



HAL
open science

Le calcul de dose médicamenteuse : analyse didactique et conceptualisation de l'activité infirmière. Le cas de l'injection de dobutamine

Daniel Benlahouès, Eric Roditi

► To cite this version:

Daniel Benlahouès, Eric Roditi. Le calcul de dose médicamenteuse : analyse didactique et conceptualisation de l'activité infirmière. Le cas de l'injection de dobutamine. *Éducation & Didactique*, 2023, 17 (2), pp.87-112. <halshs-04201389>

HAL Id: halshs-04201389

<https://shs.hal.science/halshs-04201389v1>

Submitted on 10 Sep 2023

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.



HAL Authorization

Le calcul de dose médicamenteuse : analyse didactique et conceptualisation de l'activité infirmière.

Le cas de l'injection de dobutamine.

Daniel Benlahouès, Université de Paris, EDA, F-75006 Paris, France

Éric Roditi, Université de Paris, EDA, F-75006 Paris, France

Résumé : Les recherches sur le calcul de dose médicamenteuse sont motivées par un même problème de santé publique : les événements indésirables liés au soin. Les résultats des études épidémiologiques apparaissent contrastés. Les recherches en éducation et en sciences infirmières documentent précisément les manières de calculer, mais sans traiter des raisonnements et des contextes qui organisent globalement les calculs. Notre approche, inscrite en didactique professionnelle, conduit à une organisation globale de l'activité de calcul de dose, pour le cas de la dobutamine qui est un médicament à risque utilisé en réanimation. Des perspectives didactiques sont développées pour la formation initiale et continue des infirmières et de leurs formatrices.

Mots clés : Calcul de dose, didactique des mathématiques, didactique professionnelle, sciences infirmières

Abstract: A same public health issue is motivating research on drug dosage calculation: never events related to care. The results of epidemiological studies appear heterogeneous. Education and nursing sciences research documents the ways of calculating, but without dealing with the reasoning and contexts that globally organise calculations. The approach adopted here lead to a global organisation of the drug calculation activity, for the case of dobutamine, which is a high risky drug. Didactic perspectives aim to fuel the initial and in-service education of nurses and their trainers.

Key words: Drug dosage calculation, mathematics education, professional didactics, nursing sciences

INTRODUCTION

En milieu hospitalier, l'activité de préparation et d'injection de médicaments est dévolue pratiquement exclusivement aux infirmières¹. C'est une activité complexe (Roditi, 2014 ; Wright, 2009b), partiellement observable seulement car les gestes techniques réalisés s'appuient sur des raisonnements et des calculs qui sont souvent effectués mentalement. L'infirmière est tenue de faire en sorte que la préparation médicamenteuse et son administration au patient correspondent exactement à la prescription du médecin² ; son activité n'est toutefois pas sans risque d'erreur dont certaines ont des conséquences parfois dramatiques (Infirmiers.com, 2020 ; Albus, 2015 ; Robert-Diard, 2016).

De nombreux travaux visent à limiter ces risques d'erreur. Certains, peu nombreux jusqu'à présent, portent spécifiquement sur le calcul de dose. Ils recherchent, pour une partie d'entre eux, une meilleure appréciation des situations à risques et une amélioration des pratiques infirmières *via* des recommandations de bonne pratique, des guides de sécurisation, etc. D'autres portent sur les difficultés rencontrées par les infirmières pour concevoir des outils d'aide à leur travail. On trouve, parmi ces outils, des tableaux de valeurs – appelés tableaux de préparation ou « abaques » par les professionnelles – qui soulagent les infirmières d'une partie des calculs ; on trouve également aujourd'hui des logiciels dédiés à la prescription et à l'administration médicamenteuse qui entraînent une évolution importante des pratiques infirmières. Toutefois, l'ensemble de ces outils développés pour sécuriser l'activité des infirmières engendre une variabilité des modes opératoires qui ne contribue pas à rassurer les praticiennes qui n'y sont pas formées.

Nos recherches (Benlahouès, 2020 ; Roditi, 2014) portent sur le calcul de dose avec une triple finalité : la mise au jour des savoirs relatifs à cette activité infirmière ; leur institutionnalisation et leur transposition didactique en formation. Le niveau auquel nous travaillons n'est pas limité à celui de la partie calculatoire du calcul, il concerne plus largement les raisonnements qui président à l'organisation des calculs, à commencer par la détermination des variables dont la valeur est à calculer. Notre approche ne met pas de côté les contraintes professionnelles, en partie techniques, qui pèsent sur cette activité. Des recherches telles que celles que nous menons sont peu développées ; la connaissance des savoirs professionnels sur le calcul reste de ce fait très partielle et encore insuffisante pour conduire à leur transposition en formation infirmière.

La première partie de cet article expose le problème de santé publique que pose l'administration médicamenteuse et le calcul de dose en particulier. Elle se poursuit par une revue synthétique de la littérature scientifique sur l'activité de calcul de dose et conduit à préciser nos appuis théoriques et la problématique de notre recherche. Au long des trois parties suivantes, nous conduisons une analyse visant à identifier *a priori* toutes les variables en jeu dans l'activité de calcul de dose médicamenteuse ainsi que toutes les possibilités qui s'offrent théoriquement à une infirmière pour effectuer un tel calcul en réponse à une prescription médicale. Comme les prescriptions sont très variables selon les services hospitaliers et les

¹ D'après le Répertoire ADELI-Drees (données au 1er janvier 2021) on compte en France 490 197 infirmiers salariés hospitaliers dont plus de 86 % sont des femmes ; aussi avons-nous choisi d'utiliser le féminin pour désigner les étudiants, les professionnels et les formateurs en soins infirmiers. Selon un rapport de l'IGAS, 98% des médicaments sont administrés par des infirmières, les 2% restants le sont par des médecins, sages-femmes et manipulateurs en électroradiologie. Rapport N° RM2010-098P de l'IGAS (Inspection générale des affaires sociales) sur la Sécurisation du circuit du médicament à l'AP-HP.

² Art. R. 4312-42 du code de déontologie des infirmiers relatif à la responsabilité dans le cadre d'une prescription médicale.

médicaments, il a été décidé, dans cette étude, de se concentrer sur un seul type de service – la réanimation – et sur un seul produit médicamenteux – la dobutamine. Plus précisément encore, nous nous intéresserons au cas des patients adultes, l’administration de ce produit en néonatalogie ayant des spécificités qui seront précisées, mais dont la prise en compte alourdirait nos analyses. La dobutamine a été choisie parce qu’elle appartient à la catégorie des médicaments à risque qui présentent un risque plus élevé de causer des dommages, qu’elle est couramment administrée dans les services de réanimation, et que sa préparation est suffisamment complexe pour illustrer de façon fidèle l’activité de calcul de dose. La dernière partie de l’article conclut par une ouverture sur les conséquences didactiques envisageables en formation, tant pour les formatrices que pour les étudiantes en soins infirmiers.

LE CALCUL DE DOSE MÉDICAMENTEUSE : UN PROBLÈME DE SANTÉ PUBLIQUE ET UN OBJET DE RECHERCHE ENCORE RÉCENT

Un problème de santé publique

La tolérance à l’erreur médicale s’est réduite ces dernières années à la suite notamment d’événements graves dans le domaine de la santé : affaire du sang contaminé, « scandale du Médiator », etc. La sécurité des patients est devenue une préoccupation prioritaire dans les établissements de santé en France. Les erreurs médicamenteuses sont classées parmi les événements indésirables graves liés aux soins (EIGS).

Différents rapports internationaux (Kohn et al., 2000 ; OMS, 2017)³ et travaux de recherche publiés depuis la fin des années 1990 montrent non seulement que les EIGS sont fréquents, mais aussi qu’ils entraînent parfois des conséquences importantes. Deux *Enquêtes nationales sur les événements indésirables graves associés aux soins* (ENEIS I et II) réalisées en 2004 et 2009 ont mesuré leur fréquence en France. Le rapport de l’enquête ENEIS II (Michel et al., 2011) situe leur effectif entre 275 000 et 395 000 par an dans les établissements de santé français et pointe les erreurs médicamenteuses parmi les principales causes d’EIGS ; dans les cas les plus graves, elles occasionnent, des blessures sévères voire le décès du patient.

Selon la Haute autorité de santé (HAS), 72 % des erreurs médicamenteuses déclarées en 2017 étaient des erreurs d’administration. Cependant, Berdot et al. (2016, p. 2) constatent que « la dernière étape du processus de la gestion médicamenteuse, l’administration, est la moins bien étudiée ». C’est précisément à l’étude de cette dernière étape que nous consacrons nos travaux (Benlahouès, 2020 ; Roditi, 2014) ainsi que le présent article.

Un objet de recherche encore récent

Un tableau épidémiologique des erreurs médicamenteuses insatisfaisant

De nombreux travaux du domaine biomédical, conduits entre les années 1990 et 2000, majoritairement par des médecins ou des pharmaciens, ont cherché à dresser un tableau quantitatif des erreurs médicamenteuses et à spécifier leurs causes : erreurs sur le circuit du médicament, erreurs humaines, erreurs liées à la technologie, etc. (Bernheim et al., 2005). Le travail de synthèse effectué par Berdot et al. (2013) souligne les difficultés méthodologiques rencontrées et évalue à 10 % le taux d’erreurs médicamenteuses parmi les EIGS avec une variation suivant les services.

³ La publication du rapport *To Err is Human: Building a Safer Health System*, par l’*Institute of Medicine* (Kohn et al., 2000) a marqué le monde de la santé : l’estimation du nombre de décès liés aux erreurs médicales serait comprise entre 44 000 et 98 000 par an dans les hôpitaux de tous les États-Unis. Le rapport de l’Organisation mondiale de la santé publié en 2017 évalue le coût global des événements indésirables à 42 milliards de dollars par an (septembre 2021).

Pour tenter de diminuer les erreurs médicamenteuses, diverses mesures sont préconisées : des mesures matérielles (code-barres pour l'identification des produits médicamenteux), organisationnelles (zone dédiée à la préparation, chasuble « *Do Not Disturb* », prescription informatisée) ou encore éducatives (formations arithmétiques et aux calculs de doses). La faiblesse des capacités mathématiques des infirmières est une source d'erreurs souvent avancée et justifie les préconisations éducatives. Néanmoins, une méta-analyse des travaux explorant le lien entre les erreurs médicamenteuses et les erreurs de calcul de dose (Wright, 2010) conclut à un niveau de preuve insuffisant des études pour valider cette explication.

Des travaux plus récents (Di Simone et al., 2018 ; Escrivá Gracia, Serrano & Garrido, 2019 ; Márquez-Hernández et al., 2019) tentent de préciser plus clairement les facteurs humains et organisationnels impliqués dans les erreurs médicamenteuses, ils traitent notamment des aspects culturels, des connaissances mises en œuvre et des comportements adoptés pendant la préparation et l'administration de médicaments injectables. Notons que les résultats apportent peu d'informations sur l'implication du calcul de dose dans les erreurs médicamenteuses, les erreurs de doses ou de dilutions sont mentionnées comme facteurs d'erreurs sans plus de détails.

La revue de la littérature que nous avons récemment réalisée (Benlahouès, 2020) montre globalement que la grande variabilité des objectifs et des méthodologies des études sur les erreurs d'administration médicamenteuse tend à brouiller le tableau général de leurs résultats. Celui-ci souffre en outre d'un manque de précision quant aux données produites, elles portent souvent sur le résultat de l'activité plutôt que sur l'activité elle-même, ce qui rend par exemple impossible la distinction entre une erreur de dose et une erreur de calcul de dose. Quelques travaux concernent directement le calcul de dose, ils ne sont pas issus des sciences médicales et biomédicales, mais de la didactique des mathématiques, des sciences infirmières et des sciences de l'éducation.

Des recherches en didactique des mathématiques sur les procédures de calcul de dose

Des recherches ont été menées sur le calcul de dose à partir d'observations d'infirmières en situation de travail ou d'enquêtes conduites sur le terrain de la formation. Elles relèvent des *Mathematics Education* auxquelles la didactique des mathématiques peut être rattachée, même si la recherche française a produit des cadres théoriques spécifiques alors que la recherche anglo-saxonne s'inspire plutôt de ceux développés en psychologie et en sciences de l'éducation. Dans ces recherches, les auteurs envisagent le calcul de dose comme une activité mathématique en contexte professionnel (Hoyles, Noss & Pozzi, 2001; Roditi, 2014, 2012) et cherchent à déterminer les connaissances et les procédures mises en œuvre par les infirmières.

Le courant des *Working Mathematics* ou *Vocational Mathematics* s'est très largement développé dans la dernière décennie avec les travaux de Bakker (2014) et Bakker et al. (2014). Historiquement, le courant des *Street Mathematics* a initié, dès les années 1980, l'étude des activités mathématiques hors des murs de l'école (Carraher, Carraher & Schlieman, 1985). Des recherches ont suivi sur la résolution de problèmes de proportionnalité dans des situations quotidiennes (Lave, 1988 ; Nunes et al., 1993) et professionnelles (Schliemann & Nunes, 1990) qui montrent que les pêcheurs, les charpentiers ou les clients des supermarchés sont capables de résoudre des problèmes complexes, mais pas lorsqu'ils sont présentés sous forme scolaire arithmétique. Dans le domaine de l'analyse biomédicale des résultats ont été obtenus sur les capacités des étudiants à mobiliser la proportionnalité pour le calcul de dilution (Bakker et al., 2014).

