



**HAL**  
open science

## Problématisation et TACD. Questionnement et apports réciproques, à partir de recherches en didactique des sciences

Jérôme Santini, Hanaà Chalak

### ► To cite this version:

Jérôme Santini, Hanaà Chalak. Problématisation et TACD. Questionnement et apports réciproques, à partir de recherches en didactique des sciences. 2è Congrès International de la Théorie de l'Action Conjointe en Didactique, Jun 2021, Nancy, France. hal-03955443

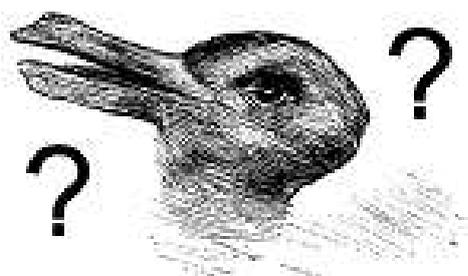
**HAL Id: hal-03955443**

**<https://hal.science/hal-03955443v1>**

Submitted on 25 Jan 2023

**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.



## **TACD 2021**

- 2° Congrès International de la Théorie de l'Action Conjointe en Didactique -

### **Pour une reconstruction de la forme scolaire**

*29 et 30 juin 2021*

*à Nancy, Université de Lorraine, Campus Lettres et Sciences Humaines,  
et à distance*

## ***ACTES – Volume 1***

**Axe 1 : Les notions centrales de la TACD**

*Atelier 1 : Jeu épistémique, connaisseur pratique et  
enquête didactique*

*Atelier 2 : Jeu didactique, arrière-plan commun*

Edition : Marie-José Gremmo, LISEC Lorraine

## **Problématisation et TACD. Questionnement et apports réciproques, à partir de recherches en didactique des sciences.**

*Jérôme SANTINI*

LINE

Université Côte d'Azur

*Hanaà Chalak*

CREN

Université de Nantes

### **Résumé :**

La notion de problème est au cœur de la Théorie de l'Action Conjointe en Didactique (TACD). Elle l'est tout autant au cœur du Cadre de l'Apprentissage par Problématisation (CAP). En TACD, la notion de problème est liée à celle des savoirs, dans une immanence aux pratiques et aux problèmes auxquels celles-ci s'affrontent. En CAP, l'accent est mis sur les problèmes explicatifs, c'est-à-dire sur des problèmes travaillant les raisons et les nécessités qui donnent corps aux savoirs. Une analyse comparée nous conduit à proposer que TACD et CAP puissent participer, ensemble, d'une mise en système de descriptions de l'action didactique, permettant ainsi de mieux comprendre, et transformer, l'action didactique.

### **Abstract :**

The notion of problem is at the core of the Joint Action Theory in Didactics (JATD). It is also at the core of the Framework of Learning through Problematization (FLP). In JATD, problems and knowledge are intertwined and inherent in practices that deal with these problems. In FLP, the emphasis is on explanatory problems, i.e., problems that deal with the reasons and needs that give substance to knowledge. A comparative analysis leads us to propose that JATD and FLP can participate, together, in the same system of description of the didactic action, thus allowing a better understanding and transformation of the didactic action.

**Mots clés :** didactique comparée, géologie, jeu d'apprentissage, jeu épistémique, modélisation, problématisation.

**Key-words :** comparative didactics, epistemic games, learning games, geoscience, modeling, problematization

## Cadre général de l'étude

La notion de problème est au cœur de la Théorie de l'Action Conjointe en Didactique (TACD ; Sensevy, 2011). Elle l'est tout autant au cœur du Cadre de l'Apprentissage par Problématisation (CAP ; Orange, 2012). En TACD, la notion de problème est organiquement liée à celle des savoirs, et de leurs apprentissages, dans une immanence des savoirs aux pratiques et aux problèmes auxquels celles-ci s'affrontent. Ce rapport se modélise dans une dialectique entre jeu d'apprentissage et jeu épistémique qui peut confronter l'élève à des problèmes pertinents pour approcher la pratique des connaisseurs (Santini, 2021). En CAP, l'accent est mis sur la notion de problème explicatif, c'est-à-dire sur des problèmes travaillant les raisons et les nécessités qui donnent corps aux savoirs. En classe, il va alors s'agir de caractériser, voire de favoriser, la construction de cette problématisation à dominante explicative dans l'action didactique (Chalak, 2016). À partir de cette brève description, il est déjà possible d'apercevoir déjà aux moins deux éléments que TACD et CAP ont en commun : 1) une conception moniste des savoirs et des problèmes associés, et 2) une approche actionnelle de la relation didactique. Toutefois, le regard en TACD est plutôt orienté par l'étude de l'action pour caractériser les pratiques et les savoirs qui sont en jeu, quels que soient les types de problèmes alors que le CAP privilégie un regard épistémique ciblé sur les problèmes explicatifs. Cela dit, les problèmes et l'action ne sont pas pour autant perdus de vue dans les deux cadres.

Ainsi, dans une perspective comparatiste, cette communication vise à questionner plus avant la compatibilité entre CAP et TACD, et à discuter leurs possibles apports réciproques dans l'étude des situations didactiques, à la suite d'un premier travail qui a pu en montrer l'intérêt (Santini & Crépin-Obert, 2015). Cette analyse se fonde sur des études de cas en didactique menées en didactique de la géologie dans l'un des deux cadres, CAP ou TACD, et retravaillées dans l'autre. Cette étude est rendue possible par une méthodologie partagée d'utilisation de films de classe, et de leurs retranscriptions, comme données essentielles pour documenter, et analyser, le fonctionnement des systèmes didactiques. En TACD, ce fonctionnement est modélisé dans une dialectique entre jeu épistémique et jeu d'apprentissage (cf. fig. 1).

