



HAL
open science

Le calcul de doses médicamenteuses. Pratiques professionnelles et choix de formation en soins infirmiers

Eric Roditi

► **To cite this version:**

Eric Roditi. Le calcul de doses médicamenteuses. Pratiques professionnelles et choix de formation en soins infirmiers. Recherches en Didactique des Mathématiques, 2014, 34 (2-3), pp.103-132. halshs-01079305

HAL Id: halshs-01079305

<https://shs.hal.science/halshs-01079305>

Submitted on 13 Jan 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LE CALCUL DE DOSES MÉDICAMENTEUSES.
PRATIQUES PROFESSIONNELLES
ET CHOIX DE FORMATION EN SOINS INFIRMIERS

Éric Roditi*

DRUG CALCULATION: PROFESSIONAL PRACTICES AND NURSES
TRAINERS' CHOICES

Abstract – Drug calculations are performed by nurses to administer a treatment to a patient. Any mistake can be detrimental to the quality of the treatment. This research follows some questions of a team of trainers about two beliefs shared in their professional environment which have consequences on their didactic choices: 1° teaching a systematic calculation method would prevent mistakes; 2° Many mistakes would be avoided thanks to training which would allow to comprehend the administration of a treatment globally. The research first shows consequences of these didactic choices on the practice of trainers and on how students learn before challenging its relevance through an evaluation of different drug calculations carried out by nurses undergoing training.

Key words: didactical choices, drug calculation, nursing, proportionality.

EL CÁLCULO DE DOSIS DE MEDICAMENTOS

Resumen – El cálculo de dosis de medicamentos lo lleva a cabo el enfermero para administrar un tratamiento a un paciente. Cualquier error puede perjudicar la calidad de la cura. La investigación que se presenta aquí resulta de las interrogaciones de un equipo de formadores respecto a las creencias compartidas en su entorno profesional que tienen consecuencias en las decisiones didácticas: 1 la enseñanza de un método de cálculo sistemático permitiría evitar errores; 2 muchos errores desaparecerían espontáneamente gracias a las estancias en prácticas que permitirían situar la administración de una prescripción médica en su globalidad. La investigación lleva a cabo un análisis que pone en evidencia el peso de las restricciones profesionales sobre los propios métodos de cálculo de dosis. También muestra algunas consecuencias de las decisiones didácticas sobre las prácticas de los formadores y sobre los aprendizajes de los estudiantes.

Finalmente cuestiona su pertinencia mediante un estudio de los diferentes cálculos de dosis realizados por los estudiantes de enfermería.

* Équipe EDA (Éducation et apprentissages) de l'université Paris 5
eric.roditi@paris5.sorbonne.fr

Recherches en Didactique des Mathématiques, Vol.34, n°1 pp. 103-132, 2014

Palabras-claves: Cálculo de dosis, decisiones didácticas, proporcionalidad, estudios de enfermería

RÉSUMÉ

Le calcul de doses médicamenteuses est réalisé par l'infirmier pour administrer un traitement à un patient. Toute erreur peut nuire à la qualité du soin. La recherche présentée ici est consécutive aux interrogations d'une équipe de formateurs quant à deux croyances partagées dans leur milieu professionnel qui ont des conséquences sur leurs choix didactiques : 1° l'enseignement d'une méthode de calcul systématique permettrait d'éviter les erreurs ; 2° beaucoup de fautes disparaîtraient spontanément grâce aux stages qui permettraient de mieux appréhender l'administration d'une prescription médicale dans sa globalité. La recherche développe une analyse qui met en lumière le poids des contraintes professionnelles sur les méthodes-mêmes de calcul de doses, elle montre également quelques conséquences de ces choix didactiques sur les pratiques des formateurs et sur les apprentissages des étudiants, puis questionne leur pertinence par une étude de différents calculs de doses menés par des étudiants infirmiers.

Mots-Clés : Calcul de doses, choix didactiques, proportionnalité, soins infirmiers.

INTRODUCTION

Le calcul de doses médicamenteuses est réalisé par l'infirmière ou l'infirmier¹ pour administrer à un patient le traitement prescrit par un médecin. Ce dernier ordonne un principe actif – un médicament – ainsi que la posologie c'est-à-dire le mode d'administration (oral, perfusion, etc.), la dose quotidienne de principe actif, la répartition de cette dose dans la journée, et la durée du traitement. L'administration de la prescription demande d'effectuer des calculs en lien avec le conditionnement pharmaceutique du principe actif et de la répartition du traitement dans la durée. Toute erreur de calcul peut nuire à la qualité du soin parce que le patient reçoit, pendant un certain moment, une quantité inadaptée de médicament. Les conséquences peuvent être graves, soit parce que la pathologie n'est pas suffisamment traitée (cas de sous-dose), soit parce que le principe actif est toxique en trop grande quantité (cas de surdose). De telles erreurs sont source d'accidents, parfois mortels, qui posent un véritable problème de santé publique (Maisonneuve 2004, 2006 ; Le Monde 2009, 2010 ; Le journal du dimanche 2011). Elles conduisent également à de nombreuses interrogations de la part des formateurs en soins infirmiers.

En France, les infirmiers sont formés en trois années d'études post-secondaires dans des instituts de formation en soins infirmiers (IFSI). La recherche présentée ici a été menée avec l'équipe des formateurs d'un IFSI, et les résultats présentés concernent ses doutes quant à deux croyances généralement partagées dans leur milieu professionnel. La première est que l'enseignement d'une méthode de calcul systématique, indépendante des particularités mathématiques des tâches à effectuer, permettrait d'éviter les erreurs, notamment par les étudiants qui sont le plus en difficulté : la diversité des méthodes constituerait une source de perturbation de l'activité. La seconde croyance est que beaucoup de fautes sont commises par les étudiants qui n'ont pas encore acquis une représentation globale de la tâche à réaliser, et que ces fautes disparaissent spontanément après que les stages ont été effectués, ces derniers permettant, par l'activité professionnelle réelle, de mieux appréhender l'administration d'une prescription médicale dans sa globalité et, par voie de conséquence, de dépasser les difficultés rencontrées en formation. Les entretiens menés avec les membres de l'équipe ont permis de mettre au jour ces deux croyances : ce sont elles en effet qu'ils évoquent pour expliquer certaines de leurs pratiques, notamment sur leurs choix d'enseignement du calcul de doses.

Mener une recherche en tant que didacticien des mathématiques dans un secteur professionnel où cette discipline n'est ni reconnue ni même connue et où, de surcroît, les enjeux sont vitaux, au sens propre,

¹ Pour faciliter la lecture du texte, les noms de personnes sont dorénavant écrits au masculin.

n'est pas chose aisée. Notre conviction est néanmoins que la didactique des mathématiques peut à la fois s'enrichir et être utile aux mondes socio-professionnels en se penchant sur d'autres domaines que celui de l'école. Aussi avons-nous consenti à commencer ce travail en abordant des questions importantes des formateurs, mais sans entrer directement dans le questionnement de leurs pratiques elles-mêmes. Pour ce premier travail de recherche, nous nous sommes donc proposé de mettre à l'épreuve les croyances énoncées par les formateurs, avec une méthode reposant sur l'analyse de copies d'étudiants rédigées à l'occasion de différentes évaluations proposées en cours de formation, de la première à la troisième année d'étude.

La première partie de l'article est consacrée à la présentation des objectifs, du cadre et de la problématique générale de la recherche. La deuxième partie développe l'analyse d'une tâche de calcul de doses et celle des activités différentes auxquelles cette tâche peut conduire un infirmier. Ces analyses sous-tendent la méthodologie adoptée pour étudier les copies d'étudiants et leurs procédures, tant celles qui concernent les savoirs mathématiques sous-jacents aux calculs effectués, que celles qui sont relatives à la prise en compte ou non des contraintes professionnelles. Les troisième et quatrième parties interrogent le lien entre les choix d'enseignement des formateurs et les calculs qu'effectuent les étudiants, l'une pour ce qui a plus spécifiquement trait aux mathématiques, puis l'autre pour ce qui concerne plutôt la dimension professionnelle des calculs. Des spécifications de la problématique et de la méthodologie sont apportées au début de chacune de ces deux dernières parties.

OBJECTIFS, CADRAGE THÉORIQUE ET PROBLÉMATISATION DE LA RECHERCHE

Le calcul de doses est une activité professionnelle qui convoque des mathématiques, elle peut être étudiée du point de vue de trois catégories d'acteurs : les professionnels eux-mêmes, les étudiants en soins infirmiers et les formateurs. C'est à travers le point de vue de ces derniers que la recherche a été menée.

1. Une recherche sur le calcul de doses en entrant par la formation

Le calcul de doses médicamenteuses ressemble de prime abord à une activité mathématique au cours de laquelle l'infirmier résout des problèmes de proportionnalité (ce qui conduit à effectuer une analyse didactique de l'enseignement de ces calculs), mais une forte imbrication avec des contraintes et des habitudes professionnelles apparaît dès les premières analyses (et cela invite à conjuguer l'approche didactique avec une approche ergonomique de l'activité de calcul). On

constate en effet que les méthodes de calculs sont empreintes d'habitudes collectives liées au conditionnement des médicaments ou à la volonté de la direction d'un service hospitalier d'homogénéiser les procédures de calcul pour améliorer la sécurité. Cela soulève de nombreuses questions quant à l'activité et à la formation, questions auxquelles se trouvent confrontés les formateurs en soins infirmiers dans leur pratique d'enseignement du calcul de doses.

