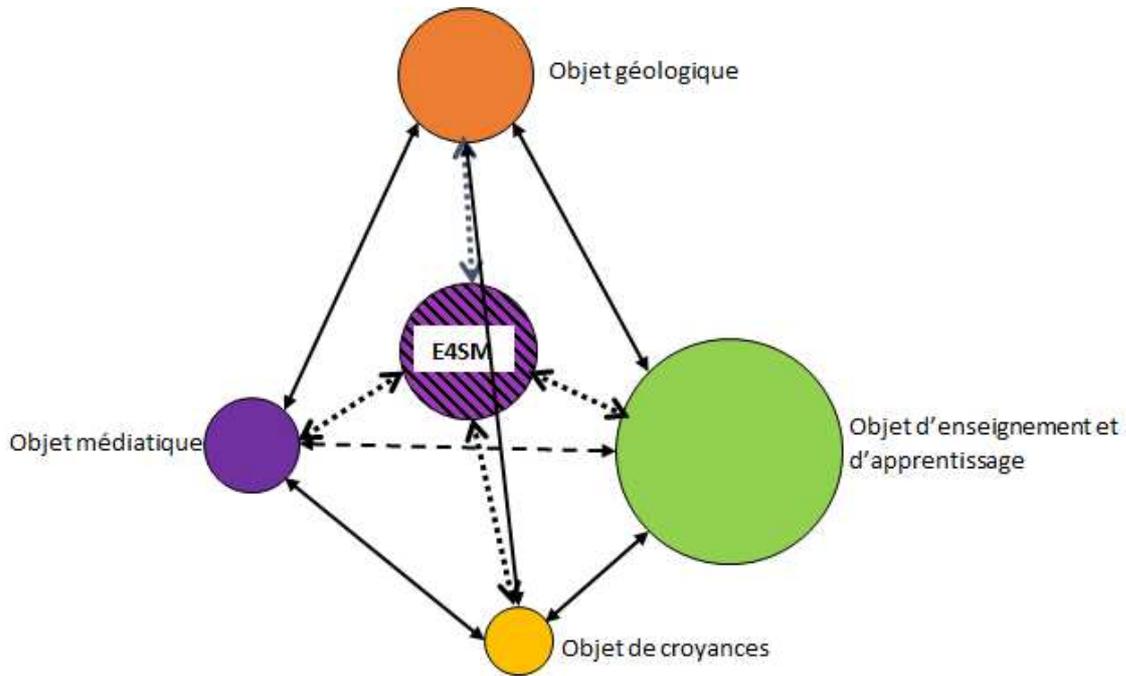
Représentation graphique du néso-instrument de l'élève E1LP



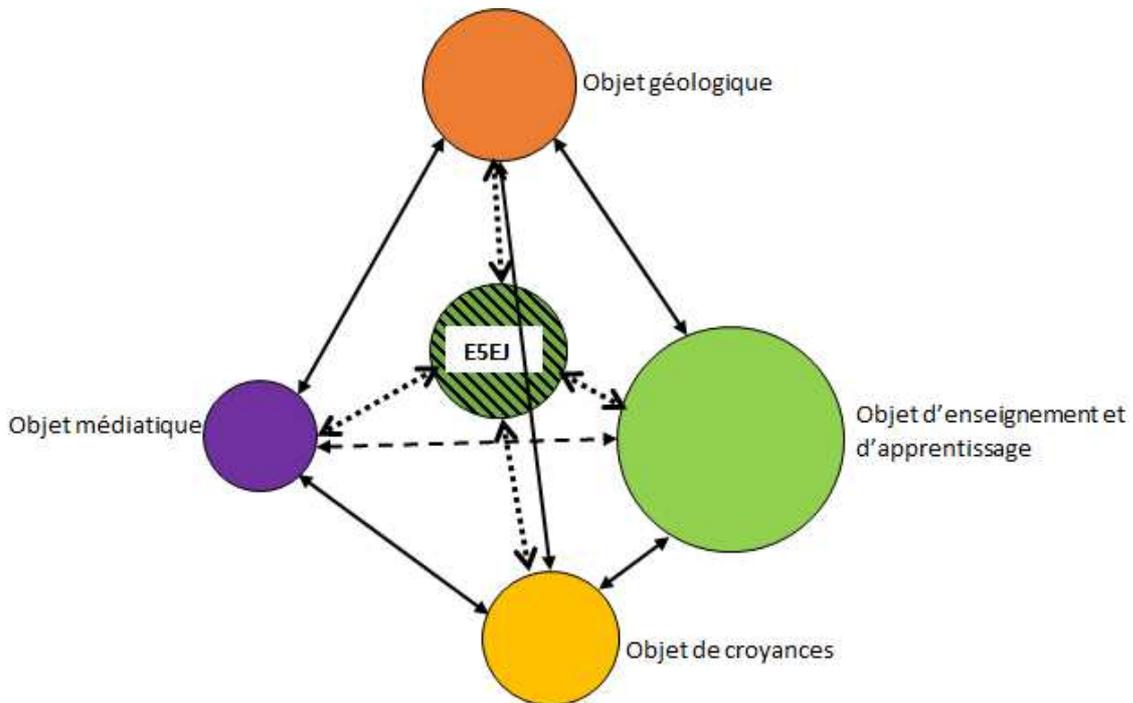
Représentation graphique du néso-instrument de l'élève E2DS



