



HAL
open science

La procréation : quelles problématisations du CP au collège ?

Françoise Harivel Beorchia, Yann Lhoste

► To cite this version:

Françoise Harivel Beorchia, Yann Lhoste. La procréation : quelles problématisations du CP au collège ?. Recherches en éducation, 2007, 3, pp.29-50. <10.4000/ree.3759>. <hal-05541664>

HAL Id: hal-05541664

<https://hal.science/hal-05541664v1>

Submitted on 7 Mar 2026

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.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 - Attribution - Non-commercial use - No Derivative Works - International License

La procréation : quelles problématisations du CP au collège ?

Françoise Beorchia¹
Yann Lhoste²

Résumé

Cette contribution vise à déterminer quelles sont les problématisations qui se sont développées dans le cadre de débats scientifiques menés en classe de CP (élèves âgés de 6 ans), de CM2 (élèves de 9-10 ans) et de 4^e (élèves de 12-13 ans) sur le thème de la procréation. À partir de ces trois cas, nous discuterons certains aspects de la méthodologie d'analyse des débats scientifiques utilisée, autour notamment des deux principales catégories de contraintes : les contraintes empiriques et les contraintes théoriques.

Le thème de la procréation humaine dont il va être question dans cet article motive les élèves, même très jeunes, par le fait qu'il touche à la question de leur origine personnelle et de leur sexualité. Ce n'est cependant pas le point de vue de l'attractivité qui nous intéresse ici mais celui de l'apprentissage. Au delà de l'intérêt que portent les élèves à ce sujet et des besoins de savoir qu'ils expriment, nous cherchons à préciser les problèmes qu'ils perçoivent, qu'ils construisent sur ce thème. Des débats menés à trois niveaux de la scolarité (CP, CM2, 4^e de collège) autour de la question « *comment on fait les bébés ?* » seront analysés selon le point de vue de la problématisation. Les données recueillies (productions orales : transcriptions de débats) dans trois classes contiennent des informations sur les conceptions des élèves (animalculisme ou fécondationnisme, préformisme ou épigénisme). Elles contiennent aussi des indicateurs sur les raisons construites par les élèves lorsqu'ils s'engagent dans le processus de problématisation (Orange, 2000). Après une analyse du savoir en jeu, nous ferons état des problématiques élaborées par ces groupes d'élèves, en particulier en recherchant les faits signifiants pour eux. Ceci nous amènera à discuter certains points de la méthodologie d'analyse des débats que nous aurons utilisée.

1. Le cadre théorique de la problématisation

Nous entendons par problématisation ou construction de problèmes, le processus cognitif permettant l'accès à un savoir scientifique compris dans une tradition rationaliste (Bachelard, 1949 ; Popper, 1991 ; Jacob, 1981).

Les mises en relation entre faits et théories

explicatives, à la base de la construction des concepts scientifiques, sont rarement explicites dans les communications des chercheurs. Elles peuvent le devenir dans le cadre de débats dans lesquels les scientifiques sont amenés à défendre leur point de vue en argumentant. En classe, et dans la mesure où les élèves partagent un cadre d'explication commun (ce point est actuellement discuté : voir Ménard & Pineau, 2006), cette « *mise en tension* » entre registre empirique et registre des modèles (Orange, 2000 ; Orange, 2002) peut s'explicitier dans les

¹ IUFM Basse-Normandie, CERSE (Université de Caen Basse-Normandie).

² IUFM Basse-Normandie, CREN (Université de Nantes).

propositions d'élèves lorsque ceux-ci discutent et argumentent autour des explications possibles sur un phénomène donné.

Dans cet article, le point que nous souhaitons développer concerne la comparaison entre les différentes contraintes construites par les élèves à différents niveaux de scolarité dans des situations semblables (à quelques nuances près). Notre contribution devra également permettre d'explicitier les différents statuts que peuvent avoir ces contraintes (contraintes empiriques ou théoriques).

Nous entendons par contraintes empiriques, les faits ou phénomènes qui sont retenus dans les explications, soit parce qu'on cherche à les expliquer soit parce qu'on s'appuie dessus pour expliquer ; dans les deux cas, il s'agit de données qui relèvent de l'observable ou du mesurable, c'est-à-dire de la phénoménologie ou de la phénoménotechne (Martinand, 1992). En revanche, nous appellerons contraintes théoriques, des données ne relevant pas de l'empirique mais qui interviennent dans la problématisation comme des contraintes. En général, les contraintes théoriques sont partagées par la plupart des élèves de la classe et ne sont pas soumises à discussion (elles sont hors question) pendant le débat, mais elles conditionnent les nécessités construites et les contraintes empiriques retenues. Des nécessités sur le modèle en lien avec ces contraintes sont construites pendant le débat dans les argumentations des élèves. Certaines argumentations ne sont pas complètement explicitées par les élèves, c'est alors le chercheur qui infère, à partir des propositions des élèves, les mises en relation entre contraintes et nécessités.

Par exemple, dans la problématique qui va se construire tout au long du projet sur la procréation en CP, une contrainte empirique retenue « *le bébé est dans le ventre de la maman* » est en relation avec la question que les élèves se posent « *comment les parents font-ils un bébé ?* ». À cette question, les élèves n'ont pas forcément les mêmes explications :

- certains évoquent une intervention extérieure (médecin) pour apporter « *le début de bébé* » ;
- d'autres pensent que le bébé a toujours été dans le ventre de la maman et que même si le papa intervient ce n'est que pour le faire sortir ou encore déclencher sa croissance (et développement) ;
- d'autres ont l'idée que c'est le papa qui apporte « *la graine* » ;
- un nombre peu important explique que le papa et la maman donnent chacun une graine et que l'ensemble des deux est à l'origine du bébé.

La confrontation de ces différentes solutions met en évidence le problème à résoudre, qui est celui du principe géniteur.

Un autre exemple de contrainte empirique retenue dans ce questionnement est celle de la présence des deux parents dans un couple ordinaire qui les conduit d'abord à s'interroger sur le rôle de chacun d'eux (s'il y a deux parents c'est que chacun a un rôle à jouer), puis à s'appuyer sur les ressemblances entre le bébé et ses deux parents (le bébé peut ressembler à l'un ou l'autre mais éventuellement aux deux) pour discuter de la pertinence de l'une ou l'autre des explications.

Dans les deux exemples cités, on peut remarquer que toutes les explications produites ne sont pas équivalentes : certaines explications sont proches des savoirs scientifiques actuels, tandis que d'autres en sont fort éloignées. La question qui se pose à l'enseignant est celle de la gestion du débat et dans celle-ci, celle de la pertinence des éléments de l'espace de contraintes que les élèves construisent. Comment distinguer dans les contraintes susceptibles d'être mobilisées, celles qui permettent de faire avancer la discussion (sur le problème choisi), donc importantes dans le développement de l'espace de contraintes et par conséquent dans l'accès à un savoir raisonné et celles qui peuvent être négligées car d'un intérêt second dans ce processus ?

C'est cette discussion que nous allons aborder en nous appuyant d'abord sur l'analyse du concept de fécondation dans son acception la plus actuelle (prenant en considération les apports de la génétique) puis de trois exemples de problématisation autour de la procréation humaine.

2. Analyse du savoir : le concept de fécondation

■ *Reproduction sexuée et fécondation dans le curriculum prescrit*

La fécondation et la méiose sont les deux concepts qui permettent de comprendre la notion de reproduction sexuée. C'est l'alternance entre ces deux phases qui permet le passage d'une génération à l'autre, en permettant, à la fois, le maintien des caractéristiques de l'espèce et la création de la diversité intraspécifique par recombinaison d'une partie de l'information génétique du père et de la mère dans le double jeu du hasard (qui intervient au moment de la formation des gamètes et de la fécondation).

D'un point de vue curriculaire, même si la notion de reproduction sexuée est abordée dès les programmes de cycle 1 de l'école primaire, puis en 6^e, en 4^e et en 3^e, c'est seulement dans ce dernier niveau qu'elle se déploie pleinement en faisant intervenir formation des gamètes et fécondation. Le terme de fécondation qui sera explicitement au programme³ de la classe de 4^e, apparaît dans les documents d'application des programmes du cycle 3 dans le thème⁴ « *Reproduction des humains et éducation à la sexualité* » alors qu'il n'est jamais mentionné dans le thème « *Les divers modes de reproduction (animale et végétale) : procréation et reproduction non sexuée (bouturage...)* ».

■ *La fécondation : du savoir en jeu à un espace de contrainte « expert »*

La fécondation met en jeu deux types de cellules spécialisées appelées gamètes : le gamète mâle et le gamète femelle. Elle a lieu, dans toutes les espèces animales dans un milieu liquide. Chez les mammifères, il s'agit de celui de l'ampoule. Entre l'arrivée du spermatozoïde à proximité de l'ovocyte et la première division de segmentation, Thibault propose de retenir six stades pour décrire la fécondation (figure 1).

La fécondation commence par le franchissement des enveloppes ovocytaires, puis un spermatozoïde produit par le père s'attache à la membrane plasmique de l'ovocyte, produit par la mère. L'entrée du spermatozoïde se fait par fusion progressive des deux membranes plasmiques qui se confondent insensiblement. Cet accollement provoque une « impulsion fertilisante » qui se traduit par, d'une part l'expulsion des granules corticaux dans l'espace périovulaire évitant la polyspermie et, d'autre part, la réactivation de la seconde division de méiose de l'ovocyte.

