

L'ENSEIGNEMENT DU CALCUL DE DOSES MÉDICAMENTEUSES : UN DÉFI POUR LA SANTÉ PUBLIQUE AU 21^e SIÈCLE

Éric RODITI*

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 porte sur les interrogations d’une équipe de formateurs quant à deux convictions partagées dans leur milieu professionnel : 1^o l’enseignement d’une méthode de calcul systématique permettrait d’éviter les erreurs ; 2^o beaucoup de fautes disparaîtraient spontanément grâce aux stages qui permettraient de mieux appréhender l’administration d’une prescription dans sa globalité. La recherche montre 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 infirmiers en formation.

Mots-clefs : Pratique enseignante, recherche collaborative, proportionnalité, calcul de doses, soins infirmiers

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^o teaching a systematic calculation method would prevent mistakes; 2^o 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.

Keywords: Teaching practice, collaborative research, proportionality, drug calculation, nursing

INTRODUCTION

Le calcul de doses médicamenteuses est une activité que l’infirmière ou l’infirmier¹ réalise pour administrer le traitement prescrit à un patient. Le médecin ordonne une quantité de principe actif et une posologie. 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. Une erreur de calcul peut nuire à la qualité du soin parce que le patient reçoit, pendant un certain moment, une quantité de médicament inadaptée. 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). Les accidents récurrents, parfois mortels, posent un problème crucial de santé publique (Maisonneuve 2004, 2006 ; *Le Monde* 2009, 2010 ; *Le journal du dimanche* 2011).

En France, les infirmiers sont formés en trois années d’études dans des instituts de formation en soins infirmiers (IFSI). Les étudiants sont admis en 1^{re} année sur concours (un candidat sur trois environ est retenu) après le baccalauréat ; les étudiants peuvent donc théoriquement intégrer un IFSI dès l’âge de 18 ans, mais nombreux sont ceux qui commencent la formation plus tardivement, si bien que l’âge moyen en 1^{re} année est de 24 ans. La recherche présentée ici est une recherche en cours menée en collaboration avec l’équipe des formateurs d’un IFSI, et les résultats présentés concernent des interrogations de cette équipe quant à deux convictions généralement partagées dans leur milieu professionnel. La première est que l’enseignement d’une méthode de calcul systématique, indépendante des

* Université Paris Descartes, Laboratoire EDA – France – eric.roditi@paris5.sorbonne.fr

¹ Pour faciliter la lecture du texte, les noms qui désignent des personnes sont écrits au masculin.

particularités mathématiques des tâches à effectuer, permettrait d'éviter les erreurs, notamment pour ceux qui sont le plus en difficulté : la diversité des méthodes étant considérée comme une source de perturbation de l'activité. La seconde conviction est que beaucoup de fautes sont commises par les étudiants qui n'ont pas encore une représentation globale de la tâche à réaliser, et que ces fautes disparaissent spontanément grâce aux stages effectués en milieu hospitalier car ils permettent, par l'activité professionnelle réelle, de mieux appréhender l'administration d'une prescription dans sa globalité.

Ces deux convictions ont des conséquences sur les pratiques d'enseignement des formateurs. Leur validité a été questionnée en les mettant à l'épreuve d'une analyse des copies des étudiants rédigées à l'occasion des évaluations proposées en cours de formation, de la première à la troisième année d'étude. Après une première partie consacrée à présenter les objectifs et les cadres de la recherche, la deuxième partie propose l'analyse d'une tâche de calcul de doses, et montre, sur cet exemple, combien l'activité est à la fois marquée par les savoirs mathématiques sous-jacents et par le contexte professionnel de sa réalisation. Les résultats de la recherche et les perspectives qu'ils permettent d'envisager font l'objet de la troisième partie de ce texte.

I. OBJECTIFS ET CADRES GENERAUX 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 types 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 j'ai choisi de mener la recherche, en collaboration avec eux, et avec une approche didactique et ergonomique.

