

EBULLITION - EVAPORATION

Appropriation par les élèves de cycle 3 d'un modèle permettant d'expliquer la conservation de la matière lors d'un changement d'état

Gaëlle ABATHIER, Mallorie CORBIER, professeurs des Ecoles
Daniel LACROIX, professeur de sciences physiques, IUFM de Grenoble

Le travail analysé a été mené dans une classe de CM I / CM2 à l'école de Chônas l'Amballan dans le département de l'Isère en Janvier 1998. Nous avons travaillé avec 17 élèves.

Présentation du problème

Enseigner les sciences : est-ce aider les élèves à mémoriser des faits expérimentaux, des modèles ? Est-ce aider les élèves à construire leurs explications ou des explications les plus proches possibles de celles admises par l'adulte expert ? Est-ce aider les élèves à identifier les règles qui président à leur élaboration ? Faire des sciences c'est toujours faire dialoguer des faits, des concepts, et des modèles pour construire une explication. Encore faut-il construire des situations qui favorisent ce dialogue.

Diverses contraintes président au choix de telles situations. Elles doivent pouvoir être expliquées par un public donné, c'est à dire que les faits expérimentaux observables doivent pouvoir être reliés par des relations, perçues comme logiques par ce public.

Des travaux antérieurs, en psychologie puis en didactique, ont permis d'identifier ces relations avec lesquelles l'enseignant peut jouer pour orienter la construction d'une explication dans la direction choisie. Quelques-unes d'entre elles ont déjà été présentées dans un article intitulé «*Expliquer les différentes phases de la lune* »¹, déjà paru dans cette même revue. Nous invitons donc le lecteur à s'y référer.

Le choix de la situation étudiée conditionne l'explication proposée dans la mesure où elle permet de visualiser certains faits expérimentaux caractérisant le phénomène étudié. Par exemple l'apparition successive de deux faits permet de les identifier et suggère le lien temporel, à établir entre eux.

¹ Grand N N° 62

Lorsque ces relations temporelles jouent un rôle important dans la construction de cette explication, alors celle-ci se présente sous la forme d'une histoire. Mais cette explication peut être construite autour d'un modèle inspiré éventuellement de celui qui est utilisé par l'adulte expert. Ce modèle ne sera pas adopté par les élèves, s'il ne permet pas d'établir facilement des liens entre des faits observables. Dans cet article, pour interpréter le phénomène d'évaporation, on s'intéressera à un « modèle atomique », qui suppose que la matière est composée de briques insécables, des atomes. Ce « modèle », utilisé depuis des millénaires par les scientifiques, parfois spontané chez les enfants, est performant, robuste, cohérent et d'un emploi aisé. Sa souplesse suffisante lui permet d'être amélioré par confrontation avec la réalité. Sans son aide, il est difficile d'interpréter les faits observés.

Initialement, nous souhaitons que les élèves, eux-mêmes, construisent et utilisent un « modèle » de ce type pour interpréter les situations physiques observées au cours de l'expérimentation. Mais, devant les difficultés rencontrées habituellement par les élèves pour considérer les corps comme constitués d'un ensemble de micro-éléments nous avons décidé de faire naître un besoin d'explication, puis d'introduire **un germe** de « modèle atomique ». Nous présenterons son utilisation en situation de classe, son appropriation par les enfants et les facteurs qui guident cette appropriation, après avoir décrit la situation étudiée avec les élèves et son adaptation à nos finalités pédagogiques.

Présentation de la situation de départ

Dans les deux paragraphes suivants, nous présentons comment la situation a été modifiée pour orienter la mise en relation des faits observables à l'aide de ce modèle.

Nous avons sélectionné une situation souvent citée dans les manuels scolaires : sous l'effet du chauffage, l'eau placée dans un récipient ouvert, est portée à ébullition. Elle s'évapore. Le niveau dans le récipient décroît et, dans le même temps, des gouttelettes d'eau apparaissent sur la soucoupe froide située au-dessus du premier récipient.

Dans la description précédente, les faits observables sont ordonnés chronologiquement suivant l'ordre de leur apparition :

- présence de l'eau dans une casserole située en contact avec une source de chaleur ;
- chauffage de celle-ci ;
- ébullition ;
- diminution du niveau de l'eau et disparition d'une partie de l'eau dans le récipient inférieur, et apparition simultanée de gouttelettes d'eau sur la partie inférieure de la soucoupe froide.

Dans les expériences proposées, pour relier les événements observables qui se produisent en deux lieux différents, l'adulte expert complète cette présentation des faits, cette description- histoire, considérée comme une première explication, en supposant que l'eau échappée de la casserole, sous forme de molécules invisibles, se **condense** sur la paroi froide. Est-ce aussi évident pour les élèves ? Probablement pas.

Situation modifiée pour faciliter la construction d'une explication par les élèves

Ainsi se pose le problème de modifier cette situation pour aider les élèves à construire une explication de ce changement d'état, proche de celle de l'adulte, insistant sur la permanence d'un objet qui, temporairement caché, semble réapparaître ?

Pour mener cette analyse, partons d'un exemple. Quand un train entre dans un tunnel, il disparaît de la vue de l'observateur pendant quelques instants et réapparaît, quelques instants plus tard, à la sortie de celui-ci. Pour expliquer ces événements, d'une part l'entrée dans le tunnel et la disparition du train et d'autre part la sortie du tunnel et la réapparition du train, événements qui ne se produisent pas au même endroit, on suppose que :

- le tunnel n'est pas bouché, il assure une liaison entre son entrée et sa sortie.
- un seul corps, permanent et mobile, rentre dans le tunnel, le franchit dans sa totalité et en sort.

Selon Piaget², très tôt, les enfants effectuent implicitement ce type de raisonnement avec un objet matériel.

On suppose donc que les enfants pourront relier de la même manière l'enchaînement des faits suivants : disparition de l'eau lors de l'évaporation, transport vers le lieu de condensation et réapparition en ce lieu à condition de mettre en évidence que :

- les transformations se produisent bien en deux **lieux** différents ;
- il existe un espace qui sépare et unit ces deux lieux ;
- il existe une matière mobile apte à se déplacer entre ces deux lieux ;
- cette matière se conserve, elle ne peut s'échapper, et elle peut être visualisée tout au long de son trajet.

La manipulation à réaliser, doit satisfaire ce cahier des charges.

Pour rendre perceptible la différence entre les deux lieux, on utilisera deux ballons de nature différente. L'évaporation de l'eau aura lieu dans un ballon en verre ; la condensation dans un ballon de baudruche.

Pour mettre en évidence l'existence d'un espace intermédiaire entre ces deux lieux, on reliera les deux ballons par un long tube en verre. Le tube permet à la fois de souligner leur éloignement et de matérialiser leur liaison puisqu'il est aussi la voie qu'empruntera l'eau évaporée pour aller au lieu où elle se condensera. Le tube, bien que transparent, joue le même rôle que le tunnel : c'est le lieu où l'eau n'est plus visible.

L'ensemble ballon en verre, ballon de baudruche, tube constitue un espace clos (et déformable). Si l'on fixe le tube sur le ballon en verre à l'aide d'un bouchon en caoutchouc, et le ballon de baudruche sur le tube en verre à l'aide d'un élastique. Rien ne peut pénétrer dans cet espace, ni en sortir. Ce qui est à l'intérieur à un moment donné, y reste, confiné ultérieurement. On renforcera l'idée de conservation suggérée par ce dispositif, en le suspendant pendant toute la durée de l'expérience à l'un des bras du fléau d'une balance en équilibre (voir figure 1).