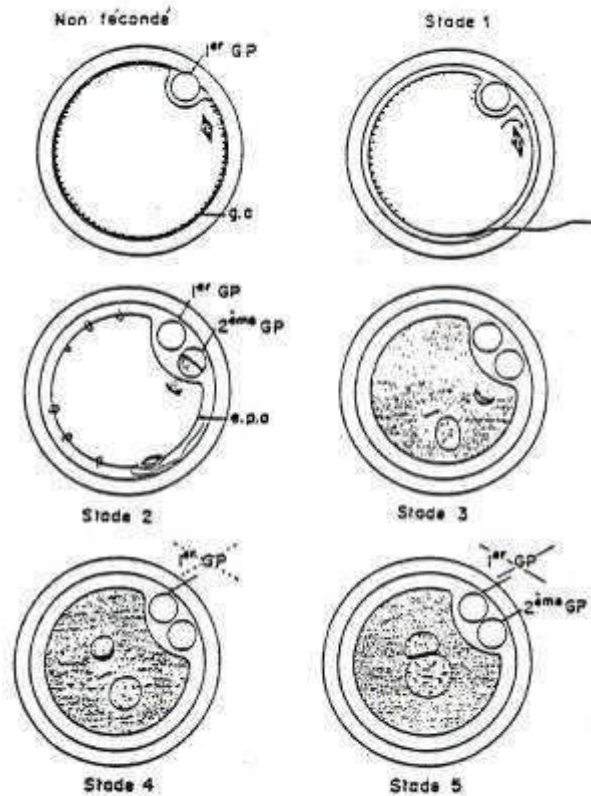
Le stade 2 correspond au gonflement de la tête du spermatozoïde et à l'émission du deuxième globule polaire. Le gonflement de la tête du spermatozoïde qui contient l'équivalent d'une moitié de l'information génétique du père, correspond à une décondensation de la chromatine nucléaire (sous contrôle d'un facteur de croissance). Le deuxième globule polaire est émis à l'extérieur, ce qui constitue l'achèvement de la méiose du gamète femelle qui contient alors l'équivalent d'une moitié de l'information génétique de la mère. Cette phase s'accompagne également de modifications cytoplasmiques qui correspondent à la remise en marche de synthèses cellulaires.

Le stade 3 correspond à la formation du pronucléus mâle et femelle et l'apparition transitoire du spermaster, sorte de fuseau qui s'organise autour du pronucléus mâle et qui attirera le pronucléus femelle.

³ « La reproduction sexuée animale comme végétale comporte l'union d'une cellule reproductrice mâle et d'une cellule reproductrice femelle. Le résultat de la fécondation est une cellule-oeuf à l'origine d'un nouvel individu. »

⁴ « On se limite à quelques repères essentiels sur la fécondation et le développement jusqu'à la naissance, ainsi que l'explication des règles : au cours des rapports sexuels, l'homme dépose dans le corps de la femme des millions de spermatozoïdes. Quand un spermatozoïde pénètre dans un ovule, un oeuf est formé. C'est la fécondation. »

Figure 1 - Les six stades de la fécondation chez les mammifères (Thibault, 1969)



GP : globule polaire ; GC : granules corticaux ; EpO : espace périovulaire

Le stade 4 se caractérise par le rapprochement des pronucléi et la duplication de l'ADN préparatoire à la première division de segmentation du zygote.

Le dernier stade, achevant la fécondation, est l'accolement des pronucléi. Les chromosomes apparaissent et s'organisent sur un même fuseau. Les membranes nucléaires disparaissent et il s'écoule alors un peu de temps avant la première division de segmentation.

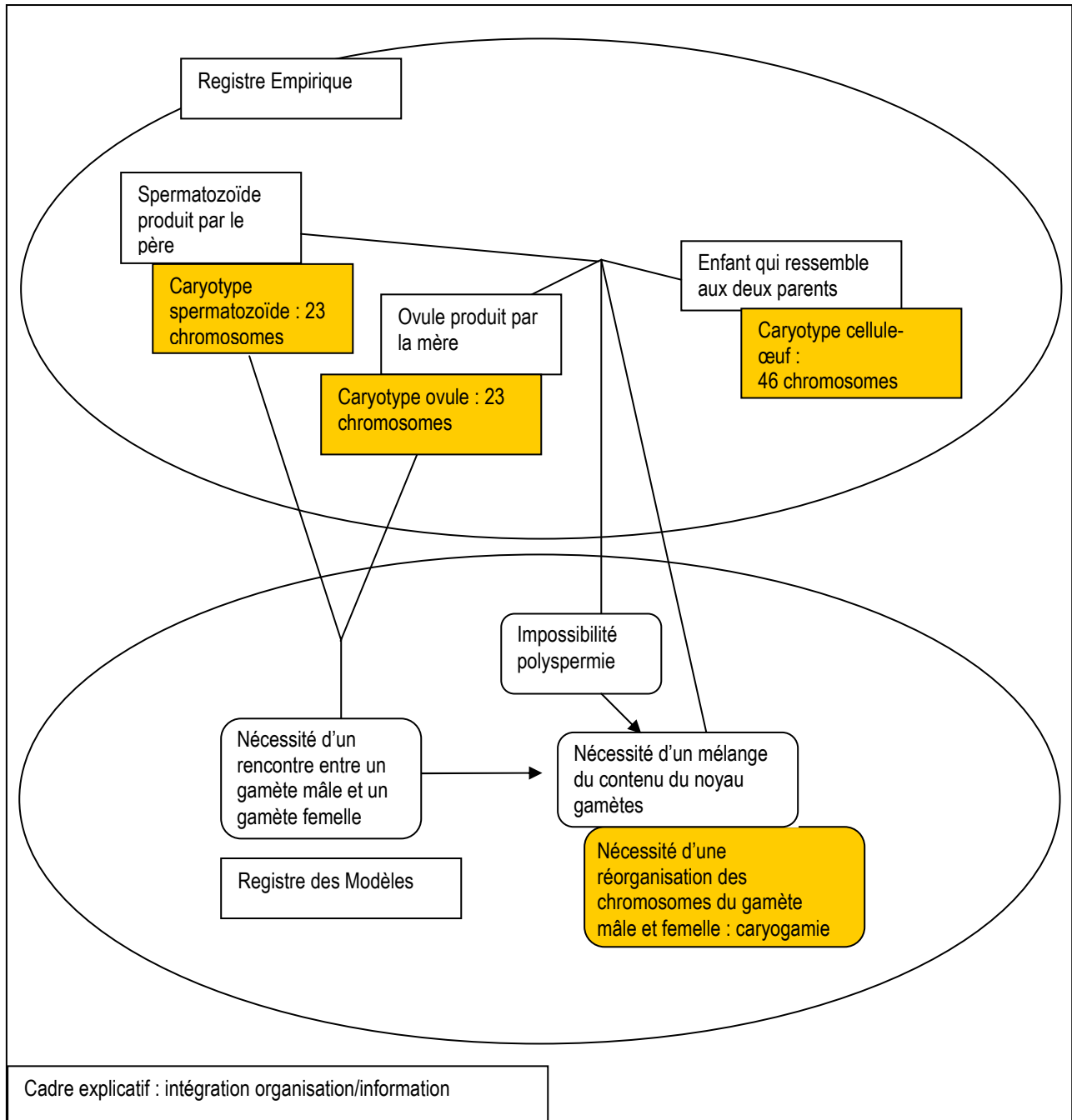
La fécondation met en jeu des phénomènes qui se situent à deux niveaux d'échelle différents, au niveau cellulaire (rencontre des gamètes, entrée de la « tête » du spermatozoïde dans l'ovocyte par fusion des membranes plasmiques) et au niveau moléculaire (au niveau de la molécule d'ADN). Considérés ensemble, ces phénomènes biologiques rendent compte de la façon dont le père et la mère participent, à part égale, à la constitution du patrimoine génétique de l'enfant.

C'est à partir de ces informations que nous pouvons construire un espace de contraintes « expert » (figure 2) qui tente de décrire le concept de fécondation en articulant des éléments de la phénoménologie savante et des nécessités.

Figure 2 - Espace de contrainte « expert » - La fécondation

Pour rendre compte du mécanisme de la reproduction sexuée, il conviendrait de faire figurer la nécessité de méiose et le caryotype des cellules somatiques.

Fond blanc : au niveau de l'organisation / Fond coloré : au niveau de l'information.



Maintenant, nous allons essayer de montrer quels sont les problèmes que les élèves de l'école et du collège peuvent reconstruire sur ce thème de la fécondation.

3. Les problèmes construits par les élèves du CP à la classe de 4^e

■ *Problématisation en classe de CP (élèves de 6 ans)*

• *Présentation du corpus*

Plusieurs explications sur l'origine du bébé coexistent dans cette classe : elles ont été présentées et explicitées à l'ensemble de la classe lors d'une présentation des productions écrites (sous forme d'affiches), réalisées par des groupes de quatre ou cinq élèves (ayant eu des réponses similaires lors d'une évaluation diagnostique préalable).

Deux groupes (9 élèves) n'ont représenté que la maman avec le bébé dans son ventre (formé à partir d'une graine pour 4). Trois groupes (12 élèves) ont dessiné les deux parents ; pour deux de ces groupes (8 élèves) le papa donne une graine à la maman et c'est cette graine qui devient le bébé. Un groupe (4 élèves) parle des cellules du papa et de la maman qui se mélangent et ça fait un bébé.

Le débat engagé par l'enseignante amène les élèves à se positionner et argumenter autour des questions suivantes : faut-il une graine ou pas ? qui donne la graine ?

• *Analyse du débat : quelles contraintes empiriques construites ?*

Exemple ① : le bébé dans le ventre de la maman

Tous les élèves ont représenté dans leurs dessins le bébé dans le ventre de la maman : c'est un fait construit et signifiant mais qu'en est-il de sa mobilisation comme contrainte empirique ?

