

APPROCHE METHODOLOGIQUE POUR LA CONSTRUCTION DE L'UNITE DE QUANTITE DE MATIERE A PARTIR D'UNE SITUATION-PROBLEME : EXPERIENCE DE LA FASTEF AU SENEGAL

Docteur Ibrahima Cissé

Maître de conférences en chimie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar

Formateur à la Faculté des Sciences et Technologies de l'Education et de la Formation

cisse50@caramail.com

RESUME

Des études ont prouvé que de nombreux élèves, issus de lycées et de collèges, trouvent que le concept de mole est un obstacle dans l'apprentissage de la chimie. Cet article a pour but de développer une approche, par situation-problème pour la construction du concept de mole ou unité de quantité de matière, dans un contexte sénégalais. La situation problème proposée s'inscrit dans une démarche hypothético-déductive contrairement à l'enseignement classique de la chimie fondé généralement sur une démarche inductiviste. L'analogie faite entre l'unité de quantité de matière et d'autres unités a permis de lever un obstacle épistémologique dans la construction de ce concept. Cette situation problème initiée à la Faculté des Sciences et Technologiques de l'Education et de la Formation (FASTEF) a été expérimentée dans plusieurs établissements de Dakar (Sénégal). Les résultats obtenus peuvent faire l'objet de généralisation et d'adaptation à d'autres contextes.

Mots-clés : Unité de quantité de matière, _mole, situation-problème.

1. INTRODUCTION

L'étude de la structure de la matière a jalonné toute l'histoire de l'antiquité. Le problème de la représentation de la matière et des ses transformations figurait parmi les premières questions des philosophes. Deux démarches contradictoires reposant sur l'observation et l'imagination étaient souvent proposées. L'observation est du domaine macroscopique alors que l'imagination corrobore avec l'aspect microscopique. Dans les transformations chimiques, certains concepts sont utilisés très souvent avec difficulté pour relier ces deux niveaux d'approche (*Fillon 1997 ; Laugier 2003*). Des chercheurs contemporains pensent que les problèmes rencontrés sont dus à l'héritage historique de la complexité avec laquelle certaines notions se sont lentement dégagées (*Laugier 2003*).

Au fil du temps, l'enseignement de la chimie en France a oscillé entre les démarches inductive et déductive, sous des formes différentes, et pour différentes raisons, suivant la période :

- les TP ont été introduits officiellement en classe de physique en 1902. Au début de la pratique expérimentale en classe et jusqu'en 1925 environ et même après, les expériences étaient réalisées par le professeur à la fin de la séquence d'enseignement. Ces expériences qui portaient pour intitulé " exercices pratiques " depuis l'innovation du programme en 1902

sont postérieures au cours et sont donc utilisées comme exercices d'illustration. Ce sont des expériences de vérification.

- à partir des années 30 ces expériences de vérification vont peu à peu être abandonnées pour laisser leur place à des expériences d'introduction. La *démarche inductive* prend alors une place de plus en plus importante et de nombreux professeurs vantent les mérites d'un enseignement qui serait avant tout expérimental (KANE, 2004).

Depuis une dizaine d'années, les recherches en didactique des sciences ont accumulé plusieurs résultats sur les processus d'enseignement apprentissage utilisant diverses démarches (Giordan, 1996 ; Astolfi, 1978).

Au Sénégal des enquêtes menées auprès des élèves et des étudiants sur des concepts obstacles en chimie ont révélés que la mole ou l'unité de quantité de matière pose d'énormes difficultés de compréhension (Kane, 1998). Pour la plupart ce concept reste abstrait. Pour palier à ces difficultés des enseignants stagiaires de la FASTEF tentent, sous notre conduite, depuis quelques années, de développer dans les lycées et collèges, une démarche hypothético-déductive (Brousseau, 1981) dans la construction du concept de mole ou unité de quantité de matière en s'appuyant sur une situation-problème élaborée à partir d'un contexte sénégalais.

