

De la chimie



dans nos toupies

Elèves de Grande Section et de CP de l'école des Tilleuls d'EVELLYS (56)

Chacun sait que laisser des enfants manipuler librement des liquides plus ou moins gras conduit inmanquablement à toutes sortes d'écoulements et de taches.

Merci à Tifenn, l'ATSEM de la classe, qui a patiemment supporté toutes nos expériences et leurs conséquences, y compris celle qui a conduit à l'ébullition d'une vinaigrette dans le micro-onde de la cuisine...

Le but d'un chercheur est de trouver les réponses aux questions qu'il se pose.

C'est une tâche difficile, et quand le chercheur n'est âgé que de 5 ou 6 ans, il arrive forcément un moment où l'aide d'un expert devient nécessaire.

Merci aux enseignants-chercheurs du Laboratoire de Biologie et Chimie Marine de l'Université de Bretagne Sud d'avoir été là au moment où ces jeunes chercheurs avaient besoin d'eux.

Un dernier mot pour mes élèves...

Suivre leur démarche expérimentale poussée, écouter leurs réflexions, leurs hypothèses, les regarder résoudre leurs problèmes et les aider (un peu) quand l'obstacle devenait trop difficile à franchir. Les voir s'émerveiller quand ils observaient un fait nouveau, s'enthousiasmer pour leurs découvertes et réclamer encore plus de temps pour poursuivre leurs recherches, sans aucune lassitude et avec toujours plus d'envie...

Un grand merci à ces enfants de m'avoir permis de me sentir, comme eux, un chercheur.

TABLE DES MATIERES

D'une petite toupie trouvée dans un garage... à une année de sciences en maternelle et CP.	4
I - L'observation de la toupie.....	7
II - Fabriquer une multitude de toupies pour comprendre comment elles fonctionnent.....	11
III - Valider ou infirmer nos hypothèses sur les règles de construction de toupies.	15
IV - Fabriquer des toupies transparentes que l'on peut remplir.	26
V - Rechercher ce que l'on peut mettre dans les toupies pour obtenir deux phases liquides.	42
VI - La chimie de la vinaigrette.	53
VII - La vinaigrette au niveau moléculaire.....	62
Bilan d'une année de sciences.....	67
Annexe 1 : compétences travaillées lors de cette séquence.....	68
Annexe 2 : calendrier du projet.....	70

D'une petite toupie trouvée dans un garage... à une année de sciences en maternelle et CP.

Tout est parti d'une petite toupie trouvée au fond de mon garage, en plein mois d'août.

Cette toupie m'a tout de suite plu. Il s'agissait d'une toupie dans laquelle se trouvait un liquide présentant deux phases : une bleue et une jaune. Quand on agitait la toupie, les deux phases se mélangeaient et le liquide devenait vert.

Par contre, quand on faisait tourner la toupie, les deux phases se dissociaient et deux cercles concentriques, de couleurs jaune et bleu, apparaissaient.



Toupie à l'arrêt



Toupie en train de tourner.

La découverte de cette toupie m'a immédiatement inspiré une séquence sur la miscibilité des liquides. J'ai donc imaginé une petite séquence de quelques séances, où les enfants rempliraient des toupies avec différents liquides du quotidien, jusqu'à ce qu'ils obtiennent deux phases visibles... Ce serait une petite séquence avec une démarche expérimentale simple, qui serait idéale pour commencer l'année scolaire !

La « petite séquence » s'est avérée bien plus longue et plus riche que ce que j'avais prévu : voici le récit de plusieurs mois de sciences en Grande Section de maternelle et CP.

Première partie

Physique et technologie

Pour mener à bien la petite séquence que j'avais imaginé, j'avais dans l'idée de me procurer une toupie transparente que mes élèves pourraient remplir. Ils y mettraient toutes sortes de liquides, et ils pourraient observer si les phases apparaissent lorsque la toupie tourne.

Il me fallait donc trouver une toupie qui soit transparente, étanche, suffisamment grande et surtout, une toupie que des enfants puissent aisément remplir ! C'est là qu'est apparue la première difficulté de ma séquence...

Après de nombreuses recherches infructueuses, j'ai fini par comprendre que je ne trouverais pas facilement ce genre d'article en vente dans le commerce. La séquence n'avait même pas encore commencé (nous étions toujours pendant les vacances scolaires) qu'elle tombait déjà à l'eau. Quelle désillusion !

Qu'à cela ne tienne ! Je tenais à cette séquence, et puisqu'on ne pouvait pas acheter de toupies transparentes que l'on peut remplir, et bien ce serait aux enfants de les fabriquer eux-mêmes !

I - L'observation de la toupie.

Où l'on constate qu'observer, ça s'apprend !

Avant de commencer à construire des toupies, il fallait que les enfants observent la toupie « modèle » et qu'ils s'aperçoivent de la présence des deux phases liquides.

Je pensais que ce serait une formalité, et que nous pourrions assez rapidement débiter nos expérimentations.

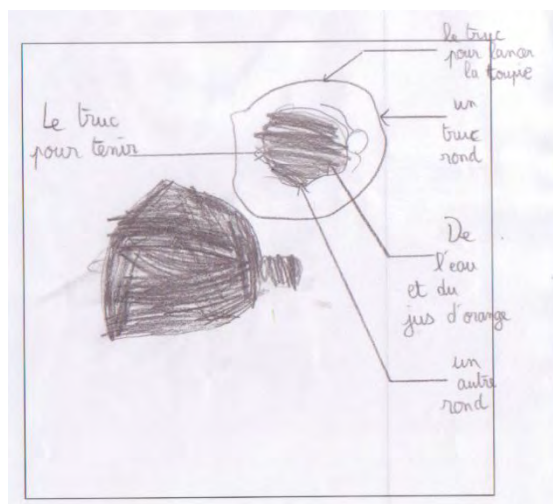
L'observation de la toupie a pourtant pris plus de temps que prévu...

PREAMBULE

Depuis plusieurs jours, la toupie servant de point de départ à la séquence est laissée à la disposition des enfants. Ceux-ci peuvent jouer avec lors de leur temps libre et s'amuser à la faire tourner. Il leur a été expliqué que cette toupie nous servirait à faire « un travail » sans qu'il soit précisé lequel. Les enfants doivent donc être bien attentifs lorsqu'ils jouent avec et il leur est suggéré de bien la regarder.

SEANCE 1

Lors de la première séance de la séquence, les enfants ont pour tâche de dessiner la toupie avec laquelle ils jouent depuis plusieurs jours. Le but est de leur faire souligner la présence des deux phases liquides dans la toupie. Une fois que tout le monde aura bien verbalisé la présence des deux phases, il ne restera plus qu'à leur lancer le défi : construire une toupie comme celle-ci.



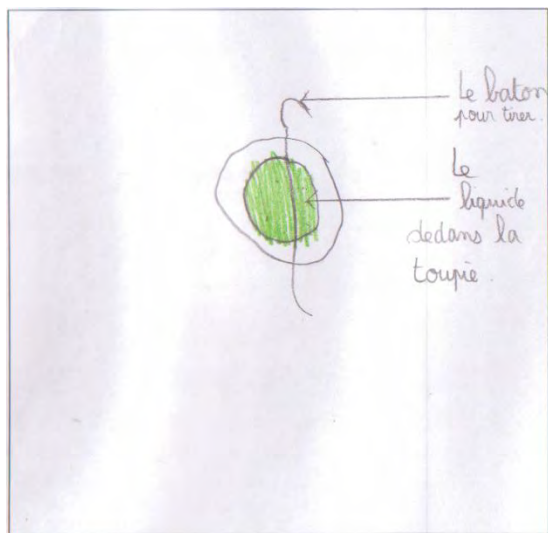
Dessin 1



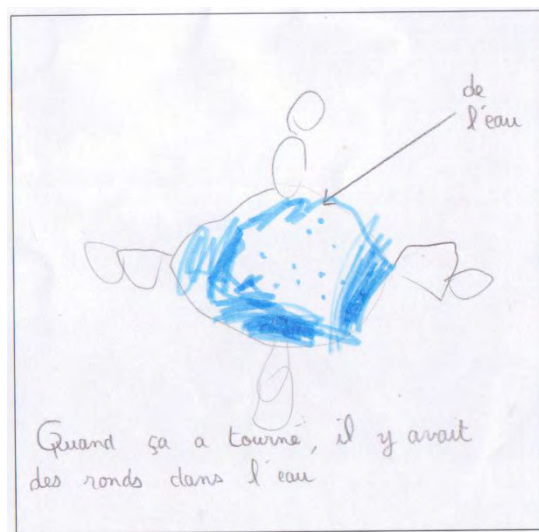
Dessin 2



Dessin 3



Dessin 4



Dessin 5

L'observation des productions a révélé quelques surprises. Les dessins d'observation n'étaient pas souvent conformes au modèle, et surtout, **sur les 8 enfants participants à cette activité, un seul (en GS) avait remarqué la présence des deux phases liquides dans la toupie** (dessin n° 5 : les deux phases ne sont pas dessinées, mais mentionnées dans le commentaire) ! C'était pourtant l'essentiel de cette observation, et la plupart des élèves n'avaient rien remarqué !

Il fallait donc trouver un moyen pour faire comprendre aux élèves qu'il y a des manques ou des incohérences dans leurs dessins.

SEANCE 2

Les dessins des enfants ont tous été affichés au mur. Le maître fait la remarque que les dessins sont très variés, et surtout, ne semblent pas tous représenter la même chose ! Les enfants sont invités à chercher les points communs et les différences entre les dessins.

Nous sommes d'accord sur :

- la forme de la toupie (ronde)
- le fait qu'elle contient un liquide.

Nous ne sommes pas d'accord sur :

- la couleur du liquide (bleu, vert ?)
- le fait qu'il y ait ou non des billes dans l'eau.
- le fait qu'il y ait ou non des ronds dans l'eau quand la toupie tourne.

Beaucoup d'enfants sont sceptiques vis-à-vis des observations de leurs camarades. Notamment, l'idée qu'il y ait « des ronds qui se forment dans l'eau quand la toupie tourne » (les deux phases) est critiquée et présentée comme non conforme (même celui qui l'a émise commence à en douter). Comme il n'y a pas de consensus, il est proposé aux enfants de lister tous les points de désaccord sous forme d'un questionnaire.

- Est-ce qu'il y a des billes dans la toupie ?
- Est-ce qu'il y a des ronds dans l'eau quand la toupie tourne ?
- De quelle couleur est l'eau de la toupie ?

Pour répondre à ces questions, il est précisé aux enfants qu'il faudra à nouveau prendre le temps de bien observer la toupie, puis de la dessiner comme on la voit.

SEANCE 3

Commence une seconde phase d'observation, puis une seconde phase de dessin. La séance est ponctuée de plusieurs « Ah oui, c'est vrai, je vois deux couleurs ! ».

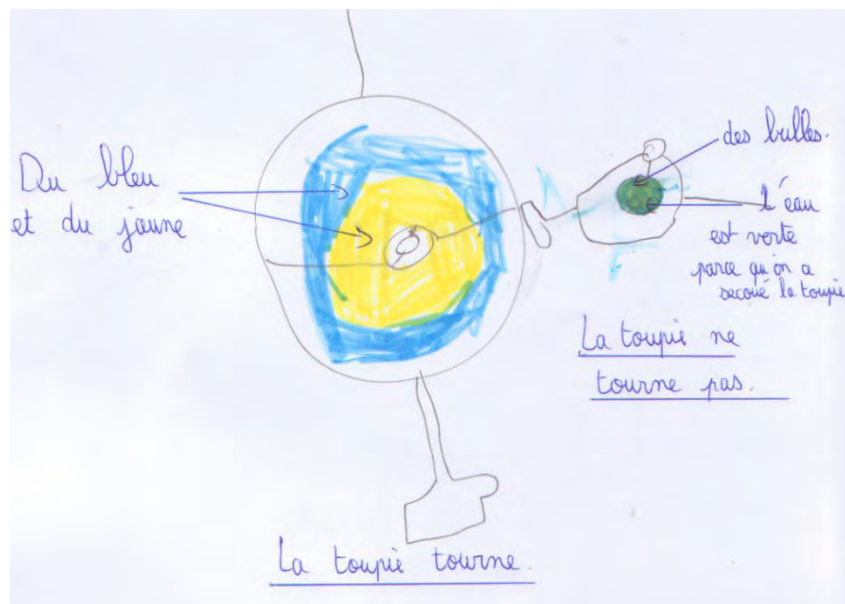
Les dessins sont bien plus conformes à ce qui a été observé. Surtout, grâce à cette deuxième observation, la présence des **deux phases liquides est désormais incontestable** (voir schémas d'observation page suivante).

Après cette observation quelque peu laborieuse, j'ai pu lancer un défi aux élèves :

« Que diriez-vous si, nous aussi, on fabriquait des toupies avec un liquide présentant deux phases de couleurs ? »

Réponse des enfants : « Est-ce que, quand elles seront fabriquées, on pourra les garder ? ».

La réponse étant affirmative, le projet a été adopté dans l'engouement général.