Pour le calcul de dose médicamenteuse, en lien avec la recherche en didactique des mathématiques, les premiers travaux (Hoyles, Noss & Pozzi, 2001) montrent, à partir du modèle de Vergnaud relatif aux problèmes de proportionnalité (1983), que les professionnelles mettent en œuvre davantage de procédures que celles qui avaient été identifiées dans la littérature en sciences infirmières. Les chercheurs distinguent 26 raisonnements : huit raisonnements

analogiques, huit raisonnements fonctionnels (mobilisés mentalement), quatre utilisations de la « formule infirmière » et six raisonnements sans calculs (prescription identique au dosage). Leurs résultats montrent en outre que la variété et la complexité des stratégies mises en œuvre est bien plus importante que suggéré dans les entretiens menés de manière préparatoire à leur enquête : *In particular, we were fascinated by the apparent discrepancy between the dominance of a single nursing rule in nurses' descriptions of their strategies and the rich and unarticulated mental strategies they exhibited in practice* (Hoyles, Noss & Pozzi, 2001, p. 16). Ils signalent en outre l'absence de la « règle de trois » qui n'est pas enseignée au Royaume-Uni comme en France.

Nos travaux (Roditi, 2012, 2014) qui reposent sur des enquêtes réalisées en France, en formation infirmière, montrent au contraire la prédominance de l'enseignement de la règle de trois, au détriment des procédures très variées mises en œuvre en milieu hospitalier. Ils infirment l'hypothèse admise par les formatrices selon laquelle les stages compléteraient efficacement la formation au calcul de dose offerte dans les instituts de formation en soins infirmiers.

L'ensemble de ces travaux marque une rupture avec les recherches où le calcul de dose était appréhendé comme une activité mathématique analogue à celle développée en milieu scolaire. Les sciences infirmières se sont également saisies de la question du calcul de dose.

Un apport des sciences infirmières : la distance entre activité professionnelle et formation

Trois orientations de recherches en sciences infirmières sur le calcul de dose se distinguent. La première concerne l'étude des compétences en mathématiques et en calcul de dose des étudiantes en soins infirmiers (McMullan, Jones & Léa, 2010; Wright, 2007, 2010)⁴ et des infirmières (Grandell-Niemi et al., 2003, 2006). La deuxième vise la conceptualisation de l'activité de calcul de doses (Coben & Weeks, 2014; Weeks et al., 2001; Wright, 2008a, 2008b, 2008c, 2009a, 2009b, 2009c, 2009d). La dernière concerne les facteurs de risque des erreurs de calcul de dose (Benlahouès, 2016). Les travaux menés sur les compétences calculatoires ou sur l'activité de calcul de dose révèlent une distance entre formation et pratique analogue à celle que nos propres recherches ont mis au jour (Roditi, 2012, 2014).

Les auteurs déplorent des formations qui s'appuient sur des exercices de type « papier-crayon » éloignés des situations de travail et donc peu propices au développement ou à l'évaluation de compétences professionnelles. Wright (2009d) regrette en outre que la formation se concentre sur les capacités mathématiques et s'avère en conséquence insuffisante pour exercer. Ces études suggèrent de mieux prendre en compte les questions de contexte, de viser l'acquisition de modèles d'analyse des problèmes en vue d'en améliorer la représentation et la résolution, de valoriser la variété des méthodes pour faciliter l'adaptation des procédures aux données du problème, etc. Les articles insistent également sur la nécessité d'assimiler le sens des grandeurs et mesures intervenant dans les problèmes de proportionnalité auxquels les professionnelles sont confrontées. Les insuffisances de la formation pointées par ces recherches expliquent la plupart des facteurs de risque mis au jour par nos travaux (Benlahouès, 2016). D'autres recherches sur le calcul de dose sont menées, en France, en sciences de l'éducation, avec des objectifs variés.

Notre contribution : un point de vue sur l'activité inscrit en didactique professionnelle

De cette revue synthétique de la littérature émergent des savoirs hétérogènes et fragmentaires sur l'activité de calcul de dose médicamenteuse. Les recherches actuelles se concentrent sur différents aspects spécifiques de cette activité, sans mettre au jour l'ensemble

⁴ Nous ne citons ici que des travaux récents mais les études sur ce sujet se multiplient à partir des années 90.

des manières possibles d'organiser les calculs et les raisons pour lesquelles l'une ou l'autre peut être choisie en fonction des contraintes. Autrement dit, les recherches se placent toujours en aval des protocoles médicaux, jamais en amont. Comme si la pensée de l'infirmière se limitait à l'espace qui lui est laissé dans l'organisation du travail : les médecins conçoivent et mettent en place les protocoles ; les infirmières les exécutent, en investissant les éventuelles marges de manœuvre⁵.

Nos travaux développent une approche plus globale inscrite en didactique professionnelle. La compréhension de l'activité de calcul de dose que nous visons porte sur les raisonnements qui sous-tendent les protocoles, qui sont mis en œuvre par les infirmières – en fonction des objectifs de soin, des contraintes et des moyens disponibles en situation – et qui sont contrôlés par les infirmières – en tenant compte des aspects thérapeutiques et en s'appuyant sur leurs connaissances théoriques et techniques. Atteindre cette compréhension nécessite, comme toujours en didactique professionnelle, de se placer du point de vue de la tâche, qui relève ici à la fois des mathématiques et du soin infirmier, et aussi du point de vue de l'activité c'est-à-dire à la fois des sujets et des contextes dans lesquels la tâche est à réaliser. Deux conceptualisations qualifiées d'épistémique et de pragmatique par Pastré (2002) sont alors développées ; elles conduisent respectivement à mettre au jour, d'une part les concepts et modèles scientifiques en jeu, et d'autre part les « concepts pragmatiques » construits pour et dans l'action par les professionnels.

Dans la recherche que nous développons ici sur le calcul de dose pour l'injection de dobutamine, la conceptualisation épistémique s'effectue au long des trois parties suivantes. Dans la deuxième partie de l'article, sont mises au jour les variables en jeu dans la situation, connues ou inconnues, et qui correspondent à des concepts physiques liés à l'écoulement d'un fluide, plus précisément d'une solution : volume, durée, débit, masse, concentration. Les relations entre ces variables sont des relations mathématiques additives ou multiplicatives ; la conceptualisation épistémique conduit donc à identifier des concepts et des méthodes caractéristiques des situations de proportionnalité. La troisième partie conduit à identifier toutes les possibilités mathématiques de déterminer les valeurs des variables inconnues, tandis que la quatrième partie apporte un point de vue complémentaire, celui du travail à effectuer par l'infirmière, et conduit à regrouper des possibilités qui sont équivalentes du point de vue professionnel bien qu'elles se distinguent mathématiquement. La cinquième partie dresse enfin un bilan de la conceptualisation épistémique : elle détaille les raisonnements que les infirmières peuvent tenir pour effectuer le calcul de dose préparatoire à une injection de dobutamine.

La seconde conceptualisation conduit à mettre au jour les concepts pragmatiques qui interviennent dans l'activité des infirmières, y compris dans leurs décisions. Comme l'explique Pastré (2002, p. 13) : « les concepts pragmatiques ne servent pas à décrire objectivement un état du monde, par exemple d'établir les relations de détermination existant entre des variables. Leur visée n'est pas épistémique, mais pragmatique : évaluer une situation pour avoir une action efficace. » L'analyse qui conduit à cette conceptualisation n'est plus celle de la tâche, mais celle de la situation, nous tenons compte du fait que la préparation et l'administration médicamenteuse s'inscrivent dans une pratique de soin pour laquelle les professionnelles prennent en compte des informations diverses relatives à l'état du patient, à sa stabilité, aux conditions matérielles et d'organisation du travail, etc. Notre référence à la didactique professionnelle nous conduit, par l'observation des pratiques des infirmières comme par l'analyse de leurs discours, à rechercher les organisateurs de leur activité, les concepts pragmatiques qui la guident et qui leur permettent de la contrôler. Ces analyses sont l'objet de

⁵ Précisons que ces marges de manœuvre ne concernent pas la prescription, elles concernent seulement les moyens de la réaliser.

la sixième et dernière partie de l'article. Nous commençons donc par le travail de conceptualisation épistémique, et premièrement par l'explicitation des variables en jeu et des relations de détermination entre elles.

LE CALCUL DE DOSE ET L'IDENTIFICATION DES VARIABLES EN JEU

Dans cette partie, nous détaillons ce que recouvre le calcul de dose dans le cas de la dobutamine, et nous dressons l'inventaire des variables en jeu.

Présentation de l'activité de préparation médicamenteuse et origine du calcul de dose

La dobutamine est un médicament utilisé pour soutenir l'activité cardiaque, elle est administrée par injection intraveineuse, une injection continue dans le temps avec un débit massique constant, du moins tant que l'état du patient reste stable. La valeur de ce débit dépend de la pathologie de la personne hospitalisée et de sa masse que nous désignerons par « poids du patient » et que nous noterons P dans la suite de ce texte, conformément aux usages professionnels. Ce poids est, selon les services hospitaliers, envisagé comme une constante – calculée théoriquement à partir de la taille du patient ou déterminée par une pesée réalisée au début d'hospitalisation – ou comme une variable dont la valeur est fixée quotidiennement par une pesée.

Le produit médicamenteux est utilisé par l'infirmière sous forme diluée, il est conditionné en flacons par l'industrie pharmaceutique. C'est ce qui permet d'administrer le produit avec une seringue, et même, plus précisément, puisque le traitement doit être administré en continu à débit constant, avec un PSE qui injecte automatiquement la dobutamine diluée pendant toute la durée programmée. Le piston de la seringue est poussé par le dispositif électrique, le liquide est injecté

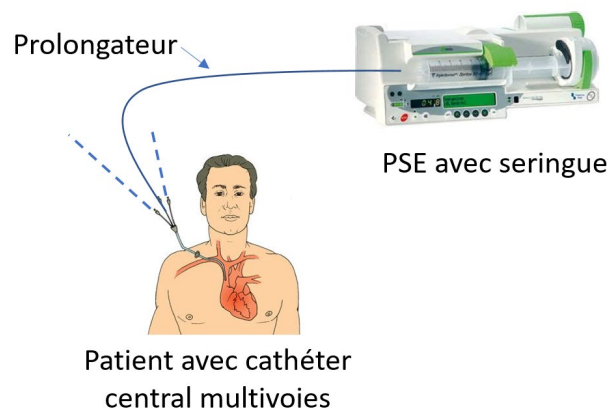


Figure 1. Schéma d'un PSE

au patient *via* un prolongateur (tubulure) relié à un cathéter (voir figure 1)⁶.

Dans le cas de la dobutamine, le traitement d'un patient s'envisage, pour les médecins, comme un débit massique de principe actif, la masse (en μg) injectée par minute étant dépendante du poids du patient (en kg). Cela les conduit souvent à exprimer la prescription de dobutamine en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ donc de manière générique, laissant aux infirmières l'adaptation à la valeur du poids du patient, et sans prise en compte du fait que ces dernières travaillent avec des

⁶ Lorsque le piston termine sa course, le prolongateur reste rempli de liquide médicamenteux. La quantité de liquide est faible car le diamètre et la longueur du prolongateur le sont aussi, cela conduit, dans le traitement des adultes à négliger cette quantité de médicament et ce d'autant plus, que la seringue suivante (traitement en continu) permettra d'administrer cette quantité au patient (le prolongateur n'est changé que toutes les 24 heures). Ce n'est pas le cas en service de néonatalogie où les volumes injectés sont parfois très faibles vu le poids des patients. L'infirmière effectue alors un « rinçage de la tubulure » : à la suite de l'administration du traitement, elle installe une seringue sur le PSE contenant du liquide non médicamenteux qu'elle administrera au même débit afin de délivrer, dans les mêmes conditions, la totalité du médicament au patient.

produits dilués⁷. Le calcul de dose médicamenteuse résulte donc du fait qu'avec une telle prescription, il revient à l'infirmière d'une part de calculer le débit massique adapté au patient (en $\mu\text{g}/\text{min}$) et de convertir ce débit massique de principe actif en un débit volumique (en mL/h) de produit dilué.

La dobutamine est conditionnée en flacons, avec une étiquette indiquant la concentration du produit. Cette concentration est toujours de 250 mg de dobutamine pour 20 mL en France⁸. Quand l'infirmière ne prélève qu'une partie d'un flacon, elle s'assure de l'homogénéité du produit, et donc de la bonne valeur de la concentration, en agitant préalablement le flacon. Détaillons maintenant, à partir d'un exemple de prescription de dobutamine, les calculs nécessaires à la préparation de la seringue et à la programmation du PSE.

Les variables de la situation, analyse à partir d'un exemple de prescription

Dans les analyses à venir de l'activité infirmière, nous nous placerons dans la situation où la prescription médicale est la suivante, la lettre gamma correspondant à la désignation courante des μg dans le milieu médical et l'acronyme IV signifiant intra-veineuse :

M. Dupont, 75 kg. 14 décembre 2020, 9h.
Dobutamine : 10 $\gamma/\text{kg}/\text{min}$ en IV par PSE.

La dobutamine est conditionnée par les laboratoires pharmaceutiques en ampoules ou en flacons (voir figures 2 et 3) ; en France, la concentration est toujours 250 mg / 20 mL. Le terme dobutamine désigne ainsi à la fois le médicament (principe actif) et le produit dilué. Dans la suite du texte, afin d'éviter cette confusion, nous écrirons « dobutamine » pour désigner le médicament (produit sec dont la quantité s'exprime par sa masse en mg)



Figure 2.

Boîte d'ampoules de dobutamine



Figure 3.

Flacon de dobutamine

et « Dobutamine© » pour désigner le produit conditionné, celui que l'infirmière utilise (produit liquide dont la quantité s'exprime par son volume en mL).

En s'appuyant sur cette prescription, l'objectif est ici d'inventorier les variables, paramètres et constantes en jeu dans l'activité de préparation médicamenteuse. Pour améliorer la lisibilité de l'analyse, nous écrivons en italique les variables dont les valeurs peuvent être fixées par l'infirmière, et en caractère droit celles dont les valeurs sont fixées par la situation car elles dépendent du matériel d'injection, de l'état de santé du patient, de la prescription médicale, etc.