² PIAGET Jean, 1976, Logique et connaissances scientifiques, in *Encyclopédie de la Pléiade*, p 608 et suivantes, Gallimard.

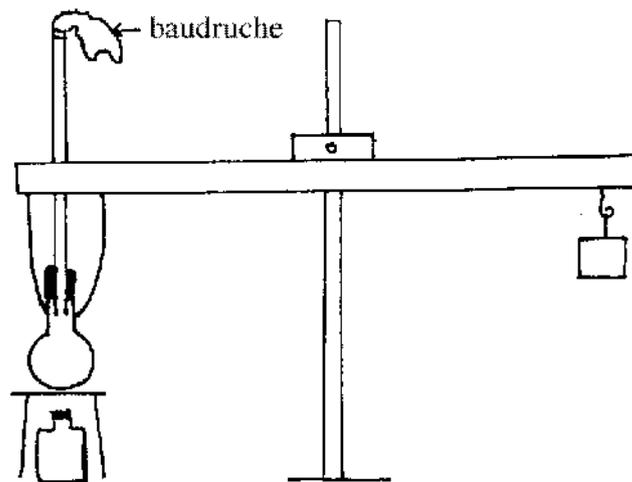


Figure 1 : dispositif expérimental.

Certains faits observables, et leur apparition au cours du temps, renforceront l'idée d'une matière qui se déplace: Lorsque l'on chauffe le ballon en verre, les événements suivants pourront être observés successivement :

- le ballon de baudruche se gonfle ;
- un voile de condensation apparaît sur le bord inférieur du tube. Ce voile se déplace vers le haut ; en dessous on observe des gouttelettes d'eau ;
- l'eau est portée à ébullition et le niveau de l'eau diminue lentement dans le ballon ;
- de plus en plus d'eau apparaît dans le ballon de baudruche qui se leste. On vérifiera en fin d'expérience que c'est bien de l'eau que l'on a recueillie dans le ballon de baudruche ;
- pendant ce temps l'équilibre de la balance est maintenu.

Du fait de l'organisation du dispositif, la position de la source de chaleur détermine l'ordre d'apparition des différents événements. Cette « propagation de l'anneau de condensation sur les parois du tube » suggère le déplacement d'un agent dont la progression provoque, de proche en proche, et successivement, ces différents événements.

L'explication ci-dessus, qui fait référence à un agent mobile, est très proche de celle donnée par les élèves à propos de ce qui se passe dans un circuit électrique. Elle est fortement finalisée dans la mesure où elle ne prend pas en compte les aspects qui peuvent réduire l'amplitude du phénomène, par exemple la condensation dans le tube et les gouttelettes qui retombent dans le récipient en verre. Supposer que cet agent possède des propriétés des objets : la mobilité par exemple, va de soi. Tout au long de son déplacement, l'agent semble produire de proche en proche ces différents événements. Dans un langage savant on pourrait traduire cela en disant que les causalités, finale, matérielle et efficiente, permettent de construire l'explication de ce phénomène comme elles permettent habituellement de construire toutes les explications proposées par les enfants de cet âge.

Supposer que chaque élève va construire ce type d'explication de manière autonome serait faire preuve de beaucoup d'optimisme. Supposer que chaque enfant va faire référence, non pas à un agent, mais à un nuage d'atomes microscopiques, ce serait faire preuve de naïveté. Et ce d'autant plus que les travaux de Piaget sur la conservation des quantités mettent en

évidence la lenteur de ce processus lorsqu'il est spontané. L'action pédagogique doit tenir compte de ces contraintes.

Démarche pédagogique

Des activités préparent l'introduction du modèle atomique, avant son utilisation pour interpréter des situations expérimentales. Notre action pédagogique se déroule, en fait, en quatre étapes de durée très inégale qui ont pour but successivement

- de motiver l'introduction du modèle (quatre séances)
- de présenter le modèle (une séance)
- d'utiliser le modèle (une séance)
- de se l'approprier (deux séances)

1. Motivation à l'introduction du modèle (quatre séances.)

Quelques expériences simples sur l'évaporation ont pour but de faire découvrir les conditions d'évaporation : chauffage, aération et surface de contact liquide/air (voir annexe 1). Les enfants peuvent ainsi observer et mettre en relation des faits. On leur demande systématiquement de les expliquer. Pour eux, l'eau disparaît, elle s'infiltré, elle traverse les matériaux mêmes les plus imperméables.

Mais parallèlement, leurs explications ne leur paraissent pas satisfaisantes. Les élèves manifestent un besoin d'explication, qui va en croissant tout au long de ces différentes séances ; ils cherchent une explication « fiable ».

Cette première étape est un temps très fort de l'action pédagogique. On y consacre beaucoup de temps. L'élève se remet en mémoire des faits rencontrés dans la vie de tous les jours (du linge qui sèche, des flaques d'eau qui disparaissent au soleil...). De manière récurrente réapparaît la même question : qu'est devenue cette eau ? Ce questionnement motive l'étape suivante, la présentation du modèle moléculaire.

2. Présentation du modèle (une séance)

Pour introduire le modèle nous reprenons une expérience simple sur l'évaporation : de l'eau placée dans un récipient s'évapore. Aux questions posées : « *Pouvez-vous expliquer "vraiment" ce qui se passe dans la casserole, pourquoi et comment l'eau s'évapore ?* », les élèves n'apportent pas de réponse qu'ils jugent satisfaisante. Nous introduisons donc le modèle granulaire. Il est évident que si les enfants avaient fourni des éléments de réponse, nous les aurions utilisés pour le présenter.

a. Description du modèle introduit

Le maître propose aux enfants d'imaginer que l'eau est constituée de grains de matière qui ont les propriétés suivantes : .

- leur nombre est constant ;
- les grains sont insécables ;
- ils ont tous même masse et même volume ;
- ils sont perpétuellement en mouvement.

Le modèle granulaire et ses propriétés sont présentés en ces termes :

« *Pour comprendre ce qui se passe quand l'eau se transforme en vapeur, on imagine que l'eau est formée de minuscules grains d'eau qui ont tous la même taille. Cela ressemble à*

des petites billes. L'ensemble de ces grains peut-être visible mais les grains isolés ne se voient pas.

On peut comparer ces grains avec des grains de poussière : on ne voit pas un grain de poussière mais on peut voir plusieurs grains de poussières rassemblés.

Avec la chaleur et l'aération, les grains s'agitent de plus en plus, et ils sont en mouvement ».

b. Dessin permettant la visualisation et la représentation des grains

Nous leur proposons deux codes pour visualiser les grains, l'un pour un travail collectif et l'autre pour un travail individuel (ou de groupe).

Au tableau, on utilise des "ronds" en papier Canson fixés temporairement à la « pâte à fixer ». Nous avons choisi ce matériel plutôt que des gommettes car il permettait de déplacer les grains. Pour aider à la visualisation du mouvement permanent des grains, les enfants proposent, de manière collective, d'utiliser des flèches. Pour expliquer l'évaporation, les enfants proposent d'ôter un « rond » du récipient et de le placer à l'extérieur de celui-ci.

Pour le travail individuel ou de groupe, on a utilisé dans un premier temps des dessins de « ronds » faits par les enfants puis, des gommettes.

3. Première utilisation du modèle (une séance)

Nous proposons aux élèves, dans la séance suivante de faire fonctionner le modèle introduit afin qu'ils se l'approprient.