Est-ce qu'il y a des billes dans la toupie ?
Non, ce sont des bulles.

Est-ce qu'il y a des ronds dans l'eau de la toupie quand elle tourne ?
Oui, on les voit quand ça tourne, mais si ça tourne pas, il n'y a pas de ronds.

De quelle couleur est l'eau de la toupie ?
Il y a du bleu et du jaune. Si on secoue, ça fait tout vert parce que ça mélange le bleu et le jaune.

Réponses aux questions posées suite à la seconde observation.

II - Fabriquer une multitude de toupies pour comprendre comment elles fonctionnent.

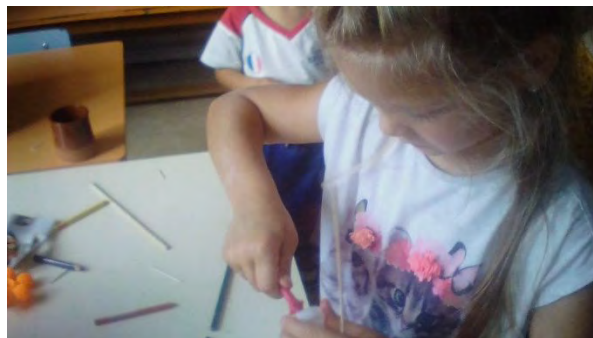
Où l'on remarque que les enfants savent jouer avec n'importe quoi.

Pour comprendre comment fonctionnent les toupies, il fallait en avoir plein sous la main. Heureusement, les enfants adorent jouer et bricoler, et rien ne leur fait plus plaisir que de le faire en classe !

SEANCE 4

Un matériel varié est mis à disposition des enfants : clous, vis, cure-dents, cartons, bouchons...

L'objectif de la séance est de tenter de fabriquer des toupies. Dès qu'une toupie est fabriquée, son concepteur doit l'essayer. Si elle fonctionne bien, cette toupie est placée sur la table des toupies réussies, et si elle ne fonctionne pas, elle est placée sur celles des toupies ratées.



Il est bien précisé aux enfants que le but d'une telle séance est de chercher les critères de fonctionnement d'une bonne toupie. Par conséquent, les toupies placées sur la table des toupies ratées sont toutes aussi importantes que celles placées sur la table des toupies réussies, car elles nous seront aussi très utiles pour notre démarche. Cet aspect n'est pas facilement appréhendable pour les enfants, qui sont parfois déçus ou honteux de leurs essais infructueux. Petit à petit, cependant, les enfants comprennent et acceptent mieux leurs échecs.

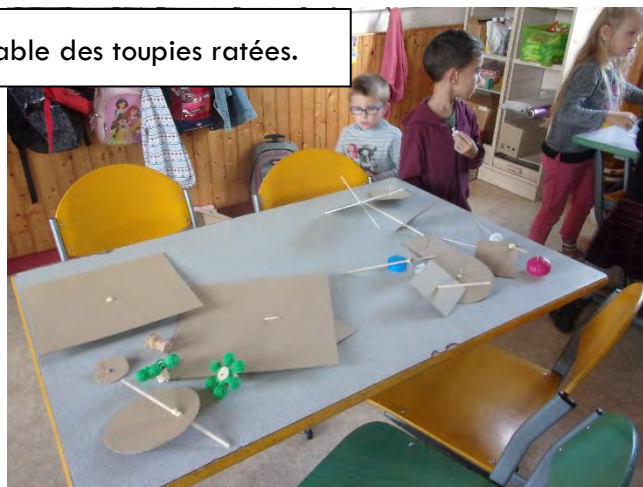


A un certain moment, les enfants décident de se servir d'autres matériaux que ceux proposés. Ils se servent de jouets de la classe, et sont bien sûr encouragés à le faire.



Les enfants étant très occupés, la séance a duré bien plus longtemps que prévu (1h30 au lieu de 45 minutes). Une trentaine de toupies classées en « réussies » ou « ratées » ont été fabriquées.

La table des toupies ratées.



SEANCE 5

Lors de la cinquième séance, toutes les toupies fabriquées par les enfants sont ressorties et testées. L'objectif des élèves : trouver qu'il faut faire pour construire des toupies qui fonctionnent.



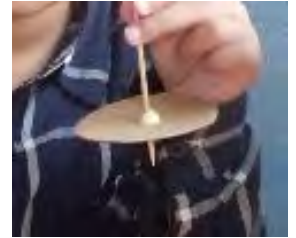
Les enfants se servent autant des toupies réussies que des toupies ratées pour établir une liste de recommandations qu'ils jugent bon de suivre pour construire des toupies.

Pour faire une bonne toupie,
nous pensons que :

- les différents morceaux de la toupie doivent être bien fixés entre eux.
- la toupie doit être ronde.
- le bâton de la toupie (l'axe de rotation) doit être au milieu du carton.
- le bâton de l'axe de rotation doit être pointu.
- le bâton de l'axe de rotation doit être bien droit (vertical).
- le carton de la toupie ne doit pas être grand.
- le carton doit être en haut du bâton
- le bâton doit être petit.

Liste de « recommandations » à suivre pour construire une bonne toupie.

Toutes ces recommandations ont été établies pour des toupies du type de celles que les enfants fabriquaient (voir photo à droite). Cela explique le vocabulaire spécifique choisi : le bâton et le carton.



Le maître précise bien aux enfants que toutes ces règles ne sont que des **hypothèses** (le mot est souvent utilisé lors de nos séances de sciences, mais comme il est compliqué, il faut souvent rappeler sa définition). Personne n'est sûr que toutes les règles qui ont été énoncées sont justes, et **il va falloir les vérifier une par une.**

III - Valider ou infirmer nos hypothèses sur les règles de construction de toupies.

Où l'on apprend petit à petit à établir des protocoles expérimentaux rigoureux.

Au cours des semaines qui ont suivi, les enfants ont été amenés à élaborer des protocoles expérimentaux pour valider ou infirmer les hypothèses qu'ils avaient formulées. Je craignais qu'ils n'y arrivent pas, car les protocoles qu'ils avaient à construire étaient assez complexes. C'était sans compter sur leur curiosité et leur motivation !

SEANCE 6

Les enfants ont énoncé huit hypothèses sur les règles de fonctionnement des toupies. Il ne reste plus qu'à les valider ou à les infirmer.

Cela va leur demander d'élaborer des protocoles expérimentaux complexes, dans lesquels il ne faudra faire varier qu'un seul paramètre, pour chacune des huit hypothèses. Cela demande de la rigueur, de la précision et surtout... un apprentissage, car les enfants n'ont jamais élaboré de protocoles si poussés.

Lors de cette première séance, le maître propose aux enfants de valider ou d'infirmer l'hypothèse : « **La toupie doit être ronde** ». Afin de montrer la démarche aux élèves, la séance est menée collectivement, avec un fort appui de l'enseignant.

Nous apprenons donc à élaborer le protocole. Pour vérifier que cette hypothèse est valide, nous allons devoir fabriquer plusieurs toupies identiques en tous points, sauf pour leur forme. Une toupie sera ronde, une autre carrée, une autre triangle... Il est bien précisé que ce que nous voulons tester, c'est la forme de la toupie. Par conséquent, tout le reste doit être identique, afin de ne pas fausser les résultats de nos expériences. Cela est difficile à comprendre pour les enfants.

Un protocole est rédigé, puis mis en œuvre :

The image shows a hand-drawn experimental protocol on a grid background, organized into four sections with a small cartoon character icon in each:

- L'hypothèse que nous voulons tester :** Pour tourner, une toupie doit être ronde.
- Le protocole que nous avons imaginé :** Three hand-drawn top shapes are shown: a circle labeled 'une toupie ronde', a square labeled 'une toupie carrée', and a triangle labeled 'une toupie triangulaire'. Each shape has a vertical line through its center representing the spindle.
- Notre expérience et ce que nous avons observé :** Les trois toupies tournent, même la toupie rectangulaire qu'on venait de fabriquer.
- Ce que nous devons conclure :** Toutes les toupies ont tourné donc, les toupies fonctionnent même si elle ne sont pas ronde.

Protocole expérimental élaboré collectivement, observations et conclusions de l'expérience.



Photographie de l'expérience

Pour les enfants, la surprise est énorme. **La première hypothèse qu'ils testent n'est pas valide.** Les toupies carrées, triangles, et même rectangles tournent aussi bien que les toupies rondes.

Cela étonne beaucoup les enfants, car la notion d'hypothèse est difficile à saisir à leur âge. Malgré le fait qu'ils aient été préparés à ce que leurs hypothèses ne soient pas valides, le constater est dérangeant pour eux. Ils tenaient pour acquis les règles énoncées plus haut et comprennent désormais qu'il faut vraiment les remettre en question.

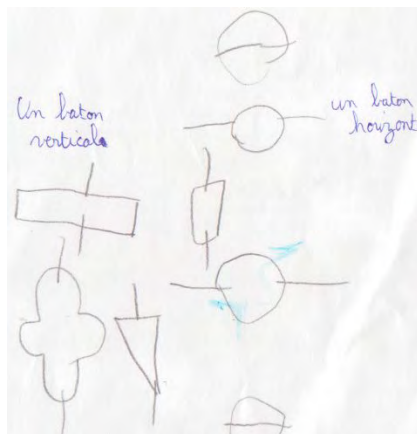
SEANCE 7 ET 8 (UNE SEANCE POUR ETABLIR UN PROTOCOLE, UNE AUTRE POUR LE TESTER).

Il nous reste 7 hypothèses à tester. Cette fois-ci, c'est aux enfants d'établir des protocoles rigoureux, et bien sûr, cela n'est pas simple, quand on a entre 4 et 6 ans !

Les huit enfants se répartissent donc en trois groupes et chaque groupe choisit une hypothèse.

Lors de la première séance, les enfants choisissent une hypothèse et rédigent le protocole pour la tester. Le lendemain, les enfants doivent le mettre en place eux-mêmes le protocole rédigé. Chaque groupe doit expliquer aux autres groupes en quoi consiste l'expérience qu'ils ont imaginée. Les autres enfants doivent vérifier la validité de l'expérience (notamment, ils doivent vérifier s'il n'y a bien qu'une seule variable testée, et si, hormis cette variable, les toupies sont identiques). Ensuite, l'expérience est menée devant tout le monde, et les conclusions sont tirées collectivement.

L'UN DES GROUPES VEUT TESTER L'HYPOTHESE : « L'AXE DE LA TOUPIE DOIT ETRE BIEN VERTICAL ».

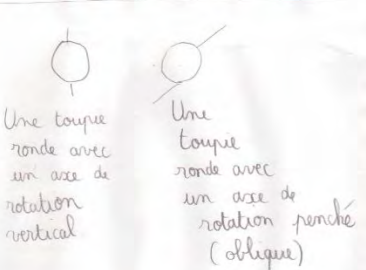


Comme prévu, l'exercice est difficile. Les enfants établissent un protocole expérimental pour tester cette hypothèse, mais sur le schéma, on voit que les toupies dessinées par les enfants n'ont pas toutes la même forme. Cela fait une variable supplémentaire qui peut fausser les résultats. Le maître guide donc les enfants pour établir un protocole plus rigoureux, où la seule variable à prendre en compte est l'angle de l'axe.

L'hypothèse que nous voulons tester :

L'axe de rotation doit être vertical.

Le protocole que nous avons imaginé :



Une toupie ronde avec un axe de rotation vertical

Une toupie ronde avec un axe de rotation penché (oblique)

Notre expérience et ce que nous avons observé :

La toupie avec le baton vertical tourne bien.

La toupie avec le baton penché ne tourne pas bien.

Ce que nous devons conclure :

La seule toupie qui fonctionne est celle avec le baton vertical, donc il faut que le baton soit bien vertical.



L'expérience menée permet de valider l'hypothèse « l'axe de rotation doit être vertical ».

LE DEUXIEME GROUPE VEUT TESTER L'HYPOTHESE : « L'AXE DE ROTATION DOIT ETRE AU MILIEU ».



Ce groupe aussi a eu du mal à établir le protocole, comme le montre le dessin. Dans leur protocole, ces enfants testaient la variable « forme de la toupie », et non par celle de la position de l'axe. Là aussi, les enfants doivent être accompagnés du maître pour établir un protocole juste.

L'hypothèse que nous voulons tester :
 Nous pensons que l'axe de rotation doit être au milieu.

Le protocole que nous avons imaginé :

Une toupie avec un axe de rotation au milieu

Une toupie carrée avec un axe de rotation sur le côté

Notre expérience et ce que nous avons observé :

La toupie avec l'axe de rotation au milieu tourne.
 La toupie avec l'axe de rotation sur le côté ne tourne pas.