Date, horaire et durée de l'injection

Comme les traitements ne sont jamais administrés durant plus de 24 h avant leur renouvellement, la date n'intervient pas dans l'activité calculatoire de l'infirmière, toutefois la valeur de ce paramètre est importante pour le contrôle de l'activité et, sur la seringue introduite dans le PSE, l'infirmière est tenue de coller une étiquette indiquant notamment la date

⁷ La tâche leur incombe pourtant, il ne devrait pas y avoir de différence d'unité entre prescription et administration, mais les conditions de surcharge de travail ou d'urgence expliquent cette situation.

⁸ Dans d'autres pays, la dobutamine est conditionnée dans des flacons dont la concentration peut être de 250 mg pour 50 mL.

d'administration. L'horaire de début d'administration, 9 h dans notre situation de référence, est un paramètre dont l'infirmière utilisera la valeur dans ses calculs pour déterminer l'horaire de renouvellement de la seringue en fonction de la durée d'administration. Dans les services hospitaliers où la rotation des personnels s'effectue toutes les 12 heures et où l'état des patients est stable, il n'est pas rare que les infirmières préparent des seringues qui assurent 12 heures de traitement au patient ; cela facilite en outre le calcul de l'horaire de renouvellement de la seringue (une seringue posée à 9 h sera renouvelée à 21 h). Plus généralement, si l'on note H_i l'horaire initial, H_r l'horaire de renouvellement et t la durée d'administration⁹ alors ces trois valeurs sont liées par l'équation :

$$H_r(h) = H_i(h) + t(h).$$

Poids du patient et débits massiques de dobutamine

Dans la situation que nous étudions, la prescription de dobutamine est de 10 γ /kg/min ou 10 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$. Comme en service de réanimation l'état des patients est souvent instable, cette prescription est considérée par l'infirmière comme un paramètre dont la valeur 10 peut être modifiée par le médecin. Nous notons D_0 ce paramètre, la lettre D indiquant qu'il s'agit d'un débit massique, l'indice 0 indiquant que c'est la prescription du médecin, l'indice prendra une autre valeur quand la prescription sera adaptée au poids du patient et convertie en unités d'administration.

L'infirmière doit administrer à M. Dupont de la dobutamine avec un débit massique D_1 ($\mu\text{g}/\text{min}$) = P (kg) \times D_0 ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$) c'est-à-dire 750 $\mu\text{g}/\text{min}$. Comme les infirmières travaillent avec des durées exprimées en heures, le débit D_1 est souvent converti en un débit D_2 dont l'unité de masse est le milligramme et dont l'unité de temps est l'heure. Interviennent donc ici deux constantes qui sont des facteurs de conversion : un facteur de conversion de masse f_m égal à 1 000 $\mu\text{g}/\text{mg}$ car 1 mg = 1 000 μg ; et un facteur de conversion de durée f_d égal à 60 min/h car 1 h = 60 min. L'infirmière obtient le débit massique converti en unités d'administration :

$$D_2(\text{mg}/\text{h}) = D_1(\mu\text{g}/\text{min}) \times f_d(\text{min}/\text{h}) / f_m(\mu\text{g}/\text{mg}).$$

Dans la situation étudiée, $D_2 = 750 \times 60 / 1\,000$ mg/h c'est-à-dire $D_2 = 45$ mg/h. Le débit massique D_2 est donc celui que doit recevoir le patient M. Dupont, tant que son état le nécessitera. Dans la pratique, l'infirmière injectera une solution médicamenteuse avec un débit volumique correspondant à ce débit massique prescrit.

Masses, volumes et concentrations

La dobutamine est conditionnée en ampoules ou en flacons avec une concentration et un volume fixés en France par norme : 250 mg dans 20 mL. Trois paramètres de la situation apparaissent : la masse de dobutamine contenue dans un flacon m_f exprimée en mg, le volume de liquide d'un flacon V_f exprimé en mL, et la concentration du produit dans le flacon C_f exprimée en mg/mL. Ces trois paramètres sont liés par la relation :

$$C_f(\text{mg}/\text{mL}) = m_f(\text{mg}/\text{flacon}) / V_f(\text{mL}/\text{flacon}).$$

Comme le montrent les figures 2 et 3, la concentration est indiquée sur le flacon par la mise en rapport de la masse et du volume, 250 mg pour 20 mL ; elle l'est aussi parfois de façon complémentaire par leur quotient 12,5 mg/mL. Cela s'explique par le fait que les infirmières n'ont pas toujours intérêt à raisonner avec la concentration des flacons, mais plutôt sur les deux grandeurs que sont la masse et le volume.

⁹ Nous indiquons entre parenthèses les unités dans lesquelles les valeurs sont exprimées. Remarquons que l'horaire initial est fixé par le médecin, c'est pourquoi il est écrit en caractères droit, mais la durée de l'injection dépend de l'infirmière, c'est pourquoi elle est écrite en italique comme l'horaire de renouvellement.

Le débit volumique est égal au débit massique divisé par la concentration du produit. Pour éviter d'avoir à diviser par le nombre 12,5, les infirmières modifient parfois la valeur de la concentration : elles prélèvent par exemple le contenu de deux flacons de Dobutamine© et complètent les 40 mL ainsi prélevés avec 10 mL de diluant pour obtenir une seringue de 50 mL comportant 500 mg de dobutamine. La concentration de la préparation médicamenteuse est alors de 10 mg/mL, ce qui facilite les calculs et accroît la sécurité¹⁰.

Une variable supplémentaire apparaît : la concentration du liquide médicamenteux contenu dans la seringue, nous la notons C_s . Sa valeur est nécessairement inférieure à la concentration C_f des flacons de Dobutamine© car l'infirmière ajoute du diluant.

Les diluants utilisés sont le glucosé à 5% (G5%), le chlorure de sodium à 0,9% (NaCl 0,9%) et l'eau pour préparation injectable (EPPJ) (voir figure 4).



Figure 4. Flacons de diluant

Ces considérations professionnelles font apparaître plusieurs variables. La première est le volume de produit conditionné V_p prélevé d'un ou de plusieurs flacons de Dobutamine© par l'infirmière. Remarquons que les professionnelles appellent souvent le produit conditionné « produit pur » pour le distinguer de la préparation qu'elles réalisent en complétant la Dobutamine© par du diluant. La deuxième est le volume de diluant V_d et la troisième le volume total de liquide médicamenteux de la seringue V_s . Ces trois variables sont liées par la relation :

$$V_s \text{ (mL)} = V_p \text{ (mL)} + V_d \text{ (mL)}.$$

Elles sont contraintes par le fait que les PSE fonctionnent avec des seringues dont la taille est limitée, celles utilisées pour les injections de dobutamine ont une capacité de 60 mL et, pour des raisons techniques, les infirmières les remplissent à 50 mL au maximum.



Figure 5.

Seringue de 60 mL pour PSE (BD-PLASTIPACK™)

Si l'on note V_{\max} ce volume maximum de produit médicamenteux, la contrainte s'exprime par l'inégalité $V_s \leq V_{\max}$. Comme nous l'avons vu, certaines infirmières complètent le contenu de deux flacons de Dobutamine© par du diluant pour obtenir 50 mL de liquide médicamenteux ; le nombre de flacons est une variable de la situation, notons-le N_f . Le volume de produit pur V_p s'exprime en fonction du nombre de flacons N_f et du volume d'un flacon V_f par la relation :

$$V_p \text{ (mL)} = N_f \text{ (flacon)} \times V_f \text{ (mL/flacon)}.$$

Dose, durée d'injection et débits médicamenteux

À cette étape de l'analyse, nous comprenons que le débit massique D_2 – débit prescrit par le médecin, adapté au patient et converti en unités d'administration – détermine directement le quotient V_p / t , le lien entre les deux ne dépendant que de la concentration de dobutamine dans la Dobutamine©, concentration qui est un paramètre fixé par le laboratoire pharmaceutique. Ce lien s'exprime par l'équation suivante :

$$D_2 \text{ (mg/h)} = V_p / t \text{ (mL/h)} \times C_f \text{ (mg/mL)}$$

où V_p et t sont deux variables dont la valeur de l'une doit être fixée par l'infirmière et dont la valeur de l'autre en découle. Si l'infirmière prélève deux flacons au lieu d'un, la durée sera elle aussi multipliée par 2. Il est important de remarquer que le quotient V_p / t ne correspond pas au

¹⁰ Nous avons interrogé des laboratoires pharmaceutiques pour savoir pourquoi, en France, la dobutamine n'est pas conditionnée avec la concentration 250 mg / 25 mL ou 250 mg / 25 mL, mais nous n'avons pas eu de réponse. Ce type de conditionnement est utilisé dans d'autres pays.

débit volumique de la préparation médicamenteuse – celui que l’infirmière programmera sur le PSE – sauf si l’infirmière n’a pas utilisé de diluant pour la réaliser : le volume V_p n’est pas le volume de liquide de la seringue, ce volume est V_s et $V_s = V_p + V_d$. Ainsi, lorsque l’infirmière modifie la concentration de la Dobutamine© en diluant le produit pur dans la seringue, elle agit sur la valeur du débit du liquide injecté au patient. Ce débit sera d’autant plus grand que la Dobutamine© aura été diluée. Mais la dilution effectuée par l’infirmière ne modifie pas le quotient V_p / t qui correspond au débit de produit pur, débit qui ne sera jamais calculé par l’infirmière et auquel par conséquent nous n’attribuons pas de notation symbolique.

Le débit volumique de liquide injecté au patient et qui sera programmé par l’infirmière sur le pousse-seringue électrique est égal au quotient V_s / t . Les infirmières l’appellent souvent la « vitesse » du PSE, sans doute car ce débit correspond à la vitesse du piston de la seringue, sans doute aussi pour la distinguer du débit massique prescrit. Ce débit volumique dépend de la préparation, c’est-à-dire à la fois du volume de Dobutamine© et de la dilution réalisée par ajout de diluant. Notons *Débit* (mL/h) le débit du liquide médicamenteux injecté au patient¹¹. On comprend que cette variable est liée à la fois à la masse de dobutamine prélevée dans le ou les flacons de Dobutamine© et au volume de diluant ajouté pour constituer le volume total de liquide de la seringue. Les infirmières appellent « dose » la masse de dobutamine prélevée car, si l’état du patient reste stable durant toute la durée de l’injection, c’est bien cette masse de médicament (qu’on appelle dose dans le vocabulaire médical) qui lui aura été administrée. La dose est liée au nombre de flacons utilisés par l’infirmière, soit directement en considérant la masse de dobutamine contenue dans un flacon, soit indirectement en considérant le volume de Dobutamine© prélevé et la concentration de ce produit. En notant *Dose* cette variable, on obtient les deux équations suivantes. La première prend en compte la masse de dobutamine contenue dans un flacon :

$$Dose \text{ (mg)} = N_f \text{ (flacon)} \times m_f \text{ (mg/flacon)}$$

La seconde prend en compte le volume et la concentration d’un flacon :

$$Dose \text{ (mg)} = N_f \text{ (flacon)} \times V_f \text{ (mL/flacon)} \times C_f \text{ (mg/mL)}$$

La dose est liée à la prescription par la relation :

$$D_2 \text{ (mg/h)} = Dose \text{ (mg)} / t \text{ (h)}$$

Le débit de la préparation médicamenteuse est également lié à la prescription puisque la dose et le volume de préparation déterminent la concentration de dobutamine de la préparation. Cette relation s’écrit :

$$C_s \text{ (mg/mL)} = Dose \text{ (mg)} / V_s \text{ (mL)}$$

La vitesse du pousse-seringue électrique est liée à ces variables :

$$Débit \text{ (mL/h)} = V_s \text{ (mL)} / t \text{ (h)}$$

ou $Débit \text{ (mL/h)} = D_2 \text{ (mg/h)} / C_s \text{ (mg/mL)}$

ou encore $Débit \text{ (mL/h)} \times t \text{ (h)} = Dose \text{ (mg)} / C_s \text{ (mg/mL)}$.

À cette étape de l’analyse, il apparaît que l’activité de préparation d’une injection de dobutamine correspond à une situation comportant vingt-et-une variables (plus précisément variables, paramètres ou constantes) dont les relations engendrent des contraintes mais laissent aussi des marges de manœuvre à l’infirmière. Autrement dit, il y a manifestement plusieurs manières différentes d’organiser les calculs pour déterminer les valeurs inconnues et pour fixer l’ordre dans lequel ces valeurs seront déterminées. Dans cet article, nous avons fait le choix de

¹¹ Pour éviter toute confusion, malgré les usages des professionnelles, nous préférons appeler « débit » cette variable plutôt que « vitesse ».

présenter le travail qui conduit à la détermination précise de l'ensemble des manières possibles pour organiser ces calculs. C'est l'objet des deux parties suivantes, le lecteur plutôt intéressé par les résultats peut passer ces deux parties et aller directement à la partie intitulée « Les quatre raisonnements possibles pour le calcul de dose de dobutamine ».

ANALYSE MATHÉMATIQUE ET NOMBRE DE DEGRÉS DE LIBERTÉ DE L'ACTIVITÉ

De l'inventaire des variables, paramètres et constantes mis au jour, et de celui des relations qui les lient, nous recherchons le nombre de degré de liberté de ce système c'est-à-dire le nombre de valeurs que l'infirmière peut fixer librement, les autres en découlant nécessairement. C'est donc une analyse mathématique de la tâche de calcul de dose que nous effectuons et qui nous conduira à l'identification de toutes les possibilités d'organisation des calculs pour déterminer les valeurs des variables en jeu.

Deux constantes et dix paramètres dont les valeurs sont fixées par le contexte

Nous avons identifié deux constantes en jeu dans la situation qui sont des facteurs de conversion de masse et de durée : le facteur de conversion de masse f_m égal à 1 000 $\mu\text{g}/\text{mg}$ et le facteur de conversion de durée f_d égal à 60 min/h .