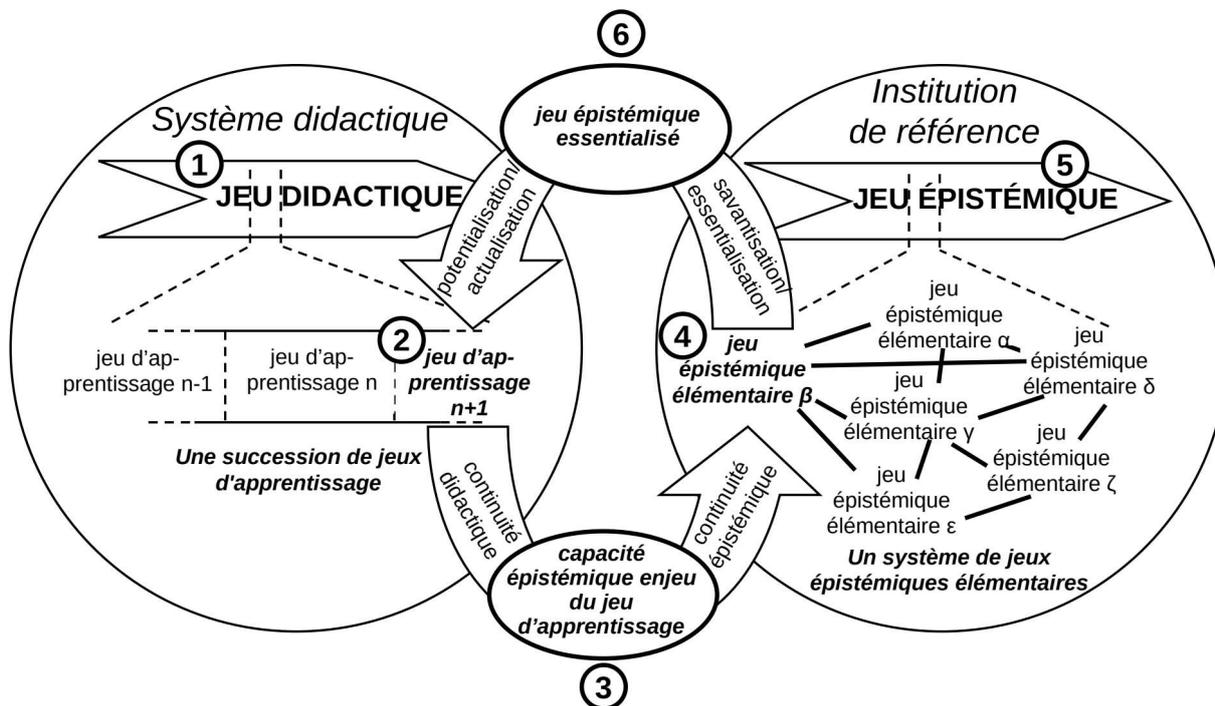


Fig. 1 : le modèle des jeux de savoirs (Santini, 2021, p. 140)

Dans une présentation succincte, avec ce modèle, le *jeu didactique* (1) décrit la grammaire générique de l'action didactique conjointe élève-professeur. Ce jeu didactique générique se spécifie par des enjeux de savoir dans *une succession de jeux d'apprentissage* (2). Ces enjeux de savoir sont modélisés comme des *capacités épistémiques* (3). La *continuité didactique* décrit la manière dont l'expérience vécue avec les jeux d'apprentissage peut être favorable à l'appropriation d'une capacité épistémique. La *continuité épistémique* décrit la manière dont cette capacité épistémique peut être pertinente au regard de la pratique du connaisseur. Cette pratique de connaisseur est modélisée, dans une perspective actionnelle, comme *un système de jeux épistémiques élémentaires* (4) dont le *jeu épistémique* (5) décrit la grammaire générique. Le *jeu épistémique essentialisé* (6) est une « réduction » d'un jeu épistémique élémentaire visant à faire « vivre » une action préservant la logique de la pratique du connaisseur, dans une dialectique entre savantisation et essentialisation de cette pratique et une dialectique entre potentialisation et actualisation dans des jeux d'apprentissage.

En CAP, le choix est fait de se concentrer sur les moments où les problèmes explicatifs sont en jeu. La problématisation est alors modélisée sous la forme d'un espace de contraintes (cf. fig. 2).

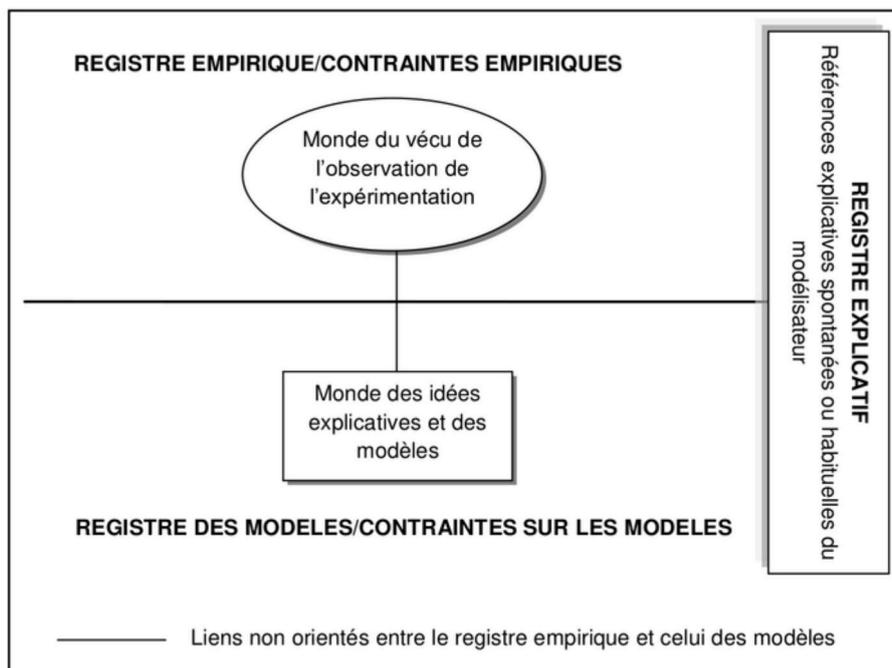


Fig. 2 : Modélisation de l'espace de contraintes (Chalak, 2012, p. 61, d'après Orange, 2000).

L'explication, qui représente la solution au problème explicatif posé, est construite à partir de la mise en tension du registre empirique, « celui des faits provenant d'observations ou d'expériences » et du registre des modèles, celui des « explications construites pour rendre compte des faits jugés pertinents pour le problème travaillé » (Orange, 2012, p.24). Les tensions entre ces deux registres se font dans le cadre du registre explicatif qui correspond au « monde mental sur lequel s'appuie la construction du modèle et qui lui donne ses qualités explicatives » (Orange, 2012, p.132). Elles amènent à mettre en évidence les raisons (ou les nécessités) qui contraignent les modèles explicatifs ce qui octroie au savoir un caractère apodictique. L'espace de contraintes représente la dynamique de la problématisation et de la construction des problèmes en mettant en évidence les contraintes et les nécessités organisant les solutions possibles du problème (figure 2). 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 – que ce soit par les scientifiques ou par les élèves – en le situant sur ses pôles empiriques et des modèles. Dans ce cadre, les ruptures et le franchissement des obstacles correspondants sont liés à la construction du problème par les

élèves et à l'abandon d'une connaissance d'opinion, mal questionnée et assertorique « pour une connaissance qui, une fois problématisée, sera fondée en raison, deviendra apodictique » (Fabre et Orange, 1997, p.40).

En TACD, la question de l'obstacle est également présente, mais elle est pensée dans une dialectique entre rupture et continuité de l'expérience vécue (Dewey, 1938) dans l'action didactique. Dans cette dialectique, l'obstacle peut se comprendre comme une action qui a pu être pertinente dans un jeu de langage, mais qui ne l'est plus dans le jeu de langage visé. Avec un exemple rapide, il est pertinent de classer les tomates dans le jeu de langage de la liste de courses chez le maraîcher, car on cuisine le plus souvent les tomates dans des entrées ou des plats, mais pas dans des desserts comme les fruits. En revanche, cela n'est plus pertinent dans le jeu de langage du biologiste, pour lequel la tomate ne peut être qu'un fruit car elle est l'évolution d'une fleur dans la reproduction sexuée des végétaux. Dans cette perspective actionnelle, l'obstacle entre dans une dialectique entre rupture (la tomate n'est plus un légume, mais un fruit) et continuité (la tomate est un végétal) pour l'apprentissage de nouveaux jeux de langage (Sensevy, 2011 ; Santini, 2021).