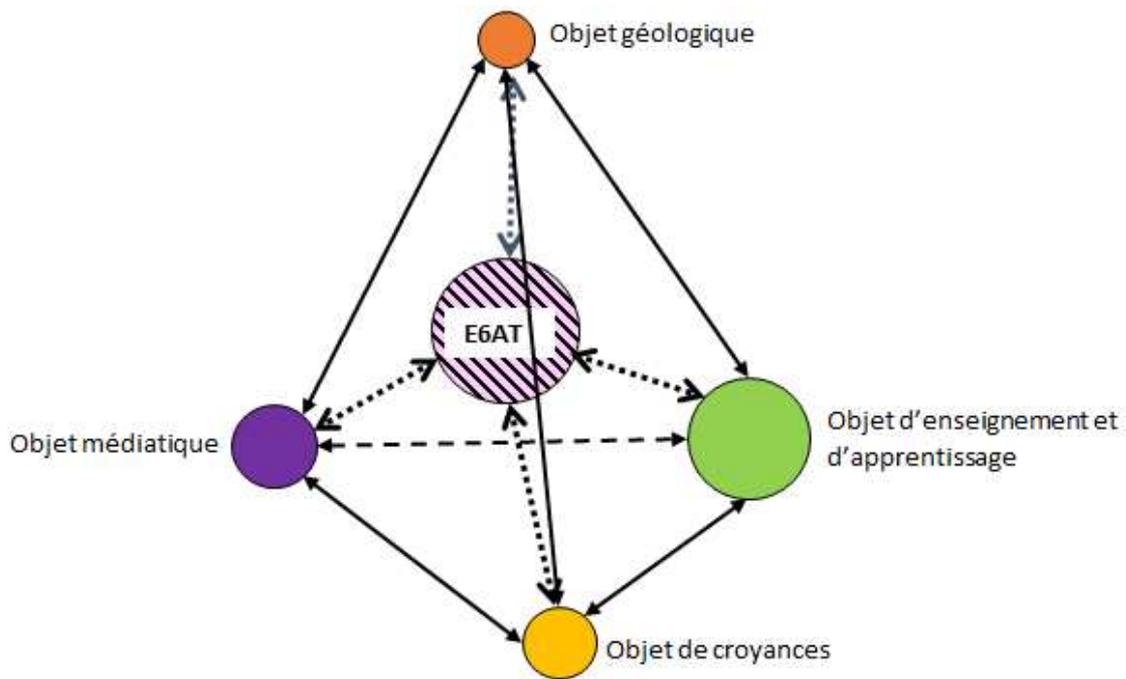
Représentation graphique du néso-instrument de l'élève E3MJ