Deux démarches générales distinguent les articles concernant les recherches déjà menées sur ces questions. La première consiste à analyser les compétences mathématiques des étudiants en soins infirmiers (McMullan, Jones & Lea 2010 ; Wright 2010, 2007). Ces derniers réalisent alors des tâches de calculs écrits pour répondre à des questionnaires dont le dépouillement conduit les auteurs à repérer les erreurs commises, et, bien évidemment, à en déplorer l'importance. La seconde démarche consiste à analyser l'activité des praticiens en situation (Hoyles, Noss & Pozzi 2001 ; Noss, Hoyles & Pozzi 2002). Les chercheurs envisagent alors le calcul de doses comme une activité mathématique en contexte professionnel, ils tentent de déterminer les connaissances et les procédures des infirmiers, ainsi que de comprendre comment surviennent les erreurs. Ces recherches mettent bien au jour des savoirs de la pratique, néanmoins, les erreurs étant très rares, les chercheurs n'ont jamais l'occasion de les observer... La démarche choisie ici est différente, il s'agit de questionner l'enseignement du calcul de doses, avec une double approche didactique et ergonomique.

Cette troisième méthode apparaît comme potentiellement fructueuse. Les formateurs ont été infirmiers, ils possèdent une pratique du calcul de doses et connaissent, en partie au moins, l'hétérogénéité des contextes et des agents. En outre, ils sont en contact direct avec les étudiants, ils sont donc régulièrement confrontés aux erreurs de calcul. Leur enseignement vise à permettre aux étudiants d'apprendre à mener ces calculs sans commettre d'erreur, et donc aussi à les aider à corriger leurs erreurs le cas échéant. Enfin, leur sentiment de responsabilité quant aux erreurs de calcul de doses médicamenteuses les conduit, pour nombre d'entre eux, à remettre en question la formation qu'ils proposent, avec une volonté affirmée d'en améliorer l'efficacité. Ainsi la recherche a-t-elle été effectuée avec les formateurs d'un Institut de Formation en Soins Infirmiers (L'IFSI Paul Brousse de Villejuif, 94) qui sont engagés dans l'enseignement du calcul de doses.

2. Une approche didactique et ergonomique pour aborder le calcul de doses médicamenteuses et la formation

Comme indiqué précédemment, c'est une première analyse de l'activité de calcul de doses médicamenteuses qui a conduit à en identifier une dimension mathématique, aisément explicitée par les formateurs, ainsi qu'une autre – professionnelle, mais pas seulement – que ces

derniers laissaient souvent implicite. Le cadre de la « double approche didactique et ergonomique » (Robert & Rogalski 2002, 2008 ; Roditi 2013) s'est révélé particulièrement fructueux pour étudier cette activité et pour en problématiser l'analyse en vue d'une recherche en didactique des mathématiques.

Avant de poursuivre sur cette recherche, signalons que ce qui est proposé ici n'est pas original : d'autres chercheurs en didactique des mathématiques conduisent des recherches sur différents secteurs professionnels. Ces travaux constituent un pari prometteur pour la discipline qui, d'une part, pourrait s'enrichir en abordant la question de l'utilisation et de la diffusion des mathématiques, non seulement dans l'enseignement scolaire et universitaire, mais aussi dans toutes les institutions sociales ou socio-professionnelles, et qui, d'autre part, pourrait apporter, par un regard original, des ouvertures nouvelles et des enrichissements substantiels aux questions et aux réponses qui diffusent dans ces institutions. C'est, nous semble-t-il, le sens du travail effectué par Bulf (2010) auprès des ébénistes et des tailleurs de pierre. Ses recherches ont mis au jour comment, de manière implicite pour ces professionnels, le concept de symétrie oriente leurs gestes vers des répertoires de techniques précisément définis. C'est également le sens du travail de Castela & Romo Vázquez (2011) qui s'est intéressé à l'enseignement de la transformée de Laplace, et particulièrement aux options transpositives et aux techniques auxquelles elles donnent lieu dans le cadre de la formation de techniciens supérieurs et d'ingénieurs. Avec un intérêt théorique encore plus marqué, en se penchant particulièrement sur le monde de la couture sur mesure en Argentine, Castela & Elguero (2013) se sont proposé de montrer combien certains outils de la théorie anthropologique du didactique constituent des concepts clés d'une anthropologie épistémologique intéressée par les processus sociaux de production, de circulation et de transposition de ressources cognitives.

Notre approche du calcul de doses nous conduit, comme déjà indiqué, à le penser comme une activité mathématique en contexte professionnel et à recourir à la double approche, didactique et ergonomique, pour ancrer théoriquement son étude. Sans expliciter ici ce cadre, rappelons qu'à son origine, il conduit à articuler, d'une part, des outils élaborés en didactique des mathématiques pour analyser des situations d'enseignement à l'aune des apprentissages mathématiques potentiels des apprenants, et, d'autre part, des outils de la psychologie ergonomique qui rendent compte des contraintes du métier auxquelles répondent les enseignants. Les analyses développées dans ce cadre ont contribué de manière fructueuse à mettre au jour les logiques des pratiques des enseignants en mathématiques, comme le montrent plusieurs ouvrages regroupant des recherches menées avec la double approche (Peltier-Barbier 2004 ; Roditi 2005 ; Vandebrouck 2008 ; is

Charles-Pézar, Butlen & Masselot 2012 ; Vandebrouck 2013). Il commence également à être utilisé pour mener des recherches sur la formation des enseignants (Robert, Penninckx & Lattuati 2012).

Dans le contexte qui nous intéresse, le recours à des outils développés en didactique des mathématiques et en psychologie ergonomique revêt un double intérêt. D'une part, comme nous allons le montrer, l'activité de calcul de doses nécessite une « *redéfinition* » de la prescription médicale – au sens de la tâche redéfinie (Leplat 1997) utilisée en psychologie ergonomique – par le praticien infirmier afin de pouvoir procéder à son administration. D'autre part, même si son utilisation ne sera que légère dans le présent article, ce cadre offre un potentiel important pour l'analyse des pratiques des formateurs qui sont pris entre différentes logiques contradictoires selon chacune des composantes de l'activité repérées dans la double approche : les composantes personnelle, socio-professionnelle et institutionnelle.

Cette recherche sur le calcul de doses médicamenteuses se propose donc de témoigner d'un élargissement possible du champ d'investigation couvert par la double approche – et par conséquent par la didactique des mathématiques –, d'une part, en explorant d'autres institutions d'enseignement, et d'autre part, en travaillant sur un autre sous-système du système didactique : non plus le sous-système enseignant, mais le sous-système enseigné qui doit apprendre à utiliser des mathématiques en situation professionnelle.

3. Une problématique qui porte sur l'activité de calcul de doses et sur la formation à cette activité professionnelle

La problématique générale de la recherche porte donc sur l'activité de calcul de doses elle-même, et sur la formation à cette activité professionnelle en IFSI. Notre étude se limite à la France où la formation des infirmiers vient de connaître un changement important en devenant partiellement universitaire. Globalement, la formation y dure trois années, elle est fondée sur une décomposition du travail infirmier selon différentes compétences. Le calcul de doses n'apparaît pas formellement dans les programmes de formation, mais on peut considérer que les étudiants bénéficient d'un volume horaire global de 10 à 15 heures par an sur cette activité. Les formateurs, quant à eux, sont des infirmiers ayant au moins quatre années d'expérience professionnelle (c'était cinq ans avant la réforme) et qui sont admis sur concours dans une école de cadres où ils bénéficient d'une formation de neuf mois comprenant différents modules relatifs à l'administration, la législation, la gestion, l'encadrement, la santé publique et la formation. À aucun moment ils n'ont l'occasion d'apprendre à former des étudiants au calcul de doses.

Dans notre recherche, il n'a bien entendu pas été envisagé de traiter l'activité de calcul de doses de manière exhaustive : outre toutes les questions de formation déjà soulevées implicitement, les

administrations médicamenteuses qui nécessitent des calculs sont beaucoup trop nombreuses et variées. Nous avons donc choisi d'analyser cette activité à partir d'une prescription emblématique, étudiée dans tous les manuels de calculs de doses, abordée systématiquement en formation, et à laquelle tous les infirmiers ont dû faire face, au moins dans un stage de professionnalisation. Il s'agit de la prescription d'un tonocardiaque en service de réanimation. La problématisation que nous proposons conduit à mener une analyse *a priori* de la prescription et à en déduire les calculs qui devraient être effectués par l'infirmier en vue de son administration au patient. Nous confronterons alors ce résultat aux calculs effectivement effectués par les praticiens, puis nous nous emploierons à comprendre comment la tâche prescrite – la prescription médicale – est redéfinie par l'infirmier suivant le service hospitalier où il exerce. Dans cette recherche où nous entrons dans l'activité de calcul de doses par la question de la formation, la démarche proposée pour l'analyse de l'activité permettra d'éclairer le décalage parfois ressenti par les formateurs entre leur enseignement théorique en institut de formation et ce que rapportent les étudiants des stages qu'ils effectuent. Différentes études soutiennent en effet plus généralement que « le processus d'apprentissage, qui est toujours situé, doit être décrit en relation avec le contexte dans lequel il se déroule » (Barab & Plucker 2002, p. 173). Ainsi, les travaux de Baddeley (1993), Troadec & Martinot (2003) ou Lave (1993) montrent l'importance des éléments contextuels pour l'utilisation d'acquisitions antérieures et pour la mise en œuvre de réponses appropriées à la situation.

Puisqu'il s'agissait, par cette recherche, d'ouvrir un nouveau champ d'investigation pour la didactique des mathématiques, les questions relatives à la formation étaient relativement ouvertes. En conséquence, la problématique a été définie en tenant largement compte des problèmes soulevés par l'équipe de formateurs ayant accepté un premier travail avec un didacticien pour explorer les difficultés qu'ils rencontrent dans la transmission de cette activité professionnelle qu'est le calcul de doses médicamenteuses.