L'expérience décrite (figure 2) est effectuée en classe.

Les élèves doivent interpréter à l'aide du modèle, ce qui se passe au cours des différentes phases de cette expérience. Ils doivent dessiner de manière individuelle, "les grains d'eau" présents éventuellement dans ces différents milieux.

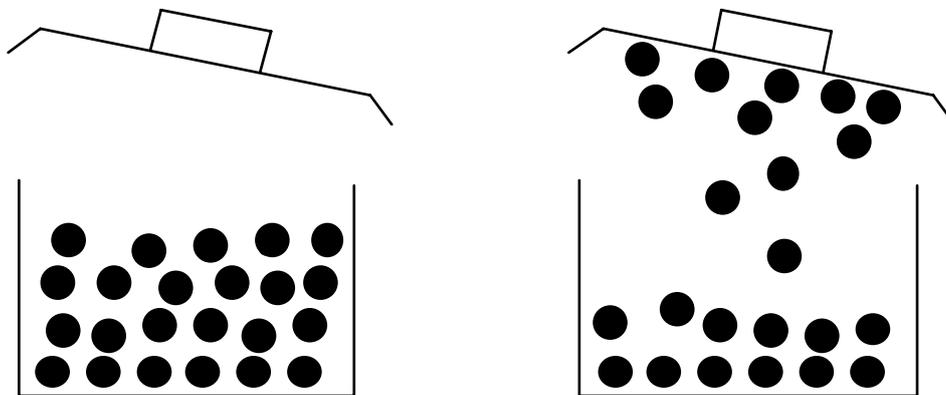


Figure 2 : interprétation d'une expérience d'évaporation /condensation à l'aide du modèle granulaire

A la lecture des dessins, il apparaît que les élèves utilisent certaines des propriétés introduites : mobilité, identité des grains , et qu'ils attribuent de nouvelles propriétés à ces grains, fortement liées à ce qu'ils ont observé.

- La gravité contraint les particules à s'empiler en couches horizontales.
- Cette structure a pour certains élèves une telle importance que les grains ne s'échappent pas individuellement mais par couche entière.
- Les grains ont la possibilité de "coller" au couvercle ou de "se coller" entre eux.
- Chaque goutte apparaît comme une grappe de grains suspendue au couvercle.

Nous constatons que ce modèle permet aux élèves d'interpréter des faits observables tels que l'horizontalité de la surface de l'eau, la disparition de l'eau dans la casserole, son apparition sur le couvercle. Le déplacement des grains est très finalisé ; très peu se dispersent dans l'espace environnant la casserole ; ils semblent sauter directement de celle-ci sur le couvercle.

4. Appropriation du modèle (deux séances)

a. La situation expérimentale

La situation expérimentale, décrite antérieurement (figure 1), est là pour préciser ce modèle. L'expérience doit permettre de mettre en évidence deux conséquences de la permanence de ces grains : la conservation de leur nombre et celle de la masse de ce milieu clos. Le système est très sensible, toute perte même infime de matière entraîne un déséquilibre de la balance.

b. Description de l'activité:

La présentation du dispositif expérimental décrit (figure 1) permet d'introduire le questionnement : Que va t-il se passer au cours des quatre étapes :

- avant le chauffage ?
- avant que l'eau ne soit portée à l'ébullition ?
- au cours de l'ébullition ?
- après l'arrêt du chauffage ?

Plus précisément, les élèves ont à discuter de l'évolution de l'équilibre de la balance tout en justifiant leur réponse en utilisant le modèle présenté.

Chaque groupe de trois élèves, dispose de quatre feuilles sur lesquelles sont reproduits les schémas agrandis de la partie de la balance contenant les deux ballons.

- Feuille 1 : situation de départ, il y a de l'eau froide dans le ballon.
- Feuille 2 : le chauffage commence.
- Feuille 3 : le chauffage continue, l'eau est en ébullition.
- Feuille 4 : on arrête le chauffage. On attend 10 minutes.

On obtient ainsi seize productions, quatre par groupe d'enfants (Voir figures 3, 4, 5 et 6).

Après la mise en route de l'expérience et en attendant des résultats visibles (20 minutes), les élèves sont invités à disposer des gommettes représentant les grains d'eau de manière à expliquer et interpréter ce qui se passe à l'intérieur du dispositif. Nous vérifions qu'ils utilisent le modèle déjà introduit lors de la séance précédente et répondent au problème posé.

Dans le paragraphe « *Analyse du travail effectué avec les gommettes:* », nous présenterons une étude détaillée des travaux effectués par les élèves

c. Prolongement

Pour permettre aux élèves de faire le lien entre les faits et le modèle, au cours de la séance suivante, les élèves doivent préparer un bref exposé au cours duquel ils devront décrire des faits et les expliquer à l'aide du modèle granulaire. Les élèves travaillent en groupe.

Cette explication est très influencée par les questions posées au moment de la présentation et le modèle utilisé au cours de cette séquence. Chaque enfant s'intéresse à un fait (la dilatation du ballon par exemple), et l'interprète en faisant référence à une propriété de l'intermédiaire granulaire: (regroupement ou dispersion des grains) « *l'eau prend moins de place que la vapeur parce que dans l'eau les grains sont regroupés alors que dans la vapeur, ils sont séparés. Donc le ballon doit gonfler. Mais (à la fin de l'expérience) il est pas gonflé parce que- ça s'est recondensé parce que le ballon est froid* »(Lionel).

On a pu noter qu'aucun élève, à ce stade, ne s'intéresse à la conservation de la masse en tant que telle car il y a confusion entre la densité et la masse ; par exemple, les grains regroupés sont supposés être plus lourds que les grains dispersés.

Comme nous l'avions prévu, les élèves supposent que le tube est une espèce de tunnel dans lequel passe un intermédiaire permanent, les grains. La position des grains dans le ballon, en début d'expérience, puis en haut du tube sous forme dispersée puis regroupée, permet de classer chronologiquement les faits observables.

5. Analyse du travail effectué avec les gommettes

Nous allons juger l'appropriation du modèle par les élèves à travers leur production. Précisons les questions auxquelles nous cherchons à apporter une réponse.

Les enfants ont adopté ce modèle avec enthousiasme. Qu'ils l'aient réutilisé, allait de soi car les activités proposées leur demandaient d'en faire usage et le dispositif expérimental a été choisi et modifié pour faciliter son usage. Toutefois une première question se pose : quelles propriétés parmi celles qui sont attribuées à ces grains par le maître, sont réutilisées par les élèves ?

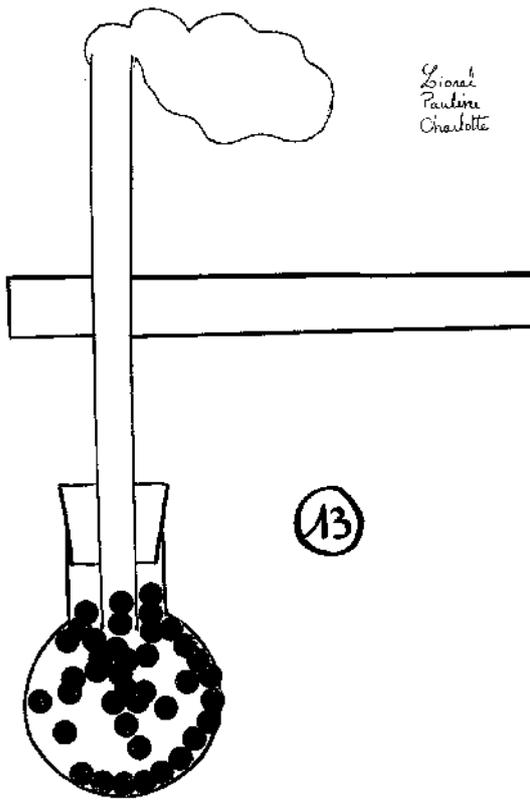
A l'aide de ces gommettes, les élèves devaient interpréter les (certains) faits observables : diminution du niveau de l'eau, ébullition, condensation sur le bord du tube et dans le ballon condensation dans le tube, gonflement du ballon de baudruche, qui se remplit et qui lesté, pend au haut du tube, équilibre de la balance. Une autre question se pose : Parmi ces faits observables, quels ont ceux que les élèves ont choisi d'interpréter ?

