

Partie 1 : Qu'est-ce que « faire construire » des savoirs ? L'élaboration du scénario.

Les fondements de l'action pédagogique que nous voulons conduire sont exposés dans cette première partie. Nous présenterons, de manière simplifiée, les apports de la *théorie des champs conceptuels* élaborée par Gérard Vergnaud¹ à la fin des années 80. Les parents d'élèves qui liront ce chapitre ne doivent pas se sentir désemparés...c'est de leurs enfants, et plus précisément de la façon dont ils construisent leurs connaissances, dont il sera question.

A. Comment faire construire des concepts scientifiques par les élèves ?

Les notions scientifiques enseignées à l'école font référence à des **concepts**. La masse, le volume, la compressibilité de l'air, la germination des végétaux, la croissance des os, ...sont des concepts scientifiques. La construction d'un concept se fait en trois temps : les **situations** dans lesquelles les élèves rencontreront le concept, les **invariants** qui mettent en œuvre des opérations de pensée, et les **symboles** associés au concept et qui le représentent.

Nous allons développer chacune des trois étapes qui régissent la construction d'un concept.

Les **situations** scolaires conduisant au concept peuvent être variées et demeurent au choix de l'enseignant qui lance l'activité (quitte à partir de problèmes ou questions d'élèves) : une recherche documentaire, une manipulation, une observation, une activité de tri, de classement ou de rangement. Ce sont elles qui donneront du sens au concept à condition de poser un problème à l'élève. Car, à l'identique du travail du chercheur, si la situation ne fait pas problème, ou si l'élève n'identifie pas un problème, il n'y aura pas d'élaboration de savoir, ni construction de concept (le problème doit donc faire sens pour l'élève et être adapté à ses capacités intellectuelles).

Prenons un exemple de situation qui ne pose pas de réel problème à l'élève : un enseignant a apporté une plante verte en classe. Il demande à ses élèves de **bien observer** la plante puis de la dessiner. Chaque élève va comprendre l'expression « **bien observer** » à sa façon : certains vont s'appliquer à dessiner les feuilles avec une multitude de détails (les nervures, la couleur des feuilles, les lobes des feuilles, etc.) d'autres se focaliseront sur la tige (présence de bourgeons, grosseur variable,...), etc. Au final, aucune conclusion ne pourra être tirée puisque chacun aura observé ce qui lui semble pertinent (et qui varie assez fortement d'un élève à l'autre). Si l'enseignant avait préalablement posé un problème (par exemple : « on ne voit pas de dent sur la plante verte, mais alors comment peut-elle faire pour se nourrir ?), cela aurait orienté l'observation des élèves. Ils se seraient mis en quête de réponses à un problème précis.

Il est important de préciser que des situations « extra scolaires » (à la maison, lors d'une visite, d'une promenade, d'une activité sportive,...) peuvent également constituer des supports de mise

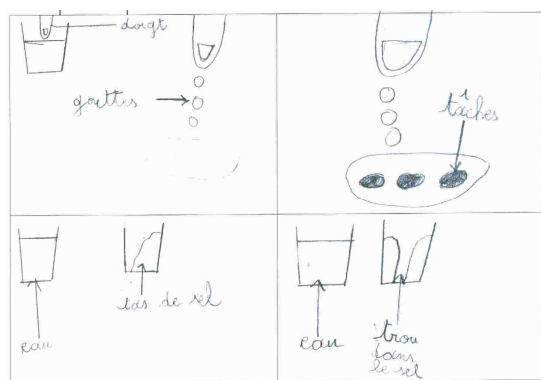
¹ Vergnaud, G., (1991) La théorie des champs conceptuels, *Recherches en Didactique des mathématiques*, 10/2.3, Grenoble, La Pensée Sauvage Editeurs pp. 133-169

en évidence ou de construction d'un concept auquel elles contribueront bien évidemment elles aussi à donner du sens.

Les **invariants** sont les comportements identiques, les attributs similaires ou les propriétés communes que partagent les éléments appartenant à une même classe. Pour donner un exemple étudions le concept de *liquide*. L'huile, le lait, le vinaigre, l'eau, l'alcool sont des éléments constitutifs de la classe des liquides. Tous les liquides font des gouttes, tous les liquides font des taches s'ils sont déposés sur un papier buvard ; la surface des liquides redevient toujours plane après que l'on a plongé un doigt dedans puis qu'on l'a retiré, d'où, on ne peut pas faire un tas avec un liquide, etc. Cette liste de propriétés communes est la liste des **invariants** qui caractérisent le concept de liquide. On retrouve ici la démarche de recherche d'une propriété commune aux termes d'un ensemble, comme en mathématique.

