

PROBLÉMATISER À PROPOS DES PLANÈTES À PARTIR D'UNE RECHERCHE DOCUMENTAIRE À L'ÉCOLE ÉLÉMENTAIRE ?

Norbert Froger

La recherche documentaire en astronomie est généralement présentée comme un moyen d'élaborer des connaissances à partir des informations étudiées. Cette approche ne va cependant pas de soi. Il ne suffit pas de mettre à disposition des données textuelles ou numériques, dans des livres ou sur Internet, pour que l'élève se les approprie et construise des connaissances. Il faut, d'une part, un cadre problématique qui donne sens à la recherche et, d'autre part, des compétences de lecteur pour extraire des multiples données que contient un document les informations pertinentes par rapport à la recherche. Cette double contrainte conduit à étudier le système solaire dans le cadre d'un projet pluridisciplinaire visant à faire construire le problème d'une classification des planètes et à le résoudre par une recherche documentaire. Il apparaît que, si des élèves construisent des problèmes, la difficulté didactique est de repérer quel est le problème scientifique le mieux adapté pour que le plus grand nombre d'élèves se l'approprie.

pour des élèves de
8 à 11 ans...

Dans les programmes de sciences du cycle 3 (8-11 ans) de l'école élémentaire, le domaine "le ciel et la Terre" mène généralement à des activités de modélisation telle que celle du système Terre-Soleil et à "des activités documentaires permettant de prendre connaissance des caractéristiques propres de chaque planète" comme l'indique le *Document d'Application des Programmes* de 2002 (désormais *DAP*). Mais cette approche ne peut être simplement descriptive car l'enseignement des sciences à l'école s'appuie sur des activités d'investigation qui amènent les élèves à sélectionner des questions, à poser un problème et à y réfléchir pour qu'il devienne celui des élèves (*op. cit.*). Comment peut-on faire de la recherche documentaire sur les caractéristiques des planètes une activité de construction et de résolution de problème ? Nous cherchons à montrer ici qu'un travail de recherche documentaire ne va pas de soi et que c'est précisément lorsqu'il s'organise à partir d'un problème qu'il prend sens pour l'élève. L'enjeu est alors de susciter la construction du problème par l'élève lui-même afin de l'impliquer dans la recherche, l'étude des ressources documentaires devenant un moyen pour élaborer une solution. Une difficulté didactique supplémentaire apparaît cependant du fait de l'hétérogénéité des élèves, si certains parviennent à prendre conscience du problème, la difficulté tient dans l'élargissement de ce questionnement à l'ensemble de la classe. Nous présentons ici un travail réalisé dans une classe de cours moyen afin de dégager le processus de problématisation tout en analysant les sources de cette difficulté.

1. L'ÉTUDE DU SYSTÈME SOLAIRE

...des activités de
recherche
documentaire...

L'enseignement des sciences vise la construction d'une représentation rationnelle de la matière et du vivant et l'analyse raisonnée de phénomènes qui suscitent la curiosité des élèves. L'étude des planètes est un de ces thèmes qui suscitent l'intérêt des élèves et de nombreux livres documentaires apportent des informations textuelles et iconiques pour y répondre. À ces supports traditionnels se sont joints les supports informatiques sous forme de cédéroms ou sites Internet qui multiplient les modes sémiotiques (par le texte, l'image et le son) pour construire une signification. Une initiation à la lecture documentaire s'inscrit désormais dans les programmes de sciences afin d'apprendre aux élèves, à partir de situations véritables, à lire et produire des écrits scientifiques : fiche technique, compte rendu, texte informatif, explicatif, tableau de chiffres. Le thème du système solaire nécessite donc d'articuler une étude raisonnée permettant d'engager les élèves dans une première démarche de construction d'un modèle scientifique avec une initiation à la lecture documentaire permettant notamment d'apprendre à trouver une information dans un support (un livre ou un site) à partir d'une compréhension de l'organisation de son contenu.

Il apparaît cependant possible de modéliser les dimensions relatives des planètes par des maquettes à l'échelle afin de se représenter les rapports entre les diamètres (DAP, 2002). Mais pour obtenir les données numériques permettant de réaliser cette représentation, comme d'une manière générale pour obtenir des informations sur leurs caractéristiques, il faut nécessairement opérer une recherche d'informations. Deux cas se présentent alors :

- le manuel donne le résultat de cette recherche sous forme de tableau de données, focalisant ainsi la réflexion sur la solution ;
- la recherche s'effectue dans des ressources documentaires multiples : livres et sites Internet. Il faut alors d'abord définir ce que l'on recherche puis élaborer la solution.

...qui ne se
réduisent pas à
une approche
factuelle

Ces deux outils ne s'opposent pas. Le manuel peut être utilisé comme une source possible dans la confrontation des résultats. Mais nous cherchons à montrer ici que la première approche tend à réduire la démarche à l'acquisition d'une connaissance factuelle, rabattant le problème sur la solution ; alors que la seconde, en considérant comme une nécessité la construction d'un problème qui donne sens à la solution, permet d'élaborer une connaissance scientifique et de développer des compétences transférables à d'autres situations.

1.1. L'étude des planètes dans les manuels

Dans le manuel de sciences de la collection *Gulliver*, les auteurs (Astolfi *et al.*, 1996), considèrent que ce thème tient

une place limitée dans les apprentissages scientifiques à l'école primaire car on ne peut viser que quelques notions présentant un intérêt pédagogique :

- connaître la différence entre une étoile et une planète ;
- connaître le nom des planètes et de quelques uns de leurs satellites ;
- comparer les planètes entre elles par la taille et par leur distance au soleil.

Nous rejoignons les auteurs pour considérer que ces notions sont en nombre limité mais leur acquisition ne va pas de soi pour au moins deux raisons. La première tient, comme nous le montrons plus loin, dans la diversité des représentations des élèves qui indiquent des connaissances peu stabilisées. La seconde tient dans la prise en compte de la complexité de la tâche de recherche dans des documents dont les richesses textuelle et iconique constituent en même temps des sources de difficulté pour un jeune lecteur. L'intérêt de ce thème réside donc dans la démarche active d'enquête à mener pour construire ces quelques notions. La dernière peut cependant être développée en étudiant de manière plus approfondie les caractéristiques des planètes afin d'établir des similitudes et des différences, et donc d'établir une classification.

construire une
classification des
planètes...

C'est l'élaboration de cette classification des planètes à partir de critères déterminés par les élèves qui constitue l'objectif principal de cette étude. Nous faisons l'hypothèse que la mise en relation des caractéristiques des planètes peut amener les élèves à distinguer deux groupes : "les planètes solides" (DAP, 2002) et les planètes géantes ou gazeuses.

Dans le manuel cité, les auteurs proposent un tableau de données permettant de comparer les diamètres et les distances, et réservent le temps de recherche documentaire à l'identification des noms de satellites. Le tableau de synthèse n'apparaît donc pas comme le résultat d'un problème de recherche documentaire conduisant l'élève à sélectionner des informations mais comme un fait établi. De même, dans le manuel de la collection "Savoirs scolaires", Guichard et Dana (1999) proposent une double page documentaire avec pour chaque planète une liste de quelques caractéristiques physiques. Ces données qui peuvent être collectées dans l'abondante production documentaire sur l'astronomie sont là encore sélectionnées par les auteurs en fonction de leur propre problématique qui privilégie une présentation de données numériques. On ne trouve pas de descriptions des planètes ou de certaines de leurs particularités (par exemple la tache rouge de Jupiter, les anneaux de Saturne...) alors que dans les livres documentaires, les informations sont souvent exprimées sous forme de courts textes descriptifs dont il faut dégager une signification. Le travail se limite donc à la lecture de fiches d'identité, réduisant la complexité des textes.