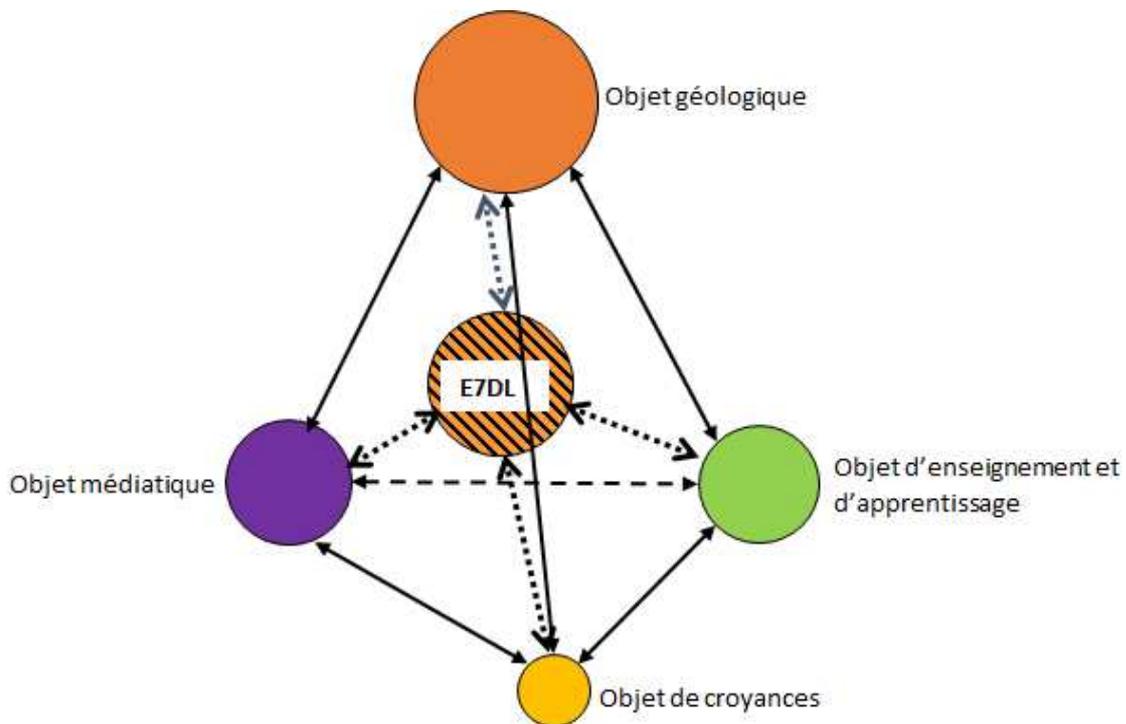
Représentation graphique du néso-instrument de l'élève E4SM



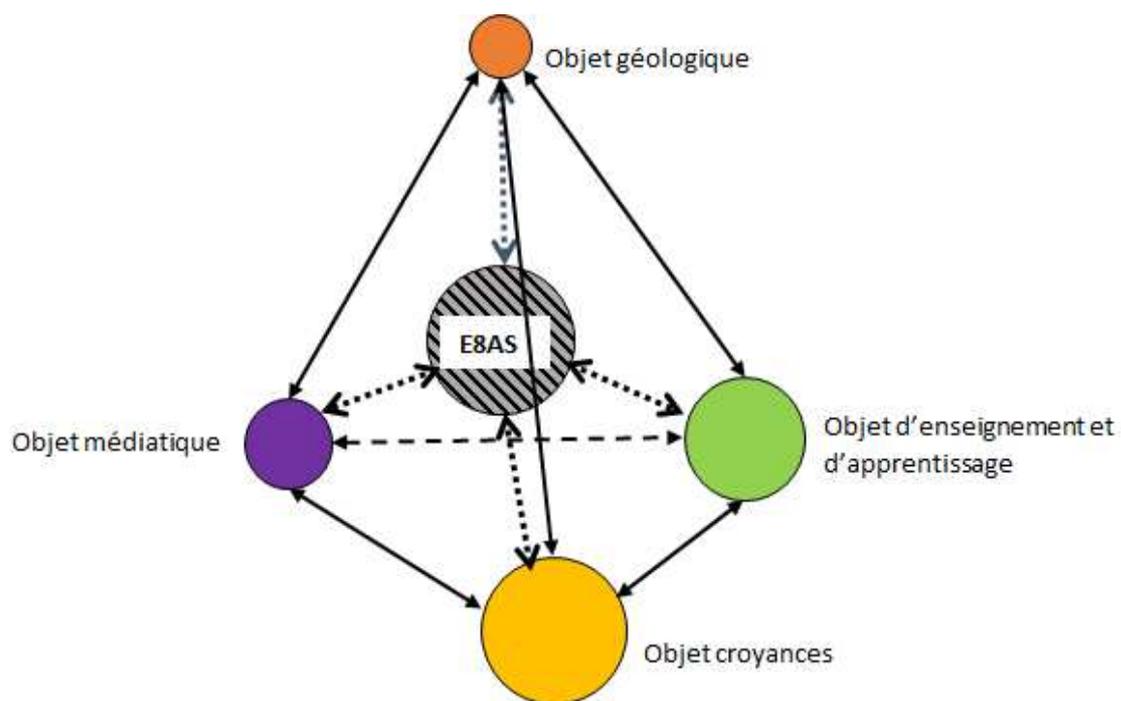
Représentation graphique du néso-instrument de l'élève E5EJ