Nous avons également identifié dix paramètres répartis en quatre types selon la nature des contraintes à l'origine de leur valeur : le premier concerne le poids du patient, le deuxième la prescription, le troisième le conditionnement de la dobutamine par le laboratoire pharmaceutique et le quatrième le volume maximal de liquide que peut comporter la seringue.

Le poids du patient est un paramètre noté P , il s'exprime en kg . Comme déjà indiqué, suivant les services de réanimation, la valeur est fixée pour toute la durée du séjour ou réévaluée en fonction de l'évolution du patient.

La prescription du médecin comprend deux premiers paramètres : une date et un horaire initial qui marque le début du traitement. La date n'a pas fait l'objet d'une dénotation mathématique car elle n'entre pas en jeu dans les calculs. Nous avons en revanche noté H_i l'horaire initial qui déterminera l'horaire de renouvellement en fonction de la durée d'administration. La prescription médicamenteuse de dobutamine est exprimée en fonction du poids du patient, elle est adaptée au poids du patient par l'infirmière et convertie dans les unités employées pour l'administration. Nous avons ainsi distingué trois paramètres supplémentaires relatifs à la prescription : D_0 qui s'exprime en $\gamma/\text{kg}/\text{min}$ où les γ sont des μg (nous ne considérons pas le facteur de conversion 1 pour 1 associé à cette dualité de notation des microgrammes) ; D_1 qui est une adaptation de D_0 au poids du patient et qui s'exprime en $\mu\text{g}/\text{min}$; et enfin D_2 qui est la conversion de D_1 en mg/h . Les relations entre ces paramètres sont¹² :

$$(*) \quad D_1 (\mu\text{g}/\text{min}) = P (\text{kg}) \times D_0 (\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min})$$

$$(*) \quad D_2 (\text{mg}/\text{h}) = D_1 (\mu\text{g}/\text{min}) \times f_d (\text{min}/\text{h}) / f_m (\mu\text{g}/\text{mg}).$$

Trois paramètres sont liés au conditionnement du médicament par le laboratoire pharmaceutique : la concentration C_f (mg/mL) de dobutamine ; la masse m_f de dobutamine contenue dans un flacon, exprimée en mg (ou plus précisément en mg/flacon car le nombre de flacons intervient comme variable dans le raisonnement de l'infirmière) ; et enfin le volume de Dobutamine© contenu dans un flacon, V_f exprimé en mL (ou plutôt en mL/flacon pour la même raison). Ces trois paramètres sont liés par la relation :

$$(*) \quad C_f (\text{mg}/\text{mL}) = m_f (\text{mg}/\text{flacon}) / V_f (\text{mL}/\text{flacon}).$$

¹² L'astérisque entre parenthèses devant les équations indique qu'il s'agit de contraintes de situation, qu'elles soient dues au patient, à la prescription ou au matériel.

Le dernier paramètre est le volume maximal V_{\max} (mL) de liquide que peut comporter une seringue, nous avons vu qu'il est de 50 mL pour celles que les infirmières utilisent pour les injections de dobutamine, même si les seringues sont graduées jusqu'à 60 mL (voir figure 5).

Neuf variables dont les valeurs sont fixées par l'infirmière

Il reste neuf variables en jeu dans la situation qui portent : sur la programmation temporelle de l'injection (deux variables) ; sur la préparation du liquide médicamenteux (six variables) ; ou sur le paramétrage du pousse-seringue électrique (une variable). Nous explicitons ici ces variables ainsi que leurs relations, entre elles et avec les paramètres précédemment identifiés. Pour chaque relation mise au jour, nous indiquons un numéro entre parenthèses avant chaque équation pour distinguer celles qui concernent : (1) la programmation temporelle ; (2) la préparation de la seringue ; (3) le paramétrage du pousse-seringue électrique.

Les deux variables liées à la programmation temporelle sont la durée d'administration jusqu'au renouvellement, que les infirmières appellent la « durée de la seringue » et que nous avons noté t (h), et l'horaire de renouvellement, noté H_r (h). Ces deux variables sont dépendantes :

$$(1) \quad H_r (h) = H_i (h) + t (h).$$

Trois variables traduisent la quantité de dobutamine prélevée suivant qu'elle est exprimée en nombre de flacons N_f , en masse $Dose$ (mg) ou en volume V_p (mL) de produit pur (Dobutamine©). Ces variables sont liées à la durée d'administration, aucun nouveau degré de liberté n'apparaît, la relation de dépendance s'exprime par :

$$(2) \quad Dose (mg) = D_2 (mg/h) \times t (h).$$

Les trois variables exprimant la quantité de dobutamine prélevée sont liées par les équations :

$$(2) \quad Dose (mg) = N_f (\text{flacon}) \times m_f (mg/\text{flacon})$$

$$(2) \quad Dose (mg) = V_p (mL) \times C_f (mg/mL)$$

$$(2) \quad V_p (mL) = N_f (\text{flacon}) \times V_f (mL/\text{flacon}).$$

Les trois autres variables qui portent sur la préparation médicamenteuse sont le volume de diluant V_d (mL), le volume total de liquide de la seringue V_s (mL) et la concentration de dobutamine dans la seringue C_s (mg/mL). Le volume de diluant étant fixé librement par l'infirmière, un deuxième degré de liberté apparaît. Les liens entre ces variables s'expriment par les équations suivantes :

$$(2) \quad V_s (mL) = V_p (mL) + V_d (mL)$$

$$(2) \quad C_s (mg/mL) = Dose (mg) / V_s (mL).$$

La dernière variable est le débit volumique d'administration du liquide médicamenteux préparé par l'infirmière, c'est lui qui sera programmé sur le pousse-seringue électrique, nous l'avons noté $Débit$ (mL/h). Cette variable est directement liée au volume de la préparation médicamenteuse de la seringue et à la durée d'administration avant renouvellement. Réécrivons les équations où intervient ce débit :

$$(3) \quad Débit (mL/h) = V_s (mL) / t (h)$$

$$(3) \quad Débit (mL/h) = D_2 (mg/h) / C_s (mg/mL)$$

$$(3) \quad Débit (mL/h) \times t (h) = Dose (mg) / C_s (mg/mL).$$

Ce bilan montre que les neuf variables de la situation sont liées, entre elles et avec les paramètres, mais qu'il reste des degrés de libertés dans l'activité de l'infirmière.

Réseaux de relations de détermination entre les variables et degrés de liberté de l'activité

La synthèse qui vient d'être réalisée fait apparaître les relations entre les constantes et les paramètres de la situation (indiquées par un astérisque dans les équations précédentes) ainsi que

trois réseaux relationnels (numérotés 1, 2 ou 3 dans les équations précédentes) entre les variables de la situation, chaque réseau correspondant à un domaine d'activité de l'infirmière. Comme nous l'avons vu, il reste des degrés de liberté à l'infirmière, la détermination de leur nombre nécessite d'inventorier les groupes de variables dépendantes, c'est-à-dire des groupes tels que si la valeur d'une des variables d'un groupe est fixée, alors toutes les valeurs des autres variables de ce groupe en découlent. Le nombre de degrés de liberté sera déterminé alors en fonction du nombre de groupes et des relations de dépendance entre ces groupes.

Un premier groupe G_1 de variables dépendantes se constitue à partir de la variable durée ou de la variable dose. Ce groupe est composé des cinq variables : $t, H_r, Dose, N_f, V_p$ car si l'une de ces variables est fixée par l'infirmière, alors les quatre autres s'en déduisent. Par exemple, t étant fixée alors :

$$H_r(h) = H_i(h) + t(h)$$

$$Dose(mg) = D_2(mg/h) \times t(h)$$

$$N_f(\text{flacon}) = Dose(mg) / m_f(mg/\text{flacon})$$

et $V_p(mL) = N_f(\text{flacon}) \times V_f(mL/\text{flacon}).$

Remarquons que ce groupe de variables comprend la dose, la durée et l'horaire de renouvellement qui sont liés à la prescription qui est un débit massique ; le nombre de flacons et le volume de produit pur (Dobutamine©) tiennent quant à eux au conditionnement de la dobutamine. Ces variables du groupe G_1 sont indépendantes de celles des autres groupes tant que le volume de diluant n'est pas fixé puisque c'est ce volume, une fois que le volume de Dobutamine© est fixé, qui détermine la concentration du liquide de la seringue et les deux autres variables que sont le volume et la vitesse de la seringue. Détaillons cette analyse en considérant un deuxième groupe G_2 de deux variables : C_s et *Débit*. Ces deux variables sont reliées par l'équation :

$$Débit(mL/h) = D_2(mg/h) / C_s(mg/mL).$$

Il est utile ici de remarquer que si l'infirmière pouvait administrer indéfiniment du liquide médicamenteux au patient, il n'y aurait pas d'utilité à considérer les cinq variables précédentes : la prescription est un débit massique qui correspond à un débit volumique de liquide médicamenteux si la concentration est fixée ; inversement il détermine la concentration du liquide médicamenteux si son débit volumique est fixé. Les deux dernières variables que sont le volume V_s de liquide de la seringue et le volume V_d de diluant sont liés au volume de produit pur par l'équation $V_s = V_p + V_d$. Ces deux variables sont indépendantes et peuvent être fixées arbitrairement par l'infirmière si aucune des autres ne l'a été auparavant. Comme nous le verrons, certaines infirmières commencent toujours la préparation de la seringue en prélevant deux flacons de Dobutamine© qu'elles complètent avec du diluant jusqu'au volume maximal de 50 mL. Ces deux variables V_s et V_d forment donc deux groupes différents, G_3 composé seulement du volume V_s du liquide de la seringue et G_4 composé seulement du volume V_d de diluant.

Montrons à présent que si les valeurs des variables de deux groupes sont fixées, celles des deux autres le sont aussi. La preuve repose sur l'étude des différentes combinaisons, elle est effectuée dans le tableau ci-dessous où sont indiqués : dans la première colonne les deux groupes dont les variables sont fixées ; dans la deuxième colonne un premier groupe de variables dont les valeurs s'en déduisent ; et dans la troisième colonne le deuxième groupe de variables dont les valeurs se déduisent des précédentes.

Deux premiers groupes (valeurs des variables fixées)	Troisième groupe (valeurs des variables déduites)	Quatrième groupe (valeurs des variables déduites)
G_1 et G_2 : t ou V_p et <i>Débit</i>	G_3 : $V_s = \text{Débit} \times t$	G_4 : $V_d = V_s - V_p$
G_1 et G_3 : t ou V_p et V_s	G_2 : $\text{Débit} = V_s / t$	G_4 : $V_d = V_s - V_p$
G_1 et G_4 : V_p ou t et V_d	G_3 : $V_s = V_p + V_d$	G_2 : $\text{Débit} = V_s / t$
G_2 et G_3 : C_s et V_s	G_1 : $\text{Dose} = C_s \times V_s$	G_4 : $V_d = V_s - V_p$
G_2 et G_4 : C_s et V_d	G_1 : $V_p = V_s - V_d$ avec $V_s = V_p \times C_f / C_s$	G_3 : $V_s = V_d + V_p$
G_3 et G_4 : V_s et V_d	G_1 : $V_p = V_s - V_d$	G_2 : $C_s = \text{Dose} / V_s$

Tableau 1. L'activité de préparation médicamenteuse comporte exactement deux degrés de liberté

Le tableau 1 montre ainsi que, pour chacune des six possibilités de choisir deux groupes de variables parmi les quatre, le fait de fixer les valeurs des variables de ces deux groupes conduit à fixer les valeurs des variables des deux autres groupes. Nous en concluons donc que les calculs effectués pour la préparation d'une injection de dobutamine comportent exactement deux degrés de liberté : l'infirmière fixe les valeurs de deux variables issues chacune d'un groupe différent et les valeurs de toutes les autres variables en découlent par le calcul.

Pour terminer l'analyse mathématique *a priori* de l'activité de calcul de dose correspondant à la préparation d'une injection de dobutamine, il reste à examiner les activités de calcul correspondant aux possibilités qui viennent d'être mises au jour c'est-à-dire d'inventorier toutes les combinaisons résultant du choix des deux variables dont les valeurs peuvent être fixées par l'infirmière.

Bilan de l'analyse mathématique des possibilités théoriques de calcul

L'analyse précédente a montré que les possibilités de calcul pour la préparation d'une injection de dobutamine sont limitées aux combinaisons offertes par les deux degrés de liberté de la situation. Nous avons identifié quatre groupes de variables dépendantes c'est-à-dire quatre groupes tels que, pour chacun d'eux, si la valeur d'une variable du groupe est fixée, alors celles des autres l'est aussi. Ces quatre groupes sont, rappelons-le :

- G_1 qui comprend les cinq variables t (la durée en h de l'injection), H_r (l'horaire de renouvellement de la seringue), *Dose* (la dose en mg de dobutamine contenue dans la seringue) N_f (le nombre de flacons utilisés par l'infirmière) et V_p (le volume de produit pur c'est-à-dire de Dobutamine© prélevé dans la seringue) ;
- G_2 qui comprend les deux variables C_s (la concentration en mg/mL de dobutamine dans le liquide médicamenteux préparé par l'infirmière) et *Débit* (le débit en mL/h d'injection de ce liquide) ;
- G_3 qui comprend seulement la variable V_s (le volume en mL de liquide médicamenteux contenu dans la seringue) ;
- G_4 qui comprend également une seule variable, V_d (le volume en mL de diluant utilisé pour préparer la seringue).

Si l'infirmière choisit de fixer une variable de G_1 et une variable de G_2 , elle dispose pour cela de 10 possibilités puisque le nombre de variable de G_1 est 5 et que celui de G_2 est 2. Le dénombrement des possibilités offertes à l'infirmière résulte donc des combinaisons possibles pour chaque couplage de deux groupes. Le tableau 2 indique ces nombres de possibilités.