Tableau 1 - Interventions mobilisant la CE : « le bébé est dans le ventre de la maman »

	1	Elise	On avait dit tout ce qu'on pensait pour que, pour les bébés
	2	E	Pour les bébés, c'est-à-dire ?...plus précisément, c'était quoi la question ?
RE-RM	3	Elise	Fallait qu'on dise comment les bébés ils sortaient du ventre de la maman
	4	E	Est-ce que c'était comment les bébés sortent du ventre ?
	5	Plusieurs	Non
RMf	6	Nils	Comment on fabriquait les bébés et à partir de quoi on fabriquait les bébés.
	7	E	D'accord, Nils.... La dernière fois chaque groupe a expliqué son dessin, ce qu'il pensait... je vais vous relire les différentes petites phrases que vous aviez écrites : premier dessin « Le bébé est d'abord dans le ventre, dans la poche de la maman. Il a un tuyau pour manger. » Deuxième groupe « Il y a une graine dans le ventre de la maman. Il y a un bébé qui apparaît. »
RMc	8	Un élève	Il apparaît pas comme ça.
	9	E	Je continue, celui-là, Mathilde, Océane, Théo, Mylène « Le papa a mis la graine dans le ventre de la maman. La graine grossit et ça fait un bébé. Après, il sort. » Edmond, Mathias, Romane, « Le papa donne la graine à la maman par le zizi. La graine grossit dans le ventre de la maman et elle devient un bébé ». Et le dernier groupe c'était Capucine, Inès, Elise, Anne Sophie... « Les cellules du papa et de la maman se mélangent. Ça fait un bébé mais il n'est pas encore bien formé. Le bébé se forme de plus en plus dans le ventre de la maman. Il y a un tuyau qui relie la maman au nombril du bébé. Comme cela il peut manger et se fabriquer » Voilà.
	18	E	Donc pour expliquer comment il se fabrique y'a des enfants qui pensent qu'il ne faut pas de graine, d'autres pensent qu'il faut une graine, ou celle du papa, ou de la maman et d'autres pensent qu'il faut les deux, et qu'elles se mélangent. Alors, est-ce qu'on peut fabriquer un bébé sans graine ?
	19	Plusieurs	Non

RE-RM	20	Anne Sophie	Sinon comment il apparaît dans le ventre de la maman, moi j'y comprends rien si y'a pas de graine
	21	E	D'après toi A.S., s'il n'y a pas de graine, il ne peut pas apparaître dans le ventre de la maman ?
	22	Anne Sophie	Non, non pas du tout j'crois pas
	23	E	Pas du tout, qu'en pensent les autres ?
	24	E	Alors comment ça peut se faire ça (silence) C'est possible, ou c'est pas possible ?
	25	Plusieurs	C'est pas possible
	26	Mylène	C'est possible
	27	E	C'est possible qu'un bébé puisse venir même s'il n'y a pas de graine dans le ventre de la maman ?
	28	Plusieurs	Non, c'est pas possible
	29	E	Pourquoi ?
RE-RM	30	Anne Sophie	Parce que comment le bébé y va se former, comment y va apparaître, moi j'me pose cette question, si y a pas de graine, pourquoi y serait là si y'a pas de graine ?
	31	E ?	Et les autres
	32	Plusieurs	Ouais

L'intervention d'Elise, en 3, indique qu'elle tient compte de ce fait (le bébé est dans le ventre) mais l'intègre dans un questionnement non visé dans ce débat (comment se déroule l'accouchement ?). C'est pourquoi en 4, 5, 6, 7, 8, 9, 18, l'enseignante puis les élèves recentrent le débat sur le problème de l'origine du bébé. Le problème choisi et travaillé dans ce débat est celui de la procréation, de l'origine du bébé : l'enjeu est d'expliquer « *la présence du bébé dans le ventre* » et non comment il va pouvoir en sortir.

Dans plusieurs de ses interventions, Anne Sophie cherche une explication à cette contrainte (le bébé apparaît dans le ventre alors qu'il n'y était pas avant) :

- en 8 : « *il (le bébé) apparaît pas comme ça* » ;
- en 20 : « *sinon comment il apparaît dans le ventre de la maman, moi j'y comprends rien si y'a pas de graine* » ;
- en 30 : « *parce que comment le bébé y va se former, comment y va apparaître, moi j'me pose cette question, si y a pas de graine, pourquoi y serait là si y'a pas de graine* ».

Après avoir exprimé l'impossibilité d'une génération spontanée (proposition 8), en 20 Anne Sophie met en relation le fait signifiant retenu (« *l'apparition du bébé dans le ventre* ») et la nécessité d'une graine (formulée explicitement par Anne Sophie dans l'intervention 20 et par la classe et par plusieurs élèves de la classe dans l'intervention 28). L'articulation entre les deux est encore plus précise en 30. Ce n'est donc pas simplement le fait de la présence du bébé dans le ventre qui est signifiant, c'est sa présence à partir d'un certain moment, son apparition, sa formation dans le ventre de la maman que l'on cherche à expliquer.

Deux points émergent de cette première analyse :

- la formulation d'un fait peut varier dans les propositions d'élèves : les contraintes empiriques sont proches mais renvoient à des problèmes différents ;
- la contrainte empirique n'acquiert véritablement ce statut que dans son articulation avec une nécessité : elle n'existe que dans le problème qui se construit.

Exemple ② : le bébé ressemble à ses deux parents.

À plusieurs reprises la discussion a porté sur l'existence de deux graines pour former le bébé : certains disent qu'une seule graine est nécessaire celle du papa (Nils) ; d'autres affirment que les deux sont indispensables (une venant du père, l'autre venant de la mère) (Anne Sophie, Yasmine, Inès).

Tableau 2 - Controverse 1 graine ou 2 graines

	51	E	Mais alors y'en a qui pensent qu'il faut la graine du papa et d'autres qui pensent qu'il faut la graine de la maman.
	52	Anne Sophie	Y en a des deux
	53	E	Est-ce que c'est la graine du papa dans ce cas-là ou est-ce que c'est la graine de la maman ?
	54	Nils	Du papa
	55	Anne Sophie	Les deux

Cette controverse va engager les élèves dans une argumentation mobilisant pour certains une contrainte empirique nouvelle (le bébé ressemble à ses deux parents). L'émergence de cette nouvelle contrainte empirique demande à être regardée de près pour au moins deux raisons :

- la première, c'est qu'elle n'avait pas été anticipée par l'enseignante⁵ ;
- la seconde, c'est que même si elle émerge principalement dans les propositions d'Anne Sophie (élève métisse, père blanc et mère noire), elle est reprise par d'autres élèves qui l'utilisent (exemple : Yasmine, Inès) mais ne se l'approprient pas forcément (exemple : Nils un peu plus loin).

Nous pouvons distinguer deux temps dans la construction de cette contrainte. Le premier correspond aux échanges présentés dans le tableau 3.

Tableau 3 - Émergence de l'idée de mélange

	115	E	Donc ça veut dire qu'il faut une graine du papa, et la graine de la maman alors est-ce qu'on en a besoin ou pas ?
RE-RM	117	Anne Sophie	Si la graine du papa et de la maman qui se mélangent et ça se forme, ça forme le bébé,
RMf	119	Anne Sophie	J'ai dit que ça s'mélange dans le ventre de la maman et après ça sort
	120	E	Qu'est-ce qui s'mélange ?
RE-RM	121	Anne Sophie	Les graines pour faire le bébé
	122	E	Les graines ! de quelles graines tu parles ?
RMf	123	Anne Sophie	De la maman et du papa
	124	E	La graine de la maman et du papa, donc toi tu penses qu'il faut les deux, qu'il y en aurait deux ?
RMc	125	Anne Sophie	Parce que sinon le bébé il est tout petit, il est tout petit.

Dans les propositions 117 et 119, Anne Sophie met en relation la contrainte « *le bébé se forme dans le ventre de la maman* » avec une idée de mélange des deux graines. Elle développe cette idée dans la proposition 125 où la nécessité d'un mélange est établie à partir de la contrainte empirique que le bébé n'est pas tout petit : puisque le bébé grossit il y aurait nécessairement un mélange. Ainsi Anne Sophie raisonne de façon mécaniste : il faut deux graines pour que l'apport de matière soit suffisant (elle n'est pas la seule à penser de cette façon, voir l'intervention de Nadjoua en 38).

Dans un premier temps, la nécessité d'un mélange est construite sur la base d'un raisonnement mécaniste. Dans les échanges suivants (tableau 4) la nécessité d'un mélange va être fondée par une mise en relation avec un autre élément du registre empirique (la ressemblance entre parents et enfants).

⁵ Lors de la préparation du projet et dans l'analyse de productions de groupe ou individuelles, rien ne permettait de penser que cette contrainte allait émerger de façon aussi importante. Les enseignantes qui ont mené ce débat avaient plus l'intention de déstabiliser les conceptions des élèves que de les amener à construire des raisons.