Un travail avait déjà été réalisé concernant la manière dont les formateurs en soins infirmiers ont d'appréhender le calcul de doses médicamenteuses et les erreurs commises en formation. Il a été produit dans le cadre d'un mémoire de master de sciences de l'éducation par une étudiante dont la profession est celle de formatrice en soins infirmiers (Gouveral 2009). Son étude a permis de comprendre que, si certains formateurs cherchent à permettre aux étudiants de calculer avec les méthodes les mieux adaptées aux problèmes à traiter, ils sont toutefois très nombreux à considérer plutôt que le calcul de doses relève d'un protocole à appliquer de façon systématique. En outre, les formateurs déclarent se trouver souvent démunis pour interpréter les erreurs commises par leurs étudiants, et préférer corriger tous les

problèmes de proportionnalité rencontrés dans les calculs de doses avec une méthode unique : l'application des produits en croix. Ils indiquent d'ailleurs pour s'expliquer à ce sujet que dans la formation qui permet à un infirmier de devenir formateur, rien ne conduit à revenir sur le calcul de doses médicamenteuses ni ne permet de prendre connaissance des difficultés d'apprentissages rencontrées par les étudiants.

À la suite de ce travail, avec une perspective orientée par la double approche, nous avons commencé une nouvelle recherche en vue d'identifier plus précisément les tensions auxquelles les formateurs doivent faire face. Nous les avons envisagées selon trois dimensions de leur pratique : personnelle pour ce qui concernent les tensions éventuelles entre leur expertise professionnelle de praticien infirmier et les cours qu'ils sont conduits à assumer en tant que formateurs ; socio-professionnelle pour les tensions entre les attentes des services hospitaliers vis-à-vis des étudiants qu'ils reçoivent en stage et le programme de formation aux calculs de doses établi dans leur IFSI ; institutionnelles enfin pour les tensions entre les choix qui orientent la formation en soins infirmiers et les besoins de la profession infirmière.

Durant les premiers entretiens menés avec les formateurs de l'IFSI dans lequel nous avons effectué notre recherche, ces derniers ont nettement exprimé leur référence aux deux croyances qui ont déjà été indiquées dans l'introduction et qui sont généralement partagées dans leur profession. La première est que l'enseignement d'une méthode de calcul (les produits en croix) systématique et indépendante des particularités des tâches, aiderait les étudiants les plus en difficulté. La seconde est que de nombreuses erreurs sont commises par les étudiants lorsqu'ils n'ont pas une représentation correcte de la tâche globale à réaliser, et qu'elles disparaîtraient après qu'ils ont effectué des stages en milieu hospitalier. Certains formateurs ont aussi exprimé quelques doutes quant à ces deux croyances, c'est pourquoi il a été décidé de consacrer ce travail de recherche à les interroger, et pour ce faire, d'analyser les productions des étudiants en soins infirmiers durant les trois années de leur formation, d'une part sur leur performance en calcul de doses en lien avec leurs méthodes de calcul, et d'autre part sur l'évolution de leurs calculs avant et après leur période de stages de pratique infirmière en milieu hospitalier. Près de deux cent quatre-vingts copies ont ainsi été examinées.

Deux catégories de questions ont été étudiées par l'analyse des copies des étudiants. Les premières convoquent essentiellement une approche didactique, elles concernent la croyance des formateurs quant à l'uniformisation des méthodes de traitement des problèmes de proportionnalité : elles portent sur l'utilisation effective de la méthode des produits en croix par les étudiants, en lien avec leur réussite aux calculs de doses. Les secondes, nécessitant davantage une approche ergonomique, concernent la croyance des formateurs quant à l'effet des

stages : elles portent sur la prise en compte, par les étudiants en ayant suivi, de l'exhaustivité des calculs liés à l'administration d'une prescription médicale ainsi que des habitudes adoptées par les professionnels dans la réalisation de cette activité.

Pour poser plus précisément ces questions et définir les méthodes mises en œuvre pour les travailler, il est nécessaire de bien identifier les différents aspects de l'activité du calcul de doses médicamenteuses. Nous reviendrons donc à ces questions après l'étude de l'exemple emblématique de calcul de doses.

LE CALCUL DE DOSES MÉDICAMENTEUSES, UNE ACTIVITÉ MATHÉMATIQUES MARQUÉE PAR SON CONTEXTE PROFESSIONNEL

Le calcul qui va être analysé a été posé lors d'une évaluation aux étudiants des formateurs avec lesquels a été menée la recherche, il est courant en service de réanimation. Il fallait effectuer les calculs correspondant à l'administration d'une prescription classique de tonicardiaque. Après avoir analysé la prescription, nous montrons que l'activité de calcul que nécessite son administration repose sur une nécessaire redéfinition de la tâche prescrite, redéfinition qui dépend du contexte professionnel dans lequel exerce le praticien infirmier.

1. Un calcul de doses médicamenteuses courant dans l'exercice professionnel : analyse de la tâche et première redéfinition

Voici l'énoncé qui a été proposé aux étudiants :

Une injection de dobutamine est prescrite à 9 h à un patient de 75 kg.
Dobutrex® (ampoules de 250 mg/20 mL) : 10 µg/kg/min en SAP.
Effectuez les calculs pour administrer cette prescription pendant 12 h.

Le lecteur qui n'est pas familier du calcul de doses médicamenteuses, même s'il possède un solide bagage mathématique, aura bien des difficultés à réaliser cette tâche car elle comporte de nombreux implicites liés à l'exercice professionnel. Il s'agit de prélever une quantité adaptée de principe actif – la dobutamine – à partir d'une solution nommée Dobutrex® et conditionnée en ampoules avec une concentration de dobutamine indiquée par le laboratoire pharmaceutique, de transférer cette quantité dans une seringue auto-poussée (SAP), puis de calculer le débit constant de la seringue afin que le patient reçoive bien, chaque minute, la quantité de produit prescrite par le médecin. Bien que la prescription ne le précise pas, l'horaire de la fin de l'injection est aussi à déterminer et à notifier afin que le renouvellement puisse être effectué, même en cas de rotation de personnel dans le service : sauf changement de la prescription, le patient ne doit pas rester sans recevoir de traitement.

L'analyse de la prescription permet de savoir que le patient doit recevoir, pour 12 heures, une quantité de 540 mg de dobutamine². Ici, le professionnel en soins infirmiers peut calculer directement le volume de produit conditionné dont il a besoin (et il en déduira le nombre d'ampoules dont il a besoin), ou bien raisonner en comptant les ampoules à utiliser. Supposons qu'il choisisse la seconde méthode : il calculera qu'une ampoule lui fournira 250 mg, qu'avec une deuxième ampoule il disposera de 500 mg et qu'une troisième ampoule sera nécessaire pour obtenir les 40 mg manquants. Vient alors le premier calcul complexe à effectuer : quel volume doit-il prélever de la troisième ampoule ? Le raisonnement à tenir est un raisonnement proportionnel. Une méthode systématique permettant le calcul d'une quatrième proportionnelle est connue, en France, sous le nom de « produits en croix ».

L'infirmier écrit ses données :	250 mg	20 mL
puis ses besoins :	40 mg	x mL

La concentration étant fixée, le volume est proportionnel à la masse, l'infirmier en déduit l'égalité des rapports $20/250$ et $x/40$ et donc l'égalité des « produits en croix » : $40 \times 20 = 250 \times x$. Il calcule enfin la valeur cherchée : $x = 40 \times 20 / 250 = 3,2$.

Le professionnel en déduit qu'il remplira la seringue électrique avec deux ampoules, soit 40 mL, plus les 3,2 mL qu'il aura prélevés de la troisième ampoule, soit au total 43,2 mL. Il choisira une seringue de capacité 50 mL qui est, parmi le matériel disponible, la seringue la mieux adaptée à l'injection à réaliser. Le produit devant être injecté en 12 h, il reste encore à calculer le débit.

Le calcul du débit nécessite seulement de diviser le volume à injecter par la durée de l'injection : on obtient un débit de 3,6 mL/h pour le liquide contenu dans la seringue³. L'injection ayant débuté à 9h, il faudra la renouveler à 21h, sauf changement de prescription.

En ce qui concerne cette tâche de calcul, on peut identifier les étapes requises implicitement dont certaines nécessitent de projeter le calcul dans l'activité effective d'administration. L'analyse des copies montre, par exemple, que certains étudiants calculent le volume de produit à injecter, mais négligent celui du débit de la seringue ou de l'horaire de renouvellement de l'injection. La réalisation de la tâche de calcul écrit peut donc se décomposer ainsi :

- i. calcul (en μg et en mg) de la dose à injecter au patient de 75 kg pour 12 h ;
- ii. détermination du nombre d'ampoules et du volume (dose en mL) à injecter ;
- iii. calcul du débit de la SAP ;

² $(10 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min} \times 75 \text{ kg} \times 60 \text{ min} \times 12) / 1\,000 = 540 \text{ mg}$.

³ $43,2 \text{ mL} / 12 \text{ h} = 3,6 \text{ mL}/\text{h}$.

iv. détermination de l'horaire de renouvellement de l'injection.

Chacune des sous-tâches nécessite d'effectuer différentes opérations arithmétiques, de tenir un raisonnement proportionnel et de gérer différentes unités de masse (μg et mg pour le principe actif et kg pour le patient), de volume (mL de solution extraite des ampoules), de débit (mL/h pour le réglage de la SAP) et de durée (min et h pour l'injection).

2. Premières exigences professionnelles et nouvelle redéfinition de la tâche prescrite

L'analyse qui vient d'être conduite a permis d'effectuer tous les calculs permettant l'administration de la prescription. Pourtant, les manuels consultés au sujet de cette tâche et les entretiens réalisés auprès des formateurs révèlent qu'aucun professionnel infirmier ne s'y prendrait ainsi ! L'approche ergonomique conduit ainsi à considérer le calcul de doses, non comme une activité mathématique seulement, mais comme une activité mathématique en contexte professionnel. Les infirmiers ne terminent donc généralement pas le calcul du débit de la seringue électrique pour obtenir, comme calculé précédemment, $3,6 \text{ mL/h}$.

Une première raison explique cela, elle touche à la sécurité des patients : autant que possible, l'infirmier cherche à simplifier les calculs pour minimiser le risque d'erreur, il préférera diluer le produit pour obtenir un volume divisible par la durée. Ici le volume divisible par 12 à choisir est 48 mL puisque le produit occupe déjà $43,2 \text{ mL}$ de la SAP. Les entretiens avec les formateurs, qui sont d'anciens praticiens, ont permis de mettre au jour un autre intérêt professionnel de la dilution conduisant à obtenir un débit entier. Certains infirmiers ont pris cette habitude car cela leur permet, quand ils passent dans les chambres des patients, de s'assurer que le débit n'a pas été dérégulé par inadvertance : il y aurait peu de chances en effet, dans ce cas, que le débit dérégulé soit exactement un nombre entier de mL/h .