Combinaisons	Effectifs des deux groupes	Nombre de possibilités
$G_1 - G_2$	5 et 2	10
$G_1 - G_3$	5 et 1	5
$G_1 - G_4$	5 et 1	5
$G_2 - G_3$	2 et 1	2
$G_2 - G_4$	2 et 1	2
$G_3 - G_4$	1 et 1	1
Nombre total de possibilités		25

Tableau 2. Dénombrement des possibilités théoriques de fixer les valeurs de variables

L'analyse menée avec un point de vue mathématique conduit à distinguer 25 possibilités pour organiser chronologiquement les calculs aboutissant à la préparation d'une injection de dobutamine. Ce résultat est à interroger en adoptant un point de vue professionnel pour mettre au jour les raisonnements que les infirmières pourraient tenir pour parvenir à ces possibilités d'organiser leurs calculs. De ce point de vue, des possibilités mathématiquement différentes pourraient se révéler finalement équivalentes, parce que découlant exactement du même raisonnement.

POINT DE VUE PROFESSIONNEL SUR LES RAISONNEMENTS

Nous complétons donc l'analyse mathématique en ajoutant un point de vue professionnel sur l'ordre dans lequel les variables sont calculées. Il s'agira dans un premier temps de se demander si telle possibilité déterminée par telle chronologie des calculs des valeurs d'un même groupe possède ou non une pertinence du point de vue de l'infirmière : ce n'est pas le cas lorsque les valeurs des variables sont traitées simultanément en pensée, ou bien lorsque le fait de commencer par une variable plutôt qu'une autre ne répond à aucun objectif ou complique inutilement les calculs. Il s'agira ensuite d'examiner du même point de vue les différences tenant au choix des groupes dont les valeurs des variables sont calculées en premier.

Première réduction du nombre de possibilités

Au sein du groupe G_1 , choisir de fixer l'une ou l'autre des variables t et H_r est équivalent du point de vue professionnel : si la prescription indique un début d'injection à 9h, il revient en effet au même pour l'infirmière de décider que l'injection durera 12 h ou que la seringue sera à renouveler à 21 h. Il n'y a donc pas lieu de distinguer les raisonnements dans lesquels l'infirmière commencerait par fixer t ou commencerait pas fixer H_r .

Au sein du groupe G_1 , les variables $Dose$, N_f et V_p expriment toutes les trois la quantité de dobutamine prélevée dans la seringue. Si le nombre de flacons utilisé est un nombre entier, choisir l'une ou l'autre de ces trois variables est équivalent du point de vue professionnel. Si, par exemple, l'infirmière décide de prélever le contenu de deux flacons, elle sait qu'ils contiennent chacun 250 mg de dobutamine et 20 mL, elle sait donc qu'elle prélève 500 mg de dobutamine et 40 mL de Dobutamine®. Les 5 possibilités distinguées mathématiquement pour fixer la valeur d'une variable de G_1 ne conduisent donc qu'à deux types de raisonnements : fixer la durée d'administration et l'horaire de renouvellement de la seringue ou fixer la quantité de dobutamine à prélever.

Au sein du groupe G_2 , choisir de fixer l'une ou l'autre des variables C_s et $Débit$ n'est pas équivalent. Fixer la valeur de la concentration C_s correspond professionnellement à la volonté de simplifier les calculs faisant intervenir cette concentration, celle de la Dobutamine® – fixée

par les laboratoires pharmaceutiques – étant de 12,5 mg/mL. Conformément au protocole en vigueur dans leur service, certaines infirmières prélèvent deux flacons et ajoutent 10 mL de diluant pour obtenir 500 mg de dobutamine dilués dans 50 mL c'est-à-dire une concentration de 10 mg/mL. Fixer la variable débit correspond à un objectif différent pour l'infirmière, celui de simplifier le lien numérique entre la valeur de la prescription – exprimée en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ – et celle du débit d'administration – exprimée en mL/h. Nous développons plus loin l'activité professionnelle correspondant à ce choix.

Les groupes G3 et G4 ne comportant qu'une variable, l'examen des possibilités équivalentes à l'intérieur de ces groupes n'a donc pas lieu d'être. À propos du groupe G4, remarquons que du point de vue de l'activité infirmière, il n'y a aucune raison de fixer *a priori* le volume de diluant V_d . Cette valeur découle de celles du volume prélevé V_p et du volume total souhaité V_s . Ajoutons que la valeur du volume de diluant n'est, dans la pratique, pas calculée par l'infirmière : elle prélève de la Dobutamine© jusqu'à atteindre le volume V_p , puis du diluant jusqu'à atteindre le volume V_s . L'analyse complémentaire menée avec un point de vue professionnel conduit donc à écarter les raisonnements où la valeur de la variable V_d est fixée *a priori*.

L'analyse par groupe conduit finalement à ne pas retenir les raisonnements fondés sur des combinaisons comportant G4 et à réduire de 5 à 2 les possibilités de fixer la valeur d'une variable de G1. Examinons à présent la pertinence professionnelle des couplages restants : 4 pour G1-G2 ; 2 pour G1-G3 et 2 pour G2-G3. Commençons par les 6 couplages où l'une des variables appartient au groupe G1, et pour davantage de continuité dans l'analyse, traitons dans un premier temps les 3 couplages où la variable durée est fixée, puis dans un second temps les 3 couplages où c'est la variable dose qui est fixée. Il restera à examiner les raisonnements issus des 2 couplages de la combinaison G2-G3.

Identification des raisonnements où l'infirmière commence par fixer la durée

L'infirmière qui fixe la valeur de t à 12 h, par exemple, fixe simultanément la dose correspondante qu'elle pourra calculer à partir de celle de t . Cette dose pourra être administrée directement avec un débit calculé à partir du volume de Dobutamine© prélevé, mais pour des raisons de facilité de calcul, cette dose sera généralement diluée dans un volume total V_s correspondant à un débit entier : $V_s = 36$ mL pour obtenir un débit de 3 mL/h ou $V_s = 48$ mL pour obtenir un débit de 4 mL/h. Le point de vue professionnel conduit donc à l'équivalence des couplages $(t ; \text{Débit})$ et $(t ; V_s)$ des combinaisons G1-G2 et G1-G3.

La valeur de t étant fixée, l'autre couplage de G1-G2 correspond à $(t ; C_s)$. Supposons, par exemple, que l'infirmière fixe la durée t à 12h pour répondre à des besoins d'organisation et la concentration C_s à 10 mg/mL pour faciliter les calculs. La prescription qui guide notre analyse fixe le débit massique $D_2 = 45$ mg/h ; il en résulte : $\text{Débit} = 4,5$ mL/h ; $\text{Dose} = 4,5$ mg/h \times 12 h = 54 mg et $V_s = 54$ mL. Cette valeur de V_s dépasse $V_{\text{max}} = 50$ mL. Ce résultat illustre le fait que la démarche qui consiste à fixer à la fois la durée et la concentration conduit à des résultats qui ne sont pas toujours conformes aux contraintes. Nous ne retiendrons donc pas ce couplage $(t ; C_s)$ de la combinaison G1-G2 comme pertinent professionnellement. Des trois couplages où la valeur de la variable durée est fixée, l'analyse complémentaire conduit à retenir l'équivalence des couplages $(t ; \text{Débit})$ et $(t ; V_s)$ de G1-G2 et G1-G3, à écarter le couplage $(t ; C_s)$ de G1-G2. Il ne reste finalement, avec ce point de vue professionnel, qu'un seul raisonnement issu du choix consistant à fixer la durée d'administration.

L'analyse montre que si l'infirmière aborde la préparation de l'injection de dobutamine en fixant la durée à 12 h, elle produit un raisonnement orienté par la recherche d'une dose adaptée à cette durée, dose qu'elle diluera dans un volume total lui permettant de déterminer aisément la valeur du débit.

Identification des raisonnements où l'infirmière commence par fixer la dose

Poursuivons l'analyse avec les couplages issus de G1-G2 et G1-G3 où c'est à présent la valeur de la variable dose qui est fixée. Remarquons d'emblée que si la dose contenue dans la seringue est fixée arbitrairement, cette dose sera – compte tenu des contraintes de calcul – un multiple ou un sous-multiple de 250 mg (125 mg, 250 mg ou 500 mg) correspondant à un demi, un ou deux flacons de Dobutamine©. Commençons par examiner le raisonnement issu du couplage dose-concentration.

Pour fixer la concentration C_s , l'infirmière aura tout intérêt à fixer une valeur simple de la concentration en diluant la Dobutamine© : elle devra en effet l'utiliser pour calculer le débit volumique de liquide médicamenteux (il correspond au quotient du débit massique par la concentration). Ainsi, soit l'infirmière diluera un flacon de Dobutamine© dans 25 mL (respectivement 50 mL) pour obtenir une concentration de 10 mg/mL (respectivement 5 mg/mL), soit elle diluera deux flacons de Dobutamine© dans 50 mL pour obtenir une concentration de 10 mg/mL. Du point de vue professionnel, il apparaît donc équivalent de fixer la concentration ou le volume de la seringue c'est-à-dire, ici, les valeurs du couple $(N_f; C_s)$ de la combinaison G1-G2 ou celles du couple $(N_f; V_s)$ de G1-G3. Finalement, ce raisonnement met en jeu la dose, le volume et la concentration où il s'agit, pour l'infirmière, d'obtenir une valeur simple de la concentration pour faciliter le calcul du débit volumique ; le raisonnement est donc orienté par la réalisation d'une telle concentration.

Parmi les trois couplages $(N_f; C_s)$, $(N_f; Débit)$ et $(N_f; V_s)$, nous venons de montrer l'équivalence des raisonnements issus des couplages $(N_f; C_s)$ et de $(N_f; V_s)$. Identifions à présent celui correspondant à $(N_f; Débit)$.

D'un point de vue professionnel, fixer la valeur du débit *a priori* ne répond à aucun autre objectif que celui de faciliter le lien entre prescription et administration. La valeur la plus intéressante professionnellement est celle qui correspond exactement à la prescription initiale : le médecin ayant ordonné $D_0 = 10 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, la valeur du débit sera $Débit = 10 \text{ mL}/\text{h}$. La simplicité du lien entre prescription et administration permet une adaptation facile de l'administration en cas de changement de prescription : si l'état du patient s'améliore et que la prescription passe de $10 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ à $8 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, alors la même seringue pourra être utilisée par l'infirmière qui n'aura qu'à modifier le débit volumique en le passant de $10 \text{ mL}/\text{h}$ à $8 \text{ mL}/\text{h}$. La valeur de la dose et celle du débit étant fixées, l'infirmière devra déterminer le volume de diluant pour que la concentration du liquide médicamenteux de la seringue fasse correspondre le débit massique et le débit volumique. Nous détaillerons ces calculs ultérieurement, retenons que fixer les variables du couplage $(N_f; Débit)$ conduit à un raisonnement orienté par la valeur du débit, une valeur correspondant exactement à la prescription, ce qui rend l'adaptation très facile en cas de modification du traitement.

Il reste à analyser avec un point de vue professionnel les raisonnements issus des deux couplages $(C_s; V_s)$ et $(Débit; V_s)$, de la combinaison G2-G3.

Identification des raisonnements où l'infirmière commence par fixer le débit

Du point de vue de l'activité professionnelle, comme indiqué précédemment, l'infirmière fixe la concentration *a priori* avec l'objectif de simplifier les calculs. Cela conduit à diluer un demi, un ou deux flacons de Dobutamine© dans 25 ou 50 mL. Le couplage $(C_s; V_s)$ est donc équivalent, du point de vue professionnel, au couplage $(Dose; C_s)$ déjà étudié.

Il ne reste à analyser finalement que le raisonnement issu du dernier couplage $(Débit; V_s)$. Nous l'avons déjà envisagé, l'infirmière fixe la valeur du débit pour obtenir une correspondance simple avec la valeur de la prescription, par exemple $10 \text{ mL}/\text{h}$ si le médecin ordonne $10 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$. Cette valeur du débit étant assez importante, en l'absence d'autre contrainte, l'infirmière remplira la seringue au maximum pour éviter un renouvellement trop fréquent. Elle

fixera donc la valeur de V_s à celle de V_{\max} c'est-à-dire à 50 mL. Il reste à examiner les calculs à effectuer pour savoir si une autre valeur de V_s serait de nature à les simplifier. Supposons que la seringue soit remplie à 50 mL, alors pour une prescription de $x \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ et un débit de $x \text{ mL}/\text{h}$, on obtiendrait une durée de traitement de $50/x \text{ h}$. En fonction du poids P du patient (en kg), calculons la dose de dobutamine (en mg) à prélever dans la seringue :

$$\text{Dose (mg)} = D_0 (\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}) \times f_m (\text{mg}/\mu\text{g}) \times P (\text{kg}) \times f_d (\text{min}/\text{h}) \times t (\text{h})$$

$$\text{Dose (mg)} = x (\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}) \times 1\,000 (\text{mg}/\mu\text{g}) \times P (\text{kg}) \times 60 (\text{min}/\text{h}) \times 50/x (\text{h})$$

$$\text{Dose} = 1\,000 \times P \times 60 \times 50$$

$$\text{Dose} = 3 \times P$$

La valeur 50 mL conduit à des calculs simples, il n'y a donc pas lieu de fixer autrement le volume total de la seringue. Les professionnelles qui utilisent ce raisonnement déclarent mobiliser « *la règle du 3 fois P* ». Le choix de fixer les variables du couplage (*Débit ; V_s*) conduit à un raisonnement orienté par la valeur du débit, il restera à calculer la dose de dobutamine à prélever avant de la compléter avec du diluant jusqu'à 50 mL.

LES QUATRE RAISONNEMENTS POSSIBLES POUR LE CALCUL DE DOSE DE DOBUTAMINE

L'analyse menée dans les deux parties précédentes, avec un double point de vue mathématique puis professionnel, conduit à distinguer exactement quatre raisonnements qui guident la préparation d'une injection de dobutamine, c'est-à-dire qui organisent les calculs à effectuer pour prélever la Dobutamine© et le diluant (les infirmières disent alors qu'elles préparent la seringue), pour programmer le débit volumique du pousse-seringue électrique (les infirmières disent qu'elles règlent la vitesse du PSE) et pour anticiper la durée d'administration et l'horaire de renouvellement si l'état du patient reste stable.