1. *Une recherche sur l'enseignement du calcul de doses*

Si le calcul de doses ressemble de prime abord à une activité mathématique au cours de laquelle l'infirmier résout des problèmes de proportionnalité, une forte imbrication avec des contraintes et des habitudes professionnelles apparaît dès les premières analyses. Cela soulève de nombreuses questions quant à l'activité, à la formation et à l'évaluation ; des questions auxquelles se trouvent confrontés les formateurs en soins infirmiers qui enseignent le calcul de doses. Quelles sont les variables et les paramètres de la tâche, quelles sont les procédures mises en œuvre et avec quelles diversités suivant les contextes et les agents ? Quelle formation à cette activité est-il souhaitable de proposer : quels contenus de formation, quelles modalités d'étude pour les étudiants, et dans quels cadres institutionnels (en centre de formation ou pendant les stages) ? Quelles sont les formes adaptées pour les évaluations de cette activité : dans le cadre d'un examen théorique, d'une pratique simulée ou d'une activité réelle ? Quelles expertises faut-il conjuguer, entre celles des formateurs et celles des infirmiers en exercice, pour évaluer les étudiants ? Comment, enfin, adapter l'évaluation certificative à sa finalité : garantir qu'aucun patient ne puisse être victime d'une erreur de calcul de doses ?

Deux démarches générales distinguent les articles concernant les recherches déjà menées sur le calcul de doses. La première consiste à analyser les compétences mathématiques des étudiants en soins infirmiers (McMullan, Jones et Lea 2010 ; Wright 2010, 2007). Les étudiants répondent à des questionnaires (leur activité n'est donc pas en contexte professionnel) et les résultats conduisent les auteurs à repérer les erreurs commises et à déplorer leur importance. La seconde démarche consiste à analyser l'activité des praticiens (Hoyles, Noss et Pozzi 2001 ; Noss, Hoyles et 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. Les 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 que j'ai choisie est différente, il s'agit de mener une recherche sur l'enseignement du calcul de doses, avec une double approche didactique et ergonomique, et en collaboration avec les formateurs. Ces derniers 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.

Avant de commencer un quelconque travail de recherche, j'avais besoin de savoir comment les formateurs en soins infirmiers appréhendaient le calcul de doses médicamenteuses et les erreurs commises en formation. L'encadrement d'un mémoire de master réalisé par une formatrice en soins infirmiers (Gouveral 2009) m'a permis de comprendre que certains formateurs concevaient le calcul de doses comme un protocole à appliquer, et que l'évaluation devait garantir la conformité à ce protocole. Les échanges avec des étudiants de mon cours de didactique des mathématiques révèlent aussi que de nombreux formateurs se trouvent parfois démunis pour interpréter les erreurs commises par certains étudiants.

2. *Une recherche collaborative, didactique et ergonomique*

Au milieu de l'année universitaire 2009-2010, je me suis engagé dans une recherche avec l'équipe de l'Institut de Formation en Soins Infirmiers (IFSI) Paul Brousse de Villejuif (94). La recherche est menée de manière collaborative (Desgagné et al. 2001 ; Roditi 2010) en partenariat avec les formateurs de l'IFSI. La démarche adoptée est de partir de problèmes précis qu'ils rencontrent pour aborder des questions plus globales concernant l'enseignement et l'apprentissage du calcul de doses. Plusieurs réunions de travail ont permis de définir un cadre qui soit satisfaisant à la fois pour les formateurs et pour le chercheur. Aucun programme n'a encore été déterminé sur le long terme car je souhaite pouvoir progressivement comprendre ce qu'une recherche, menée de manière collaborative et interdisciplinaire, pouvait apporter. Les premières réunions ainsi que quelques entretiens semi-directifs, ont soulevé différents problèmes et plusieurs pistes de travail :

- les connaissances des formateurs, quant à l'apprentissage du calcul de doses et quant à l'origine des erreurs des étudiants, ne leur semblent plus adaptées à ce qu'ils vivent en formation avec leurs étudiants ;
- dans la pratique, les calculs de doses ne sont pas toujours effectués comme ils sont enseignés en IFSI, les contextes professionnels déstabilisent certains étudiants ou remettent en cause la formation ;
- dans l'enseignement, le calcul de doses n'est peut-être pas suffisamment intégré à l'activité globale d'administration d'une prescription qui dépend de conditions matérielles et de contextes de travail, comme celle de la situation d'urgence par exemple ;
- le calcul de doses vient réveiller des souvenirs scolaires en mathématiques parfois douloureux chez de nombreux étudiants en soins infirmiers ainsi que chez certains formateurs.