Les gommettes sont des objets matériels. Elles ont les propriétés de tous les objets matériels : par exemple une fois fixées, elles gardent une forme propre et elles occupent en permanence une portion de l'espace. Est - ce que, à l'image des gommettes, les molécules occupent un espace fini, et restent immobiles ? Ainsi, de manière plus générale, se pose la question est-ce le code utilisé influence les propriétés, attribuées ultérieurement, aux grains ?

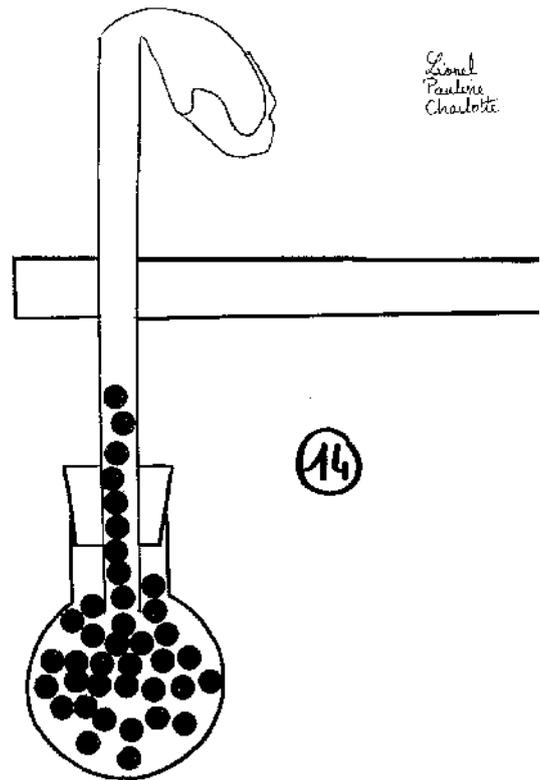
En résumé, l'analyse des collages doit nous permettre de discuter les questions suivantes :

- quelles propriétés, parmi celles qui sont attribuées, à ces grains, par le maître, sont réutilisées par les élèves ?
- quelles propriétés des objets, connues des élèves, attribueront-ils à l'intermédiaire granulaire ?
- quelles propriétés seront introduites du fait de l'utilisation de gommettes pour représenter ces grains mobiles ?
- Et enfin, quels faits expérimentaux les élèves chercheront-ils à traduire ?

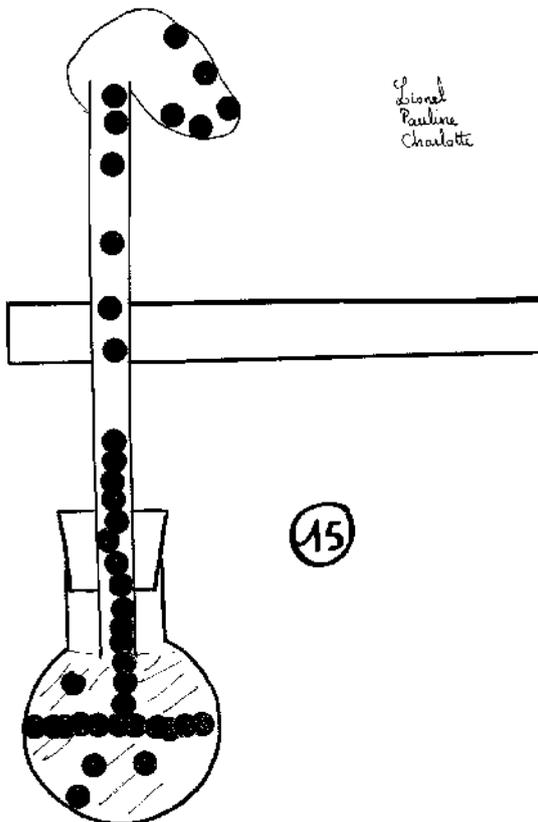
1 - Situation de départ. Il y a de l'eau dans le ballon



2 - On chauffe, on commence à voir des bulles



3 - On chauffe, c'est à ébullition



4 - On arrête, on attend 10 minutes pour que tout refroidisse

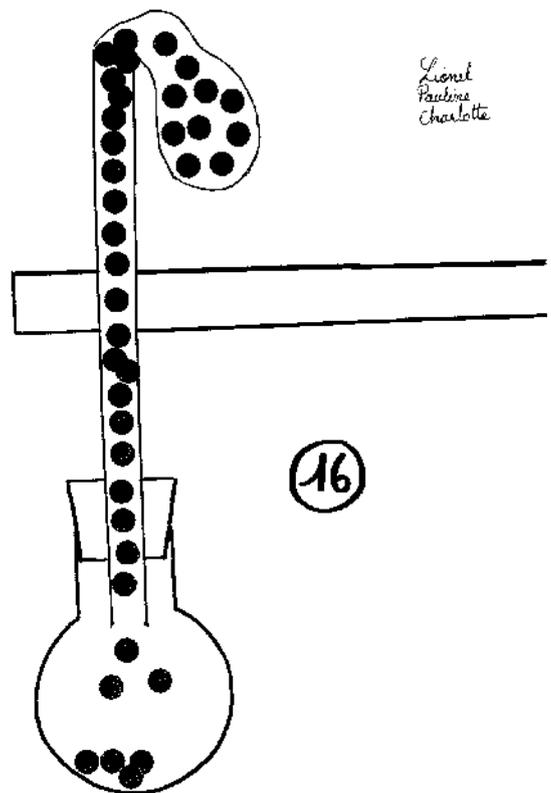


Figure 3 : Les quatre productions de Lionel, Pauline et

Dans un premier temps, nous allons procéder, à l'analyse de la production réalisée par un groupe d'élèves, puis dans un second temps nous analyserons l'ensemble des seize travaux.

a. Etude des productions réalisées par Lionel, Pauline et Charlotte (figure 3)

La répartition des gommettes dans l'espace graphique, permet de dégager d'abord les faits codés dans cette production. :

- L'évaporation est traduite par des grains d'eau qui s'élèvent au-dessus de la phase liquide.
- La condensation, sur le bord inférieur du tube, est codée par le regroupement de gommettes dans la partie basse du tube. La transparence du contenu du haut du tube est traduite par des gommettes isolées.
- Par comparaison avec les trois autres dessins du même groupe, la diminution de la quantité d'eau contenu dans le ballon de verre est bien traduite par une diminution du nombre de gommettes présentes dans ce ballon .
- Le contenu liquide du ballon de baudruche n'apparaît pas nettement, alors que l'aspect "pendant" du ballon de baudruche est bien traduit
- Pour traduire la présence d'eau condensée au fond du ballon de baudruche, les autres groupes placent des gommettes côte à côte au fond de celui-ci. En revanche, ce groupe ne traduit pas la présence, d'eau condensée, dans le ballon de baudruche.
- Les gommettes sont toutes confinées dans l'espace clos : ballons et tube.
- Ces élèves collent toujours le même nombre de gommettes dans cet espace. Ils semblent traduire la permanence de la quantité de matière.