Les invariants peuvent être affinés avec l'âge des élèves. Ainsi, au collège, les élèves apprennent que c'est la distance entre les molécules et la force des liaisons qui existent entre les molécules qui caractérisent les différents états de la matière. Dans un solide, la distance entre les molécules est généralement plus courte et la force des liaisons plus grande que dans un liquide. Dans un gaz, la distance entre les molécules est plus grande que dans un liquide (la force des liaisons entre les molécules est, quant à elle, plus faible dans un gaz que dans un liquide).

Ces invariants peuvent être **spécifiés** par les élèves dans des tableaux logiques de classement, ou par des comparaisons de résultats expérimentaux comme suit :



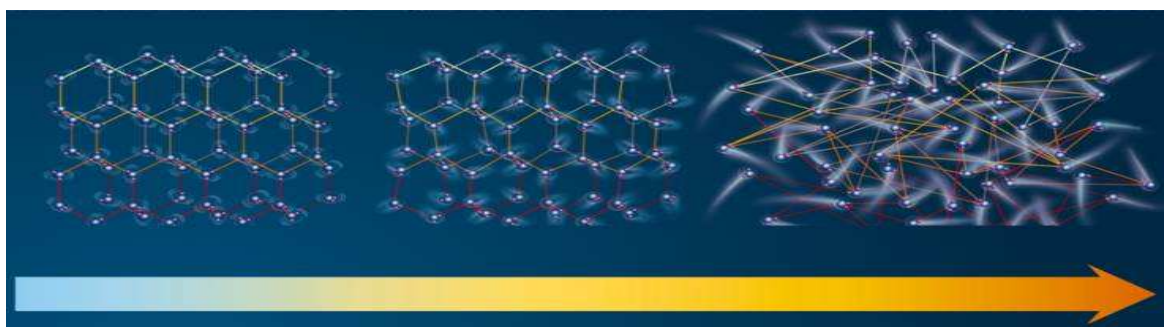
Production d'élève de CE1.

Le mot *liquide* qui sera choisi pour désigner l'ensemble des éléments qui possèdent les invariants précédents. Ce mot fait office de **symbole**. Du point de vue linguistique il constitue un « signifiant ». Il est comparable à une sorte d'étiquette que l'on accole sur un carton rempli d'objets lorsqu'on procède à un déménagement. L'étiquette désigne ainsi les éléments placés à l'intérieur du carton mais elle ne détaille pas la liste des propriétés de chaque objet. L'étiquette désigne une première abstraction : les assiettes, les verres et les plats seront regroupés, par exemple, sous l'étiquette de « vaisselle ». Cette indication abstraite signifie qu'il faudra manipuler le carton précautionneusement car la vaisselle est généralement fragile.

Ainsi, au final, si le concept est désigné par un mot, l'on comprend bien que réduire l'étude d'un concept à la seule mémorisation de ce mot par sa définition ne peut remplacer la démarche de construction de ce concept — simplement représenté par ce mot. Cette approche « encyclopédique » (apprendre des définitions par cœur) laisse de côté la recherche exploratoire des invariants alors que c'est cette dernière qui est au cœur de la démarche de construction des savoirs. Le mot *liquide* constitue une abstraction qui permettra aux élèves de commencer à maîtriser mentalement (conceptuellement) le monde qui les entoure.

Pour poursuivre notre métaphore du déménagement, on sait bien qu'on ne peut pas verser des liquides dans un carton pour les déplacer. Ils imbiberont le carton et finiront par passer à travers ! Le concept de liquide, lorsqu'il est construit, donne donc des renseignements précis sur le monde environnant : un liquide doit être transporté dans un récipient imperméable.

Au collège, les **concepts** peuvent être **représentés graphiquement** — donc par d'autres symboles que le mot — comme suit :



On constate que le niveau de formulation d'un concept (celui de *liquide* dans notre cas) peut se complexifier. Il convient d'adapter le niveau de formulation aux capacités intellectuelles des élèves. Il ne serait pas pertinent de se focaliser sur l'invariant « distance entre les molécules » à l'école primaire puisque le concept même de molécule n'est abordé qu'au collège.