Tableau 4 - Construction de la contrainte empirique (ressemblance) et de la nécessité de mélange

RE-RM	176	Anne Sophie	Elle venait du papa et de la maman et quand ils se font des bisous sur la bouche, les grandes personnes et ben les deux graines ça se mélange.
RE-RM	212	Anne Sophie	Oui mais les deux boules se mélangent dans le ventre de la maman parce que le bébé, quand y sort du ventre, il voit que ça leur ressemble.
	213	E	Aaaaah ! alors, vous avez entendu c'qu'elle a dit A.S. ? elle a dit que il en faut plusieurs parce que quand le bébé sort du ventre, on voit bien que le bébé il ressemble.
	214	Anne Sophie	A ses parents.
RE	216	Yasmine	Oui si par exemple y'en a un qui est blanc et l'autre il est noir, et ben y va être des deux couleurs.
RE	218	Anne Sophie	Moi je sais pourquoi, parce que si y'a un papa qu'est blanc par exemple et la maman est noire, ça fait un bébé comme de ma couleur, comme ma couleur parce que moi j'ai un papa blanc et une maman noire. C'est pour ça.
	219	E	Et tu n'es pas noire comme ta maman et pas blanc comme ton papa tu es les deux en même temps.
RE	220	Anne Sophie	Oui je suis les deux couleurs en même temps, c'est pour ça que j'suis ?
	226	E	Ah ça, Romane, elle grossit toute seule. Moi je voudrais bien qu'on revienne sur l'idée d'A.S., A.S. elle a expliqué que il faut que les graines se mélangent parce que quand le bébé naît on voit bien qu'il ressemble au papa et à la maman. Alors je redemande ma question moi.
RE	227	Anne Sophie	Parce que moi j'ai les yeux de ma maman et je crois que j'ai le nez de mon papa.
RE-RM	229	Anne Sophie	Non il faut la graine de ma maman sinon je n'ressemble pas à ma maman et ça veut dire que ce n'est pas ma maman.
	230	E	Voilà y'a un problème là hein, et si y'avait que la graine de ta maman est-ce que tu serais là.
RE-RM	231	Anne Sophie	Non parce que faut la graine de mon papa, parce que si j'ai la graine d'un papa, j'ai un autre papa, je ne vais connaître.
	232	E	Oui ça c'est un autre problème hein. Est-ce que ton papa il est blanc ou est-ce qu'il est noir A.S., je ne le connais pas.
RE	233	Anne Sophie	Il est blanc.
	234	E	Il est blanc, d'accord et si y'avait que la graine de ta maman, comment tu serais ?
RMc	235	Yasmine	Toute noire.
	236	Anne Sophie	Noire.
	237	E	Et oui et est-ce que c'est possible, est-ce que c'est vrai ?
	238	Nils	Oui, non.
	239	E	Non tu n'es pas toute noire.
	240	Nils	Et si t'avais que celle de ton papa ?
RE-RM	241	Anne Sophie	Ben blanche mais il faut la graine de ma maman.
RE	243	Inès	Moi mon papa il est blanc. J'ai pas la même couleur qu'A.S mais j'ai la couleur de mes parents.
RMf	247	Un élève	Non, faut deux graines parce que.
	248	E	Il faut deux graines alors.
RMf	249	Un élève	La graine de la maman et la graine du papa.
RE-RM	250	Anne Sophie	Parce que la graine de la maman ça fait que l'enfant ressemble à sa maman et la graine du papa ça fait que l'enfant ressemble un peu aussi de son papa et de sa maman.
RE-RM	251	Yasmine	Et si on met les deux graines ça se mélange et puis après ça fait un bébé des deux couleurs.
RE	259	yasmine	Non parce que sinon, A.S elle ressemblerait que à sa maman.
RE	260	Anne Sophie	Ou que à mon papa.
RE	263	Mathilde	Oui mais des fois on peut ressembler, des fois on peut des fois, on peut ressembler à son papa.
RE	266	Mathilde	Et des fois on peut ressembler à ses cousins et cousines.
	303	E	Voilà est-ce que ça veut dire que si quelque chose qui ressemble à notre papa où à notre maman, ça veut dire qu'il fallait les deux graines pour qu'on ait quelque chose qui ressemble, c'est ça ?
RE	304	Anne Sophie	Oui, aux parents parce que moi j'ai le nez de ma maman et peut-être que j'ai quelque chose de mon papa.

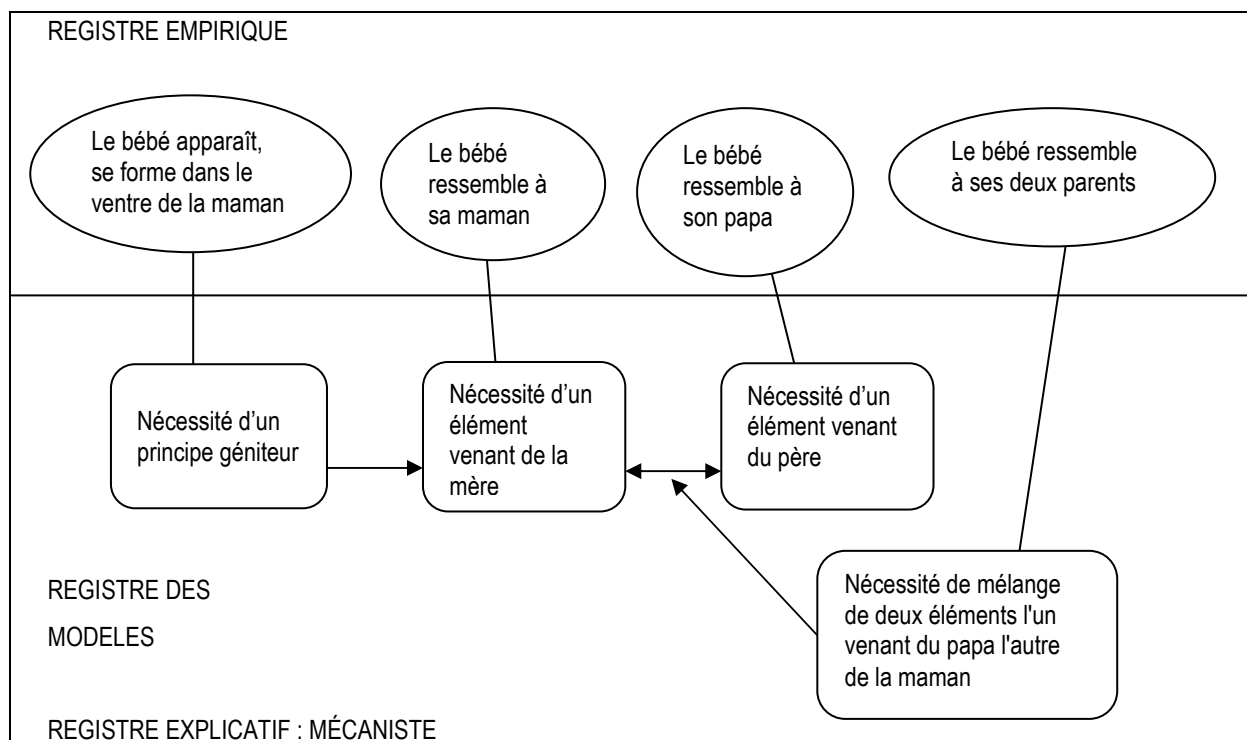
Dès la proposition 176, l'idée de mélange revient par le constat des relations étroites qu'entretiennent les parents (ils se font des bisous) ce qui rend possibles un échange, une rencontre et donc un brassage des caractéristiques des parents (même si ce n'est pas explicitement formulé par les élèves).

Puis en 212, la contrainte empirique de la ressemblance entre parents et enfants est formulée et mise en relation avec ce qu'on peut considérer comme une nécessité (celle de mélange) : il y a bien construction conjointe de la contrainte et de la nécessité. Cette nécessité est formulée comme telle par Anne Sophie dans la proposition 229 : « Il faut *la graine de ma maman* sinon je *n'ressemble pas...* ».

Alors qu'elle a d'abord été formulée de manière générale, la contrainte retenue se particularise en fonction du vécu des élèves et se focalise sur le cas du métissage d'Anne Sophie (propositions 216, 218, 220) mais pas exclusivement (227, 304 et d'autres propositions non reportées dans le tableau) et élargissant la question aux ressemblances familiales (266).

Les analyses présentées ci-dessus aident à comprendre ce qui s'est joué dans ce débat du point de vue de la problématisation. Nous pouvons le résumer en schématisant sous forme d'un espace de contraintes (figure 3) les différentes mises en relation qui ont été relevées dans les propos des élèves.

Figure 3 - Espace de contraintes partiel correspondant aux extraits présentés mettant en évidence les contraintes empiriques construites par les élèves de la classe de CP



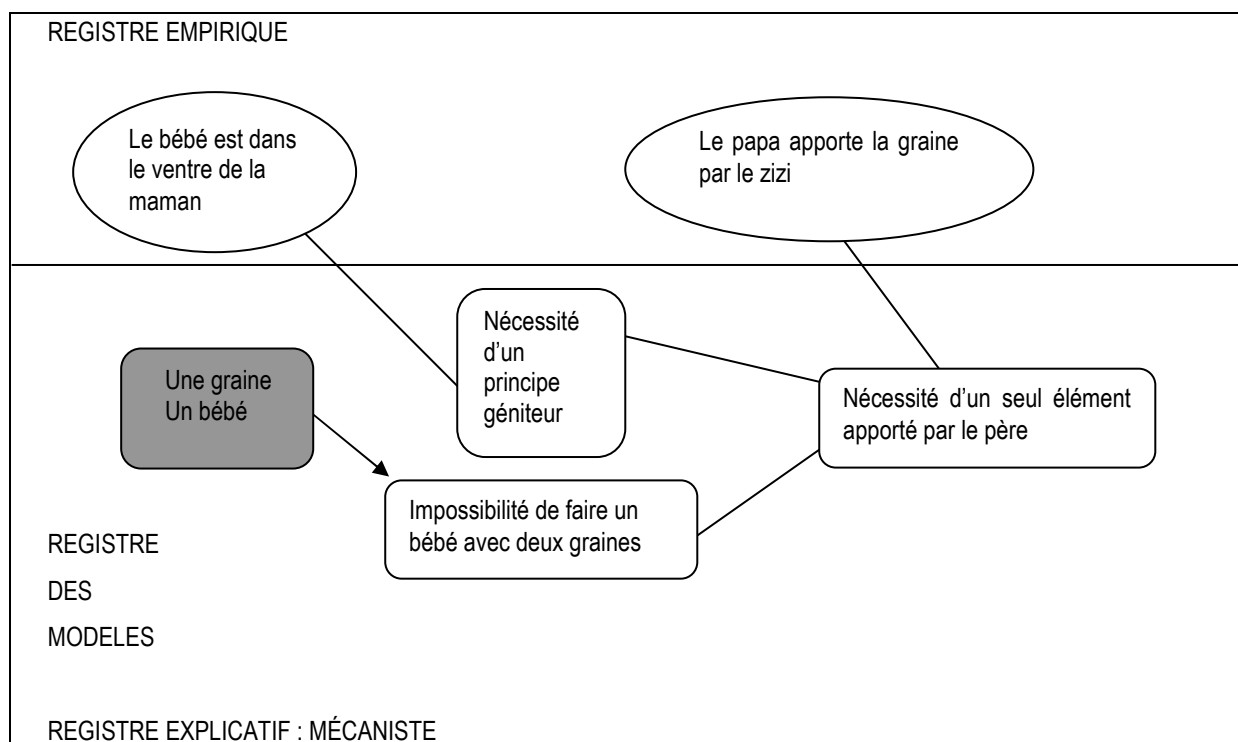
Le désaccord formulé à plusieurs reprises par Nils indique qu'il est resté en marge de cet échange (et sans doute d'autres avec lui). Nous allons essayer de comprendre pourquoi Nils est sur l'idée d'une graine venant du papa avec l'argumentation développée dans le tableau 5.