### **Présentation du corpus analysé**

Le corpus étudié est emprunté à deux corpus constitués à l'occasion de nos travaux de thèse respectifs (Chalak, 2012; Santini, 2009). Ce nouveau corpus rassemble les séquences d'enseignement portant sur un même enjeu de savoir, le magmatisme, et conçues dans une coopération chercheur-professeur (ingénierie didactique en TACD et séquences forcées en CAP). Ces séquences recouvrent l'ensemble du curriculum pour le magmatisme de l'enseignement primaire et secondaire en France, à savoir le Cours Moyen de l'école élémentaire, la classe de Quatrième au collège et, au lycée, la classe de Terminale Scientifique (dénomination disparue et pouvant correspondre à une discipline de spécialité SVT). Chacune de ces séquences a donc déjà fait l'objet d'une analyse dans l'un des deux cadres, la séquence de Cours Moyen en TACD et les séquences de Quatrième et Terminale en CAP. Dans ce texte, nous faisons le choix de présenter les séquences au début et à la fin du curriculum, c'est-à-dire Cours Moyen et Terminale. Pour l'analyse croisée CAP/TACD de ces séquences, nous commençons par présenter brièvement l'analyse déjà réalisée en CAP ou TACD, puis l'analyse nouvellement réalisée dans l'autre cadre et, enfin, de premiers éléments de

comparaison entre les deux.

## Analyses croisées CAP/TACD

### Une analyse en TACD et sa reprise en CAP : le magmatisme en CM1/CM2

La classe de CM1/CM2 travaille pendant trois séances sur le magmatisme. Après avoir identifié les caractéristiques d'un volcan lors d'une première séance, les élèves travaillent au cours de la deuxième sur les problèmes suivants : « 1. Que se passe-t-il à l'intérieur d'un volcan ? Et 2. D'où vient la lave ? » Ils produisent des affiches de groupe, comme celle en figure 3, qu'ils confrontent lors d'un moment d'échange pour repérer les éléments de différence et de ressemblance. La modélisation analogique de la structure de la Terre est ensuite mobilisée par l'enseignant et le savoir visé est institutionnalisé. La troisième séance est consacrée à la formation du cône volcanique et à la sortie du magma avec une organisation semblable à la deuxième.

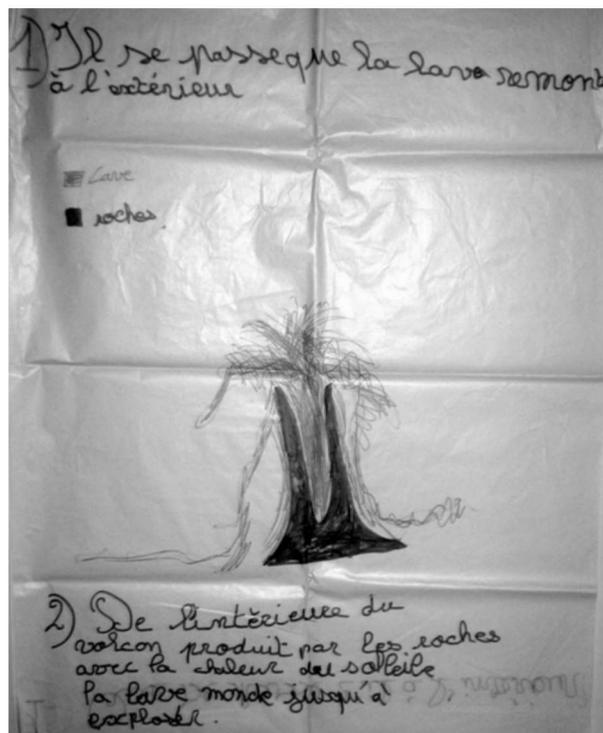


Figure 3 : Une affiche produite par un groupe d'élèves de CM1/CM2.

Du point de vue de la problématisation, la deuxième séance attire notre attention en raison de

son organisation et ses problèmes travaillés. Son analyse en TACD (Santini, 2009) a déjà donné lieu à l'identification des jeux d'apprentissage et des capacités épistémiques suivants (tableau 1).

<b>Jeu d'apprentissage</b>	<b>Capacités épistémiques</b>	<b>Organisation classe</b>	<b>Durée (mm:ss)</b>
S2J1- Rappeler ce qui a été fait en S	Décrire les caractéristiques d'un volcan	Collectif	8:37
S2J2- Énoncer des noms de volcans trouvés dans une recherche à la maison		Collectif	3:55
S2J3- Schématiser et légènder une coupe de volcan	Décrire la structure interne d'un volcan et l'origine de la lave avec une coupe	Groupe	27:05
S2J4- Recopier l'affiche de son groupe		Collectif	14:15
S2J5- Confronter les affiches	Critiquer des descriptions de structure de volcans et de l'origine de la lave	Collectif	3:54
S2J6- Légènder deux coupes muettes	Expliciter la structure interne d'un volcan et l'origine de la lave avec une coupe	Individuel	7:49
S2J7- Correction de S2J6		Collectif	7:54
S2J8- Compléter un texte lacunaire		Collectif	10:0

Tableau 1. Analyse de la deuxième séance selon la TACD (Santini, 2009).

Nous nous intéressons d'abord, du point de vue du CAP, à la capacité épistémique qui consiste à « décrire la structure interne d'un volcan et l'origine de la lave avec une coupe ». Les écrits de groupe (6 groupes) sont constitués d'un schéma légènder accompagné ou non d'un texte d'explication et leur étude nous permet d'inférer les explications initiales des élèves. Un bon nombre de productions (5 groupes) met en évidence un fonctionnement local du magmatisme limité à l'environnement du volcan (voir figure 3) sans lien explicite avec l'intérieur de la Terre. Parmi ces explications locales, certains élèves optent pour un magma existant, d'autres pour un magma qui se forme à partir des roches grâce à la chaleur du soleil ou en lien avec l'eau chauffée. Dans le premier cas, c'est le problème de la remontée du magma qui se pose et non pas celui de sa formation puisqu'il préexiste. Dans le second cas, le problème de la formation est posé mais de manière très locale avec origine en lien avec la chaleur du soleil. Une seule production de groupe situe le volcan dans un environnement plus

large et précise que le magma vient du noyau de la Terre sans plus de précisions.

La diversité de ces productions constitue un terrain propice aux débats et aux échanges argumentés (capacité épistémique : critiquer des descriptions de structure de volcans et de l'origine de la lave). Elles sont présentées au tableau et lues par les élèves qui repèrent des mots que l'enseignant note au fur et à mesure au tableau. Puis, leur contenu est discuté et plusieurs solutions sont repérées comme le montrent les deux extraits suivants (TDP 105 et 106) : les roches fondent à l'intérieur du volcan avec la chaleur du soleil ou en lien avec l'eau chauffée et la lave vient du noyau :

### Extrait 1.

- 105- GA : de l'intérieur du volcan produit par les roches avec la chaleur du soleil la lave monte jusqu'à exploser
- 106- P4 : donc eux ils disent ils pensent que les roches elles fondent avec la chaleur du soleil et que donc c'est ça qui va donner la lave et ici les pierres fondent et ça fait de la lave aussi bon euh [à JOH] deuxième [à la classe] ça l'idée que les roches elles fondent à l'intérieur du volcan d'accord pas d'accord à l'intérieur ou alors dans le noyau + bon je marque avec un point d'interrogation aussi + alors ça fait déjà trois questions hein est-ce que ça vient du noyau est-ce qu'il y a de l'eau est-ce que les roches fondent à l'intérieur ML

Nous analysons, dans ce qui suit, comment ces différentes solutions sont travaillées par la classe.