Pour commencer cette recherche, il a fallu cerner une question précise, et qui correspondait aux attentes des formateurs. Nous avons collectivement² décidé de commencer par une étude

² Dans ce texte, le pronom personnel « nous » désigne toujours le collectif chercheur-formateurs, tandis que le pronom « je » désigne le chercheur, auteur de cette proposition de communication. Ainsi l'adverbe « collectivement » n'est plus répété par la suite.

des copies des étudiants aux évaluations afin de mettre en relation les procédures utilisées et la réussite aux calculs. Il s'agissait, ce faisant, de contribuer à la réflexion entamée par l'équipe formatrice quant aux deux convictions indiquées dans l'introduction et qui sont généralement partagées dans leur profession. La première est que l'enseignement d'une méthode de calcul systématique, indépendante des particularités des tâches (les produits en croix) aide les étudiants les plus en difficulté en mathématiques. 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 disparaissent après qu'ils ont effectué des stages en milieu hospitalier.

Du point de vue théorique, des références issues de deux champs de recherche sont convoquées : la didactique des mathématiques, et la psychologie du travail. Je ne le développe pas davantage dans cette proposition de communication car ces cadres ont déjà été présentés dans les colloques EMF précédents, notamment en 2006 à Sherbrooke. Je rappelle simplement que la double approche didactique et ergonomique des pratiques d'enseignement des mathématiques (Robert et Rogalski 2002) permet d'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 ou les formateurs. Le croisement des analyses menées selon ces deux approches contribue à dégager la logique des pratiques de ces derniers (Roditi 2005, 2008).

La première phase de la recherche nous a ainsi permis de faire connaissance par un travail qui n'engageait personnellement aucun formateur. Bien que cela n'ait pas été demandé explicitement par les professionnels, il m'a semblé qu'il était plus respectueux de ma part de commencer notre collaboration de cette manière : n'ayant moi-même jamais été infirmier, je ne souhaitais pas que les résultats des recherches puissent remettre en cause des choix de formation ou des pratiques de formateurs avant même que nous disposions des moyens suffisants pour les discuter. Nous avons convenu de rendez-vous périodiques avec un ordre du jour analogue : 1° présentation par le chercheur des analyses effectuées, des conclusions obtenues et des questions qu'elles soulèvent ; 2° compléments d'analyses menés collectivement en fonction des questions du chercheurs ou des demandes des formateurs ; 3° échanges autour de l'ensemble de ces analyses visant l'explicitation des choix effectués par les formateurs, des problèmes rencontrés, des contraintes, etc. 4° explicitation de nouvelles questions ou de nouvelles perspectives pour la recherche. Dans ce premier travail, les pratiques des formateurs en cours avec les étudiants n'ont donc pas été analysées, la programmation précise des enseignements du calcul de doses non plus. Il s'est agi plutôt d'étudier les résultats des étudiants aux évaluations proposées par les formateurs, en lien avec des conceptions partagées qui président aux choix d'enseignement, pour interroger précisément ces choix d'enseignement.

Près de trois cents copies ont finalement été analysées, l'étude statistique a produit des résultats qui fondent les doutes de nombreux formateurs quant aux deux convictions indiquées précédemment. L'équipe s'est dite prête à retravailler collectivement la programmation de la formation au calcul de doses, bien que des modifications soient aujourd'hui prématurées. L'examen de ces résultats constitue l'objet de la suite du présent texte.