Cette analyse correspond à un travail de conceptualisation épistémique, au sens de la didactique professionnelle (Pastré, 2002), détaillons-en les résultats c'est-à-dire les quatre raisonnements possibles en repartant de la prescription médicale.

Raisonnement orienté par le calcul de la dose

Le premier raisonnement est orienté par le calcul de la dose : l'infirmière commence par fixer la durée de l'injection, elle calcule la dose adaptée à cette durée et la dilue pour obtenir une valeur simple du débit volumique.

Rappelons qu'il a été prescrit le 14 décembre 2020 à 9 h pour M. Dupont 75 kg une injection de dobutamine (250 mg / 20 mL) en intra-veineuse par PSE avec le débit suivant : $10 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$.

Fixer la durée permet de calculer la dose moyennant une conversion des μg en mg et des heures en minutes : M. Dupont doit recevoir en 12h une dose de dobutamine de :

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

L'injection ayant débuté à 9h, il faudra la renouveler à 21h, sauf changement de prescription. L'infirmière calcule alors le volume de Dobutamine© dont elle a besoin. Il est possible de le faire directement à partir des 540 mg, mais elle le fera plutôt indirectement en comptant les ampoules à utiliser : deux flacons lui apporteront 500 mg, un troisième flacon est nécessaire pour obtenir les 40 mg manquants. Vient alors le premier raisonnement proportionnel à effectuer. De nombreuses méthodes relevant des raisonnements analogiques et fonctionnels identifiés par Vergnaud (1979) sont mises en œuvre par les infirmières pour déterminer la quatrième proportionnelle, c'est ce qu'ont montré, entre autres, les travaux de Hoyles, Noss et Pozzi (2001). Nous ne reviendrons pas sur ces méthodes puisque notre objectif est l'identification du raisonnement global incluant le calcul de quatrième proportionnelle.

Terminons par exemple avec la méthode dite des « produits en croix » qui est fréquemment utilisée en France car massivement enseignée tant dans l'enseignement scolaire qu'en formation infirmière.

L'infirmière 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'infirmière en déduit le calcul à effectuer pour déterminer la valeur du volume recherché.

$$x = 40 \times 20 / 250 = 3,2.$$

Avant de continuer la description de la préparation de la seringue, indiquons que cette étape calculatoire est considérée, en milieu hospitalier, comme une source d'erreurs potentielles. Des tableaux de valeurs peuvent alors être proposés aux infirmières qui font correspondre la masse de dobutamine souhaitée et le volume de Dobutamine© à prélever (voir l'exemple figurant en annexe 1).

Une fois déterminé le volume à prélever, l'infirmière remplit la seringue avec deux flacons, soit 40 mL, plus 3,2 mL prélevés du troisième flacon, soit au total 43,2 mL. Le produit devant être injecté en 12 h, il reste encore à calculer le débit d'injection. Si l'infirmière n'utilisait pas de diluant, elle diviserait le volume à injecter par la durée de l'injection :

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

Les professionnelles ne procèdent pas ainsi, mais complètent la Dobutamine© prélevée par du diluant pour obtenir un volume de 48 mL et donc un débit de 4 mL/h. Des formatrices et des infirmières nous ont expliqué que cette dilution permet de garantir que le débit volumique est « précis » – c'est-à-dire qu'il n'y aura pas à l'arrondir – et aussi de s'assurer, au moment où l'on passe dans la chambre du patient, que le débit n'a pas été dérégulé par inadvertance : il y aurait peu de chances en effet que le débit dérégulé soit exactement un nombre entier. Sur une étiquette qui sera collée sur la seringue introduite dans le PSE, l'infirmière indiquera ces informations et programmera le débit à 4 mL/h :

DOBUTAMINE	14 décembre 2020	9 h 00	540 mg / 48 mL	4 mL/h
------------	------------------	--------	----------------	--------

Remarquons que ce raisonnement conduit à deux calculs difficiles à effectuer mentalement, celui de la dose et celui du volume de Dobutamine© à prélever. La valeur obtenue de 43,2 mL n'est pas adaptée à une manipulation effectuée avec une seringue graduée en mL, l'infirmière utilisera une deuxième seringue graduée en dixièmes pour éviter d'arrondir la dose et de s'éloigner ainsi de la prescription médicale. Notons enfin que ce raisonnement conduit à des calculs qui portent sur des grandeurs simples, de durée, de masse et de volume, mais pas sur des grandeurs quotients de concentration et de débit.

Raisonnement orienté par la concentration

Détaillons à présent le raisonnement orienté par le choix d'une concentration qui simplifie les calculs, par exemple 10 mg/mL. Cette concentration s'obtient par exemple en prélevant deux flacons (l'infirmière commence par fixer la dose) qui sont ensuite dilués dans 50 mL (les infirmières disent qu'elles préparent une seringue à 10 pour 1 c'est-à-dire 10 mg pour 1 mL). Le débit massique horaire est calculé à partir de la prescription de 10 γ /kg/min.

$$10 \mu\text{g/kg/min} \times 75 \text{ kg} \times 60 \text{ min/h} / 1\,000 \mu\text{g/mg} = 45 \text{ mg/h}$$

Le débit à régler sur le pousse-seringue se détermine mentalement : 4,5 mL/h. Sur une étiquette qui sera collée sur la seringue introduite dans le PSE, l'infirmière indiquera ces informations et programmera ce débit :

DOBUTAMINE	14 décembre 2020	9 h 00	500 mg / 50 mL	10 mg/mL
------------	------------------	--------	----------------	----------

Observons que sur cette étiquette, le débit n'est pas inscrit car il a vocation à être modifié régulièrement. En revanche, la concentration apparaît sous deux formes, d'une part pour indiquer comment la seringue a été préparée, et d'autre part rapportée à l'unité afin de permettre le contrôle du débit massique. Remarquons que ce raisonnement conduit à un seul calcul difficile à effectuer mentalement, celui du débit massique horaire de dobutamine. Dans certains services hospitaliers, les infirmières disposent d'un tableau de valeurs leur permettant de lire directement le débit volumique à partir du poids du patient en kg et de la prescription en $\gamma/\text{kg}/\text{min}$ (voir l'exemple figurant en annexe 2). Avec un tel tableau, l'infirmière ne calcule pas : elle prépare sa seringue avec 500 mg dans 50 mL, recherche le poids de 75 kg en en-tête de colonne, elle situe ensuite la valeur 10 de prescription dans la colonne puis lit en en-tête de ligne la vitesse à laquelle régler le PSE : 4,5 mL/h.

Raisonnements orientés par le débit

Les deux autres raisonnements que nous allons détailler sont orientés par le choix d'une relation simple entre le débit massique de la prescription et le débit volumique d'administration. Les infirmières choisissent généralement un débit d'administration de 1 mL/h pour une prescription 1 $\gamma/\text{kg}/\text{min}$. La prescription étant ici de 10 $\gamma/\text{kg}/\text{min}$, l'infirmière fixe le débit du PSE 10 mL/h. Dans le premier raisonnement, l'infirmière fixe la dose et calcule le volume pour obtenir la concentration adaptée au débit ; dans le second raisonnement, l'infirmière fixe le volume et calcule la dose pour obtenir la concentration adaptée au débit.

Supposons que l'infirmière tienne le premier raisonnement et prélève un demi-flacon de Dobutamine© c'est-à-dire 125 mg de dobutamine. Elle calcule le débit massique horaire correspondant à la prescription de 10 $\gamma/\text{kg}/\text{min}$:

$$10 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min} \times 75 \text{ kg} \times 60 \text{ min}/\text{h} / 1\,000 \mu\text{g}/\text{mg} = 45 \text{ mg}/\text{h}$$

Elle met en correspondance le débit massique 45 mg/h avec le débit volumique 10 mL/h et en déduit que les 125 mg de dobutamine prélevés doivent correspondre à un volume x tel que le tableau suivant soit un tableau de proportionnalité :

Correspondance des masses :	45 mg	125 mg
Correspondance des volumes :	10 mL	x mL

L'infirmière calcule alors la valeur du volume recherché :

$$x = 125 \times 10 / 45 \approx 27,8.$$

La valeur pourra être arrondie à l'unité. Sur une étiquette qui sera collée sur la seringue introduite dans le PSE, l'infirmière indiquera ces quatre informations et programmera le débit à 10 mL/h :

DOBUTAMINE	14 décembre 2020	9 h 00	125 mg / 28 mL
------------	------------------	--------	----------------

Observons à nouveau que le débit n'est pas inscrit sur l'étiquette, l'infirmière pourrait aussi inscrire la conversion « 1 mL/h = 1 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ ». Remarquons que ce raisonnement conduit à un seul calcul difficile à effectuer mentalement, celui du volume total de la seringue qui n'est pas nécessairement un nombre décimal, ce qui pose des questions de respect de la prescription. Dans les services hospitaliers où le protocole repose sur ce raisonnement, les infirmières disposent généralement d'un tableau de valeurs leur permettant de lire directement le volume à partir du poids du patient en kg et les valeurs indiquées sont arrondies (un exemple est proposé en annexe 3).

Supposons à présent que l'infirmière tienne le deuxième raisonnement orienté par le débit. Elle fixe sa valeur à 10 mL/h et calcule la dose à diluer dans 50 mL grâce à la formule : la dose (en mg) est égale au poids du patient (en kg) multiplié par trois. Pour M. Dupont qui

pèse 75 kg, la dose est de 225 mg. L'infirmière doit ensuite calculer le volume de Dobutamine[®] à prélever pour obtenir cette dose.

L'infirmière écrit ses données : 250 mg 20 mL
puis ses besoins : 225 mg x mL

La concentration étant fixée¹³, le volume est proportionnel à la masse, la valeur du volume est :
 $x = 225 \times 20 / 250 = 18$.

Sur une étiquette qui sera collée sur la seringue introduite dans le PSE, l'infirmière indiquera ces informations et programmera le débit à 10 mL/h :

DOBUTAMINE	14 décembre 2020	9 h 00	225 mg / 50 mL
------------	------------------	--------	----------------

Remarquons que ce raisonnement conduit, lui aussi, à un calcul difficile à effectuer mentalement, celui du volume de Dobutamine[®] à prélever. Si les valeurs sont fournies par un tableau (voir l'exemple fourni en annexe 1), l'infirmière ne calcule pas ce volume, elle prépare sa seringue en tirant le volume indiqué et en le complétant avec du diluant jusqu'à 50 mL.

Finalement, l'analyse *a priori* a montré que la préparation d'une injection de dobutamine repose sur un calcul de dose dont l'organisation n'est pas unique. Elle a également montré que les raisonnements sous-jacents à l'organisation des calculs se distinguent selon trois types de priorité et qu'ils sont exactement au nombre de quatre : un premier est orienté par la dose, un deuxième est orienté par la concentration et les deux derniers sont orientés par le débit. Nos enquêtes réalisées sur le terrain auprès 36 infirmières, ont montré que les raisonnements se retrouvent tous les quatre dans les protocoles en vigueur dans les services hospitaliers en France (Benlahouès, 2020). Ces protocoles orientent la pensée des infirmières et contribuent donc, de manière fondamentale, à particulariser leur contexte de travail. Ils incluent parfois l'utilisation de tables de valeurs ou de dispositifs informatisés (voir l'illustration de l'annexe 5) pour soulager la tâche purement calculatoire, tâche sur laquelle les travaux de recherche concernant le calcul de dose médicamenteuse ont porté jusqu'à présent. Nos enquêtes ont également montré que les infirmières appuient leur action sur ces raisonnements, d'une part pour préparer l'administration médicamenteuse, même s'ils sont portés par les protocoles et même si elles n'effectuent pas les calculs, et d'autre part pour contrôler les résultats obtenus lorsqu'un doute survient. Or chaque raisonnement conduit à une préparation différente – dose et concentration – et à une administration différente – débit et durée.

Toutefois, en France, c'est souvent seulement le raisonnement orienté par la dose qui est enseigné en formation (Roditi, 2014) ; les étudiantes et les infirmières devant attendre d'être sur le terrain – de stage ou d'activité – pour apprendre le protocole qui sera requis dans le service qui les accueille. Ce constat soulève des questions de formation que nous développons dans la partie suivante. Ayant fondé nos analyses en articulant des points de vue mathématique et professionnel, nous nous appuyerons, dans la partie suivante, sur la didactique des mathématiques et la didactique professionnelle pour envisager des perspectives sur les questions de formation.

¹³ On pourrait imaginer, afin d'éviter de calculer, que l'infirmière dilue 250 mg dans 25 mL et qu'elle prélève, avec une seringue adaptée, 22,5 mL pour obtenir 225 mg, puis qu'elle dilue à nouveau ces 225 mg dans 50 mL. Toutefois, si les « double dilutions » sont courantes dans les services de néonatalogie, les infirmières n'y recourent pas en réanimation adulte. En outre, les protocoles comportent souvent des tables de valeurs qui évitent les calculs aux infirmières.

DE L'ANALYSE DE L'ACTIVITÉ À LA FORMATION : QUESTIONS DE DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES ET DE DIDACTIQUE PROFESSIONNELLE

Dans cette dernière partie, nous convoquons les résultats des parties antérieures ainsi que les apports de la littérature pour analyser l'activité de calcul de dose de dobutamine à la recherche de ce qui fait sens en situation pour les infirmières, de ce qui guide leur activité et de ce qui leur permet de la contrôler. Nous dessinons enfin des perspectives de recherches en didactique sur la formation et l'apprentissage du calcul de dose médicamenteuse.