2 CADRE THEORIQUE ET REPERES HISTORIQUES

Il a fallu quelques décennies pour que le monde de la chimie s'accorde sur le concept de mole comme unité de quantité de matière. L'histoire d'une unité pour la quantité de matière débute avec la publication de Lavoisier en 1789 « un lumineux traité élémentaire de chimie » (Aftalion 1988). Dans cet article, le corps simple est défini comme étant « une substance qui ne peut se décomposer ». Il énonce par la même occasion « l'axiome de la conservation de la matière ou conservation de masse » (« rien ne se perd, rien ne se crée tout se transforme... »). Dalton quelques années plus tard en 1803 propose une représentation des corps composés par une combinaison de symboles d'éléments. Il associe une masse atomique aux éléments avec comme atome de référence l'hydrogène. « La masse atomique », rapport de deux masses. est un nombre sans unité : un sérieux problème surgit. Berzélius publie en 1826, après une première tentative en 1818, une table de « poids atomiques » proche des valeurs connues aujourd'hui. Des positions contradictoires entre les « équivalentistes et les atomistes » ont été développées au milieu du XIX^{ème} siècle (Wojtkowiak, 1987).

Parallèlement à ces découvertes sur la masse atomique pour chaque élément, Proust énonce en 1801 la loi des proportions définies : « les proportions selon lesquelles deux éléments s'unissent pour former une combinaison chimique sont des rapports pondéraux invariables ». Cette loi sera validée plus tard suite aux résultats de Berzélius.

Naissance du nombre d'Avogadro

Suite aux nombreux travaux réalisés sur les gaz par des physiciens parmi lesquels Gay-Lussac, Boyle et Mariotte, Avogadro en 1811 appuyé par Ampère, énonce la

fameuse loi dite LOI D'AVOGADRO : « **Tous les gaz considérés dans les mêmes conditions de température et de pression renferment à volumes égaux le même nombre de molécules** ». Et voilà ! Le nombre d'Avogadro vient de naître de la thermodynamique des gaz, mais malheureusement sa valeur est encore inconnue, à l'époque.

En 1899 Gibbs traite les équilibres chimiques en utilisant les masses des constituants des systèmes thermodynamiques. Il considère les « équivalents chimiques » comme unité de mesure (Tsoumpelis, 1993). Plus tard Guggenheim pense qu'il est peu commode de raisonner en masse ; il propose une unité de quantité de matière commune la mole. « *Le nombre de molécules contenues dans une mole est le même pour tous les gaz pris dans les mêmes conditions de température et de pression* » : ce nombre sera appelé nombre d'Avogadro. Désormais, la mole et le nombre d'Avogadro ont leur destin lié. Un grand débat s'installe alors : la mole est-elle un nombre ?

L'IUPAC rejoint la proposition de Guggenheim : « *La mole est la quantité de matière d'un système contenant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 0.12 Kilogramme de carbone 12 (^{12}C)* ». Cette définition va susciter de grands débats au sein de la communauté scientifique. Chaque structure scientifique a sa propre conception de la mole. Selon l'IUPAC : la mole ne peut être associée ni à une masse ni à un nombre.

La mole est aujourd'hui connu mais fait l'objet de controverses. Le concept est né dans des difficultés des scientifiques à installer les notions : atome, élément, molécule, masse molaire, ions, corps simples etc.... Cette divergence au niveau des chercheurs va nécessairement se répercuter dans les situations d'enseignement-apprentissage.

3 EXPERIENCE DE LA FASTEF AU SENEGAL

3.1 Le dispositif méthodologique.

3.1.1 Les enquêtes préliminaires

L'enseignement d'une discipline n'est jamais neutre ; il conduit chez l'élève une représentation de celle-ci et de la méthodologie qu'elle utilise. Le concept de mole ne s'énonce qu'en chimie. Sur le plan méthodologique, une approche théorique est parfois privilégiée dans plusieurs manuels de chimie de l'enseignement secondaire pour la construction de ce concept.