Pour les élèves, les liens avec la chaleur du soleil sont importants, car la fusion des roches est surtout contrôlée par la température. Cette chaleur est nécessaire pour former le magma, mais cette nécessité est restée implicite dans les échanges. Cela est remis en question par un élève (TDP 125) qui considère que la fusion par la chaleur du soleil est impossible, car les roches à l'extérieur du volcan pourraient fondre. La classe s'oriente alors vers une explication en lien avec l'intérieur de la Terre (TDP 127 et 128) : la chaleur a pour origine le centre de la Terre ce qui pourrait expliquer la fusion interne et non externe. De plus, l'enseignant attire l'attention des élèves sur l'impossibilité de la fusion des roches par la chaleur du soleil (TDP 128) et pointe la nécessité d'une chaleur interne (TDP130) :

### Extrait 2.

- ben on a pas mal de choses déjà + il y a de la lave ça c'est sûr bon le noyau il est sur une affiche donc ça on ne sait pas trop de l'eau c'est sur une affiche ça on ne sait pas trop le fait que les roches fondent à l'intérieur du volcan + ça + je vois des oui je vois des non
- 125- JI : mais euh si elles fondent à l'intérieur avec le soleil pourquoi l'extérieur il fond pas
- 126- P4 : ah bonne question si ça fond à l'intérieur pourquoi ça ne fond pas à l'extérieur ++ c'est peut-être + DE
- 127- DE : c'est pour la chaleur en fait au centre de la Terre (inaudible)
- 128- P4 : alors si la chaleur vient du centre de la Terre et que c'est pas le soleil peut-être que ça explique pourquoi ça fond à l'intérieur mais pas à l'extérieur + avec le soleil je sais pas si vous avez déjà vu des roches fondre avec le soleil
- 130- P4 : donc y aurait pas trop de raison alors si ça fond avec la chaleur à l'intérieur peut-être que ça marche mieux mais faudrait qu'il y ait de la chaleur à l'intérieur + mais bon la lave c'est bien de la roche fondue faut bien à un moment donné + que ça fonde autre chose

Quant à l'explication en lien avec l'eau chauffée, elle est invalidée par l'enseignant : la lave est à 1000 degrés et l'eau s'évapore à cette température-là. L'analyse des échanges montre bien comment les élèves qui s'inscrivaient déjà dans une problématique de formation du magma sont passés d'une origine locale expliquée par la chaleur du soleil à une origine interne en lien avec le fonctionnement de la Terre.

La présentation du modèle analogique de la structure de la Terre permet aux élèves de repérer les structures représentées par les trois ballons gigognes (croûte, manteau, noyau) puis l'enseignant leur explique que « 157 P4. (...) c'est dans le manteau qu'on a les roches qui fondent donc dans le manteau ... y en a un peu qui fond mais pas dans le noyau et ça fond il y a quelqu'un qui l'a dit tout à l'heure grâce à la chaleur du noyau ». Ainsi, la solution au problème est pointée : les élèves apprennent que la fusion des roches se produit dans le manteau grâce à la chaleur qui vient du noyau. Cependant, l'impossibilité de la production du magma par le noyau n'est pas argumentée : le noyau produit de la chaleur, mais pourquoi ne peut-il pas produire du magma ?

Les échanges précédemment analysés nous ont permis de construire l'espace de contraintes ci-dessous (figure 4) qui décrit l'activité de problématisation de la classe pendant la séance.

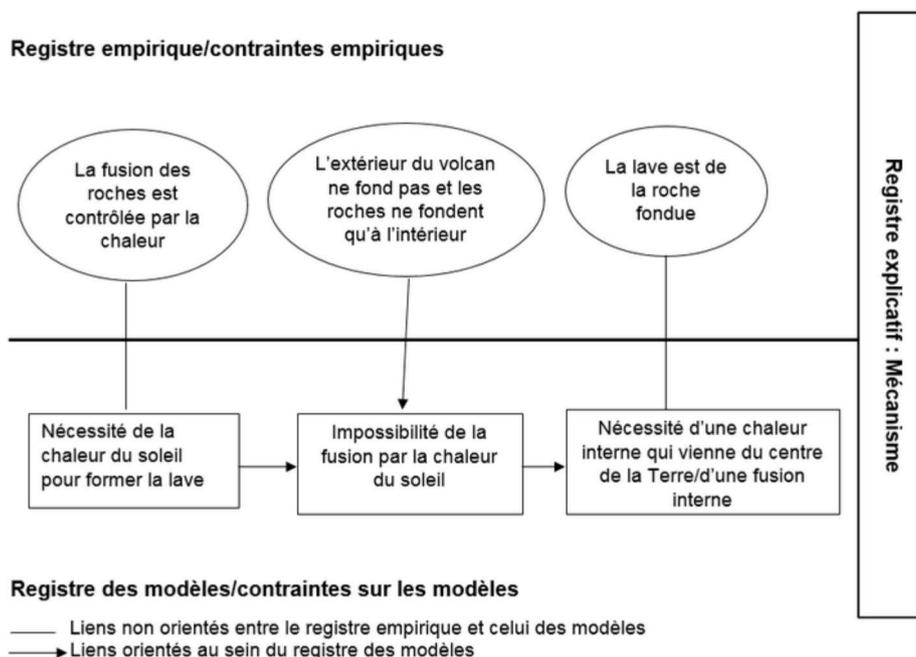


Figure 4 : Espace de contraintes en jeu lors de la séance 2.

Cette analyse menée, dans le CAP, a permis de compléter et d'approfondir celle déjà réalisée en TACD. Elle s'est essentiellement centrée sur des moments où des problèmes explicatifs sont travaillés et où les explications proposées par les élèves sont discutées.

### Une analyse en CAP et sa reprise en TACD : le magmatisme en Terminale S

La classe de terminale scientifique étudiée travaille la question du volcanisme en zones de subduction, c'est-à-dire dans des régions du globe où une plaque tectonique passe sous une autre, comme celle de la cordillère des Andes. Du point de vue des savoirs géologiques, un enjeu majeur réside dans un mécanisme spécifique aux zones de subduction pour la fusion partielle des roches du manteau, les péridotites. En effet, c'est principalement l'élévation de la température souterraine qui va expliquer cette fusion partielle à l'origine des magmas. C'est d'ailleurs ce mécanisme qui est étudié depuis le Cours Moyen de l'école élémentaire (cf. exemple précédent). Dans les zones de subduction, les magmas se forment à des profondeurs où la température seule ne permet plus d'expliquer la fusion des roches du manteau, les péridotites. C'est alors la présence d'eau qui va expliquer cette fusion par un abaissement du point de fusion des roches (Kushiro, Syono, et al., 1968; Kushiro, Yoder Jr, et al., 1968).

Dans cette classe de terminale, la séquence d'enseignement débute par une séance de

travail individuel des élèves, suivie d'un travail en groupes, à partir de la consigne suivante : « Représenter sous la forme d'un schéma accompagné d'un texte le fonctionnement d'une zone de subduction, permettant d'expliquer la répartition des foyers des séismes et des volcans ». Cette séance s'achève avec la production d'affiches, par les groupes d'élèves, comme celle ci-dessous.