II. PROBLEMATIQUE ET METHODOLOGIE

1. Un exemple avant de présenter la problématique

Afin de présenter la problématique, voici un exemple de tâche qui a fait l'objet d'une étude lors de notre recherche. Il s'agissait, pour les étudiants, d'effectuer le calcul de dose correspondant à l'administration d'une prescription médicale en service de réanimation³ :

Une injection de dobutamine est prescrite à 9 h un patient de 75 kg :
 Dobutrex[®] (ampoules de 250 mg/20 ml) : 10 µg/kg/min en SAP (seringue auto-poussée)
 Effectuer les calculs pour administrer cette prescription pendant 12h.

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 – conditionné en ampoules avec une concentration indiquée par le laboratoire pharmaceutique, de transférer cette quantité dans une seringue auto-poussée, de compléter éventuellement le contenu de la seringue par du sérum physiologique (cela permet de faciliter les calculs de débit), puis de calculer le débit de la seringue afin que le patient reçoive bien, chaque minute, la quantité de produit prescrite par le médecin. La durée de l'injection doit être déterminée afin que l'heure à laquelle il faudra la renouveler soit connue du 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 dobutamine égale en mg à $(10 \times 75 \times 60 \times 12) / 1\,000 = 540$ mg. 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. Le premier calcul complexe est alors à effectuer : quel volume doit-il prélever de la troisième ampoule ? Le raisonnement à effectuer 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, on en déduit l'égalité des rapports $20 / 250$ et $x / 40$ et donc l'égalité des produits des valeurs jointes par les deux diagonales (d'où l'expression de « produits en croix ») : $250 \times x = 40 \times 20$.

Il calcule enfin la valeur cherchée : $x = 40 \times 20 / 250 = 3,2$.

L'infirmier 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. Le professionnel choisira une seringue de capacité 50 ml qui est, parmi le matériel disponible, la

³ Une injection, en médecine, permet d'introduire une substance liquide dans l'organisme du patient. La dobutamine est un stimulant qui provoque une accélération progressive du rythme cardiaque. Ce médicament est commercialisé sous le nom de Dobutrex[®] par un laboratoire pharmaceutique français. Son administration s'effectue par injection intraveineuse continue, à l'aide d'une seringue électrique (dite auto-poussée) pour garantir, par un débit constant, une introduction régulière du produit dans l'organisme du patient.

seringue la mieux adaptée à l'injection à réaliser. Le produit devant être injecté en 12h, il reste encore à calculer le débit. Afin de simplifier les calculs (ce qui permettra d'ajuster plus facilement le débit si le médecin décide de modifier la prescription à cause de l'évolution de l'état du patient) l'infirmier complètera ces 43,2 ml avec un solvant neutre – du sérum physiologique – jusqu'à un volume de 48 ml. Il choisira 48 ml car 48 est un multiple de 12 (rappelons que l'injection dure 12h) et c'est le plus petit multiple de 12 qui soit supérieur à 43,2. 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. Si la SAP a été posée à 9h, il faudra la renouveler à 2h.

2. *Analyse de la tâche : considérations didactiques et ergonomiques*

L'exemple précédent montre que la tâche de calcul est complexe, sa réalisation nécessite de prendre en compte des contraintes liées notamment au matériel (contenance et concentration des ampoules, contenance des seringues) et au travail en équipe (indiquer l'heure du renouvellement aux autres infirmiers), des initiatives (compléter avec du sérum physiologique pour obtenir 48 ml de solution) et des habitudes (négliger, en réanimation adulte, la quantité de produit qui restera dans le prolongateur : le tuyau qui va de la seringue à l'aiguille). À ces considérations qui portent sur un travail écrit fictif, s'ajoutent, dans l'exercice réel de la profession, le contrôle de la prescription (les 10 µg/kg/min sont-ils bien adaptés à l'état du patient ?), l'adaptation de la durée de l'injection à la vie du service (les injections sont proposées sur des fractions de la journée – ici deux intervalles de 12 h – pour éviter que la même erreur soit reproduite : les calculs sont refaits à chaque injection), l'application de protocoles éventuellement imposés dans le service, etc.

