

# Problématisation de la circulation sanguine via l'histoire des sciences

## Analyse de pratiques enseignantes guidant la problématisation des élèves

**Résumé :** S'appuyant sur les cadres de la problématisation et de la reconstruction didactique, cette recherche s'intéresse aux aides que les enseignants peuvent apporter à leurs élèves lors de la problématisation de la circulation sanguine. La double enquête didactique et historique a permis la conception d'outils pour la classe mais aussi pour l'enseignant. L'analyse d'une séance de cycle 4 montre que le développement de la culture didactique et épistémologique d'une enseignante par ces outils est une condition favorable à l'accompagnement de la problématisation des élèves.

**Mots-clé :** circulation sanguine, problématisation, histoire des sciences, reconstruction didactique

### Contexte de la recherche

En cycle 4, la circulation sanguine comme une fonction nutritive systémique est complexe à comprendre pour les élèves et à enseigner pour les professeurs. Une étude préalable (Pelé, 2016) analysant des séances de problématisation de la circulation sanguine à partir d'une bande dessinée numérique intégrant des éléments historiques a montré des difficultés pour les enseignants à repérer les différents modèles explicatifs du trajet et des mouvements du sang chez les élèves comme dans l'histoire des sciences. Les échanges avec les enseignants ont révélé notamment un déficit de connaissances historiques et épistémologiques sur ce concept avec pour conséquence des problématisations peu abouties dans les classes.

### Cadres mobilisés et questions de recherche

#### Le cadre théorique de la problématisation

La problématisation correspond à une mise en tension du savoir scientifique entre faits et modèles. (Fabre & Orange, 1997). À côté de ce premier dédoublement entre registre empirique et registre des modèles, Lhoste et Peterfalvi (2009) propose un second dédoublement entre contraintes et nécessités, la nécessité étant défini comme « un construit nouveau sur la base d'un raisonnement actuel, alors qu'une contrainte serait un déjà-là convoqué dans un tel raisonnement. » (p. 81). Des séances de problématisation questionnant le trajet et les mouvements du sang dans l'organisme devraient permettre aux élèves de construire un savoir raisonné en établissant des nécessités (Orange, 2005). Les obstacles sur la circulation sanguine sont bien documentés (Arnaudin & Mintzes, 1985; Lhoste, 2006; Pautal, 2012) dont celui majeur de l'irrigation qui est également retrouvé dans l'histoire du concept. Selon Crépin-Obert (2010), les obstacles des élèves peuvent être des leviers pour positionner et construire un problème. Les matériaux historiques pourraient être un support pertinent pour développer une problématisation de la circulation sanguine. Les pratiques enseignantes autour de la problématisation questionnent les aides que peut apporter le professeur pour permettre aux élèves de

définir et de construire un problème scientifique. Fabre & Musquer (2009) proposent de rechercher dans la pratique enseignante des inducteurs de problématisation qui correspondent aux éléments mobilisés dans la séance par l'enseignant pour aider les élèves à construire un problème. En complément, Crépin-Obert (2017) propose d'identifier les déterminants de problématisation c'est-à-dire les conditions qui ont permis à l'enseignant de développer ces aides. Inducteurs et déterminants de la problématisation ont un objectif commun : repérer ce qui permet aux élèves de développer leur raisonnement et de construire un problème scientifique.

### **Le cadre méthodologique de la reconstruction didactique**

La reconstruction didactique correspond à la réalisation d'une séquence d'enseignement à partir de matériaux historiques explicites ayant pour but l'apprentissage d'un concept (de Hosson, 2011). La réalisation d'une double enquête est l'occasion d'une dialectique entre didactique et histoire des sciences. L'enquête didactique a pour but est de repérer et d'analyser les difficultés associées à l'apprentissage d'un concept. L'enquête historique analyse des textes historiques en regard de l'enquête didactique afin d'expliquer ces difficultés. Dans notre étude, ces deux enquêtes visent à comprendre les principaux obstacles épistémologiques inhérents au concept de circulation sanguine.

### **Questions de recherche et méthodologie associée**

Notre problématique générale est de comprendre comment des enseignants peuvent aider leurs élèves à développer une problématisation de la circulation sanguine en utilisant des matériaux historiques. Elle se décline en deux questions de recherche. Quels éléments historiques peuvent être sélectionnés pour permettre une problématisation de la circulation sanguine par des élèves ? Comment ces éléments historiques sont-ils utilisés en classe par les enseignants pour aider les élèves à problématiser le trajet et les mouvements du sang ? Pour répondre à notre première question de recherche, la double enquête didactique et historique nous a conduit à concevoir un ensemble d'outils didactiques à destination des enseignants. Pour la seconde, nous avons observé, filmé et transcrit une séance utilisant ces outils et analysé les éléments chez l'enseignant qui ont fait levier à la problématisation des élèves à l'aide des modèles des inducteurs et des déterminants.

