

**Compléments à l'article « Un peu de magie autour de billes liquides »,
J.-C. Hannachi (*L'Act. Chim.*, 2019, 437, p. 37)**

Annexe 2 Autour de billes liquides en suspension en CE2/CM1

Résumé Cet article décrit une séance de chimie qui s'adresse à un jeune public, laissant une grande place à la manipulation. À partir d'une expérience étonnante, beaucoup de notions qui ont comme point commun l'eau et les solutions sont abordées.

Mots-clés Enseignement, expérience spectaculaire, miscibilité, confection de solution.

Abstract **Around liquid beads in suspension in CE2/CM1**

This article describes a chemistry session intended for young public, leaving a lot of room for practical work. Starting from a surprising experiment, a lot of notions around water and solutions are broached.

Keywords Teaching, dramatic experiment, miscibility, preparation of solution.

Ce texte vient en complément de l'article « Un peu de magie autour de billes liquides : l'expérience et son interprétation »⁽¹⁾. Il présente une séance de science en classe de CE2/CM1 utilisant comme point de départ l'expérience décrite dans ce texte. Dans ces classes, les ressources pédagogiques relatives à la chimie revêtent beaucoup d'importance car cette matière fait souvent un peu peur aux enseignants qui n'ont pas forcément reçu une formation poussée dans cette discipline dans leur parcours scolaire. Et pourtant la chimie, par sa pratique associée à la manipulation, par son côté concret et les observations parfois inattendues qu'elle amène, plaît beaucoup au jeune public.

Dans un cours de science qui s'adresse aux jeunes enfants, il est important de disposer de petites expériences démonstratives et spectaculaires pour capter leur attention. Il devient ensuite facile de passer à une phase d'enseignement, le public étant très attentif et coopératif. On observe alors combien est grand leur intérêt pour la science expérimentale, combien la perspective de réaliser en autonomie une manipulation les enchante, et quel plaisir ils prennent à faire ensuite des schémas explicatifs, des hypothèses, une analyse.

Parfois, l'occasion force un peu le destin. Il s'avère qu'ayant un fils en classe de CE2 (avec un double niveau CM1), je me suis aperçu au fur et à mesure de l'année que les thématiques abordées en science tournaient autour de l'eau, les liquides miscibles ou pas, les solides solubles qui conduisent à d'éventuelles solutions⁽²⁾. Immédiatement, l'idée m'est venue d'utiliser l'expérience mise récemment au point⁽¹⁾ pour animer une séance qui illustrerait les thématiques étudiées. L'objectif était de faire manipuler les élèves et d'essayer d'expliquer simplement, à leur niveau, les observations. Après quelques démarches auprès de la direction de l'école et de la professeure des écoles, Mme Allinne, rendez-vous a été pris le vendredi 14 avril 2018 après-midi, avant les vacances de Pâques. La suite relate cette séance. La progression est décomposée en différentes phases qui rythment cette étude.

Phase 1 : à propos de la sécurité

Cette séance nécessite un peu de matériel (voir la liste mise en encadré) ; une partie est disponible en grande surface et l'autre a été prêtée par le laboratoire de mon lycée. Son déballage

Liste de matériel

- fioles jaugées de 100 mL bouchées : une en verre (si possible car les phénomènes sont plus visibles) et une en plastique par groupe de 4 à 5 élèves
- balance numérique (de cuisine) précise au gramme
- colorants alimentaires (rouge, jaune, bleu)
- gobelets en plastique cristal (bien transparents), au moins deux par groupe
- deux pots du type pots de confiture avec couvercle
- une bouteille de 1,5 L d'eau du robinet
- une salière de 500 g avec bec verseur⁽³⁾
- deux petits entonnoirs dont l'un muni d'un petit tuyau en plastique (de l'ordre de 30 cm)
- un peu de benzaldéhyde dans une bouteille bouchée
- quelques pipettes Pasteur en plastique
- un bécher en plastique de 500 mL (ou à défaut un verre mesureur en plastique avec bec verseur)
- une solution appelée « solution salée » obtenue en solubilisant dans l'eau près de 50 g de sel dans un récipient de 250 mL (ceci peut se faire dans une petite bouteille qu'on bouche et agite pour faciliter la dissolution)
- des perles blanches et noires triées
- une dizaine de petits aimants colorés (ceux utilisés pour fixer une feuille sur un tableau magnétique)

suscite l'intérêt dès mon arrivée, mais les élèves restent un peu surpris de cette intervention extérieure et il y a un peu d'effervescence. Ici, il est important de mettre dès le départ ces jeunes élèves dans une attitude de sérieux et de travail. Une fois le ton de la séance pris, les élèves ont été très attentifs et disciplinés, très volontaires.