Tableau 5 - Une contrainte théorique « une graine, un bébé »

	252	E	Bon, et alors les autres ? ceux qui pensaient qu'il fallait que la graine du papa qu'est-ce qu'ils pensent maintenant
RMf	253	Nils	J'crois qu'il en faut toujours qu'une
	254	élèves	Il en faut deux
	255	E	Nils, tu n'es pas persuadé alors
	256	E	Nils, tu peux expliquer pourquoi tu ne comprends pas toi cette idée-là
RE-RM	257	Nils	Ben parce que sinon ça fait deux bébés quand y'a deux graines. Moi je disais que une graine appartient à un bébé.

Nils explique que s'il y avait deux graines cela ferait deux bébés et non un seul (257) : il s'appuie sur ce que nous considérons comme une contrainte théorique pour lui, un principe incontournable : « *une graine ne peut correspondre qu'à un bébé et un seul* ». Cela nous permet d'élaborer l'espace de contraintes représentant le problème construit par Nils (figure 4).

Figure 4 - Espace de contraintes partiel représentant le problème construit par Nils (CP)



La dernière intervention de Nils peut laisser penser qu'il mobilise une explication animalculiste préformiste : « *moi je lui ai demandé à mon papa mais papa ne savait pas, ni maman, comment est arrivé le premier homme sur la terre ?* ». Est-il en effet en train de raisonner selon la théorie de l'emboîtement, dans laquelle tous les individus seraient contenus dans le premier ?

- *Conclusion partielle*

La seule contrainte empirique commune à tous les élèves de cette classe est celle de l'apparition du bébé dans le ventre de la maman. Cela permet donc une discussion posant le problème de l'origine de ce bébé avec les différents possibles cités plus haut.

En revanche, la contrainte empirique de la ressemblance entre parents et enfants n'est pas partagée par tous. Elle n'a pas été retenue dans l'argumentation des élèves « animalculistes », dont l'explication est fortement liée (au moins pour Nils) à la contrainte théorique, une graine = un bébé.

Un second exemple en CM2 dans lequel cette même contrainte émerge va nous donner quelques éléments de réflexion supplémentaires.

- **Problématisation en classe de CM2 (élèves de 10 ans)**

- *Présentation du corpus*

Les groupes ont produit des affiches en réponse à la question : « *comment on fait les bébés ?* ». Pour un groupe de trois élèves, la présence des deux parents est nécessaire, mais pas comme géniteurs. Parmi les cinq autres groupes, quatre (15 élèves) sont plutôt animalculistes (principe géniteur apporté par le père) et préformistes ; dans le dernier, une élève indique un apport équivalent du père et de la mère pour former le bébé (conception fécondationniste ?) et épigéniste.

À la différence du débat précédent, la présentation des affiches et la discussion se sont faites simultanément mais se déroulent dans deux séances différentes conduites par une stagiaire PE2 et non par des IMF.

- *Analyse du débat : quelles contraintes empiriques construites ?*

Les contraintes empiriques construites dans ce débat et relatives à la question de l'origine du bébé sont celles que nous avons déjà pointées en CP :

- le bébé grandit dans le ventre de la maman ;
- la présence du père et de la mère (même s'il a été question des rapports sexuels entre les parents lors d'une discussion collective, l'enseignante a recadré la demande d'explication autour de la fécondation) ;
- la ressemblance entre enfants et parents.

C'est cette dernière que nous allons étudier afin d'en dégager quelques éléments de comparaison avec le cas précédent. Après une première discussion dans laquelle le constat des ressemblances est intervenu, l'enseignante revient sur ce point dans les interventions présentées dans le tableau 6.

Tableau 6 - Mise en tension entre ressemblance et nécessité de mélange

	154	E	Tout à l'heure, vous avez parlé de ressemblances, pourquoi ?
RE-RM	155	Coline	Pour moi, il faut un spermatozoïde et un ovule. L'ovule ça vient de la femme et les spermatozoïdes de l'homme.
	156	E	Pourquoi tu dis ça ?
RE-RM	157	Coline	Ils se mélangent tous les deux donc ça donne un enfant qui a les particularités de l'homme et les particularités de la femme comme la voix aiguë.

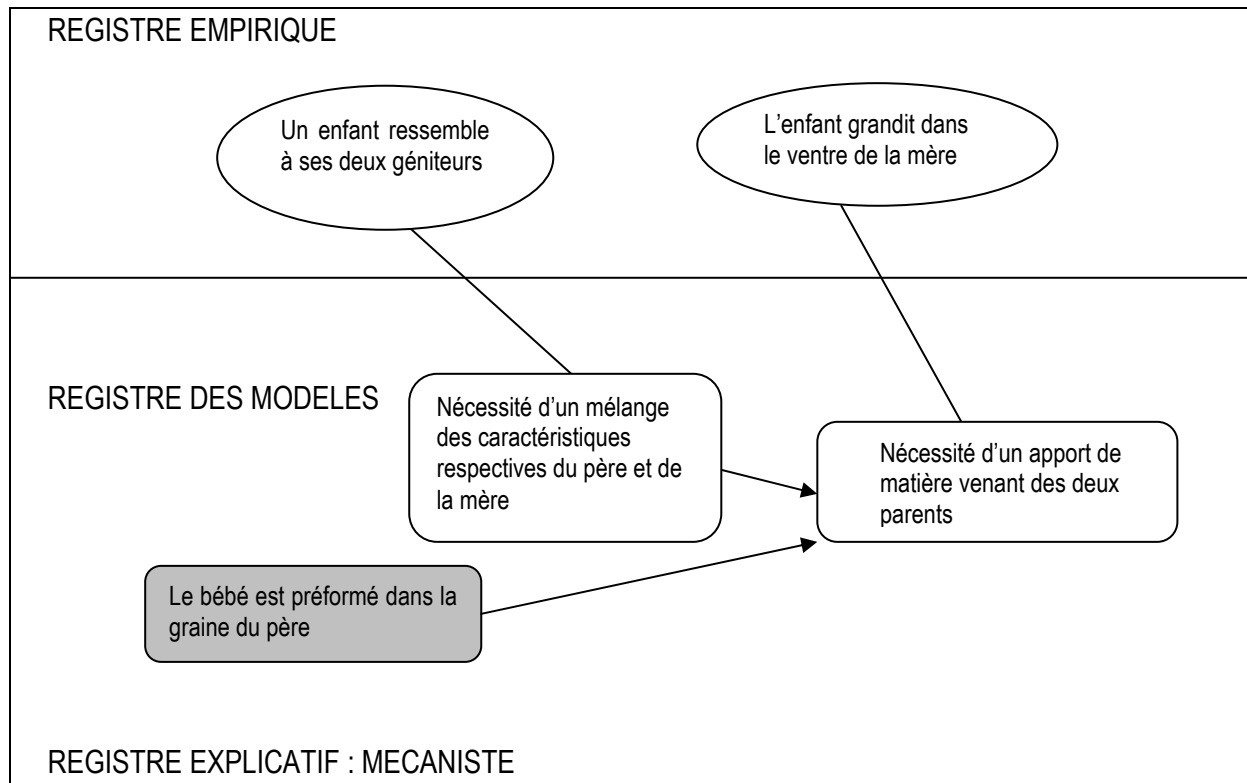
Pour Coline, la cohabitation de particularités de l'homme et de la femme chez l'enfant (contrainte empirique) est mise en tension avec la nécessité de mélange (157). Son modèle proche du fécondationnisme (155) est en accord avec cette nécessité. Pour elle, il faut les deux éléments : un spermatozoïde et un ovule qui se mélangent. L'espace de contraintes est donc très voisin de celui construit en CP (figure 3). Cependant, cette explication n'est pas partagée par tous les élèves de la classe comme en témoignent les échanges présentés dans le tableau 7.

Tableau 7 - La contrainte théorique du préformisme

RMc	244.	Xavier C.	Y'a Elisa qui a dit que c'était pas possible d'avoir de tous petits bébés mais c'est possible.
	245	E	Tu penses que dans cette petite graine il peut y avoir un tout petit bébé dans la graine quand le papa la donne à la maman ?
	246	Xavier C.	Oui.
RE-RM	250	Xavier C.	Peut-être qu'il commence à grandir dans le ventre du papa et après il commence à grandir un petit peu et il reste comme et il continue dans le ventre de la maman.
	251	E	Vous en pensez quoi ? Xavier dit que peut-être, quand le papa donne la graine, il y a déjà un tout petit bébé et il commence à grandir dans le ventre du papa et il continue dans le ventre de la maman.
RMc	252	Mathilde	C'est possible parce que comme ça au moins y'a les deux moitiés, la moitié de l'homme et la moitié de la femme.
RE-RM	253	Mélanie	Oui, parce que c'est le papa qui donne la graine et puis l'enfant il est aux deux.
	254	E	Ca veut dire quoi « l'enfant il est aux deux », comment on le sait ?
RE-RM	255	Mélanie	Ben, parce que c'est eux qui l'ont fait.
	256	Jade	Oui, aussi, c'est aux deux parce qu'ils l'appellent comme ils veulent.
RE-RM	257	Mélanie	Même si ils l'appellent comme ils veulent, le bébé peut pas savoir si c'est vraiment son papa. Vu qu'il a dit Xavier tout à l'heure, j'suis un peu d'accord, il grandit un petit peu dans le ventre du papa et donc le bébé il peut voir quand même qu'il est dans le ventre de son papa et puis après dans celui de sa maman.
	258	E	Et alors ?
RE	259	Xavier C.	Ben, quand il est né, il sait qui c'est parce qu'il est un peu comme eux.
	260		Un peu comme eux, ça veut dire quoi ?
RMf	261	Xavier C.	Ses parents lui donnent un peu de choses.
RE	262	Mélanie	Il leur ressemble.
RE-RM	263	Aubin	Eux, comme ils avaient dit, comme on se ressemble comme les sourcils de notre père, les cheveux comme notre mère, c'est peut-être pour ça que d'abord la question à Xavier, quand le bébé il grandit un petit peu dans le ventre du papa et après dans le ventre de la maman, c'est pour ça peut-être qu'on a les mêmes sourcils que les pères.
	264	E	Donc, Aubin, finalement, il se demande comment ça se fait qu'on ressemble aux deux parents.

