

# Débattre pour apprendre en sciences expérimentales : le cas de la circulation sanguine

Fatma Saïd, Alice Delserieys-Pedregosa

▶ **To cite this version:**

Fatma Saïd, Alice Delserieys-Pedregosa. Débattre pour apprendre en sciences expérimentales : le cas de la circulation sanguine. Review of science, mathematics and ICT education, 2016. hal-01794672

**HAL Id: hal-01794672**
**https://amu.hal.science/hal-01794672**

Submitted on 22 May 2018

**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.

# Débattre pour apprendre en sciences expérimentales: le cas de la circulation sanguine

Fatma Saïd Touhami, Alice Delserieys-Pedregosa

*Aix-Marseille Université*
*ENS Lyon, ADEF EA 4671*
*13248, Marseille*
*France*
*fatma.said@univ-amu.fr*
*alice.delserieys@univ-amu.fr*

## Abstract

*The present research questions the cognitive work of French upper secondary school students (14-15 years old) during a debate in science class. The debate is based on experimental manipulations related to bloodstream. The study follows the types of reasoning and the notion of truth brought by students and their cognitive displacement. For that, it uses indicators such as modelling and problematisation based on the study of language interactions used by the students considered. The importance of a debate during an empiric experimental situation in biology in the classroom is highlighted. The introduction of a discursive phase in such an experimental situation promoted the articulation between description, explanation and argumentation, and as a consequence, the construction of more elaborate hypotheses and explanatory models that were subjected to critic and experimentation.*

## Keywords

*Bloodstream, scientific debate, language interactions, cognitive work*

## Résumé

*La présente recherche interroge le travail cognitif chez des élèves français de lycée (14-15ans) lors d'un débat en classe de sciences, basé sur la manipulation expérimentale autour de la circulation sanguine. L'étude consiste à suivre les types de raisonnement et la notion de vérité chez des élèves ainsi que leur déplacement cognitif à travers des indicateurs tels que la modélisation et la problématisation, en se fondant sur l'étude des opérations langagières mobilisées par les élèves en question.*

*L'importance du débat en classe de science lors d'une activité expérimentale empiriste en biologie est mise en avant. L'introduction d'une phase de pratique discursive dans une telle situation expérimentale a ainsi favorisé l'articulation entre description, explication et argumentation, et donc la formulation plus élaborée d'hypothèses et la construction de modèles explicatifs qui ont été soumis à la critique et l'expérimentation.*

## Mots-Clés

*Circulation sanguine, débat scientifique, pratiques langagières, travail cognitif*

## Introduction

Le débat scientifique fait partie des stratégies didactiques très étudiées dans la recherche en éducation scientifique notamment avec l'émergence de travaux concernant l'argumentation en classe de sciences (Douaire 2004; Kuhn 2010). L'idée centrale est que, plutôt que de se focaliser sur la construction d'un modèle explicatif unique, on peut partir de plusieurs hypothèses contradictoires construites à partir des propositions des élèves. D'après Fabre et Orange (1997), le débat est un moment de travail sur les conceptions des apprenants, grâce aux conflits cognitifs et socio-cognitifs qu'il génère (Doise, Mugny & Perret Clermont, 1976). Astolfi et Peterfalvi (1993) considèrent que l'évolution conceptuelle doit commencer par une prise de conscience par des élèves de leurs conceptions et celles de leurs pairs, ce qui provoque une déstabilisation chez ces apprenants. Le débat constitue donc une occasion pour le diagnostic des obstacles et la déstabilisation conceptuelle des élèves.

Les orientations épistémologiques et didactiques des recherches antérieures (Joshua & Dupin, 1993; Fabre & Orange, 1997) conduisent à donner aux débats scientifiques dans la classe une place importante dans la construction des savoirs, en les considérant comme un outil pour que ces savoirs soient raisonnés et critiques. Dans cette perspective, nous retenons trois types de fondements relatifs à la nature du raisonnement scientifique. Tout d'abord, d'un point de vue épistémologique, la confrontation de modèles explicatifs de phénomènes va obliger chacun à extérioriser ses conceptions initiales, conclusions de raisonnements personnels, et à énoncer des raisons et des arguments pour justifier son jugement. Dans le cas d'une contradiction plus tenace, le sujet sera amené à exposer ses garanties, lois plus générales qui assurent la validité de l'argument énoncé (Toulmin, 1958). À partir de ce conflit, se construit progressivement un «*espace disponible pour ce qui, dans la classe, peut faire l'objet de doutes et de problèmes*» (Lipman, 1995, p. 33). Par ailleurs, on considère un point de vue psychologique dans lequel Vygotsky (1985/1934) a montré que les processus mentaux ont une origine sociale, et que c'est en intériorisant des processus sémiotiques qu'il

y aura passage de l'interpersonnel à l'intrapersonnel. À cette théorie vygotskienne, s'ajoute les travaux d'autres chercheurs (Doise, Mugny & Perret-Clermont, 1976) qui soulignent la nécessité d'introduire au sein du groupe classe des pratiques langagières qui favorisent les échanges interpersonnels et par la suite, le développement cognitif de chacun. Enfin, l'usage du débat en classe relève de fondements d'ordre pédagogique et didactique qui se basent sur l'idée que la confrontation se manifeste dans la recherche de compromis en passant des simples affirmations aux raisons qui les sous-entendent (Weisser, 2004). Il s'instaure, dans ce cadre, une morale du dialogue entre élèves, et avec l'enseignant en tant qu'interlocuteur particulier. Un effort d'intercompréhension sera donc fondé pour arriver à un accord commun plutôt qu'à un succès personnel (Weisser, 2004). Ainsi, le savoir se construit en public. Dans ce cadre, chaque apprenant énonce ses propositions et discute celles de ses pairs. Des interactions heuristiques développent progressivement chez les élèves la capacité de mieux cerner les attentes de l'enseignant. Ils vont se rendre compte de leur droit à l'argumentation et à la réfutation.

Dans le présent travail, notre objectif est de déterminer dans quelles mesures l'introduction d'un débat scientifique, dans une situation d'enseignement impliquant des manipulations expérimentales au sujet de la circulation sanguine, pourrait favoriser le développement cognitif des élèves. Pour cela, nous nous appuyons d'abord sur l'étude du passage de la connaissance commune à la connaissance scientifique, puis sur le rôle des pratiques langagières en classe de science pour identifier les liens entre débat en classe et apprentissage.

## Débat Scientifique Et Construction De La Connaissance

### *Du sens commun au concept scientifique*

Selon Toulmin (1961), l'explication est une activité scientifique principale. Contrairement à la vie courante, dans laquelle l'explication sert souvent à ramener le non familier au familier, l'explication scientifique sert à relier les phénomènes à nos paradigmes. À cet égard, Dewey (2005/1977) rejoint Toulmin quant à cette distinction entre explication scientifique et explication du sens commun. Cependant, et contrairement à Toulmin, Dewey parle d'une portée universelle de toutes les relations entre significations.

La nature des termes utilisés diffère ainsi, dans la connaissance commune et dans la connaissance scientifique. Ainsi, du point de vue de l'apprentissage, Vygotsky (1985/1934) distingue ce que l'on entend par concept scientifique et concept quotidien. Pour lui, l'une des distinctions correspond à ce que les concepts quotidiens, élaborés dans l'expérience quotidienne, ont une portée locale, font peu intervenir le langage, et ne forment pas des systèmes bien déterminés. Quant aux concepts scientifiques, ils ont

une portée générale, une forme langagière bien élaborée et sont organisés en systèmes (Boyer, 2000).

Beorchia (2003) considère qu'un énoncé scientifique ne peut avoir de fonction précise que s'il est «référé» c'est-à-dire associé ou carrément remplacé par d'autres termes plus précis. Beorchia (2003, p. 28) ajoute que «*les concepts scientifiques ne se construisent pas seuls. Ils sont induits des interactions entre le monde quotidien et le monde scientifique*». Dans cette même perspective, Bernié, Jaubert & Rebière (2008) signalent que l'on a besoin de concepts spontanés pour construire les concepts scientifiques. Le passage spontané-scientifique se fait à travers l'apprentissage «*où le sujet prend distance par rapport au 'contexte quotidien' pour entrer dans un contexte qui légitime les savoirs scolaires et les rend accessibles et compréhensibles»* (Ibid, p. 5). Bernié et al. (2008) mettent en valeur le rôle joué par les pratiques discursives et les interactions langagières pour faciliter ce passage du spontané au scientifique.