Pour interpréter ces faits à l'aide du modèle granulaire, les grains se voient attribuer les propriétés des objets, suivantes:

- Les grains ne peuvent pas traverser les parois solides. Il y a impénétrabilité des grains.
- Les enfants disposent toujours le même nombre de grains à l'intérieur du dispositif Il y a permanence du nombre de grains.
- Comme tous les corps, les grains sont soumis à la gravité. Ils se regroupent au fond des récipients. De plus ces grains dans le milieu liquide s'ordonnent en couches successives horizontales. La surface libre du liquide est bien visible, les enfants matérialisent la couche avec des gommettes placées en ligne les unes contre les autres.
- Dans le liquide les grains sont en contact les uns avec les autres. Il y a continuité des liquides.
- Les grains ne restent pas dans le ballon du bas. Ils s'échappent et rejoignent le ballon du haut. Il y a mobilité des grains.

Cette analyse est présentée sous forme d'un tableau dans lequel nous avons noté la répartition des gommettes dans l'espace graphique, les faits observables interprétés, les connaissances antérieures mobilisées et enfin les propriétés de la matière transférées aux grains.

Tableau I - Les faits observables sont interprétés à la lumière du modèle granulaire. Les élèves attribuent à chacun des grains les propriétés habituelles des objets.

<i>Répartition des gommettes</i>	<i>Faits observables</i>	<i>Connaissances antérieures, propriétés connues des objets</i>	<i>Signification des propriétés attribuées aux grains</i>
Nombre identique d'un dessin à l'autre.	La balance est en équilibre.	Permanence des objets.	Pas de disparition de grains.
Contact entre les gommettes.	Continuité des liquides.	Propriété générale des liquides.	Le volume occupé par les molécules est proche du volume total du liquide. Elles sont coincées. Elles sont au repos.
Les gommettes sont rassemblées dans les points bas.	Gravité des liquides : le liquide est rassemblé au fond du récipient.	Les objets lourds tombent.	Gravité pour chacune des molécules.
Les gommettes sont placées linéairement et horizontalement.	La surface du liquide est plane et horizontale.	Propriété générale des liquides.	Structure des molécules. Dans le liquide, elles sont en couches horizontales superposées.
Les gommettes se chevauchent.	Prise en compte des trois dimensions.	Objet à trois dimensions.	L'espace occupé par les molécules n'est pas une surface mais un volume.
Aucune gommette n'est coupée		Insécabilité des objets.	Insécabilité des molécules.
Stabilité du liquide.	Pas de flèches traduisant des mouvements.		Molécules au repos à l'état liquide.
Présence de gommettes dans le ballon de verre, dans le tube, et dans le ballon de baudruche.	Déplacement de l'eau du ballon de verre, vers le ballon de baudruche.	Mobilité des objets.	Mobilité des molécules. Lorsque l'eau est à l'état gazeux les molécules sont en mouvement.
Les gommettes sont toutes situées à l'intérieur du ballon.	Imperméabilité des parois.	Impénétrabilité.	Les grains ne franchissent pas les parois du récipient.
Le nombre de gommettes collées est identique d'un dessin à l'autre.	Equilibre.	Permanence des objets.	Permanence des grains

b. Etude des différents collages

Le même type d'analyse est effectué pour l'ensemble des productions. Dans ce tableau sont répertoriées les propriétés codées dans les dessins et la fréquence de leur codage.

Tableau II - Propriétés des objets les plus souvent attribuées aux grains.

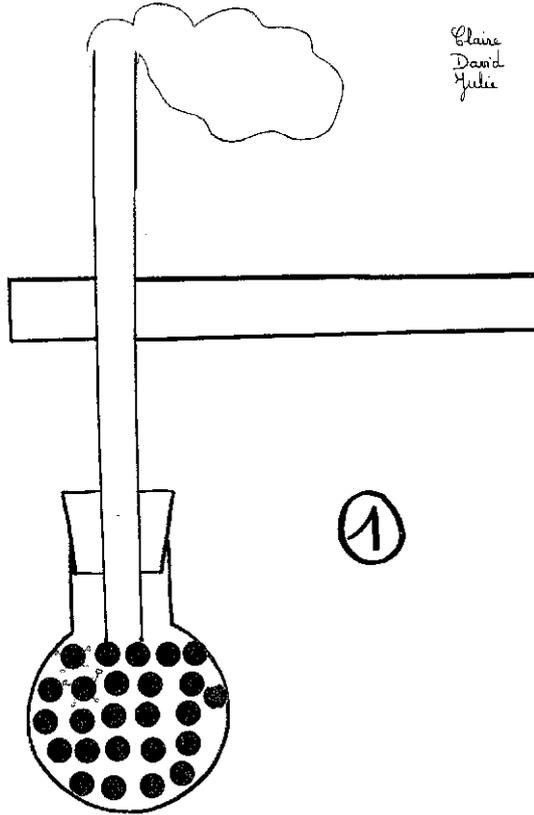
<i>Propriétés attribuées aux grains</i>	<i>Pourcentage des productions qui présentent la propriété</i>
Impénétrabilité	100
Insécabilité.	100
Gravité.	75
Volume propre	25
Continuité	19
Permanence, conservation du nombre de particules.	50
Répartition des particules pour constituer des surfaces planes et horizontales.	70
Les grains d'eau gardent les propriétés des gommettes.	45
Prise en compte de la 3ème dimension.	55
Conservation de la masse.	50

On note, de la part des élèves, une tendance à attribuer aux molécules les propriétés des objets qu'ils connaissent bien. Cette tendance à la « réification » de la vapeur d'eau invisible et inobservable est sûrement liée aux caractéristiques du dispositif expérimental : observation en deux points éloignés de faits liés entre eux. Cette tendance est renforcée par le codage utilisé.

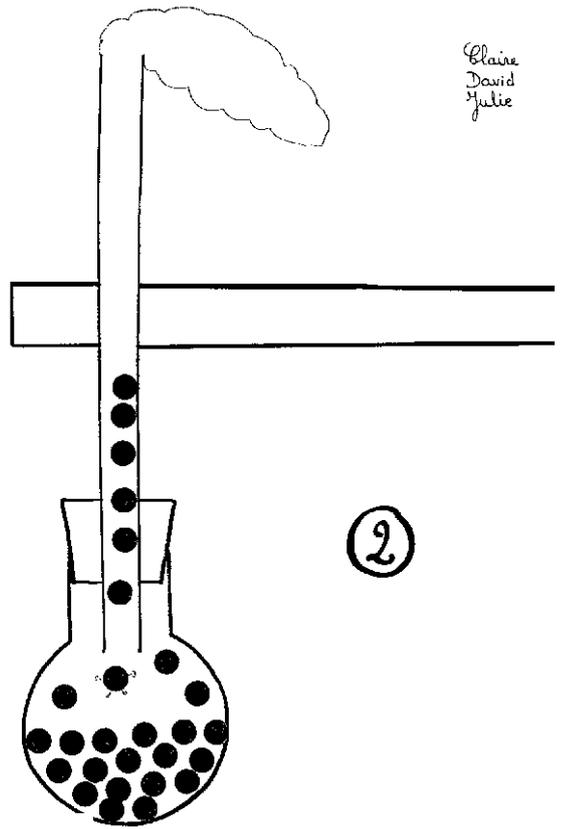
Ces résultats permettent de discuter le problème posé. Quelles propriétés des objets connues des élèves sont attribuées aux grains d'eau ?