Pour Xavier C. (244, 246, 250) l'idée que le bébé est préformé dans la graine apportée par le papa est un élément qui ne fait pas partie de l'empirique (il n'a pas pu l'observer). Il le met en relation avec la nécessité de mélange (261), elle-même articulée avec la contrainte empirique de ressemblance (259). Donc, nous considérons cette idée de préformation comme une contrainte théorique qui s'impose aux élèves dans leur recherche d'explication des ressemblances entre parents et enfants. La même thèse est reprise par Mathilde, Mélanie, Jade, Aubin (252, 253, 255, 256, 257, 262, 264). Ces élèves envisagent comme solution à ce problème de ressemblance des moments de croissance distincts pour le bébé, d'abord dans le ventre du père, ensuite dans le ventre de la mère : la nécessité de mélange ne concerne donc pas des informations déterminant les caractéristiques mais peut-être de la matière déjà organisée venant des deux parents (261). Il y a donc une autre nécessité (qui reste implicite dans le débat) qui peut être mise en tension avec la précédente : celle d'apport de matière en relation avec la contrainte empirique de la croissance du bébé dans le ventre de la maman. Ces deux nécessités trouvent leur place dans un cadre d'explication mécaniste. L'espace de contraintes résultant de ces mises en tension est donc celui présenté par la figure 5.

Figure 5 - Espace de contraintes partiel construit en relation avec la contrainte théorique du préformisme par les élèves de CM2



- *Conclusion partielle*

La contrainte empirique de la ressemblance a été construite dans ce débat de CM2 et mobilisée par plusieurs élèves. Cependant il semble que les mises en tension effectuées soient différentes selon les conceptions sous-jacentes :

- dans le cas de Coline, séparation entre processus de mélange des éléments mâle et femelle (identification de la fécondation) et processus de développement du bébé : émergence d'une explication fécondationniste et épigéniste ;
- dans le cas de Xavier C. et de la plupart des élèves de cette classe, non distinction des deux phénomènes : explication animalculiste préformiste.

- **Problématisation en classe de 4^e (élèves de 13-14 ans)**

- *Présentation du corpus*

Comme dans les exemples précédents, on retrouve dans cette classe plusieurs explications sur l'origine du bébé. Seize productions individuelles d'élèves répondant à la question « Que se passe-t-il après l'accouplement pour qu'il y ait formation d'un nouvel individu ? » ont été analysées avant la constitution de quatre groupes de trois à cinq élèves ayant une conception proche.

Un groupe (3 élèves) propose une explication qui fait principalement intervenir l'ovule dans la formation du bébé ; l'ovule grossirait grâce aux aliments consommés par la mère. Deux groupes

(8 élèves) proposent une explication qui fait jouer le rôle de principe géniteur au spermatozoïde, l'ovule ayant une fonction d'accueil et/ou de protection du spermatozoïde. Un groupe (5 élèves) produit plusieurs explications, une typiquement animalculiste (Kévin en 137 : « c'est... le spermatozoïde... qui grandit ») et une qui serait plutôt fécondationniste (Luc en 142 : « c'est la conjugaison entre les deux »).

Les controverses se développent autour du rôle respectif du spermatozoïde et de l'ovule dans la formation du bébé.

- *Analyse du débat : quelles contraintes et quelles nécessités construites ?*

Une contrainte empirique : le bébé se développe dans le ventre de la mère

Alors que dans le débat de CP, la contrainte empirique prend son sens dans un questionnement par rapport à la formation du bébé, ici cette contrainte paraît mise en relation avec la nécessité d'une protection du bébé entendue au sens large (protection physique, approvisionnement en nourriture). Dans les différentes interventions des élèves, le rôle de protection et de nutrition du fœtus est généralement attribué à la mère qu'il s'agisse du ventre ou de l'ovule (110).

Tableau 8 - Interventions indiquant le rôle protecteur et nourricier attribué à la mère

RE/RM	78	David	(lecture de l'affiche) Un spermatozoïde entre dans l'ovule, le spermatozoïde va se développer dans l'ovule et va former un nouvel individu, il restera dans l'ovule jusqu'à sa formation complète et sortira. Il peut rester dans le ventre plusieurs mois, plusieurs semaines, plusieurs années. Cela dépend de l'individu.
RE/RM	117	Hélène	Oui, ben oui, ça se développe grâce... enfin, c'est en quelque sorte un milieu fécond quoi. Dès que y a l'élément qui manque et ben ça se développe bien. Voilà. Et c'est protégé par la mère.

Une contrainte théorique : les deux gamètes participent à la formation de l'enfant

Cette contrainte théorique apparaît dès la présentation de la première affiche à travers une question de l'enseignante reprise, sous forme critique, par David en 11, puis par Hélène en 62 (tableau 9).

Tableau 9 - Critique du premier modèle qui ne précise pas le rôle du spermatozoïde

	9	Professeur	C'est pas sûr que c'est quand la femelle mange que l'ovule grossit... Parce que là, en fait, on ne voit pas bien le rôle du spermatozoïde...
RMc	10	Charles	Oui
RMc	11	David	Oui, bah oui, il fait rien, on ne sait même pas où il est.
RMc	62	Hélène	Si l'ovule il se développe à partir de l'alimentation, le spermatozoïde il a rien à faire là quoi !

Ce qui sous-tend cette critique correspond à l'idée, partagée pour la plupart des élèves de la classe, que les deux gamètes participent à la formation du futur bébé. Nous considérons cette participation des deux gamètes à la formation de l'enfant comme relevant d'un présupposé et non comme correspondant à une traduction de la question de départ à l'échelle cellulaire. On voit bien que la critique porte puisque toutes les autres présentations (tableau 10) feront explicitement intervenir un spermatozoïde et un ovule dans la formation du bébé.

Tableau 10 - Interventions présentant les modèles des groupes 2, 3 et 4

RE/RM	78	David	(lecture de l'affiche) Un spermatozoïde entre dans l'ovule, le spermatozoïde va se développer dans l'ovule et va former un nouvel individu, il restera dans l'ovule jusqu'à sa formation complète et sortira. Il peut rester dans le ventre plusieurs mois, plusieurs semaines, plusieurs années. Cela dépend de l'individu.
RE/RM	110	Hélène	Là c'est le spermatozoïde qui rentre. Donc, y a l'ovule qui est dans le ventre de la mère et y a un seul ovule qui va entrer dans... un seul spermatozoïde qui va rentrer dans l'ovule. Donc, les spermatozoïdes rencontrent l'ovule : « ovule plus spermatozoïde égal bébé en développement ». Un seul spermatozoïde rentre dans l'ovule et se développe grâce au contenu de celui-ci. Donc, le spermatozoïde, en fait, c'est quelque chose qui, a besoin de l'ovule pour se développer et donc l'un sans l'autre ça ne marche pas.
RE/RM	118	Kévin	Alors, y a plusieurs spermatozoïdes, ils courent dans l'ovule, dans le... d'accord ? Après ça fait l'embryon, un truc comme ça. Après l'accouplement, les spermatozoïdes rencontrent l'ovule, oui, ben c'est ce que je viens de dire... Et quelques semaines plus tard, ben le fœtus il se forme.

Hélène en 110 va jusqu'à thématiser cette contrainte (« *l'un sans l'autre ça marche pas* »). Il s'agit bien, à notre sens, d'une contrainte théorique puisqu'elle n'est jamais mise en relation de façon explicite avec des éléments du registre empirique et pourtant participe de façon importante à la problématisation des élèves. Cependant, il nous semble que cette contrainte théorique pourrait correspondre à une nécessité antérieurement construite par les élèves qui, ensuite, aurait été stabilisée pour devenir une contrainte théorique. Il est possible que la nécessité d'une participation des deux gamètes à la formation du bébé ait été préalablement construite (comme dans le cas des problématisations à l'école) par articulation avec une contrainte empirique : « *il faut un papa et une maman pour faire un bébé* ».

Cette contrainte théorique joue un rôle important dans la problématisation des élèves de cette classe puisqu'elle est mise en relation avec la « nécessité d'un rôle joué par les deux gamètes » dans un cadre explicatif mécaniste. En effet, comme les élèves de cette classe de 4^e raisonnent dans un registre explicatif mécaniste, la participation des deux gamètes à la formation du bébé implique que chacun des deux gamètes ait un rôle, exerce une action précise pour former le bébé. C'est à partir de là que les élèves vont chercher à déterminer le rôle de chacun des deux gamètes dans la formation du bébé (tableau 11).