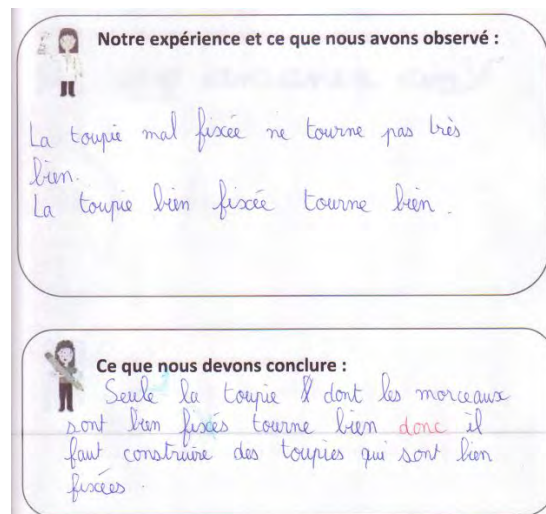
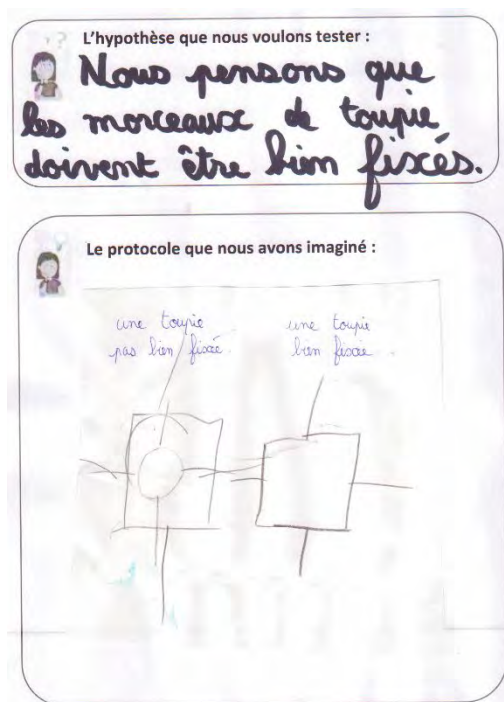
Ce que nous devons conclure :
 La seule toupie qui fonctionne est celle qui a l'axe de rotation au milieu donc que l'axe de rotation soit au milieu



L'expérience menée permet de valider l'hypothèse « l'axe de rotation doit être au milieu de la toupie ».

DEUX ENFANTS CHOISSENT DE TESTER L'HYPOTHESE « LES ELEMENTS DE LA TOUPIE DOIVENT ETRE BIEN FIXES ».

Ces deux enfants sont les seuls qui ont réussi à établir rapidement un protocole expérimental parfait, ne prenant en compte qu'une seule variable. Ils n'ont pas eu besoin de l'adulte et ont été chaudement félicités par toute la classe pour cette réussite.



L'expérience menée permet de valider l'hypothèse « les éléments de la toupie doivent être bien fixés ».

SEANCE 9 ET 10 (UNE SEANCE POUR ETABLIR UN PROTOCOLE, UNE AUTRE POUR LE TESTER).

4 hypothèses sont encore à tester. Les enfants sont huit, la répartition en groupes de deux est facile.

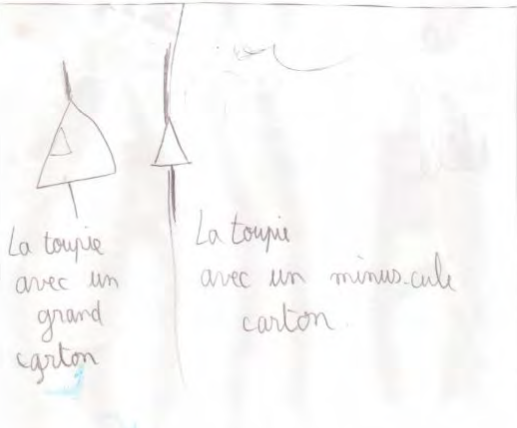
Les enfants établissent leurs protocoles. Forts de leurs expériences et difficultés, mais aussi de celles de leurs camarades, les enfants parviennent cette fois très bien à établir des protocoles expérimentaux ne prenant en compte qu'une seule variable ! Le maître n'a presque pas besoin de guider les enfants et ceux-ci sont très efficaces.

DEUX ENFANTS TESTENT L'HYPOTHESE « NOUS PENSONS QUE LE CARTON DOIT ETRE PETIT ».

 **L'hypothèse que nous voulons tester :**

Nous pensons que le carton doit être petit.

Le protocole que nous avons imaginé :



La toupie avec un grand carton

La toupie avec un minuscule carton

 **Notre expérience et ce que nous avons observé :**

On a vu que les deux toupies tournaient bien.

Ce que nous devons conclure :

Les grandes toupies et les petites toupies tournent aussi bien

L'hypothèse « nous pensons que le carton doit être petit » est invalidée. Cette fois-ci, l'incrédulité est moins grande que la première fois, les enfants ayant compris que leurs hypothèses étaient à vérifier.

DEUX ENFANTS TESTENT L'HYPOTHESE « NOUS PENSONS QUE LE CARTON DOIT ETRE EN HAUT ».

 **L'hypothèse que nous voulons tester :**
Nous pensons que le carton doit être en haut.

 **Le protocole que nous avons imaginé :**



Une toupie avec le carton qui est en haut.



Une toupie avec un carton qui est en bas.

 **Notre expérience et ce que nous avons observé :**

On voit que la toupie avec le carton en bas tourne mieux que celle avec le carton en haut.

 **Ce que nous devons conclure :**
Pour construire une toupie, il faut que le carton soit en bas.

Là encore, **l'hypothèse est invalidée**. Les enfants se rendent même compte que le bon principe était le principe inverse de celui de leur hypothèse ! Pas de surprise non plus, d'autant plus qu'à force de manipuler des toupies, ils commençaient à s'en douter.

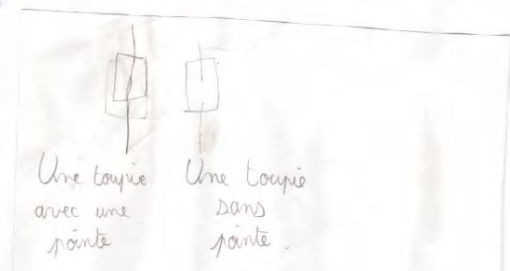
DEUX ENFANTS TESTENT L'HYPOTHESE « LA TOUPIE DOIT TOURNER SUR UNE POINTE ».

Selon les enfants, le bâton sur lequel tourne la toupie doit avoir un bout pointu. Si le bout n'est pas pointu, cela ne marchera pas.

L'hypothèse que nous voulons tester :

Nous pensons que l'axe de rotation doit être pointu.

Le protocole que nous avons imaginé :



Une toupie avec une pointe

Une toupie sans pointe.

Notre expérience et ce que nous avons observé :

On voit que les deux toupies tournent bien.

Ce que nous devons conclure :

Les toupies sans pointe ou avec une pointe tournent aussi bien.

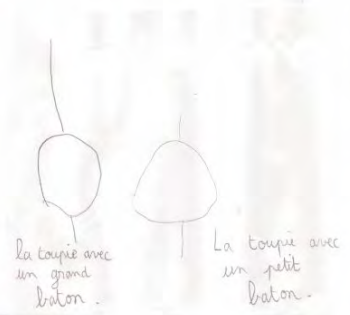
Une nouvelle hypothèse invalidée. A ce moment, il n'était pas possible de prévoir que le résultat de cette expérience aurait une conséquence étonnante quelques semaines plus tard.

DEUX ENFANTS TESTENT L'HYPOTHESE « LE BATON DE L'AXE DE ROTATION DOIT ETRE PETIT ».

L'hypothèse que nous voulons tester :

Nous pensons que le bâton de l'axe de rotation doit être petit.

Le protocole que nous avons imaginé :



La toupie avec un grand bâton.

La toupie avec un petit bâton.

Notre expérience et ce que nous avons observé :

La toupie avec le grand bâton ne tourne pas bien.
La toupie avec le bâton qui est petit tourne bien.

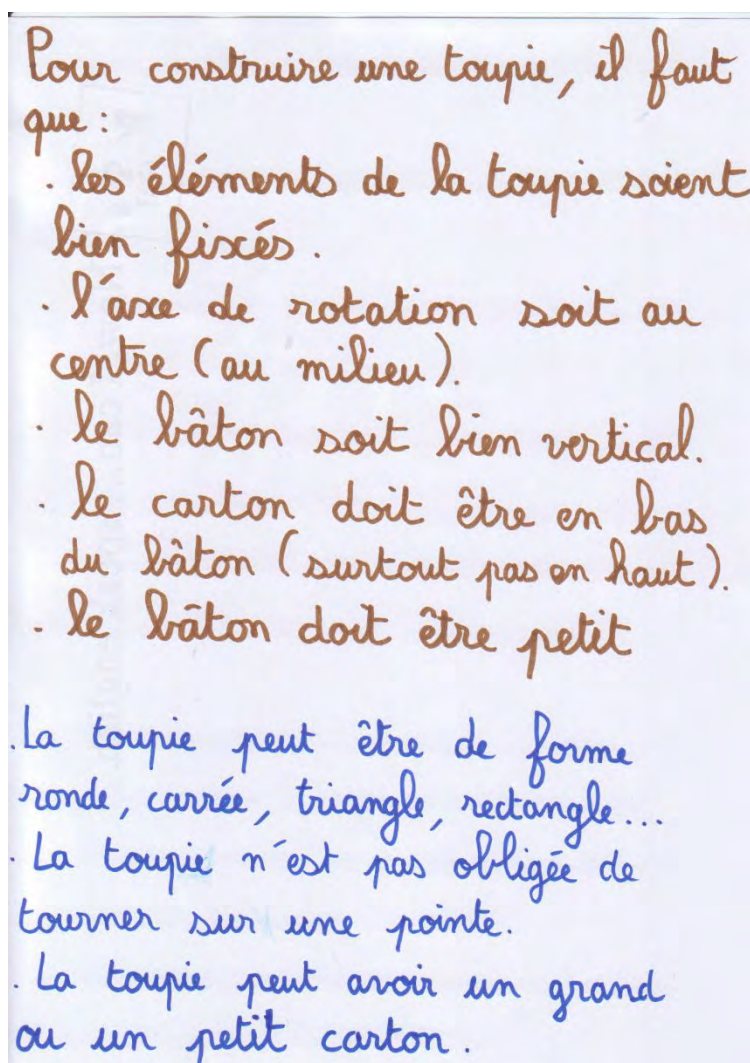
Ce que nous devons conclure :

Pour construire une toupie, il ne faut pas que le bâton soit trop grand.

Après trois hypothèses invalidées, les enfants parviennent, lors de cette quatrième expérience, à **valider cette hypothèse**. Cependant, bien que l'expérience ait fonctionné, le principe « le bâton de l'axe de rotation doit être petit » n'est pas tout à fait exact. Là encore, le résultat de cette expérience aura une conséquence inattendue quelques semaines plus tard.

SEANCE 11

Toutes nos expériences étant terminées, nous pouvons désormais en tirer les conséquences et établir les règles de fabrication de toupies.



Principes régissant le fonctionnement d'une toupie.

A ce moment-là, le maître juge important de faire remarquer aux enfants la qualité de leurs investigations. En effet, toutes les règles énoncées sur cette affiche ont été découvertes par les enfants eux-mêmes, au cours d'une démarche expérimentale très rigoureuse ! A aucun moment, quelqu'un leur a dit comment construire ces toupies. **Ce sont eux, par leurs recherches et avec un tout petit peu d'aide du maître, qui ont tout découvert.**

En prenant conscience de cela, les enfants sont très fiers d'eux !

COMMENTAIRE SUR LES NOTIONS SCIENTIFIQUES ABORDEES LORS DE CES EXPERIENCES.

Pour des enfants de Grande Section ou de CP, il est impossible de maîtriser tous les éléments de la physique de la toupie (pour le maître non plus, d'ailleurs). De plus, les toupies fabriquées par les enfants lors de ces expériences sont des modèles simplifiés. Pour cette raison, il y a quelques imprécisions dans plusieurs principes qu'ils ont énoncés.

Par exemple, le principe : « l'axe de rotation doit être au milieu du carton » serait plus juste si l'on parlait de centre de gravité, mais cela est trop compliqué pour ces enfants.

Un autre exemple : le principe « Il ne faut pas que le bâton soit trop grand » n'est pas exploitable scientifiquement, et cela posera d'ailleurs des problèmes aux enfants par la suite.

De plus, le vocabulaire employé par les enfants manque parfois de rigueur...

Cependant, le but des séances exposées plus haut était **d'amener les enfants à construire une démarche expérimentale exigeante à partir de laquelle ils pourraient tirer des conclusions**. En ce sens, l'objectif est pleinement atteint.

Les principes énoncés ci-dessus ne sont pas tout à fait justes, mais ils sont à la portée des enfants de 4, 5 et 6 ans qui les ont découverts...

La première partie de notre travail était terminée. Nous avions établi une liste de règles nous permettant de fabriquer des toupies.

Il ne nous restait plus qu'à utiliser ces principes pour fabriquer nos toupies. Ces toupies devaient être transparentes, et il faudrait que l'on puisse les remplir.

Même si j'avais une petite idée sur la manière de construire de telles toupies, je ne voyais pas du tout comment amener les enfants à découvrir eux-mêmes comment procéder, et je commençais à m'en inquiéter !

Heureusement, je n'étais pas le seul à m'en préoccuper, les enfants se posaient les mêmes questions que moi.