Ici, au lieu de déterminer le débit correspondant à l'injection de $43,2 \text{ mL}$ en 12h , l'infirmier choisira de compléter les $43,2 \text{ mL}$ de solution de dobutamine avec un solvant neutre – de l'eau pour préparation injectable, communément désignée par EPPI – jusqu'à un volume de 48 mL . Le débit correspondant à une injection de 48 mL en 12 h est 4 mL/h , c'est celui qui sera programmé sur la seringue électrique. Il faut remarquer que le fait de compléter la seringue jusqu'à 48 mL n'ajoute pas de calcul, néanmoins, à l'écrit, les étudiants sont souvent invités à indiquer le volume d'EPPI, ce qui rajoute une opération et donc un risque d'erreur... La réalisation de la tâche de calcul écrit peut donc se décomposer ainsi :

- i. calcul (en μg et en mg) de la dose à injecter au patient de 75 kg pour 12 h ;
- ii. détermination du nombre d'ampoules et du volume (dose en

- mL) à injecter ;
- iii. choix du volume de solution à injecter (pour simplifier le débit) et détermination éventuelle du volume d'EPPI qui complétera la seringue ;
- iv. calcul du débit de la SAP ;
- v. détermination de l'horaire de renouvellement de l'injection.

C'est ainsi que l'équipe de formateurs envisageait le travail à effectuer par les étudiants, et c'est à cette norme qu'ils se sont référés pour évaluer leurs copies. D'autres manières de faire sont pourtant envisageables et se rencontrent en milieu hospitalier.

3. Le travail en néonatalogie change le poids des contraintes matérielles qui conduisent à d'autres redéfinitions de la tâche

Certains infirmiers ayant travaillé par exemple en néonatalogie ou certains étudiants y ayant effectué un stage peuvent être amenés à se poser un problème qu'on rencontre dans ce type de services du fait des faibles doses médicamenteuses administrées. Ce problème vient du fait que l'extrémité de la seringue auto-poussée est reliée à un prolongateur souple, un tuyau, au bout duquel est fixée l'aiguille. Ce prolongateur est nécessaire pour aller de la seringue au bras du patient, il assure également un confort supplémentaire au patient s'il est suffisamment long pour permettre des déplacements autonomes. Suivant sa longueur, le volume du prolongateur varie de 1 à 2 mL.

En néonatalogie, on ne néglige pas cette quantité de produit. Elle peut en effet représenter une partie importante de la dose à administrer parce que les volumes injectés sont très faibles, compte tenu de la toute petite taille des patients. C'est le cas aussi dans des situations où les volumes à injecter sont faibles parce que les durées sont courtes. Quelle deviendrait donc l'activité d'un étudiant ou d'un infirmier qui devrait administrer la prescription précédente et qui redéfinirait la tâche à réaliser en tenant compte du prolongateur ? Supposons que son volume soit de 2 mL

S'il utilisait la procédure évoquée dans la section 1, au lieu de remplir la seringue avec 43,2 mL de Dobutrex® et d'en régler le débit à 3,6 mL/h, il la remplirait avec 45,2 mL et la programmerait avec le même débit. Il resterait alors, après 12 h d'injection, 2 mL de produit dans le prolongateur et ce serait bien exactement 43,2 mL de médicament qui aurait été injecté au patient. S'il souhaite obtenir un débit entier et utiliser la procédure évoquée dans la section 2, alors il devra remplir la seringue à 50 mL au lieu des 48 mL précédents. Au lieu de remplir la seringue avec 43,2 mL de Dobutrex® et de la compléter à 48 mL par de l'EPPI, il introduira $43,2 \times 50 / 48 = 45$ mL de Dobutrex® et complétera avec de l'EPPI jusqu'à 50 mL. La réalisation d'une telle tâche convoque implicitement la propriété de linéarité dans une situation de proportionnalité où la grandeur quotient

est une concentration, ce qui requiert un haut niveau de connaissance de ces notions. En outre, le professionnel ne devra pas être gêné par le fait de calculer le débit en considérant seulement 48 mL et non les 50 mL de la seringue, ce qui n'est pas facile non plus. Une troisième possibilité s'offre à lui, elle ne nécessite pas plus de calcul que celle où l'on néglige le volume du prolongateur : prévoir de passer à la fin de l'administration pour procéder à une purge manuelle de ce volume ; ou bien effectuer le branchement d'une SAP supplémentaire remplie de 2 mL d'EPPI et la programmer pour qu'elle démarre après l'autre, son effet sera seulement de vider ce prolongateur.

Face à cette prescription de tonicardiaque, un infirmier ayant travaillé de longues années en néonatalogie devra changer ses habitudes professionnelles de prise en compte du prolongateur. En réanimation adulte, en effet, comme nous allons l'expliquer, le prolongateur est systématiquement négligé dans un traitement par dobutamine.

4. En réanimation adulte, on pense en termes de débit médicamenteux plutôt qu'en termes de doses médicamenteuses

En réanimation adulte, l'état des patients est souvent instable, ils sont continuellement sous traitement, un traitement qui varie selon leur état. Un infirmier de réanimation sait donc qu'après avoir posé la SAP de dobutamine prescrite par le médecin, il devra en poser une autre et que cette deuxième seringue « poussera » le volume de produit contenu dans le prolongateur de la précédente. Nul n'est donc besoin de se soucier de ce morceau de tuyau !

Ces deux considérations – patient en permanence sous traitement et variabilité des prescriptions en fonction de son état souvent instable – conduisent les infirmiers de réanimation à penser davantage que le patient est traité par un flux de médicament dont le débit et la concentration garantissent la qualité du soin. Dans certains services, on demande donc aux infirmiers de régler le débit de manière telle qu'il soit directement adaptable en cas de changement de prescription. Une norme professionnelle permet d'optimiser la relation entre la prescription et le débit : préparer la SAP de manière qu'un débit de 1 mL/h corresponde à une prescription de 1 µg/kg/min de dobutamine. Comme nous allons le détailler, la méthode repose sur le calcul de la concentration du produit, ce qui est souvent implicite dans la profession et dans la formation.

Si l'on remplit complètement la seringue de 50 mL, alors pour une prescription de 1 µg/kg/min et un débit de 1 mL/h, on obtiendrait une durée de traitement de 50 h. Notons P la masse du patient (en kg) et calculons la masse de produit en mg à introduire dans la seringue : $1/1000 \times P \times (60 \times 50) = 3 \times P$. La fraction 1/1000 correspond à la conversion d'un µg en mg ; le nombre 60×50 est le nombre de minutes correspondant aux 50 h d'administration du traitement. Les professionnels retiennent et utilisent cette relation simple entre la masse

de produit et celle du patient : ils utilisent « la règle du 3 fois P ». Dans le cas étudié ici, le patient a une masse de 75 kg, la masse de produit sera donc de 225 mg. La concentration des ampoules étant 250 mg pour 20 mL, l'infirmier aura besoin d'une seule ampoule dans laquelle il devra laisser 25 mg de produit soit 2 mL. Il faudra par conséquent prélever 18 mL d'une ampoule de 20 mL de dobutamine, puis compléter la seringue jusqu'à 50 mL c'est-à-dire par 32 mL d'EPPI. Comme la prescription est de 10 µg/kg/min, il faudra régler la seringue à 10 mL/h ; elle devra être renouvelée 5 h plus tard.

On perçoit l'intérêt pratique d'une telle méthode, si le médecin change sa prescription et demande à l'infirmier de passer à 7 µg/kg/min ou à 17 µg/kg/min, il suffira à ce dernier de régler le débit de la seringue à 7 mL/h ou à 17 mL/h.

5. Bilan des considérations didactiques et ergonomiques

L'exemple étudié montre que la tâche de calcul de doses médicamenteuses est complexe : sa réalisation nécessite de prendre en compte des contraintes liées au matériel (contenance et concentration des ampoules, contenance des seringues) et au travail en équipe (indiquer l'heure du renouvellement aux autres infirmiers), elle demande des initiatives (compléter avec du sérum physiologique pour obtenir 48 mL de solution) et de suivre des habitudes professionnelles locales (en réanimation adulte, on néglige la quantité de produit restant dans le prolongateur, c'est-à-dire le tuyau qui va de la seringue à l'aiguille). Dans l'exercice réel de la profession, s'ajoutent d'autres tâches que les calculs : les manipulations matérielles, bien sûr, mais aussi le contrôle de la prescription (les 10 µg/kg/min sont-ils bien adaptés à l'état du patient ?). Enfin, les professionnels doivent respecter des protocoles imposés dans leur service qui conduisent à des méthodes et à des calculs très variables. Les étudiants les rencontrent durant les stages, comme les professionnels infirmiers au cours de leur carrière.

Ces protocoles représentent un élément fondamental de l'analyse de leur activité car ils constituent de véritables contextes particuliers de travail. Différentes études ont mis en évidence le caractère situé et singulier de l'activité (Barbier 1996 ; Barbier & Galatanu 2000) et le poids du contexte (facilitateur ou difficile) pour l'exécution de la tâche à accomplir (Pignault & Loarer 2011). Pourtant, faute de pouvoir adapter l'enseignement à la méthode qui sera requise en stage (qui ne sera sans doute pas la même pour tout le groupe de stagiaires dont il a la responsabilité), le formateur enseigne souvent les méthodes standards définies au sein de son IFSI.