Représentation graphique du néso-instrument de l'élève E6AT



Représentation graphique du néso-instrument de l'élève E7DL



Représentation graphique du néso-instrument de l'élève E8AS

10 Table des annexes

Annexe 1 : classification des productions écrites en fonction du type d'explication.....	159
Annexe 2a : ressources de l'objet d'enseignement et d'apprentissage à disposition de l'élève	162
Annexe 2b : évaluation de l'objet d'enseignement et d'apprentissage sous <i>Statistica</i>.....	168
Annexe 3a : ressources de l'objet médiatique à disposition des élèves.....	169
Annexe 3b : évaluation de l'objet médiatique sous <i>Statistica</i>.....	177
Annexe 4 : évaluation de l'objet croyances sous <i>Statistica</i>.....	177
Annexe 5a : ressources de l'objet géologique à disposition des élèves.....	178
Annexe 5b : évaluation de l'objet géologique sous <i>Statistica</i>.....	180
Annexe 6 tableau de données brutes ayant servi à l'analyse en composante principale (ACP) sur le logiciel <i>Statistica</i>.....	181
Annexe 7 : tableau de données centré-réduit utilisé pour l'analyse des données sous <i>Statistica</i>	182
Annexe 8 : néso-instruments élèves de Terminale S	183

11 Table des illustrations : liste des figures

Figure 1. La métaphore de l'iceberg pour représenter les conceptions (d'après Giordan-Pellaud, 2001).....	10
Figure 2. Processus de transformation des conceptions (D'après Giordan, 1997, Eastes, 2013) ..	13
Figure 3. Diagramme représentatif de l'acte d'apprendre (Pellaud et Eastes, 2003).....	13
Figure 4. Schéma de la modélisation (d'après Martinand, 1994)	15
Figure 5. Schéma de la modélisation ajusté (d'après Orange, 1994)	15
Figure 6. Espaces des contraintes en jeu lors du débat sur la nutrition en CM1-CM2 (D'après Orange, 2006).....	18
Figure 7. La genèse instrumentale (D'après Rabardel 1995, Guin et Trouche 2002).....	21
Figure 8. Genèse de l'instrument élève dans le cadre de notre étude	26
Figure 9. Tétraèdre SiO ₄ isolé (D'après A. Provost et C. Langlois, 2011)	27
Figure 10. Exemple de néso-instrument élève	27
Figure 11. Polymérisation des tétraèdres SiO ₄ en chaîne simple (exemple : pyroxène, à gauche) et en chaîne double (exemple : amphibole, à droite : d'après A. Provost et C.Langlois, 2011)	28
Figure 12. Exemple d'un ino-instrument des conceptions initiales de l'élève étudié (placé au centre).....	29
Figure 13. Polymérisation des tétraèdres SiO ₄ en feuillet, exemple : argiles ou micas (D'après A. Provost et C.Langlois, 2011).....	30
Figure 14. Représentation simplifié d'une partie du phyllo-instrument du système classe	30
Figure 15. Principe de mesure de la distance entre deux individus i et i' (D'après F. Husson, 2014, modifié)	60
Figure 16. Méthode de normalisation des données brutes (D'après F. Husson, 2014, modifié) ...	61
Figure 17. Propositions d'images du nuage des 8 individus vivant dans un espace à 4 dimensions selon les axes choisis pour son observation (un point= un individu = un élève : d'après Statistica).....	62
Figure 18. Représentation graphique de la position d'un individu i dans l'espace du nuage de points et son image projetée sur un axe (D'après F. Husson, 2014, modifié).....	63
Figure 19. Représentation schématique de quatre variables dans l'espace et leur projection (d'après F. Husson, 2014, modifié).....	66