« - Comment on va faire, pour construire les toupies ? me demanda une élève de CP.

- Euh...Il va falloir qu'on y réfléchisse, répondis-je.

- On pourrait peut-être utiliser des bouteilles ! poursuivit-elle.

- Tu as des idées ? »

Elle avait des idées, et moi, j'étais soulagé !

IV - Fabriquer des toupies transparentes que l'on peut remplir.

Où l'on apprend à nos dépendants qu'en sciences, il ne faut jamais être sûr de rien.

Nous devons fabriquer des toupies transparentes, que nous pourrions remplir et vider nous-mêmes, pour pouvoir faire nos expériences sur les mélanges de liquide.

Pour cela, nous disposons :

- des principes que nous avons énoncés.
- de matériel de récupération.
- de notre imagination.

SEANCE 12

Quelques enfants exposent leurs idées pour fabriquer nos toupies. Il apparaît très rapidement que nous aurons besoin de matériel pour mener ce projet à bien.

Par conséquent, les enfants décident d'écrire un petit mot pour leurs parents.

Chers parents.
Peut-on avoir des
bouteilles en plastique
(eau, coca...) pour
fabriquer des toupies,
s'il vous plait.
Merci beaucoup.

Small handwritten signatures and names at the bottom:
villal ADRIEL, Siam, Léonore, KEL, HA, Méwenie, MALO

Lettre des enfants à leurs parents.

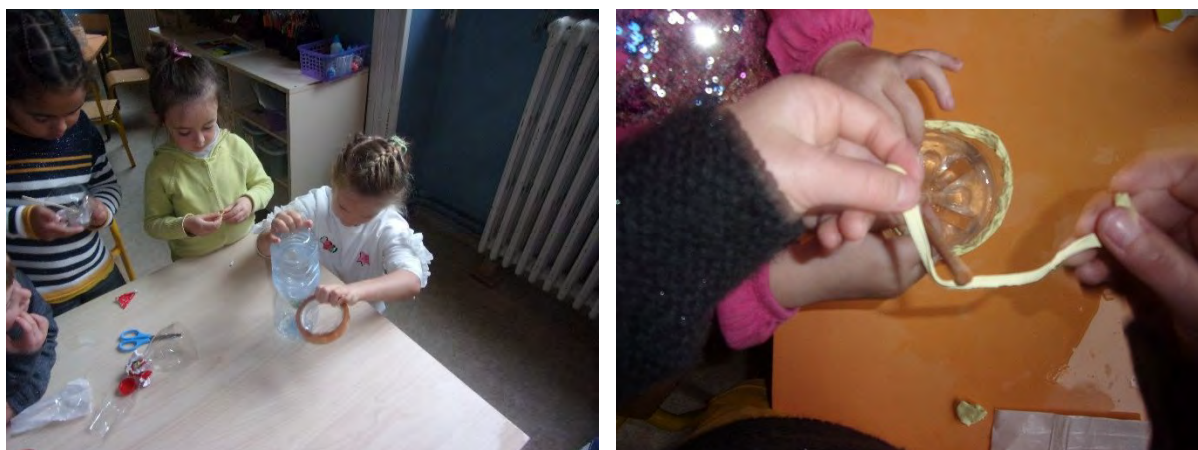
Le mot est collé dans les cahiers, et ce soir, ce sont les vacances d'automne. Deux semaines de vacances permettront aux familles de collecter des bouteilles, et au retour de celles-ci, la conception des toupies pourra commencer.

SEANCES 13 ET 14

Les enfants ont à leur disposition toutes sortes de matériaux pour construire leurs toupies. Parfois seuls, parfois en binômes, chacun chemine et tâtonne pour trouver un moyen de parvenir au but.



Disponibles à ce moment-là, quelques enfants de Moyenne Section viennent prêter leurs petites mains aux camarades plus grands pour les aider dans la réalisation de leur objectif.



Les enfants sont confrontés à un problème auquel ils n'avaient pas du tout pensé : les toupies doivent être étanches. Pour l'instant, aucune toupie ne l'est et le sol de la classe est inondé¹ !



¹ Ce fut loin d'être la dernière fois...



Petit à petit, certains enfants surmontent leurs problèmes d'étanchéité. .



A l'issue de deux séances (soit 90 minutes et de nombreuses flaques plus tard), les enfants ont terminé leurs prototypes de toupie. Chacun a quelque chose à proposer aux autres.

SEANCE 15

Les enfants présentent leurs toupies à leurs camarades.

Pour chaque toupie présentée, les élèves cherchent les réussites et les points à améliorer. Tout le monde a au moins un bon point à mettre en avant, ce qui permet de valoriser chaque production. Par ailleurs, personne n'a réussi à fabriquer une toupie qui fonctionne, ce qui montre à tous que le problème est difficile.



Cette toupie ne fonctionne pas. Les enfants expliquent que c'est normal : l'un des principes découverts lors des séances précédentes est que « la toupie ne doit pas avoir un grand bâton ». Ici, « le bâton est très grand, donc la toupie ne peut pas tourner ».



Ces toupies ne fonctionnent pas. Là encore, c'est normal : lors des expériences précédentes, « nous avons découvert que les cartons doivent être en bas du bâton ». Ici, le carton, remplacé par les bouteilles « est en haut ». Cela est contraire au principe que nous avons découvert précédemment.

Cela dit, même en mettant la bouteille en bas, cela n'a pas marché non plus : « le bâton est trop grand ».



Lors de nos expériences précédentes, nous avons découvert le principe : « on n'est pas obligé d'avoir une pointe au bout du bâton » qui fait l'axe de rotation. Ces élèves se sont servis de ce principe... et ont supprimé le pivot sur lequel tourne la toupie. Les toupies ne fonctionnant pas, les élèves ont cherché ce qui n'allait pas. Ils ont rapidement remarqué que la toupie « n'avait rien sur quoi tourner ». Devant ce constat, il a donc été décidé de préciser l'un des principes, de la manière suivante :

On n'est pas obligé d'avoir une pointe au bout du bâton, **mais il faut tout de même que la toupie s'appuie sur quelque chose (un pivot) pour tourner.**

Ce petit ajustement apporté à ce principe nous a permis de consolider notre « théorie de la toupie ».

Mais la toupie qui nous est présentée ensuite ébranle encore plus les principes que nous avons énoncés...



Cette toupie ne fonctionne pas. Pourtant, en plus d'être étanche, elle respecte tous les principes que nous avons découverts :

- Elle est solide (les morceaux sont bien fixés).
- le bâton n'est pas trop grand.
- le fond de la bouteille est en bas.
- l'axe de rotation est au milieu et il est vertical.
- Il y a un pivot sur lequel tourner.
- la toupie est ronde, et cette forme, comme d'autres, a toujours bien fonctionné.

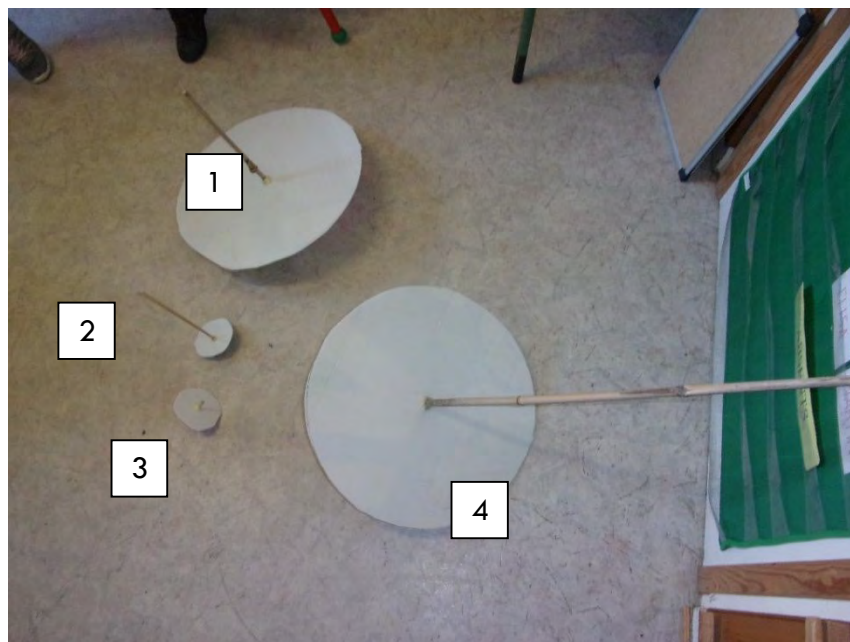
Cette toupie ne fonctionne pas alors qu'elle respecte toutes les règles que nous avons établies. Les enfants ne savent pas quoi penser, et surtout, ne savent pas comment surmonter le problème.

Le maître explique alors aux enfants qu'il vient de leur arriver quelque chose qui arrive souvent aux grands scientifiques : ils viennent de se confronter à la limite de leur théorie. Tous les principes qu'ils ont découverts ont fonctionné pour les petites toupies qu'ils fabriquaient jusqu'alors, mais cette toupie est plus compliquée, et si elle ne tourne pas, c'est que la théorie est incomplète.

Il va donc falloir trouver ce qui ne va pas dans la théorie et la corriger. Pour cela, le maître va les aider en les guidant un petit peu.

SEANCE 16

Le maître a apporté des toupies qu'il a lui-même fabriquées. Il les présente aux enfants et leur demande de deviner quelle toupie va bien tourner, et laquelle ne tournera pas.



Toupies fabriquées par le maître.

En se basant sur leurs découvertes, la majorité des enfants pense que les toupies avec des petits bâtons (toupies 2 et 3) seront les toupies qui fonctionneront. Les deux grandes toupies ne fonctionneront pas (toupies 1 et 4), « puisqu'elles ont un grand bâton ». Certains enfants, cependant, pressentent autre chose (et ce sont eux qui auront raison).

En effet, alors que l'on fait tourner les toupies, on constate :

- que les toupies 1 et 3 tournent.
- que les toupies 2 et 4 ne tournent pas.

Pourtant, le maître fait remarquer que le bâton de la toupie 1 (qui tourne) est plus grand que le bâton de la toupie 2 (qui ne tourne pas). Cela est contradictoire avec le principe « la toupie ne doit pas avoir un grand bâton ».

Les élèves qui avaient pressenti la bonne réponse commencent à comprendre qu'il ne s'agit pas de taille de bâton, mais de proportions entre l'axe vertical et l'axe horizontal (les enfants ne l'ont pas dit comme ça, c'était beaucoup moins explicite dans leur bouche, mais l'idée était là !).



Comparaison de la taille du bâton par rapport à la taille du disque.

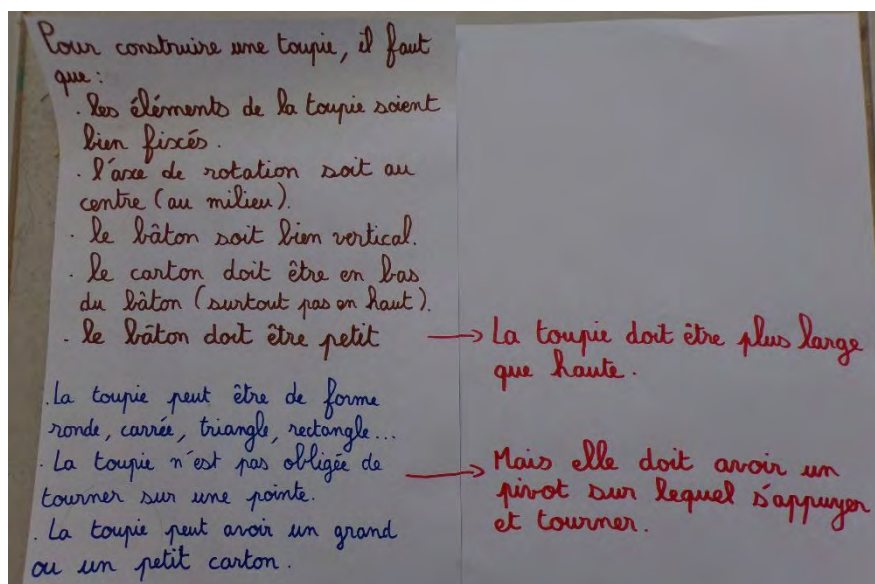
Pour vérifier cette hypothèse, nous faisons divers essais.



Et nous constatons que notre principe « la toupie ne doit pas avoir un grand bâton » n'était pas tout à fait exact. Nous le remplaçons donc par le principe suivant :

Pour tourner, une toupie doit être plus large que haute.

Avec notre théorie corrigée, nous allons désormais pouvoir résoudre ce problème de toupie.



Théorie revue et corrigée.

SEANCE 17

Tous ensemble dans le coin regroupement de la classe, nous cherchons comment faire évoluer nos prototypes pour obtenir enfin la toupie tant convoitée.

Une première idée est proposée par une élève.



De cette manière, la toupie est plus large que haute. Cependant, elle ne tourne pas très bien.