L'UNIFORMISATION DES PROCÉDURES ET SES EFFETS SUR LES CALCULS DE DOSES

En examinant finement l'une des tâches proposées en évaluation par l'équipe de formateurs de l'IFSI avec lequel nous avons travaillé, nous avons montré que l'activité de calcul de doses médicamenteuses est, certes en partie mathématique, mais, même pour la partie strictement mathématique, elle convoque des procédures variables suivant les contraintes et les habitudes professionnelles. Les formateurs ont du mal à gérer cette variabilité, ils préfèrent uniformiser les procédures enseignées, pour répondre surtout aux difficultés de leurs étudiants les plus faibles en mathématiques.

Nous allons, dans cette partie, examiner les questions didactiques que soulève l'uniformisation des procédures de traitement des situations de proportionnalité. Comme indiqué dans la première partie, cela repose sur l'étude des copies d'étudiants des trois années que comporte la formation des infirmiers. Après une présentation des problèmes qu'ils ont eu à résoudre, les analyses menées et les résultats obtenus sont présentés puis discutés pour répondre aux trois questions suivantes :

[Q1] Comment évolue l'utilisation de la méthode des produits en croix avec les années d'étude ? S'impose-t-elle, en fin de formation, comme la seule méthode de résolution des problèmes de proportionnalité mise en œuvre par les étudiants en soins infirmiers ? Cette question sera traitée en analysant les types de méthode mis en œuvre par les étudiants dans les problèmes qui leur ont été proposés et par une comparaison du recours à ces types de méthodes au cours des trois années de formation.

[Q2] Certains étudiants finissent-ils, pour se rassurer, par utiliser les produits en croix de manière systématique, même lorsque cela n'est pas nécessaire, par exemple pour résoudre de simples problèmes relevant d'une multiplication ou d'une division ? Pour travailler cette question à partir des copies d'étudiants, nous avons effectué une analyse croisée de la répartition des étudiants selon deux variables dichotomiques. La première partage les copies où apparaît une utilisation « forte » (supérieure à la moyenne) des produits en croix de celles où leur utilisation est « normale » (inférieure ou égale à la moyenne). La seconde distingue les étudiants suivant qu'ils utilisent cette méthode ou non pour effectuer la division par mille qui était nécessaire dans la tâche proposée pour convertir les μg en mg ; les unités de mesure peu usuelles comme les μg déstabilisent en effet beaucoup d'étudiants infirmiers.

[Q3] L'utilisation importante des produits en croix par certains étudiants s'accompagne-t-elle d'une meilleure réussite aux calculs de doses ? Pour traiter cette question, une analyse statistique conduira à examiner la dépendance éventuelle entre deux variables des productions

des étudiants : l'utilisation « stricte » ou « abusive » des produits en croix et la réussite ou l'échec au calcul de dose.

1. Les problèmes de proportionnalité résolus par les étudiants

Les recherches en didactique des mathématiques ont permis de distinguer, en plus de la méthode des produits en croix, deux grands types de procédures numériques pour résoudre les problèmes de proportionnalité. Le premier rassemble les procédures analogiques (dites aussi scalaires ou linéaires) qui permettent de passer d'un calcul sur une grandeur au calcul analogue sur la grandeur proportionnelle correspondante. Le second type est celui des procédures analytiques (dites aussi fonctionnelles) qui permettent de calculer la mesure d'une grandeur à partir de la mesure de la grandeur proportionnelle correspondante en utilisant le coefficient de proportionnalité (c'est-à-dire implicitement une fonction linéaire). Lorsque les deux grandeurs proportionnelles ne sont pas identiques, ce coefficient est une grandeur quotient, c'est fréquemment le cas en soins infirmiers où interviennent des concentrations, des débits, etc.

1.1. Problèmes proposés aux étudiants de 1^{re} année

Deux problèmes de proportionnalité ont été proposés à 102 étudiants de 1^{re} année.

Problème A : Un homme court chaque matin 3 750 m en 18 min. Quelle distance parcourt-il en 15 min ?

Problème B : Dans une pâte à crêpes, il faut 400 mL de lait, 250 g de farine, 200 g sucre et 4 œufs. Pour 600 mL de lait, calculez la farine, le sucre et les œufs à utiliser.

Une brève analyse des énoncés montre que le premier n'offre pas de solution analogique immédiate : un retour à l'unité conduirait à distance parcourue en une minute qui n'est pas un nombre entier de mètres ; on pourrait alors envisager le calcul de la distance parcourue en 3 min en divisant par 6 la distance 3 750 puis le calcul de la distance parcourue en 15 min puis en multipliant le quotient obtenu par 5 ou en le soustrayant à 3 750. Par ailleurs, en toute rigueur, la vitesse d'un coureur ne peut pas être considérée comme constante et la solution ainsi calculée n'est qu'une estimation de la distance demandée. Malgré la situation courante qui est évoquée, ce problème manque donc de réalisme. Le fait que la vitesse du coureur soit implicitement supposée constante par les formateurs revient à confondre la vitesse instantanée et la vitesse moyenne. Cette confusion doit être rapprochée de la confusion entre débit instantané et débit moyen, une confusion légitime dans leur contexte professionnel où les débits sont constants. Le second problème permet de recourir plus facilement à une méthode analogique : le passage de 400 mL à 600 mL s'effectue en multipliant par 1,5 ou bien en divisant par deux les 400 pour obtenir 200 puis en multipliant ces 200 par 3 ou en ajoutant ces 200 aux 400 initiaux.

En outre les mesures des grandeurs proportionnelles à 400 sont divisibles par 2 (le nombre d'œufs est pair).

1.2. Problème proposé aux étudiants de 2^e année

Un seul problème a été proposé aux 103 étudiants de 2^e année.

Perfusion veineuse : 2 litres de G5% par 24 heures avec 4 g de NaCl/litre de G5% et 2 g de KCl/litre de G5%.

Sachant que vous disposez d'ampoules de NaCl de 20 mL dosées à 20% et d'ampoules de KCl de 10 mL dosées à 10%, calculez la quantité, en mL, d'électrolytes de NaCl et de KCl à rajouter dans 1 litre de G5%.

L'administration des traitements est généralement fractionné au cours de la journée pour correspondre à l'organisation du travail des infirmiers (trois fois huit heures ou deux fois douze heures). C'est ce qui a conduit les formateurs à poser la question de la perfusion sur 1 L de G5% et non sur 2 L comme l'indiquait la prescription médicale, c'est-à-dire sur 12 h et non sur 24 h. Si cela peut troubler le lecteur qui n'est pas familier du soin infirmier, cela ne devrait pas gêner les étudiants en IFSI. Il en est de même de l'abréviation G5% pour désigner une solution de sérum physiologique auquel du glucose est ajouté à raison de 5 g de glucose pour 100 mL de sérum. Enfin le G5% est conditionné en poches de différents volumes dont certaines de 1 L, cela permet de raisonner conformément à la demande de l'énoncé. Les ampoules de NaCl sont dosées à 20%, cela signifie – avec un abus de langage répandu dans la profession déjà présent dans la désignation G5% – qu'il y a 20 g de NaCl pour 100 mL. L'étudiant doit donc calculer la quantité de NaCl d'une ampoule, et pour cela, mener un raisonnement proportionnel. Différentes procédures analogiques sont assez faciles à mettre en œuvre : diviser par 5 pour passer de 100 mL à 20 mL, ou diviser par 10 pour passer de 100 mL à 10 mL puis multiplier par 2 pour obtenir 20 mL, etc.

1.3. Problème proposé aux étudiants de 3^e année

Le problème donné en 3^e année est celui qui a été étudié dans l'exemple. Ce problème a été résolu par 74 étudiants. Son analyse a montré qu'il comporte cinq étapes : le calcul en μg de la dose ; la conversion en mg de cette dose ; la détermination du nombre d'ampoules et du volume (dose en mL) à injecter ; le calcul du débit de la SAP et le calcul de l'horaire de la fin de l'administration. Parmi ces étapes, une seule nécessite réellement de tenir un raisonnement proportionnel, celui du calcul de la dose, et ce calcul se prête plutôt à l'utilisation de la méthode des produits en croix car les valeurs en jeu ne favorisent ni les procédures analogiques ni les procédures analytiques.

2. Les étudiants adoptent-ils la méthode des produits en croix ?

La première question [Q1] concerne l'adoption de la méthode des

produits en croix par les étudiants pour résoudre les problèmes de proportionnalité qu'ils rencontrent dans les calculs de doses. Cette méthode étant préconisée en formation, il s'agit de vérifier si elle est effectivement davantage utilisée en fin de formation. Pour ce faire, les méthodes mises en œuvre par les étudiants pour les résoudre ont été repérées et la fréquence d'utilisation des produits en croix a été comparée au nombre d'années d'étude des étudiants.

Pour le premier problème dont les valeurs numériques ne favorisaient pas la mise en œuvre de procédures analogiques, on obtient les résultats présentés dans le tableau 1 :

Procédures	Effectifs	Fréquences
Produits en croix	85	83%
Procédure analogique	0	0%
Procédure analytique	11	11%
Non réponse ou procédure non identifiée	6	6%
Total	102	100%

Tableau 1. – Procédures des étudiants de 1^{re} année, problème A.

Pour le second problème qui, au contraire, favorisait les procédures analogiques on obtient les résultats présentés dans le tableau 2 :

Procédures	Effectifs	Fréquences
Produits en croix	53	52%
Procédure analogique	37	36%
Procédure analytique	0	0%
Non réponse ou procédure non identifiée	12	12%
Total	102	100%

Tableau 2. – Procédures des étudiants de 1^{re} année, problème B.

Ainsi peut-on remarquer que les produits en croix sont dominants, même si les procédures analogiques restent beaucoup utilisées lorsque les valeurs numériques le permettent.