En ce qui concerne la tâche de calcul, extraite cette fois de la perspective de l'administration effective de la prescription, on peut remarquer le nombre d'étapes requises implicitement qui nécessite une projection du calcul dans l'activité 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 tâche peut donc être décomposée ainsi :

- calcul (en µg et en mg) de la dose à injecter au patient de 75 kg pour 12h ;
- détermination du nombre d'ampoules et du volume (dose en ml) à injecter ;
- choix du volume de solution à injecter (pour simplifier le débit) et détermination du volume de sérum physiologique qui complètera la seringue ;
- calcul du débit de la SAP ;
- détermination de l'horaire de renouvellement de l'injection.

Chacune des sous-tâches nécessite seulement d'effectuer quelques opérations arithmétiques élémentaires, certaines d'entre elles demandent néanmoins de tenir un raisonnement proportionnel ou d'effectuer plusieurs opérations consécutivement en gérant 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 sérum physiologique et de solution à injecter), de débit (ml/h pour le réglage de la SAP) et de durée (min et h pour l'injection).

De nombreuses erreurs d'étudiants apparaissent dans le raisonnement proportionnel, et dans la détermination de toutes les sous-tâches. Dans d'autres problèmes, de perfusion notamment, des erreurs liées aux unités peuvent être constatées du fait que les calculs de débit en gouttes par minutes nécessitent de convertir des ml en gouttes et d'arrondir les débits. Les deux convictions généralement partagées par les formateurs et qui ont été indiquées dès l'introduction de ce texte constituent, on le comprend d'autant mieux à présent, deux déterminants majeurs de leur pratique de formation puisqu'elles permettent d'attribuer une réponse aux trois types de difficultés fréquemment rencontrés : 1° l'enseignement des

produits en croix comme méthode systématique de résolution des problèmes de proportionnalité permettrait d'éviter les erreurs dans le traitement de ces problèmes, notamment pour les étudiants le plus en difficulté en mathématiques ; et 2^o les stages en service hospitalier conduiraient les étudiants, d'une part à manipuler le matériel et ainsi à appréhender les différentes unités, et d'autre part à concevoir l'administration de la prescription médicale dans sa globalité et donc à envisager toutes les étapes de calcul permettant cette administration. C'est bien l'étude de ces deux convictions qui constitue la problématique de la recherche.

3. *Définition de la problématique et de la méthode de recherche*

Plus précisément, il s'agit de mettre ces convictions à l'épreuve des résultats des étudiants lors des évaluations terminales de première, deuxième et troisième année de formation. Comme dans cette première phase de la recherche, les seules données accessibles étaient les copies des étudiants, il a fallu déterminer des observables de ces copies pour les interpréter en fonction de notre questionnement.

Une première catégorie d'observables concerne l'utilisation des produits en croix. Les différentes étapes dans lesquelles peut être tenu un raisonnement proportionnel ont été repérées, ainsi que les méthodes mises en œuvre par les étudiants pour réaliser chacune de ces étapes, et enfin la réussite à ces étapes. Dans la tâche étudiée précédemment, les étapes sont : 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 ; et le calcul du débit de la SAP. Parmi ces quatre étapes, une seule nécessite réellement de tenir un raisonnement proportionnel, mais l'analyse des copies montre que l'enseignement du produit en croix engendre une utilisation importante de cette méthode, même lorsqu'elle n'est pas indispensable. Les recherches en didactiques sur la proportionnalité ont permis de distinguer deux autres types de procédures numériques pour résoudre les problèmes : les procédures analogiques qui permettent de passer d'un calcul sur une grandeur au calcul analogue sur la grandeur proportionnelle correspondant, et les procédures analytiques 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. 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.