On peut caractériser deux façons de définir les concepts :

- Une première définition se fait en **extension**, c'est-à-dire en donnant des éléments appartenant à la famille du concept visé. Dans le cas du concept de liquide, cette définition en extension consiste donc à *lister des éléments* appartenant à la famille des liquides : eau, sirop de fruit, vinaigre, huile, lait,...
- Une deuxième définition se fait en **compréhension**, c'est-à-dire qu'elle consiste à identifier (par des manipulations concrètes) et à formuler les comportements identiques, les attributs similaires ou les *propriétés communes* (**les invariants**) de tous les membres de la famille. Ainsi, à l'école primaire on admettra qu'un matériau est liquide s'il fait des taches, des gouttes, si quand on souffle dedans on voit des bulles, etc. Une seule des propriétés n'étant pas suffisante (les poudres coulent..... mais ne font pas de taches ni de bulles).

C'est la mise en regard de ces deux types de définition qui permet de garantir que l'élève a bien construit un savoir.

Élaborer un concept vise donc à produire une ABSTRACTION à partir des objets, êtres, attributs, propriétés qui ont permis de le caractériser. Ce niveau d'abstraction, de formulation doit être adapté aux élèves et doit survenir après que les situations vécues ont effectivement permis de l'atteindre. Il est important de faire participer les élèves à la formulation de ce qu'ils ont « compris » (du concept visé).

Une première étape consiste donc à **caractériser un concept** (celui de liquide, celui de molécule celui de liaison entre molécules, etc.). Les différents contextes qui permettent de le construire renvoient donc à plusieurs significations conjointes (différentes propriétés) qui fondent un **réseau conceptuel**.

Plus tard, au cycle 3, lorsque plusieurs concepts ont été construits, il devient alors possible d'**établir des relations** entre eux sous forme de phrases logiques (plus on place l'objet loin de l'axe, plus il peut être léger pour un même effet.) Ces relations constituent des **relations logiques** qui, lorsqu'elles seront *formalisées* au lycée, constitueront des **lois de la nature** (les lois de l'équilibre, lois de l'hydrostatique, les lois de la chute des corps, etc...).

B. Le réseau conceptuel, une clé pour comprendre le monde qui nous entoure :

C'est un réseau conceptuel qui permet, par exemple, de travailler un concept issu du domaine de la physique dans un autre domaine de connaissances (biologie, technologie, géographie).

Partant de la notion de **température**, lors de l'étude d'un changement d'état de l'eau en cycle 2, les élèves sont conduits à savoir utiliser des thermomètres. Ils découvriront que la température de fusion de la glace est constante et qu'elle correspond à la valeur 0 degré sur nos thermomètres usuels².

Ce même concept de température va permettre, lors de l'étude du corps humain, de fixer un seuil au-delà duquel on considère qu'un individu a de la **fièvre** (biologie). Plus tard, les élèves pourront essayer de comprendre le mécanisme de défense que constitue la **fièvre** pour notre organisme (en augmentant la température de notre corps nous « détruisons » les éléments –virus ou bactéries– pathogènes).

Lorsque nous avons de la fièvre et que nous commençons à **transpirer**, il s'agit là aussi d'un mécanisme de régulation de notre organisme : l'eau qui se trouve à la surface de notre peau va faire baisser la température de notre corps en **s'évaporant**. En effet, le passage de l'eau liquide à l'eau sous forme de vapeur est une transformation physique qui consomme de l'énergie. Cette énergie est prise à notre peau et nous avons une sensation de froid. « Prendre de l'énergie »

² En fait, cette valeur lue n'est qu'approchée car deux thermomètres sont légèrement différents, leur zéro est parfois décalé, et les lectures empruntées d'approximations voire parfois de maladresses. L'enseignant notera que la valeur est « proche de zéro ».

équivalent à faire baisser la température. Nous éprouvons cette même sensation de fraîcheur lorsque nous sortons de la douche et que l'eau qui se trouve à la surface de notre peau s'évapore. L'eau « pompe » de l'énergie à notre peau pour s'évaporer.

C'est également ce qui se passe dans un **réfrigérateur** : de l'énergie est prise aux aliments pour permettre à un fluide (qui circule à l'arrière du réfrigérateur) de changer d'état. En prenant de l'énergie aux aliments, on abaisse leur température et on peut les **conserver** dans de meilleures conditions.