Figure 20. Représentation graphique de la corrélation statistique entre le temps d'entretien réservé à l'objet géologique et l'objet géologique	72
Figure 21. Représentation graphique de la corrélation entre le temps d'entretien réservé à l'objet médiatique et l'objet médiatique	73
Figure 22. Représentation graphique du temps d'interrogation imparti à l'objet d'enseignement et d'apprentissage en fonction de l'objet d'enseignement et d'apprentissage	75
Figure 23. Représentation graphique du temps d'interrogation imparti à l'objet croyances en fonction de l'objet croyances : affichage de la droite de régression, coefficient de corrélation $r=0,97052$	76
Figure 24. Diagramme de Kiviat : profil géologique défini selon les critères d'évaluation de l'objet géologique pour les parents des élèves E3MJ, E4SM, E5EJ et E7DL E1LP	86
Figure 25. Représentation graphique de l'objet médiatique et l'objet géologique pour l'élève E4SM et le parent P4SM	88
Figure 26. Représentation graphique de l'objet médiatique et l'objet géologique pour l'élève E5EJ et le parent P5EJ	89
Figure 27. Représentation graphique de l'objet médiatique et l'objet géologique pour l'élève E7DL et le parent P7DL	89
Figure 28. Représentation graphique de l'objet médiatique et l'objet géologique pour l'élève E3MJ et le parent P4SM	92
Figure 29. Diagrammes de Kiviat comparant l'objet médiatique à l'objet géologique pour les élèves E3MJ, E7DL, E9ES et E11SG	94
Figure 30. Diagrammes de Kiviat comparant l'objet médiatique à l'objet géologique pour les élèves E2DS, E6AT, E8AS et E10DC	95
Figure 31. Pourcentage d'inertie expliquée par chaque axe	106
Figure 32. Détermination des groupes d'individus à partir de l'étude sur les variables, basée sur les corrélations variable-Facteur	111
Figure 33. Projection des individus sur le plan factoriel 1×3	112
Figure 34. Projection des individus sur l'espace vectoriel à trois dimensions et suivant leurs coordonnées relatives (Fact.1, Fact.2 et Fact.3)	113
Figure 35. Nuage des individus dans le plan factoriel et projection des variables sur le plan factoriel (encart à droite)	115

Figure 36. Espace de contrainte en jeu lors des échanges des élèves autour de la construction graphique d'un modèle de formation de la Guadeloupe	117
Figure 37. Contraintes empiriques liées à l'éruption effusive définies par les contraintes médiatiques de l'élève E3MJ et établies à partir de l'entretien avec cet élève	118
Figure 38. Contraintes empiriques liées à l'éruption explosive définies par les contraintes médiatiques de l'élève E3MJ et établies à partir de l'entretien avec cet élève	120
Figure 39. Définition de l'objet médiatique comme support à la construction du champ empirique de l'objet géologique	121
Figure 40. Contraintes empiriques liées aux manifestations hydrothermales liées au volcanisme, définies par les contraintes médiatiques des élèves E3MJ, E5EJ, E7DL et E9ES.....	122
Figure 41. Contraintes empiriques liées à l'origine du Mont Fuji, définies par les contraintes médiatiques des élèves E7DL et E9DL.....	125
Figure 42. Contraintes empiriques liées au volcanisme dans le Massif Central, définies par les contraintes médiatiques des élèves E4SM et E9ES	133
Figure 43. Confrontation de deux éléments du registre empirique de l'élève E3MJ : le registre empirique est plus abouti, l'objet géologique mieux maîtrisé.....	137
Figure 44. Registre empirique de l'élève E7DL en construction : le registre empirique est plus fragile, l'objet géologique moins maîtrisé.....	138
Figure 45. Schéma extrait du livre <i>Le volcanisme en Guadeloupe</i> de Jean-Jacques Jérémie et Hélène Pascaline, page 9	141
Figure 46. Modèle de formation de l'île de Guadeloupe établi par l'élève E3MJ	142
Figure 47. Extrait du schéma animé mettant en évidence les mouvements de divergence et de convergence.....	143
Figure 48. Modèle de formation de l'île de Guadeloupe établi par les élèves E4SM et E5EJ	144
Figure 49. Extrait de l'émission <i>C'est pas sorcier</i> expliquant l'origine du magma dans les zones de subduction.....	145
Figure 50. Modèle de formation de l'île de Guadeloupe établi par l'élève E7DL.....	147
Figure 51. Bilan des interactions expliquant l'objet géologique au sein de l'ino-instrument de l'élève E1LP	153
Figure 52. Bilan des interactions expliquant l'objet géologique au sein de l'ino-instrument de l'élève E6AT	154