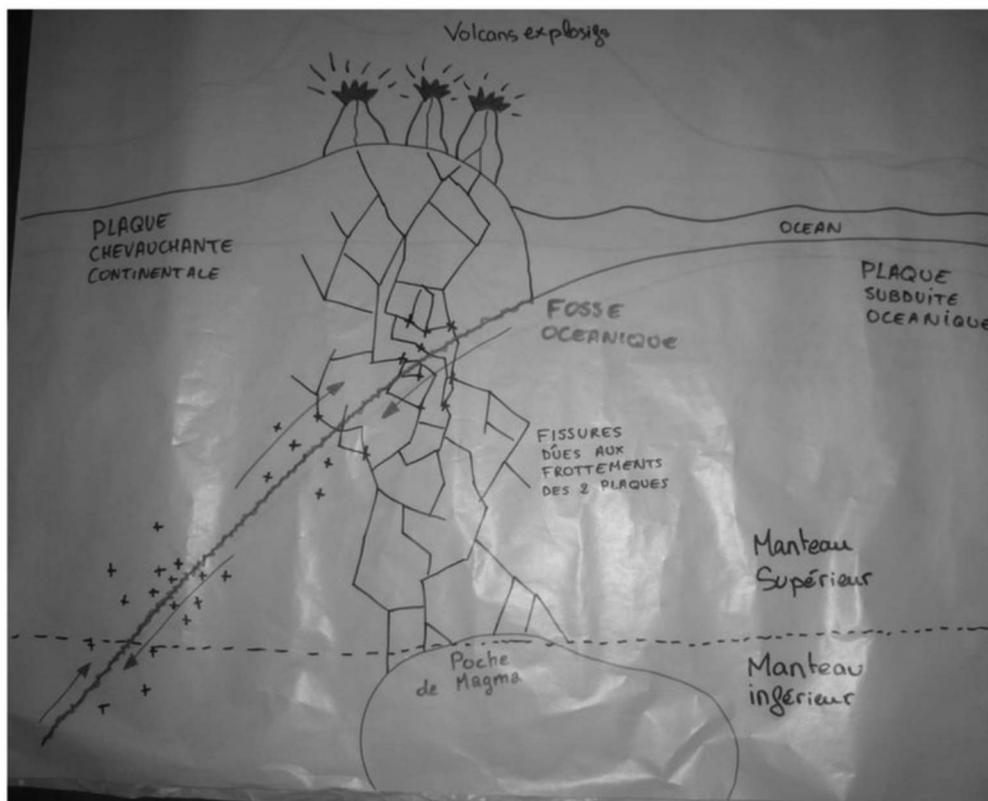


Fig. 5 : une affiche produite par un groupe d'élèves de Terminale S

Les affiches produites par les élèves lors de cette première séance sont ensuite débattues. En CAP, l'analyse de cette phase de débat aboutit à la construction de l'espace de contraintes de la figure 5.

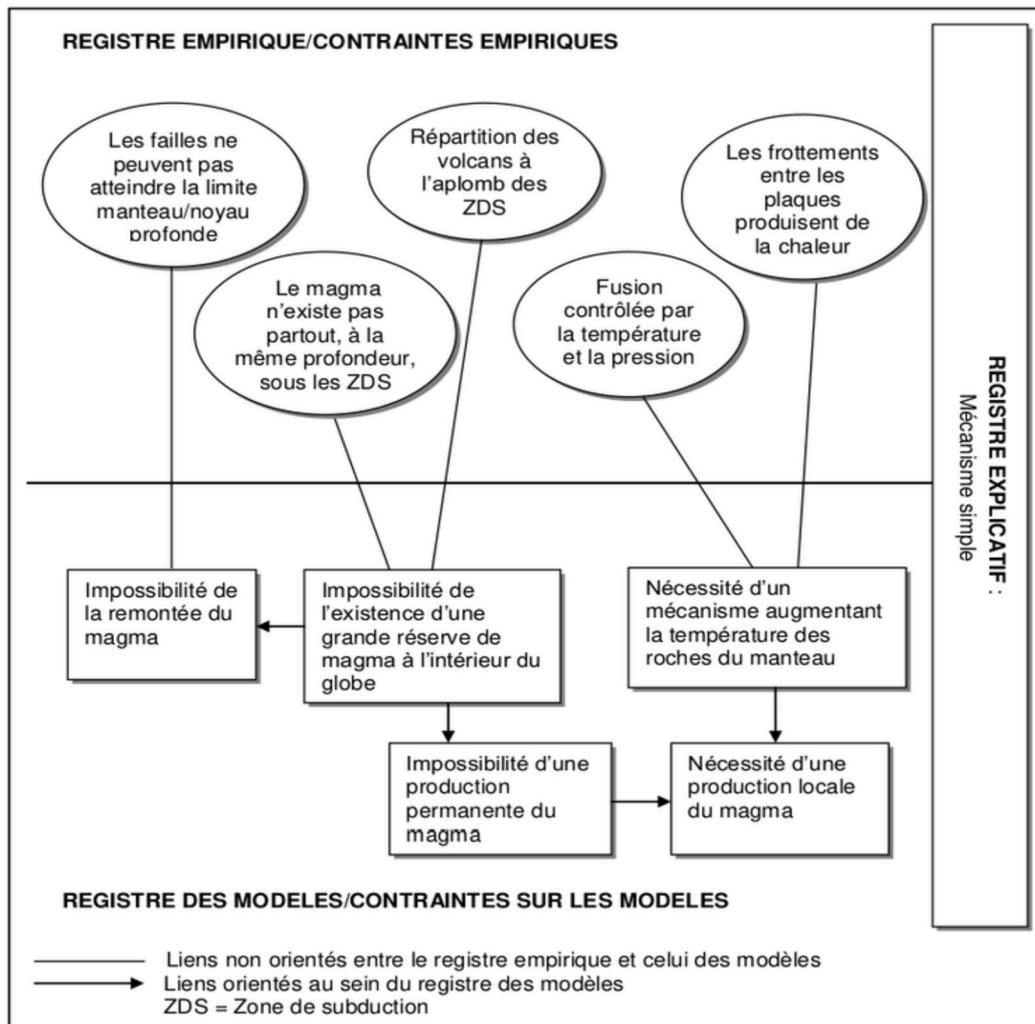


Fig. 6 : espace de contraintes en jeu lors du débat en Terminale S

Pour construire cet espace de contraintes, sont analysés des extraits de retranscription du débat comme le suivant.

**Extrait 3.**

69	Professeur. <i>Alors s'il y en a, si on raisonne euh selon votre schéma, du magma remonterait aussi par ces fissures qui seraient à gauche ?</i>
70	Antoine. <i>Oui mais là euh...</i>
71	Professeur. <i>Donc on aura des volcans, plus à gauche sur la plaque chevauchante.</i>
72	Antoine. <i>Mais là on imagine aussi que, que là, enfin il y a une très importante profondeur à gauche, puisque on voit bien qu'on a des épencentres, c'est beaucoup plus profond, donc euh ça va peut-être trop loin, la croûte euh ça va peut-être trop loin pour que le magma puisse remonter jusqu'ici. Puisqu'on imagine que sans la poche de magma en fait, il y aurait eu une fissure euh comme ça et que le magma euh puisse les agrandir jusqu'à, jusqu'à la croûte.</i>
73	Paul. <i>Oui mais si on part de votre raisonnement, les séismes qui sont les plus profonds, enfin ils sont quand même à une profondeur qui est, enfin proportionnellement ils sont très très bas et comment est-ce que les séismes de profondeur moyenne ils arriveraient à créer des failles euh jusqu'au manteau inférieur ? Enfin si les autres, les séismes profonds, ils ne peuvent pas remonter à la surface, enfin les failles ne peuvent pas remonter à la surface.</i>
74	Antoine. <i>Bonne question. On n'avait pas pensé à ça...</i>

Avec cet extrait, le débat arrive à une remise en cause du modèle présenté avec l'affiche de la figure 5 : il est impossible que des séismes produisent un réseau de fractures de la dimension nécessaire à la remontée d'un magma préexistant situé dans le manteau inférieur. Cette impossibilité est représentée dans le registre des modèles de l'espace de contraintes (cf. fig. 6).