Une seconde catégorie d'observables concerne la professionnalisation des étudiants, d'une part dans l'appréhension globale de la tâche d'administration de la prescription médicale, et d'autre part dans l'adoption des habitudes du métier. Dans l'exemple étudié précédemment, pour observer l'appréhension de la tâche par les étudiants, nous avons observé le volume à injecter. Deux ne correspondent pas à la pratique professionnelle : celui dont l'infirmier dispose après avoir rempli la seringue avec le contenu des ampoules (43,2 ml), et le volume total de la seringue (50 ml). Les professionnels choisissent en effet de compléter le liquide extrait des ampoules avec du sérum physiologique pour obtenir 48 ml de solution à injecter car cela permet un calcul aisé du débit. Nous avons également retenu le fait qu'ils calculent le débit de la seringue électrique comme un indicateur de la conscience de la tâche globale, notamment du fait que le produit doit être administré au patient : il ne suffit pas, en effet, de remplir la seringue pour le traiter... Nous n'avons, en revanche, pas retenu la détermination de l'horaire du renouvellement de l'injection car la durée de l'administration étant de 12h, 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 savent qu'il est 21h lorsque 12h se sont écoulées depuis 9h.

Trois types de questions nourrissent donc la problématique de la recherche : les premières concernent l'évolution de la réussite et des procédures de résolution des problèmes de proportionnalité au fur et à mesure de la formation, les deuxièmes portent sur l'évolution de la dimension professionnelle des calculs de doses effectués par les étudiants, et les troisièmes les croisements entre la réussite au calcul de doses, l'utilisation des produits en croix et l'appréhension professionnelle de la tâche. Ces questions sont traitées par une étude statistique des copies recueillies, elles visent à confirmer ou à infirmer les convictions généralement partagées par les formateurs et dont doutent les membres de l'équipe avec laquelle s'effectue la recherche.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

1. *Évolution de la réussite et des procédures*

Ayant mené la recherche sur des copies d'évaluation des étudiants, il n'a pas été possible de mener une étude satisfaisante de l'évolution de la réussite au cours de la formation. Les problèmes proposés étaient en effet de plus en plus difficiles et de plus en plus ressemblants à des tâches professionnelles réelles. En revanche, l'évolution des procédures de résolution a pu être menée.

Deux problèmes de proportionnalité ont été proposés aux 102 étudiants de 1^{re} année. *Problème 1* : « Un homme court chaque matin 3 750 m en 18 mn. Quelle distance parcourt-il en 15 mn ? ». *Problème 2* : « Dans une pâte à crêpes, il faut 400 ml de lait, 250gr de farine, 200 gr sucre et 4 œufs. Pour 600 ml de lait, calculez la farine, le sucre et les œufs à ajouter. ». Une brève analyse des énoncés montre que, dans le premier, la résolution nécessite que la vitesse soit constante, ce qui n'est pas indiqué. En l'admettant, les données n'offrent pas de solution facile pour mettre en œuvre une méthode analogique sauf à effectuer un retour à l'unité, mais alors la distance parcourue en minutes n'est pas un nombre entier de mètres, ou à calculer la distance parcourue en 3 minutes puis en 15 minutes en divisant par 6 la distance 3 750 puis en multipliant le quotient par 5. Le second problème permet en revanche de recourir facilement à ce type de méthode : 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 200 par 3 ou en ajoutant 200 à 400. En outre les mesures des grandeurs proportionnelles à 400 sont divisibles par 2 (le nombre d'œufs est pair).

L'analyse des copies confirme les résultats connus en didactique des mathématiques au sujet de la résolution des problèmes de proportionnalité : les procédures analogiques sont davantage mises en œuvre que les procédures analytiques. Pour le premier problème, on constate : 85 produits en croix, 11 procédures analytiques, 6 NRNI (non réponse ou procédure non identifiée). Pour le second, on dénombre : 53 produits en croix, 37 procédures analogiques, et 12 NRNI. Ainsi peut-on remarquer que les produits en croix sont dominants, et cela d'autant plus que les valeurs numériques rendent les procédures analogiques moins simples d'utilisation.