Au Laboratoire de Recherche en Didactique des Sciences Expérimentales (LARDISE) de la Faculté des Sciences et Technologies de l'Education et de la Formation (FASTEF) de Dakar nous tentons d'initier depuis quelques années, en rapport avec l'approche par compétences préconisée dans les nouveaux programmes dans l'enseignement des sciences physiques, une démarche par situation-problème. Plusieurs cas ont été développés et expérimentés par des élèves-professeurs dans des lycées et collèges du Sénégal.

Au Sénégal, des enquêtes menées auprès des enseignants et des élèves (Première

et terminales) ont révélés que le concept de mole tel que enseigné en chimie dans certains établissements constitue un obstacle dans l'apprentissage de la chimie. Nous avons recueilli quelques propos auprès des apprenants précédemment cités pour apprécier l'état des lieux. La question posée est la suivante : Que vous inspire la notion de mole ?

- *Si la mole est un nombre, pour quoi on dit alors nombre de mole ?*
- *C'est un nombre en tous cas irréalisable.*
- *Le mot mole dérive de molécule*
- *La masse moléculaire est la masse d'une mole de molécules*
- *Franchement j'arrive difficilement à cerner le concept de mole*
- *La mole ne doit avoir une unité, c'est un nombre qui caractérise ce qu'on étudie.*
- *Pourquoi les chimistes ont préféré ce mot qui est très proche de molécule ?*
- *Il m'arrive de traiter correctement des exercices de chimie en considérant la mole comme un nombre de particules dans un échantillon de matière grâce à la relation $n = m/M$, mais en ce qui concerne le concept, aucune idée...*
- *Pourquoi ne pas proposer une expérience pour déterminer ce nombre au lieu de le fixer d'avance ?*
- *Si la mole n'existe qu'en chimie et ne s'applique qu'aux particules alors son unité doit être : atomes ou molécules ou ions etc.*
- *Pourquoi le carbone est pris comme référence ?*

Si certains répondent par des questions d'autres avancent des propos permettant de confirmer l'hypothèse selon laquelle le concept de mole est un obstacle épistémologique dans l'enseignement de la chimie.

Au Laboratoire de Recherche en Didactique des Sciences Expérimentales (LARDISE) de la Faculté des Sciences et Technologies de l'Éducation et de la Formation (FASTEF) de Dakar nous tentons d'initier depuis quelques années, en rapport avec l'approche par compétences préconisée dans les nouveaux programmes dans l'enseignement des sciences physiques, une démarche par situation-problème. Plusieurs cas ont été développés et expérimentés par des élèves-professeurs dans des lycées et collèges du Sénégal. Cette approche est d'abord simulée en situation de formation à la FASTEF avec les élèves-professeurs puis reprise par eux-mêmes en situation réelle avec les élèves des lycées et collèges. La phase de reprise est suivie d'un feed-back au niveau de la formation.

3.1.2 Conception et mise à l'épreuve d'une démarche de construction du concept de mole.

Le Sénégal est un pays consommateur de riz. Le déjeuner à midi dans bon nombre de famille se fait à base de riz. Dans chaque famille le responsable achète généralement à la fin du mois un sac de 100Kg de riz. L'instrument de mesure du riz dans les domestiques est un pot métallique de 500g disponible dans chaque foyer. A la veille de la leçon, mole et grandeurs molaires, traitée en classe de seconde, l'enseignant ou l'élève-professeur pose la situation-problème.

La situation-problème

« Nous allons entamer la prochaine fois une nouvelle leçon en chimie. Je veux que chaque élève compte, avant le cours, le

nombre de grains de riz qu'il y a dans un sac de 100Kg».

Pour donner plus de crédibilité à l'activité, l'enseignant précise par la même occasion : « *les réponses seront notées* ».