Avec les étudiants de 2^e année, sur 103 copies, on obtient les résultats présentés dans le tableau 3 qui montrent la faible mobilisation des procédures analogiques, contrairement à ce qui vient d'être constaté chez les étudiants de 1^{re} année :

Procédures	Effectifs	Fréquences
Produits en croix	92	89%
Procédure analogique	8	8%
Procédure analytique	0	0%
Non réponse ou procédure non identifiée	3	3%
Total	103	100%

Tableau 3. – Procédures mises en œuvre par les étudiants de 2^e année

Si l'on compare en effet ces résultats au second problème de 1^{re} année où les procédures analogiques étaient également faciles à mettre en

œuvre, on constate un accroissement de la fréquence des produits en croix qui passe de 52% à 89%. Un test de Fisher a été utilisé pour évaluer la significativité de la comparaison des fréquences d'utilisation des produits en croix en 1^{re} et en 2^e année, la différence est bien significative, au seuil de 1% ($p < 1.23 \times 10^{-10}$).

L'homogénéisation des procédures, compte tenu des propos même des formateurs, semble devoir être attribuée à l'enseignement des produits en croix comme méthode systématique pour résoudre un problème de proportionnalité. Elle concerne tous les étudiants, les plus en difficulté comme les meilleurs qui, à l'écrit, même s'ils pourraient utiliser d'autres méthodes, préfèrent utiliser celle qui est préconisée par les formateurs.

3. Pourquoi certains étudiants effectuent-ils autant de produits en croix ?

Cette utilisation importante des produits en croix continue-t-elle en 3^e année, et pour quels étudiants ? C'est le sens de la deuxième question [Q2] : savoir si certains étudiants utiliseraient cette méthode systématiquement, même lorsque cela n'est pas nécessaire. L'analyse de la tâche proposée aux étudiants de 3^e année montre qu'elle comporte quatre calculs dont un seul relève réellement d'une situation de proportionnalité, les trois autres ne nécessitant qu'une simple multiplication ou division. Plus de la moitié des étudiants (39 sur 74) effectuent de deux à quatre produits en croix, le nombre moyen d'utilisation des produits en croix est ainsi égal à 1,8 ! Ces étudiants utilisent donc bien cette méthode au lieu d'effectuer seulement une opération.

En particulier, parmi les trois calculs indiqués, il y a la conversion en mg de la dose calculée en μg . Il s'agit d'une division d'un nombre entier par mille qui ne nécessite même pas de poser l'opération, mais les étudiants ne sont pas confiants lorsqu'ils ont à gérer des unités qui sont peu usuelles pour eux. Ainsi, certaines copies comportent un raisonnement proportionnel et un produit en croix :

$$\begin{array}{l} \text{Unités :} \qquad \qquad 1\,000 \mu\text{g} \qquad \qquad 1 \text{ mg} \\ \text{Dose :} \qquad \qquad \qquad 540\,000 \mu\text{g} \qquad \qquad x \text{ mg} \\ \text{La dose est donc : } (540\,000 \times 1) / 1\,000 = 540. \end{array}$$

Ces copies, particulièrement, comportaient de nombreux produits en croix. Ce constat a conduit à se demander si un facteur de confiance était ou non lié à l'utilisation des produits en croix. Nous avons alors séparé les étudiants en deux groupes : ceux qui utilisent les produits en croix deux fois au maximum (utilisation considérée comme « normale » compte tenu de l'enseignement) et ceux qui l'utilisent trois ou quatre fois (utilisation considérée comme « forte » compte tenu des nécessités de mise en œuvre de cette procédure). Deux variables dichotomiques

ont alors été croisées : l'utilisation « normale » ou « forte » des produits en croix d'une part, et leur utilisation ou non pour convertir des μg en mg d'autre part. Les résultats de ce croisement sont présentés dans le tableau 4 où figure, pour chaque effectif observé, entre parenthèses et en indice, la valeur arrondie de l'effectif théorique calculé sous l'hypothèse d'indépendance de ces deux variables.

Utilisation des produits en croix	Normale	Forte
Utilisent les produits en croix pour convertir	02 ₍₁₂₎	14 ₍₀₄₎
Ne les utilisent pas pour convertir	53 ₍₄₃₎	05 ₍₁₅₎

Tableau 4. – Utilisation des produits en croix et conversion d'unité ($N=74$)

Les effectifs théoriques calculés sous hypothèse d'indépendance et ceux effectivement observés d'après l'analyse des copies sont assez différents. La statistique permet d'établir que l'utilisation des produits en croix pour convertir des μg en mg n'est effectivement pas indépendante de l'utilisation « normale » ou « forte » de cette méthode. Un test de Fisher a été utilisé, il est significatif au seuil de 1% ($p < 2.53 \times 10^{-9}$). Ce résultat n'est pas vraiment surprenant : de fait, les étudiants qui utilisent « fortement » la méthode des produits en croix, l'utilisent aussi pour convertir. Mais notre question porte sur l'implication réciproque : si un étudiant utilise les produits en croix pour convertir, est-il alors un des étudiants qui utilisent « fortement » les produits en croix ? Une analyse statistique différente a été menée qui permet de répondre par l'affirmative à cette question : un test d'implication⁴ (test de Régis Gras) a été effectué, il est significatif au seuil de 1% ($p < 8.73 \times 10^{-4}$).

Après avoir montré qu'à l'écrit, pour tous les étudiants, du fait de la formation, les produits en croix deviennent pratiquement la méthode unique de traitement des situations de proportionnalité, cette nouvelle analyse montre que chez certains étudiants, cette méthode permet de traiter pratiquement toutes les situations multiplicatives, et notamment celles dans lesquelles ils se sentent le moins confiants, ici une simple conversion d'unité de mesure, mais qui met en jeu des μg , c'est-à-dire une unité peu usuelle pour nombre d'entre eux. Un tel résultat peut être ressenti par les formateurs en soins infirmiers et renforcer la croyance selon laquelle les produits en croix sécurisent les étudiants les plus en difficulté en mathématiques.

⁴ L'implication étudiée signifie l'impossibilité de constater à la fois une utilisation des produits en croix pour convertir et leur utilisation « normale » pour résoudre ce calcul de doses. Autrement dit, s'il y avait cette implication nous devrions constater dans le tableau que l'effectif des étudiants qui utilisent les produits en croix pour convertir et qui pourtant ont une utilisation normale des produits en croix est égal à zéro. Il est ici égal à 2, avec $N=74$.

Les étudiants en soins infirmiers utilisent donc beaucoup, voire trop, la méthode des produits en croix ; la question du lien entre son utilisation et la réussite au calcul de doses mérite donc vraiment d'être posée.

4. Utilisation des produits en croix et réussite au calcul de doses

Ces formateurs en soins infirmiers supposent aussi que l'utilisation systématique des produits en croix constitue un facteur de réussite ; c'est ce qui a conduit à poser la question [Q3] relative à l'effet de l'utilisation de la méthode des produits en croix sur l'amélioration de la réussite aux calculs de doses.

Les étudiants de 3^e année ont été distingués selon leur réussite au calcul : 56 sur 74 l'ont effectué correctement, c'est-à-dire 76% d'entre eux. La dépendance entre la réussite au calcul et l'utilisation des produits en croix a été évaluée. Si les croyances généralement partagées par les formateurs étaient fondées, ces deux variables devraient ne pas être indépendantes, et l'utilisation importante des produits en croix devrait même être un facteur de réussite. Pour traiter cette question, nous avons préféré distinguer les étudiants entre ceux qui ont une utilisation « stricte » des produits en croix, c'est-à-dire pas plus d'une, et ceux qui les utilisent davantage et qui en ont donc une utilisation que nous pourrions qualifier « d'abusives ». Le tableau 5 présente les résultats obtenus.

Utilisation des produits en croix	Stricte	Abusive
Réussite au calcul de la dose	23 ₍₂₆₎	33 ₍₃₀₎
Échec au calcul de la dose	12 ₍₀₉₎	06 ₍₀₉₎

Tableau 5. – Produits en croix et réussite au calcul de la dose ($N=74$)

Comme dans le tableau précédent, figure pour chaque effectif observé, entre parenthèses et en indice, la valeur arrondie de l'effectif théorique calculé sous l'hypothèse d'indépendance des deux variables. L'examen des données concernant les copies laisse percevoir beaucoup d'utilisations abusives des produits en croix, mais parmi celles-ci seulement 6 échecs au calcul de doses alors qu'il y en a 12 (deux fois plus) parmi les étudiants qui ont une utilisation stricte des produits en croix. La première impression serait de nature à renforcer la croyance des formateurs en IFSI. Néanmoins, un examen plus rigoureux de ce tableau montre que l'hypothèse d'indépendance ne peut être écartée : les effectifs observés et les effectifs théoriques ne sont pas très éloignés. C'est ce que confirme le test de Fisher effectué au seuil de 1% ($p \approx 0.1$ donc $p > 0.01$). Il ne peut donc pas être affirmé qu'une forte utilisation de la méthode des produits en croix entraîne un effet bénéfique sur la réussite au calcul de doses.

L'ensemble des résultats obtenus ici relativise les croyances

professionnellement partagées en formation en soins infirmiers concernant la méthode des produits en croix : les questions didactiques traitées dans la recherche montrent qu'une utilisation importante de cette méthode n'améliore pas la réussite aux calculs de doses de manière significative. Pourtant, la formation proposée conduit pratiquement tous les étudiants à abandonner, dans leur travail écrit, les procédures analogiques et analytiques, voire même, pour certains d'entre eux, à utiliser les produits en croix dans des situations qui ne nécessitent qu'une simple multiplication ou division.

La recherche a aussi interrogé l'effet que peuvent produire, sur la réussite aux calculs de doses, les stages d'insertion dans le milieu professionnel.