La séance commence par une discussion sur la sécurité en chimie. On peut prendre blouse blanche et lunettes de protection, ce qui permet de donner l'exemple et aussi de bien camper son rôle d'intervenant. En particulier, j'explique que comme à la maison avec les produits ménagers, on ne doit jamais toucher un produit chimique et qu'en tout état de cause, rien ne doit être consommé pendant les manipulations. Les élèves sont contents de répondre aux différentes questions relatives à la sécurité. Pour finir, j'explique qu'il y aura une « huile spéciale » (le benzaldéhyde) qui sent fort et est

légèrement toxique ; ce composé ne sera manipulé que par moi et sera mis dans un récipient clos. Le public est alors prêt, on passe à la phase « magique ».

Phase 2 : expérience des gouttes en suspension

L'expérience centrale de cette séance est réalisée de façon un peu énigmatique et théâtrale, avec peu de commentaires. On remplit avec de l'eau le tiers d'un bocal à confiture, puis avec précaution et à l'aide de l'entonnoir muni d'un tuyau qui arrive au fond du bocal, on introduit à peu près le même volume de « solution salée ». Finalement, avec une pipette Pasteur dédiée, on fait tomber quelques gouttes de « l'huile spéciale » dans le bocal que l'on referme immédiatement avec son couvercle pour éviter que l'odeur forte de ce composé ne perturbe la séance. Le benzaldéhyde ainsi que le matériel qui a permis de le manipuler sont mis de côté.

Les élèves voient les gouttes tomber et s'arrêter au milieu de la phase liquide ! Il y a de la surprise, de l'étonnement ; leur réaction ressemble à celle qu'on observe devant un magicien. Au tableau et aussi sur une feuille qui sera utilisée pour toute la séance, on essaie de faire un schéma annoté où on décrit l'expérience. On indique aussi nos observations – la démarche scientifique est ainsi déjà abordée. La suite consiste à expliquer qualitativement cette expérience pas à pas.

Phase 3 : autour de la notion de masse et de volume

Bien sûr, ces notions ne sont pas encore vraiment apprises de façon précise mais ici, il s'agit d'introduire un vocabulaire et des concepts bien connus intuitivement des élèves. Le point

de départ est un jeu de questions autour de la pâtisserie et des livres de recettes : « Quand vous voulez faire des crêpes, comment savez-vous que vous avez la bonne quantité de farine, de lait ? » Très rapidement, les élèves parlent de balance qui pèse une masse souvent exprimée en grammes (j'ai amené ma balance numérique de cuisine, précise au gramme). Pour un liquide, il faut utiliser un verre mesureur pour mesurer un volume ; on retiendra comme unité le millilitre (mL). J'ai amené un petit dé qui a une arrête proche de 1 cm ; les élèves peuvent visualiser le volume associé.

En science, il faut être le plus précis possible pour voir des phénomènes assez discrets. Ainsi en chimie, pour mesurer un volume avec une grande fiabilité, on utilise plutôt une « fiole jaugée ». Déjà, les regards brillent devant celle en verre du laboratoire ; on utilisera tout le long de la séance des fioles de 100 mL.

Première investigation : correspondance masse/volume pour l'eau pure

Ici, il y a la notion sous-jacente de densité, mais les élèves comprennent très bien sans introduire explicitement ce concept. La question expérimentale à résoudre est la suivante : quelle est la masse m (en grammes) d'un volume V (en mL) d'eau ? Les élèves proposent différentes méthodes, et on converge rapidement vers le protocole suivant :

Après avoir fait la tare de la balance sur la fiole jaugée de 100 mL, un élève volontaire (ils l'étaient tous, et ceci durant tout l'après-midi) remplit cette dernière d'eau (on peut s'aider d'un petit entonnoir) (*photo 1*) ; on prend la précaution de finir avec une pipette Pasteur en plastique pour bien respecter le trait de jauge, ceci permettant de parler de la bonne façon de



Photo 1 - Correspondance masse/volume pour l'eau.

manipuler et de la précision. La mesure donne 100 g ! On voit donc qu'un millilitre d'eau pèse un gramme.