- La totalité des réponses d'élèves (100 %) utilisent **l'impénétrabilité**. En effet tous les enfants mettent les gommettes à l'intérieur. Les grains, telles des billes dans un saladier, ne traversent pas les parois de verre. S'il y a un trou les grains peuvent alors s'échapper et cela explique pour les élèves le léger déséquilibre constaté.
Les élèves transfèrent des propriétés du domaine macroscopique dans le domaine microscopique.
- La moitié des élèves (50 %) **conservent le nombre de grains d'eau** entre les différents dessins. Ce résultat a pu être influencé par la manière dont la consigne a été transmise et la façon dont les gommettes ont été distribuées. Des élèves ont considéré que le nombre de gommettes à coller était défini par le nombre de gommettes distribuées par l'enseignant. On observe ici une influence du contrat didactique dans le travail des élèves.

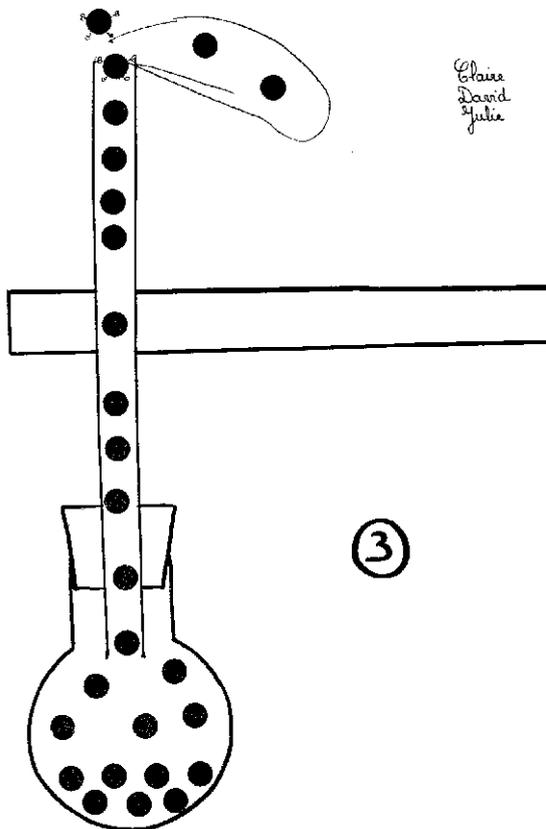
1 - Situation de départ. Il y a de l'eau dans le ballon



2 - On chauffe, on commence à voir des bulles



3 - On chauffe, c'est à ébullition



4 - On arrête, on attend 10 minutes pour que tout refroidisse

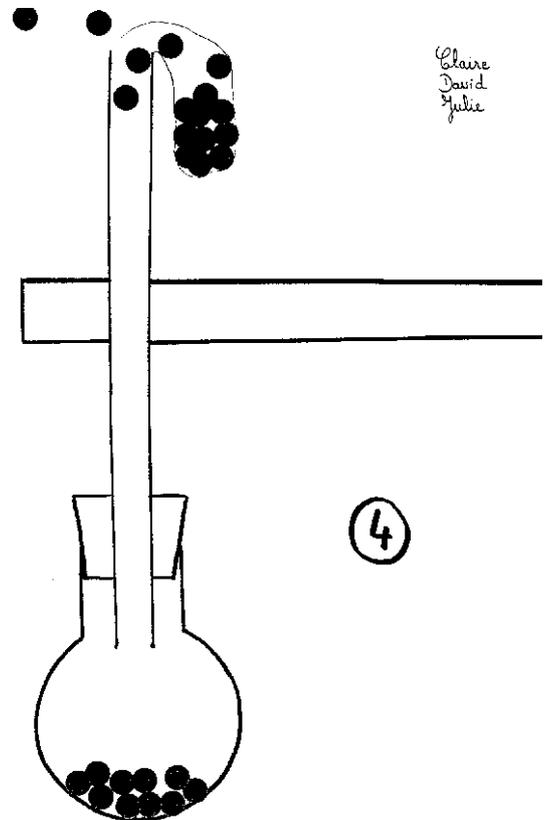


Figure 4 : Productions de Claire, David et Julie

La conservation du nombre de grains implique-t-elle celle de la masse ? L'attitude des élèves a changé au cours de ces activités. Au début de la séquence, la réponse à cette question est évidente, aucun enfant ne conserve la masse.

Après introduction du modèle, la masse n'est toujours pas conservée, car les élèves proposent deux types d'arguments, liés à leur perception de la densité des corps :

- un liquide est plus dense qu'un solide « Les grains d'eau peuvent être plus lourds que les grains de vapeur. »
- « Des grains identiques regroupés sont plus lourds que les même grains dispersés ».

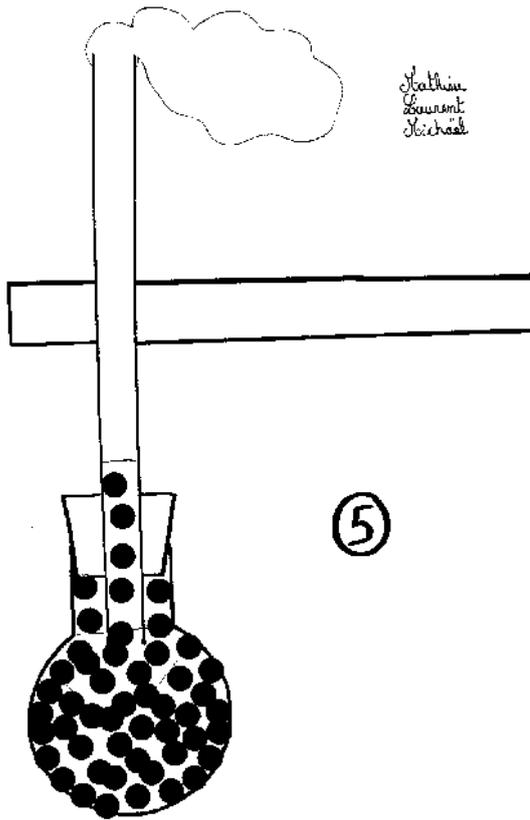
Ces arguments montrent la confusion entre la masse et la densité. Il est difficile par exemple de discuter ce problème en pesant un tas de sucre en poudre puis ce sucre éparpillé sur le plateau de la balance.

