

La résolution de problèmes en sciences expérimentales : regards croisés sur les pratiques enseignantes en Europe

OLIVIER COACOLO¹, JEAN-MARIE BOILEVIN²

¹Lycée Victor Hugo, Poitiers
France

Olivier.Coacolo@ac-poitiers.fr

²CREAD, F-29200 Brest
Université de Brest, Université de Rennes
France

ABSTRACT

This paper offers a comparative analysis of teaching practices for problem solving in experimental sciences at upper secondary level in France, the Netherlands and Italy. This case study is based on observations made during practical work and draws on three analytical frameworks: the functions of the problem according to Fabre, elements of the Anthropological Theory of Didactics (praxeology) and the model of teachers' professional knowledge (PCK). The aim is to model and compare the pedagogical choices (praxis) and knowledge mobilised (logos) by teachers in different European institutional contexts.

KEYWORDS

Acceleration, problem-solving learning, practical work, professional knowledge, comparative analysis, teachers

RÉSUMÉ

Cet article propose une analyse comparative de pratiques d'enseignement de la résolution de problèmes en sciences expérimentales au niveau secondaire supérieur en France, aux Pays-Bas et en Italie. Cette étude de cas s'appuie sur des observations en travaux pratiques et convoque trois cadres d'analyse : les fonctions du problème selon Fabre, des éléments de la Théorie Anthropologique du Didactique (praxéologie) et le modèle des connaissances professionnelles des enseignants (PCK). Le but est de modéliser et de comparer les choix pédagogiques (praxis) et les savoirs mobilisés (logos) par les professeurs dans différents contextes institutionnels européens.

MOTS CLÉS

Accélération, apprentissage par résolution de problèmes, travaux pratiques, connaissances professionnelles, analyse comparée, enseignants

INTRODUCTION

Le présent article explore les pratiques enseignantes en matière de résolution de problèmes dans les sciences expérimentales, à travers des études de cas observés en France, aux Pays-Bas et en Italie. Le contexte de cette étude s'inscrit dans les préoccupations européennes concernant l'enseignement des sciences, telles que soulignées par le rapport de l'Agence

exécutive « Éducation, Audiovisuel et Culture » (Eurydice, 2011), mandatée par la Commission européenne. Ce rapport dresse un état des lieux actuels de l'organisation de l'enseignement des sciences dans les établissements scolaires en Europe, mettant en évidence les politiques et stratégies qui parviennent à moderniser l'enseignement et l'apprentissage des sciences. Le rapport a été vérifié par toutes les unités nationales d'Eurydice participant à l'étude. L'analyse comparative repose sur les réponses à un questionnaire abordant de nombreux sujets comme les acquis des élèves en sciences (résultats des enquêtes internationales, les performances, la promotion des sciences), l'évaluation, les curriculums et la formation des enseignants dans les différents pays européens. « Selon PISA 2009¹, les différences entre les pays européens n'expliquent que 10,6 % de l'écart total des performances en sciences, par rapport à 36,6 % pour les différences entre établissements et 52,8 % pour les différences au sein d'un même établissement. L'influence du pays dans lequel ils vivent sur les chances d'éducation des élèves ne devrait pas, par conséquent, être exagérée. Il est cependant possible de reconnaître certaines caractéristiques des systèmes éducatifs pouvant être associées aux niveaux généralement atteints et/ou aux proportions d'élèves peu performants » (Eurydice, 2011, p. 23). Selon ce rapport de l'Agence exécutive « Éducation, Audiovisuel et Culture », les documents d'orientation des pays européens semblent prévoir divers types d'approches actives participatives basées sur l'investigation, dès le primaire. Les activités basées sur les méthodes d'investigation, le dialogue, la discussion et le travail collaboratif sont fréquemment recommandées dans les documents d'orientation des pays européens. Il convient toutefois de noter que, aussi détaillés qu'ils soient, ces documents ne tentent pas de fournir des informations sur les pratiques adoptées en salle de classe.

Réalisée dans le cadre d'un projet Erasmus en lycée, l'étude présentée dans cet article souhaite analyser les pratiques pédagogiques et les connaissances professionnelles d'enseignants européens, ainsi que le fonctionnement d'institution éducatives différentes. Pour cela, des observations de pratiques d'enseignants européens dans leurs établissements ont été réalisées dans plusieurs pays (Italie, Hollande, France) en s'attachant particulièrement à une séance de travaux pratiques de résolution de problème.

CADRE D'ANALYSE D'UNE SEANCE DE RESOLUTION DE PROBLEME

Trois cadres conceptuels ont été choisis pour mener cette analyse :

- Le cadre des fonctions du problème défini par Fabre (1997) pour étudier les aspects concernant la résolution de problème ;
- Le cadre de Shulman (1987) pour la définition des connaissances professionnelles, élargi et précisé par ses collègues comme Grossman (1990), complété par celui de Carlson and Daehler (2019) et Behring et al., (2022);
- La Théorie Anthropologique du Didactique (Chevallard, 1992) pour analyser la praxéologie didactique des enseignants.

Nous définirons aussi le lien entre ses différents cadres afin d'optimiser les méthodes d'analyse.

Les fonctions du problème

Le cadre de réflexion de Fabre (1997) avance que la situation-problème oscille entre deux pôles : un pôle pédagogique et un pôle didactique. Dans l'approche pédagogique, l'essentiel est que l'élève entre en activité, il doit s'approprier le problème (manifestation) et identifier

¹ https://www.oecd.org/content/dam/oecd/fr/publications/reports/2010/12/pisa-2009-results-what-students-know-and-can-do_g1g114e2/9789264097643-fr.pdf

les enjeux du problème (référence). L'approche didactique place la signification du problème au cœur de la situation. Lors de la préparation d'une situation problème, l'enseignant devrait au préalable identifier les trois fonctions en jeu (Manifestation, Référence, Signification) et ainsi repérer dans le savoir à enseigner les concepts-clés (savoirs et savoir-faire). Dans la fonction signification de la situation-problème, l'élève résout un problème et au cours de cette activité, il devrait se forger une conception correcte de ces concepts. Par exemple, Prieur et Aldon (2011) présentent une expérience de co-disciplinarité, menée avec des enseignants de sciences physiques, de sciences de la Vie et de la Terre et de mathématiques qui soumettent le problème de l'explication du réchauffement climatique à des élèves d'une classe de seconde (15 ans) avec une démarche expérimentale qui les amène à mobiliser les trois fonctions d'un problème. Fabre (1997) souligne que la résolution de problème met toujours l'élève en activité, il pose et résout des problèmes mais quels problèmes sont-ils significatifs du savoir à construire ?

En pédagogie traditionnelle, l'élève applique les connaissances apprises dans les leçons précédentes dans un exercice plus moins ouvert. La situation-problème élargit cet objectif. On ne demande pas à l'élève le même niveau d'appropriation du problème. Prenons un exemple de question utilisée dans une situation-problème : Comment la physique explique-t-elle la formation d'une note de guitare ?

L'élève devra s'approprier le problème correspondant en mobilisant des connaissances et des savoir-faire. Pour mobiliser la fonction de manifestation l'enseignant devrait alors se poser la question suivante : Comment l'élève agit pour s'approprier le problème ? Si l'enseignant choisit une activité expérimentale pour répondre à la question, il mobilise alors la fonction de référence et il devrait se poser la question suivante : Comment l'élève acquiert au cours de l'activité la pratique sociale de la démarche de recherche scientifique ? L'élève doit en effet émettre des hypothèses et mettre en tension le monde de l'expérience, l'utilisation de différentes maquettes et le monde des idées. Cette mise en tension devrait lui permettre de modéliser en pratiquant une démarche scientifique et d'acquérir de nouvelles connaissances, concepts. Pour mobiliser la fonction de signification, l'enseignant devrait réfléchir aux concepts mobilisés dans la situation-problème et se poser la question : que vaut ce qu'apprennent les élèves ?