Un seul problème a été proposé en 2^e année aux 103 étudiants. « 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 dosé à 10%, Calculez la quantité, en ml, d'électrolytes de NaCl et de KCl à rajouter dans 1 litre de G5%. ». Le principe de fractionnement de la journée conduit les formateurs à poser la question de la perfusion sur 12h et non sur 24h comme l'indiquait la prescription médicale. 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 g 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 – 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. Néanmoins, sur 103 copies, on dénombre 92 produits en croix, 8 procédures analogiques et 3 NRNI. Si on compare ces résultats au second problème de 1^{re} année où les procédures analogiques étaient également faciles à mettre en œuvre, on constate un accroissement significatif⁴ de la fréquence des produits en croix qui passe de 52% à plus de 89%.

Le problème donné en 3^e année est celui qui a été étudié dans l'exemple. Une étape requiert véritablement un raisonnement proportionnel, celui du calcul de la dose, il est réalisé avec des produits en croix par 68 des 74 étudiants, soit par 91% d'entre eux. Cette fréquence confirme une homogénéisation des procédures due à l'enseignement des produits en croix comme méthode systématique pour résoudre un problème de proportionnalité. La question du lien entre l'utilisation de cette procédure et la réussite au calcul de doses reste posée, elle est étudiée ci-après.

2. Réussite au calcul de doses et utilisation du produit en croix : confirmation d'un doute

L'utilisation des produits en croix est très forte chez les étudiants de 3^e année, nous voulons dire par là qu'ils sont utilisés même lorsque cela n'est pas utile, par exemple pour convertir en mg la dose calculée en µg. Nous avons ainsi repéré quatre étapes de calcul où cette procédure pouvait être utilisée, dont une seule qui relève d'un raisonnement proportionnel. Le nombre moyen d'utilisation des produits en croix est 1,8.

Nous avons 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 fois ou plus (utilisation considérée comme « forte » compte tenu des besoins d'utilisation de cette procédure). L'analyse statistique montre que l'utilisation des produits en croix pour convertir des µg en mg n'est pas indépendante de l'utilisation « normale » ou « forte » de cette méthode⁵. Évidemment, les étudiants qui l'utilisent fortement, l'utilisent aussi pour convertir, mais réciproquement, une utilisation pour convertir implique également une forte utilisation⁶.

Nous avons également distingué ces étudiants de 3^e année selon leur réussite au calcul de dose, 76% d'entre eux l'ont effectué correctement. Si la méthode des produits en croix favorisait la réussite, l'analyse statistique permettrait de rejeter l'hypothèse d'indépendance entre la réussite et l'utilisation des produits en croix, or cela n'est pas le cas⁷. L'ensemble de ces résultats obtenu sur cet exemple confirme donc le doute de l'équipe de formateurs de l'IFSI. La recherche a aussi permis d'interroger le lien entre l'effectuation de stages et la réussite aux calculs de doses, c'est l'objet de la section suivante.

3. Appréhension professionnelle du calcul de dose et réussite : confirmation d'un doute

Les étudiants de 3^e année ont effectué des stages en milieu hospitalier, ce passage du côté de la pratique réelle engendre-t-il une appréhension globale de la tâche et le respect des

⁴ Un test du χ^2 d'homogénéité a été utilisé pour comparer les fréquences des produits, en croix, la différence est significative au seuil de 1%.

⁵ Un test du χ^2 d'indépendance a été utilisé, il est significatif au seuil de 1%.

⁶ Un test d'implication (test de Régis Gras) a été effectué, il est significatif au seuil de 1%.

⁷ Un test du χ^2 d'indépendance a été effectué, on obtient $p > 69$.

habitudes professionnelles ? Deux indicateurs ont été retenus à ce sujet pour analyser les réponses au problème de calcul de doses présenté précédemment : le fait d'avoir ou non calculé le débit de la seringue et le fait d'avoir ou non choisi de remplir la seringue avec 48 mL de solution pour faciliter le calcul du débit.

Les résultats confirment le doute des formateurs : si 90% des étudiants choisissent bien de remplir la seringue auto-poussée avec 48 ml de solution, ils sont dans le même temps 51% à ne pas calculer le débit de la seringue. Le passage par le stage ne garantit pas la conception globale de la tâche de calcul. En outre le lien entre une appréhension professionnelle du calcul de dose et la réussite dans ce calcul n'est pas avéré. En ne comptant pas comme faux un calcul qui ne mentionne pas le débit de la SAP, l'analyse statistique ne permet de rejeter ni l'hypothèse d'indépendance entre la réussite au calcul et choix du volume à injecter, ni celle entre la réussite et le calcul du débit⁸.