Réaction des apprenants

Plusieurs interrogations et interpellations surgissent :

- *Notre sac de riz est presque fini*
- *Mon père n'achète plus de sac de 100Kg, il paye des sacs de 50Kg*
- *Depuis quelque temps nous ne mangeons pas de riz à la maison*
- *Je n'aurai pas le temps de faire ça...*

Certains préfèrent murmurer

- *Le prof est devenu fou, il est en état de surmenage... ; mais il a perdu la raison*
- *C'est un stagiaire*
- *C'est pas de la chimie*
- *Si c'est ça la chimie, il faut aller au port pour faire ces manipulations*
- *Ca alors !*

D'autres ne manqueront pas de rapporter l'expérience à leurs parents qui vont eux aussi se poser certaines questions.

3.2 Exploitation

Le jour de la prestation, certains élèves arrivent avec des chiffres parfois inédits (*1million, 1 234 844, 43 230 000, 82 450 276 etc.*); d'autres préfèrent à la place dire que la tâche était irréalisable. Il arrive souvent que des mécanismes de calculs, avec comme instrument de base une balance, soient proposés.

- *J'ai pesé un Kilogramme et j'ai compté avec ma famille, chacun a pris un tas, puis nous avons multiplié par 100 car il y a 100Kg de riz dans le sac.*
- *Je me suis rendu chez le bijoutier et j'ai pesé 1g et puis j'ai compté, enfin j'ai multiplié par 100 000 car il y a 100 000g de riz dans un sac de 100Kg.*

Pour ces élèves qui proposent des chiffres, les questions posées par l'enseignant ne trouveront jamais de réponses. Ayant été persuadés de la difficulté de la tâche, ils ont essayé certainement de proposer un chiffre au hasard. Notons tout même qu'au-delà l'engouement suscité par la question, l'agitation montre qu'une grande réflexion a été menée.

Après plusieurs échanges sur les résultats et démarches proposés, l'enseignant essaye enfin de trancher.

Une première question est posée par l'enseignant : *vous aviez tous la possibilité d'utiliser une balance ?*

- *Non les boutiquiers ont refusé de nous aider, ils se moquaient de nous.*
- *La balance qui est chez nous n'a pas une bonne précision.*
- *Mais dans toutes mesures il y a des incertitudes, rétorque un autre élève.*

Une deuxième question, de l'enseignant : *N'aviez vous pas, à la place d'une*

balance, trouvé un instrument utilisé par maman pour mesurer la quantité de riz à préparer.

- *Oui, mais...c'est vrai le pot de 500g.*

- *Nous n'avions pas pensé à ça.*

- *Pourquoi un pot de 500g seulement, il y a d'autres pots comme mesure*

Une troisième question, de l'enseignant : *Combien de pots de 500g peut-on mesurer dans un sac de 100Kg de riz ?*

Après quelques hésitations

-*Il y a 200 pots*

L'enseignant sort dans un sachet une quantité de riz environ 600g. Il prélève un pot de 500g.

L'enseignant : *Nous n'allons pas cependant compter le nombre de grains de riz dans un pot, cela va prendre certainement du temps. Cherchons dans notre environnement domestique un instrument de mesure plus petit que le pot de 500g.*

- *une cuillère*

- *un petit bocal*

- *une louche*

- *une tasse de thé*

- *un verre*

- *un petit tube pour médicaments*

- *un poignet de main*

L'enseignant sort une tasse de thé et demande à un élève de mesurer le nombre de tasse de riz issu d'un pot de 500g de riz. Une mesure faite permet de trouver 7 verres et 1/4, donc 7.25.

La méthode utilisée pour estimer la contenance du pot de 500g sera appliquée au verre de thé. Ainsi plusieurs instruments seront cités. Après de larges discussions une capsule de stylo à bille sera utilisée dans un souci d'harmonisation. En fonction des capsules plusieurs valeurs seront trouvées (20 ; 24,5 ; 25,25 ; 22,8 etc.). Enfin le nombre de grains de la première capsule permet de trouver le chiffre 57. Le calcul final (200x7.25x20x57) donne 1 653 000 grains.