Ces derniers propos précisent le rôle que nous donnons aux interactions langagières dans le passage du concept quotidien au concept scientifique et nous serviront pour mieux comprendre comment, dans notre étude, les pratiques langagières favorisent la construction, par les élèves, du concept scientifique en jeu.

### *Notion de vérité en science*

Piaget (1983/1923), considère que la connaissance commune s'appuie sur le réel alors que la connaissance scientifique s'attache aux justifications. Selon Piaget, les justifications sont des constructions du sujet qui mettent en relation des possibles et des nécessités. Il considère également que ces nécessités ne se construisent pas en se basant sur le réel car l'observation du réel peut conduire à des pseudo-nécessités.

Ainsi, les questions du rapport à la vérité en science et de la légitimité du discours scientifique se posent. Dans le prolongement de la pensée bachelardienne (Bachelard, 1938), une conception rationaliste de la science, permet de concevoir les réponses comme se référant obligatoirement à des problèmes (Meyer, 1979). Par conséquent, ces réponses ne sont ni vraies ni fausses, mais conviennent ou non comme réponse à un problème donné. À l'opposé, dans une démarche inductiviste, la vérité des énoncés qui aboutissent aux théories et lois, est favorisée par une observation attentive (Chalmers, 1987).

Quelle que soit la posture épistémologique considérée, le discours ordinaire et le discours scientifique se distinguent par leur niveau d'objectivité. Dans le discours ordinaire le sens vient à la fois du contexte et de la situation dans lesquels se trouve le locuteur (Meyer, 1979). Dans le discours scientifique le sens vient du contexte et non de la situation, d'où son objectivité. Les termes sont ainsi précis et dépourvus d'ambiguïtés (Boyer, 2000).

Ces derniers éclairages épistémologiques au sujet de l'objectivité, du réalisme

et de la notion de vérité dans le discours ordinaire et le discours scientifique nous permettront de mieux comprendre le travail cognitif des élèves mis en place en termes de raisonnement pour donner plus de légitimité à leurs discours.

### *Activité langagière et raisonnement*

Notre travail rejoint la réflexion apportée par Orange (2009c) sur le débat scientifique en classe vu dans ses fonctions à la fois didactiques et épistémologiques. Dans ce cas «les savoirs scientifiques sont ici considérés comme fondamentalement argumentatifs: il ne s'agit pas simplement de savoir ce qui est vrai, mais de pouvoir dire ce qui est possible et ce qui ne l'est pas» (Orange, 2009c, p. 345). Nous nous intéressons ainsi aux raisonnements élaborés par les élèves et qualifiés de scientifiques lorsqu'ils couplent l'explication à l'argumentation (Saïd, 2010). Par définition, le raisonnement serait un enchainement de propositions par différents procédés logiques aboutissant à une démonstration de vérité, de fausseté ou de probabilité d'une proposition appelée conclusion (Gagnon, 2008). Dans ce travail, nous retenons six types de raisonnements inspirés de différentes postures épistémologiques rencontrées dans l'histoire des sciences: l'inductivisme qui consiste à envisager un cas précis pour en tirer les implications à un niveau général. Le raisonnement déductif qui tire les conséquences d'une loi, d'un principe ou d'une règle générale pour les appliquer à un cas particulier. Dans un raisonnement déductif, des modèles explicatifs sont imaginés, construits, et en même temps soumis à la critiques et testés. Ils ne sont pas le résultat direct des expériences et des observations (Orange, 2009c) et envisage un cas précis pour tirer des implications généralisables. Nous retenons également le raisonnement hypothético-déductif qui permet de tester une hypothèse en confrontant ses conséquences aux faits provoqués ou d'observation. Dans ce cas, une ou plusieurs observations conduisent à des hypothèses qui seront vérifiées par des expériences. Un autre type de raisonnement est le raisonnement analogique: qui, en s'appuyant sur des images et des comparaisons, établit un rapport habituel entre deux domaines et en montre les ressemblances. D'autres raisonnements peuvent exister occasionnellement tels que: le raisonnement par l'absurde qui consiste à tirer une conclusion en montrant que son contraire entraîne des conséquences fausses ; Le raisonnement concessif: qui consiste à admettre une partie des arguments de la thèse adverse et à leur opposer d'autres arguments ; et le raisonnement critique: qui consiste à contester une opinion adverse.

Dans l'enseignement des sciences, les activités langagières sous ses différentes formes (écrites, orales) permettent non seulement le partage des idées, mais également leurs confrontations et leurs discussions. De tous les types de raisonnement présentés ci-dessus, nous retenons l'idée que faire des sciences consiste à prédire, construire des modèles explicatifs et les soumettre à la critique et à l'expérimentation (Orange, 2009b) et éventuellement à la diffusion. Dans cette perspective, les activités scientifiques servent non seulement à trouver des solutions, mais également à construire des espaces

problèmes de contraintes et de nécessités (Fabre & Orange, 1997; Schneeberger, 2007). Ainsi, des situations didactiques en classe, tels que les débats scientifiques, qui favorisent le travail explicatif, sont fortement orientées vers les solutions des problèmes. Selon une perspective de recherche basée sur le travail des conceptions, le recours aux situations didactiques favorisant les interactions langagières, permet aux élèves de comprendre les différents points de vue et à remettre en cause leurs propres propos, ce qu'Astolfi et Peterfalvi (1993) appellent le repérage et la fissuration des conceptions. Aussi bien dans la recherche de solution que dans le travail des conceptions, les interactions langagières servent de moyen de communication. Quant à la construction des problèmes, elle n'est possible que par un travail argumentatif (Orange, 2009b). Cette construction de problèmes est une forme de travail déductif qui consiste à construire un modèle explicatif et à le critiquer ou le vérifier à travers divers moyens telles que l'expérimentation et l'observation.

Faire des sciences, consiste donc à adopter les pratiques (techniques et discursives) ainsi que la démarche des scientifiques. Cette démarche, fondée sur la construction de preuve, la contrôlabilité des données et la réfutation, est alimentée par une pratique langagière indispensable à l'élaboration et à la communication de tout objet de savoir scientifique: il s'agit de l'activité langagière et plus précisément de l'argumentation. Considérant que l'argumentation est le noyau de l'activité langagière en sciences, nous nous basons sur les arguments avancés par les élèves participant à ce présent travail pour bien comprendre leur type de raisonnement qui n'est qu'un levier du travail cognitif mené.

## Pratiques Langagières Et Travail Cognitif En Classe De Sciences

### *L'activité langagière et l'argumentation comme moyen de construire l'objet de savoir*

Plusieurs recherches didactiques ont montré que l'activité langagière et l'argumentation permettent la mise à distance de l'expérience première, la construction de l'espace problème et l'exploration des champs des possibles (Fabre & Orange 1997; Orange 2005, 2009a, 2009b). Selon Orange (2002, 2005), c'est en confrontant des problèmes que les savoirs se construisent et en sciences biologiques, ces problèmes sont essentiellement d'ordre explicatif et leur résolution nécessite souvent la construction d'un ou de plusieurs modèles explicatifs qui rend compte du phénomène en question. Cette construction de modèles fait articuler des éléments relevant du registre empirique (RE) (faits observés, résultats d'expériences, phénomènes identifiés) et d'autres relevant du registre des modèles (RM) (construction intellectuelle visant à rendre raison, à expliquer) (Martinand, 1992). Les modèles construits en science doivent être interrogés de manière