LES STAGES EN MILIEU PROFESSIONNEL ET LEURS EFFETS SUR LES CALCULS DE DOSES

Les étudiants de 3^e année effectuent des stages en milieu hospitalier, ce passage du côté de la pratique réelle les conduit-il à appréhender de manière exhaustive l'administration d'une prescription médicale, ainsi qu'à se conformer aux habitudes professionnelles ? Et dans l'affirmative, cela entraîne-t-il directement un accroissement de la réussite aux calculs de doses médicamenteuses effectués par écrit en IFSI ? Nous allons, dans cette dernière partie, examiner ces questions en nous appuyant toujours sur une analyse des copies d'étudiants, limitée cette fois à ceux de troisième année qui bénéficient de stages en milieu hospitalier dans lesquels ils se voient confier des calculs de doses médicamenteuses. Précisons les questions abordées et les méthodes utilisées qui s'appuient essentiellement sur la prescription de dobutamine étudiée avec précision dans la deuxième partie de l'article et dont l'approche ergonomique avait montré qu'il existait une grande pluralité de redéfinitions possibles de la tâche prescrite pour réaliser effectivement cette activité de calcul de doses :

[Q4] Les stages permettent-ils aux étudiants de prendre en compte l'exhaustivité de la tâche à réaliser pour administrer une prescription médicale, et cela entraîne-t-il une meilleure réussite dans l'exécution de ces calculs ? Pour répondre à ces questions à partir du problème donné aux étudiants de 3^e année (ceux qui sont allés en stage), l'analyse initiale a servi à repérer les questions liées à la professionnalité du calcul de doses plutôt qu'aux savoirs mathématiques qu'il comporte. Il s'agira donc d'évaluer s'ils sont effectivement nombreux à terminer le calcul de doses en déterminant le débit de la seringue, et si un lien de dépendance peut être établi entre la détermination de ce débit et la réussite au calcul de dose.

[Q5] Durant les stages qu'ils effectuent en milieu hospitalier, les étudiants acquièrent certaines habitudes professionnelles, mais ces

acquisitions favorisent-elles la réussite aux calculs de doses médicamenteuses en contexte de formation ? Du point de vue méthodologique, compte tenu de la tâche proposée aux étudiants de 3^e année, il faudra déterminer d'une part, s'ils sont effectivement nombreux à compléter la seringue de dobutamine par de l'EPPI jusqu'à 48 mL afin d'obtenir un débit entier et, d'autre part, si la prise en compte de cette habitude professionnelle a un effet significatif sur la réussite au calcul de dose.

1. Appréhension exhaustive de l'administration d'une prescription médicale et réussite aux calculs de doses médicamenteuses

La question [Q4], demandant une approche moins didactique mais davantage ergonomique, interroge donc l'effet des stages sur l'approche exhaustive des calculs à réaliser pour administrer une prescription médicale, et celui de cette approche sur la réussite dans l'exécution de ces calculs.

L'hypothèse a été testée sur les copies des étudiants de 3^e année qui ont tous réalisé des stages en milieu hospitalier. Dans le problème qu'ils ont eu à résoudre pour leur évaluation, deux étapes permettent de repérer qu'ils appréhendent de manière exhaustive des tâches à réaliser : le calcul du débit de la seringue électrique (il ne suffit pas, en effet, de remplir la seringue pour traiter le patient...) et le calcul de l'horaire de renouvellement de l'injection. Le second indicateur n'a pas été retenu car, dans cette épreuve écrite, des étudiants dont le nombre ne peut être évalué ont peut-être jugé qu'il n'était pas utile de montrer au correcteur qu'ils savaient qu'une injection qui commence à 9 h et qui dure 12 h se termine à 21 h. Autrement dit, et plus généralement, donner un problème contextualisé hors contexte ne permet pas toujours de connaître les réactions en contexte.

Le codage des copies montre que les étudiants ne sont que 36 sur 74 à avoir calculé le débit de la seringue auto-poussée, c'est-à-dire 49% environ. Force est de constater que le passage par les stages en milieu professionnel ne suffit pas pour qu'ils acquièrent une prise en compte exhaustive d'un calcul de doses lorsqu'ils le réalisent par écrit dans une situation de formation. Et cela contredit la croyance partagée par les formateurs. Deux commentaires peuvent être formulés quant à ce résultat. Le premier est que cette recherche ne porte que sur un calcul proposé lors d'une évaluation qui s'est déroulée après le stage, peut-être les étudiants, dans le cadre des séances d'enseignement ordinaires, étaient-ils encore moins nombreux à penser à déterminer le débit. Le second est que cette évaluation est effectuée sur papier et non en situation réelle ou simulée : sans doute, mais cela demanderait à être vérifié, la détermination du débit est-elle « dictée par le matériel » lorsque le praticien est en situation. On imagine mal, en effet, un infirmier posant une seringue et partant sans avoir fait ce qu'il faut pour

que le produit soit injecté !

Dans le codage de la réussite, afin de ne pas lier l'évaluation de la réussite à celui de l'appréhension globale de la tâche, il a été décidé de ne pas compter comme faux un calcul qui ne mentionnerait pas le débit de la SAP, et cela contrairement à ce que font habituellement les formateurs de façon tout à fait légitime puisque si le débit n'est pas programmé, le patient n'est pas traité. C'est donc le croisement entre le calcul du débit de la SAP et la réussite au calcul de la dose (et non du calcul de doses tout entier) qui a été effectué, il conduit aux effectifs figurant dans le tableau 6 :

Calcul du débit de la SAP	Oui	Non
Réussite au calcul de la dose	28 ₍₂₇₎	28 ₍₂₉₎
Échec au calcul de la dose	8 ₍₉₎	10 ₍₉₎

Tableau 6. – Calcul du débit et réussite au calcul de doses (N=74)

La grande proximité des effectifs observés et théoriques empêche de rejeter l'hypothèse d'indépendance des deux variables. Ainsi, contrairement à une croyance souvent partagée par les formateurs, le fait d'appréhender de manière complète les étapes d'un calcul de doses, notamment après avoir effectué des stages, ne suffit pas à résoudre les difficultés de calcul de doses médicamenteuses rencontrées par certains étudiants en IFSI, même par ceux qui sont déjà très avancés dans leurs études en soins infirmiers.

2. Prise en compte des habitudes professionnelles et réussite aux calculs de doses médicamenteuses

Selon les formateurs, le second effet des stages serait de permettre aux étudiants d'acquérir certaines habitudes professionnelles. La dernière question [Q5] conduit à interroger cette croyance ainsi qu'une conséquence dont doutent les formateurs associés à la recherche, l'acquisition de ces habitudes favoriserait aussi la réussite aux calculs de doses médicamenteuses.

Un indicateur relatif aux habitudes professionnelles a pu être construit pour analyser les copies des étudiants de 3^e année : le fait d'avoir ou non choisi de remplir la seringue avec 48 mL. En effet, deux autres volumes ne correspondent pas à la pratique professionnelle, mais sont pourtant choisis par certains étudiants : le volume contenu par la seringue après y avoir introduit la dose de dobutamine (43,2 mL) ou la contenance totale de la seringue électrique (50 mL). Rappelons que la valeur 48 mL s'obtient en complétant le principe actif (la dobutamine) par une solution injectable neutre (l'EPPI) afin de faciliter le calcul du débit de la SAP.

Premièrement, le codage des copies montre que les étudiants ne sont que 48 sur 74 à avoir choisi de remplir la seringue avec 48 mL

de produit, c'est-à-dire 65% environ. Le passage par les stages en milieu professionnel ne suffit donc pas non plus pour qu'ils acquièrent les habitudes adoptées dans la profession. Cela contredit la croyance généralement partagée par les formateurs.

Deuxièmement, le croisement entre la réussite au calcul de doses et celui du choix d'un volume de 48 mL à injecter a été effectué. Comme précédemment, dans le codage de la réussite, c'est seulement le calcul de la dose qui a été évalué. Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau 7 :

Choix du volume à injecter	48 mL	Autre
Réussite au calcul de la dose	39 ₍₃₆₎	17 ₍₂₀₎
Échec au calcul de la dose	9 ₍₁₂₎	9 ₍₆₎

Tableau 7. – Choix du volume à injecter et réussite au calcul de doses ($N=74$)

Une faible différence apparaît entre les effectifs empiriques et les effectifs théoriques calculés sous l'hypothèse d'indépendance des deux variables « choix du volume à injecter » et « réussite au calcul de la dose », le test de Fisher confirme que l'hypothèse d'indépendance ne peut être rejetée au seuil de 1% ($p > 0.16$). Ainsi, une nouvelle fois, la recherche conduit à mettre en doute une croyance généralement partagée dans le milieu de la formation en soins infirmiers : les stages ne permettent pas spécialement aux étudiants de surmonter leurs difficultés en calcul de doses médicamenteuses.

Finalement, les réponses apportées aux questions ergonomiques contredisent la croyance selon laquelle les étudiants peuvent, lors d'une évaluation sur papier, témoigner de leur acquisition des habitudes professionnelles ainsi que d'une appréhension exhaustive de l'administration d'une prescription médicale. En outre, comme le supposait d'ailleurs les formateurs engagés dans la recherche, les stages ne suffisent pas à régler les difficultés rencontrées par certains étudiants dans les calculs de doses médicamenteuses.

CONCLUSION

La pratique d'un enseignant ou d'un formateur est guidée par ses conceptions et ses croyances concernant l'enseignement et l'apprentissage. Nombre d'entre elles sont partagées. Alors que le calcul de doses médicamenteuses pose un véritable problème de santé publique, une recherche menée au sein d'une équipe de formateurs en soins infirmiers a permis d'analyser la nécessaire redéfinition de la prescription dans l'activité de calcul de doses médicamenteuses, puis de questionner certaines croyances partagées dans leur milieu professionnel au sujet de la méthode des produits en croix, d'une part,

et des stages en milieu hospitalier, d'autre part.

Pour la première partie, une analyse didactique et ergonomique d'un exemple d'activité de calcul de doses a été effectuée. Elle s'appuie, pour l'analyse ergonomique, sur la lecture de manuels de calcul de doses ainsi que sur des entretiens avec des formateurs qui sont tous d'anciens praticiens infirmiers. La recherche montre que l'activité de calcul n'est pas isolée, elle est liée à d'autres activités comme le contrôle de la prescription, qui repose sur des connaissances pharmacologiques et thérapeutiques, comme la manipulation de différents matériels (dans l'exemple étudié, il a été question de seringues, aiguilles, prolongateurs, flacons, pousse-seringue électrique) et bien sûr tout ce qui concerne la relation au patient. Pour les calculs eux-mêmes, les infirmiers doivent effectuer différentes opérations arithmétiques, tenir un raisonnement proportionnel, utiliser des grandeurs quotient comme la concentration et le débit, et gérer différentes unités de masse, de volume, de débit et de durée. Enfin, l'analyse ergonomique a montré l'influence des contextes professionnels sur l'activité même de calcul qui obligent le praticien à redéfinir la tâche prescrite en fonction des exigences ou des habitudes du service hospitalier dans lequel il exerce.