### **La conception d'outils didactique pour problématiser la circulation sanguine**

Lors de l'enquête didactique et suite à notre étude précédente (Pelé, 2016), nous avons réalisé une nouvelle expérimentation avec une enseignante ayant participé à la première. Un entretien avec celle-ci a permis de préciser les attendus d'une problématisation scolaire, de donner quelques éléments sur l'histoire de la circulation sanguine ainsi que sur les obstacles des élèves. Des échanges langagiers plus importants entre élèves, la prise en compte de leurs modèles explicatifs et un travail autour de différents matériaux ont favorisé la construction du problème par les élèves (Pelé & Crépin-Obert, 2021). Ces résultats ont confirmé notre hypothèse de l'importance de développer la culture didactique et épistémologique des enseignants. Le problème du trajet et des mouvements du sang est interrogé dès l'Antiquité notamment par Galien (129-210) qui propose une double irrigation des organes depuis le foie et le cœur respectivement par les veines et les artères. Ce modèle fortement explicatif va s'imposer pendant de nombreux siècles. C'est au XVII<sup>e</sup> siècle par un ensemble d'observations, d'expérimentations et de calculs que William Harvey (1519-1657) démontre l'existence d'une double circulation du sang. Cette remise en cause du modèle irrigateur est à l'époque l'objet d'une forte controverse entre les partisans d'Harvey, les circulateurs, et ses opposants, les irrigateurs, dont Jean Riolan (1577-1657). L'étude des textes de Harvey (1628) et de Riolan (1661; 1628) permet de

comprendre la controverse et le raisonnement d'Harvey pour surmonter l'obstacle irrigateur. Au terme de ces deux enquêtes, la reconstruction didactique a consisté à concevoir un ensemble d'outils pour l'enseignement de la circulation sanguine par problématisation. Trois de ces outils sont pensés pour développer la culture didactique et épistémologique des enseignants. Il s'agit d'une grille d'analyse des conceptions initiales des élèves sur la circulation sanguine, de repères historiques sur l'histoire du concept et d'une présentation des attendus d'une problématisation scolaire. Trois autres outils sont pensés pour la classe. Il s'agit d'extraits des ouvrages de Harvey et Riolan, de schémas des modèles irrigateurs et circulateurs et d'un dialogue fictif entre Harvey et Riolan.

## **Analyse de l'utilisation des outils conçus dans une classe de cycle 4**

Une enseignante à qui nous avons présenté les différents outils a réalisée à partir de ceux-ci une séance en cycle 4. Elle a indiqué avoir utilisé tous les outils visant à développer la culture de sa discipline et a choisi de réaliser un débat autour des conceptions initiales de ses élèves et du dialogue fictif.

### **Analyse de la problématisation menée par la classe**

Lors de la séance, après avoir présentée sous forme d'une frise l'évolution des idées sur le trajet du sang, l'enseignante invite les élèves à débattre à partir de quelques conceptions d'élèves choisies. Au bout de plusieurs minutes de débat où les élèves ont pu préciser leurs différents modèles explicatifs, l'enseignante les invite à réfléchir à trois problèmes identifiés à partir de leurs conceptions initiales. Pourquoi le sang ne pourrait-il pas aller du cœur vers les organes et être consommé par les organes ? Pourquoi le sang ne pourrait-il pas faire un aller-retour dans le même tuyau ? Si le sang arrive par un vaisseau et repart par un autre comment pourrait-il passer d'un vaisseau à l'autre ? C'est à partir de certaines parties du dialogue que les élèves ont recherché et discuté des arguments pour répondre à ces problèmes. À partir de l'enregistrement et la transcription de la séance, nous avons analysé la problématisation réalisée par la classe. Celle-ci se déroule à partir d'une contrainte théorique admise par la classe : les organes reçoivent du sang le dioxygène et les nutriments dont ils ont besoin. À partir de celle-ci et de plusieurs contraintes empiriques (comme la quantité de sang présent dans le corps, l'accumulation du sang au niveau des organes, des expériences de section de vaisseaux), les élèves établissent plusieurs nécessités : la nécessité d'un tri entre ce qui va dans l'organe et ce qui reste dans le sang, la nécessité d'un trajet unidirectionnel du sang dans les vaisseaux et la nécessité d'un retour du sang au cœur. Cette problématisation permet d'aboutir à la compréhension de la circulation suivante : le sang circule dans l'organisme à sens unique dans un système clos.