critique. Selon Orange (2009 a,c,d), l'argumentation intervient dans la construction des problèmes en organisant un réseau de contraintes et de nécessités entre le registre des modèles et le registre empirique. Ce réseau de contraintes défini des mises en tension construites par l'analyse critique des solutions proposées. Orange (2002) décrit ainsi la problématisation comme étant l'exploration et la délimitation du champ des possibles dans ce réseau de contraintes et de nécessités. À travers cette mise en tension de registres empiriques et des modèles, l'apprenant, met en réseau l'ensemble de ses idées ainsi que celles de ses pairs, les réorganise et les hiérarchise. Dans cette mise en tension, les activités langagières et l'argumentation joue un rôle essentiel. Les recherches antérieures en didactique des sciences (Astolfi & Develay, 1991; Josuha & Dupin, 1993) ont montré que les élèves ont du mal à renoncer à leurs premiers modèles explicatifs, qui s'avèrent fonctionnels dans certains contextes. Ainsi, la création d'un espace de communication, de négociations et de conflits pousse l'élève à se rendre compte qu'il y a des points de vue autres que les siens, à s'interroger quant à la validité de ses propos et à modifier son réseau d'idées. À ce propos, Schneeberger et Vérin (2009, p. 62) ont montré que «*l'examen critique des idées a pour but d'aider les élèves à oser exprimer leurs idées personnelles pour les soumettre à la discussion, à accepter les propositions des autres pour en débattre et à construire ensemble une nouvelle connaissance.*». Selon Bachelard, la perception sensible constitue l'obstacle majeur à la construction de la connaissance. Pour se détacher du «sensible», le sujet scientifique a besoin de spécifier son objet d'étude par le langage. Selon Schneeberger et Vérin (2009, p. 260) «*les activités langagières participent au déplacement du sujet, du monde quotidien vers un monde plus scientifique tout en permettant la progressive transformation de l'objet singulier en un objet scientifique ancré dans un réseau de significations*». Dans ce cadre, l'apprenant a besoin de se détacher de la singularité de l'expérience première, puisqu'en science un exemple n'est pas une preuve. Pour Szterenbarg (2009, p. 251) le travail de familiarisation avec le réel est important dans la mesure où «*cette connaissance empirique que les élèves vont se forger leur permettra de disposer d'un référent commun qu'ils pourront mettre en jeu pour valider leurs propos en les confrontant aux limites qu'imposent les données empiriques*».

Nous retenons que l'activité langagière et l'argumentation permettent de s'arracher à la singularité et construire un objet de discours commun à travers une connaissance partagé du réel. Un objet de savoir est ainsi définit en fonction de son contexte et de son référent réel, autrement dit de la diversité des questions posées, des savoirs résolus et des réponses à construire.

### *L'activité langagière et l'argumentation comme moyen pour entrer dans la culture scientifique*

Les recherches didactiques sur les pratiques sociales de référence (Martinand, 1986) ont influencé d'autres travaux centrés sur la transposition des pratiques des chercheurs

et des scientifiques en classe. Ces études ne cherchent pas à transformer la classe en une communauté scientifique, car les élèves ne sont pas des experts comme les scientifiques, et la classe ne peut pas refléter le même contexte qu'un laboratoire de recherche. Cependant, ces études didactiques sont centrées sur la transposition de pratiques de communication.

En considérant les pratiques des chercheurs comme des pratiques sociales de référence (Martinand, 1986), une transposition, en classe, des pratiques de communication des chercheurs peut être considérée. Ainsi, certain travaux de recherche en didactique des sciences ont montré que puisque «*cette transposition conserve nécessairement aux concepts élaborés leur dimension langagière: questionnement, controverses […]. Invités à s'approprier les savoirs (qu'ils s'agissent de concepts ou de «faits») engendrés par l'activité scientifique, et transposés dans nos programmes scolaires, les élèves sont conduits à adopter les manières de penser-parler-agir efficaces en sciences et qui entretiennent des liens avec les pratiques sociales de référence*» (Fillon et. al., 2004, p. 205). Notre présent travail s'inscrit dans la continuité des travaux antérieurs en considérant plus particulièrement les activités langagières comme moyen de s'inscrire dans la controverse. L'argumentation, en particulier, pousse à négocier les significations en se basant sur des énoncés à priori divergents, soit en les rapprochant, soit en les faisant coexister en justifiant leur éventuelle incompatibilité. Le débat peut devenir un lieu d'épanouissement du discours argumentatif. De ce fait, le débat permet la reconnaissance et la prise en compte du discours de l'autre dans la mesure où l'on cherche à convaincre les pairs et négocier ce qui fait preuve (négociation des significations) dans le cas d'un conflit socio-cognitif. Dans cette perspective, les activités langagières et en particulier l'argumentation peuvent être vus comme une manière De s'approprier des procédés propres aux scientifiques et donc l'entrée dans la culture scientifique.

Dans la présente recherche, nous considérons que l'appropriation d'une culture scientifique en classe nécessite un certain environnement encourageant les élèves à «*parler sciences*» (Lemke, 1990). Cet environnement doit être riche en activités permettant la description, l'analyse, l'argumentation et la communication dans le langage de la science. Afin d'aboutir à plusieurs interprétations ou plusieurs productions, Baker (2002) propose cinq conditions pour que l'argumentation ait lieu: (1) la confrontation des participants à des propositions diverses ; (2) des propositions portées par plusieurs interlocuteurs ; (3) selon les participants, ces propositions doivent avoir des statuts épistémiques différents (plus ou moins plausibles, vraies, ou acceptables) ; (4) les élèves sont appelés à en choisir une de ces propositions ; (5) les élèves sont appelés à justifier leurs choix et les évaluer de manière argumentée.

Ainsi, une démarche scientifique en classe de sciences construite pour favoriser les activités langagières s'appuie sur des pratiques épistémiques impliquant des activités de production, d'évaluation et de justification des connaissances par les élèves (Jiménez

Aleixandre & De Bustamante, 2009). Selon Sandoval et al. (2000), cinq pratiques épistémiques sont mises en valeur:

- l'articulation explicite et l'évaluation de son propre savoir ;
- la coordination entre théorie et preuve ;
- l'attribution de sens à des régularités dans les données ;
- le développement de la capacité de représentation ;
- l'étayage des conclusions et leur nette distinction des preuves.

Nous retenons que l'argumentation permet l'appropriation, l'évaluation et la justification des savoirs scientifiques en classe.

Ceci nous pousse à donner de l'importance à l'articulation entre argumentation et pratiques épistémiques lors de l'évaluation du savoir, puisque cette dernière consiste à coordonner théorie et preuves. À ce propos, Kelly (2005) propose un modèle pour l'évaluation des arguments incluant trois critères épistémiques:

- convergence des différentes lignes de raisonnement en support de la conclusion;
- caractère suffisant de ces arguments pour cette conclusion ;
- validité des inférences.

Toutes ces fonctions de l'argumentation dans l'acculturation scientifique des élèves, nous poussent à nous interroger quant aux situations qui peuvent favoriser ce type d'activité langagière. L'une des situations didactiques les plus étudiées (Astolfi & Peterfalvi, 1993; Fabre & Orange; 1997) est celle du débat scientifique en classe. Dans cette présente recherche, nous essayons de comprendre le rôle de l'introduction du débat, dans un enseignement scientifique basé sur la manipulation expérimentale autour d'un concept scientifique stabilisé. Nous cherchons plus particulièrement à vérifier si, dans le cas de la manipulation expérimentale, la pratique langagière permet aux élèves de partager la même signification des objets discutés, de problématiser, de modéliser, de présenter un raisonnement plutôt proche du raisonnement scientifique et de construire progressivement la connaissance ou le concept en jeux, au sens de Grize (1997) d'enrichissement de la classe objet. Ainsi, c'est tout le travail cognitif mis en jeu qui est interrogé dans cette situation.

## Méthodologie

### *Méthodologie de recueil des données*

Notre étude a été menée auprès d'un groupe de 15 élèves français de seconde (14-15 ans) et nous retenons, plus particulièrement pour cette étude, le travail de 2 élèves identifiés comme représentatifs du travail cognitif en jeu dans le débat observé. L'étude concerne une séance de travaux pratiques, et une autre séance de cours. Le protocole