Cette rapide analyse critique vise simplement à montrer la nécessité didactique de compléter l'approche proposée dans

ces manuels par une démarche effective de recherche documentaire, suffisamment diversifiée pour ne pas faire de l'enseignement de l'astronomie une accumulation de connaissances factuelles mais une démarche de construction de connaissances scientifiques.

1.2. Le problème épistémologique d'une approche factuelle

La comparaison des diamètres est généralement une question posée par l'enseignant, et la solution, le résultat de l'analyse de données présentées dans un tableau, données elles-mêmes isolées parmi les données disponibles sur les planètes. Dans cette approche, la démarche scientifique de l'élève apparaît très réduite, la notion devient factuelle car elle n'est pas le résultat d'un processus individuel de construction de problème dont la classification est la solution.

...par une
dialectique
problème-solution

Pour Orange (2002), les savoirs scientifiques ne sont pas de simples propositions vérifiées, des résultats : ce sont des conclusions, des réponses à des questions bien posées. L'activité scientifique est avant tout problématisation, et pour Fabre (1995), les connaissances factuelles produites ne sont pas de simples résultats mais des solutions. C'est donc la dialectique problème-solution qui peut seule donner leur sens aux connaissances. Une connaissance – aussi factuelle qu'elle puisse paraître – n'est instructive que parce qu'elle pose ou résout un problème (*op. cit.*, p. 110). Ces deux auteurs se réfèrent à l'épistémologie de Bachelard (1938, p. 234), qui, à propos de l'enseignement des mouvements planétaires, insiste sur la nécessité de comprendre le processus qui amène à un résultat, et non pas, ce qui serait plus simple, de n'enseigner que le résultat car l'enseignement des résultats de la science n'est jamais un enseignement scientifique. Le fait ne devient scientifique que par son insertion dans un réseau de raisons, dans un contexte de connaissances qu'il vient étendre, préciser voire interroger. C'est en faisant fonctionner la connaissance comme la solution d'un problème qu'elle trouve sa signification épistémologique (Fabre, *op. cit.*). Il faut pour cela prendre au sérieux l'idée de construction de problème.

2. LE PROCESSUS DE PROBLÉMATISATION

L'approche didactique par la construction de problèmes (Fabre et Orange, 1997) vise à dépasser la centration habituelle sur la résolution de problèmes pour s'intéresser à la construction et à la reconstruction des problèmes par les élèves eux-mêmes avec la médiation de l'enseignant. Ce processus de problématisation transforme un problème perçu, une question, en un problème construit ou un ensemble de problèmes construits constituant une problématique.

2.1. Les obstacles

l'obstacle d'une
représentation
première

Pour Fabre et Orange (*op. cit.*), un savoir scientifique n'est pas la simple description d'une réalité : il permet d'expliquer. Mais les conceptions des élèves constituent, elles aussi, des explications des phénomènes. L'élève doit donc connaître contre des connaissances antérieures, en renversant les obstacles amoncelés par la vie quotidienne (*op. cit.*, p. 39). Ainsi la conception géocentrique de Ptolémée (II^e siècle avant J.-C.), faisant de la Terre le centre du système solaire, a-t-elle prévalu jusqu'au XV^e siècle. Le système héliocentrique de Copernic n'a réussi à s'imposer que plus tard parce qu'au-delà de l'absence de moyens d'observation, ce modèle nécessitait une rupture par rapport à une pensée commune, à l'image familière du Soleil tournant dans le ciel autour de la Terre. Dès lors, on peut penser que lorsque des élèves dessinent les planètes du système sur le modèle de la Terre, cette conception "géocentrique" constitue une forme d'obstacle à la construction d'une classification. Car, en se représentant une autre planète comme semblable à la Terre, l'enfant peut plus difficilement accéder à des raisons fondées sur des similitudes mais aussi sur des différences.

Dans l'expérimentation menée dans une classe de cours moyen comprenant vingt-deux élèves : 11 CM1 (10 ans) et 11 CM2 (11 ans), un recueil des représentations a été réalisé. Il a été demandé aux élèves ce qu'ils connaissaient du système solaire puis de dessiner les planètes en s'aidant du compas. Chaque élève a ensuite explicité individuellement sa production afin de vérifier que la représentation mentale coïncidait avec la représentation graphique. Les explications des élèves sont globalement de trois types quel que soit l'âge des enfants. Les planètes sont de taille différente (10/22). David : *"elles ne sont pas de la même taille, Jupiter est plus grande"*.

– Les planètes sont de la même taille que la Terre (9/22).

Adeline : *"la Terre est grosse"*.

– Les planètes sont de taille aléatoire (3/22). L'élève ne peut proposer aucune explication.

des différences
inter-individuelles
ou conflit intra-
individuel

On constate donc des différences inter-individuelles selon que l'élève a déjà ou non des connaissances sur les planètes. Mais celles-ci ne sont pas stabilisées et peuvent même susciter un conflit intra-individuel comme le montrent les propos de Camille :

"Je voulais montrer qu'elles étaient toutes grandes, j'ai essayé de faire Jupiter un peu plus grande mais je ne savais pas quelle dimension prendre pour les grandes planètes. La Terre est plus petite mais elle est quand même grande."

On peut voir ici un conflit entre une représentation forgée par des notions acquises et une représentation qui fait obstacle. La première est une représentation objective intégrant une distinction entre les grandes planètes et les autres ; la seconde est une représentation subjective de la Terre "quand

même grande” qui renvoie à sa perception du monde. Élaborer une notion scientifique c’est bien ici renverser l’obstacle de la vie quotidienne pour construire une représentation alternative fondée sur un savoir raisonné.

Mais l’obstacle peut tenir également dans le modèle explicatif que l’élève se donne. Ainsi lorsque Antoine dit : “*les planètes c’est du plus petit au plus grand, j’ai pris un diamètre (la Terre) et j’ai réduit*” ou lorsque Léa dit : “*ça fait du plus grand au plus petit*”, ces élèves semblent mobiliser des connaissances mathématiques mais l’étude des tailles s’en trouve déterminée par avance et ferme la pensée à une autre classification. En l’état, ces représentations constituent cependant des rationalisations individuelles issues d’une hypothèse à partir d’une observation empirique : si les planètes sont dans un ordre donné à partir du Soleil, celui-ci ne peut être que croissant ou décroissant. Pour Bachelard (*op. cit.*, p. 235), si le professeur de physique multipliait les enquêtes psychologiques il serait étonné de la variété des rationalisations individuelles pour une même connaissance objective. Il y a donc pour lui une suprématie de l’image sur le calcul et une simple étude illustrative des planètes peut entraîner des confusions. Il faut donc diversifier les modes de représentation pour mieux percevoir le problème.

des rationalisations
individuelles...

Cette brève étude des représentations met en évidence la nécessité de fixer un objectif d’apprentissage permettant de dépasser ces obstacles par la construction d’une classification des planètes en deux groupes à partir d’une mise en relation de leurs caractéristiques.

2.2. Vers une classification des planètes

Il nous paraît possible de construire cette classification en appuyant la réflexion sur un travail documentaire visant à créer des fiches d’identité des planètes intégrant des données numériques et des informations sous forme de courts textes descriptifs à partir d’une collecte d’informations dans des ressources diverses.

L’élaboration d’une classification aide à comprendre la différence de nature entre les planètes, liée à leur mode de formation, à leur structure et à leur évolution (Hagène, 1993). L’auteur distingue ainsi deux classes.