Cette même notion de température va permettre de fixer un seuil au-delà duquel de l'eau devient **brûlante** pour notre peau et présente donc un **danger** (biologie, éducation à la sécurité). Ainsi la présence d'un thermomètre dans une baignoire d'enfant permet d'en contrôler la température et d'éviter les brûlures.

L'étude de la variation de la température, dans une zone géographique donnée, permettra également, même si ce n'est pas le seul facteur en jeu, d'aborder **la distribution des espèces animales et végétales** dans cette zone.

On voit donc que partant du concept de **température**, on arrive à celui de **fièvre**, de **brûlure**, de **réfrigération**, de **conservation des aliments**, de **transpiration**, d'**échanges d'énergie**, de **répartition de la faune et de la flore**.

C'est la rencontre d'un même concept, ici la température, dans des situations variées, qui permettra à l'élève de mieux en percevoir le champ d'application : celui-ci définit le réseau conceptuel comme la somme de toutes les significations — et par là, du domaine de validité — de ce concept. Ainsi la définition de la température ne sera plus la même au collège (et à plus forte raison au lycée) où la notion **d'agitation moléculaire** sera introduite. Ceci permettra de comprendre que la température de certaines zones de l'Espace est extrêmement faible du fait de la quasi absence de matière dans ces zones. S'il y a peu de molécules (peu de matière), l'agitation moléculaire est faible (les chocs des molécules les unes avec les autres sont plus rares) et, par conséquent, la température peu élevée. S'il n'y a pas de matière, donc pas d'agitation moléculaire, dans une zone de l'espace, la notion de température perd même toute sa pertinence !

Il est donc essentiel de repérer les **différents niveaux de formulations d'un concept** en fonction du contexte de son élaboration... donc du niveau intellectuel — et donc scolaire — des élèves.

La construction d'un concept est donc un processus qui ne s'arrête pas à l'issue de l'école primaire mais se poursuit tout au long de la vie !

C. Exemples d'activités illustrant une démarche de construction des savoirs

Pour présenter quelques exemples d'une démarche de construction des savoirs, nous utiliserons un tableau à trois colonnes dans lequel figureront les paramètres (situations, invariants, symboles) que nous avons présentés dans la partie précédente.

Situations	Invariants	Symboles - Mots
-Une <u>situation-problème</u> : Consigne, questions, paradoxe, etc... -Matériel nécessaire	Activité mentale : recherche des comportements identiques, attributs similaires ou propriétés communes que partagent les éléments appartenant à une même classe.	Code : Mot (vocabulaire), Dessins, logos,...

1. Distinguer liquides et solides : les états de la matière en maternelle.

Situations	Invariants	Symboles - Mots
<p>-Une situation-problème pour les élèves : Comment trier des matériaux ?</p> <p>-Consigne : Faire deux familles en mettant ensemble les matériaux qui ont des comportements identiques. Les éléments d'une même famille seront regroupés dans une boîte commune.</p> <p>-Matériel nécessaire pour 1 élève: Eau, lait, peinture blanche diluée, sirop d'orgeat, cuillère en plastique blanc, cube en plastique blanc, cailloux blancs, bois blanc. 2 boîtes (qui accueilleront les éléments des deux familles constituées par les élèves).</p> <p><i>Tous les matériaux seront présentés dans des gobelets transparents en plastique.</i></p>	<p>Ce qui fait pareil :</p> <ul style="list-style-type: none"> - ça mouille, - ça fait des taches, - ça fait des gouttes, - on peut faire des bulles dedans à l'aide d'une paille, - on ne peut pas faire de tas, - ça éclabousse, - ça ne fait pas de tas (la surface est plane/plate/horizontale). 	<p>Liquide</p>

Déroulement de l'activité :

Ce travail peut être conduit dans un atelier de 6 élèves avec des élèves de Moyenne Section (plutôt en fin d'année scolaire) ou de Grande Section / CP. Chaque élève disposera d'un échantillon de chacun des matériaux.

- Phase 1 : Élaborer un premier tri.

Les élèves remarquent généralement que la majorité des objets présents sont de couleur blanche. L'enseignant indique donc qu'un tri en fonction de la couleur n'est pas le résultat souhaité. Les élèves peuvent toucher et manipuler les différents matériaux puis, à l'issue de ces premières investigations, ils doivent constituer deux familles.