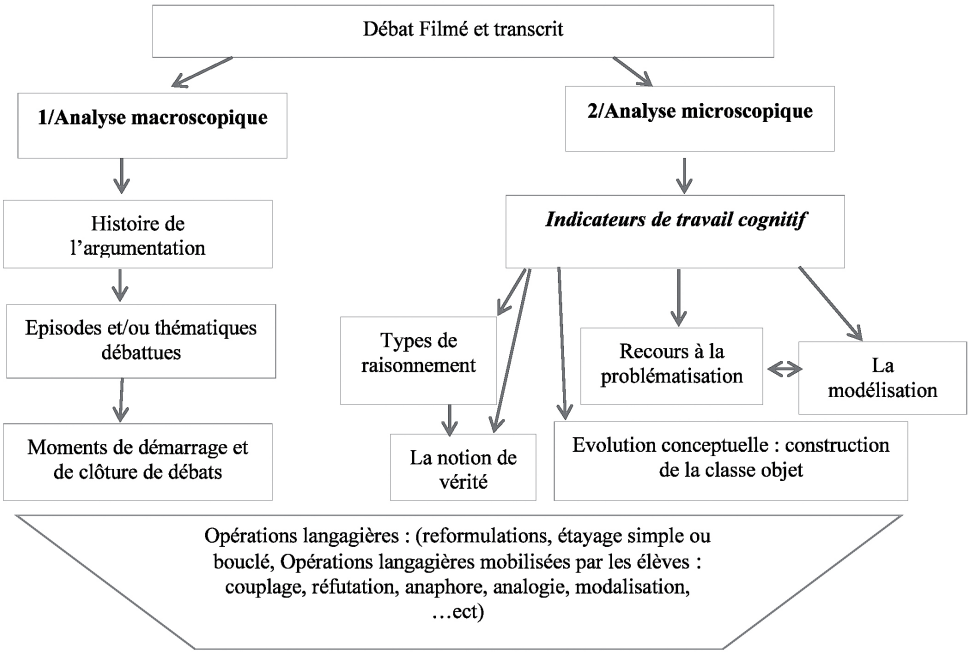
construit est divisé en trois phases principales. La première phase, exploratoire, consiste en ce que l'enseignant demande aux élèves de dessiner le trajet du sang dans le corps. Après avoir récupéré les affiches des élèves, il les a catégorisées en quatre types dont chacun représente un modèle adopté par un ensemble d'élèves (voir annexe). La deuxième phase consiste à proposer aux élèves de mener une expérience sur le cœur pour vérifier le trajet du sang. Dans cette manipulation expérimentale, les prolongements des veines et des artères sont remplacés par des tuyaux (blanc pour représenter le sang oxygéné et jaune pour représenter le sang pauvre en $O_2$) ; le sang est remplacé par de l'eau distillée. Après avoir fait l'expérience, le débat est instauré autour des quatre modèles des élèves pour les discuter afin d'en choisir un ou bien en construire un nouveau. Nous avons choisi ce protocole car nous considérons que le fait de décrire sa production devant ses camarades, oblige l'élève à préciser son modèle explicatif, laissant apparaître une conception que l'enseignant peut ainsi pointer (Orange, 1999).

Le débat tourne autour de deux questions principales: quel est le trajet du sang et qu'est ce qui fait que les deux sangs (oxygéné et non oxygéné) ne se mélangent pas dans le cœur? Ce débat est entièrement filmé et transcrit pour être analysé par la suite. Ce protocole vise à dépasser le simple inventaire des organes mis en jeu dans la circulation sanguine pour arriver à produire un discours explicatif et argumentatif mettant en jeu les différents registres (registre des modèles et registre empirique) en passant par la construction du problème autour de ce phénomène qui est la circulation sanguine.

### *Outils d'analyses*

Pour répondre à nos questions de recherche qui tournent autour de la construction de l'objet de savoir, qui est dans ce cas la circulation sanguine, nous avons mené deux niveaux d'analyse en parallèle (figure 1). Une analyse macroscopique a permis de retracer l'historique des argumentations menées et de repérer des épisodes argumentatifs avec un démarrage et une clôture. Une analyse microscopique des épisodes a fait appel à trois types d'indicateurs pour repérer le travail cognitif: (1) le type de raisonnement adopté, (2) la notion de vérité, (3) la nature des concepts mobilisés et leur articulation. Afin de repérer ces indicateurs de travail cognitif, nous avons suivi de près les opérations langagières (reformulation, modalisation, analogie,…) mobilisées par les élèves à travers les différentes phases du débat (Jaubert & Rebière, 2002).

**FIGURE 1**




*Présentation des étapes et des outils d'analyse des données*

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

L'analyse macroscopique du corpus a dévoilé que le nombre total des interventions au cours de ce débat est de 326, dont 132 sont attribués à l'enseignant et 8 interventions communes (où des élèves parlent en même temps). Notons que parmi les 15 élèves qui ont assisté, 10 ont participé activement, c'est-à-dire ils ont réagi et intervenus dans le débat au moins une seule fois. Ce débat, comme le montre le tableau est subdivisé en trois phases. Nous remarquons que la première phase est entièrement descriptive, le débat s'étant instauré principalement au cours des deux dernières phases.

**TABLEAU**

*Analyse macroscopique : Épisodes des débats et tours de paroles*

| Épisode | Nombre de tours de parole des élèves |
|---|---|
| **I** : 1à 67 : Présentation des affiches montrant les 4 modèles du sens de la circulation sanguine | 36 |
| **II** : 68 à 174 : Choix et/ ou élaboration du modèle adéquat | 65 |
| **III** : 175 à 326 : Réponse à la question : qu'est ce qui fait que les deux sangs veineux et artériel ne se mélangent pas ? | 93 |

Afin de mettre en évidence la nature des interactions en classe et la manière de caractériser le travail cognitif lors du débat, nous nous focaliserons sur le cas de deux élèves qui sont **M** et **C**. Nous jugeons les échanges représentatifs, et permettant une description approfondie car ils sont intervenus à plusieurs reprises dans le débat et leur discours est riche en arguments.

***Types de raisonnement explicites et notion de vérité***

Nous avons remarqué que les élèves ont mobilisé différents types de raisonnements, tels que:

*Raisonnement inductif*

---

**126. M**: **ça veut dire**: il n'est pas alimenté en oxygène **puisque** quand il rentre dans le cœur, il est pauvre ; **quand** il ressort il est pauvre. **Ça veut dire** qu'il n'est jamais alimenté

---

À travers cette intervention, **M** se base sur l'intervention de son camarade **C** (122), pour étayer sa déclaration et conclure que, selon cette logique explicative de son camarade, le sang sera toujours pauvre en oxygène aussi bien en entrant qu'en sortant du cœur.

*Raisonnement déductif*

---

**200. M**: non, à sortir et elle sert à la circulation du sang pour qu'elle se fasse dans un seul sens

**293. M**: non, **ça ne peut pas être** à l'envers, **car** le sang vient de la veine

---

Dans ce cas, **M** en (200) part, dans son raisonnement, d'une théorie, autrement dit d'une connaissance scientifique préalable «la circulation du sang est unidirectionnelle» pour déduire que le rôle des valvules est de faire sortir le sang afin de maintenir le sens de la circulation. Dans (293), **M** part d'une connaissance scientifique préalable «les veines ramènent le sang vers le cœur» pour en conclure que la flèche qui représente le sens de circulation du sang ne peut pas être inversée comme le dit l'élève **A** en (289).

*Raisonnement critique / concessif*

---

**75. M**: moi je pense que c'est le schéma 3, **parce que** je ne vois pas pourquoi le sang, alors qu'il reviendrait vers le cœur, pour revenir dans les poumons, il va prendre un chemin plutôt facile, que faire des détours

---

Dans cette intervention, **M** critique le modèle de la circulation sanguine représenté dans le schéma 2 (voir annexe), en décrivant le trajet du sang et en expliquant et argumentant pourquoi elle pense que le modèle représenté dans le schéma 3 est le plus adéquat.

*Raisonnement par l'absurde*

**300. M**: en fait, l'oreillette aussi, **parce que sinon**, l'oreillette gauche ne servira à rien
**305. M**: **c'est impossible, car sinon** le sang sera comme ça (elle fait avec les mains, entassement), blocage

Dans ces épisodes discursifs, **M** argumente en présentant un raisonnement par l'absurde et ce en ayant recours à une opération langagière (accréditive et explicative) de contre-finalité «sinon». Cette opération langagière lui a permis de tirer une conclusion «on ne peut pas changer l'oreillette» en montrant que son contraire entraîne des conséquences fausses «sinon, l'oreillette gauche ne servira à rien» et en (305), «si on change les valvules, le sang sera bloqué», donc il ne faut pas changer la place des ventricules.

Raisonnement Hypothético-déductif

**79. C**: **si** le cœur il pompe, c**'est obligé** que le sang, il revienne par le cœur pour repartir aux poumons
**82. C**: **Il y a** un ventricule gauche et un droit. Le sang, **si ça se trouve**, il rentre dans un des ventricules, il part aux muscles, il rentre par l'autre ventricule et ressort…..

Dans (79) **C** part de l'hypothèse d'un cœur jouant le rôle d'une pompe pour déduire la nécessité d'un passage du sang par le cœur avant de repartir par les poumons. Puis, dans (82) **C** part dans son raisonnement d'une connaissance scientifique préalable «il y a un ventricule gauche et droit» pour déduire la possibilité de passage du sang par l'un des ventricules avant de repartir aux poumons et repasser par le deuxième ventricule.