Tableau 11 - Rôles respectifs attribués par les élèves à l'ovule et au spermatozoïde

	95	Professeur	C'est bien représenté, le spermatozoïde va se développer dans l'ovule et va former un nouvel individu... Donc, c'est quoi le rôle de l'ovule ?
	96	David	Protéger le spermatozoïde.
RE/RM	97	Professeur	Protéger le spermatozoïde ?
	98	David	Contre les mauvaises bactéries.
	112	Hélène	Donc voilà, il se développe grâce au contenu de l'ovule jusqu'à la formation d'un nouvel individu.
	137	Kévin	Ben, c'est... le spermatozoïde... qui grandit.

C'est l'articulation entre la contrainte théorique « *un rôle est joué par les deux gamètes* », la contrainte empirique « *le bébé se développe dans le ventre de la maman* » qui permet de construire la nécessité d'une rencontre entre les deux gamètes et la nécessité d'une protection et alimentation du bébé.

Lors de la discussion de la 4^e affiche apparaît un nouveau possible rapport au rôle respectif du spermatozoïde et de l'ovule dans la formation du bébé (tableau 12).

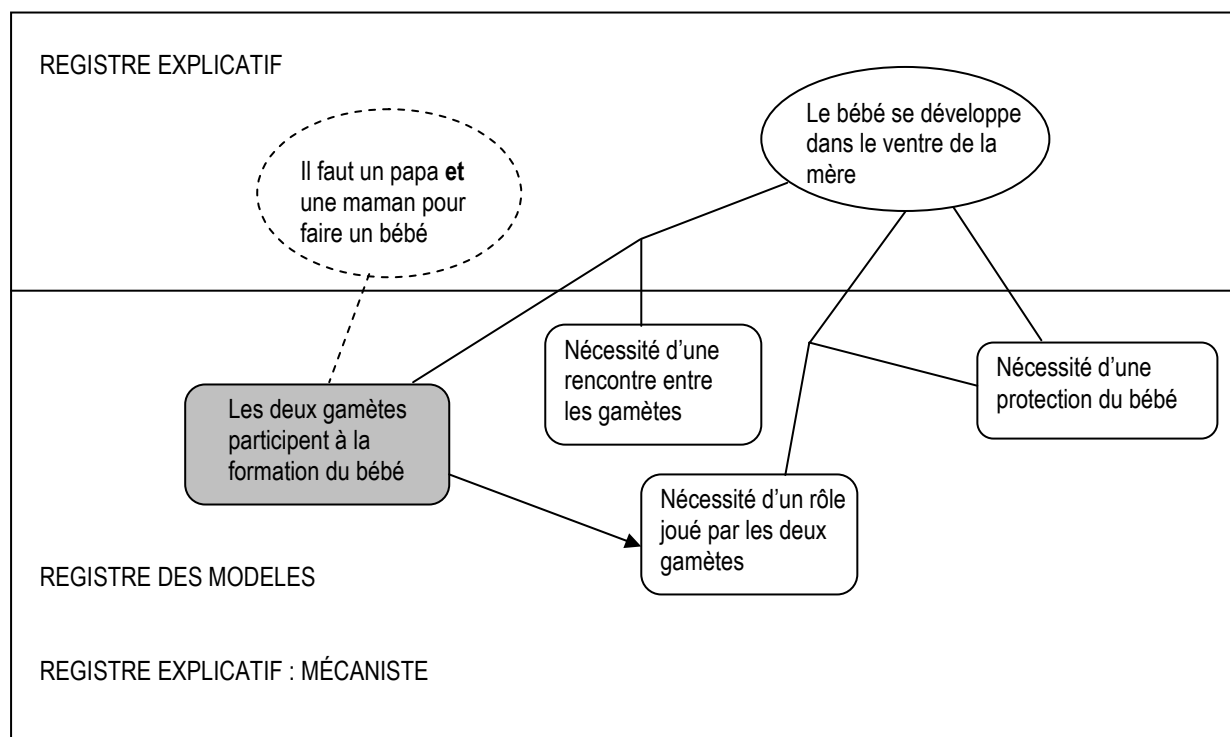
Tableau 12 - La formulation de l'idée d'un mélange par Luc

	141	Professeur	Dans le groupe, Luc est-ce que tu peux expliquer toi d'où il vient l'embryon ?
RMf	142	Luc	C'est la conjugaison entre le spermatozoïde et l'ovule.
	143	Professeur	Pour toi c'est une conjugaison entre les deux qui va former l'embryon.
	144	Luc	Oui.

L'idée développée par Luc est différente de celle présentée par les autres élèves de la classe. Il indique que le futur bébé pourrait ne pas être présent dans le spermatozoïde, mais qu'il pourrait être constitué d'un mélange entre le spermatozoïde et l'ovule. Cette idée ne pourra pas devenir une nécessité dans ce débat puisqu'elle ne sera pas articulée avec une contrainte empirique du type : « *ressemblance entre parents et enfants* » qui n'est pas construite au cours du débat.

À partir des différents extraits présentés, nous pouvons construire un espace de contraintes qui représente l'articulation entre les contraintes et les nécessités telles qu'elles sont apparues au cours du débat (figure 6).

Figure 6 - Espace de contraintes partiel correspondant aux extraits présentés mettant en évidence les contraintes construites (classe de 4e)



• *Conclusion partielle*

De nouveau, la seule contrainte empirique qui soit construite ici est celle de la formation du bébé dans le ventre de la maman. Articulée à une contrainte théorique « les deux gamètes participent à la formation du bébé » dans un registre explicatif mécaniste, elle oriente le débat vers la question du rôle respectif des deux gamètes dans la formation du bébé et tend à réduire le rôle de l'ovule à un rôle protecteur et nourricier.

Cette problématisation ne permet pas de mettre en question les conceptions « préformistes animalculistes » des élèves, malgré l'intervention d'un élève qui présente l'idée d'un mélange entre spermatozoïde et ovule. Comme celle-ci n'est pas mise en relation avec des éléments du registre du modèle ni avec une quelconque contrainte théorique, elle garde le statut d'idée et ne fait pas avancer la problématisation de la classe.

■ **Conclusion**

Des trois analyses ci-dessus, nous pouvons faire ressortir quelques éléments concernant les problématiques construites. Même si les trois débats se développent dans un registre explicatif mécaniste, les éléments pris en compte par les élèves et les mises en relation proposées diffèrent. On retrouve une contrainte empirique (la formation du bébé dans le ventre de la maman) commune aux trois niveaux de classe et une contrainte empirique (ressemblance entre parents et enfants) bien construite dans le débat de CP, émergente dans le débat de CM2 et absente en 4^e. Les contraintes théoriques mobilisées par les élèves sont différentes (même si elles sont toutes en liaison avec le registre explicatif mécaniste) mais lorsqu'elles se construisent elles conditionnent les nécessités construites et ferment le champ des possibles.

De ces constats découle une première discussion sur les différentes contraintes empiriques et théoriques construites lors de ces débats : comment se construisent-elles ? comment pouvons-nous distinguer contraintes empiriques et contraintes théoriques ? Rappelons aussi que les enseignants ayant piloté ces débats étaient experts en CP, débutants en CM2 et 4^e.

4. Discussion

À partir de ces trois études de cas, nous allons discuter trois points relatifs aux contraintes empiriques et théoriques.

■ **Les contraintes empiriques et les contraintes théoriques sont construites**

Les différents exemples que nous venons de présenter montrent que les contraintes empiriques sont des éléments construits par les élèves pendant le débat scientifique. Cela ne nous ramène pas à une conception empiriste de la science puisque c'est bien « *par l'enchaînement conçu rationnellement, que les faits hétéroclites reçoivent leur statut de faits scientifiques* » (Bachelard, 1949/1998, p.123). Ainsi les contraintes empiriques ne sont pas des faits retenus au hasard mais des données qui ne prennent sens qu'en relation avec les explications que l'on cherche à élaborer donc en lien avec les solutions à des problèmes perçus et éventuellement construits. C'est la sélection de ces données qui marque le processus de construction. Cette construction est quelquefois bien décelable dans les débats lorsqu'on suit l'évolution de certaines interventions (exemple d'Anne Sophie en CP).

Dans les différents cas étudiés, une contrainte empirique que nous avons formulée de la même façon (le bébé se développe dans le ventre de la mère) – mais est-ce vraiment la même ? – ne s'articule pas avec les mêmes nécessités :

- en CP, « *le bébé se forme dans le ventre* » est mis en tension avec la nécessité d'un principe géniteur ;
- en CM2, elle est mise en relation avec la nécessité d'un apport de matière ;
- en 4^e, elle est reliée à celle de protection du bébé.

Les inférences que les élèves sont amenés à effectuer dépendent vraiment du problème qu'ils sont en train de traiter et qui peuvent être différents, malgré la proximité des situations de départ. Ainsi en CP, c'est l'apparition du bébé dans le ventre de la maman que l'on cherche à expliquer ; en CM2, c'est son développement et sa croissance alors qu'en 4^e les élèves tentent de déterminer le rôle de l'ovule et du spermatozoïde dans la formation du bébé. Il semble que ce qui pouvait apparaître dans un premier temps comme une même contrainte empirique : « le bébé est dans le ventre » se décline différemment selon les problèmes construits. Cela montre que ces éléments ont un statut de contrainte, non pas en soi, mais par rapport à un processus de construction qui doit en tenir compte. Une étude plus précise des formulations selon un point de vue linguistique serait sans doute utile pour mieux comprendre ces différences et évolutions constatées.

Nous avons été amenés à distinguer les contraintes théoriques des contraintes empiriques car régulièrement, lorsque nous travaillons sur les débats sur le thème de la procréation, nous nous heurtons à la prise en compte, dans les processus de problématisation des élèves, d'éléments auxquels les élèves donnent le statut de contraintes (c'est-à-dire un élément qui contraint en excluant certains possibles) mais qui n'ont pas une dimension phénoménologique ou phénoménoteknique ce qui aurait permis de les placer dans le registre empirique. L'irruption de ces contraintes non empiriques nous a posé des problèmes pour les intégrer à notre cadre théorique, puisque si nous imaginions des contraintes théoriques, cela pouvait permettre à une problématisation de se développer entièrement dans le registre des modèles. Cela semble contradictoire avec le modèle élaboré par Orange selon lequel ce qui caractérise une problématisation scientifique consiste à mettre « *en tension critique le savoir* », c'est-à-dire à articuler « *explicitement des contraintes empiriques repérées comme pertinentes, avec des conditions de possibilité des modèles explicatifs* » (2000, p.27).