- Les planètes telluriques (semblables à la Terre) sont les quatre plus proches du Soleil, relativement petites, constituées essentiellement de roches, et entourées de peu de satellites.
- Les planètes géantes (ou joviennes) sont plus éloignées du Soleil, leur noyau rocheux est enveloppé d’une épaisse couche de gaz (hydrogène et hélium). Une collection de satellites et un anneau les entourent.

...à une
classification
rationnellement
partagée

La démarche didactique vise à catégoriser les planètes en dégagant des propriétés communes et les relations entre ces

propriétés. La taille et la distance au Soleil apparaissent ici liées. Dans la nébuleuse primitive, la composition chimique des grains dépendait évidemment de la température et donc de la distance au Soleil (Brahic, 2001, p. 217). La proximité du Soleil a entraîné l'évaporation des matériaux les plus légers et favorisé l'accrétion des métaux lourds formant le noyau rocheux des petites planètes. Alors que l'éloignement n'a pas permis cette agglomération des poussières de la nébuleuse primitive, amenant un autre modèle de formation : les planètes géantes constituées d'un petit noyau autour duquel se serait ensuite rassemblé le gaz présent loin du proto-Soleil (Brahic, *op. cit.*).

Cette hypothèse, qui est la plus généralement admise actuellement, indique que derrière la distinction des planètes en deux groupes se cache plus fondamentalement le problème de la formation du système solaire, problème qui pour Brahic est au cœur de l'histoire de l'émergence de la pensée scientifique et rationnelle (p. 187). La construction d'une classification n'est donc pas l'acquisition d'un savoir anecdotique mais bien un enjeu épistémologique. Il s'agit dès lors de constituer des critères de différenciation pour analyser les documents. Et c'est à partir de ces critères que la recherche d'une solution peut se déployer, qu'une classification peut s'élaborer. La construction du problème apparaît alors comme une phase essentielle.

2.3. La construction du problème

Entre le problème qui apparaît à l'élève sous forme d'un questionnement et le problème résolu, il y a pour Fabre et Orange (1997) tout un processus fondamental qui consiste en une construction ou une reconstruction du problème précisant les contraintes ou, ici, les critères de la recherche documentaire. Mais la construction du problème ne s'opère pas d'une manière linéaire de la question à la construction et à la résolution. Construire le problème implique de déployer deux axes pour ouvrir l'espace problématique, il faut, d'une part, construire des nécessités qui déterminent des conditions d'exploitation des données et, d'autre part, dévoiler des faits en opérant une sélection parmi les données disponibles afin de mettre hors question ce qui ne dépend pas de la problématique. Cette conception théorique nous paraît constituer un cadre opératoire pour envisager la recherche documentaire comme un processus de construction/résolution de problème.

Si les données sont sur un axe assertorique, les conditions renvoient à des raisons et sont sur un axe apodictique. L'assertorique est la modalité du factuel, du "fait brut". Au contraire un raisonnement est apodictique s'il dévoile des relations nécessaires qui ne pourraient être autrement (Fabre, 1995, p. 111). En reliant les conditions et les données, le sujet peut faire des propositions de solution. C'est donc en déterminant plus précisément le problème que la solution en découle.

un processus
fondamental non
linéaire

2.4. La recherche documentaire

Le déploiement du processus de problématisation nécessite, d'une part, de sélectionner des faits et, d'autre part, de repérer parmi eux des points remarquables pour dégager des raisons et constituer dans notre exemple des critères. La classification devient alors une solution qui relie les critères et les faits sélectionnés dans un tableau d'analyse des caractéristiques du système solaire. De ce point de vue, comme nous l'avons indiqué en introduction, la recherche documentaire et la construction du problème constituent deux éléments qui s'articulent entre eux pour penser la tâche. Cette articulation est une nécessité car le risque est que l'élève soit submergé par les informations entre les ressources informatiques et textuelles. Mettre à disposition de multiples sources ne signifie pas que l'individu va pouvoir se les approprier.

l'information est un
construit du sujet

L'information n'est pas une donnée extérieure à l'individu mais le résultat d'un processus informationnel interne au sujet (Alava, 1997). Toute base de données, qu'elle soit sur support papier ou multimédia, n'est que du bruit pour le sujet qui va progressivement structurer les données en fonction de ses représentations et de sa motivation, pour lui conférer le statut d'information (*op. cit.*). Celle-ci est donc un construit propre à l'individu. La représentation du problème fournit le cadre problématique qui donne sens à la recherche et amène à sélectionner les données pertinentes pour leur conférer le statut d'informations. Mais c'est ensuite en reliant cette information à d'autres informations dans un réseau de raisons qu'elle deviendra une connaissance mobilisable et partageable. Une lecture documentaire apparaît alors, non comme une lecture intégrale, mais comme une lecture sélective en fonction d'un problème particulier.

3. DÉMARCHE DIDACTIQUE

Le travail s'inscrit pour les élèves dans le cadre d'un projet pluridisciplinaire, finalisant les tâches de lecture et de production de documents par la création d'un hypermédia sur le système solaire. Celui-ci est accompagné d'un jeu d'exploration spatiale sous la forme de questions permettant d'aller d'une planète à une autre, les réponses pouvant être trouvées dans les ressources multimédias (Froger, 1987). Il faut pour cela réaliser une base de données sous forme de fiches informatives sur les planètes et rechercher les données nécessaires. Dans les programmes de 2002 (*Bulletin Officiel n° 1, 2002*), la démarche en sciences vise à sélectionner des questions qui se prêtent à une démarche constructive d'investigation. C'est la phase de construction du problème que nous proposons aux élèves de gérer en petits groupes afin de mener "un débat réglé visant à produire des connaissances". Ce travail conduit "à mettre en relation des données, à en faire une représentation schématique et l'interpréter"

un projet :
construire un
hypermédia sur les
planètes

(*op. cit.*). Enfin des moments de synthèse sont organisés avec la médiation de l'enseignant "pour mettre en forme les résultats acquis et les communiquer (texte de statut documentaire). Après avoir été confrontés à la critique de la classe, et du maître, ces écrits prennent le statut de savoirs."

3.1. Organisation du projet

articuler les apports des autres disciplines avec le travail scientifique

Ce projet se déroule sur une période de trois semaines, la dernière semaine concernant principalement l'édition et la réalisation de l'hypermédia sur le système solaire. Chaque séquence propose des situations pour doter l'élève d'outils de résolution adaptés au travail de recherche, et des situations spécifiques aux sciences. L'unité d'apprentissage est décomposée en cinq séquences afin d'aborder progressivement des situations plus complexes mettant en jeu davantage de données. Le tableau suivant restitue la logique des situations proposées et leur articulation par rapport à la notion scientifique visée.

Tableau 1. Planification des activités du projet pluridisciplinaire

Séquence	Sciences	Objectifs	Français	Math.	TICE
1. La distinction étoile/planète	Recueil des représentations. Mise en situation de projet : créer un dossier multimédia. Élaborer des questions.	Maîtriser la recherche documentaire : sommaire, index, mots-clés, liens Internet. Lecture sélective.	Stratégies de lecture d'un texte documentaire et d'un site Internet. Éléments du paratexte.	Étude des grands Nombres. Classement de données. Comparaison.	Apprendre à mener une recherche par mots clés, à sélectionner et parcourir un site, à localiser une information.
2. Les tailles des planètes	Discussion en groupes. Débat collectif. Sélectionner une question de recherche. Comparer les tailles.	Construire une problématique de recherche à partir d'une question. Sélectionner les données, les analyser.	Analyse des caractéristiques d'un document. Les relations texte-image. Stratégies de lecture.	Lire un graphique. Réaliser un histogramme et l'interpréter. Écrire le résultat.	Utiliser un tableur : saisir un tableau de données. Réaliser un graphique à partir du tableau.
3. Les données numériques	Recherche d'informations. Les données chiffrées des planètes.	Distance. Révolution. Rotation. Température. Masse Terre = 1.	Critères d'écriture d'un texte informatif : la fiche.	Géométrie. Maquette (cercles). Lecture de tableaux.	Réalisation d'une fiche descriptive. Recherche d'images.
4. Les caractéristiques des planètes	Recherche d'informations pour écrire des textes descriptifs (surface, particularités).	L'atmosphère, la surface, les particularités. Analyser et sélectionner, synthétiser.	Critères d'écriture d'un texte descriptif. Écriture des textes.	Arts Plastiques Peinture des disques ou maquettes.	Production de documents multimédia. Insertion d'images. Liens HTML.
5. Synthèse Institutionnalisation	La classification des planètes. Tableau des caractéristiques.	Construire le problème de classement des données.	Écriture de questions. Création du jeu.	Exposition. Diamètres et distances des planètes.	Présentation de l'hypermédia à des classes.