La mole

Dans la résolution des problèmes de chimie, la connaissance des quantités de matière utilisées est souvent indispensable. Il ne s'agit pas certainement de dénombrer le nombre de molécules ou d'atomes dans un échantillon de matière car ce nombre est tellement élevé qu'il est difficile à manipuler. Cela reviendrait dans la vie courante à acheter le riz chez le commerçant en comptant chaque grain de riz. Le responsable de famille ne dira jamais « *vendez moi 1 653 000 grains de riz* ». Il raisonne en terme de kg (100Kg) ou de sac. De même le grossiste au port ne va pas s'exprimer ni en terme de kg ni en terme de sacs, mais plutôt en tonnes. On assiste cependant à un changement d'unité ou d'échelle selon l'espèce et selon le milieu où l'on se situe. Lorsque l'on achète les chewing-gum par paquet de 10 on choisit une nouvelle unité qui est la dizaine. Lorsque l'on achète des cahiers par paquet de 12 on choisit une nouvelle unité qui est la douzaine. On parle de dizaine de chewing-gum ou douzaine de cahiers etc. Lorsque le chimiste «achète» les espèces chimiques par tas fictif de 602.10^{21} entités, il va aussi choisir une nouvelle unité ou échelle pour compter la matière. Cette unité est la ***mole*** qui pourrait se

nommer, par analogie aux deux unités précédentes, la 602.10^{21} aine ou $6,02.10^{23}$ aine (*Difficile à prononcer certainement*). Ce choix concerté a permis d'obtenir ce nombre. Une convention a été adoptée à partir d'un échantillon de carbone pris comme référence. On considère un «tas» contenant 12g d'un échantillon de carbone $^{12}_6\text{C}$. Le nombre d'atomes $^{12}_6\text{C}$ calculé dans ce «tas» correspond à $6,02.10^{23}$ ou une mole. Ce nombre est appelé nombre d'Avogadro.

4. CONCLUSION

Dans ce travail nous avons montré la difficulté que rencontre les enseignants de sciences physiques dans la conception et la mise à l'épreuve d'une démarche de construction du concept de mole. Des solutions sont cependant proposées dans un contexte sénégalais. D'autres démarches similaires peuvent être initiées dans des contextes différents.

5. BIBLIOGRAPHIE

- Astolfi (J.P.), Michel (D.),** *La didactique des sciences*, Paris, PUF, 2002.
- Astolfi (J.P.) et al.** , *Quelle éducation scientifique, pour quelle société ?* , Paris, PUF, 1978.
- Brousseau (G.),** *Problème de didactique des décimaux*, Recherche en Didactique des mathématiques, vol. 2, num. 3, 1981.
- Fillon (P.),** *Des élèves dans un labyrinthe d'obstacles*, Aster, n°25, pp.113-141, 1997.
- Giordan (A.), Martinad (J.-L.),** *L'enseignement scientifique: Comment faire pour que « ça marche » ?* , Z édition, Nice, 1996.
- Grécias (P.), Migeon (J.-P.),** *Chimie BCPTS, Cours et Tests d'application Problème de synthèse*, Collection Sciences Physiques Bio-Véto, (2000), page 13.
- Johsua (S.), Dupin (J.-J.),** *Représentations et modélisations : le « débat scientifique » dans la classe et l'apprentissage de la physique*, Edition Peter Lang SA, Berne (1989).
- Kane (S.),** *Guidage dans les activités expérimentales de physique – chimie. Analyse du contexte du Sénégal et propositions argumentées d'innovations. Thèse de doctorat de didactique, Université Paris Sud XI, UFR d'Orsay. 2004.*
- Kane (S.),** *Modélisation du concept d'indicateur coloré. Mémoire de DEA. Dakar : CUSE-ENS, 1998.*
- Laugier (A.), Dumon (A.),** *Obstacles épistémologiques et didactique à la construction du concept d'élément chimique : quelles convergences ?*, Didaskalia, n°22, pp. 69-97, 2003.
- Robardet (G.), Guillaud (J.-C.),** *Éléments de didactique des sciences*, Puf, (1997)