Voici une autre toupie, proposée par une autre élève. Il s'agit d'un « haut de bouteille », posé sur une feuille de papier. De cette manière, la toupie est plus large que haute. Elle pourrait donc fonctionner, mais la feuille de papier n'est pas solide et se déchirera quand on versera le liquide. De plus, la toupie n'a pas de pivot sur lequel tourner.



La feuille de papier est remplacée par du carton. C'est plus solide, mais ce n'est pas suffisant.



La planche de carton est remplacée par une planche en bois (celle de la chaise). L'idée est bonne, mais le maître s'y oppose : on ne détruit pas le mobilier scolaire.



Le maître propose de remplacer l'assise de la chaise par une planche de contreplaqué qu'il avait comme par hasard dans son sac (!), et les enfants acceptent l'idée. Nous avons donc désormais une toupie plus large que haute, que nous pourrions remplir avec un liquide. Cependant, il manque encore le pivot.



En guise de pivot, les enfants proposent un bouchon de bouteille de sirop. Les essais sont menés et sont concluants.



Voici donc à quoi ressembleront nos toupies une fois achevées. Le principe est validé par l'ensemble de la classe et mis par écrit.

Schéma de la toupie

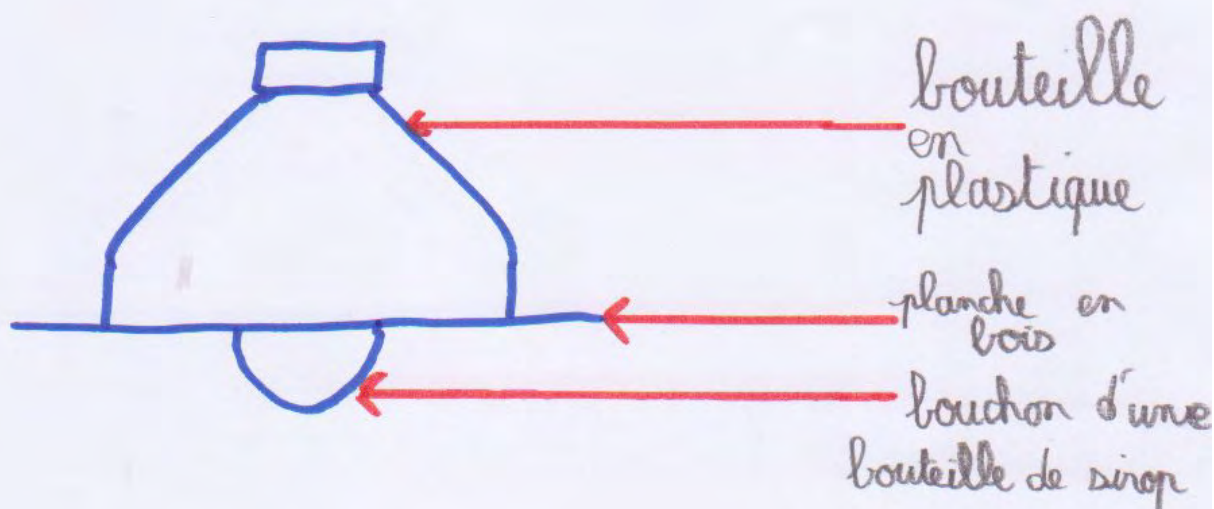


Schéma de la toupie que nous fabriquerons.

SEANCE 18

C'est le moment de fabriquer nos toupies ! Afin de régler définitivement les problèmes d'étanchéité, le maître propose aux enfants d'utiliser du silicone pour assembler tous les éléments. Chaque enfant choisit la forme de sa toupie et se lance dans sa fabrication.





Les premiers essais sont concluants.



Après 3 mois de recherche, les toupies sorties de notre atelier ont satisfait les enfants.

A l'issue de la dernière séance, je félicitai chaleureusement les enfants pour cette belle production collective et dressai un rapide bilan du chemin parcouru :

« Depuis que nous avons commencé à étudier les toupies, vous avez :

- Fabriqué tous seuls plein de toupies qui ont servi de base à vos observations**
- Etabli une liste d'hypothèses explicitant comment construire une toupie.**
- Testé chacune des hypothèses de manière très rigoureuse. Cela vous a conduit à en valider certaines et à en infirmer d'autres. Quand vous vous êtes rendus compte que vos hypothèses étaient fausses, vous avez su rebondir et en tirer de nouveaux critères de fonctionnement.**
- Tout cela vous a permis d'établir une liste de principe à respecter pour construire des toupies, et vous vous êtes servis de ces principes pour finalement fabriquer les toupies.**

Surtout, le plus important : tout ce que vous avez fait, vous l'avez fait seuls. Je n'ai fait que vous donner quelques coups de mains quand vous en aviez besoin, mais c'est vous qui avez tout découvert, comme le font tous les jours les chercheurs dans les laboratoires... »

Ce bilan a forcément réjoui les enfants, qui ont été à ce moment très fiers d'eux !

Deuxième partie

Chimie

La séquence sur les toupies devait être terminée avant les vacances d'automne.

Nous étions déjà presque en décembre, et nous étions loin d'avoir terminé notre projet...

Très souvent, une élève de CP me demandait :

« - Est-ce que nous allons encore parler de toupies, aujourd'hui ? »

Très souvent, je lui répondais :

« - Oui, après les maths, nous parlerons encore de toupies. »

A chaque fois, elle s'en allait sans répondre.

Cela fait plus de trois mois que nous travaillions sur les toupies, et je me disais qu'elle devait commencer à se lasser de tout cela.

Un jour, la même élève me demanda :

« - Est-ce que nous allons encore parler de toupies, aujourd'hui ? »

- Non, pas aujourd'hui. Nous avons autre chose de prévu.

- Ah bon ?

- Cela doit te faire plaisir !

- Oh bah noooooon ! Moi j'aime bien quand on parle de toupies ! »

En fait, elle n'en avait pas marre... J'étais content !

V - Rechercher ce que l'on peut mettre dans les toupies pour obtenir deux phases liquides.

Ou comment faire toutes sortes de taches salissantes.

Il allait maintenant falloir trouver quels liquides verser dans la toupie pour obtenir les deux phases.

Pour les enfants, la réponse à cette question était simple, et depuis le mois de septembre, ils avaient une idée bien arrêtée sur la manière de procéder.

La suite des événements leur a prouvé que le problème était bien plus complexe qu'ils le pensaient...

SEANCE 19

Pour les enfants, il est évident que dans la toupie, il suffit de verser de la peinture de différentes couleurs. Un protocole expérimental est rapidement rédigé. Il fait consensus et personne ne doute que la solution proposée sera la bonne.

 Que verser dans la toupie pour obtenir deux phases qui font des ronds quand la toupie tourne ?

 Le protocole que nous avons imaginé :

Je mets de la peinture jaune et bleue.



 Notre expérience et ce que nous avons observé :

Au début, on a vu 2 couleurs qui restaient sur le côté. Elles ne faisaient pas de ronds.
A la fin, on ne voyait que du vert.

 Ce que nous devons conclure :

Ça ne fonctionne pas avec de la peinture.



Deux constats s'imposent aux enfants :

- Les toupies ne sont pas encore tout à fait étanches.
- Leur idée ne fonctionne pas du tout.

Comme les enfants ont de la suite dans les idées, ils ont immédiatement un deuxième protocole à proposer. La peinture est cette fois-ci remplacée par de l'encre.

 Nous voulons que nos toupies aient 2 couleurs quand elles tournent comme la toupie modèle.

 Le protocole que nous avons imaginé :

On prend de l'encre bleue et de l'encre rose.



 Notre expérience et ce que nous avons observé :

Quand ça tourne, il n'y a pas deux couleurs dans la toupie. On ne voit que du bleu. On n'a pas vu le rouge.

 Ce que nous devons conclure :

Cette idée ne fonctionne pas.



Les deux mêmes constats que l'expérience précédente sont faits.

Résultat des courses : beaucoup de ménage à faire, mais pas la moindre idée sur ce qu'il faut mettre dans la toupie.



Une bonne nouvelle tout de même : les enfants de Moyenne Section, venus assister aux essais de leurs aînés, ont beaucoup ri.

SEANCE 20

Afin de trouver ce qu'ils peuvent verser dans leurs toupies, les enfants établissent une liste de produits susceptibles de convenir.

Que peut-on mettre dans
nos toupies pour obtenir 2
phases ?

- | | |
|-------------------|------------------|
| - sirop | - lait |
| - eau | - jus de fruit |
| - Perrier | - ketchup |
| - Coca | - vinaigrette |
| - chocolat | - moutarde |
| - sauce de viande | - limonade |
| - jus de fruit | - du drawing gum |
| - beurre fondu | |
| - mayonnaise | |
| - sable | |
| - glaçon | |

Liste de produits susceptibles de permettre l'obtention de deux phases.

SEANCES 21, 22 ET 23

Le maître apporte presque tous les produits demandés par les enfants. Avec des toupies colmatées au silicone, et cette fois-ci vraiment étanches, ceux-ci font des essais de mélanges jusqu'à trouver celui qui leur permettra d'obtenir ces deux phases tant convoitées.





Les Moyennes Sections trouvent très amusantes les expérimentations des GS et CP. Ils viennent les assister sur leurs expériences. Chaque GS ou CP prend un MS comme assistant. Très vite, les MS comprennent les enjeux de la recherche de leurs camarades et se prennent au jeu.

De nombreux essais sont réalisés. A chaque fois, les enfants présentent à leurs camarades le résultat de leurs essais. Très peu sont concluants. Tous les résultats sont consignés sur des affiches telles que celle-ci :

équipe	mélange testé	observations	conclusion
Bleuvin et Louane	Sauve + sirop de framboise	On voit 2 couleurs, mais le rouge et le bleu ne se mélangent pas	Ça fonctionne un peu
Malo et Amélie	Sauve + sirop de menthe	On voit du vert et du bleu	Ça ne marche pas
Kelvin et Capucine	Chocolat + coca	On ne voit que du coca	Ça ne marche pas
Suana et Zoé	Sauve de pomme + jus de pomme	On ne voit pas les 2 couleurs. On ne voit que le jus de pomme	Ça ne marche pas
Leanne et Lyane	Moutarde + jus de pomme	On voit des traces de moutarde et de jus de pomme. Les 2 ne se mélangent pas	Ça fonctionne
Maurice et Louange	Ketchup + sirop de framboise	On ne voit que du rouge	Ça ne marche pas
Adrien et Elhan	Beurre + moutarde	On voit 2 phases. Le beurre et la moutarde ne se mélangent pas	Ça fonctionne
Adrien et Kelvin	Coca + jus de pomme	On voit qu'il y a 2 phases	Ça ne fonctionne pas
Maurice et Louange	Lait + coca	On ne voit qu'une couleur	Ça ne fonctionne pas
Leanne et Capucine	Coca + jus de pomme	On ne voit qu'une couleur	Ça ne fonctionne pas
Lyane et Malo	Coca + menthe	On ne voit qu'une seule phase	Ça ne fonctionne pas
Suana et Zoé	Ketchup + beurre fondu	On voit qu'il y a 2 phases	Ça fonctionne
Bleuvin et Elhan	Sirop + beurre	On voit deux phases	Ça fonctionne
Kelvin	Jus de pomme + huile	On voit 2 phases et des bulles	Ça fonctionne
Malo et Amélie	Mayo + Moutarde	On ne voit qu'une phase	Ça ne fonctionne pas





Petit à petit, on obtient des résultats :

- **Le mélange « sable + sirop de framboise »** permet bien d'obtenir 2 phases. Cependant, on remarque que lorsqu'on agite la toupie, il n'y a pas de « mélange des deux phases », comme dans la toupie modèle. Ce mélange n'est donc pas concluant.
- **Le mélange « mayonnaise + jus de pomme »** fonctionne bien, mais quand on agite la toupie, c'est très difficile de mélanger les deux substances. Cependant, on sent qu'on s'approche du but.



- Les mélanges « ketchup + beurre fondu » et « sirop + beurre fondu » satisfont les enfants, qui ont trouvé que ces mélanges répondent à leurs exigences. Quand la toupie tourne, les deux phases sont visibles, et si on agite la toupie, les deux phases se mélangent. Cependant, les enfants déchantent très vite lorsque, deux jours plus tard, les mélanges ont figé, le beurre ayant refroidi...



Le mélange est liquide



Le mélange a figé

- Le mélange « jus de pomme + huile » est un mélange issu du hasard, comme il en arrive parfois en sciences... Lorsque les enfants ont établi une liste de produits qu'ils souhaitaient tester, ils n'avaient pas mentionné l'huile. Par contre, ils avaient demandé de la vinaigrette. Le maître, pour réaliser cette vinaigrette, a utilisé une bouteille d'huile qu'il a involontairement laissé traîner dans la classe. L'un des élèves s'en est saisi, et il s'est avéré que le mélange répondait aux attentes !



- Le mélange « huile + eau pétillante » a aussi très bien fonctionné.



- Le mélange « glaçon + vinaigrette » fonctionne bien. Le maître en profite pour expliquer aux enfants que la vinaigrette se fabrique avec de l'huile et du vinaigre.

Au fur et à mesure de leurs expériences, les enfants prennent conscience que l'huile mélangée à d'autres produits est un bon moyen d'obtenir deux phases dans nos toupies.