En pédagogie traditionnelle, on favorise également la méthode procédurale pour acquérir les concepts : si on a compris les connaissances de la leçon précédente, on doit réussir. Dans une situation-problème, on vise plutôt une compréhension des concepts clés par leurs découvertes. On peut alors parler de pédagogie du problème (problématisation). L'élève construit la résolution du problème et identifie les concepts clés nécessaires pour accéder à la solution. Orange (2012) a défini une modélisation de cet apprentissage par problème. La mise en tension des deux espaces empiriques (phénomènes) et explicatifs (idées) permet de générer des savoirs apodictiques qui permettent une modélisation du problème et donc sa résolution.

Cet article porte sur la résolution de problème dans un apprentissage de sciences expérimentales. Le choix d'une séance de travaux pratiques comme sujet d'observations devrait permettre d'inférer les fonctions définies par Fabre. En effet, enseigner dépend de la présentation d'un contenu à un élève sous une forme appropriée aux apprentissages. L'enseignant peut choisir de majorer ou minorer l'importance d'une fonction, par exemple faire le choix de minimiser la phase de construction du problème et demander aux élèves de poser le problème avec son aide.

Le tableau 1 a été construit pour définir des critères et observables afin de repérer les fonctions du problème choisi par l'enseignant pour la séance observée.

TABLEAU 1
Critères d'observations des fonctions du problème

Critères pour élaborer une séance d'apprentissage par problème	Fonction	Observables, actions de l'enseignant
La situation construite a un sens pour l'élève, celui-ci a les connaissances suffisantes pour s'investir dans la résolution ou problématisation du problème	Manifestation1	Décrire un contexte, identifier les connaissances mobilisées, la zone proximale de développement ZPD
L'élève peut imaginer le résultat qu'il doit atteindre, il peut se donner des critères pour savoir si le problème est résolu ou non	Manifestation2	Description de la production attendue, formuler les consignes et les contraintes
La situation proposée met en jeu une pratique sociale (travail en groupe, présentation orale ...), pratique d'une démarche scientifique	Référence	L'enseignant va lister les compétences visées
Une situation résolue que si l'élève doit franchir des concepts clés identifiés au préalable par l'enseignant	Signification1	Identifier les concepts clés de cet apprentissage, et les concepts utilisés peuvent être des conceptions initiales d'élèves
Une situation que l'élève perçoit comme une énigme. Il ne dispose pas d'une représentation adéquate et la solution n'est pas directement disponible	Manifestation3	Formulation du problème
L'élève doit pouvoir traduire la situation dans d'autres cadres. Il pourra faire des liens avec d'autres situations et réinvestir les nouveaux concepts acquis	Signification2	Concevoir des transferts possibles : exercices, autres problèmes.

La Théorie Anthropologique du Didactique

Pour Arnantonaki et al. (2020), la Théorie Anthropologique du Didactique (Chevallard, 1992) « offre les outils nécessaires pour mener des analyses de pratiques dans les institutions (au sens de Douglas) pour les décrire mais également en comprendre l'origine. En particulier, le modèle praxéologique (Bosch & Chevallard, 1999) permet de décrire l'organisation du savoir au sein d'une classe ainsi que les différentes activités des élèves et de leur enseignant ». Cette modélisation, d'abord présente en didactique des mathématiques, est maintenant également utilisée en didactiques des sciences. Le modèle praxéologique devrait nous permettre de décrire la pratique de la résolution de problème, qui n'est pas tout à fait la même et qui ne vit pas de la même manière d'une institution à une autre.

Selon Chevallard (2003, p. 82) « une institution est un dispositif social 'total', qui peut certes n'avoir qu'une extension très réduite dans l'espace social (il existe des 'micro-institutions'), mais qui permet – et impose – à ses sujets, c'est-à-dire aux personnes x qui viennent y occuper les différentes positions p offertes dans la mise en jeu de manières de faire et de penser propres ». Selon Chevallard (2003, p. 82) : « Étant donné un objet o , une institution I , et une position p dans I , on appelle rapport institutionnel à o en position p , et on note $RI(p, o)$, le rapport à l'objet o qui devrait être, idéalement, celui des sujets de I en position p ».

Pour Chevallard (2002, p. 3), « Toute activité humaine consiste à accomplir une tâche t d'un certain type T , au moyen d'une certaine technique τ , justifiée par une technologie θ qui permet en même temps de la penser, voire de la produire, et qui a son tour est justifiable par une théorie Θ Toute activité humaine met en œuvre une organisation qu'on peut noter $[T/\tau/\theta/\Theta]$ et qu'on nomme praxéologie, ou organisation praxéologique ». Une *praxéologie disciplinaire* permet ainsi de rendre compte de l'organisation d'un objet de savoir particulier

au sein d'une classe. A celle-ci, on peut associer une *praxéologie didactique*, qui décrit ce que fait l'enseignant pour amener ses élèves à étudier cet objet de savoir (Chevallard, 1998). Un enseignant (p) situé dans une institution (I) liée à un pays réalisant sa pratique enseignante (o) devant un groupe d'élèves va rechercher un rapport institutionnel entre l'institution et sa pratique en classe. Ce rapport institutionnel pourrait être réalisé par la praxéologie didactique (Bosh & Chevallard, 1999). Cette praxéologie didactique va étudier les rapports à un objet, la pratique enseignante, rapports qui se construisent au sein d'une institution pour une personne. Cette praxéologie didactique est construite à partir des programmes scolaires, des formations continues ou formation personnelle suivie par l'enseignant. Ainsi, la praxéologie peut être considérée comme une réinterprétation (Bonnat, 2017) de la transposition didactique. Elle dépendrait donc aussi de l'institution du pays d'enseignement. La praxéologie didactique devrait permettre d'analyser la pratique professionnelle d'enseignants dans différents pays.

Dans notre étude, un tâche t représente ce que fait l'enseignant pendant la séance, le type T correspond à une séance de travaux pratiques alors que la technique T évoque comment il le fait en classe. Par ailleurs, nous confondrons les concepts de technologie θ et théorie Θ constituant le bloc du logos ou du discours raisonné, souvent identifié comme un savoir, car ils sont souvent difficiles à distinguer dans les propos des enseignants.

Chevallard (1997) établit deux grands types de tâches. « L'une des premières tâches auxquelles s'affronte le professeur en tant que directeur d'étude d'une classe donnée consiste à déterminer, à partir des indications du programme d'études officiel, les organisations disciplinaires à étudier, en précisant, pour chacune d'elles, son contenu précis et en particulier le socle des types de tâches disciplinaires ou hors disciplinaires qu'elle contient, ainsi que le degré de développement à donner aux composantes techniques, technologiques, théoriques ». Ces choix dépendront de son expérience personnelle et des contraintes institutionnelles. On peut ainsi différencier la praxéologie personnelle construite à partir son expérience personnelle et la praxéologie institutionnelle construite à partir de stages ou lectures de textes institutionnels. « Le second grand type de tâches au cœur de l'activité du professeur consiste évidemment à diriger l'étude d'une organisation disciplinaire déterminée, c'est-à-dire à conduire la reconstruction, ou transposition, dans la classe, de cette organisation ».

Les praxéologies didactiques permettent donc d'établir les organisations praxéologiques professorales ayant permis de répondre à des questions correspondant à la façon de faire réaliser un type de tâche disciplinaire, ici la résolution de problème.

Connaissances professionnelles de type PK, PCK

Dans les observations de pratique d'enseignants réalisées dans l'étude présentée ici, nous cherchons à modéliser les praxéologies didactiques. Ceci nécessite la formalisation des connaissances (logos) justifiant les techniques didactiques ou pédagogiques (praxis). Pour la réalisation de cette analyse, nous allons recourir au cadre des connaissances professionnelles des enseignants initiées par Shulman (1987).

Selon Morge (2003), l'analyse d'une séance permet de mettre en évidence des connaissances professionnelles locales. Dans un contexte particulier, la préparation d'une séance, l'enseignant mobilise des savoirs ou savoir-faire généraux. Il peut anticiper le déroulement d'une séance en envisageant l'émergence de difficultés ou de certaines productions d'élèves en fonction des particularités de la séance comme le contenu abordé, le niveau en mathématique des élèves, leurs conceptions, etc. Cette anticipation permet d'ajuster, de régler sa préparation ou sa gestion de la séance. Selon Morge (2003), ces connaissances professionnelles locales doivent être adaptées quand l'enseignant change de séance même si le contenu ne change pas. De son côté, le groupe ResCo de l'IREM de Montpellier (2014) montre comment les enseignants, face à des situation-problèmes, doivent adapter leurs pratiques (leurs postures, leurs stratégies) pour débloquer les élèves sans donner

la solution, changement de posture qui relève typiquement du PCK.