Lorsque chaque élève a constitué les deux familles, l'enseignant demande à chacun d'expliquer, à l'oral, les raisons de son choix. Il est fréquent que les élèves fassent la famille des « qui se boit » et la famille « des autres » ou bien la famille « des durs » et la famille « des mous ». Pour éviter le critère « qui se boit », nous avons volontairement choisi un échantillon de peinture blanche diluée (mais pour certains élèves de maternelle... la peinture peut tout à fait se boire !). Pour éviter le critère « des durs », nous avons choisi des cuillères en plastique (que les élèves peuvent facilement tordre) ainsi que des morceaux de bois blanc.

Les échanges oraux ont pour but de faire verbaliser les élèves qui devront ainsi trouver les mots adéquats pour justifier leur tri. Cette verbalisation permettra assez rapidement de faire émerger l'invariant « ça mouille ». L'enseignant pourra alors demander à l'élève comment il s'y est pris pour savoir que tel élément « mouillait ». L'élève a bien souvent plongé un doigt à l'intérieur du récipient contenant un liquide puis il a vu une goutte d'eau au bout de son doigt et il a éprouvé la sensation d'être mouillé. L'élève peut aussi avoir incliné le gobelet et renverser quelques gouttes de liquide sur la table, etc.

C'est tout ce vécu qu'il faut faire oraliser à l'élève. L'enseignant notera au tableau les phrases prononcées par les élèves (c'est ce que l'on nomme *une dictée à l'adulte*) : ça mouille, ça fait des gouttes, etc.

Le maître organisera un tour de parole et pointerà les divergences qui existent entre les familles composées par chacun des élèves du groupe.

- Phase 2 : effectuer de nouveaux tris à partir des premiers critères formulés par les élèves. Nommer les familles.

Pour trancher, il précisera qu'il faut expérimenter : tous les éléments d'une même famille doivent se comporter de la même façon ! Partant des phrases notées au tableau, l'enseignant proposera, par exemple, de composer la famille de « ceux qui font des gouttes ».

Les élèves devront manipuler les divers matériaux et reconstitueront les familles.

La démarche sera identique avec le critère « qui mouille » puis avec le critère « qui éclabousse », etc. L'idée est de voir que pour chacun de ces critères, les élèves obtiennent toujours les mêmes familles (dont les membres partagent des comportements identiques).

Tous les membres de la famille (eau, lait, peinture blanche diluée, sirop d'orgeat) respectent bien l'ensemble des invariants.

La famille ainsi constituée, les élèves devront lui trouver un nom. L'enseignant devra aboutir au nom générique de « liquide ». L'autre famille pourra être nommée « les non-liquides » dans un premier temps puis la classe devra aboutir à la conclusion que les éléments qui n'appartiennent pas à la famille des liquides sont appelés des solides. Les élèves seront alors capables d'identifier deux états de la matière (le troisième étant l'état gazeux).

- Phase 3 : Représenter (symboliser, dessiner) les invariants.

Les élèves de maternelle n'étant pas tous capables d'écrire, ou de recopier ce qu'écrit l'enseignant au tableau, il est néanmoins possible de leur demander de dessiner que « l'eau fait des gouttes », que « l'eau éclabousse », que « la peinture fait des taches », etc. Les enfants proposent un / des codages.

- Phase 4 : Mettre les invariants à l'épreuve en triant de nouveaux matériaux.

L'enseignant mettra de nouveaux matériaux à disposition des élèves et leur demandera de constituer deux familles : les liquides d'un côté et les solides de l'autre.

Liste : huile, vinaigre, eau, peinture orange diluée, sucre, sel, pièces de monnaie, cubes en plastique, une gomme.

Le sucre et le sel qui sont des solides fractionnés posent des problèmes (y compris à certains adultes). En effet, on pourrait penser qu'ils *s'écoulent* comme le font les liquides, qu'ils adoptent la forme du récipient qui les contient (comme les liquides) et que leur surface est horizontale (comme celle des liquides).

En adoptant les invariants listés plus haut, les élèves seront amenés à observer qu'ils peuvent faire un tas (une pyramide) avec le sucre ou le sel alors que cela leur est impossible avec l'huile, le vinaigre, l'eau et la peinture. Ce non respect d'un des critères exclut définitivement le sucre et le sel de la famille des liquides.