SEANCE 24

L'objectif que nous nous étions fixé, celui de réaliser des toupies contenant un liquide présentant deux phases, est enfin atteint. Pour les enfants, c'est une satisfaction d'avoir atteint leur objectif.

Pour garder une trace de nos apprentissages, nous réalisons un affichage. Des mots de vocabulaires que nous utilisons depuis plusieurs séances maintenant, sont mis par écrit.

Bilan des expériences sur le liquide dans les toupies.



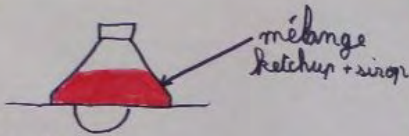
On voit deux couleurs.

La framboise est liquide mais le sable, non.

Le sable est dur (solide).

Le sable ne se mélange pas avec le sirop.

Pour nos toupies, il faut deux liquides.



Ketchup + sirop.
mélange homogène

On ne voit pas 2 phases.

On n'en voit qu'une seule.

Le ketchup et la framboise se sont mélangés.



eau pétillante + huile.
mélange hétérogène

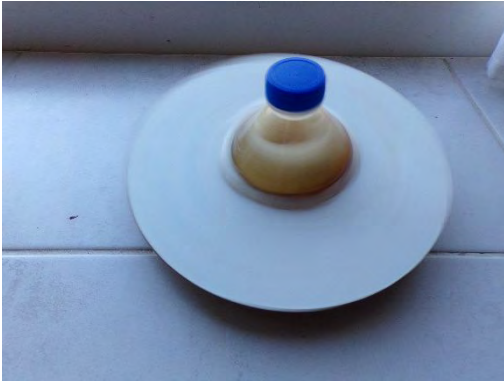
On voit deux phases.

Quand on mélange, on voit des bulles.

Quand la toupie tourne, on voit de nouveau deux phases.

L'huile et l'eau pétillante ne se mélangent pas.

Le résultat final de tout ce travail : les enfants ont réussi à fabriquer des toupies qui contiennent un liquide présentant deux phases lorsqu'elles tournent.



Une toupie fabriquée par les enfants : le liquide à l'intérieur est un mélange huile/vinaigre.

On voit bien les deux phases du liquide : l'objectif est atteint !

Nous étions au mois de décembre. Le projet de toupie arrivait à son terme. Les enfants touchaient au but et nous étions sur le point de conclure cette séquence.

Cependant, un courrier de l'Académie de Rennes attira à ce moment mon attention !

L'Académie de Rennes proposait un concours intitulé « la chimie de la cuisine ». Il s'agissait, pour les élèves, d'explorer le domaine de la chimie en prenant appui sur la cuisine. Libre à la classe de choisir le sujet de ses recherches.

Pour les enfants de GS et de CP de l'école des Tilleuls d'Evellys, le travail était presque déjà fait, puisqu'avec leurs toupies et tous leurs mélanges, ils avaient déjà acquis de bonnes connaissances sur la miscibilité des mélanges en cuisine.

Le concours proposait donc un prolongement tout naturel à l'important travail déjà mené par les élèves. Comme les enfants y étaient favorables, nous décidâmes alors de poursuivre nos investigations sur la chimie de la vinaigrette !

VI - La chimie de la vinaigrette.

Ou comment, avec un protocole expérimental tiré par les cheveux, on peut résoudre un problème.

Nous avons constaté que l'huile et le vinaigre ne se mélangeaient pas. Pourtant, dans la vinaigrette du commerce, ces deux produits sont intimement mêlés.

Une question s'est alors posée à nous : comment faire pour mélanger l'huile et le vinaigre de la vinaigrette ?

SEANCE 25 ET 26

Jamais à court d'idées, les enfants ont de nombreux protocoles à proposer pour mélanger l'huile et le vinaigre de la vinaigrette.

 Comment mélanger l'huile et le vinaigre de la vinaigrette ?

 Le protocole que nous avons imaginé :

Mettre le vinaigre en premier et l'huile en deuxième.



 Notre expérience et ce que nous avons observé :



On voit du marron et du jaune.

 Ce que nous devons conclure :

Ça ne fonctionne pas.

Comment mélanger l'huile et le vinaigre de la vinaigrette?

Le protocole que nous avons imaginé :

 Je vais mettre la peinture avec du vinaigre et de l'huile.

Notre expérience et ce que nous avons observé :

 On voit 2 phases.

Ce que nous devons conclure :

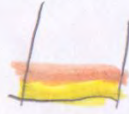
Ça ne fonctionne pas.

Comment mélanger l'huile et le vinaigre de la vinaigrette?

Le protocole que nous avons imaginé :

 On secoue l'huile et le vinaigre pendant une minute.

Notre expérience et ce que nous avons observé :

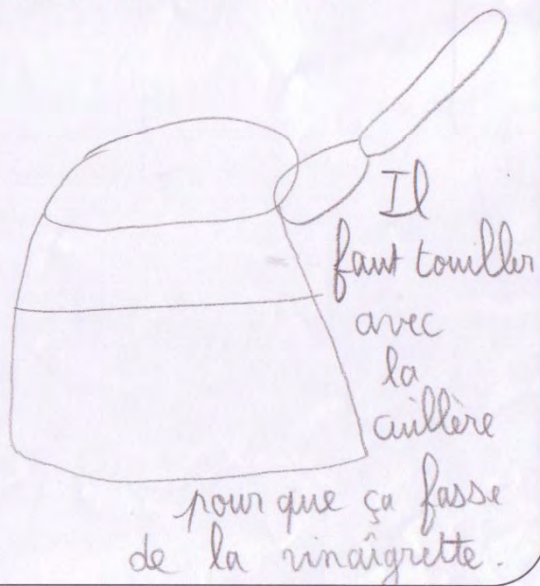
 On voit deux phases.
Ça n'a pas marché.

Ce que nous devons conclure :

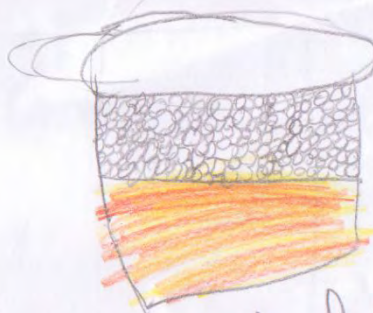
Ça ne fonctionne pas.

Comment mélanger l'huile et le vinaigre de la vinaigrette?

Le protocole que nous avons imaginé :



Notre expérience et ce que nous avons observé :



On a vu des bulles et on avait vu du jaune (huile) et du vinaigre (orange).

Ce que nous devons conclure :

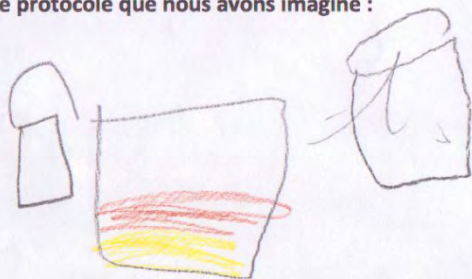
Ça n'a pas marché.



Comment faire pour mélanger
l'huile et le vinaigre de
la vinaigrette?



Le protocole que nous avons imaginé :



Je vais d'abord mettre
l'huile et après, le
vinaigre.



Notre expérience et ce que nous avons observé :



On voit des
bulles et on
bas le vinaigre
et en haut de
l'huile.

Il y a 2 phases.



Ce que nous devons conclure :

Ce ne fonctionne pas.

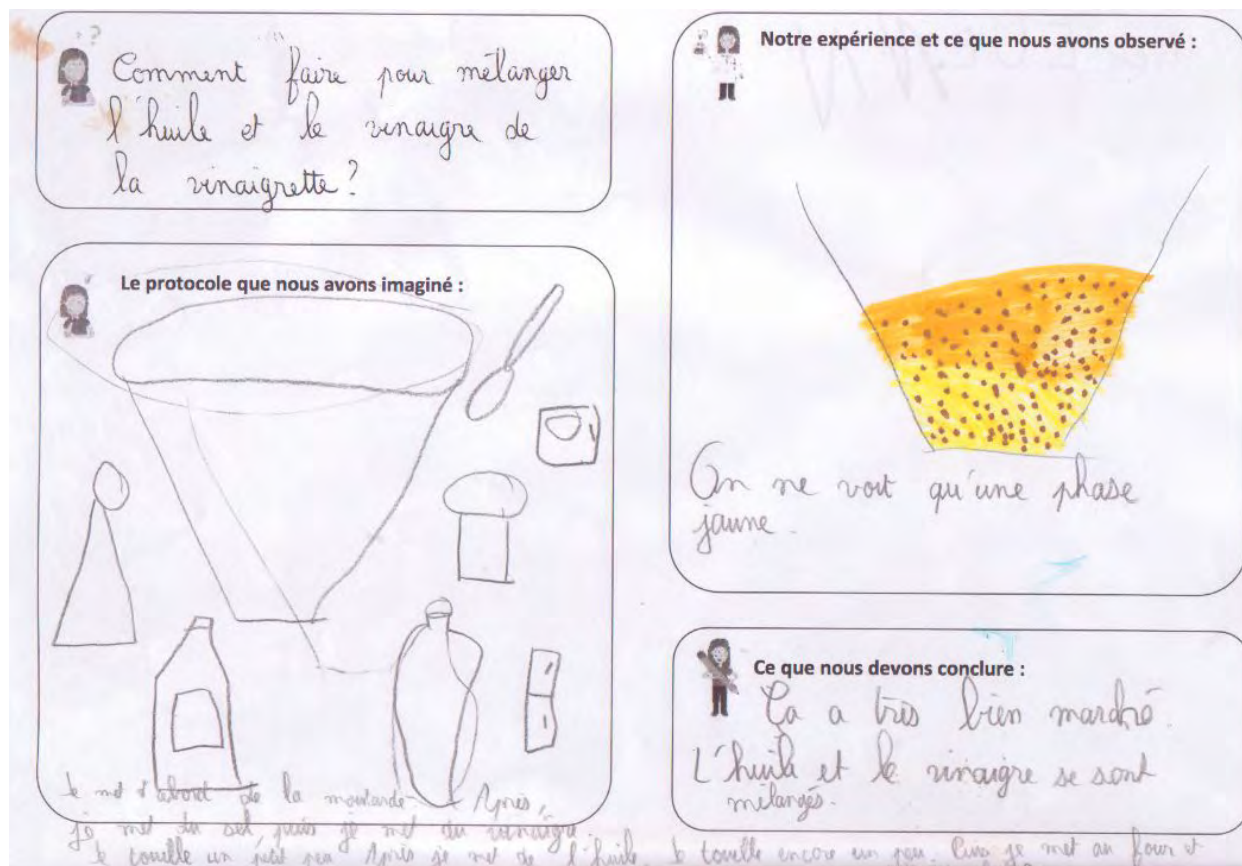


Les enfants, après **de nombreux essais**, ne sont pas parvenus à mélanger ces deux liquides.

A un certain moment, une élève (sûrement animée par le désespoir de ne pas trouver de solution) propose un protocole très saugrenu.

« Je mets d'abord de la moutarde. Après, je mets du sel, puis je mets du vinaigre. Je touille un petit peu. Après, je mets de l'huile. Je touille encore un peu. Puis, je mets au four (à micro-onde), et après au frigo. »

Nous mettons donc en œuvre ce protocole et... satisfaction des enfants : nous avons une vinaigrette dans laquelle l'huile et le vinaigre sont mélangés !



Le protocole proposé a permis de fabriquer une vinaigrette. Mais une question se pose : qu'est-ce qui a permis de mélanger l'huile et le vinaigre ? Est-ce le sel ? La moutarde ? Le passage au four à micro-onde ? Le passage dans le frigo ? La combinaison de plusieurs de ces facteurs ?

C'est la question à laquelle nous devons désormais répondre.

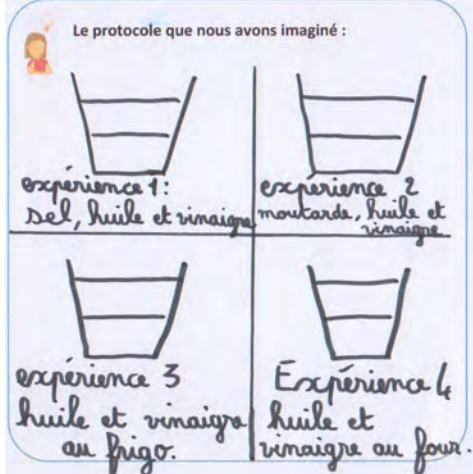
SEANCE 27

Il s'agit pour nous de déterminer quel est le facteur qui a permis de mélanger l'huile et le vinaigre lors de notre précédente expérience.

Comme lors de nos expériences sur les toupies, il s'agit ici de proposer un protocole dans lequel une seule variable sera modifiée.

Le protocole suivant est donc rédigé, puis mis en place collectivement :

? Est-ce le sel, la moutarde, le four ou le frigo qui a permis de mélanger l'huile et le vinaigre?



Les résultats de nos expérimentations :

Mélange sel + huile + vinaigre : nous avons toujours deux phases.