Le travail des séquences 1 à 5 s'inscrit dans les horaires prévus sur trois semaines. Il nécessite globalement six séances pour le français (2 en lecture et 4 pour l'écriture et la réécriture des textes et des questions), six pour les mathématiques dont 3 pour lire et réaliser des histogrammes (1 en informatique avec un tableur) et six à huit pour les sciences, l'informatique étant utilisée de manière transversale.

3.2. Les stratégies didactiques

L'étude des représentations a montré une diversité des opinions fondées sur des connaissances mal maîtrisées. Pour passer à une connaissance scientifique, il faut que celle-ci soit problématisée, fondée en raison. Dès qu'il s'agit de science à l'école, il faut penser débat scientifique et argumentation (Fabre, Orange, *op. cit.*).

Pour cela, chaque situation didactique s'organise en trois étapes.

• La construction du problème

Chaque situation s'appuie sur une question initiale qui indique la position du problème mais ne permet pas de le résoudre sans engager un débat sur les critères permettant de déterminer la solution. Il s'agit donc de construire en petits groupes les critères de recherche afin de repérer des arguments pour justifier une solution.

• La recherche documentaire

Un débat collectif permet ensuite de confronter les propositions des différents groupes pour élaborer une problématique commune et fonder une raison partagée (Fabre, Orange, *op. cit.*). Ce cadre problématique oriente la recherche et permet une sélection des informations pertinentes dans les données disponibles.

• La formalisation de la solution

La mise en commun des résultats de la recherche donne lieu à un second débat en petits groupes pour formaliser une proposition. Un dernier débat collectif conduit alors à une confrontation des propositions et à l'élaboration d'une solution argumentée, soit à une connaissance partagée par la classe.

les trois étapes de
la démarche
didactique

3.3. Dispositif didactique

Le dispositif aménage des étapes pour construire la notion de classification. Pour Weil-Barais et Lemeignan (1994, p. 97), il apparaît nécessaire d'aider les élèves à construire des connaissances nouvelles en utilisant les registres de fonctionnement où ils ont déjà acquis une certaine autonomie, autrement dit proche de leur domaine d'expérience. Il faut

donc amener les élèves à élaborer des modèles intermédiaires qui possèdent certaines caractéristiques du modèle visé et prépare ainsi son élaboration. Les trois premières situations s'inscrivent dans cette approche.

• Situation 1 : les dimensions relatives de la Terre et du Soleil (séquence 1)

La comparaison porte sur deux éléments à partir d'un questionnement : le Soleil est-il une étoile ou une planète ? Les connaissances des élèves leur permettent d'investir le problème tout en différenciant les caractéristiques de la Terre et du Soleil.

• Situation 2 : les dimensions relatives des planètes (séquence 2)

La comparaison des diamètres amène à repérer que les planètes se répartissent en deux groupes : les petites planètes et les planètes géantes. La solution relance le questionnement : la taille est-elle la seule caractéristique que l'on peut rechercher ?

• Situation 3 : les caractéristiques communes des planètes (séquences 3 et 4)

La construction du problème conduit à diversifier les critères de recherche pour constituer une classification. L'élaboration d'une solution nécessite de penser le mode de représentation le plus adéquat pour penser cette classification : un tableau.

• Situation 4 : mobilisation des connaissances (séquence 5)

À la suite de ces situations de rupture qui conduisent à construire des savoirs nouveaux, le travail de réalisation de l'hypermédia constitue un temps de structuration : les savoirs construits sont mobilisés pour penser un questionnaire pour d'autres élèves. De même, la création d'une maquette des dimensions relatives des planètes et des distances entre elles donne l'occasion de mobiliser les notions travaillées.

Cette forme de modélisation a pour fonction de se représenter le système solaire dans son ensemble. Elle ne résout certes pas les problèmes des mouvements Terre/Lune ou Terre/Soleil et il faudrait ajouter à cette activité de recherche documentaire des situations de modélisation permettant non seulement de se représenter mais aussi d'expliquer et de prédire (Merle, 2000).

Dans le cadre de cet article, nous focalisons l'attention sur les trois premières situations qui visent à opérer une rupture avec une pensée commune. Cela ne signifie pas que la finalisation du projet par la création de l'hypermédia soit pour nous un artifice pour impliquer l'élève dans la tâche. Les

apprendre à
construire et à
résoudre des
problèmes

documents multimédias créés, comprenant des fiches d'identité avec des données numériques, des textes descriptifs et des photographies des planètes, constituent des écrits scientifiques. Ces écrits sont non seulement les traces de l'activité scientifique mais interviennent dans le travail d'élaboration de la science et la structuration des idées (Astolfi *et al.*, 1991).

4. L'EXPÉRIMENTATION

Cette expérimentation a été menée comme nous l'avons indiqué dans une classe de cours moyen (11 CM1 et 11 CM2) en début d'année scolaire. Nous faisons l'hypothèse que les élèves peuvent s'engager dans un processus de problématisation par un débat scientifique en petits groupes, leur permettant de mener une recherche et d'aboutir à une classification. Le rôle de l'enseignant est d'aménager le milieu didactique afin que l'élève y trouve les ressources nécessaires pour investir le problème et le résoudre, ici en mettant à disposition des ressources documentaires multiples et en organisant des situations de débat scientifique. Il assure un rôle de médiateur dans les groupes de discussion afin d'aider à orienter l'activité par des reformulations, des rappels de la tâche, des synthèses partielles permettant de faire avancer les échanges.

des ressources
documentaires
multiples

4.1. Méthodologie

Nous avons assuré ce rôle de médiateur dans les premières parties spécifiques au travail sur la problématisation dans les situations étudiées afin que le travail s'effectue selon le cadre défini, l'enseignante (1) étant observatrice et notant les remarques des élèves. Les phases de recherche dans les documents (menées avec une grande autonomie par les élèves) et les travaux dans les autres disciplines (en français et mathématiques) ont été assurés par l'enseignante à partir de fiches préparées ensemble. Elles ont été observées ponctuellement par nous. Les élèves ont été répartis en cinq groupes homogènes entre eux. Ces groupes de 4 à 5 élèves sont restés les mêmes tout au long du travail. Nous avons enregistré deux groupes (G1, CM1 et G2, CM2) dans les différentes phases et transcrit les échanges afin de recueillir des données longitudinales. De même, les phases de synthèse collective ont été enregistrées et analysées. Les interventions

(1) Je tiens à remercier l'enseignante Martine Bonheure de sa collaboration. Ses observations en situation et nos échanges m'ont permis de mieux analyser les conduites des élèves.

notées par l'enseignante ont été ajoutées à ce corpus. Nous avons sélectionné les remarques les plus significatives pour illustrer le travail mené. Les indications E1, E2. désignent des élèves différents que nous n'avons pas identifiés et G1 à G5, les groupes.