La modélisation des connaissances professionnelles a été initiée par Shulman (1987) et élargie et précisée par ses collègues comme Grossman (1990) qui a défini 4 grands domaines de connaissance de l'enseignant :

- PK connaissances pédagogiques générales
- SMK connaissances disciplinaires
- PCK connaissances pédagogiques liées au contenu disciplinaire de la séance
- Kofc connaissances du contexte (situation géographique, sociale, etc.)

Les connaissances pédagogiques liées au contenu disciplinaire (« pedagogical content knowledge », notées PCK, concernent des aspects liés aux caractéristiques spécifiques à l'enseignement et sont donc transférables dans une séance d'apprentissage de résolution de problème. Magnusson et al. (1999) distingue de leur côté 5 catégories de PCK :

- L'orientation à travers l'enseignement des sciences,
- Les connaissances des étudiants,
- Les connaissances des programmes de sciences,
- Les connaissances des stratégies d'enseignement scientifique,
- L'évaluation.

Les PCK sont celles ayant le plus d'impact en classe, par l'action de l'enseignant. Pour le travail d'analyse professionnelle des séances proposé dans cet article, deux catégories de PCK et deux catégories de PK seront sélectionnées car l'inférence de ces connaissances se fera sur les connaissances locales mobilisées pour la préparation d'une séance d'apprentissage particulière :

- La première PCK « connaissance des apprenants en sciences » permet d'identifier les connaissances de l'enseignant sur les conceptions initiales des élèves, les exigences de l'apprentissage de certaines notions difficiles pour l'élève, par exemple, la difficulté d'obtenir une prise de notes écrites en autonomie.
- La deuxième PCK « connaissance des stratégies d'enseignement scientifique » en relation avec l'enseignement suppose une explicitation des stratégies pédagogiques en lien avec les contenus à enseigner. Cette PCK permet d'identifier les connaissances prise en compte par l'enseignant comme la gestion des activités des élèves (dévolution), la tutelle par l'enseignant (aide), le rôle de la manipulation, l'utilisation du débat pour effectuer une démarche scientifique avec les élèves.
- La première PK « Connaissances de différentes stratégies pédagogiques d'apprentissages » connues par l'enseignant.
- La deuxième PK « Connaissances sur l'évaluation ».

Selon Jameau (2008), ce modèle n'offre pas d'études cohérentes au niveau des connaissances pédagogiques liées au contenu disciplinaire (PCK) : soit ce concept est redéfini à chaque recherche, soit un autre cadre théorique est proposé. Ces connaissances professionnelles peuvent différer suivant les enseignants et son pays d'origine.

Une autre approche a été développée par Carlson and Daehler (2019) qui apportent des éléments nouveaux pour notre observation de pratiques professionnelles dans différents pays car elle permet d'affiner l'analyse des connaissances professionnelles d'un enseignant dans un lycée, dans un pays. De plus, elle permet de faire un lien avec la praxéologie utilisée dans la TAD car elle permet de comprendre la stratégie choisie par l'enseignant pour sa séance de résolution de problème et fait un lien avec les deux tâches définies par Chevallard dans sa praxéologie professorale.

Ce modèle de « consensus affiné » des connaissances professionnelles classe les PCK

en trois domaines :

- cPCK qui représentent les connaissances professionnelles collectives partagées au sein d'une communauté professionnelle, dans le cas précis de cet article : un pays différent. Par exemple les curriculums, bulletins officiels, publications didactiques, expériences pédagogiques, diffusés par l'institution du pays. On peut dans ces documents, conseillés aux enseignants, tenir compte des conceptions initiales des élèves, des compétences linguistiques des élèves, appliquer une procédure pour une démarche d'investigation ;
- pPCK (connaissances professionnelles intériorisées) représente les connaissances personnelles de l'enseignant. Elles constituent la base de connaissances, ces pPCK sont acquises par l'enseignant par une connaissance des cPCK mais aussi grâce aux formations et discussions avec ses collègues, ses lectures personnelles de revues pédagogiques ;
- ePCK représente les connaissances professionnelles adoptées par l'enseignant dans sa pratique en classe devant les élèves, c'est un sous ensemble des pPCK.

Pour Carlson and Daehler (2019), la transformation des domaines de PCK entre eux suppose différents mécanismes de filtres et/ ou d'amplification qui modèrent les processus de transformation des PCK.

Le filtre 1, passage entre cPCK et pPCK, est nommé « Orientations motivationnelles et valeurs professionnelles et éthiques ». Celles-ci vont être influencées par les contextes d'apprentissage tels que les systèmes nationaux d'éducation, les systèmes d'information et les systèmes de gestion des ressources humaines, le contexte d'apprentissage (équipement, caractéristiques du groupe classe). Mais ce filtre 1 tient compte aussi de paramètres plus personnels de l'enseignant comme les croyances en les capacités d'enthousiasme qui dictent la qualité et l'intensité dans la durée du comportement de l'enseignant, son expérience antérieure en classe.

Pour le filtre 2, Carlson and Daehler (2019) suggèrent que le raisonnement pédagogique de l'enseignant serve de filtre pour la transformation des pPCK en ePCK. Cette réflexion de l'enseignant suit un cycle de plusieurs étapes : P étape de planification, T étape de l'enseignement et R étape de réflexion dans le cycle de planification -enseignement - réflexion dans le domaine ePCK.

Behling et al. (2022) proposent de rajouter un filtre 3 supplémentaire : l'observation définie comme la capacité d'un enseignant à diriger sa propre attention sur les événements de la classe qui sont pertinents pour l'enseignement et l'apprentissage.

PROBLÉMATIQUE ET QUESTIONS DE RECHERCHE

En suivant Pélissier et Venturini (2016, p. 73), nous considérons que « les praxéologies sont un moyen de modéliser les pratiques d'un enseignant dans une institution à partir de son action que l'on peut décrire à partir de ses gestes, en prenant en compte simultanément ce qui fonde et/ou légitime cette action ».

L'analyse de la pratique professionnelle dans une classe ou dans un dialogue pour expliquer les choix de l'enseignant pourrait se faire par les connaissances professionnelles et la praxéologie de l'enseignement. On peut diviser l'analyse praxéologique en deux parties. La Praxis correspond à la pratique, c'est-à-dire les choix des tâches et des techniques d'enseignement : ce que fait l'enseignant avec les élèves et comment il le fait. Le Logos correspond, quant à lui, aux connaissances de l'enseignant, de nature épistémologiques, institutionnelles, théoriques (discipline), didactiques et pédagogiques.

De l'analyse de l'observation de la séance, nous pourrions identifier la praxis de l'enseignant en repérant les tâches et les techniques pour ensuite les corrélérer avec ses

connaissances professionnelles. De l'analyse du dialogue avec l'enseignant, nous pourrions inférer le logos de l'enseignant et le corrélérer avec ses connaissances professionnelles.

Le choix du type de séance expérimentale évite de créer un biais dans l'analyse comparative. Mais nous devons aussi connaître l'ancienneté professionnelle de l'enseignant ainsi que les spécificités des élèves (sociaux, âge).

Nous pouvons alors formuler les deux questions de recherche qui seront travaillées lors de cette étude :

- Quelles connaissances professionnelles de type PCK sont mobilisées par l'enseignant dans une séance de travaux pratiques pour un apprentissage par problème ?
- Comment l'analyse de la praxéologie didactique et des connaissances professionnelles, des fonctions du problème permet de comparer les pratiques pédagogiques d'apprentissage par résolution de problème d'enseignants de différents pays ?

OUTILS DE RECUEIL ET D'ANALYSE DE DONNÉES

Pour répondre à ces deux questions de recherche, nous allons procéder à une étude du contexte de chaque établissement observé et construire des grilles d'analyse pour recueillir les connaissances professionnelles et des grilles pour analyser ses dernières à la lumière des fonctions du problème ainsi que de la praxis et du logos des enseignants.

Contextes de chaque observation

Le tableau 2 précise les principales caractéristiques des 3 contextes d'étude.