J'indique que ce n'est pas le cas pour tous les corps. Ainsi le même volume de 100 mL de sel de table (appelé sel par la suite) pèserait près de 216 g (qu'on arrondira à 220 pour la suite). Ceci est bien résumé au tableau car ce sera un point important après.

Phase 4 : autour de la solution d'eau salée

Dans cette partie, on se centre sur les notions importantes présentes dans leur apprentissage. On essaie d'abord d'expliquer les phénomènes de solubilisation. Les explications doivent rester simples. Ainsi, l'aspect associé au désordre favorable à la solubilisation d'un composé est illustré en réunissant des perles blanches et noires initialement séparées ; on observe un mélange homogène après agitation, les espèces (les perles) ont fait une solution. Il en est un peu de même pour le sel et l'eau. Ceci illustre l'aspect entropique favorable au mélange.

Pour expliquer les liquides non miscibles ou les corps insolubles, on répartit dans les perles quelques petits aimants (en bleu sur la photo 2) en les éloignant. Après agitation, les aimants finissent par former un bloc séparé des perles. On voit que certaines espèces ne peuvent pas se mélanger ; c'est le cas pour l'eau (ou ses solutions) et « l'huile spéciale » : on a affaire à deux liquides non miscibles. Les aimants sont en interaction, ce qui illustre ici un côté plus énergétique.

On peut prouver expérimentalement que le sel et l'eau forment un mélange. L'argument est simple mais il représente bien le raisonnement scientifique : *si les corps ne se mélangeaient pas, leurs volumes s'ajouteraient*. On commence donc par peser dans une fiole jaugée sèche (attention, pour voir le phénomène avec ce matériel, il faut être un peu précis) 22 g de sel (21,6 g serait l'idéal pour avoir exactement 10 mL de sel mais la précision au gramme suffit).

Question : si l'eau et le sel ne se mélangeaient pas, quelle masse d'eau faudrait-il ajouter pour arriver au trait de jauge ? La discussion collective aboutit au raisonnement suivant : 22 g de sel correspond à peu près à 10 mL de solide ; pour arriver à 100 mL, il faudrait donc ajouter 90 mL (ou grammes) d'eau, en accord avec la première détermination. Après appel à volontaires, l'expérience est réalisée. Il vaut mieux faire la tare sur la fiole (avec bouchon), peser les 22 g de sel, refaire le zéro, ajouter de l'eau sans aller jusqu'au trait de jauge, bien agiter puis finir de faire la solution. La mesure indique qu'on a mis 92 g (ou 93 g) d'eau et non 90, la preuve est faite. On demande alors aux élèves combien pèsent 100 mL de cette solution. La discussion conduit à faire une addition qui donne comme résultat 114 g. On conclut que ce liquide va couler sous l'eau. Ceci se comprend intuitivement sans faire appel à des notions compliquées.

Ce phénomène assez tenu peut se visualiser d'une autre façon. Une fois les 22 g de sel pesés, on ajoute de l'eau et on mélange un peu, non pas pour dissoudre le solide mais pour enlever l'air présent entre les petits grains et l'eau. On complète ensuite au trait de jauge en ajoutant près de 90 mL d'eau, le fond de la fiole contenant encore l'essentiel du solide. Finalement, le verdict tombe en agitant car alors, de façon assez étrange, le volume se contracte de l'ordre de 2 mL, ce qui se voit très bien du fait de la finesse de la partie supérieure de la fiole jaugée. Ainsi, il s'est passé un phénomène (la dissolution), les volumes engagés ne se sont pas additionnés. Ceci fait écho



Photo 2 - Perles blanches et noires « en solution » et aimants bleus insolubles !

aux notions difficiles de volume molaire partiel et de système non idéal.

Ici, on peut remarquer l'intérêt qu'il y a à donner aux élèves tous les chiffres sur le volume de 100 mL car cet ordre de grandeur permet de voir la différence sur le dernier chiffre entier écrit sans aller chercher des décimales, notion inconnue à cet âge. Encore une fois, toute cette partie est consignée au tableau avec schéma et explications.

Phase 5 : analyse de l'expérience

L'expérience « magique » de la phase 2 est refaite mais maintenant avec les explications. Pour rendre la raison de la suspension de la goutte de benzaldéhyde très visuelle, on utilise une astuce bien connue en colorant au préalable la « solution salée » avec quelques gouttes de colorant alimentaire.