Pour la seconde partie, la recherche s'appuie sur une étude de copies d'étudiants produites en situation d'évaluation à la fin de la 1^{re}, de la 2^e et de la 3^e année de formation. Elle montre une incidence de la formation sur les procédures utilisées par les étudiants : la méthode des produits en croix remplace les méthodes analogiques et analytiques qu'ils employaient en début de formation. Mais l'utilisation de cette méthode n'a pas d'effet sur leur capacité à conduire correctement l'ensemble d'un calcul de doses complexe. Ce résultat est cohérent avec ceux qui émergent des nombreuses recherches menées sur le raisonnement proportionnel, cela tient sans doute au fait que le calcul de doses médicamenteuses, comme sans doute beaucoup de raisonnements professionnels en contexte, demande des adaptations qui nécessitent davantage que de simples automatismes. Il apparaît en outre que le systématisme conduit à un emploi abusif des produits en croix et l'on peut faire l'hypothèse (à étudier dans une recherche ultérieure) que cela risque de priver de nombreux étudiants d'un accès à la diversité des relations liées aux structures multiplicatives ainsi qu'à la conceptualisation de grandeurs quotients comme le débit ou la concentration.

Les entretiens avec les formateurs quant à ces résultats font émerger des considérations de type ergonomique : certains exigeraient l'utilisation des produits en croix pour homogénéiser les réponses des étudiants et les évaluer plus sûrement. Une recherche est en cours auprès de formateurs pour comprendre les liens éventuels entre leur passé scolaire en mathématiques, leur expérience professionnelle en calcul de doses, leurs conceptions de l'enseignement et de

l'apprentissage de cette activité, leur aptitude à former à l'utilisation de procédures diverses pour traiter des problèmes de proportionnalité, ainsi que leurs exigences en formation et lors de la correction des copies des étudiants. À ce stade de la recherche néanmoins, une formation des formateurs à l'analyse des raisonnements produits pour résoudre des problèmes de proportionnalité apparaît déjà nécessaire.

Il reste qu'il ne faudrait pas trop hâtivement conclure que l'enseignement de la méthode des produits en croix serait à abandonner totalement : des entretiens avec des praticiens laissent supposer qu'en cas de doute sur leur calcul mené avec des procédures analogiques ou analytiques, certains professionnels recourent au produit en croix comme moyen de contrôle. Une autre recherche est en cours à ce sujet.

Enfin, l'analyse des productions des étudiants montre que le fait que les stages conduiraient les étudiants à bien appréhender les tâches de calculs de doses n'est pas avéré en situation d'évaluation écrite. Il en est de même du lien entre une telle appréhension et la réussite au calcul de dose. Ces résultats ont été établis à partir d'indicateurs assez sommaires comme celui de la présence ou non de calculs qui permettent l'administration de la prescription après que la détermination de la dose médicamenteuse a été effectuée : débit de la seringue électrique et horaire du renouvellement de l'injection. Des recherches portant sur la nature et la diversité des calculs proposés aux étudiants en milieu hospitalier, comme sur le rôle des formateurs sur les lieux de stages sont nécessaires pour approfondir cette question. Cela permettrait de comprendre plus finement la réalité de la pratique qui est contenue dans ce que déclarent de nombreux professionnels : ils seraient guidés par le matériel et seraient incapables d'effectuer un calcul de doses lorsqu'ils ne sont pas en situation professionnelle (Hoyles, Noss & Pozzi 2001).

Ces résultats sont les premiers d'une recherche de plus grande ampleur. De nombreuses questions restent posées quant à la nature des changements qui pourraient être envisagés dans cet enseignement, et quant à l'évaluation de l'effet de tels changements sur l'apprentissage du calcul de doses médicamenteuses par les infirmiers en formation. Ils montrent déjà néanmoins l'intérêt et la pertinence qu'il y a à mener des recherches en didactique des mathématiques dans d'autres champs que celui de l'enseignement scolaire ou universitaire. En particulier, la double approche s'avère être un cadre prometteur pour conduire des recherches qui s'interrogeraient sur les institutions où des activités mathématiques en contexte professionnel sont requises, ainsi que sur la formation aux pratiques convoquant de telles activités.

RÉFÉRENCES

- BADDELEY A. (1993) *La mémoire humaine. Théorie et pratique*. Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.
- BARAB S.A. & PLUCKER J.A. (2002) Smart people or smart contexts? Cognition, ability and talent development in an age of situated approaches to knowing and learning. *Educational Psychologist* 37(3) 165-182.
- BARBIER J.-M. (1996) *Savoirs théoriques et savoirs d'action*. Paris : PUF.
- BARBIER J.-M. & GALATANU O. (2000) La singularité des actions : quelques outils d'analyse. In J. Mallet, J.B. Barbier & J.-C. Parmentier. (dir.), *L'analyse de la singularité de l'action* (pp. 13-51). Paris : PUF.
- BULF C (2010) Le rôle de la symétrie dans la nature du travail géométrique des tailleurs de pierre et des ébénistes. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives* 15 117-139.
- CASTELA C. & ROMO VÁZQUEZ A. (2011) Des mathématiques à l'automatique : étude des effets de transposition sur la transformée de Laplace dans la formation des ingénieurs. *Recherches en didactique des mathématiques* 31(1) 79-130.
- CASTELA C. & ELGUERO C. (2013) Praxéologie et institution, concepts clés pour l'anthropologie épistémologique et la socioépistémologie. *Recherches en didactique des mathématiques* 33(2) 123-162.
- CHARLES-PÉZARD M., BUTLEN D. & MASSELOT P. (2012) *Professeurs des écoles débutants en ZEP*. Grenoble : La Pensée sauvage.
- GOUVERNAL C. (2009) *Le raisonnement proportionnel dans l'application d'une prescription médicale, approche didactique*. Mémoire de Master non publié, Université Paris Descartes, Paris.
- HOYLES C., NOSS R. & POZZI S. (2001) Proportional Reasoning in Nursing Practice. *Journal for Research in Mathematics Education* 32(1) 4-27.
- LAVE J. (1993). The practice of learning. In J. Lave & Chatlin (dir.), *Understanding Practice* (pp. 3-31). Cambridge : Cambridge University Press.
- LE JOURNAL DU DIMANCHE (2011) Une patiente meurt d'une surdose de morphine. Document disponible à [<http://www.lejdd.fr/Societe/Faits-divers/Depeches/Une-patiente-meurt-d-une-surdose-de-morphine-281861/>]
- LE MONDE (2009) Décès d'un bébé : l'hôpital reconnaît « l'erreur de deux personnels ». Document disponible à [http://www.lemonde.fr/societe/article/2009/01/03/decès-d-un-bebe-a-la-suite-d-une-suspicion-d-erreur-dans-un-hopital-des-yvelines_1137658_3224.html]
- LE MONDE (2010) Marseille : un enfant de six ans meurt d'une surdose de chimiothérapie. Document disponible à [http://www.lemonde.fr/societe/article/2010/03/25/erreur-medicale-fatale-a-l-hopital-de-la-timone-a-marseille_1324100_3224.html]
- LEPLAT J. (1997) *Regards sur l'activité en situation de travail*. Paris : PUF.
- MAISONNEUVE C. (2004) Surdosage de morphine, un problème d'étiquetage ? *Soins* 690 6.
- MAISONNEUVE C. (2006) Décès d'une fillette, une infirmière condamnée. *Soins* 703 8.
- MCMULLAN M., JONES R. & LEA S. (2010) Patient safety : numerical skills and drug calculation abilities of nursing students and Registered Nurses. *Journal of advanced nursing* 66(4) 891-899.
- NOSS R., HOYLES C. & POZZI S. (2002) Abstraction in Expertise : A Study of Nurses' Conceptions of Concentration. *Journal for Research in Mathematics Education* 33(3) 204-229.

- PELTIER-BARBIER M.-L. (dir.) (2004) *Dur d'enseigner en ZEP*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- PIGNAULT A. & LOARER E. (2011) Analyser l'expérience contextualisée. Principes méthodologiques et applications d'une méthode spécifique. *Carriérologie* 12(2), 171-182.
- Robert, A., Penninckx, J. & Lattuati, M. (2012) *Une caméra au fond de la classe de mathématiques*. Besançon : Presses universitaires de Franche-Comté.
- ROBERT A. & ROGALSKI J. (2002) Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche. *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies* 2(4) 505-528.
- ROBERT A. & ROGALSKI J. (2008) Cadrages théoriques. In Vandebrouck F. (coord.) *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* (pp. 9-30). Toulouse : Octares.
- RODITI E. (2013) Une orientation théorique pour l'analyse des pratiques enseignantes en didactique des mathématiques. *Recherches en didactiques* 15 11-34.
- RODITI E. (2005) *Les pratiques enseignantes en mathématiques. Entre contraintes et liberté pédagogique*. Paris : L'Harmattan.
- TROADEC B. & MARTINOT C. (2003) *Le développement cognitif. Théories actuelles de la pensée en contextes*. Paris : Belin.
- Vandebrouck F. (dir.) (2008) *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants*. Toulouse : Octarès.
- Vandebrouck F. (dir.) (2013) *Mathematics Classrooms. Students' Activities and Teachers' Practices*. Rotterdam : Sense Publishers..
- WRIGHT K. (2007) A written assessment is an invalid test of numeracy skills. *British Journal of Nursing* 16(13) 828-831.
- WRIGHT K. (2010) The assessment and development of drug calculation skills in nurse education. A critical debate. *Nursing Education Today* 30(1) 85-97.