4.2. Situation 1 : la distinction étoile/planète

Cette situation vise à provoquer un premier débat à partir d'une question sur laquelle les élèves ont déjà des notions : le Soleil est-il une étoile ou une planète ? Et la Terre ? Une réflexion sur les tailles relatives de deux objets du système est introduite avant un élargissement à la comparaison de l'ensemble des planètes. Cette étude apparaît nécessaire comme l'indique la réflexion de Monia dans l'entretien préalable. Nous y retrouvons un mélange de connaissances mal maîtrisées et de centration sur le modèle de la Terre : *Jupiter c'est la plus grande. La Terre est plus grande que le Soleil, un petit peu. C'est l'avant-dernière avant Jupiter.*

De plus, les élèves découvrant une nouvelle forme de travail, le débat, cette séance permet de faire vivre les cinq phases de la démarche :

les cinq phases du travail

1. un débat en petit groupe pour construire le problème ;
2. un débat collectif pour élaborer une problématique commune de recherche ;
3. une recherche individuelle ou en binôme ;
4. un débat sur la solution par groupe avec production d'un écrit de synthèse ;
5. un débat collectif pour confronter les résultats et élaborer un savoir commun.

Le premier débat de G2 montre la difficulté pour les élèves à faire des propositions et à échanger autour d'un thème. La diversité des arguments révèle les difficultés :

- à trouver des arguments scientifiques :
E1 : *Le Soleil c'est une étoile parce que personne n'y habite.*
- à dépasser une représentation première :
E2 : *Une planète, c'est quelque chose de rond et on peut aller dessus.*
E3 : *Oui mais le soleil c'est rond comme une planète.*

une étoile, c'est hérissé de pointes

Ces derniers échanges, repérables chez plusieurs élèves, méritent qu'on s'y arrête. En quoi le fait qu'une étoile soit ronde pose-t-il problème pour les élèves ? La remarque d'un élève apporte peut-être une réponse : *le soleil c'est rond, c'est pas une étoile ; c'est une planète parce qu'une étoile, c'est hérissé de pointes !* Habitué à voir représenter les étoiles sous la forme figurative d'un rond hérissé de pointes brillantes, l'élève ne peut se détacher de cette représentation imagée pour construire la notion. C'est ici une représentation première, fondée sur une imagerie pittoresque, qui fait obstacle à la culture scientifique (Bachelard, *op. cit.*, p. 19).

une étoile : on
n'habite pas
dessus

Dans un autre groupe, les arguments prennent en compte des caractéristiques de température et de surface pour interroger les possibilités de vie en surface :

E4 : *La terre ne peut pas être une étoile parce qu'elle ne brûle pas. Le Soleil ne peut pas être une planète parce qu'on n'habite pas dessus, ça serait trop chaud. On ne peut pas monter dessus, c'est une étoile brûlante.*

La phase collective de confrontation des propositions amène à dégager à partir des contraintes empiriques (*on n'habite pas dessus, ça serait trop chaud*) des critères construits : *une étoile, c'est gros, brûlant, c'est une boule de feu. La Terre, c'est une planète, c'est rond, on peut vivre dessus.*

Les propositions conduisent à retenir ces critères : la température, la surface, l'atmosphère, la taille. La notion de diamètre est précisée, ce type de travail nécessitant d'introduire selon les besoins un lexique spécifique.

La classe est séparée en deux pour travailler, d'une part, sur des livres documentaires et, d'autre part, sur ordinateur en salle informatique avec une rotation pour que tous les élèves utilisent les différentes ressources (phase 3). Pour ce premier travail, un site a été sélectionné sur les différents postes. Les élèves travaillent par deux et il faut donc opérer ensuite une synthèse dans chaque groupe (phase 4).

Les renseignements trouvés permettent de conclure dans la seconde confrontation collective (phase 5) qu'une étoile est beaucoup plus grande qu'une planète, et brûlante. L'analyse des résumés rédigés le lendemain dans les cahiers de sciences fait cependant encore apparaître quelques textes avec des idées peu précises (4/22) ou valorisant les idées premières (6/22), les autres tentent de faire émerger des caractéristiques différentes avec une idée d'opposition (12/22).

Émilie (CM1) : *La différence entre une étoile et une planète c'est que l'étoile est plus grande. Il fait plus chaud et il n'y a pas d'atmosphère tandis qu'une planète c'est tout le contraire.*

On trouve là une recherche d'une mise en relation des raisons. En analysant quelques résumés, on peut passer d'un registre empirique initial (c'est gazeux, chaud) à un premier registre du modèle et des nécessités qu'elles font peser sur le modèle (Orange, 1999), ici, la nécessité d'une combustion interne des gaz (une planète gazeuse étant froide). Cette nécessité n'est pas construite dans ce premier débat mais cette analyse indique ce que peut devenir le débat scientifique dans la classe : il s'agit de faire construire aux élèves tout ou partie du réseau de nécessités (*op. cit.*).

construire un
réseau de
nécessités

4.3. Situation 2 : la taille des planètes

Le résultat de l'enquête sur les représentations est présenté aux élèves : une moitié de la classe pense que les planètes sont de la même taille que la Terre, l'autre que les planètes sont de tailles différentes. Comment savoir qui a raison ? À partir de

cette question qui fixe la position du problème mais ne le définit pas, les élèves se remettent en petits groupes pour le construire. Devant la difficulté de certains groupes à s'engager dans la réflexion, la question est reformulée : toutes les planètes sont-elles de la même taille ? Elle est peut-être trop inductive mais la construction du problème s'engage alors.

• La construction du problème

L'exemple du groupe 1 restitue la nature des échanges.

Nicolas : *Il faut chercher dans les documents.*

M (M : médiation de l'enseignant dans le débat) : *Mais qu'est-ce qu'il faut chercher ?*

Marie : *La carte d'identité.*

Adeline : *Il faut faire un graphique.*

M : *Oui mais pour faire ce graphique de quoi as-tu besoin ?*

Joaquim : *Il faut savoir les mesures.*

Léo : *On peut chercher sur Internet.*

La première remarque est un raccourci de la question à la solution qui montre la nécessité de construire le problème. L'élève a le désir de s'engager dans la recherche sans même savoir ce qu'il cherche ! Adeline mobilise les savoirs acquis parallèlement en mathématiques, l'outil graphique devient un moyen pour agir. La proposition de Joaquim est reprise dans la synthèse collective pour définir la problématique de recherche : quels sont les mesures des diamètres des planètes ?

• La phase de recherche

Le travail de recherche donne l'occasion de mener "une consultation raisonnée du support d'information" (DAP, 2002) par l'utilisation de mots-clefs proposés par les élèves. La recherche sur Internet amène à constater des variations de mesure.

Tableau 2. Comparaison des résultats de la recherche sur les mesures

Les diamètres	Mercur	Vénus	Terre	Mars	Jupiter	Saturne	Uranus	Neptune	Pluton
1. Livre L'univers	4878	12103	12756	6786	142984	120536	51118	49528	2284
2. La documentation	4800	12000	12800	6400	142000	120000	51300	50000	2800
3. Internet Institut M C	4879,4	12103,6	12756,2	6794	142984	120536	51118	49528	2390
5. Planetscapes.com	4879	12104	12756	6794	142984	120536	51118	49492	2320

développer un esprit critique

Interroger cette diversité de résultats, c'est développer un esprit critique et apprendre à discerner parmi les sources d'informations celles qui paraissent pertinentes par rapport à la recherche. Ici, c'est le site de l'Institut de Mécanique Céleste (www.imcce.fr) qui est retenu car l'étude montre que

son rôle est de mesurer alors que les autres données sont des reprises d'autres sources avec parfois des imprécisions.