Après avoir mis l'eau pure dans un nouveau bocal, on introduit cette solution salée colorée et on voit très bien qu'elle reste au fond, formant comme une nappe avec une stratification bien nette (photo 3). Ceci s'explique simplement en rappelant qu'on a vu dans la phase précédente que pour un même volume (de 100 mL), l'eau pesait 100 g et la solution salée 114 g, déterminations faites ensemble. On peut remarquer qu'un mélange n'est pas forcément homogène, même avec des liquides miscibles.

Finalement, on indique que « l'huile spéciale » pèse 104 g (toujours pour 100 mL). Lorsqu'on ajoute celle-ci, elle vient se mettre à l'interface des deux solutions aqueuses car ce composé organique a une densité intermédiaire entre l'eau et la solution d'eau salée utilisée. Ceci est consigné au tableau en indiquant à chaque fois les masses pour 100 mL de liquide. Les élèves semblent avoir bien compris les explications.

Phase 6 : expérimentation collective sous forme de concours

Pour permettre à tous les élèves de manipuler, le concours suivant est organisé (on constitue des équipes de quatre à cinq élèves). Il est important de bien expliquer le protocole étape par étape au tableau car rapidement, dans l'enthousiasme,



Photo 3 - Expérience finale.



Photo 4 - Confection des solutions pour le concours.

des erreurs sont faites et la frustration apparaît. Chaque groupe prend deux gobelets, une fiole jaugée en plastique de 100 mL et un sabot. Dans ce dernier, on pèse 15 g de sel qui sert à réaliser 100 mL de solution (on observe bien la solubilisation). Ce liquide est versé dans un gobelet, puis coloré avec

du colorant alimentaire à l'aide de pipettes Pasteur en plastique dédiées. Ensuite, dans un gobelet en plastique transparent (dit cristal), chaque groupe met un tiers d'eau puis avec le plus de précautions possible, en utilisant l'entonnoir muni d'un tuyau, une couche de solution colorée (photo 4). Toutes

les réalisations sont mises côte à côte. Le groupe vainqueur est celui pour lequel la stratification est la plus nette.

L'enthousiasme de tous les élèves était très grand, chaque groupe a joué le jeu et a fait la solution. Ensuite, on a senti une vraie implication des élèves pour réaliser avec beaucoup de soin l'ajout de la solution colorée. Le verdict était très attendu. La séance se termine en mettant également les deux bocaux faits précédemment et en concluant cette expérience.

Bilan

L'apprentissage de la science auprès des jeunes élèves peut parfois se révéler délicat. La difficulté est de les intéresser. Ils sont souvent déroutés par des présentations de faits réels complexes sans avoir les outils pour bien les comprendre. L'expérience est un atout majeur pour éveiller leur curiosité. Cette séance illustre bien cette stratégie. Elle permet d'introduire des notions relatives à l'eau, à la miscibilité et aux solutions de façon très concrète. Le niveau de complexité dans l'analyse peut aisément être adapté selon le public présent.

L'auteur remercie Violaine Allinne, professeure des écoles en charge de la classe de CE2/CM1 où a pu se dérouler cette séance, qui a tout de suite souscrit avec enthousiasme à ce projet et permis sa réalisation,

ainsi que ses élèves qui se sont prêtés au jeu avec concentration et bonne humeur, et Cécile Perrin, professeure attachée au laboratoire de chimie du lycée Pierre de Fermat, pour avoir prêté le petit matériel nécessaire, contribuant beaucoup à l'intérêt des élèves.

⁽¹⁾ Le texte associé est l'annexe 1 librement téléchargeable sur www.lactualitechimique.org (page liée à cet article).

⁽²⁾ Ces thématiques se retrouvent également au collège et au lycée, où cette séance peut être transposée en la complexifiant, en particulier avec un discours beaucoup plus précis sur la description d'une solution et sur la notion de densité.

⁽³⁾ Il faut faire attention car certains sels de cuisine ont des additifs qui font qu'on obtient une solution laiteuse, ce qui rend l'expérience bien moins spectaculaire. Il est donc prudent de faire un essai préalable de solubilisation.

Jean-Christophe HANNACHI,
professeur en PC* au lycée Pierre de Fermat, Toulouse.

* jean-christophe.hannachi@ac-toulouse.fr