*Raisonnement par analogie*

**106. C**: le schéma 3 ça montre que **le tuyau blanc, imaginons** que ce soit **la flèche**
**110. C**: on a dit que le sang est rentré par **le tuyau blanc**

Dans cet épisode discursif, **C** tente d'expliquer ces propos à ses camarades en ayant recours à une analogie entre une notion scientifique (artère, veine) et son homologue dans la manipulation expérimentale (tuyau blanc, tuyau jaune). Cette analogie permet de rapprocher deux faits, l'un observé sur le plan expérimental et l'autre puisé dans le monde des connaissances scientifiques.

La situation de débat proposée à partir d'une activité expérimentale offre ainsi aux élèves l'opportunité de diversifier leurs types de raisonnement (inductif, concessif, critique, par l'absurde, déductifs, hypotético-déductifs..) témoignant d'une entrée dans la culture scientifique. De plus, la plupart des ces raisonnements sont à la fois descriptifs (décrit le trajet du sang,…), argumentatifs (se base sur des garanties pour défendre son

point de vue) et explicatifs (recours à des opérations langagières d'étayage accréditif et explicatif comme les témoignages «j'ai vu», de raison et de finalité «alors, puisque, parce que» et de reformulation «ça, il, le sang».

De même, ces élèves ont recours, à plusieurs reprises, aux observations expérimentales effectuées en classe pour étayer leurs arguments. Cette multiplication des observations donne plus de «vérité» ou de légitimité à leurs déclarations. Pour le cas de **C** par exemple, afin de donner plus de légitimité à son discours, cet élève s'est basé, d'une part sur des descriptions des observations effectuées pendant la phase expérimentale, et d'autre part sur la mise en tension grâce à des analogies entre des notions scientifiques d'organes et celles qui les représentent pendant l'expérimentation (veine= tuyau jaune, et artère= tuyau blanc).

***Déplacement cognitif et construction de la classe objet***

Si on prend le cas de l'élève **M**, comme la plupart de ses camarades, celui-ci a recours à des opérations langagières de relations accréditives et explicatives, et plus précisément à des formulations floues pour désigner le sang. Ainsi, au début, il utilise plus le «ça» pour parler du sang qu'il soit riche ou pauvre en dioxygène. Au fur et à mesure des échanges, il remplace le «ça» par le «il». Puis, il commence à parler de «sang», puis de «sang riche» et de «sang pauvre». Ce déplacement lexical témoigne d'un enrichissement progressif de la classe objet.

Au niveau de la construction de la connaissance, nous avons pu identifier chez **M** un obstacle à la fois épistémologique et didactique lié à la compréhension du rôle du cœur dans la circulation sanguine et ce en analysant les épisodes discursifs suivants:

---

**75. M**: moi je pense que c'est le schéma 3, **parce que** je ne vois pas pourquoi le sang, alors qu'il reviendrait vers le cœur, pour revenir dans les poumons, il va prendre un chemin plutôt facile, que faire des détours

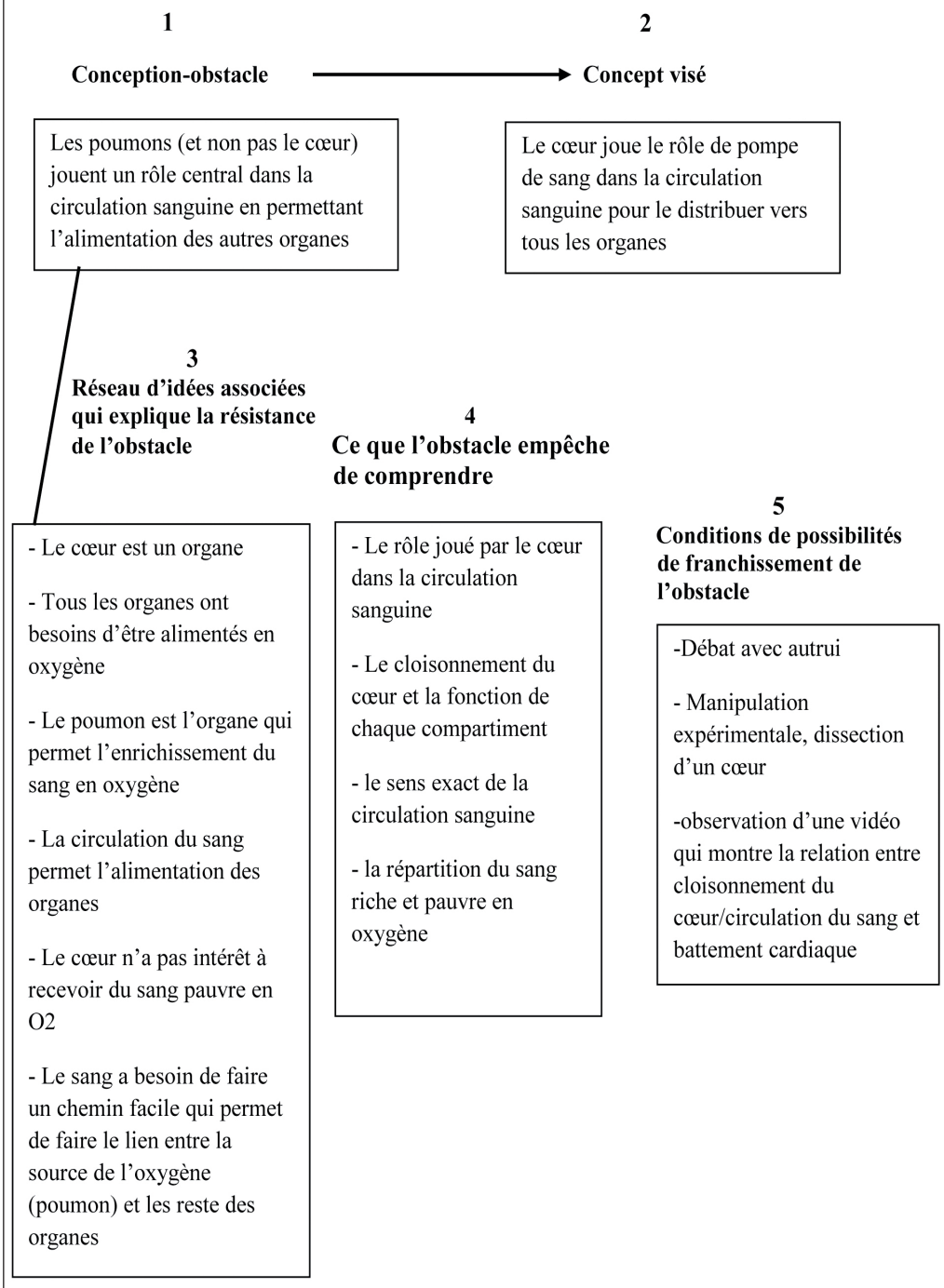
**96. M**: **mais non**, mais là **c'est** riche en O2 quand **ça** va passer dans les muscles, **ça** ne sera plus riche, **ça** sera pauvre, et **il** va rentrer dans le cœur alors qu'**il** est pauvre ; **ça ne va pas marcher**.

**98. P**: Est-ce que vous avez vu du **sang pauvre** en O2 entrer dans vos cœurs:

**126. M**: **ça veut dire**: il n'est pas alimenté en oxygène **puisque** quand **il** rentre dans le cœur, il est pauvre ; **quand** il ressort il est pauvre. **Cela veut dire** qu'il n'est jamais alimenté

---

**FIGURE 2**




*Réseau d'idées associées chez M*

D'après ces passages, **M** semble avoir une conception assez particulière de la circulation sanguine. Pour cet élève, le sang a intérêt à suivre un chemin plutôt simple qui est: Poumon- Cœur- Muscle. Le cœur n'est qu'un lieu de passage du sang et l'élève ne semble pas en voir vraiment l'intérêt. Le cœur est un organe comme les autres. Selon **M**, un rôle primordial est accordé aux poumons qui permettent l'oxygénation du sang indispensable à la vie des autres organes, y compris le cœur. Donc, pour **M**, le rôle essentiel de la circulation est attribué aux poumons et non au cœur.

Le réseau d'idées présenté en figure 2, inspiré des travaux de Peterfalvi (1997) et Saïd (2004), permet d'expliquer pourquoi **M** a tenu aussi longtemps cette conception de départ qui attribue le rôle essentiel de la circulation aux poumons et non au cœur. La cohérence des arguments de **M** lui donne un certain «confort intellectuel» qui fait obstacle à l'adhésion à une nouvelle connaissance scientifique.