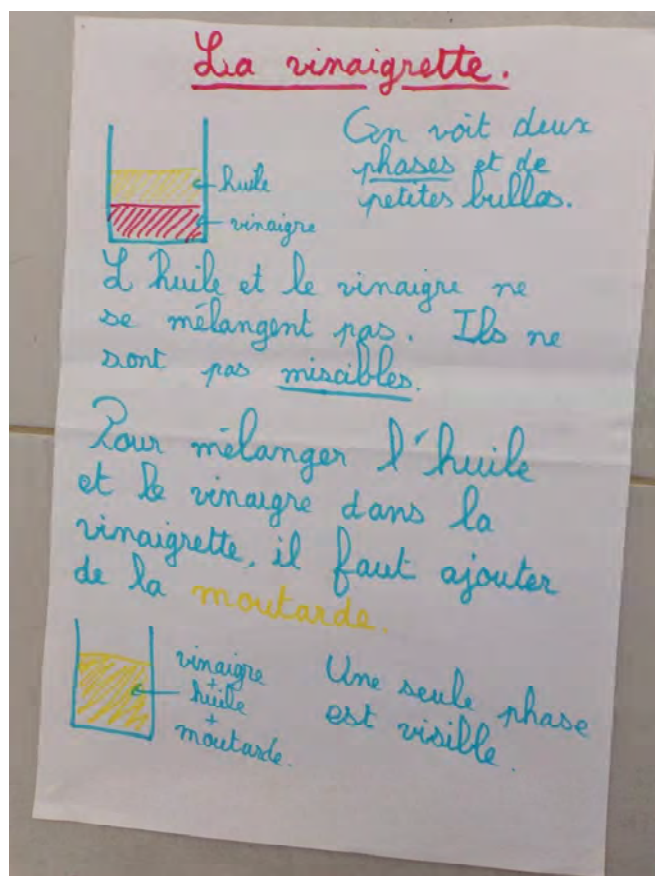
Mélange huile + vinaigre dans le four à micro-onde : c'est un échec cuisant. Après une minute dans le micro-onde, le mélange a bouilli, et le micro-onde en a été aspergé².

Mélange huile + vinaigre dans le frigo : Après 10 minutes dans le congélateur, il y avait toujours deux phases distinctes. Le lendemain, après une nuit dans le congélateur, nous avons un beau glaçon... présentant deux phases distinctes.

Mélange huile + vinaigre + moutarde : Après quelques coups de cuillère, nous avons réussi à mélanger l'huile et le vinaigre. Nous savions enfin ce qu'il fallait faire pour mélanger ces deux liquides.

SEANCE 28

Les enfants dressent le bilan des apprentissages.



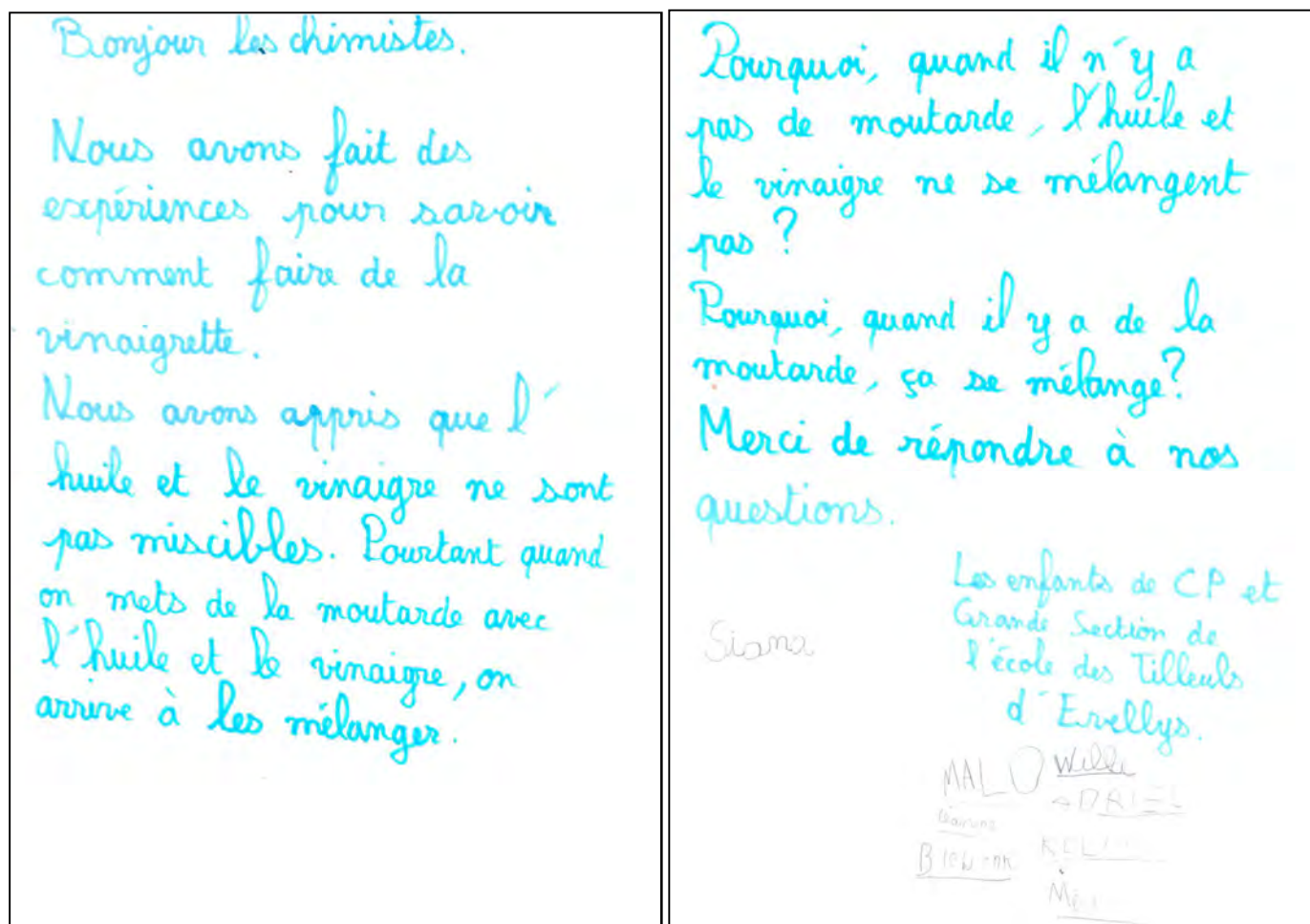
² A la vue de ce résultat, le maître se dit qu'il devra nettoyer le micro-onde, ce soir-là, quand les enfants seront rentrés chez eux. Cependant, il a oublié, et c'est l'ATSEM de la classe qui s'en rend compte le lendemain, lorsqu'elle fait réchauffer son repas dans le four ! Le maître en est désolé... Heureusement que l'ATSEM est patiente et tolérante !

Cependant, une question se pose. **Pourquoi l'huile et le vinaigre qui ne sont pas miscibles, se mélangent-ils quand on leur ajoute de la moutarde ?**

Les enfants n'ont pas la réponse à cette question. Mais comment faire pour l'obtenir ?

Les enfants proposent de faire des expériences, mais le maître leur explique qu'à son avis, le sujet est beaucoup trop compliqué pour que des enfants de GS et CP puissent y répondre avec des expériences.

Les enfants proposent donc de demander à leurs parents. Le maître leur dit que rien ne garantit que leurs parents aient la bonne réponse. Cependant, l'idée de demander à un tiers qui maîtrise mieux le sujet est bonne, et le maître propose que les enfants écrivent une lettre à des chimistes, des gens dont le métier est de s'intéresser à ce qu'il se passe au cœur de la matière. Les enfants sont enchantés de cette idée, et rédigent aussitôt le courrier.



Courrier des élèves envoyé au Laboratoire de Biologie et Chimie Marine de l'Université de Bretagne Sud.

A noter qu'à ce moment de l'année, les enfants de CP sont encore peu lecteurs, et ceux de GS ne savent pas du tout lire. A aucun moment, un enfant a imaginé qu'une recherche documentaire dans les livres ou sur Internet aurait pu lui apporter la réponse. C'est amusant, car dans quelques années, ce sera le moyen qu'ils privilégieront dès qu'ils auront un questionnaire...

Au mois de janvier, nous faisons une petite pause et délaissions temporairement notre projet de chimie. Nous avons d'autres domaines disciplinaires à travailler, et nous devons nous y consacrer. En attendant la réponse des « chimistes », nous nous attelions donc à d'autres tâches.

Cette pause n'était pas du goût des élèves.

« - Est-ce que nous allons parler de toupies, aujourd'hui ? me demanda une élève.

- Non, on en reparlera après les vacances de février.

- Ooooooh, ça fait longtemps qu'on n'a pas parlé de toupie ! », répondit-elle en maugréant.

Les filles, en CP, se demandaient si les chimistes avaient répondu à notre lettre.

« Non, pas encore, mais c'est de ma faute, je viens juste de la poster » (cette réponse m'a valu un regard choqué).

Pendant ce temps, les garçons de GS révisaient. D'eux-mêmes, ils se sont remis à fabriquer des toupies avec les jouets de la classe. Ils inventent un modèle inédit et doivent se remémorer quelques-uns des principes découverts pour construire leur toupie.



La fièvre des toupies se propage, et les enfants de MS, puis de PS, s'y mettent !



Heureusement, les portes ouvertes de l'école sont l'occasion de se rappeler de nos expérimentations. Un atelier est consacré à nos toupies. Les enfants expliquent à leurs parents la problématique et laissent leurs parents tenter d'y répondre. Le vocabulaire est précis, les parents sont impressionnés.



VII - La vinaigrette au niveau moléculaire.

Quand les GS et CP prennent beaucoup d'avance sur le programme scolaire !

Pendant les vacances du mois de février, les enseignants-chercheurs à qui nous avons écrit nous ont répondu.

Leur réponse est très détaillée, très technique et très précise.

Bref, leur réponse est parfaite, et nous permet de poursuivre nos investigations.

Bonjour Adriel, Bleuënn, Kélian, Léanne, Malo, Méwenn, Siana et Willa,

Bravo, vous avez découvert un émulsifiant et le principe de l'émulsion.



Toutes les matières comme l'huile et le vinaigre sont composées de molécules. Les molécules qui composent l'huile sont des molécules que l'on dit grasses, on dit qu'elles sont lipophiles (qu'elles aiment la graisse). Et quand les molécules aiment la graisse, elles n'aiment pas l'eau, on dit qu'elles sont hydrophobes. Alors que le vinaigre est en majorité composé d'eau et de molécules hydrophiles (elles aiment l'eau) et par conséquent, elles n'aiment pas la graisse, elles sont lipophobes.



Huile

Lipophile

Hydrophobe



Vinaigre

Hydrophile

Lipophobe

Donc les molécules qui composent l'huile et celles qui composent le vinaigre ne s'aiment pas. Elles n'arrivent pas à se trouver des points communs et donc ne peuvent pas se mélanger. C'est pour ça que quand on met de l'huile avec le vinaigre, cela ne se mélange pas. On fabrique alors une solution avec 2 phases, l'huile se trouve en haut et le vinaigre en bas. Avez-vous remarqué ?

La moutarde est un mélange qui contient des molécules lipophiles, hydrophiles et des émulsifiants (tensioactifs). Un tensioactif c'est une grande molécule qui aime l'eau et la graisse par deux cotés différents. Elle permet donc de faire le lien entre les molécules hydrophiles et les molécules lipophiles à l'intérieur de la moutarde mais aussi si on ajoute d'autres molécules hydrophiles et lipophiles. C'est pour ça que quand on met ensemble de l'huile, du vinaigre et de la moutarde, et que l'on secoue fort, ils se mélangent. Et on obtient quelque chose avec une seule phase que l'on appelle émulsion. C'est une émulsion car c'est un mélange de deux substances qui ne sont pas miscibles qui donne l'impression de se mélanger mais que si on laisse le mélange reposer, les deux substances finissent par se séparer même si on a mis un émulsifiant. Avez-vous essayé de laisser le mélange vinaigre/huile/moutarde reposer ?

Si on regarde l'émulsion avec un microscope, on peut voir que des gouttes d'huile se promènent dans l'eau (comme sur l'image). On dit alors que les gouttes d'huile sont dispersées dans l'eau.



En espérant avoir répondu à vos questions 😊

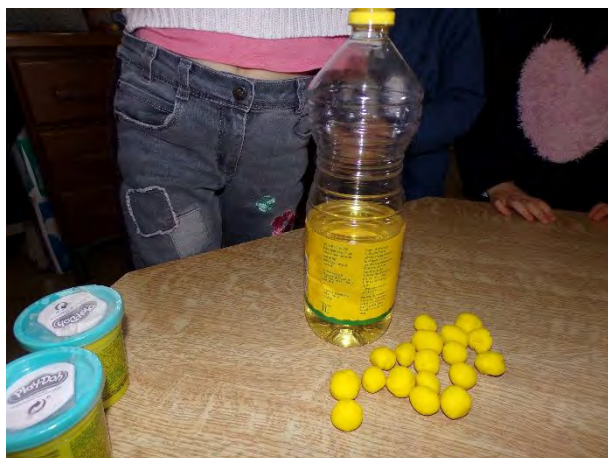
Bonne journée

La réponse des chercheurs du Laboratoire de Biologie et Chimie Marine de l'Université de Bretagne Sud.