Dans une analyse en TACD, ce même extrait conduit à s'intéresser à savoir comment cette impossibilité est construite dans une action conjointe entre professeur et élèves. Avec le début de l'extrait, le professeur s'appuie sur l'affiche et fait fonctionner le modèle représenté : les croix les plus à gauche sont des foyers de séismes, qui devraient produire également un réseau de fractures, avec remontée de magma et un volcanisme à l'aplomb (TDP 69-71). Or, ce n'est pas le cas. Antoine répond qu'il serait possible que ces fractures n'atteignent pas la surface (TDP 72). Paul reprend cet argument pour le réseau de fractures représenté sur l'affiche en arguant qu'il est également trop profond pour atteindre la surface et le manteau inférieur (TDP 73). Antoine acquiesce (TDP 74).

Cet extrait participe ainsi d'un jeu d'apprentissage de débat d'affiches expliquant le volcanisme de subduction, qui peut permettre aux élèves de s'approprier une capacité épistémique de critique de modélisations en coupes longitudinales. Dans ce jeu

d'apprentissage, les affiches fonctionnent comme des objets du milieu didactique dans un contrat didactique de modélisation à partir d'éléments géologiques déjà connus (failles, volcans explosifs, plaques tectoniques, etc.). Ici, le milieu didactique va permettre de mettre en jeu des raisons d'impossibilité du modèle par des inférences à partir de l'affiche (TDP 69, 71 et 73). En d'autres termes, ce sont des rétroactions rationnelles du milieu qui permettent de remettre en cause le modèle représenté.

Avec cet extrait, il est également possible de voir comment ce professeur travaille dans une dialectique entre réticence didactique et expression didactique. Ainsi, le professeur exprime des inférences à partir du modèle représenté par l'affiche (TDP 69 et 71), mais il demeure réticent quant à la véracité de ces inférences. Ce faisant, il laisse la possibilité à Antoine et à Paul quant à la possibilité d'un volcanisme de subduction en arrière de l'arc volcanique. Il est possible de trouver de ce travail de réticence-expression dans les tours de parole qui précèdent l'extrait :

#### Extrait 4.

52	Victor. C'est-à-dire que c'est la pression qui fait que le magma remonte.
53	Antoine. Voilà ! On pense que la pression du magma qui s'infiltré dans les failles euh les agrandit.
54	Lise. Comment il se forme le magma ?
55	Antoine. Comment il se forme le magma ! On a vu ça en cours de Première.
56	Lise. Comment il arrive à cet endroit là ? xxx à côté.
57	Antoine. Ben justement, parce que là en fait j'ai dit, là c'était schématique mais on peut imaginer qu'elle est beaucoup plus grande la poche et euh, vas-y Lahcen.
58	Lahcen. Mais si la poche était beaucoup plus grande il n'y aurait pas qu'une seule ligne de volcan, il y en aurait surtout d'autres
59	Antoine. Il y en aurait surtout d'autres, ben euh
60	Lahcen. Comme on avait dit que c'était parallèle à la limite des plaques.
61	Antoine. Oui mais les séismes euh il y en a surtout ici.
62	Lahcen. Non mais faut arrêter xxx
63	Pierre. Ça c'est schématique, voilà c'est euh...
64	P. Pour aller dans le même sens, toutes les petites croix c'est les foyers des séismes ?
65	Antoine. Oui.
66	P. D'accord. Pourquoi est-ce que vous n'avez des fissures que là où vous les avez représentées, pourquoi on n'en a pas à gauche par exemple ? y en a aussi ou pas ?
67	Pierre. Oui y en a
68	Antoine. Y en a parce que euh

Ces tours de parole préparent ceux de l'extrait des TDP 69-74. Des élèves ayant contribué à l'affiche expliquent ce qu'ils ont représenté (TDP 52-63). La question de la

formation du magma en zone de subduction n'est pas sensible et est considérée comme réglée depuis l'année précédente (TDP 55). Lahcen interroge la taille de la poche de magma et avance qu'une poche plus grande ne donnerait pas un arc volcanique (TDP 57-60). Antoine répond que c'est lié à la concentration des séismes à l'aplomb de l'arc (TDP 61). Le professeur intervient alors pour faire confirmer que toutes les croix le long de la plaque plongeante sont bien des séismes, et pas seulement celles à l'aplomb de l'arc volcanique (TDP 64). Il demande alors si ces séismes en aval de la plaque plongeante devraient également donner lieu à la représentation de « fissures » (TDP 66). Antoine et Pierre acquiescent (TDP 67 et 68).

L'analyse de ces deux extraits consécutifs montre ainsi une forte expression didactique du professeur quant à l'intérêt de la présence de séismes tout le long de la plaque plongeante, avec une forte réticence didactique quant à l'origine du magma. Dans ce travail de réticence et expression, c'est une rétroaction rationnelle du milieu (la profondeur moyenne des séismes ne permet pas une fracturation jusqu'au manteau) qui va empêcher un contrat didactique de volcanisme de dorsale (le magma se forme dans le manteau et remonte par un réseau de fractures).

Dans une séance ultérieure, les élèves doivent analyser des documents, dont des courbes de liquidus et solidus pour la péridotite sèche et la péridotite hydratée. Ces courbes, obtenues par fusion expérimentale, permettent de déterminer dans quels contextes de pression, c'est-à-dire de profondeur, et de température une péridotite sera solide, liquide ou partiellement les deux, selon l'absence d'eau (péridotite sèche) ou la présence d'eau (péridotite hydratée). La consigne qui leur est donnée est : « dans chaque document recherchez les informations qui vous permettent de compléter, corriger, ou valider votre modèle ». Il s'agit ici d'un jeu d'apprentissage de reprise d'un modèle de volcanisme de subduction à partir de mesures de profondeur et de températures. Dans ce jeu d'apprentissage, les deux schémas de la fig. 7 fonctionnent comme des objets du milieu, c'est-à-dire des éléments d'un système stratégique potentiel pour jouer le jeu d'apprentissage. Sur le schéma de la péridotite hydratée, il est également possible de remarquer l'annotation « géotherme le m<sup>h</sup> », avec m<sup>h</sup> l'abréviation de même, par le professeur le long de ligne pointillée représentant le géotherme de zone de subduction (annotation manuscrite en haut à gauche sur le schéma de

la fusion expérimentale de la péridotite hydratée de la figure 7). Cette annotation est un élément de l'expression didactique du professeur qui rend sensible la comparaison des géothermes en zone de subduction sur les deux schémas. Ce faisant, les élèves peuvent commencer à développer une capacité épistémique d'interprétation des résultats d'un dispositif expérimental avec contrôle d'une variable (ici, l'hydratation de la péridotite).