Figure 53. Bilan des interactions expliquant l'objet géologique au sein de l'ino-instrument de l'élève E2DS	155
Figure 54. Bilan des interactions expliquant l'objet géologique au sein de l'ino-instrument de l'élève E8AT	156
Figure 55. Bilan des interactions expliquant l'objet géologique au sein de l'ino-instrument de l'élève E4SM.....	157
Figure 56. Bilan des interactions expliquant l'objet géologique au sein de l'ino-instrument de l'élève E5EJ.....	158
Figure 57. Bilan des interactions expliquant l'objet géologique au sein de l'ino-instrument de l'élève E3MJ	160
Figure 58. Bilan des interactions expliquant l'objet géologique au sein de l'ino-instrument de l'élève E7DL	160

12 Table des illustrations : liste des tableaux

Tableau 1. Comparaison du point de vue du travail des représentations et celui de la problématisation (D'après Orange, 2013).....	17
Tableau 2. Profils d'élèves définis sur la base de leurs interactions les plus stables au sein de leur ino-instrument	36
Tableau 3. Récapitulatif de la méthodologie de quantification d'un objet contextuel.....	38
Tableau 4. Eléments évaluateurs retenus pour l'évaluation de chaque catégorie de l'objet d'enseignement et d'apprentissage, accompagnés d'exemples.....	39
Tableau 5. Eléments évaluateurs retenus pour l'évaluation de chaque catégorie de l'objet médiatique, associés à un ou des exemples correspondant	40
Tableau 6. Répartition des groupes de travaux élèves en séance ordinaire en fonction du type d'explication avancé.....	43
Tableau 7. Sélection des élèves en fonction du type d'explication.....	44
Tableau 8. Dates, horaires d'entretien et durée des échanges entre binômes de travail pour les élèves de Terminale S interrogés.....	45
Tableau 9. Répartition des diapositives présentées en fonction des éléments évaluateurs pour le contexte global de l'objet géologique	49
Tableau 10. Répartition des diapositives présentées en fonction des éléments évaluateurs pour le contexte national de l'objet géologique	49
Tableau 11. Répartition des diapositives présentées en fonction des éléments évaluateurs pour le contexte Caraïbes de l'objet géologique	50
Tableau 12. Répartition des diapositives présentées en fonction des éléments évaluateurs pour le contexte régional de l'objet géologique	51
Tableau 13. Répartition des diapositives présentées en fonction des éléments évaluateurs pour le contexte local de l'objet géologique.....	52
Tableau 14. Répartition des échantillons de roches en fonction des éléments évaluateurs pour le contexte global de l'objet géologique	53
Tableau 15. Répartition des échantillons de roches en fonction des éléments évaluateurs pour le contexte Caraïbes, régional et local de l'objet géologique.....	54
Tableau 16. Dates et horaires d'entretien pour les élèves Seconde interrogés.....	55