SEANCE 29

Le maître lit d'une traite la réponse des « chimistes ». Les enfants sont morts de rire : ils n'ont rien compris !

La lettre est reprise petit à petit, et chacune des phrases des « chimistes » est expliquée tranquillement. Pour aider à la compréhension, de la pâte à modeler et des jeux de classe servent à modéliser une vinaigrette. Un microscope nous permet même de regarder un agrandissement de la vinaigrette.



Les enfants comprennent fort bien ce qu'il se passe au niveau moléculaire dans la vinaigrette.

SEANCE 30 ET 31

Pour rendre compte de leurs apprentissages, les enfants réalisent un film. Avec des enfants de GS ou de CP qui ne savent pas ou peu lire, inutile d'écrire un scénario ou des dialogues...

Alors, les grandes étapes du film sont définies, puis, face caméra, chacun improvise son rôle et restitue ce qu'il a compris.

Il en résulte un film³ de 6 minutes décrivant de manière très amusante ce qu'il se passe au niveau moléculaire dans la vinaigrette.

Les enfants sont très fiers de leur film. Le maître est très fier de ses élèves.

NOTE SUR LE CONTENU DU FILM :

Pour réaliser le film, les enfants se sont servis très fidèlement de la lettre écrite par les enseignants-chercheurs.

Cela leur a permis d'aller très loin dans l'exploration de la matière.

Dans la lettre des « chimistes », il n'est pas fait mention de « micelles », et pour cette raison, cela n'a pas été abordé en classe par les enfants. Il en résulte une erreur de modélisation que les enfants ne perçoivent pas car ils n'en ont pas connaissance (à 4 min 35 s, lorsque les enfants disent « voilà la vinaigrette »).

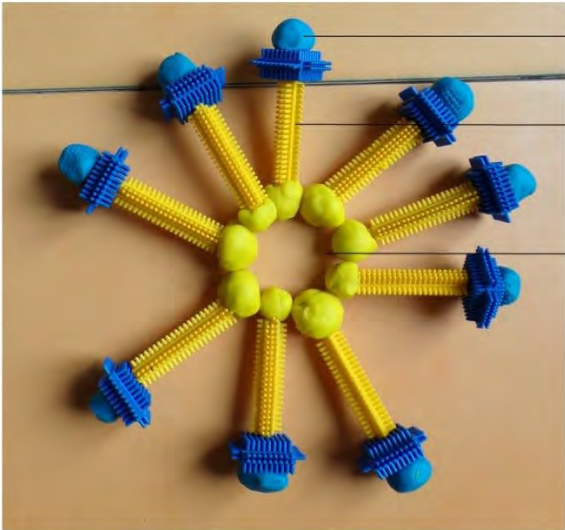
Cependant, le maître choisi de ne pas préciser ce point aux élèves, car les connaissances travaillées dans cette partie de la séquence sont déjà bien au-delà de celles attendues en maternelle ou CP. Par ailleurs, cela aurait été bizarre si le maître se mettait à compléter la réponse des chimistes (en effet, pourquoi avoir alors écrit aux chimistes alors que le maître avait la réponse ?).

Cependant, sur le site Internet de l'école, où est publié le film pour que les parents puissent le voir, le maître a ajouté un petit article sous la vidéo, expliquant la formation des micelles. Comme cela, les parents pourront en apprendre un peu plus !

Petit commentaire additionnel, pour les curieux.

Pourquoi, même avec la moutarde, l'huile et le vinaigre ne se mélangent-ils pas tout à fait ?

En fait, l'huile et le vinaigre ne se mélangent pas du tout, car au niveau microscopique, les deux liquides restent bien séparés. Les molécules tensioactives (celles de la moutarde) se placent de telle manière qu'il se forme des micelles : des petites gouttelettes d'huile qui baignent dans une phase aqueuse (le vinaigre). C'est cela, une émulsion. Si on laisse tout cela reposer, les micelles finissent par se rejoindre et reforment une phase distincte de la phase aqueuse : l'huile s'est séparée de l'eau.



Représentation symbolique d'un micelle dans la vinaigrette.

Les molécules de l'huile se sont regroupées au milieu et sont ainsi séparées de l'eau du vinaigre.

Voir photo pour plus de détails.

Extrait du site Internet de l'école.

³ Le film est disponible sur Youtube : <https://www.youtube.com/watch?v=VJ0HajEhu2c>

Dès sa diffusion auprès des familles de l'école, le film a rencontré son petit succès !

Les parents ont apprécié ce film et félicité leurs enfants. Ils ont souligné la qualité de leurs apprentissages et se sont rendu compte... que leurs enfants ont pris beaucoup d'avance sur le programme de sciences !

Cela n'a pas été sans poser quelques problèmes :

Conversation entre un élève de GS et sa maman.

« - Maman, ça ressemble à quoi, en vrai, une molécule ?

- Euh... Je sais pas. Demande à ta sœur ! »

Le film a été réalisé au mois de mars. Les résultats du concours de l'Académie de Rennes ne furent promulgués que le 5 juin. Il a donc fallu patienter.

En attendant, les PS et MS ont continué de construire des toupies. Leurs constructions sont devenues de plus en plus compliquées. Même si ces enfants n'ont pas suivi la démarche expérimentale de leurs aînés, ils ont commencé à pressentir comment construire des toupies efficaces !



A la mi-mai, les enfants ont été invités à aller à Rennes le 5 juin, pour assister à la cérémonie de remise des prix. A ce moment, tout le monde ignorait les résultats du concours.

Le 5 juin (un mercredi, jour sans école), les enfants de GS et CP se sont donc rendus en minibus à Rennes (à 1h30 de l'école) afin de connaître les résultats de ce concours.

Puisque les enfants ont fait tout ce chemin jusqu'à Rennes, ils en ont profité, avant la cérémonie, pour aller visiter le « laboratoire de Merlin », à l'Espace des Sciences. Cela leur a permis de continuer à s'amuser et à se questionner avec les sciences.



Et finalement, à 14h, au rectorat de Rennes, les enfants ont eu la joie d'apprendre que leur film sur la chimie de la vinaigrette leur a permis de se classer « premiers » de la catégorie « école » du concours académique de « la chimie de la cuisine ».

C'est une conclusion mémorable, à la hauteur de la séquence de science qui a amené ces enfants jusque-là. A l'école, enfants, parents et enseignants ne cachent pas leur fierté.



Bilan d'une année de sciences.

Une petite toupie trouvée dans un garage a été le point de départ d'une séquence de science qui a tenu en haleine 8 enfants de GS et CP durant toute une année scolaire.

Cette petite toupie les a amenés à se questionner, à observer, à expérimenter, à douter, à se remettre en question, à manipuler, à être créatifs, inventifs, à relever des défis, à surmonter des obstacles, à comprendre des phénomènes scientifiques... Bref, à développer chez eux les compétences de vrais petits chercheurs en sciences.

Elle leur a permis de toucher du doigt quelques notions de physique très complexes, telle que le centre de gravité. Elle leur a permis d'apprendre quelques notions de chimie : la miscibilité, la nature des émulsions, l'existence des molécules... Elle leur a permis de rendre compte de leurs apprentissages en se mettant en scène dans une petite vidéo.

Elle leur a permis de prendre plaisir avec les sciences. Elle leur a donné envie de jouer, de s'amuser et de s'émerveiller. Elle leur a montré que la curiosité est parfois un joli défaut.

Elle les a amenés à communiquer avec de vrais scientifiques⁴, et leur a fait découvrir que la recherche scientifique est un métier exercé au quotidien par des femmes et des hommes.

Elle a créé des vocations, et certains de ces élèves ont désormais envie de poursuivre une carrière de scientifique et de « savoir des choses sur les molécules ».

Bref, un bien joli bilan, pour ce petit jouet en plastique...

⁴ Les enseignants-chercheurs du LBCM ont d'ailleurs été très fiers du travail réalisé par les enfants, et l'ont mis en valeur sur leur site internet : <http://www.actus.univ-ubs.fr/fr/index/articles-chroniques/service-recherche/la-moutarde-monte-au-nez-du-lbcm.html>

ANNEXE 1 : compétences travaillées lors de cette séquence.

EN TECHNOLOGIE

Compétences :

- Observer un objet technique. Le faire fonctionner, le représenter.
- Imaginer, concevoir et évaluer des objets techniques répondant à un cahier des charges précis.
- Lors de la conception de ces objets, choisir les matériaux les plus adéquats.
- Lors de la conception de ces objets, identifier les écueils rencontrés et les moyens d'y remédier.

Attitude :

- Être curieux, observateur.
- Savoir coopérer, demander de l'aide, être à l'écoute.

EN PHYSIQUE

Compétences :

- Proposer des protocoles expérimentaux rigoureux permettant de déterminer les critères de réussite pour la fabrication de toupies.
- Transposer les résultats de ces expérimentations de manière concrète pour construire des toupies efficaces.

Connaissances :

- Approcher la notion de centre de gravité, notion nécessaire à la confection de toupies.
- Comprendre qu'une hypothèse est toujours à vérifier, et que parfois, l'expérience prouve que l'hypothèse était fausse !

Attitudes :

- Savoir coopérer, être à l'écoute.
- Savoir se remettre en question, douter, persévérer pour surmonter l'obstacle rencontré.

EN CHIMIE

Compétences :

- Proposer des protocoles expérimentaux permettant de réaliser des mélanges présentant des phases non miscibles.
- Proposer des protocoles expérimentaux permettant de réaliser une émulsion (vinaigrette).
- Synthétiser ses apprentissages, les vulgariser et les présenter via une petite vidéo.

Connaissances :

- Connaître les notions de mélanges miscibles et non miscibles (et le vocabulaire associé).
- Savoir que la vinaigrette est une émulsion.
- Comprendre ce qu'il se passe dans la vinaigrette au niveau moléculaire.

Attitudes :

- Savoir coopérer, être à l'écoute.
- Savoir synthétiser ses apprentissages et les présenter.
- Savoir persévérer, chercher une solution pour surmonter l'obstacle.

EN ARTS VISUELS

Compétences :

- Proposer quelques éléments de mise en scène pour la réalisation de la vidéo.

Attitudes :

- Oser se mettre en scène, prendre la parole face à la caméra.

EN MAÎTRISE DE LA LANGUE ORALE ET ECRITE

A l'oral :

- Echanger, exprimer son point de vue, expliquer, débattre, argumenter... au sein de son petit groupe de chercheurs ou au sein de la classe entière.
- Rendre compte de ses expériences et de leurs conclusions aux camarades.
- Utiliser un vocabulaire précis, technique et scientifique.
- Etayer son argumentation, sa démarche expérimentale, par l'emploi de connecteurs logiques adaptés (donc, c'est pourquoi, en conclusion...).
- Prendre la parole face à une caméra pour expliquer, rendre accessibles, des notions scientifiques. Parler intelligiblement, en soignant son débit, son articulation.

A l'écrit :

- Dictier au maître un compte-rendu, une synthèse, un questionnement. Utiliser ces traces écrites pour se remémorer de nos expériences, de nos découvertes.
- Rédiger une lettre pour demander du matériel à nos parents.
- Rédiger une lettre pour correspondre avec les scientifiques du Laboratoire de Biologie et Chimie Marine. Lire leur réponse.

ANNEXE 2 : calendrier du projet.

PREMIERE SEMAINE DE SEPTEMBRE 2018

- Observation de la toupie inductrice du projet et lancement de celui-ci (chapitre 1).

SEPTEMBRE – OCTOBRE 2018

- Recherche des principes à suivre pour construire une toupie (chapitre 2 et 3).

NOVEMBRE 2018

- Construction des toupies (chapitre 4)

FIN NOVEMBRE - DECEMBRE 2018

- Recherche du mélange à verser dans les toupies pour qu'elles présentent deux phases en tournant (chapitre 5)
- Recherche pour savoir comment mélanger l'huile et le vinaigre dans la vinaigrette (chapitre 6)
- Ecriture de la lettre au LBCM (lettre qui ne fut postée qu'en janvier, ce qui explique le délai avant la réponse).

JANVIER – FEVRIER 2019

- En attendant la réponse du LBCM, le projet est mis en pause. Cela n'empêche pas les enfants de continuer à faire des sciences. Ils sensibilisent notamment leur entourage aux économies d'énergie. Ils écrivent même une chanson à ce sujet !

<http://ecolepub.mrgol.free.fr/spip.php?article857>

MARS 2019

- Réalisation du film sur la chimie de la vinaigrette, à partir de la réponse à notre courrier des enseignants-chercheurs du LBCM (chapitre 7).

5 JUIN 2019

- Remise du prix académique « la chimie de la cuisine ». Les élèves profitent d'être à Rennes pour explorer le Laboratoire de Merlin, à l'Espace des Sciences.