TABLEAU 2
Caractéristiques des 3 contextes d'étude

France Lycée A, Poitiers	Hollande Lycée B, Drachten	Italie Lycée C, Régio- Emilia
Séance de travaux pratiques sur la génétique Classe de 20 élèves de terminale de spécialités sciences de la vie et de la Terre La durée de la séance est de 2h. Elle se déroule dans une salle de travaux pratiques. Le lycée est un « bon lycée » dans un environnement social relativement favorisé. Mme D. est une enseignante expérimentée, agrégée de sciences de la vie et de la Terre	Séance de travaux pratiques sur la génétique Classe de 20 élèves dans un cycle HAVO ² La durée de la séance est de 1h. Elle se déroule dans une salle de travaux pratiques. Le lycée est un « bon lycée » dans un environnement social relativement favorisé. Mme Dr. est une enseignante expérimentée, enseignante de Biologie.	Séance de travaux pratiques sur la chimie des sucres. Classe de 17 élèves de 4 ^{ème} année de lycée. Ces élèves étudient dans une filière de science appliquée La durée de la séance est de 2h. Elle se déroule dans une salle de travaux pratiques. Le lycée est un « bon lycée » dans un environnement social relativement favorisé Mr M. est un enseignant expérimenté, enseignant de biologie, chimie astronomie

Préconisation des curriculums des différents pays

Préconisations en France à propos de la résolution de problème

Pour enseigner en lycée, un enseignant titulaire doit acquérir un diplôme intitulé CAPES ou Agrégation sur la connaissance de la discipline spécifique ; une formation initiale et continue

² L'enseignement secondaire général supérieur (HAVO) prépare à la poursuite d'études dans l'enseignement professionnel supérieur (HBO). Durée : 5 ans.

en pédagogie et didactique est dispensée à l'enseignant au cours de sa carrière.

D'après le préambule du programme de spécialité des sciences de la vie et de la Terre du Bulletin officiel spécial n° 8 du 25 juillet 2019 (MEN, 2019) on peut identifier les préconisations suivantes : « Pour répondre à un problème scientifique, l'élève examine la validité d'une hypothèse par la mise au point d'un protocole ; il confronte les résultats de l'expérience aux attentes théoriques ou à un modèle ».

Il n'y a pas d'explication didactique au sujet de l'apprentissage par résolution de problème. On indique seulement les capacités liées à une démarche scientifique :

- « - Formuler et résoudre une question ou un problème scientifique.
- Concevoir et mettre en œuvre des stratégies de résolution.
- Observer, questionner, formuler une hypothèse, en déduire ses conséquences testables ou vérifiables, expérimenter, raisonner avec rigueur, modéliser, argumenter.
- Interpréter des résultats et en tirer des conclusions. - Comprendre le lien entre les phénomènes naturels et le langage mathématique.
- Comprendre qu'un effet peut avoir plusieurs causes.
- Discerner, dans la complexité apparente des phénomènes observables, des éléments et des principes fondamentaux.
- Distinguer ce qui relève d'une croyance ou d'une opinion et ce qui constitue un savoir scientifique. ».

Préconisations de l'éducation nationale en Hollande

L'enseignant doit acquérir Qualification d'Enseignant de Premier Degré (*Eerstegraads bevoegdheid*). Ce diplôme permet d'enseigner dans toutes les classes de l'enseignement secondaire supérieur (classes supérieures du HAVO et VWO – les niveaux qui mènent respectivement à l'enseignement professionnel supérieur et à l'université). La principale voie pour obtenir cette qualification d'enseignant de premier degré est un programme de formation initiale de niveau Master en Éducation. Ce programme est conçu pour ceux qui possèdent déjà un diplôme de niveau Master ou un Bachelor approfondi dans la matière qu'ils souhaitent enseigner. Il se concentre sur la pédagogie, la didactique et la pratique en classe. Concernant la formation continue, il existe des Masters Spécialisés et Post-Initiaux pour les enseignants expérimentés qui souhaitent se perfectionner dans un domaine spécifique (comme la didactique d'une matière, l'encadrement, la gestion scolaire, l'innovation pédagogique, ou l'enseignement bilingue).

Depuis 1998, l'éducation nationale en Hollande a déterminé comme objectif central l'apprentissage de l'autonomie de l'élève qui doit assumer une grande responsabilité vis-à-vis de sa progression (Blom & Weststrate, 2002). Cette autonomie accrue doit lui faciliter l'accès à l'enseignement supérieur. Pour chaque matière de sa filière personnelle, l'élève réalise un certain nombre de productions écrites autonomes qu'il doit rassembler et conserver dans de nombreux dossiers. Avant de passer les examens scolaires, l'élève doit présenter l'ensemble des dossiers à ses professeurs. Ces dossiers ne sont pas notés par l'enseignant, mais celui-ci doit y apporter la mention « suffisant » afin que l'élève puisse effectivement participer aux examens. Cette contrainte est largement compensée par la liberté de l'élève de personnaliser ses dossiers. Il en résulte forcément une différenciation des travaux rendus par les élèves. Une tâche typique demandée par l'institution est constituée par le mémoire de fin d'études secondaires. L'élève en choisit librement le sujet, à condition que deux matières du curriculum soient concernées. Ce mémoire comprend le résultat des recherches et études effectuées par l'élève. Il s'en suit qu'une autonomie considérable de l'élève est requise au niveau du planning, de la production et de la présentation des travaux. L'examen terminal comporte trois éléments décisifs : les dossiers, y compris le mémoire, les épreuves scolaires et l'examen national.

Préconisations de l'éducation nationale en Italie

Pour enseigner la chimie en lycée, l'enseignant doit acquérir un diplôme intitulé Tirocinio Formativo Attivo portant sur la connaissance de la discipline spécifique. Des cours didactiques et pédagogiques, ainsi que des cours et des laboratoires sur l'enseignement de la discipline sont fournis par les universités. De plus, une période dédiée à l'expérience pratique à l'école, côte à côte avec un enseignant expert, le tuteur, est prévue pour compléter la formation. Les actions de formation continue sont sporadiques et non obligatoires.

En Italie, la chimie est généralement enseignée au lycée scientifique (liceo scientifico), en particulier dans l'option 'sciences appliquées' (opzione scienze applicate). Ce programme, mis en place suite à la réforme Gelmini de 2010, regroupe la chimie, la biologie et les sciences de la Terre sous l'appellation 'sciences naturelles' (scienze naturali). *Les enseignants de sciences du lycée doivent rédiger un programme qui détaillent les compétences et connaissances visées* pour tous les Licei Scientifici italiens, conformément au D.P.R. n. 89/2010 (Regolamento recante revisione dell'ordinamentale, organizzativo e didattico dei licei).

Le programme de chimie vise à fournir une solide base théorique et pratique aux élèves, en leur permettant de comprendre les phénomènes naturels et les processus technologiques. Il inclut un aspect expérimental important, avec des heures de travail en laboratoire.

Dans un article sur la formation continue des enseignants de chimie, Carnasciali et Ricco (2011) avancent certaines préconisations pour l'apprentissage de la chimie dans les écoles et lycée : « Les matières scientifiques intégrés favorisent un questionnement et démarche d'investigation à l'environnement et à préparer les enfants pour des études plus détaillées dans les classes plus avancées ». Ces auteurs proposent plusieurs exemples de formation continue, en particulier pour ce qui concerne les cours sur la pédagogie et les sciences de l'éducation et sur les méthodes d'enseignement particulières telles que le travail d'équipe ou de l'utilisation des TIC.

Grilles d'analyse

Les 3 tableaux suivants vont permettre d'analyser les séances observées et de répondre aux questions de recherche.

Le tableau 3 ci-dessous liste les critères qui pourraient être identifiés dans la pratique professionnelle d'un enseignant dans le processus de réflexion-planification puis dans l'enseignement effectif d'une séance de classe.