Tableau 17. Dates et horaires d’entretien pour les parents des élèves de Terminale S interrogés (E3MJ, E4SM, E5EJ et E7DL)	56
Tableau 18. Quantile à 95% du pourcentage d’inertie des deux premiers axes après 10000 Analyses en Composante Principale obtenues avec des variables indépendantes (D’après F. Husson, 2014).....	68
Tableau 19. Comparaison des temps impartis pour chaque objet étudié à leur valeur sur 5	72
Tableau 20. Synthèse des corrélations entre les quatre variables actives sous Statistica : les corrélations significatives sont marquées en rouge.....	95
Tableau 21. Valeur du cosinus carré pour les individus étudiés concernant les trois premiers facteurs	106
Tableau 22. Somme des valeurs du cosinus carré pour tous les individus de Terminale S en fonction des trois premiers axes sélectionnés	107
Tableau 23. Calcul des corrélations entre Facteurs et variables pour notre étude	108
Tableau 24. Valeur du cosinus carré pour les variables étudiées.....	108
Tableau 25. Coordonnées factorielles des individus dans le plan factoriel correspondant aux deux premiers axes.....	109
Tableau 26. Les trois profils d’élèves établis en regard de l’analyse en composante principale (ACP)	116

13 Résumé

Les facteurs majeurs contrôlant les conceptions initiales en Géosciences. Cas de l'enseignement du magmatisme de subduction en Terminale S à Saint Martin, approche quantitative par modélisation du contexte.

Notre travail porte sur l'étude des interactions qui unissent les élèves de Terminale S à leur contexte (social, culturel, scolaire et naturel) dans le cadre du thème sur le magmatisme des zones de subduction. Ce travail de recherche s'appuie sur les outils empruntés au cadre théorique de la problématisation et du travail des représentations. Il vise à comprendre comment l'environnement de l'élève saint-martinois modèle ses conceptions initiales autour du magmatisme des zones de subduction. Nous nous intéressons particulièrement à l'évaluation de l'intensité des interactions qui lient chaque élève aux éléments de son contexte : des ressources médiatiques, des ressources d'enseignement et d'apprentissage, des croyances, des objets et phénomènes géologiques associés à la subduction des Petites Antilles, mais également des sujets de son environnement proche : d'autres élèves, ses parents, des enseignants.

Nous développons l'idée que les interactions les plus robustes vont influencer majoritairement les conceptions initiales de chaque élève. Par conséquent, nous tentons de les déceler pour chaque élève étudié. A la lumière de ces dernières, nous procédons à la modélisation du contexte de chacun afin d'y définir des profils bien particuliers d'élèves. Nous montrons alors que des groupes d'élèves se dégagent en regard de trois paramètres majeurs : l'interaction avec les enseignants, l'interaction entre les élèves qui collaborent et l'interaction avec les ressources médiatiques.

La construction de modèles retraçant le contexte de chaque élève ou groupe d'élèves étudié permet de mieux comprendre les facteurs à l'origine des conceptions initiales, qui se manifestent à travers les croyances, les connaissances et les attitudes évaluées. Elle va permettre également l'élaboration d'actions didactiques d'anticipation qui faciliterait le travail ultérieur sur les conceptions. Le cas particulier de Saint Martin sert de base pour le développement méthodologique d'un travail qui est destiné à des études plus larges amenant à mieux comprendre et anticiper les conceptions initiales des élèves.

Mots clés : contexte, modélisation, conceptions initiales, néso-instruments, réseaux d'instruments, didactique des sciences

Abstract

This work focuses on the study of the interactions between the students of a *Terminale S* classroom and their context (social, cultural, educational and natural). The framework chosen concerns the theme of subduction related magmatism. This research is based on tools borrowed from the theoretical framework of problematization and work representations. It aims to understand how the student's environment shapes his initial conceptions about magmatic activity along subduction zones.

We are particularly interested in assessing the intensity of the interactions that bind each student to elements of his context: media resources, teaching and learning resources, beliefs, objects and geological phenomena associated with the Lesser Antilles volcanic arc and human subjects of his immediate environment (other students, parents, and teachers). We develop the idea that the initial conceptions of each student are mainly influenced by the strongest among these interactions. Therefore, we try to identify them in such a way to model the context of each student. In the light of the latter one, we also define very specific student profiles. As a matter of fact, we show that students groups are identified based on three main parameters: interaction with teachers, interaction with collaborating students and interaction with media resources.

The design of such a model aims to a better understanding of the factors behind initial conceptions that are manifested in beliefs, knowledge and attitudes. It also allows the development of anticipatory didactic actions that would facilitate further work on initial conceptions. This master thesis therefore provides a methodological basis for larger studies leading to better understand and anticipate students' initial conceptions.

Keywords: context, modelling, initial conceptions, neso-instruments, instruments networks, science education