• L'élaboration de la solution

utiliser une pluralité
de modes de
représentation

Un document regroupant ce tableau, un histogramme des diamètres réalisé sur ordinateur par les élèves et une image représentant les planètes à l'échelle est proposé aux élèves pour construire une classification selon la taille. Pour Astolfi *et al.* (1991), l'utilisation d'une pluralité de modes de représentation facilite l'élaboration scientifique par des transcodages entre représentations, d'un tableau à double entrée à un histogramme ou une représentation iconique. Cette pluralité de modes sémiotiques peut aider à la structuration des idées.

Nous étudions ici le groupe 2 (CM2) dans l'analyse de ce document.

M : *Que peut-on dire des planètes en dehors du fait qu'elles ne sont pas pareilles ?*

- 1 Jennifer : *Elles ne sont pas de la même couleur.*
- 2 Hugo : *Elles ne sont pas à la même distance du Soleil.*
- 4 Léa : *Les deux plus grandes sont Jupiter et Saturne.*
- 5 Hugo : *En voyant le graphique, on peut confirmer qu'elles sont plus grandes.*
- 6 Sarah : *Sur le graphique : on voit que Jupiter est la plus grande.*
- 7 Léa : *Vénus et Terre c'est pareil.*
- 8 Hugo : *Jupiter est plus grande que Saturne.*
- 9 Jennifer : *Il a une tache rouge.*
- 10 Hugo : *Maîtresse, on dit des bêtises.*
- 11 Sarah : *On peut marquer.*
- 12 Hugo : *C'est bien !*
- 13 Sarah : *Grâce au graphique, on peut voir qu'elles sont plus grandes.*
- 14 Léa : *On peut voir celles qui sont plus grandes, plus petites.*

Les propositions sont au départ juxtaposées (L1 à 4). L'intervention de Léa (L4) amène Sarah et Hugo à étudier l'histogramme. Puis, Hugo tente de perturber le débat du groupe (L10, L12). La remarque pertinente de Léa (L14) passe alors inaperçue. Cet exemple montre la difficulté à engager une nouvelle forme de travail didactique.

• La synthèse collective

des comparaisons
locales...

La phase de synthèse fait apparaître que les différents groupes ont dans l'ensemble l'idée d'une comparaison deux à deux des planètes comme le groupe 1 (L7, L8). La synthèse écrite du groupe 3 est représentative : *"Jupiter et Saturne sont des grandes planètes. Uranus et Neptune sont presque de la même taille. Vénus et la Terre sont de la même taille. Mercure, Mars et Pluton sont des petites planètes."*

Mais là où les autres groupes indiquent un ou deux exemples de planètes de même taille, ce groupe identifie quatre classes, ce qui fait avancer le débat collectif. Cependant les élèves ne perçoivent pas comment aller au-delà. Une image (poster) des tailles relatives des planètes est montrée mais de nouveau les élèves s'intéressent aux faits de surface. Aucun ne relève de différence globale de taille. Ce fait illustre la difficulté signalée à engager un processus de problématisation dans une classe. L'enseignant doit alors mettre en évidence une remarque d'un élève, induisant ainsi à partir d'un cas, un questionnement sur le mode de classification choisi :

Kalvin : *Je ne suis pas d'accord parce qu'on peut mettre les grandes avec les grandes et les petites avec les petites.*

M : *Lesquels mets-tu ensemble ?*

Kalvin : *Mercury, Vénus, Terre, Mars, et Pluton et Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune.*

En reprenant les documents, les élèves sont d'accord pour distinguer deux groupes de planètes. Mais sans l'intervention d'un élève, nous constatons que la mise en relation des données ne s'effectuait pas. La principale raison de cette absence d'élaboration tient à ce que les élèves procèdent spontanément à des comparaisons locales de mesure, prises deux à deux et n'examinent pas plus largement les relations entre les mesures (Weil-Barais, 1994, p. 109). Mais cette difficulté conceptuelle devient du coup la source d'une difficulté didactique car il faut alors un étayage important pour faire prendre en compte le problème par l'ensemble de la classe.

...à une mise en relation pour une comparaison globale

4.4. Situation 3 : Les caractéristiques communes des planètes

La classification obtenue amène un nouveau questionnement : les petites planètes ont-elles d'autres caractéristiques communes que la taille ? Et les planètes géantes ?

• Construction du problème

Groupe 2 en autonomie :

Sarah : *On cherche une planète par exemple Mars, on regarde ses caractéristiques et on regarde après pour chaque planète pour savoir si y en a qui sont pareilles.*

Léa : *On peut chercher.*

Hugo : *On regarde toutes les planètes.*

Léa : *On marque si elles sont différentes ou pas. On sait qu'elles sont pas pareilles.*

Sarah : *On cherche les caractéristiques de chaque planète pour voir si elles sont pareilles.*

Avec l'enseignant :

M : *Quelles caractéristiques cherchez-vous plus précisément ?*

Sarah : *La taille.*

M : *En dehors de la taille ?*

Léa : *Elles ont des choses en commun.*

M : *Oui mais quoi ?*

Hugo : *Elles sont rondes.*

Léa : *Elles ont des satellites, y a des planètes qu'en ont plus.*

En autonomie :

Sarah : *Qu'est-ce qu'on marque ? Il y en a avec des anneaux.*

Léa : *Elles n'ont pas toutes des anneaux.*

Jennifer : *Mars n'a pas d'anneau.*

Avec l'enseignant :

M : *Quelle question peut-on poser ?*

Sarah : *Quelles planètes ont un anneau ?*

Léa : *On va pouvoir séparer celles qui ont un anneau de celles qui n'en ont pas.*

apprendre à
mener un débat
scientifique

Par rapport au débat de la situation 2, le travail marque des progrès dans l'écoute, le respect et la coopération. Les élèves mobilisent les connaissances acquises en parcourant les documents. Les remarques ne sont plus juxtaposées mais se complètent. Les interactions font avancer le débat qui devient scientifique : il aboutit à une confrontation argumentée des idées. Le médiateur aide à opérer des reformulations, des synthèses, rappelle le but : formuler des questions de recherche. La synthèse des différents groupes élargit les propositions.

Tableau 3. Synthèse des propositions de critères

G 1	<i>La taille (Vénus et Terre). Une tache à la surface de Jupiter. Pas de satellites.</i>
G 2	<i>Est-ce que les planètes ont un anneau ? Le nombre de satellites. Même diamètre Vénus et Terre.</i>
G 3	<i>Les satellites. Elles ne sont pas de la même couleur, elles n'ont pas toutes des anneaux, elles n'ont pas la même masse.</i>
G 4	<i>L'atmosphère, il y a des planètes qui ont une atmosphère d'autres pas. La tache de Jupiter.</i>
G 5	<i>Quelles planètes ont des anneaux ? Les taches à la surface. Si elles sont gazeuses ou rocheuses, habitées ou non ?</i>

un cadre
structurant pour la
recherche
documentaire

Les élèves ne restent pas sur la construction du problème mais cherchent déjà des solutions grâce à leurs acquis. La réflexion collective, guidée par l'enseignant, conduit à engager deux types de recherche : l'une sur des données (température, masse, satellites), l'autre sur des descriptions (atmosphère, relief et particularités). Ces critères sont édités afin que chaque élève dispose d'une fiche de recherche comprenant une fiche d'identité pour les données numériques et des cadres pour les descriptions. Ce support papier constitue un guide pour l'exploration des documents et l'extraction des informations. Ces fiches éditées sur ordinateur dans la séquence cinq et reliées ensemble constituent l'hypermédia sur le système solaire.