TABLEAU 3
Classification et codage des PK et PCK

Catégories de connaissances	Code	Description
PK Connaissances générales sur l'enseignement	PK1	Connaissances de différentes stratégies pédagogiques d'apprentissages : Classe inversée Travail en groupe Apprentissage par problème Cours magistral Apprentissage en travaux pratiques avec une démarche scientifique
	PK2	Evaluation formative, sommative, devoir maison, interrogation orale, interrogation surprise, compte rendu de TP ; évaluations des gestes expérimentaux en chimie, biologie

PCK Connaissance des apprenants en sciences	PCKA1	La difficulté des élèves à choisir le matériel pour les expériences et à l'utiliser
	PCKA2	Difficultés des élèves sur les concepts de chimie, biologie, abordés pendant la séance Prise en compte des conceptions initiales Difficultés linguistiques des élèves
	PCKA3	Difficulté des élèves pour utiliser les outils mathématiques dans les calculs et la modélisation
	PCKA4	Difficulté pour les élèves à prendre une trace écrite (carnet d'expériences) des analyses des résultats d'expériences (tableaux, schéma) et dans la modélisation
PCK stratégie d'enseignement Appliquée à la séance	PCKS1	Prise en compte par l'enseignant d'autres situations antérieures pour transférer les connaissances sur la gestion pédagogique de cette séance expérimentale
	PCKS2	Prise en compte par l'enseignant des conditions pour réaliser une dévolution du problème : *dispositif de tutelle au cours du déroulement de la séance de travaux pratiques *débat entre les élèves pour discuter de la validation du modèle entre élèves * production d'une synthèse par l'élève
	PCKS3	Prise en compte par l'enseignant de la complexité de la formulation du problème posé aux élèves sur le sujet d'étude, reformulation du problème pour le rendre la question moins ouverte.
	PCKS4	Prise en compte de l'importance de maîtrise des dispositifs expérimentaux dans sa stratégie pédagogique d'apprentissage

Le tableau 4 permet de classer les connaissances professionnelles en fonction des dimensions du problème. L'utilisation de ce tableau devrait permettre d'analyser la pratique de l'enseignant, son choix dans les fonctions du problème et les connaissances professionnelles qu'ils mobilisent. On pourrait alors mieux cerner la nature de l'apprentissage par résolution de problème choisi par le professeur.

TABLEAU 4

Classification et codage des PK et PCK en fonction des 3 dimensions du problème

Critères pour élaborer une séance d'apprentissage par problème	Mot clé	Connaissances professionnelles
La situation construite a un sens pour l'élève, celui-ci a les connaissances suffisantes pour s'investir dans la résolution ou problématisation du problème.	Manifestation 1	PCKA1 ; PCKA2 ; PCKA3 ; PCKS3 ; PCKS4
L'élève peut imaginer le résultat qu'il doit atteindre, il peut se donner des critères pour savoir si le problème est résolu ou non	Manifestation 2	PK1 ; PCKS1
La situation proposée met en jeu une pratique sociales , travail en groupe, présentation orale ..., pratique d'une démarche scientifique	Référence	PK1 ; PK2 ; PCKA4 ; PCKS2
Une situation résolue que si l'élève doit franchir un ou	Signification 1	PCKA3 ; PCKA2

des concepts clés identifiés au préalable par l'enseignant qui met en jeu des concepts clés		
Une situation que l'élève perçoit comme une énigme. Il ne dispose pas d'une représentation adéquate et la solution n'est pas directement disponible	Manifestation 3	PCKS3 ; PK1
L'élève doit pouvoir traduire la situation dans d'autres cadres. Il pourra faire des liens avec d'autres situations et réinvestir les nouveaux concepts clés acquis	Signification 2	PK2

Pour analyser la praxis de l'enseignant, nous repérons (tableau 5) certains passages forts de la séance qui devraient permettre de caractériser la stratégie d'apprentissage de l'enseignant et inférer les fonctions du problème et connaissances professionnelles associées.

TABLEAU 5
Grille d'observation des séances³

Les tâches t	Technique T	Fonctions du problème	Connaissances professionnelles associées

Objectif du questionnaire rempli par l'enseignant

Un questionnaire (annexe) distribué quelques jours après l'observation de la séance en classe devrait permettre d'analyser le logos de l'enseignant et de mieux comprendre sa praxis d'apprentissage.

ANALYSE DES DONNÉES ET DISCUSSION

Dans cette section, nous exploitons les prises de notes pendant les différentes observations en utilisant les différents tableaux comme outil d'analyse.

Analyse de la praxis de l'enseignante française Mme D.

Il s'agit d'une séance de 2 heures de travaux pratiques avec une classe de spécialité portant sur le thème de la génétique. Les fonctions du problème ont été utilisées par l'enseignant avec les proportions suivantes (tableau 6) :

TABLEAU 6
Pourcentage des fonctions utilisée par l'enseignante

Fonction Signification	Fonction Manifestation	Fonction Référence
16%	52%	32%
1 fonction Signification 2 (évaluation) 2 fonctions Signification 1	6 fonctions Manifestation 1 4 fonctions Manifestation 2	6 fonctions Référence

Rappelons le sens des fonctions du problème. Dans l'approche pédagogique, l'essentiel est que l'élève entre en activité, il doit s'appropriier le problème (*manifestation*), identifie les enjeux du problème (*référence*). L'approche didactique place la *signification* du problème au

³ Tâche t : ce que fait l'enseignant pendant la séance. ; Type T : une séance de travaux pratiques ; Technique T : comment il le fait

cœur de la situation. D'après les pourcentages des fonctions utilisées par l'enseignante (tableau 6), il s'avère que Mme D. choisit de privilégier la fonction de Manifestation car elle constate que les élèves n'ont assimilés que partiellement les concepts nécessaires pour s'appropriier le problème de la séance. La fonction Référence est également importante car Mme D. demande à ses élèves de pratiquer une démarche scientifique pour résoudre le problème. Pour cela, elle a découpé sa séance en étapes clés de cette démarche. La question de recherche est déjà posée et les hypothèses sont discutées à l'oral avec l'ensemble de la classe à partir de questions de la professeure. La dernière fonction de Signification est présente car les élèves apprennent de nouveaux concepts. Son importance est cependant moindre car la séance est dense, le rythme est rapide et laisse peu de temps aux élèves pour s'appropriier les concepts clés du problème. De plus, Mme D. avait prévu de finir la démarche d'analyse des résultats dans une deuxième séance.

TABLEAU 7

Comptage des connaissances professionnelles utilisées par l'enseignante

PK1	Appropriation du problème : 3 fois Evaluation pour le baccalauréat : 1 fois Travail en groupe, mutualisation
PCKA2	Aide sur les concepts nécessaires pour résoudre le problème : 6 fois
PCKA3	Aide pour difficulté en mathématique statistique : une fois
PCKA4	Aide pour la validation du modèle, présentation des résultats deux fois
PCKS2	Débat entre élève, aide des élèves à réfléchir : deux fois
PCKS3	Reformulation du problème : deux fois
PCKS4	Utilisation des verbes d'Action pour réaliser TP : une fois
PCKS1	Prise en compte par l'enseignant d'autres situations antérieures deux fois

Mme D. a divisé sa séance pour respecter les étapes de la démarche scientifique, les élèves travaillent en binôme et mutualisent les résultats sous le contrôle de l'enseignante.

Dans sa séance, elle fait le choix de mobiliser ses connaissances professionnelles pour réactiver les concepts nécessaires à la résolution du problème sous la forme de questions orales, reformulation des questions. Elle mobilise ses connaissances professionnelles pour faire réfléchir les élèves à l'oral et ainsi faire émerger les nouveaux concepts construits par cette séance sous la forme de mini débat à l'oral. Enfin, elle intervient dans quelques groupes pour les aider.

En complément des analyses de praxis et logos, nous pouvons appliquer le concept de filtrage proposé par Carlson et Daechter (2019). On peut retenir du Filtre 1 appliqué par Mme D., une demande forte de l'institution d'enseigner un programme avec un très grand nombre de concepts à assimiler par les élèves au cours de l'année ; un choix pédagogique personnel de mettre en avant la réflexion personnelle des élèves, un autre choix de ne pas utiliser les grilles de compétences proposées par l'institution. Du filtre 2, on peut observer pendant la séance le souci de Mme D. de faire réfléchir les élèves par un questionnement oral individuel ou mini débat. Le choix de distribuer un document élèves détaillé, de rappeler les concepts vus en cours devraient permettre une plus grande rapidité dans l'exécution du cours. Mme D. n'a jamais parlé de compétences dans son discours ou dans le document élève. Du filtre 3, elle a reformulé le problème, rappeler des concepts de cours quand elle a observé une perte de compréhension de l'appropriation du problème.