En avançant dans le débat, M se rend compte qu'il y a des avis et des raisonnements différents des siens et que ceux-ci pourraient être plus crédibles. Ainsi, il commence à se poser des questions, comme dans le passage suivant:

---

**255. M**: est-ce que c'est la même chose, la gauche et la droite:
**269. M**: il y a un problème quelque part
**271. M**: est-ce que le poumon est lié à un seul ventricule:
**273. M**: le poumon pourrait être relié au ventricule gauche

---

Ces épisodes discursifs montrent que **M** se réfère aux déclarations de ses camarades, en particulier à ceux de **C**, et commence à construire de nouvelles possibilités. Ainsi, il commence à se demander si la compartimentation du cœur joue un rôle dans la circulation sanguine, en d'autres termes, si le sang qui entre et sort du cœur est effectivement pauvre ou riche en dioxygène selon le compartiment par lequel il passe. À travers ces questionnements, **M** montre un déplacement cognitif. Il adhère progressivement à l'idée que le cœur est compartimenté et qu'il reçoit le sang oxygéné du poumon à travers la veine pulmonaire vers l'oreillette gauche pour ressortir pauvre en oxygène au niveau du ventricule droit et ce par l'artère pulmonaire.

Dans le cas de l'élève **C**, dès le début du débat, cet élève a bien montré qu'il possède des connaissances scientifiques élaborées en ce qui concerne la circulation sanguine. Il mentionne que le cœur pompe le sang, qu'il est cloisonné et que ce cloisonnement intervient dans le phénomène de la circulation sanguine. Pour construire son objet de savoir relatif à la circulation sanguine, **C** a recours à plusieurs opérations langagières dont les relations accréditives et explicatives liées aux relations d'étayage telles que les finalités:

**198. C**: non, **à** faire entrer
**203. C**: **à** faire sortir le sang

Pour construire l'objet de savoir, **C** se sert également d'opérations d'étayage permettant l'enchaînement et la hiérarchisation chronologique des idées pour bien décrire le processus de la circulation. A travers cet enchaînement, il procède à la répétition, tel que le montre l'épisode discursif suivant:

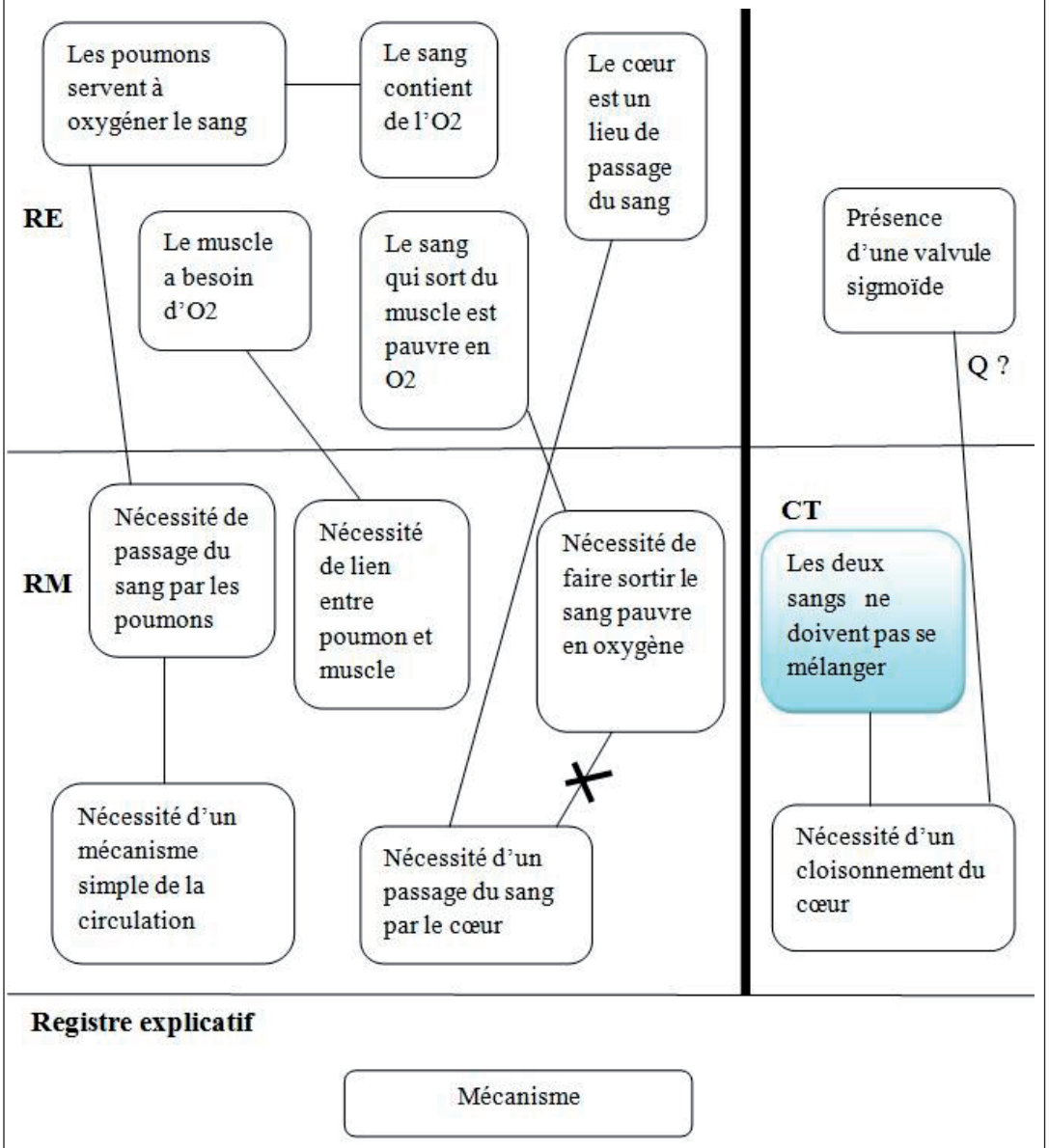
**82. C**: **Il y a** un ventricule gauche et un droit. Le sang, si ça se trouve, il rentre dans un des ventricules, il part aux muscles, il rentre par l'autre ventricule et ressort…..
**108. C**: **ça** rentre dans le cœur, ça sort par les artères, par la 2ème flèche, **ça** va aux muscles, le sang du muscle devient pauvre… **il** repart aux poumons, **ça** repart par le cœur, **ça** passe par les veines et ça sort par les artères
**116. C**: non, une des artères. Il repart aux muscles, le muscle utilise le sang, il redevient pauvre en O2, le sang il repasse par le cœur, par l'artère droite, … l'oreillette droite… ou c'est l'inverse
**122. C**: **le sang** il est utilisé par le muscle, le sang est pauvre, il rentre dans le tuyau jaune qui se trouve sur l'oreillette droite et il ressort par une artère qui va aux poumons

À travers cet épisode, **C** n'a pas cessé de répéter la description du processus de circulation en partant des opérations de témoignage «il y a» en suivant une chronologie et une hiérarchie dans les idées pour bien qualifier l'ordre des étapes de la circulation «ça, il, quand…, il…». Il s'agit, ainsi, d'une forme de reformulation qui a permis l'enrichissement de la classe objet. **C** commence par montrer le cloisonnement du cœur (82), puis la description du passage du sang dans le cœur. En (108), il introduit l'idée de lien entre poumon et cœur. En (106), il ajoute l'idée de lien entre muscle et cœur et en (122), il explique ce lien entre cœur muscle et poumon. Ce processus regroupant reformulation, hiérarchisation, enchaînement, avec description et explication a permis à **C** de bien construire le savoir relatif au phénomène de circulation sanguine.

***Problématisation et modélisation***

Tout au long de son déplacement cognitif, l'élève **M** a recours à la problématisation et à la modélisation en mettant en relation des éléments du registre empirique (RE) et d'autres du registre des modèles (RM). Il a également recours à la problématisation en construisant des nécessités et des espaces de contrainte, tel qu'illustré dans la figure3.

**Figure 3**




*Espace problème chez l'élève M*

Au début du débat, le registre explicatif de **M** est mécaniste simple. Vers la fin du débat, **M**, en se référant aux propos de ses camarades et en tenant compte du questionnement de l'enseignant qui a joué le rôle d'une contrainte théorique (qu'est ce qui fait que les deux sangs ne se mélangent pas dans le cœur:), commence à se poser un certain nombre de questions dont les principales sont les suivantes:

---

**255. M:** est-ce que c'est la même chose, la gauche et la droite:
**271. M**: est-ce que le poumon est lié à un seul ventricule:

---

Ce n'est qu'à partir de ce moment que nous remarquons chez **M** une ébauche de construction de problème avec construction des possibles, comme le prouve le passage suivant:

---

**273. M**: le poumon pourrait être relié au ventricule gauche

---

Cet épisode discursif montre que **M** commence à présenter un déplacement cognitif vers l'idée de cloisonnement du cœur et par conséquent vers l'idée d'un rôle joué par le cœur dans la circulation sanguine.