- Plus de la moitié des élèves (55 %) collent les gommettes les unes sur les autres, ils cherchent ainsi à traduire la troisième dimension.
- La totalité des élèves (100 %), pour représenter l'eau à l'état liquide, regroupe les gommettes au fond du ballon. Pour interpréter la fluidité du liquide, ils transfèrent, là encore, les propriétés, gravité et mobilité, des objets aux grains.
- Plus des deux tiers des élèves (70 %) traduisent la **surface libre** des liquides à l'aide des grains d'eau. Il s'agit aussi, dans ce cas, du transfert d'une propriété qu'ils ont observée au niveau macroscopique vers le plan microscopique.
- Aucun enfant ne traduit, sur le papier, le **mouvement permanent des grains** bien que cette propriété ait été introduite par le maître. Aucun élève ne met de flèches sur son schéma ; et 20 % des élèves seulement utilisent cette propriété lorsqu'ils viennent donner leur explication au tableau. Exemple d'explication donnée par un enfant : « *Les grains bougent, on chauffe de plus en plus alors ils bougent encore plus et sautent. Ils montent dans le tube et quand ils arrivent dans le ballon, comme il est froid, les grains se regroupent et on voit de l'eau.* » (Pauline). Le mouvement inobservable par les enfants à l'état microscopique et la représentation d'une molécule d'eau par une gomme qui une fois collée est immobile renforce la représentation statique des molécules. Les élèves ne conçoivent pas l'agitation moléculaire dans les liquides au repos. On note de nombreuses explications orales du type : « *Il y a de l'eau dans la casserole, les grains d'eau sont regroupés. Quand on chauffe l'eau, les grains se mettent à bouger, puis finissent par s'en aller.* » (Claire)

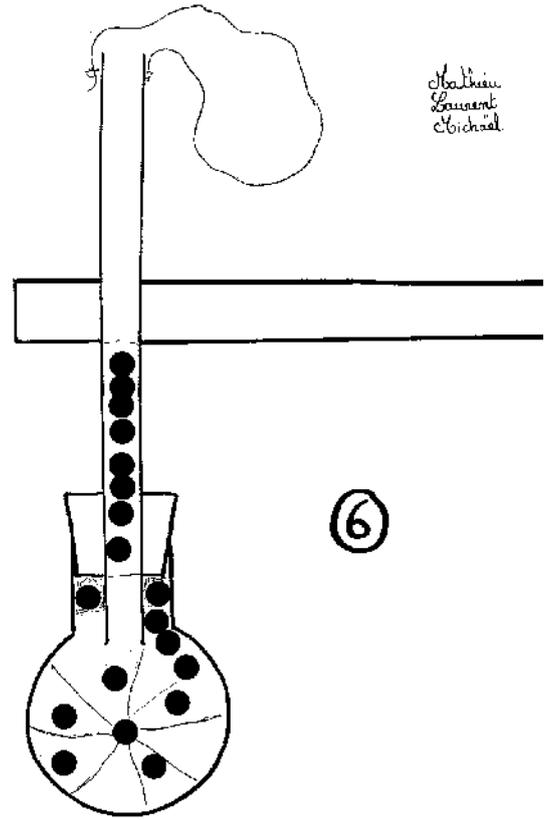
c - Problème proposé par le maître, problème traité par l'élève

Pour le maître, ces activités doivent traduire et renforcer la conservation de la masse au cours de ces transformations, conservation suggérée par ce dispositif. Pour lui, la conservation du nombre de grains implique celle de la masse. Qu'en est-il pour les élèves ? D'une façon générale, nous avons remarqué que les enfants traduisent plus facilement la permanence du nombre de grains que la conservation de la masse. Lorsque le nombre de ces grains reste constant au cours de la transformation, leur poids total varie en fonction de leur dispersion dans l'espace. Comme les deux notions de masse et de poids ne sont pas dissociées, la conservation du nombre de grains n'implique pas celle de la masse. L'objectif fixé par le maître n'est pas atteint.

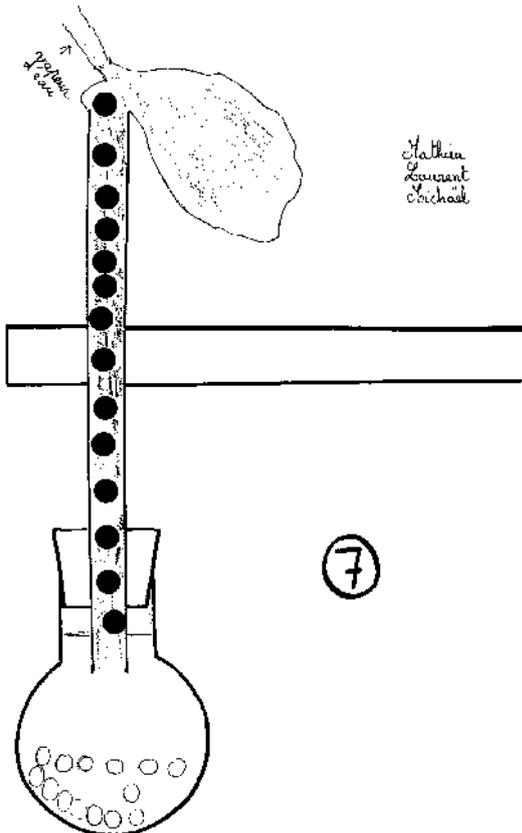
1 - Situation de départ. Il y a de l'eau dans le ballon



2 - On chauffe, on commence à voir des bulles



3 - On chauffe, c'est à ébullition



4 - On arrête, on attend 10 minutes pour que tout refroidisse

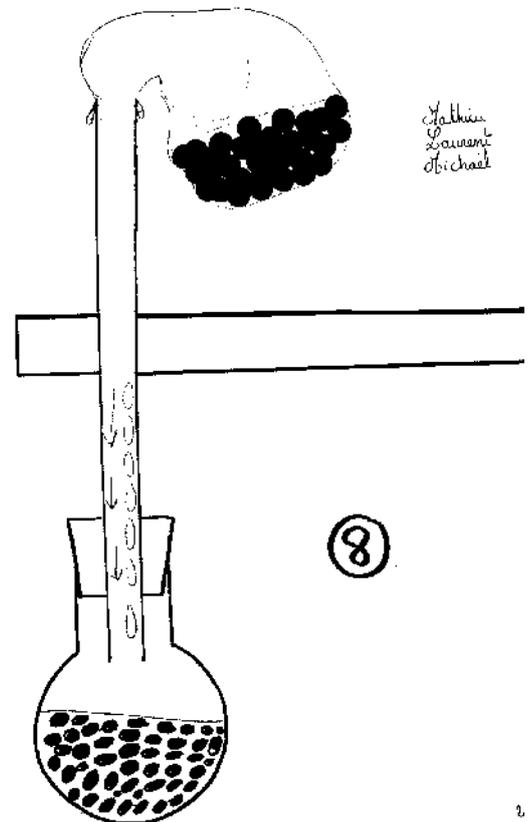


Figure 5 : Productions de Mathieu, Laurent et Michael

Comme prévu, les enfants acceptent d'utiliser le modèle introduit et l'enrichissent en utilisant d'autres propriétés que celles introduites. Ils donnent facilement aux molécules les propriétés des objets qu'ils manipulent dans la vie de tous les jours. Ce transfert est facilité par le codage utilisé. Le modèle ainsi transformé est accepté sous cette forme par le maître car il leur permet de rendre compte de certains aspects du phénomène observé.

Si le maître insiste sur les permanences, les élèves en enrichissant le modèle, cherchent aussi à rendre compte de la complexité du phénomène observé, des similitudes et des différences observées. Les élèves évoquent la différence d'état et de densité : ils la traduisent sur leur collage en dispersant les grains dans l'espace occupé par la phase gazeuse. Ils ne se rendent pas compte qu'ils peuvent jouer, comme l'expert, sur la distance moyenne entre les grains pour traduire cette variation de la densité. Pour l'expert, le rapport des distances moyennes entre les molécules d'un même corps à l'état gazeux et à l'état liquide est environ d'un facteur dix. A partir des dessins des élèves, il est possible de déterminer ce rapport : il est de deux.

Les élèves ont à leur disposition d'autres moyens pour exprimer cette différence. Par exemple, un groupe d'élèves différencie la vapeur d'eau de l'eau liquide, en coloriant les gommettes qui représentent la phase gazeuse.