### **Analyse de l'accompagnement de la problématisation par l'enseignante**

Le modèle des inducteurs de problématisation ont permis d'identifier les aides que l'enseignante a pu apporter à ses élèves. Sur le losange de la problématisation (Fabre & Musquer, 2009), nous avons positionnés les inducteurs relevés dans la séance. Certains étaient prévus en amont de la séance mais d'autres ont émergés lors des interactions langagières du débat. Deux inducteurs nous paraissent majeurs dans l'accompagnement de la problématisation des élèves. Tout d'abord, par le biais du dialogue, l'enseignante apporte une nouvelle donnée qui permet de comprendre le sens de circulation du sang dans les vaisseaux. Elle incite les élèves à la prendre en compte ce qui les conduit à rejeter le modèle aller-retour et à valider le modèle circulateur. Le second inducteur important est le tableau des arguments répondant aux trois problèmes car il permet de garder une trace des raisons établies pour valider ou rejeter tel ou tel modèle. À partir du modèle des déterminants (Crépin-Obert, 2017), nous avons recherché les éléments ayant favorisé le développement des inducteurs. Ce sont les connaissances épistémologiques de l'enseignante notamment la controverse entre irrigateur et

circulateur, sa connaissance des obstacles et des modèles explicatifs des élèves accompagnées d'une gestion bienveillante de la classe dans le cadre d'un débat ouvert sur une pluralité de solutions qui ont permis à l'enseignante de mieux guider les élèves en proposant des inducteurs pertinents ou en relevant ceux émergents dans la séance. Ce sont ces conditions qui ont permis de faire de ces inducteurs de véritables leviers à la problématisation et ont conduit les élèves à l'établissement des nécessités préalablement relevées.

## Conclusion

Le développement des compétences de l'enseignante lui a permis d'aider les élèves à problématiser la circulation sanguine. Elle a indiqué lors des entretiens l'utilité des outils notamment ceux conçus pour développer sa culture disciplinaire. Ils lui ont donné des éléments de référence épistémologiques et didactiques lui permettant de mieux assumer la prise de risque vécue lors de la pratique de débat des élèves, élément indispensable à une véritable construction d'un problème scientifique.

## Bibliographie

- Arnaud, M. W., & Mintzes, J. J. (1985). Students' alternative conceptions of the human circulatory system : A cross-age study. *Science Education*, 69(5), 721-733.
- Crépin-Obert, P. (2010). *Construction de problèmes et obstacles épistémologiques à propos du concept de fossile : Étude épistémologique comparative entre des situations de débat à l'école primaire et au collège et des controverses historiques du XVIIe au XIXe siècle*. (Thèse de doctorat). Université de Nantes.
- Crépin-Obert, P. (2017). Pratique de débat et problématisation en paléontologie. In M. Bächtold, J.-M. Boilevin, & B. Calmettes, *La pratique de l'enseignant en sciences : Comment l'analyser et la modéliser ?* (Presses universitaires de Louvain, p. 65-94.
- de Hosson, C. (2011). *L'histoire des sciences : Un laboratoire pour la recherche en didactique et l'enseignement de la physique*. (habilitation à diriger des recherches). Université Paris Diderot.
- Fabre, M., & Musquer, A. (2009). Les inducteurs de problématisation. *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ere nouvelle*, Vol. 42(3), 111-129.
- Fabre, M., & Orange, C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *Aster*, 24, 37-56.
- Harvey, W. (1628). *La circulation du sang : Des mouvements du cœur chez l'homme et chez les animaux. Deux réponses à Riolan* (C. Richet, Trad.). G. Masson.
- Lhoste, Y. (2006). La construction du concept de circulation sanguine en 3e : Problématisation, argumentation et conceptualisation dans un débat scientifique. *Aster*, 42, 79-1907.
- Lhoste, Y., & Peterfalvi, B. (2009). Problématisation et perspective curriculaire en SVT : L'exemple du concept de nutrition. *Aster*, 49, 79-108.
- Orange, C. (2005). Problème et problématisation dans l'enseignement scientifique. *Aster*, 40, 2-11.
- Pautal, É. (2012). *Enseigner et apprendre la circulation du sang : Analyse didactique des pratiques conjointes et identifications de certains de leurs déterminants : trois études de cas à l'école élémentaire*. (Thèse de doctorat). Université Toulouse le Mirail - Toulouse II.
- Pelé, M. (2016). *Problématisation autour de la circulation sanguine en classe de cinquième à partir d'une bande dessinée utilisant l'histoire des sciences*. (Mémoire de Master de Recherche). Université Paris Diderot.
- Pelé, M., & Crépin-Obert, P. (2021). Étude comparée de pratiques enseignantes favorisant la problématisation dans une classe de cinquième sur la circulation sanguine via l'histoire des sciences. In J.-M. Boilevin & A. Jameau, *Après les 10e rencontres scientifiques... Actualité des recherches en didactique des sciences et des technologies*. Éditions de l'ARDIST.
- Riolan, J. (1661). Manuel anatomique et pathologique, ou Abrégé de toute l'anatomie et des usages que l'on en peut tirer pour la guérison des maladies.
- Riolan, J. (1628). Les Œuvres anatomiques. P. Constant, Éd. D. Moreau.