Analyse du logos de l'enseignante française Mme D.

Cette analyse a été réalisée par la lecture des réponses au questionnaire distribué à la suite de son activité de résolution de problème de génétique. L'objectif de cette analyse est d'inférer

les connaissances professionnelles intériorisées. Selon le modèle de « consensus affiné », ces connaissances professionnelles sont assimilées à partir d'informations institutionnelles ou personnelles (filtre1) puis sont transposées dans une conception de cours (filtre 2). Mais il s'agit également de repérer des marqueurs pédagogiques propres à l'enseignante dans la conception et l'animation de sa séance.

Nous pouvons identifier dans les réponses au questionnaire des connaissances professionnelles préconisées par l'institution et reprises par Mme D. :

- La contextualisation d'un problème appelée situation déclenchante par l'institution ;
- La méthode de résolution hypothético-déductive souvent nommée méthode d'investigation par l'institution ;
- La connaissance des attendus de l'épreuve expérimentale du baccalauréat ;
- Les connaissances sur les concepts mise en jeu dans ses cours ;
- L'intégration d'une évaluation des rédactions des comptes-rendus des travaux pratiques des élèves

Mme D. a aussi des repères dans sa conception de l'apprentissage qui lui sont personnelles. On constate ainsi que Mme D. a rejeté des préconisations institutionnelles qui ne lui correspondait pas comme le découpage d'une séance en compétences. Elle ne pratique pas d'activités avec une problématique trop ouverte dans laquelle la place des prérequis de connaissances sont faibles. La place des connaissances des élèves occupe une place importante (elle la cite plusieurs fois) et pendant le déroulement de sa séance, nous observons qu'elle utilise de nombreuses fois des rappels de cours à l'aide de questions-réponses (filtre 2). La clarté, précision, présentation de la rédaction constituent une attente importante (filtre2). La demande de réflexion est aussi une attente : « la réflexion crée de la joie de comprendre » (filtre2). La motivation des élèves est une valeur importante et elle pense que la résolution de problème peut favoriser cette motivation (filtre 2).

Dans les réponses au questionnaire, Mme D. signale une référence personnelle qui décrit une méthode d'apprentissage. Cette méthode d'apprentissage de La Garanderie fait appel à une pédagogie différenciée qui n'est pas préconisée par l'institution. Dans cette méthode, Il faudrait guider chaque élève dans son apprentissage en lui faisant découvrir sa manière de pensée et son projet qui donnera du sens à son apprentissage. Elle attache une importance à la réflexion personnelle dans la conception de son cours et questionne les élèves dans ce sens. Elle signale aussi qu'elle s'est intéressée à l'apport des neurosciences dans les apprentissages, méthode non évoquée dans l'enseignement secondaire, qui repose essentiellement sur les sciences de l'éducation.

Analyse de la praxis de l'enseignante hollandaise Mme Dr.

La séance concernée dure 1 heure avec une classe niveau HAVO. L'observation de la séance a permis de faire un bilan quantitatif des connaissances professionnelles en jeu et des fonctions du problème mobilisées par l'enseignante.

Toutes les fonctions du problème ont été utilisées par l'enseignante avec les proportions du tableau 8.

Mme Dr. choisit de privilégier la fonction de Référence, ce qui pourrait s'expliquer par le fait que chaque élève devra réaliser une démarche scientifique avec une grande autonomie. À la fin de la séance, il doit remettre au professeur une question de recherche et une hypothèse. L'appropriation du problème par l'élève est donc centrale. La fonction Manifestation est moins importante car l'élève devrait s'approprier le problème à partir de ses connaissances et en autonomie pour à la fin de la séance rédiger une question de recherche. La dernière fonction de signification est moins présente dans cette séance car on est au début de la résolution de problème.

TABLEAU 8
Pourcentage des fonctions utilisée par l'enseignante

Fonction Signification	Fonction Manifestation	Fonction Référence
12%	38%	50%
1 fonction Signification 1	2 fonctions Manifestation 2 1 fonction Manifestations 3	4 fonctions Référence

TABLEAU 9
Comptage des connaissances professionnelles utilisées par l'enseignante

PK1	Appropriation du problème : 1 fois Appropriation de la démarche (question de recherche, hypothèse) : 1 fois Travail en groupe
PK2	Prise de notes, cahier de laboratoire
PCKS2	Aide des élèves à réfléchir (tutelle) : 3 fois
PCKS1	Prise en compte par l'enseignant d'autres situations antérieures : 1 fois

Mme Dr. a mobilisé des connaissances professionnelles pour que les élèves réalisent le début d'une démarche scientifique avec un maximum d'autonomie, les élèves travaillant en binôme. La diversité des connaissances professionnelles mobilisées pendant la séance n'est pas très grande. L'enseignante intervient peu dans la séance sauf pour aider certains groupes d'élèves. Essentiellement, elle observe les groupes fonctionner car elle s'est fixé deux objectifs pédagogiques liés : l'autonomie dans une pratique d'une démarche scientifique. Il est à noter que Mme Dr. n'a pas fait de rappel de cours devant la classe mais les élèves avaient à leur disposition leurs cours et leurs manuels.

On peut retenir du filtre 1 appliquée par Mme Dr, une demande forte de l'institution de respecter les connaissances et les compétences exigées par l'institution et de développer l'autonomie des élèves. Du filtre 2, nous observons pendant la séance le souci de responsabiliser les élèves, d'aider les élèves à préciser leurs idées en s'inspirant de la méthode d'apprentissage « l'éducation à la demande ». Du filtre 3, nous constatons qu'elle intervient peu devant la classe entière et laisse se dérouler la séance.

Analyse du logos de l'enseignante hollandaise Mme Dr.

Cette analyse a été réalisée par la lecture des réponses au questionnaire distribué à la suite de son activité de résolution de problème de génétique. L'objectif de cette analyse est de repérer les connaissances professionnelles intériorisées. Selon le modèle de « consensus affiné », ces connaissances professionnelles sont assimilées à partir d'informations institutionnelles ou personnelles (filtre1) puis sont transposées dans une conception de cours (filtre 2). Mais il s'agit également de repérer des marqueurs pédagogiques dans la conception et l'animation d'une séquence.

On peut identifier des connaissances professionnelles préconisées par l'institution et reprises par Mme Dr :

- Des objectifs de connaissances et compétences sont définies par l'institution en vue d'une évaluation finale ;
- Une demande de développer l'autonomie des élèves ;
- Une grille d'évaluation pour suivre l'évolution des élèves des compétences pratiques et théoriques ;
- Une demande de pratiquer une démarche scientifique ;

- Une demande de relier le cours à des exemples d'application dans la société (test génétiques, possibilités offertes par la recherche sur l'ADN).

Mme Dr présente également des repères dans sa conception de l'apprentissage qui lui sont personnelles. L'autonomie des élèves occupe une place importante : elle définit l'activité de la résolution de problème comme une activité de coaching, l'élève doit agir de manière indépendante, a une responsabilité sur le résultat final. Pendant son cours, Mme Dr intervient très peu devant la classe entière, elle répond à la demande des élèves (filtre 2) et elle laisse à l'élève le soin de rédiger sa question de recherche et ses hypothèses (filtre 2). Mme Dr cite une méthode d'apprentissage pratiqué en Hollande qui la motive dans sa pratique : « l'éducation à la demande ». Cet apprentissage axé sur la demande aide les élèves à définir leurs intérêts par eux-mêmes. Ils pratiquent leurs compétences (méta)cognitives tout en renforçant leurs capacités d'enquête. Elle indique qu'« apprendre à apprendre » est un objectif important. Le choix de pratiquer une démarche scientifique avec les élèves se justifie par le besoin de sensibiliser les élèves à cette méthode de création de connaissances. De plus, Mme Dr indique qu'elle participe à des conférences, congrès, stages pour compléter sa formation scientifique.

Analyse de la praxis de l'enseignant italien Mr M.