Utiliser les connaissances introduites par l'enseignant, les marier aux connaissances antérieures, les mobiliser pour apporter une solution à une question reformulée, tel a été le processus d'appropriation mis en œuvre dans cette situation. .

Conclusion

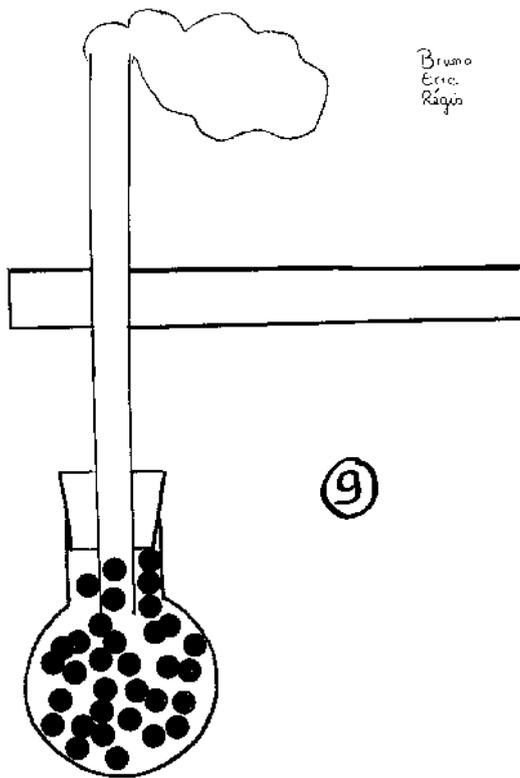
Au cours de cette séquence nous avons voulu aider les élèves à élargir leurs connaissances et à enrichir leurs explications concernant la conservation de la matière au cours des changements d'états de l'eau. Pour cela, nous avons adopté dès que possible une démarche expérimentale. Pour répondre à leur besoin de compréhension nous avons choisi d'introduire un germe de modèle atomique. Ce modèle n'ayant pas pu être construit à partir des conceptions initiales des enfants sur le sujet, il a été apporté par le maître. Nous avons ensuite proposé plusieurs utilisations de ce modèle afin que les élèves se l'approprient. Il a été pour eux un instrument d'explication et grâce à lui, ils ont pu interpréter quelques faits observés dans la vie courante.

Nous constatons la forte influence des connaissances antérieures des enfants dans le processus d'appropriation du modèle. En effet, les élèves attribuent à l'intermédiaire granulaire leurs connaissances concernant les propriétés des objets. On note également l'influence du codage utilisé et de la situation étudiée dans cette appropriation.

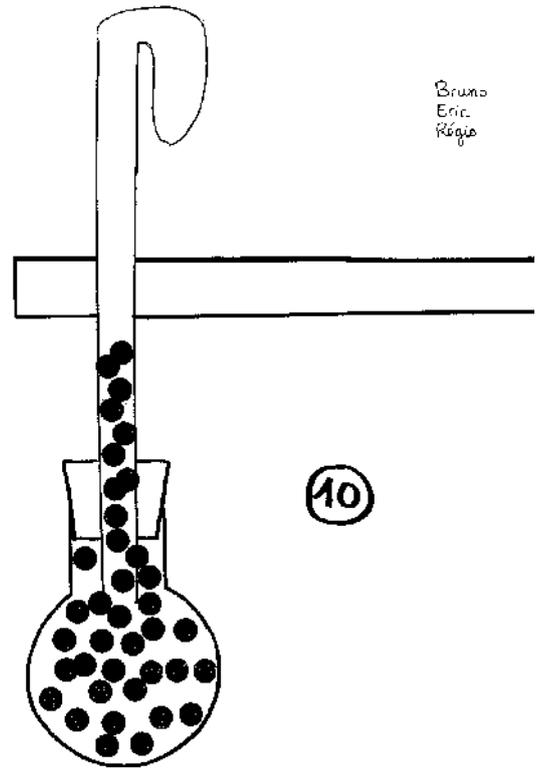
Sur un plan pédagogique, les résultats obtenus sont intéressants. Il a suffi d'introduire dans cette classe un germe de modèle et de proposer des situations favorables (dispositif expérimental et codage) à son appropriation pour que les élèves soient capables de l'utiliser et de le préciser.

Ce modèle présente aussi l'intérêt d'être utilisable, dans des conditions comparables, pour d'autres thèmes comme la dissolution, les mélanges, la description des trois états de la matière, la dilatation et l'approche d'autres changements d'états.

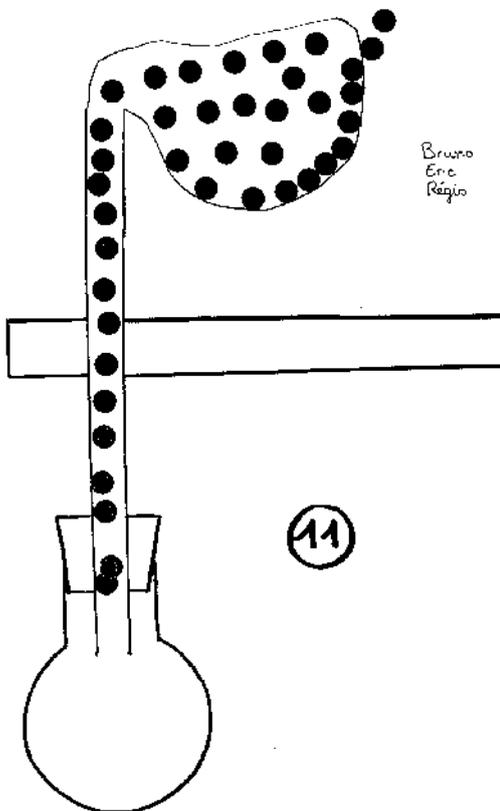
1 - Situation de départ. Il y a de l'eau dans le ballon



2 - On chauffe, on commence à voir des bulles



3 - On chauffe, c'est à ébullition



4 - On arrête, on attend 10 minutes pour que tout refroidisse

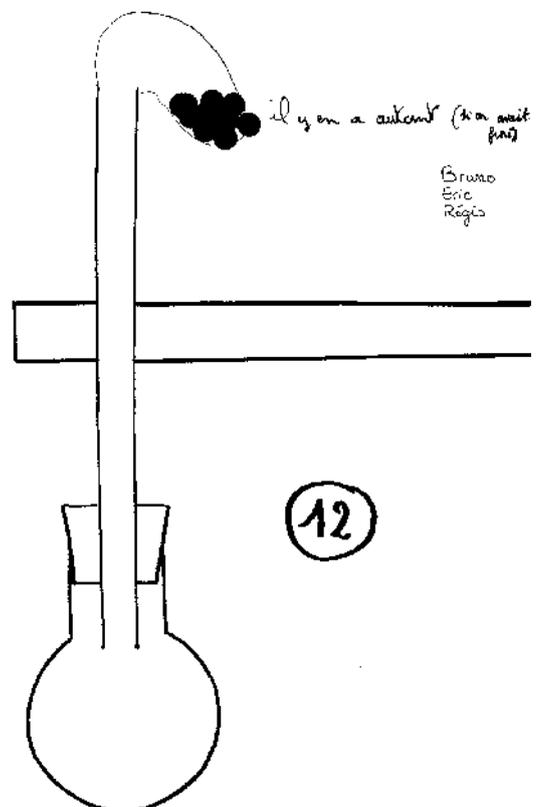


Figure 6 : Travaux de Bruno, Eric et Régis