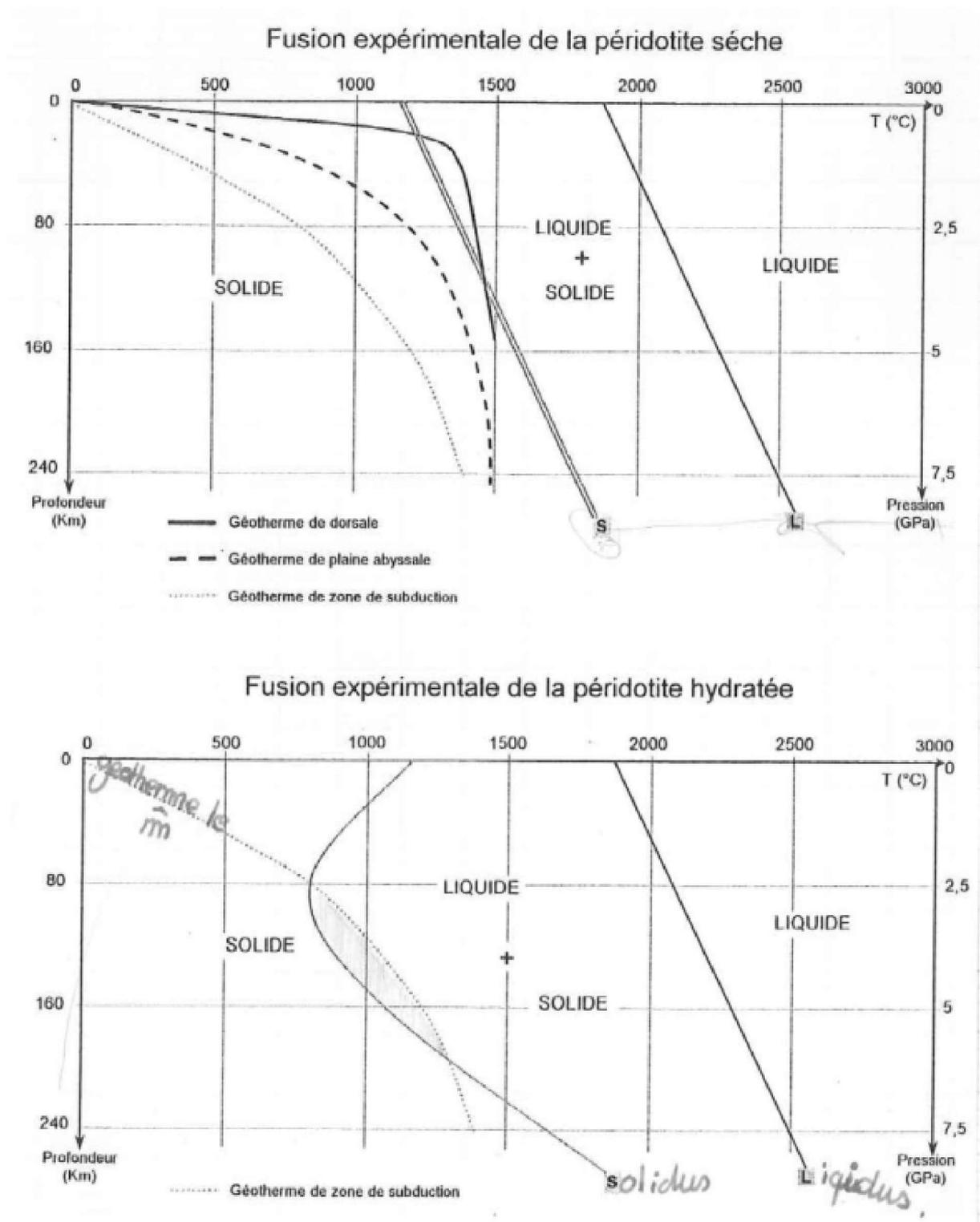


Fig. 7 : fusion expérimentale de la péridotite sèche et de la péridotite hydratée

La séquence d'enseignement se termine avec le texte, ci-dessous, distribué aux élèves par le professeur.

➤ Les magmas des zones de subduction ont pour origine une fusion partielle du manteau de la plaque lithosphérique chevauchante au-dessus du plan de Bénioff. A la profondeur où sont produits ces magmas, les péridotites anhydres ne peuvent fondre ; cependant, les études expérimentales ont montré que l'hydratation des péridotites abaisse leur point de fusion. La formation du magma serait donc due à l'hydratation du manteau, l'eau provenant de la déshydratation des roches de la plaque plongeante.

Il est tout à fait possible d'imaginer que ce texte final puisse être présent dans des classes fonctionnant davantage selon un contrat didactique classique, différent du contrat didactique d'enquête de la classe étudiée. C'est alors l'expérience vécue en classe et sa remémoration qui vont être susceptibles de faire la différence pour les apprentissages scientifiques réalisés. Dans cette perspective actionnelle, l'analyse en TACD a conduit à regarder à d'autres endroits (extrait TDP 52-68 ; schémas de fusion expérimentale de péridotite) que ceux retenus pour l'analyse en CAP, et ce afin de documenter des moments du déroulement de l'action didactique conjointe. Mises en perspective, ces deux analyses concourent à comprendre davantage l'expérience didactique et épistémique vécue par les élèves et qu'une lecture du texte final peut revivifier.

## Discussion

L'objectif de ce texte réside dans les apports réciproques, et les questionnements, que peuvent s'apporter mutuellement les cadres de la CAP et de la TACD. À partir des analyses croisées que nous venons de présenter, nous nous proposons de les discuter en suivant deux axes : 1) la modélisation de l'action didactique, et 2) le renouvellement de la forme scolaire.

### La modélisation de l'action didactique

En CAP, l'analyse didactique se concentre sur les phases de débat de problèmes explicatifs. Avec l'analyse, le déroulement de ces débats est modélisé sous la forme d'un espace de contraintes qui rend compte de la problématisation qui émerge des échanges. En TACD, l'analyse didactique va porter tout autant sur les autres moments d'une séquence d'enseignement, la production des affiches ou l'analyse de documents. Concernant la phase de débat, l'analyse en TACD va étudier comment les raisons et les nécessités d'un espace de

contraintes en CAP sont construites dans le déroulement de l'action didactique conjointe, dans la double dialectique contrat-milieu et réticence-expression. Par exemple, en classe de Terminale, l'impossibilité de la remontée du magma (cf. fig. 6) se construit avec la réticence/expression du professeur couplée à une mise en jeu d'une rétroaction rationnelle du milieu (extraits 3 et 4). Dans le vocabulaire du jeu, cela pourrait se comprendre comme une modélisation du déroulement du jeu didactique (une succession de jeux d'apprentissage en TACD) et d'un état du jeu didactique (l'espace de contraintes lors d'une phase de débat en TACD). En ce sens, les descripteurs théoriques de CAP et de TACD peuvent être complémentaires.

Toutefois, cette complémentarité ne signifie ni emboîtement, ni recouvrement. À titre d'exemple, dans l'analyse de la séance de CM1/CM2 en CAP, le registre empirique comprend l'élément « la fusion des roches est contrôlée par la chaleur » (cf. fig. 4). Cet élément empirique est construit dans le débat analysé. Dans la perspective de la TACD, ce même élément participe, pour une part, du contrat didactique et, pour l'autre, du milieu didactique. Du point de vue du contrat, la fusion par la température appartient au déjà-là, au déjà-connu, qui a déjà été appris dans une expérience quotidienne du monde (ce peut être faire fondre du chocolat dans une casserole) ou dans les années précédentes (en particulier, avec l'étude des états de la matière au cours élémentaire). Du point de vue du milieu, les températures susceptibles de faire fondre des roches, bien supérieures à celles rencontrées dans le quotidien, sont un élément à explorer. Une preuve en est l'argumentation quant à la possibilité de cette fusion par la chaleur du soleil (cf. extraits 1 et 2).