Deux concepts pragmatiques de l'activité de calcul de dose

L'analyse effectuée pour identifier toutes les possibilités d'organiser et de conduire les calculs nécessaires à la préparation d'une injection de dobutamine constitue une analyse de la situation, qui se nourrit bien sûr de l'analyse de l'activité des infirmières, mais qui ne repose pas directement sur elle. Comme l'explique Pastré (2002, p. 16) il y a, en didactique professionnelle « une analyse de la situation avant l'analyse de l'activité, et une analyse de la situation après l'analyse de l'activité. »

Le point de vue adopté jusqu'ici n'est toutefois pas celui des infirmières dont la tâche à réaliser est inscrite dans un contexte précis : tel service hospitalier avec des protocoles définis, tel patient avec telle pathologie et dont l'état est plus ou moins stabilisé. Nous avons procédé à une analyse de leur activité pour comprendre comment elles mobilisent les raisonnements identifiés précédemment et mettre au jour les concepts pragmatiques qui leur permet d'évaluer la situation pour réaliser au mieux la tâche qui leur incombe.

Les contraintes pour observer l'activité infirmière en service de réanimation sont très fortes, aussi avons-nous observé les activités simulées de 15 infirmières qui disposaient du matériel habituel en milieu hospitalier et qui devaient préparer différentes seringues de produits injectables (Benlahouès, 2020). Leur activité a été filmée ; des entretiens d'auto-confrontation ont été réalisés juste après l'activité de préparation. Deux concepts pragmatiques qui organisent leur activité ont émergé des analyses, nous les avons nommés « sécurité » et « efficacité » en reprenant les propres termes des professionnelles.

La sécurité repose sur une vigilance portant à la fois sur la tâche à réaliser et sur sa réalisation. Concernant la tâche à réaliser, les infirmières exercent leur vigilance à partir de leurs connaissances des produits à injecter, de leurs effets thérapeutiques ou indésirables ainsi que de leurs caractéristiques pharmacologiques. Les infirmières ne prescrivent pas, mais elles s'interrogent toujours sur la pertinence de la prescription avant de procéder à la préparation médicamenteuse et à son injection. En cas de doute, elles retournent vers le médecin pour prévenir toute mise en danger du patient. Concernant la réalisation de la tâche, les habitudes de travail, individuelles et collectives, sont citées comme bénéfiques pour la sécurité des patients. Il s'agit pour les professionnelles de garantir la parfaite adéquation entre la prescription et l'administration. Nous l'avons vu dans cette étude des raisonnements et de leur mise en œuvre sur l'exemple d'une prescription de dobutamine, certains calculs aboutissent à des résultats qui ne sont pas des nombres entiers, ce qui – à cause de contraintes matérielles comme celles des graduations des seringues – impose de procéder à des arrondis. Parce que l'infirmière cherche à administrer précisément la prescription médicale, arrondir une valeur engendre chez elle un inconfort professionnel. Les tableaux fournis dans les protocoles comportent des valeurs arrondies, elles ne conduisent pas à une telle situation d'inconfort car elles ont statut de prescription. Plutôt que de prendre l'initiative d'arrondir une valeur, l'infirmière préfère parfois demander au médecin si la prescription peut être modifiée pour coïncider précisément avec l'administration. Sans doute serait-il bénéfique d'inclure à la formation initiale un module visant à mieux apprécier les effets que provoquerait la décision d'arrondir une valeur quant à l'écart entre la prescription initiale et celle qui serait alors administrée. Des recherches sur cette question apparaissent nécessaires.

Le deuxième concept organisateur de l'activité de calcul de dose qui a émergé de notre recherche est celui d'efficacité. Les infirmières jugent efficace un travail qui repose sur des raisonnements faciles à mettre en œuvre, qui aboutit à des résultats contrôlables, aisément utilisables dans la pratique (des nombres entiers, des valeurs qui permettent de calculer mentalement, etc.) et qui tiennent compte des contraintes (durée des services, matériels disponibles, conditionnements des produits, etc.). Elles estiment également qu'il est important de pouvoir adapter aisément l'administration à la prescription qui est susceptible d'évoluer en cas d'instabilité de l'état du patient.

L'analyse de l'activité professionnelle de terrain valide donc celle menée théoriquement ici avec un point de vue mathématique puis un point de vue professionnel. Des données quantitatives portant sur la fréquence d'utilisation de tel ou tel raisonnement seraient à présent intéressantes pour rechercher une corrélation entre ces fréquences et les objectifs auxquels répondent chacun de ces raisonnements. Des recherches complémentaires, qualitatives, seraient également nécessaires pour recueillir, auprès de la profession infirmière, des données sur l'activité de préparation médicamenteuse en fonction des raisonnements mis en œuvre (les quatre étant tous utilisés dans les hôpitaux français) et suivant le type d'artéfacts associés aux protocoles (tableaux de valeurs, logiciels d'administration, papier-crayon). Cela permettrait notamment d'identifier les conditions d'efficacité des pratiques en fonction des contextes. Ces recherches devraient comprendre un volet visant à éclairer davantage la relation entre efficacité des pratiques et formation, elles pourraient ainsi conduire à l'émergence d'hypothèses pour concevoir une formation mieux adaptée à la pratique professionnelle.

Des déterminants de l'activité liés au couplage sujet-situation

L'analyse effectuée des calculs possibles pour préparer une injection de dobutamine montre une dépendance des raisonnements et des activités calculatoires à la situation, c'est-à-dire à la prescription et au contexte. C'est également ce que révèlent nos enquêtes menées auprès des professionnelles (Benlahouès, 2020). Ainsi, les protocoles, les modalités de prescription et les marges de manœuvre laissées aux infirmières influencent leur activité. Il en est de même de l'organisation du travail au sein du service, des lieux où s'effectuent les préparations, des matériels disponibles, etc.

Nous l'avons vu précédemment, la connaissance des matériels et des médicaments – pour leurs effets, leurs caractéristiques pharmacologiques et leurs conditionnements – est un facteur déterminant de l'activité infirmière, en lien avec les caractéristiques de la situation. Des connaissances mathématiques sont citées par certaines infirmières comme leur faisant défaut. Cela les empêche parfois de suivre un protocole qui leur laisse des marges de manœuvre importantes ou de contrôler efficacement les résultats obtenus. Certaines reconnaissent même ne pas appliquer le protocole et adopter une autre manière de préparer leur seringue quand elles n'ont pas la certitude absolue de ne pas commettre d'erreur en respectant le dit protocole. Nous avons déjà relevé que des connaissances portant sur les approximations manquaient à certaines infirmières, indiquons également celles qui portent les unités de mesure assez rares (comme les μg), les grandeurs quotients (comme la concentration et le débit) et les propriétés des situations de proportionnalité. Comme le montrent de nombreux travaux issus de la littérature synthétisée dans la première partie de cet article, une formation complémentaire sur ces notions mathématiques serait vraisemblablement bénéfique, à condition qu'elle soit imbriquée à la formation professionnelle au calcul de dose, c'est-à-dire que les mathématiques soient bien impliquées dans la pratique et pas seulement appliquées pour la pratique. Il faudrait aussi pour cela que la formation porte sur d'autres raisonnements que celui orienté par la dose (rappelons que c'est justement celui qui ne convoque pas de grandeurs quotient dans les raisonnements calculatoires), ce qui n'est pas toujours le cas en France. Cela supposerait enfin que les savoirs

mis au jour ici quant aux possibilités de préparer l'administration d'une injection de dobutamine soient connus des formatrices en soins infirmiers.

Finalement, dans les termes de la psychologie ergonomique repris en didactique professionnelle, c'est une formation qui agit sur le couplage sujet-situation que nous envisageons. De nouvelles recherches pourraient étayer l'hypothèse de l'intérêt d'une telle formation.

De la formation des infirmières à celle des formatrices

L'analyse développée dans cet article a montré, alors que cela n'avait jamais été fait auparavant, que pour préparer une administration de dobutamine, quatre raisonnements peuvent être tenus qui organisent les calculs à effectuer pour préparer le liquide médicamenteux qui sera injecté, pour déterminer le débit volumique de son injection et la durée de traitement avant renouvellement. Une précédente recherche (Benlahouès, 2000) a montré que chacun de ces raisonnements sous-tend des protocoles en vigueur dans les services hospitaliers français. Pourtant, les étudiantes en soins infirmiers n'y sont que très rarement formées : d'une part elles n'apprennent généralement qu'un des raisonnements, sans les artéfacts associés aux protocoles présents sur le terrain ; d'autre part, pour le calcul d'une quatrième proportionnelle, une seule méthode est privilégiée alors que les enquêtes auprès des professionnelles montrent qu'elles en mobilisent un très grand nombre.

Ces constats interrogent à la fois le curriculum de formation et l'action des formatrices. Le calcul de dose médicamenteuse apparaît dans la 4^e compétence du référentiel du diplôme d'État d'infirmier relative à la mise en œuvre des actions à visée diagnostique et thérapeutique¹⁴. L'absence d'erreur de calcul de dose dans les différentes situations proposées doit être vérifiée. D'autres critères correspondent à l'activité globale de préparation et d'administration comme le repérage des anomalies de prescription, la conformité de l'administration à la prescription, etc. Du côté des formatrices, toutes anciennes infirmières, leur formation à l'enseignement de l'activité de calcul de dose est absente de leur cursus qui les conduit à devenir cadre de santé paramédicale. Elles s'appuient, pour former les étudiantes en soins infirmiers, sur leurs connaissances mathématiques et sur leurs expériences professionnelles où la pratique du calcul de dose a pu être mineure ou importante, s'appuyant ou non sur une variété de protocoles de préparation et d'administration.

En adaptant le concept de transposition didactique développé par Chevallard (1985) pour rendre compte, dans l'enseignement scolaire, de la transformation que subit tout contenu de savoir pour être enseigné, Rogalski (2007) indique, à propos de la formation professionnelle, que : « les savoirs de référence de l'activité experte sont une visée directe de la didactique professionnelle : ce sont les situations de travail qui vont être transposées pour la conception de situations professionnelles » (p. 2). Concernant le calcul de dose médicamenteuse, c'est bien l'identification des savoirs de référence de l'activité experte qui nous semble encore aujourd'hui faire défaut, avec pour conséquence le fait que les situations de travail ne peuvent pas être véritablement transposées en formation. Les recherches sur le calcul de doses citées dans la revue de littérature visaient essentiellement à mettre en lumière la variété et la richesse des savoirs des professionnelles infirmières. Nos travaux, sur l'exemple de l'administration de dobutamine, avaient plutôt pour objectif de déterminer les savoirs de référence relatifs à l'activité de calcul de dose. Dans cet article, nous avons identifié les raisonnements organisateurs des calculs nécessaires à la préparation du médicament en vue de son injection, en montrant les avantages de chacun pour la réalisation d'objectifs professionnels différents : se conformer à l'organisation du travail dans les services hospitaliers, maximiser l'efficacité en

¹⁴ https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/arrete_du_31_juillet_2009.pdf

simplifiant les calculs, préparer une solution médicamenteuse dont l'administration pourra facilement s'adapter en fonction de l'évolution de l'état du patient. Nous avons également mis au jour deux concepts pragmatiques qui pourraient être utilisés en formation, soit en IFSI dans des activités professionnelles simulées, soit en stage pour accompagner les étudiants sur le terrain. Ces savoirs de référence nous semblent devoir être transmis aux formatrices afin qu'elles puissent appréhender ce qui est en jeu dans les situations de travail et qu'elles puissent les transposer pour concevoir des situations de formation professionnelle. Des recherches seront à mener afin d'étudier les conditions, la mise en œuvre, la portée et les limites de ces évolutions que nous envisageons pour la formation au calcul de dose des futures infirmières, pour contribuer à répondre au défi de santé publique que constitue la lutte contre les événements indésirables graves liés aux soins.