Il s'agit ici d'une séance de travaux pratiques d'une durée de 2h. Le sujet de TP porte sur l'identification des oses (sucres) par les tests chimiques de Tollens et liqueur de Fehling. Un cours sur les oses a précédé cette séance de travaux pratiques. L'observation de la séance a permis de faire un bilan quantitatif des connaissances professionnelles et des fonctions du problème mobilisées par l'enseignant. Toutes les fonctions du problème ont été utilisées par l'enseignant avec les proportions suivantes :

TABLEAU 10
Pourcentage des fonctions utilisée par l'enseignant

Fonction Signification	Fonction Manifestation	Fonction Référence
1 fois Signification1	1 fois Manifestation3 3 fois Manifestation 1 3 fois Manifestation 2	8 fois Référence
6%	44%	50%

La lecture du tableau 10 montre que Mr M. choisit de privilégier les deux fonctions Manifestation et Référence et mobilise peu la fonction Signification. Cela pourrait s'expliquer par la nature de cette séance qui repose essentiellement sur une démarche scientifique simple, seule une partie de la séance intégrant une modélisation. Mr M. demande une forte autonomie à ses élèves en pratique d'expérience et en analyse de résultats d'expérience. L'appropriation du problème et la mise en activité des élèves sont donc essentielles. Cela pourrait expliquer la prédominance des fonctions Référence et Manifestation.

Le choix de l'autonomie des élèves mobilise de nombreuses fois des connaissances professionnelles PCKS2, PCKA4 (tableau 11). Il semblerait que les élèves aient l'habitude de cette gestion de classe. La partie de modélisation de la séance, plus conceptuelle, a demandé de mobiliser d'autres compétences. Mr M. a intégré cette expérience de cours dans sa séance de travaux pratiques et a su mobiliser ses connaissances professionnelles, en particulier dans la gestion de la classe. Il a, par exemple, partagé entre les élèves la réalisation de la manipulation et l'exploitation des résultats des mesures pour obtenir une bonne efficacité pédagogique.

TABLEAU 11*Comptage des connaissances professionnelles utilisées par l'enseignant*

PK1	Appropriation du problème : 2 fois Travail en groupe, mutualisation : 1 fois
PCKA2	Aide sur les concepts nécessaires pour résoudre le problème : 1 fois
PCKA3	Aide pour difficulté en mathématique statistique : 2 fois
PCKA4	Aide pour la validation du modèle, présentation des résultats : 3 fois
PCKS2	Débat entre élève, aide des élèves à réfléchir : 3 fois
PCKS3	Reformulation du problème : 2 fois
PCKS4	Prise en compte des dispositifs expérimentaux dans sa stratégie : 2 fois
PCKS1	Prise en compte par l'enseignant d'autres situations antérieures : 2 fois

Analyse du logos de l'enseignant italien Mr M.

Cette analyse a été réalisée par la lecture des réponses au questionnaire distribué à la suite de son activité de résolution de problème de chimie des sucres. L'objectif de cette analyse est de repérer les connaissances professionnelles intériorisées. Selon le modèle de « consensus affiné », ces connaissances professionnelles sont assimilées à partir d'informations institutionnelles ou personnelles (filtre1) puis sont transposées dans une conception de cours (filtre 2). Mais il s'agit aussi de repérer des marqueurs pédagogiques dans la conception et l'animation d'une séquence.

Les curriculums italiens précisent les connaissances et savoir-faire que doivent traiter les enseignants avec les élèves. Mais Il y a peu de recommandations sur la méthode d'apprentissage, la formation étant sporadique, voire inexistante. Mr M. indique que la résolution de problème n'est pas indiquée dans les textes officiels. On retrouve cependant dans les choix stratégiques de Mr M. le souci de respecter les compétences et les connaissances préconisées par le programme.

Des choix plus personnels se révèlent dans l'observation de sa séance comme l'autonomie des élèves, la résolution de problème avec une démarche scientifique (filtre 1). Mr M. indique que la résolution de problème lui sert à préparer les cours magistraux de chimie, à la découverte de concepts ou de revoir, assimiler certains concepts. Cela demande un choix de prépondérance des fonctions du problème. Mr M. indique qu'il essaye de privilégier une contextualisation du problème et de le relier à des questions environnementales et économiques.

Pour conclure, Mr M. répond à une demande de l'institution de traiter les différentes compétences du programme (filtre 1) en particulier les compétences expérimentales. Il aurait une vision de l'enseignement des sciences personnelles dont la source est difficilement identifiable. Il demande une grande autonomie aux élèves, un travail d'équipe de collaborations entre pairs et des compétences non mentionnées dans les textes officiels (filtre 1). Sa façon d'enseigner serait plus inspirer par des convictions personnelles que par un dictat de l'institution comme on le constate dans la manière dont la séance se déroule (filtre 2). Enfin, Mr M. est très présent dans la classe, il se déplace vers les groupes qui demandent de l'aide et vérifie le bon déroulement de sa séance. Cette prise d'informations lui permet de contrôler le bon déroulement de l'apprentissage (filtre 3).

CONCLUSION, LIMITES ET PERSPECTIVES

L'association des trois cadres des fonctions du problème, du concept de praxéologie didactique (TAD) et des connaissances professionnelles (PK, PCK) s'est avérée un outil efficace pour analyser et comparer la pratique des trois enseignants, mais aussi leurs

convictions personnelles sur l'enseignement des sciences.

En France, l'enseignante privilégie les fonctions de Manifestation et de Référence. Sa démarche est fortement influencée par le cadre institutionnel, tout en intégrant des choix personnels marqués par la pédagogie différenciée. Aux Pays-Bas, l'enseignante met l'accent sur les fonctions de Référence et de Manifestation, favorisant l'autonomie des élèves. Cela est en adéquation avec les exigences institutionnelles et sa propre philosophie pédagogique. En Italie, l'enseignant privilégie également les fonctions de Référence et de Manifestation, offrant une grande autonomie aux élèves. Ses choix pédagogiques sont principalement guidés par ses convictions personnelles, compte tenu de l'absence de directives institutionnelles explicites en matière de résolution de problèmes.

Les connaissances professionnelles mobilisées par les enseignants sont similaires en termes de catégories (gestion des difficultés des élèves, stratégies d'enseignement). Ces enseignants ont su mobiliser les connaissances professionnelles adéquates pour obtenir un enseignement efficient. La part de la fonction Signification fut minoritaire dans les trois séances. Les différences d'importance des fonctions du problème s'expliquent par l'importance du temps de manipulation dans la séance. Cette fonction Signification est plutôt traitée en cours.

Le cadre institutionnel (curriculum) du pays exerce une influence sur la pratique des enseignants, mais les choix et convictions personnelles sont également apparus comme un élément clé dans leurs manières de construire leurs séances. L'alignement entre les discours des enseignants (Logos) et leurs pratiques observées (Praxis) peut être analysés par les "filtres" qui transforment les connaissances en actions. Au final, on constate que les trois enseignants ont en commun une envie d'engager les élèves en autonomie dans une investigation scientifique mettant en jeu la réflexion personnelle et la discussion des résultats par le groupe-classe. Ils ont aussi une vision claire de leur enseignement des sciences auprès des élèves. Bien sûr, le pays d'origine présente une influence sur la pratique de l'enseignant qui se sent redevable de respecter les consignes du curriculum, mais les convictions personnelles construites au cours d'une carrière sont un élément clé de sa pratique en classe.

Cet article n'échappe pas au relativisme inhérent à toute investigation comparative, lié au fait que le choix des cas d'étude et des critères de comparaison orientent les résultats obtenus. La taille très réduite de l'échantillon (un seul enseignant par pays), la durée limitée des observations (une seule séance de 2 heures), Il manque aussi des détails sur des facteurs contextuels plus larges, car les trois lycées choisis sont très différents. Nous pourrions aussi comparer la pratique des enseignants dans la résolution de problème avec d'autres pays non européens comme l'Asie ou bien prolonger cette étude en ajoutant une analyse des apprentissages acquis par les élèves à la suite de cette séance.

RÉFÉRENCES

Arnantonaki, D., Boilevin, J.-M., & Ravanis, K. (2020). L'appropriation de modèles précurseurs par des professeurs pour enseigner les sciences en maternelle. Le cas de la lumière. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 22, 151-176. <https://doi.org/10.4000/rdst.3423>.