Ainsi, contrairement à une croyance souvent partagée par les formateurs, la recherche montre que le fait d'avoir effectué des stages ne résout pas les difficultés de calcul de doses médicamenteuses rencontrées par certains étudiants, même par ceux qui sont déjà très avancés dans leurs études en soins infirmiers. D'après les formateurs avec lesquels la recherche collaborative est menée, cette croyance viendrait du fait que les étudiants réaliseraient des progrès entre la 2^e et la 3^e année quant à la compréhension des tâches de calcul, progrès dont témoignerait l'évolution des questions posées et des demandes d'informations exprimée en classe.

IV. CONCLUSION

La pratique d'un enseignant ou d'un formateur n'est pas seulement guidée par ses conceptions et ses convictions personnelles concernant l'enseignement et l'apprentissage : elle est également soumise à des croyances, à des habitudes et à des normes partagées par la profession. Alors que le calcul de doses médicamenteuses pose un véritable problème de santé public, une recherche collaborative associant un chercheur en didactique des mathématiques et une équipe de formateurs en soins infirmiers a permis de questionner le doute exprimé par certains de ces professionnels au sujet du bénéfice qu'apportent la méthode des produits en croix, d'une part, et les stages en milieu hospitalier, d'autre part.

L'analyse 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 montre un effet de la formation sur les procédures utilisées par les étudiants : la méthode des produits en croix remplace les méthodes analogiques et analytiques employées par les étudiants en début de formation. En outre ce sont justement ceux qui utilisent le moins cette méthode qui réussissent le plus à conduire un calcul de dose complexe sans faire de fautes. Enfin, l'appréhension professionnelle que procureraient les stages n'est pas avérée par l'analyse des productions des étudiants, ni le lien entre une telle appréhension et la réussite au calcul de dose.

⁸ Deux tests du χ^2 d'indépendance ont été utilisés, pour le premier $p > .04$, et pour le second $p > .06$.

RÉFÉRENCES

- Desgagné S., Bednarz N., Lebus P., Poirier L., Couture C. (2001) L'approche collaborative de recherche en éducation : un nouveau rapport à établir entre recherche et formation, *Revue des Sciences de l'éducation* 27(1), 33-64.
- Gouvernal C. (2009) *Le raisonnement proportionnel dans l'application d'une prescription médicale, approche didactique*. Mémoire de Master de l'Université Paris Descartes (non publié).
- Hoyles C., Noss R., Pozzi S. (2001) Proportional Reasoning in Nursing Practice. *Journal for Research in Mathematics Education* 32(1), 4-27.
- Le Journal du Dimanche (2011) *Une patiente meurt d'une surdose de morphine*. <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 ». 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. http://www.lemonde.fr/societe/article/2010/03/25/erreur-medicale-fatale-a-l-hopital-de-la-timone-a-marseille_1324100_3224.html
- 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.
- 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.
- Roditi E. (2005) *Les pratiques enseignantes en mathématiques. Entre contraintes et liberté pédagogique*. Paris : L'Harmattan.
- Roditi E. (2008) Des pratiques enseignantes à la fois contraintes et personnelles, et pourtant cohérentes : In Vandebrouck F. (Ed.) (pp. 73-94) *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants*. Toulouse : Octarès.
- Roditi E. (2010) Une collaboration entre chercheurs et enseignants dans le contexte français de la didactique des mathématiques. *Éducation & Formation* 293, 199-210.
- Rogalski J. (2008) Des compléments sur les théories de l'activité et du développement pour l'analyse liée des pratiques des enseignants et des apprentissages des élèves. In Vandebrouck F. (Ed.) (pp. 429-456) *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants*. Toulouse : Octarès.
- 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.