• **L'élaboration de la solution**

Au terme des recherches documentaires effectuées sur deux séances, les élèves se regroupent pour faire la synthèse des informations recueillies. La question suivante est posée : *"Comment allez-vous présenter votre travail pour montrer les caractéristiques communes et les différences ?"* Les discussions dans les groupes aboutissent à des traces écrites.

Nous distinguons quatre modes de représentation.

a) Des textes descriptifs juxtaposés ou organisés pour marquer les oppositions

G2 : Vénus et Terre ont le même diamètre. L'atmosphère de Saturne et Jupiter sont pareilles.

G1 : Uranus, Neptune, Jupiter et Saturne leur surface sont gazeuses. Toutes les autres planètes sont rocheuses.

b) Des listes

G1 : Les planètes qui ont un anneau

- Jupiter
- Uranus
- Neptune
- Saturne

Mercure, Vénus, Terre, Mars, Pluton.

c) Des tableaux construits autour d'un critère

G2 :

Ceux qui ont des anneaux	Ceux qui n'ont pas d'anneaux
Jupiter Saturne...	La Terre Mercure ...

d) Un tableau à double entrée tentant d'opérer une synthèse

G3 (Anthony, David, Cathy, Monya en CM2) :

Elles ont toutes des satellites. Elles ne sont pas toutes de la même couleur. Elles n'ont pas toutes la même masse.

	Pluton	Mars	Terre
Masse			
Diamètre			

Plusieurs synthèses utilisent à la fois des textes et des listes mais une seule un tableau à double entrée. Nous constatons que les formes graphiques produites ne facilitent pas une mise en relation des critères. La liste est cependant intéressante puisqu'elle correspond sur un plan épistémologique à une des premières formes d'écriture. Elle permet par l'extension des termes de la liste d'élargir les connaissances et d'accéder ainsi à une raison graphique qui aide à structurer la pensée (Goody, 1979).

• **Synthèse collective**

La synthèse amène à mettre en tableau les textes et les listes, ce qui conduit à juxtaposer plusieurs tableaux. L'enseignante demande alors : "Comment peut-on mettre tous les renseignements ensemble ?" Mais les élèves proposent de nouvelles listes pour ajouter des critères sans parvenir à mettre en relation les données. Comme dans l'exemple précédent, c'est la difficulté conceptuelle, variable selon les élèves, à mettre en relation les informations qui devient une difficulté didactique pour construire le problème et assurer sa dévolution à l'ensemble des élèves.

de la liste au
tableau...

...des difficultés à
mettre en relation
les critères

Nous avons indiqué que pour Fabre et Orange (*op. cit.*), le processus de problématisation se déploie selon deux axes, d'une part, selon les conditions de possibilité du problème et, d'autre part, selon ses données, la construction du problème résultant des interactions entre ces deux axes. Ici, les élèves ont repéré les conditions de possibilité d'une classification en faisant émerger des critères de différenciation, mais c'est dans la mise en relation des données qu'ils ont des difficultés et dès lors le problème ne peut avancer vers sa solution tant que les critères et les données ne sont pas mis en interactions.

Il s'agit là d'une réelle difficulté didactique à mener le processus de problématisation de la construction du problème à sa résolution. Comment peut-on engager ce processus afin que le plus grand nombre s'approprie le problème ? Face à cette difficulté, l'enseignante n'a pas d'autre choix pour faire opérer une rupture par rapport à une représentation juxtaposée des données que d'imposer la solution repérée par un seul groupe : Monya (G3) "On peut mettre en colonne les noms des planètes et à côté la masse, le diamètre." L'enseignante assure un guidage plus fort en demandant aux élèves les critères recherchés dans le tableau. Cet outil constitue un élément de réponse aux difficultés des élèves car il leur permet de s'approprier les données et d'investir le problème. Il devient un instrument pour penser le problème.

Chaque groupe note les résultats de sa recherche puis une synthèse est élaborée.

une élaboration collective de la solution

Tableau 4. Matrice de comparaison des caractéristiques des planètes

	M	V	T	M	J	S	U	N	P
Surface rocheuse	+	+	+	+					+
Surface gazeuse					+	+	+	+	
Atmosphère		+	+	+					
Anneau					+	+	+	+	
Plus de 2 satellites					+	+	+	+	
N'a pas de satellites	+	+							

• **Interprétation des résultats**

Il faut alors analyser cette synthèse. Mais, malgré les situations de lecture de tableaux mises en place auparavant en mathématiques, les élèves peinent à dégager une signification.

E1 : *Ça fait petit puis grand.* (lecture ligne à ligne)

E2 : *Y en a qui sont pareilles et qui sont pas pareilles.*

E3 : *Il y a un côté, il y a beaucoup de croix, l'autre c'est tout perdu.*

Émilie : *Les planètes géantes elles ont plus de trucs.*

À partir de cette remarque, il devient possible de formaliser la classification. Qu'est-ce que les planètes géantes ont en

commun ? Mais, là encore, c'est la solution repérée par une élève qui doit devenir celle de toute la classe, infirmant notre postulat initial de faire d'une solution la réponse à un problème construit par tous.

M : *Qu'est-ce qu'elles ont en commun ?*

Émilie : *Tout à part rocheuse et l'atmosphère.*

M : *Quelles sont leurs propriétés communes ?*

Antoine : *Gazeuse.*

Sarah : *Anneau.*

Anaïs : *Beaucoup de satellites.*

le tableau : un outil
pour la pensée

Au final, les propriétés associées à chaque classe sont ainsi identifiées par les élèves. La mise en forme graphique du tableau joue ici un rôle essentiel pour dégager la solution. Par leur caractère synoptique, les représentations graphiques favorisent l'expression de relations entre éléments, ces relations ayant tendance à s'organiser en systèmes de formes globales. L'autonomisation du signifiant (plus de "trucs") par rapport au signifié est à la base même de sa fécondité (Astolfi *et al.*, 1991, p. 110). L'outil joue un rôle d'organisation de la démarche dans un processus interactif entre outils successifs et réalisation effective de la recherche documentaire. La représentation graphique, en faisant ainsi apparaître les continuités ou discontinuités, a certes un caractère structurant, mais pas pour tous les élèves en même temps.

• Évaluation

Un travail écrit effectué une semaine plus tard permet de repérer que dans l'ensemble (15/22) les élèves distinguent deux classes : en s'appuyant sur un critère (4/22), et 11/22 utilisent au moins trois critères. Par rapport à notre hypothèse initiale, seule une moitié de la classe est parvenue à accéder aux raisons de la classification comme dans ce texte où l'élève met en relation les données.

Léo (CM1) : *C'est les planètes géantes qui ont le plus de satellites. Les planètes géantes ont des anneaux. Ça nous a permis de savoir que les planètes géantes sont gazeuses et les petites sont rocheuses.*

Nous interprétons ce bilan en partie contraire à notre attente comme résultant des effets conjugués de trois variables dans l'élaboration d'une culture de l'élève :

des variables
constitutives d'une
culture de l'élève

- une culture scientifique en construction : les élèves n'étaient pas habitués à partir d'un questionnement et à s'engager dans une démarche d'investigation ;
- une culture didactique non installée dans la classe (exemple de G2) ; dans ce travail, mené en début d'année, les élèves n'étaient pas familiarisés avec "la nouvelle 'coutume didactique'" (Astolfi, Peterfalvi, 1997) ;
- une culture instrumentale à développer ; il faut amener les élèves à utiliser différents outils de représentation graphique comme moyens de leur action, les schèmes associés les transformant en instruments pour la pensée.