Nous signalons que nous avons considéré comme appartenant au registre empirique (RE) toute déclaration puisée aussi bien du monde empirique quotidien que scolaire ; et comme appartenant au registre des modèles (RM), toute construction intellectuelle visant à construire une explication. Ainsi, les observations expérimentales et les idées construites et validées en classe sont considérées comme appartenant au registre empirique scolaire.

Dans le cas de l'élève **C,** nous remarquons qu'il a également recours à la modélisation en mettant en relation certains éléments du registre empirique (qui est pour **C** entièrement puisé dans le monde scolaire) et des éléments du registre des modèles, comme le montre le passage (122). En plus de la modélisation, **C** a recours à la problématisation en construisant non seulement des nécessités, mais aussi des possibles, comme c'est le cas dans le passage suivant:

---

**82. C**: Il y a un ventricule gauche et un droit. Le sang, **si ça se trouve**, il rentre dans un des ventricules, il part aux muscles, il rentre par l'autre ventricule et ressort…..

---

Dans cette intervention, **C** cherche des solutions possibles «si ça se trouve» pour expliquer le lien entre le cloisonnement du cœur et la circulation sanguine.

D'après le discours de **C**, nous remarquons qu'il possède des connaissances assez élaborées concernant la circulation sanguine, cependant, il a du mal à expliquer le rôle

des valvules sigmoïdes dans ce phénomène physiologique, comme le montre le passage discursif suivant:

---

**177. C**: très fins
**198. C**: non, à faire entrer
**201. C**: un seul sens
**203. C**: à faire sortir le sang
**213. C**: ce n'est pas facile à comprendre en fait, mais elle laisse passer ce qu'il faut qu'il passe
**219. C**: en fait, il y a les fibres qui, quand le sang vient dans un sens, il passe par les fibres
**221. C**: eh ben ! Le sang est retenu

---

Ce passage montre que **C** essaye de deviner le rôle des valvules sigmoïdes, en ayant recours à la description en premier lieu, puis à la reformulation lexicale en cherchant le juste mot «faire sortir, laisse passer, retenir». Bien que **C** dispose d'un certain nombre de connaissances scientifiques qu'il a mobilisées au début du débat, il n'a pas réussi à utiliser ces connaissances pour expliquer le rôle des valvules sigmoïdes. Le passage suivant montre que **C** essaye de mobiliser certaines connaissances scientifiques qu'il a déjà acquises en classe, mais qu'il a quand même des conceptions similaires à celles de **M**, et qui sont relatives à l'identification du rôle du cœur et des poumons:

---

**133. C**: c'est le cœur qui alimente les poumons ou les poumons qui alimentent le cœur: Le cœur fait avec ses battements… ça fait le mouvement

---

Ce questionnement reflète l'hésitation de **C** quant à la relation entre poumon et cœur, bien qu'il dispose des connaissances scientifiques nécessaires. Cette hésitation est liée à la conception utilitariste assez répandue chez les élèves. Ceci nous pousse à nous interroger sur le degré d'efficacité de cette situation de manipulation expérimentale proposée reliée à une pratique discursive pour favoriser le déplacement cognitif.

## Discussion Et Conclusion

Cette étude nous a éclairé quant au rôle du débat en classe, basé sur la manipulation expérimentale, dans l'évolution progressive de la construction des connaissances relatives à la circulation sanguine, et dans le dépassement de certaines conceptions obstacles. Dans ce débat, nous avons identifié que les élèves parviennent à modéliser, problématiser et à raisonner en articulant explication, description et argumentation.

Cette situation de débat a permis à certains élèves de prendre conscience de leurs conceptions erronées (Astolfi & Peterfalvi, 1993) pour qu'elles puissent être fissurées.

À travers cette situation de débat, l'activité d'explication et de justification étaient très remarquables. À travers l'explication qui est une activité scientifique principale (Toulmin 1973), les élèves ont relié des phénomènes aux paradigmes, et donc coordonné théorie et preuve (Sandoval et al., 2000). Ceci est dû à ce que le phénomène de circulation sanguine, déjà abordé dans leur cursus scolaire, constitue un concept familier pour les élèves. Cependant, ce concept de circulation sanguine fait plutôt partie de ce que Latour et Woolgar (1996) appellent «Boite noir» pour désigner ces concepts et phénomènes qui semblent être stabilisés et qui sont de moins en moins questionnés mais qui ne sont pas maitrisés pour autant. Ce recours à l'explication et à la justification n'a pas servi uniquement à trouver des solutions aux problèmes de départ (sens de la circulation sanguine, et le fait que les deux sangs riche et pauvre en oxygène ne se mélangent pas dans le cœur) mais également à construire des espaces problèmes de contraintes et de nécessités (Fabre & Orange, 1997) qui constituent des indicateurs de travail cognitif structuré.

Cette idée d'explication et de justification rejoint un autre indicateur de travail cognitif qui est la notion de vérité. Dans le cas d'un tel débat sur un concept scientifique stabilisé avec une phase de manipulation expérimentale, nous avons remarqué que cette notion de vérité est plutôt liée aux résultats empiriques de la manipulation expérimentale, reliée, à certaines reprises, à des théories et des paradigmes. Ainsi, dans un contexte d'enseignement assez empiriste, l'introduction d'une activité langagière semble favoriser la discussion et la critique de ces activités, et leur confère plus de légitimité scientifique.

En ce qui concerne la construction de la classe objet, autrement dit de l'objet de savoir, cette situation de débat articulée avec la manipulation expérimentale montre bien le déplacement progressif des concepts plutôt quotidiens vers les concepts scientifiques (Da Silva, 2004). Pour accéder aux concepts scientifiques, les élèves se sont d'abord servis des concepts spontanés (Bernié et al., 2008). Ceci rejoint les propos de Beorchia (2003) quant à l'interaction indispensable entre le monde quotidien et le monde scientifique pour enrichir progressivement la classe objet, au sens de Grise du terme, et par conséquent, accéder à la connaissance scientifique (Driver et al., 1994) et construire les concepts scientifiques.

Enfin, le type de raisonnement utilisé qui est un autre indicateur du travail cognitif, semble particulièrement intéressant. Contrairement à l'habituel de la classe où les hypothèses sont souvent réduites à des simples énoncés ou des proposition isolées non argumentées (Orange, 2009c), l'introduction d'une phase de pratique discursive dans une situation expérimentale plutôt empiriste a favorisé l'articulation entre description, explication et argumentation, et donc la formulation plus élaborée d'hypothèses, la

construction de modèles explicatifs qui ont été soumis à la critique et l'expérimentation et par conséquent l'émergence de différents types raisonnements explicites assez élaborées, dont l'inductivisme, le déductivisme et l'hypothético-déductif. Cette phase discursive, qui est le débat, a permis ainsi la convergence de différentes lignes de raisonnement en faveur de la conclusion (Kelly, 2005), l'étayage des conclusions ainsi que l'évaluation de son propre savoir (Sandoval et al., 2000).

Ainsi, nous signalons l'importance des interactions langagières et plus précisément l'argumentation dans l'élaboration ou la construction des concepts scientifiques, aussi bien au sein de la communauté scientifique qu'au sein de la communauté discursive scolaire. Dans la communauté scientifique, comme dans toute communauté, les chercheurs appuient leur travail sur le langage et l'argumentation. Cela se manifeste par des collaborations pour la construction de l'objet de savoir, la délimitation de l'objet-découverte par ajout d'ingrédients, rectifications, et ce grâce à différents moyens de diagnostic comme l'observation, la dissection et l'expérimentation. Certaines de leurs idées et difficultés ont été repérées chez des élèves, ce qui rejoint l'idée d'un certain parallélisme entre ontogenèse et phylogenèse, une idée qui pose encore des polémiques puisque les contextes et les pratiques entre les communautés scientifiques et scolaires ne sont pas tout à fait semblables.