Une manière d'envisager l'articulation des descripteurs théoriques de CAP et de TACD peut être de considérer les niveaux d'échelle mobilisés. D'une échelle micro vers une échelle macro, ces niveaux pourraient s'ordonner de la manière suivante : tour de parole (TDP), espace de contraintes d'un débat, jeu d'apprentissage, thème mis à l'étude, séquence d'enseignement. Les échelles TDP, thème et séquence sont communes aux analyses présentées dans ce texte. Elles apparaissent fonctionner comme un arrière-plan partagé et allant de soi. Une différence résiderait alors dans le niveau d'entrée privilégié dans chacun des cadres : espace de contraintes d'un débat en CAP et jeu d'apprentissage en TACD. La mise en relation de ces deux niveaux d'échelle peut permettre de densifier la modélisation de l'action

didactique, d'en rendre mieux compte en décrivant des états, des résultats du jeu didactique sous la forme d'espace de contraintes ou en décrivant le déroulement de l'action dont peut émerger une certaine problématisation. Cette mise en relation peut ainsi permettre de rendre compte de l'institution du problème et de sa solution. Ainsi, dans la séquence de terminale S, la figure 6 permet de caractériser le problème en actes dans le débat des affiches, ce qui permet d'avancer dans l'enquête, mais ne rend pas compte de la solution qui va être construite dans l'action didactique. Cette solution est travaillée dans un jeu d'apprentissage ultérieur de reprise d'un modèle de volcanisme de subduction à partir de mesures de profondeur et de températures.

### **Le renouvellement de la forme scolaire**

Dans les séquences d'enseignement du corpus, il est possible de dégager un format générique commun : le professeur met au travail les élèves sur un problème scientifique, leur demande de produire des affiches, puis de débattre à partir de ces affiches pour, enfin, institutionnaliser des éléments du débat et compléter par d'autres. Cet air de famille de ces différentes séquences peut se comprendre comme la recherche d'une didactique de l'enquête, qui vise à renouveler la forme scolaire classique en donnant un vrai rôle à jouer aux élèves dans l'enseignement, un rôle de première main dans l'action didactique. Il est le produit du travail d'une question de recherche commune entre CAP et TACD qui pourrait se formuler ainsi : comment permettre aux élèves d'accéder à une compréhension des savoirs scientifiques ?

Le CAP répond à cette question par la construction d'une problématisation. Pour décrire cette problématisation, le CAP modélise un espace de contraintes, dans un point de vue épistémique (Orange, 2012). La TACD répond à cette même question par une « simulation fonctionnelle des savoirs savants » (Sensevy, 2011), c'est-à-dire par la mise en œuvre de jeux d'apprentissage dans lesquels les savoirs en jeu sont rendus effectivement nécessaires. La TACD modélise ainsi les capacités épistémiques que peuvent s'approprier les élèves dans le déroulement de ces jeux d'apprentissages, dans un point de vue actionnel.

Par exemple, dans une simulation fonctionnelle des savoirs savants liés au volcanisme de subduction, des capacités épistémiques liées à la mesure vont être considérées comme essentielles, car nécessaires à l'aboutissement de l'enquête scientifique (Kushiro, Syono, et

al., 1968; Kushiro, Yoder Jr, et al., 1968). Cela conduirait à spécifier un jeu d'apprentissage centré sur les mesures présentées avec la figure 7, ce qui n'est pas le cas dans la séance étudiée puisque cette figure est incluse avec d'autres documents de nature différente. Un tel jeu d'apprentissage pourrait alors résider dans le tracé *a priori* d'une courbe de solidus permettant d'expliquer la formation de magma uniquement à l'aplomb d'un arc volcanique, puis dans une comparaison avec les résultats expérimentaux de la figure 7.

Cette mise en regard CAP/TACD peut également montrer une parenté entre les deux réponses, dans le travail des raisons et des nécessités d'un problème dans l'action. Cette parenté pourrait se comprendre comme un positionnement épistémologique moniste dans les deux cadres, c'est-à-dire dans une épistémologie qui lie organiquement ensemble capacités, problèmes et concepts dans un même processus. Dans ce processus, savoir est prendre un engagement, donner des raisons de cet engagement ou le demander à d'autres. Dans cette perspective, le « jeu d'offres et de demandes de raisons » (Brandom in Sensevy, 2011) est susceptible de fournir un objet théorique pour un travail commun entre les deux cadres dans leur recherche d'un renouvellement de la forme scolaire. Considérer ainsi le savoir dans un jeu d'offre et de demande de raisons peut permettre de tenir ensemble, de tresser problématisation épistémique et action didactique conjointe, que les besoins de l'analyse peuvent « distendre » en apparence, en privilégiant un niveau d'échelle plutôt qu'un autre (comme discuté plus haut).

## Conclusion

À ce stade de notre travail, la comparaison d'analyses CAP/TACD et la discussion de cette comparaison nous conduisent à proposer que les modélisations produites, espace de contraintes et jeux d'apprentissage, puissent participer ensemble d'un même système de descriptions de l'action didactique, permettant ainsi de mieux comprendre cette action, mais également de la transformer. En effet, TACD et CAP ont pour objet commun de leur programme de recherche respectif l'amélioration de l'efficacité didactique par la transformation des pratiques professorales. Ce programme de recherche prend la forme de séquences « forcées » en CAP et d'ingénieries didactiques coopératives en TACD. Le travail comparatiste réalisé nous amène ainsi à envisager les apports réciproques possibles entre CAP

et TACD pour la production de séquences de classe autour d'une question directrice commune : qu'est-ce qui résiste suffisamment à l'action didactique pour construire, et faire construire, des raisons et des nécessités ? Cette question directrice peut permettre d'appréhender ensemble la problématisation (les raisons et les nécessités construites ou à construire), les capacités épistémiques que peuvent développer les élèves (en se confrontant, dans l'action, aux résistances épistémiques de la situation) ainsi que le travail du professeur pour faire se développer l'action didactique à partir des séquences conçues.

## Références bibliographiques

- 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)*. Thèse de Doctorat en Sciences de l'Éducation, Université de Nantes - Université Saint-Joseph de Beyrouth.
- Chalak, H. (2016). Outils d'aide à la problématisation : l'utilisation des caricatures autour du magmatisme des zones de subduction en terminale S. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 14, 63-94.
- Dewey, J. (1938). *Experience and Education*. Collier Books.
- Fabre, M., & Orange, C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *Aster*, 24, 37-57.
- Kushiro, I., Syono, Y., & Akimoto, S. (1968). Melting of a peridotite nodule at high pressures and high water pressures. *Journal of Geophysical Research*, 73(18), 6023–6029.
- Kushiro, I., Yoder Jr, H. S., & Nishikawa, M. (1968). Effect of water on the melting of enstatite. *Geological Society of America Bulletin*, 79(12), 1685–1692.
- Orange, C. (2000). *Idées et raisons: Construction de problèmes, débats et apprentissages scientifiques en sciences de la vie et de la Terre*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Université de Nantes.
- Orange, C. (2012). *Enseigner les sciences : Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*. Bruxelles : De Boeck.
- Santini, J. (2009). *Caractérisation de l'élaboration conjointe de la compréhension conceptuelle et des performances associées. Volcans et séismes au Cours Moyen*. Thèse de Doctorat en Sciences de l'éducation, Université de Rennes 2.
- Santini, J., & Crépin-Obert, P. (2015). Analyse comparée de séances de géologie à l'école primaire. Problématisation et action conjointe élève-professeur. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 11, 25-52.
- Santini, J. (2021). *Comprendre des concepts. L'articulation jeu didactique et jeu épistémique dans une théorie de l'action conjointe en didactique*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- Sensevy, G. (2011). *Le Sens du Savoir. Éléments pour une Théorie de l'Action Conjointe en Didactique*. Bruxelles : De Boeck.