Behling, F., Förtsh, C., & Neuhaus, B. J. (2022). The refined consensus model of Pedagogical Content Knowledge (PCK): Detecting filters between realms of PCK. *Education Sciences*, 12(9), 592. <https://doi.org/10.3390/educsci12090592>

Blom, S., & Weststrate, C. (2002). Le travail autonome de l'élève aux Pays-Bas. *Revue Internationale de Sèvres*, 29, 75-83.

Bonnat, C., Marzin, P., Luengo, V., Chaachoua, H., Trgalova, J., & Bessot, A. (2017). Proposition d'un modèle pour la compréhension des décisions didactiques d'un enseignant. *Éducation et Didactique*, 11(2), 69-90. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.7793>.

Bosch, M., & Chevallard, Y. (1999). La sensibilité de l'activité mathématique aux ostensifs. Objet d'étude et problématique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 19(1), 77-124.

Carlson, J., & Daehler, K. R. (2019). The refined consensus model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In A. Hume, R. Cooper & A. Borowski (Eds), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 77-92). Springer, Singapore.

Carnasciali, M.-M., & Ricco, L. (2011). Initiatives en matière de formation des enseignants de chimie en Italie : Témoignages importants. *The chemistry is all around Project*. Lifelong Program, Commission Européenne.

Chevallard, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 12(1), 73-112.

Chevallard Y. (1997). Familière et problématique, la figure du professeur. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 17(3), 17-54.

Chevallard, Y. (1998). Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques : l'approche anthropologique. In *Actes de l'université d'été*, La Rochelle, 4-11 juillet 1998 (pp. 91-120). IREM de Clermont-Ferrand. http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php3?id_article=27.

Chevallard, Y. (2002). *La transposition didactique : Du savoir savant au savoir enseigné*. La Pensée Sauvage.

Chevallard, Y. (2003). Approche anthropologique du rapport au savoir et didactique des mathématiques. In S. Maury & M. Caillot (éds), *Rapport au savoir et didactiques* (pp. 81-104). Paris: Éditions Fabert.

Décrets ministériels : Allegato F du D.P.R. n. 89/2010 combiné avec les Indicazioni Nazionali du DM n. 211/2010.

Eurydice (2011). *L'enseignement des sciences en Europe : Politiques nationales pratiques et recherche*. EACEA (Education Audiovisual and Culture Executive Agency).

Fabre, M. (1997) Pensée pédagogique et modèles philosophiques : le cas de la situation problème. *Revue Française de Pédagogie*, 120, 49-58.

Grossmann, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York Teachers College Press.

Groupe ResCo, IREM de Montpellier (avec la contribution de S. Azziz, A. Brouzet, G. Couderc, V. Durand-Guerrier, E. Mann, H. Saumade, M. Sauter, S. Virduci, S. Yvain). (2014). La résolution collaborative de problèmes comme modalité de la démarche d'investigation. *Repères-IREM*, 96, 73-96.

Jameau, A. (2008). *L'intégration du concept de PCK dans les recherches en didactique des mathématiques*. Séminaire national de didactique des mathématiques, Paris.

Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Éds), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 95-132). Springer Netherlands.

MEN (Ministère de l'Éducation Nationale) (2019). *Bulletin officiel spécial n° 8 du 25 juillet 2019*.

Morge, L. (2003). Les connaissances professionnelles locales : Le cas d'une séance sur le modèle particulière. *Didaskalia*, 23, 101-131.

Orange, C. (2012). *Enseigner les sciences*. Bruxelles: De Boeck.

Pélissier, L., & Venturini, P. (2016). Analyse praxéologique de l'enseignement de l'épistémologie de la physique : Le cas de la notion de modèle. *Éducation et Didactique*, 10(2), 63-90.

Prieur, M., & Aldon, G. (2011). Un enseignement scientifique co-disciplinaire pour traiter la question de la modélisation. *Repères-IREM*, 82, 23-36.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the new reform. *Educational Review*, 57(1), 1-22.

ANNEXE

Questionnaire complété par l'enseignant

Quand vous préparez une leçon, Cette séance est-elle forcément contextualisée ?		PK1 Filtre 2 ePCK
Les attendus des leçons sont-ils décrits ?		
L'élève peut-il vérifier si son résultat est correct ?		
Quel(s) est le rôle(s) de la résolution de problème dans votre enseignement ?		PK1 Filtre 1 pPCK
De manière plus générale, quelles autres difficultés des élèves (autres que liées à la chimie, biologie, physique) prenez-vous en compte dans cette séance ?		PCKA3 PCKA4 Filtre 2 ePCK
Pour cette séance, pouvez-vous m'expliquer vos choix pour la rédaction du document élève et plus particulièrement sur la formulation du problème aux élèves ?		PCKS3 Filtre 2 pPCK
Quelles difficultés des élèves spécifiques en chimie, biologie, physique de travaux pratiques avez-vous anticipé dans votre préparation de séance ?		PCKA1 PCKA2
Cette séance est-elle en lien avec une pratique sociale (métier) ?		PCKO Filtre 2 pPCK
Dans cette séance, l'objectif est-il de mobiliser des connaissances disciplinaires, de permettre d'en acquérir de nouvelles ou de mobiliser des compétences (autonomie, gestes techniques, informatique ...)		PK1 Filtre 2 ePCK
Quand vous préparez une séance, modifiez-vous votre stratégie pédagogique d'apprentissage en fonction de vos objectifs, nombre d'élèves, conditions (travaux pratiques, informatique, expérience de cours ...).		PK1 Filtre 2 ePCK
Quand vous préparez cette séance, identifiez-vous les concepts clés, les fausses conceptions initiales des élèves ?		PKA2 Filtre 2 ePCK
Quels types d'évaluation vous construisez pour vérifier les acquis, les connaissances apprises par les élèves ?		PK2 cPCK
Comment avez-vous concilié l'autonomie des élèves et la nécessité de vérifier l'acquisition des connaissances visées au cours de la séance ?		PCKS2 Filtre3 ePCK
Dans cette séance, avez-vous choisi la difficulté de la question posée (problème plus ou moins complexe)		PCKS3 Filtre 2 ePCK
Quand vous choisissez de faire une résolution de problème en TP : C'est pour suivre une demande institutionnelle Reproduire un document trouvé sur internet, un livre etc... Ou c'est un choix personnel car vous pensez que la résolution de problème complète le cours magistral, le TP guidé ... Pouvez-vous développer vos raisons ?		PCKS4 Filtre 1 pPCK
Avez-vous développé une pratique d'enseignement au cours de votre carrière sur la résolution de problème en TP.		PKS1 Filtre 1

Peut-être vous avez réinvestis des méthodes testées dans des cours précédents, pourriez-vous donner des exemples précis ? OU (stage, discussions entre collègues, lecture, inspection, livre) vous ont conforté, appris ces méthodes d'enseignement ?		pPCK
Si vous avez participé à des stages de didactiques de sciences ou de pédagogie des sciences ; que vous avez apporté ces stages dans cette conduite de Séance ?		Filtre 2 pPCK
Comment avez obtenu les informations pour construire cette séquence pédagogique sur la résolution de problème ?		Filtre 1 pPCK
Comment vous vérifiez si les objectifs de la séance ont été atteints par les élèves pendant la séance		Filtre 3 epck
Pourriez-vous citer des stratégies pédagogiques que vous utilisez dans cette séance ou d'autres séances Avez-vous intégré dans votre pratique de résolution de problème des connaissances acquises lors de stage, lectures ou d'autres sources ? précisez bien la source des informations.		Filtre 1 pPCK
Pourriez-vous m'indiquer s'il y a une méthode préconisée par votre ministère pour la résolution de problème ?		cPCK
Quelle méthode d'enseignement, quelle stratégie vous motive dans votre pratique professionnelle ? L'apprentissage de la méthode scientifique dans une résolution de problème en TP est un enseignement qui vous motive, ou vous le placez après d'autres motivations		pPCK- Filtre 2
Pourriez expliciter les raisons pour lesquelles vous avez choisi cette manière d'enseigner la résolution de problème pour cette classe ?		Filtres 2 et 3 --- ePCK
Dans cette séance, des réactions d'élèves ont-elles modifiées votre stratégie ; pourriez-vous les citer ?		Filtre 3