5. CONCLUSION

Dans cette expérimentation, les résultats montrent les difficultés conceptuelles, didactiques et méthodologiques à engager les élèves dans un processus de problématisation. Et pourtant, ils se posent des problèmes !

Dans la dernière confrontation collective, en observant le tableau, Calvin demande : "À quoi y sert Pluton parce qu'il est avec les grosses planètes mais...". L'élève fait là une remarque pertinente qui rejoint les interrogations actuelles sur la formation de Pluton. Analysant les faits, il note un écart entre la position de Pluton qui figure parmi les planètes géantes, pour lesquelles il a identifié de manière empirique des caractéristiques de taille et de surface, et les caractéristiques de Pluton. Il perçoit intuitivement que la planète ne correspond pas au modèle de formation des planètes joviennes. L'enjeu est de faire expliciter ce registre du modèle, de dégager des nécessités de taille pour la composition gazeuse, de distance au Soleil pour la structure du noyau et donc de construire les raisons qui peuvent expliquer la formation des planètes.

En introduisant un texte scientifique sur la formation du système solaire, il est peut-être possible d'accéder à ces raisons, sinon à ce niveau de scolarité, au moins ultérieurement ou en formation d'enseignant comme exemple de construction de modèle. C'est une hypothèse à vérifier. Mais si les élèves se posent des problèmes, ils pensent également à des solutions. Ainsi, dans son groupe (G1) Léo avance cette explication en réaction à l'affirmation de Joaquim.

Joaquim : Toutes les planètes géantes ont plusieurs satellites.

Léo : Peut-être que comme c'est des grandes planètes gazeuses, peut-être que ce sont des gaz qui se sont échappés pour faire des petites planètes.

Partant des données sélectionnées, il problématise la proposition de Joaquim au sens où il dégage d'une part des raisons pour l'expliquer et d'autre part des faits. Ce déploiement des deux axes caractérise un processus de problématisation qui pourrait mener, en l'approfondissant, à dégager un modèle de formation. Cet élève, par ses nombreuses lectures, est déjà dans une culture scientifique. Son résumé (ci-dessus) apparaît alors bien comme une solution à un problème qu'il s'est approprié. Et finalement, la difficulté des élèves à classer les planètes en deux groupes et à dégager les critères de ces classes tient peut-être au fait qu'ils ne savent pas quel problème ils doivent résoudre (2). Le problème de l'identification des

(2) Les remarques de cette conclusion doivent beaucoup à mes échanges avec Christian Orange que je remercie de m'avoir aidé à avancer dans cette réflexion.

caractéristiques communes peut en effet apparaître trop complexe à cet âge car c'est un problème ouvert qui admet plusieurs solutions de classification selon la détermination du problème et confronte les élèves à des données multiples à mettre en relation. Nous avons montré que cela génère une difficulté didactique pour des raisons conceptuelles mais aussi culturelles, tous les élèves d'une classe n'ayant pas au même moment une culture commune, scientifique, didactique et instrumentale leur permettant de s'engager de la même manière dans le processus de problématisation. Il faut donc adapter le questionnement, soit l'entrée dans le processus, afin d'y associer le plus grand nombre.

repérer un
problème
adapté...

L'expérimentation aide de ce point de vue à repérer un problème mieux adapté. Dans la situation 1, pour distinguer une étoile d'une planète les élèves se sont demandés si on pouvait vivre dessus. Par rapport à leurs préoccupations, aux problèmes qu'ils se posent, ne faudrait-il pas mieux déterminer la position du problème ainsi : quelles sont les planètes qui pourraient être explorées par l'homme dans l'avenir ? Ce questionnement plus précis faciliterait peut-être la dévolution du problème. Il amènerait davantage d'élèves à le construire par eux-mêmes et à mettre en lien les informations recueillies. Il entraîne certes un guidage plus fort de l'activité mais assure sa réussite. Nous pourrions obtenir une classification très proche, fondée sur des raisons construites, en partie communes avec celles identifiées, mais aussi différentes, par exemple la température deviendrait une raison déterminante pour s'installer ou non sur une planète. La question de la classification en planètes gazeuses et rocheuses prendrait alors sens par rapport à un problème "pratique" (est-il possible d'habiter dessus ?) et la solution construite aurait une signification par rapport au problème, par rapport aux conditions de possibilité d'une exploration.

...pour donner sens
à la solution

La difficulté didactique est donc d'identifier derrière la notion scientifique visée un problème accessible aux élèves et dont la construction donne un sens à la solution. Cette expérimentation constitue une étape dans la recherche des modalités didactiques d'un travail sur la problématisation. C'est en alternant expérimentation et analyse des productions des élèves que l'on peut avancer dans l'identification de ces problèmes qui donnent à leur solution une signification épistémologique.

Norbert FROGER
CREN, Université de Nantes

BIBLIOGRAPHIE

- ALAVA, S. (1997). Apprendre avec le multimédia. *Clés à venir n° 14*, Des souris et des docs... CRDP de Lorraine.
- ASTOLFI, J.-P., PETERFALVI, B. & VÉRIN, A. (1991). *Compétences méthodologiques en sciences expérimentales*. Paris : INRP.
- ASTOLFI, J.-P., ARVIEU, Y., CANTOR, M., AUGIER, A. & SCHNEEBERGER P. (1996). *Sciences et technologie CM1/CM2. Guide pédagogique*. Paris : Nathan, collection *Gulliver*.
- ASTOLFI, J.-P. & PETERFALVI, B. (1997). Stratégies de travail des obstacles : dispositifs et ressorts. *Aster*, 25, 193-215.
- BACHELARD, G. (1938, 1993). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- BRAHIC, A. (2001). *Planètes et satellites*. Paris : Vuibert.
- Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale n° 1* (2002), Programmes pour l'école primaire. Paris : Ministère de l'Éducation Nationale.
- Document d'Application des Programmes* (2002), Sciences et technologie. Paris : CNDP.
- FABRE, M. (1995). *Bachelard éducateur*. Paris : Presses Universitaires de France.
- FABRE, M. & ORANGE, C. (1997). Construction des problèmes et franchissement d'obstacles. *Aster*, 24, 39-57.
- FROGER, N. (1987). *Le soleil et ses planètes*, logiciel pour nanoréseau et TO. Paris : Cédic-Nathan.
- GOODY, J. (1979). *La raison graphique*. Paris : Les Éditions de Minuit.
- GUICHARD, J. & ZANA, B. (1999). *Sciences et technologie cycle 3*. Paris : Hachette, collection *Les savoirs de l'école*.
- HAGÈNE, B. (1993). *Découvrir les planètes*. Paris : La Cité des Sciences, collection *Explora*.
- MERLE, H. (2000). Comment aider à modéliser le "le ciel et la Terre". *Aster*, 31, 37-70.
- ORANGE, C. (1999). Les fonctions didactiques du débat scientifique dans la classe : faire évoluer les représentations ou construire des raisons ? In *Actes des premières journées scientifiques de l'ARDIST* (pp. 88-92).
- ORANGE, C. (2002). Apprentissages scientifiques et problématisation. *Les sciences de l'éducation pour l'ère nouvelle*, 1, 25-42.
- WEIL-BARAIS, A. (1994). Les apprentissages en sciences physiques. In G., Vergnaud (Éd.). *Apprentissages et didactiques, où en est-on ?* (pp. 98-126). Paris : Hachette.
- WEIL-BARAIS, A. & LEMEIGNAN, G. (1994). Approche développementale de l'enseignement et de l'apprentissage de la modélisation. In J.-L., Martinand (Éd.). *Nouveaux regards sur l'apprentissage et l'enseignement de la modélisation en sciences* (pp. 85-113). Paris : INRP/LIREST.