Dans les trois cas présentés dans cette contribution, les traces de la construction des contraintes ne sont pas toujours explicites dans les propos des élèves car leurs raisonnements, leurs argumentations ne sont pas toujours complètes. Cela nous amène parfois à faire des inférences en complétant les raisonnements des élèves.

■ **Origines possibles des contraintes théoriques**

À partir de l'étude menée, nous avons exploré plusieurs pistes possibles concernant l'origine des contraintes théoriques. Nous pouvons envisager, dans certains cas, que des contraintes théoriques correspondent à la manifestation d'une contrainte empirique non explicitée. C'est le cas par exemple lorsque des élèves de 4^e s'engagent, avant apprentissage, dans la problématisation en faisant référence aux spermatozoïdes et aux ovules produits par le père et la mère et ces éléments. La discussion peut se développer sans que cette existence soit mise en question. Dans ce cas, on peut supposer que l'utilisation des contraintes empiriques « le père produit les spermatozoïdes » et « la mère produit des ovules » correspond à la manifestation des deux contraintes empiriques « participation du père » et « participation de la mère » qui ne sont pas explicitement formulées par les élèves car « allant de soi ». On peut se demander s'il est pertinent que le professeur tente de faire expliciter la contrainte empirique sous-jacente à cette contrainte théorique par les élèves ou s'il convient de suspendre momentanément le débat, fournir des documents pour que la contrainte théorique puisse acquérir le statut d'une contrainte empirique.

Une contrainte théorique pourrait aussi correspondre, comme nous l'avons évoqué dans l'exemple du débat en 4^e (à propos de la contrainte théorique *Les deux gamètes participent à la formation du bébé*), à une nécessité précédemment construite par les élèves qui serait stabilisée et fonctionnerait alors comme une contrainte dans l'activité de problématisation. On a déjà mis en évidence ce processus dans des travaux précédents (Lhoste, 2006).

Enfin des contraintes théoriques peuvent correspondre à des principes explicatifs qui sont à mettre en relation avec le registre explicatif dans lequel se construit le débat. Dans les exemples qui précèdent (en CP : une graine \Rightarrow un bébé ; en CM2 : le bébé est préformé dans la graine ; en 4^e : les deux participent \Rightarrow focalisation sur le rôle de chacun des gamètes) les contraintes théoriques pourraient être considérées comme des manifestations d'un registre explicatif mécaniste dans les raisonnements des élèves.

■ **Contraintes théoriques comme manifestation d'un obstacle**

Dans les trois problématisations présentées l'explication adoptée sous-entend la continuité de la matière :

- pour faire un bébé, il n'est pas possible qu'il y ait deux graines (cela fait de la matière en trop dont on ne voit pas à quoi elle sert) ;
- le bébé est préformé dans la graine, car il n'est pas possible de faire un bébé à partir de matière informe (ce qui impliquerait une intervention extérieure ou une action non mécanique) ;
- les deux gamètes participent à la formation du bébé, ce qui pose la question du rôle respectif de chacun de ces gamètes d'un point de vue mécaniste : quelle est leur action ?

De plus, la contrainte théorique « une graine = un bébé » des élèves de CP ou celle « le bébé est préformé dans la graine du père » mobilisée par les élèves de CM2 renvoient à la question du « Dieu fabricant » dans la plus pure tradition du mécanisme : « *la fabrication des machines vivantes avait été une opération initiale unique, et qu'en conséquence tous les germes de tous les vivants préformés, passés, présents et futurs, étaient, dès leur création, emboîtés les uns dans les autres.* » (Canguilhem, 1968). Dans les trois classes, nous avons pu mettre en évidence la construction d'un espace de contraintes dans un cadre mécaniste avec des explications majoritairement animalculistes.

Essayons maintenant de regarder plus attentivement ce qui peut stabiliser et rendre efficace cette conception, lui donnant ainsi son statut d'obstacle épistémologique. Dans les trois exemples, nous avons montré qu'une contrainte théorique joue un rôle très important dans la problématisation des élèves puisqu'ils prennent fortement appui sur elle pour développer leur argumentation.

De plus, cette contrainte théorique crée un lien entre différentes nécessités et stabilise en quelque sorte la problématique construite. C'est pourquoi nous pensons que dans les contraintes théoriques émerge quelque chose qui relève de l'obstacle. La préformation, la question du rôle de chacun des gamètes en termes d'action (ce qui pourrait être à mettre en lien avec les questions de mise en récit) ou d'apport de matière renvoient bien à une façon d'envisager la procréation qui est confortable et satisfaisante à certains égards. Cela relève donc bien de l'obstacle tel qu'il est défini par Peterfalvi (2001, p.35) : « *Il (l'obstacle) témoigne plutôt d'un certain confort intellectuel que le sujet tend à préserver, car il lui est plus commode de penser les choses dans ces termes-là* ».

Le début du travail de cet obstacle pourrait revenir à aider les élèves à percevoir une dimension informationnelle dans ce problème de la procréation. Il y a bien des tentatives (Anne Sophie en CP, Luc en 4^e) de penser la procréation en termes d'information, mais elles ne portent pas car les élèves ne perçoivent pas la double dimension de la procréation (organisation/information mise en évidence lors de l'analyse du savoir en jeu) ou alors elles n'arrivent pas à articuler ces deux dimensions. Cela permet, à la suite de Peterfalvi (2005) de réintroduire la question du travail de l'obstacle dans le cadre de la problématisation

Conclusion

Les problèmes construits par les élèves des classes de CP, CM2 et 4^e sont différents (ils le seraient, sans doute, dans un même niveau) mais les trois débats se développent dans un registre explicatif mécaniste et même si des élèves introduisent l'idée d'un mélange entre les deux gamètes, l'articulation entre organisation et information ne se fait pas. Cette non distinction entre organisation et information renvoie à la question de l'obstacle du préformisme et à son traitement didactique dans le cadre d'une activité de problématisation.

Du côté du cadre théorique de la problématisation, nous avons essayé de faire avancer la réflexion autour de la question des différents types de contraintes intervenant dans le processus de construction de problème. Nous avons montré que les unes et les autres conservent un caractère construit plus ou moins manifeste dans les propos des élèves et que les contraintes théoriques peuvent avoir un lien étroit avec le registre explicatif dans lequel le débat se développe.

Il reste un travail à réaliser concernant ce que recouvre ce que nous appelons « *mise en relation* » entre les contraintes et les nécessités. Derrière ce terme, il y pourrait y avoir des relations de natures très différentes entre les situations de départ, les contraintes et les nécessités. Des recherches en cours (Orange, Lhoste & Orange Ravachol, 2006, soumis) développant une analyse des argumentations produites par les élèves pourraient constituer un moyen d'accéder aux différents types de relation entre contraintes, nécessités et registre explicatif.

Enfin, en termes de formation des enseignants, les exemples présentés montrent, s'il en était encore besoin, l'importance des dimensions épistémologiques et didactiques dans la formation des enseignants pour leur permettre de conduire un débat scientifique qui vise la construction de savoirs scientifiques par les élèves. Il conviendrait également d'accorder de l'importance à l'analyse des débats dans les modules de formation (pour l'année de PE2 et de PLC2 cette réflexion est menée dans le cadre du travail de mémoire professionnel) et de mener de nouvelles études sur l'articulation de ces moments de débat et les temps de travail autour des observations, des expériences, des études de documents.

Remerciements

Nous tenons à remercier les différentes collègues qui ont participé au recueil des données. Françoise Vildey et Danielle Vandergucht, PEMF dans la classe de CP. Zoë Noyon, professeure des écoles dans la classe de CM2. Sabrina Desrues, professeure de *Sciences de la Vie et de la Terre* dans la classe de 4^e.

Bibliographie

BACHELARD G. (1949), *Le rationalisme appliqué*, Paris, PUF.

CANGUILHEM G. (1968), « Vie », *Encyclopaedia Universalis*, Paris, Encyclopaedia Universalis.

JACOB F. (1981), *Le jeu des possibles*, Paris, Fayard.

LHOSTE Y. (2006), « La construction du concept de circulation sanguine en 3^e : problématisation, argumentation et conceptualisation dans un débat scientifique », *Aster*, n°42 (à paraître).

MARTINAND J.-L. (1992), *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*, Paris, INRP.

MÉNARD I. & PINEAU V. (2006), « La respiration humaine au cycle 3 : problèmes construits et registres explicatifs mobilisés par les élèves », *Aster*, n°42 (à paraître).

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 en sciences de l'Éducation, université de Nantes, non publié.

ORANGE C. (2002), « Apprentissages scientifiques et problématisation », *Les Sciences de l'Éducation – Pour l'Ère nouvelle*, n°1, p. 25-41.

ORANGE C., LHOSTE Y. & ORANGE RAVACHOL D. (2006, soumis), « Argumentation, problématisation et construction de concepts en classe de sciences », *Argumentation en classe de sciences*, A. Tiberghien, C. Plantin & C. Buty (dir.).

PETERFALVI B. (2001), *Obstacles et situations didactiques en sciences : processus intellectuels et confrontations. L'exemple des transformations de la matière*, Thèse de doctorat en sciences de l'Éducation, université de Rouen, non publiée.

PETERFALVI B. (2005), « Travail sur les obstacles et problématisation, quels apports réciproques », 73^{ème} congrès de l'ACFAS, Chicoutimi (Québec), mai 2005.

POPPER K.R. (1998), *La connaissance objective*, Paris, Flammarion, [1972, Edition française 1991].