Cette étude, qui s'inscrit dans un travail de recherche plus large sur le rôle des pratiques langagières en classe de sciences dans l'appropriations d'une culture scientifique (Saïd, 2010), met en valeur l'importance de l'introduction d'une phase de pratique discursive dans un enseignement largement empiriste, interrogeant principalement des questions scientifiques stabilisées, pour favoriser le travail cognitif. Ce dernier est étroitement lié au travail argumentatif (Types de fondements et de garanties sur lesquels se base l'argument avancé) ainsi qu'à la prise en charge énonciative. Ces deux éléments sont également des indicateurs de l'appropriation d'une culture scientifique.

## Références

Astolfi, J.-P., & Develay, M. (1991). *La didactique des sciences*. Paris: PUF.

Astolfi, J.-P., & Peterfalvi, B. (1993). Obstacles et constructions de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster, 16*, 103-142.

Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: Vrin.

Baker, M. (2002). Argumentative interactions, discursive operations and learning to model in science. In P. Brana, M. Baker, K. Stenning & A. Tiberghien (Eds), *The role of communication in learning to model* (pp. 303-324). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Beorchia, F. (2003). *La communication nerveuse: conception et problématisation*. Thèse de doctorat en Sciences de l'Éducation, Université de Nantes, France.

Bernié, J.-P., Jaubert, M., & Rebière, M. (2008). Du contexte à la construction du sujet cognitif: l'hypothèse énonciative. In M. Brossard & J. Fijalkow (Éds), *Vygotski et les recherches en éduca-*

*tion et en didactiques* (pp. 123-141). Bordeaux: PUB.
Boyer, C. (2000). Conceptualisation et actions didactiques, *Aster, 31*, 149-171.
Chalmers, A. (1987). *Qu'est ce que la science:* Paris: La Découverte.
Da Silva, V. (2004). *Savoirs quotidiens et Savoirs scientifique: l'élève entre deux mondes*. Paris: Anthropos.
Dewey, J. (2005/1977). *La réalité comme expérience*. *Tracés. Revue de Sciences Humaines*, *9*, 83-92.
Doise, W., Mugny, G., & Perret-Clermont, A. N. (1976). Social interaction and cognitive development: further evidence. *European Journal of Social Psychology*, *6*(2), 245-247.
Douaire, J. (2004). *Argumentation et disciplines scolaires*. Lyon: INRP.
Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, *23*(7), 5-12.
Fabre, M., & Orange, C. (1997). Construction des problèmes et franchissement d'obstacles. *Aster*, *24*, 37-58.
Fillon, P., Orange, C., Peterfalvi, B., Rebière, M., & Schneeberger, P. (2004). Argumentation et construction des connaissances en sciences (pp. 203-247). In J. Douaire (Dir.), *Argumentation et disciplines scolaires*. Saint-Fons: INRP.
Gagnon, M. (2008). *Étude sur la transversalité de la pensée critique comme compétence en éducation: entre «science et technologie», histoire et philosophie au secondaire*. Thèse de doctorat, Université Laval, Québec.
Grize, J.-B. (1997). *Logique et Langage*. Paris: Ophrys.
Jaubert, M., & Rebière, M. (2002). Parler et débattre pour apprendre: comment caractériser un oral réflexif: In J.-C. Chabanne & D. Bucheton (Éds), *Parler et écrire pour penser, apprendre et se construire* (pp. 163-186). Paris: PUF.
Jiménez-Aleixandre, M.-P., & De Bustamante, J.-D. (2009). Construction, évaluation et justification des savoirs scientifiques. Argumentation et pratiques épistémiques. In C. Buty & C. Plantin (Dir.), *Argumenter en classe de sciences: du débat à l'apprentissage* (pp. 43-74). Paris: INRP.
Joshua, S., & Dupin, J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris: PUF.
Kelly, G., (2005) Inquiry, activity, and epistemic practice. In *NSF Inquiry Conference Proceedings*. Retrieved from http://www.ruf.rice.edu/~rgrandy/NSFConSched.html.
Kuhn, D. (2010). Teaching and learning science as argumentation. *Science Education*, *94*(5), 810-824.
Latour, B., & Woolgar, S. (1996). *La vie au laboratoire: la production de faits scientifiques*. Paris: La Découverte.
Lemke, J.-L. (1990). *Talking science. Language, learning and values*. NJ: Ablex.
Lipman, M. (1995). *À l'école de la pensée*. Bruxelles: De Boeck.
Martinand, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière ; des objectifs pour l'initiation aux sciences et techniques*. Bern: Peter Lang.
Martinand, J.-L. (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris: INRP.
Meyer, E. (1979). *Découvertes et justification en sciences*. Paris: Klincksieck.
Orange, C. (1999). Les fonctions didactiques du débat scientifique dans la classe: faire évoluer les représentations ou construire des raisons: In ARDIST (Éd.), *Actes des premières rencontres scientifiques de l'ARDIST: L'actualité de la recherche en didactique des sciences et des techniques* (pp. 89-93). Cachan: ARDIST.
Orange, C. (2002). Apprentissages scientifiques et problématisation. *Les sciences de l'éducation.*

*Pour l'ère nouvelle*, *35*(1), 69-93.

Orange, C. (2005). Problèmes et problématisation dans l'enseignement scientifique. *Aster*, *40*, 1-7.

Orange, C. (2009a). Construire des modèles explicatifs et en débattre: la nutrition au cycle 3. In P. Schneeberger & A. Vérin (Dir.), *Développer des pratiques d'oral et d'écrit en science* (pp. 197-223). Lyon: INRP.

Orange, C. (2009b). La place des activités langagières en classe de sciences: une question de point de vue sur la science. In P. Schneeberger & A. Vérin (Dir.), *Développer des pratiques d'oral et d'écrit en science* (pp. 17-27). Lyon: INRP.

Orange, C. (2009c). Organiser et mener un débat scientifique en classe. In P. Schneeberger & A. Vérin (Dir.), *Développer des pratiques d'oral et d'écrit en sciences* (pp. 343-352). Lyon: INRP.

Orange, C. (2009d). Réel, langages et apprentissages scientifiques. In P. Schneeberger et A. Vérin (Dir.), *Développer des pratiques d'oral et d'écrit en sciences* (pp. 245-250). Lyon: INRP.

Peterfalvi, B. (1997). L'identification d'obstacles par les élèves. *Aster*, *24*, 171-202.

Piaget, J. (1983/1923). *Le langage et la pensée chez l'enfant.* Paris: Delachaux et Niestlé.

Saïd, F. (2004). *Conceptions obstacles à la compréhension des mécanismes d'adaptations des êtres vivants aux milieux arides chez des élèves tunisiens du secondaire*. Mémoire de DEA, ISEFC Tunis, Tunisie.

Saïd, F. (2010). *Débat scientifique en classe et acculturation scientifique chez des élèves Français de seconde et des élèves Tunisiens du secondaire. Étude de deux cas: débat sur un concept scientifique stabilisé et débat sur une question socialement vive*. Thèse de doctorat. Université Bordeaux Segalen Bordeuax 2, France.

Sandoval, W.-A., Bell, P., Coleman, E., Enyedy, N., & Suthers, D. (2000). *Designing knowledge representations for learning epistemic practices of science*. Paper presented at the annual meeting of AERA, New Orleans, USA.

Schneeberger, P. (2007). *Rôle des interactions didactiques dans le travail de construction du problème*. Paper presented at the Congrès AREF, Université Louis Pasteur, Strasbourg.

Schneeberger, P., & Vérin, A. (Dir.) (2009). *Développer des pratiques d'oral et d'écrit en sciences: quels enjeux pour l'apprentissage à l'école?* Lyon: INRP.

Szterenbarg, M. (2009). Construire un objet de discours commun par une connaissance partagée du réel. In P. Schneeberger & A. Vérin (Éds), *Développer des pratiques d'oral et d'écrit en sciences* (pp. 251-256). Lyon: INRP.

Toulmin, S. (1958). *Les usages de l'argumentation*. Royaume-Uni: Presse Universitaire de Cambridge.

Toulmin, S. (1961). *Forseight and understanding: an inquiry into the aims of science*. Bloomington: Indiana University Press.

Toulmin, S. (1973). *L'explication scientifique*. Paris: Armand Colin.

Vygotsky, L.-S. (1985/1934). *Pensée et langage*. Paris: Messidor – Éditions Sociales.

Weisser, M. (2004). Compétences argumentatives des enfants d'âge scolaire: les profils interactionnels au cours préparatoire et au cours moyen. *Revue des Sciences de l'Éducation*, *30*(2), 435-455.

## Annexe

*Affiches des élèves discutés avant la phase expérimentale*