RÉFÉRENCES

- Albus. (2015, juin 27). L'erreur médicale tourne au drame, l'infirmière face à son pire cauchemar. *Albus, l'appli des infirmiers*. <https://www.albus.fr/logiciel-appli-infirmiere-liberale/2015/06/27/erreur-medicale-tourne-au-drame-linfirmiere-face-a-son-pire-cauchemar/>
- Bakker, A. (2014). Characterising and developing vocational mathematical knowledge. *Educational Studies in Mathematics*, 86(2), 151-156. <https://doi.org/10.1007/s10649-014-9560-4>
- Bakker, A., Groenveld, D., Wijers, M., Akkerman, S. F., & Gravemeijer, K. P. E. (2014). Proportional reasoning in the laboratory: An intervention study in vocational education. *Educational Studies in Mathematics*, 86(2), 211-221. <https://doi.org/10.1007/s10649-012-9393-y>
- Benlahouès, D. (2016). Comprendre les calculs de doses. *Soins Pédiatrie/Puériculture*, 37(290), 21-25. <https://doi.org/10.1016/j.spp.2016.03.008>
- Benlahouès, D. (2020). *Le calcul de doses médicamenteuses : Une conceptualisation de l'activité infirmière en service de réanimation* [These de doctorat, Université de Paris (2014-2020)]. <http://theses.fr/2020UNIP7193>
- Berdot, S., Gillaizeau, F., Caruba, T., Prognon, P., Durieux, P., & Sabatier, B. (2013). Drug Administration Errors in Hospital Inpatients: A Systematic Review. *PLoS ONE*, 8(6), e68856. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068856>
- Berdot, S., Roudot, M., Schramm, C., Katsahian, S., Durieux, P., & Sabatier, B. (2016). Interventions to reduce nurses' medication administration errors in inpatient settings: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Nursing Studies*, 53, 342-350. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2015.08.012>
- Bernheim, C., Schmitt, E., & Dufay, E. (2005). Iatrogénie médicamenteuse nosocomiale et gestion des risques d'erreur médicamenteuse : À propos de l'analyse des notifications du réseau REEM. *Oncologie*, 7(2), 104-119. <https://doi.org/10.1007/s10269-005-0168-2>
- Carraher, T. N., Carraher, D. W., & Schliemann, A. D. (1985). Mathematics in the streets and in schools. *British Journal of Developmental Psychology*, 3(1), 21-29. <https://doi.org/10.1111/j.2044-835X.1985.tb00951.x>
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique – du savoir savant au savoir enseigné*. La pensée sauvage : Grenoble.
- Coben, D., & Weeks, K. (2014). Meeting the mathematical demands of the safety-critical workplace: Medication dosage calculation problem-solving for nursing. *Educational Studies in Mathematics*, 86(2), 253-270. <https://doi.org/10.1007/s10649-014-9537-3>
- Di Simone, E., Giannetta, N., Spada, E., Bruno, I., Dionisi, S., Chiarini, M., Tartaglino, D., & Muzio, M. D. (2018). *Prevenire l'errore nella somministrazione della terapia endovenosa in terapia intensiva : Revisione della letteratura*. 5.
- Escrivá Gracia, J., Brage Serrano, R., & Fernández Garrido, J. (2019). Medication errors and drug knowledge gaps among critical-care nurses: A mixed multi-method study. *BMC Health Services Research*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12913-019-4481-7>
- Grandell-Niemi, H., Hupli, M., Leino-Kilpi, H., & Puukka, P. (2003). Medication calculation skills of nurses in Finland. *Journal of Clinical Nursing*, 12(4), 519-528. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2702.2003.00742.x>
- Grandell-Niemi, H., Hupli, M., Puukka, P., & Leino-Kilpi, H. (2006). Finnish nurses' and nursing students' mathematical skills. *Nurse Education Today*, 26(2), 151-161. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2005.08.007>
- Guiet-Silvain, J., & Malabry, Y. (2012). Le geste professionnel, du savoir à la compétence : L'exemple de la proportionnalité des doses chez les infirmiers. *Carrefours de l'éducation*, 34(2), 177. <https://doi.org/10.3917/cdle.034.0177>
- Hoyles, C., Noss, R., & Pozzi, S. (2001). Proportional Reasoning in Nursing Practice. *Journal for Research in Mathematics Education*, 32(1), 4. <https://doi.org/10.2307/749619>
- Infirmiers.com, R. (2020, janvier 10). *Trois histoires autour d'événements indésirables graves liés aux soins*. Infirmiers.com. <https://www.infirmiers.com/profession-infirmiere/presentation/erreur-medicale-soignants-racontent.html>
- Kohn, L. T., Corrigan, J., & Donaldson, M. S. (Éds.). (2000). *To err is human: Building a safer health system*. National Academy Press.
- Lave, J. (1988). *Cognition in Practice: Mind, Mathematics and Culture in Everyday Life*. Cambridge University Press.
- Malabry, Y. (2010, septembre). *Le geste professionnel : Du savoir à la compétence*. Actualité de la recherche en éducation et en formation (AREF), Genève (Suisse).
- Márquez-Hernández, V. V., Fuentes-Colmenero, A. L., Cañadas-Núñez, F., Di Muzio, M., Giannetta, N., & Gutiérrez-Puertas, L. (2019). Factors related to medication errors in the preparation and administration of intravenous medication in the hospital environment. *PLOS ONE*, 14(7), e0220001. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220001>
- 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. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2010.05258.x>
- Michel, P., Minodier, C., Moty-Monnereau, C., Lathelize, M., Domecq, S., Chaleix, M., Kret, M., Roberts, T., Nitro, L., Bru-Sonnet, R., Quintard, B., Quenon, J.-L., & Olier, L. (2011). *Les événements indésirables graves dans les établissements de santé : Fréquence, évitabilité et acceptabilité* (Études et résultats N° 761; p. 8). DREES (Direction de la Recherche, des Études et de l'Évaluation et des Statistiques). <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/er761.pdf>
- Nunes, T., Schliemann, A. D., & Carraher, D. W. (1993). *Street Mathematics and School Mathematics*. Cambridge University Press.

- Pastré, P. (2002). L'analyse du travail en didactique professionnelle. *Revue française de pédagogie*, 138, 9-17.
- Robert-Diard, P. (2016, octobre 5). Après la mort d'Ilyes, 3ans, le procès de la routine hospitalière. Le Monde.fr. https://www.lemonde.fr/police-justice/article/2016/10/05/apres-la-mort-d-ilyes-3-ans-le-proces-de-la-routine-hospitaliere_5008272_1653578.html
- Roditi, E. (2014). Le calcul des doses médicamenteuses. Pratiques professionnelles et choix de formation en soins infirmiers. *Recherches en didactique des mathématiques*, 34(2), 103-132.
- Roditi, E. (2012). L'enseignement du calcul de doses médicamenteuses : Un défi pour la santé publique au 21e siècle. *Enseignement des mathématiques et contrat social: enjeux et défis pour le 21e siècle-Actes du colloque EMF2012*, 1235-1245. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00748043/>
- Rogalski, J. (2007). Approche de psychologie ergonomique de l'activité de l'enseignant. *Actes du XXVIe colloque COPIRELEM*, 45-66. http://ppwww.ciep.fr/sources/conferences/CD_professionnalisation/bak/pages/docs/pdf_interv/Rogalski_Janine.pdf
- Schliemann, A. D., & Nunes, T. (1990). A situated schema of proportionality. *British Journal of Developmental Psychology*, 8(3), 259-268. <https://doi.org/10.1111/j.2044-835X.1990.tb00841.x>
- Vergnaud, G. (1983). Multiplicative structures. In R. Lesh & M. Landau, *Acquisition of mathematics concepts and processes* (p. 127-174). FL: Academic Press.
- Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en didactique des mathématiques*, 10(2/3), 134-169.
- Vergnaud, G., Ricco, G., Rouchier, A., Marthe, P., Metregiste, R., & Giacobbe, J. (1979). *Acquisition des "structures multiplicatives" dans le premier cycle du second degré*. IREM de l'université d'Orléans.
- Weeks, K. W., Lyne, P., Mosely, L., & Torrance, C. (2001). The strive for clinical effectiveness in medication dosage calculation problem-solving skills: The role of constructivist learning theory in the design of a computer-based 'authentic world' learning environment. *Clinical Effectiveness in Nursing*, 5(1), 18-25. <https://doi.org/10.1054/cein.2001.0180>
- Wright, K. (2007). Student nurses need more than maths to improve their drug calculating skills. *Nurse Education Today*, 27(4), 278-285. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2006.05.007>
- Wright, K. (2008a). Drug calculations part 1: A critique of the formula used by nurses. *Nursing standard*, 22(36), 40.
- Wright, K. (2008b). Drug calculations part 2: Alternative strategies to the formula. *Nursing Standard*, 22(37), 42.
- Wright, K. (2008c). Can effective teaching and learning strategies help student nurses to retain drug calculation skills? *Nurse Education Today*, 28(7), 856-864. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2008.01.002>
- Wright, K. (2009a). Supporting the development of calculating skills in nurses. *British Journal of Nursing*, 18(7), 399-402. <https://doi.org/10.12968/bjon.2009.18.7.41652>
- Wright, K. (2009b). Developing methods for solving drug dosage calculations. *British Journal of Nursing*, 18(11), 685-689. <https://doi.org/10.12968/bjon.2009.18.11.42721>
- Wright, K. (2009c). Resources to help solve drug calculation problems. *British Journal of Nursing*, 18(14), 878-883. <https://doi.org/10.12968/bjon.2009.18.14.43357>
- Wright, K. (2009d). The assessment and development of drug calculation skills in nurse education – A critical debate. *Nurse Education Today*, 29(5), 544-548. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2008.08.019>
- Wright, K. (2010). Do calculation errors by nurses cause medication errors in clinical practice? A literature review. *Nurse Education Today*, 30(1), 85-97. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2009.06.009>

ANNEXES : LES OUTILS DES INFIRMIÈRES

Annexe 1 : Tableau de correspondance entre la masse de dobutamine et le volume de Dobutamine©



mg		10	20	30	40	50	60	70	80	90
mL		0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6	6,4	7,2
mg	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
mL	8	8,8	9,6	10,4	11,2	12	12,8	13,6	14,4	15,2
mg	200	210	220	230	240	250				
mL	16	16,8	17,6	18,4	19,2	20				

Annexe 2 : Tableau pour un raisonnement avec une entrée sur la concentration

DOBUTAMINE
2 Ampoules de 250 mg / 50 mL
10 mg/mL

*Préparer la seringue avec 2 ampoules dans 50 mL.
Régler le débit (mL/h) selon la valeur indiquée dans le tableau à partir de la prescription (µg/kg/min) et du poids du patient (kg)*

Poids (kg) µg/kg/min	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7
2	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4
3	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
4	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	2,9
5	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,4	2,6	2,7	2,9	3,0	3,2	3,3	3,5	3,6
6	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,1	4,3
7	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0
8	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6	2,9	3,1	3,4	3,6	3,8	4,1	4,3	4,6	4,8	5,0	5,3	5,5	5,8
9	1,9	2,2	2,4	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,3	4,6	4,9	5,1	5,4	5,7	5,9	6,2	6,5
10	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,7	6,0	6,3	6,6	6,9	7,2
11	2,3	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,6	5,0	5,3	5,6	5,9	6,3	6,6	6,9	7,3	7,6	7,9
12	2,5	2,9	3,2	3,6	4,0	4,3	4,7	5,0	5,4	5,8	6,1	6,5	6,8	7,2	7,6	7,9	8,3	8,6
13	2,7	3,1	3,5	3,9	4,3	4,7	5,1	5,5	5,9	6,2	6,6	7,0	7,4	7,8	8,2	8,6	9,0	9,4
14	2,9	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,5	5,9	6,3	6,7	7,1	7,6	8,0	8,4	8,8	9,2	9,7	10,1
15	3,2	3,6	4,1	4,5	5,0	5,4	5,9	6,3	6,8	7,2	7,7	8,1	8,6	9,0	9,5	9,9	10,4	10,8
16	3,4	3,8	4,3	4,8	5,3	5,8	6,2	6,7	7,2	7,7	8,2	8,6	9,1	9,6	10,1	10,6	11,0	11,5
17	3,6	4,1	4,6	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,7	8,2	8,7	9,2	9,7	10,2	10,7	11,2	11,7	12,2
18	3,8	4,3	4,9	5,4	5,9	6,5	7,0	7,6	8,1	8,6	9,2	9,7	10,3	10,8	11,3	11,9	12,4	13,0
19	4,0	4,6	5,1	5,7	6,3	6,8	7,4	8,0	8,6	9,1	9,7	10,3	10,8	11,4	12,0	12,5	13,1	13,7
20	4,2	4,8	5,4	6,0	6,6	7,2	7,8	8,4	9,0	9,6	10,2	10,8	11,4	12,0	12,6	13,2	13,8	14,4
21	4,4	5,0	5,7	6,3	6,9	7,6	8,2	8,8	9,5	10,1	10,7	11,3	12,0	12,6	13,2	13,9	14,5	15,1
22	4,6	5,3	5,9	6,6	7,3	7,9	8,6	9,2	9,9	10,6	11,2	11,9	12,5	13,2	13,9	14,5	15,2	15,8
23	4,8	5,5	6,2	6,9	7,6	8,3	9,0	9,7	10,4	11,0	11,7	12,4	13,1	13,8	14,5	15,2	15,9	16,6
24	5,0	5,8	6,5	7,2	7,9	8,6	9,4	10,1	10,8	11,5	12,2	13,0	13,7	14,4	15,1	15,8	16,6	17,3
25	5,3	6,0	6,8	7,5	8,3	9,0	9,8	10,5	11,3	12,0	12,8	13,5	14,3	15,0	15,8	16,5	17,3	18,0
26	5,5	6,2	7,0	7,8	8,6	9,4	10,1	10,9	11,7	12,5	13,3	14,0	14,8	15,6	16,4	17,2	17,9	18,7
27	5,7	6,5	7,3	8,1	8,9	9,7	10,5	11,3	12,2	13,0	13,8	14,6	15,4	16,2	17,0	17,8	18,6	19,4
28	5,9	6,7	7,6	8,4	9,2	10,1	10,9	11,8	12,6	13,4	14,3	15,1	16,0	16,8	17,6	18,5	19,3	20,2
29	6,1	7,0	7,8	8,7	9,6	10,4	11,3	12,2	13,1	13,9	14,8	15,7	16,5	17,4	18,3	19,1	20,0	20,9
30	6,3	7,2	8,1	9,0	9,9	10,8	11,7	12,6	13,5	14,4	15,3	16,2	17,1	18,0	18,9	19,8	20,7	21,6

Annexe 3 : Tableau pour un raisonnement avec une entrée sur le débit

Dobutamine										P = Poids V = Volume Total 1 ml/h = 1 µg /kg/min	
125 mg					250 mg						
P	V		P	V		P	V		P	V	
kg	ml		kg	ml		kg	ml		kg	ml	
38	55		62	34		86	48		110	38	
39	53		63	33		87	48		111	38	
40	52		64	33		88	47		112	38	
41	51		65	32		89	47		113	37	
42	50		66	32		90	46		114	37	
43	48		67	31		91	46		115	36	
44	47		68	31		92	45		116	36	
45	46		69	30		93	45		117	36	
46	45		70	30		94	44		118	35	
47	44		71	29		95	44		119	35	
48	43		72	29		96	43		120	35	
49	43		73	29		97	43		121	34	
50	42		74	28		98	43		122	34	
51	41		75	28		99	42		123	34	
52	40		76	28		100	42		124	34	
53	39		77	27		101	41		125	33	
54	39		78	27		102	41		126	33	
55	38		79	26		103	40		127	33	
56	37		80	26		104	40		128	33	
57	37		81	26		105	40		129	32	
58	36		82	25		106	39		130	32	
59	35		83	25		107	39		131	32	
60	35		84	25		108	39		132	32	
61	34		85	25		109	38		133	31	

Annexe 4 : Tableau pour un raisonnement avec une entrée sur le débit (règle du 3 fois P)

**TABLEAU DES DOSES DE DOBUTAMINE
en fonction du poids**

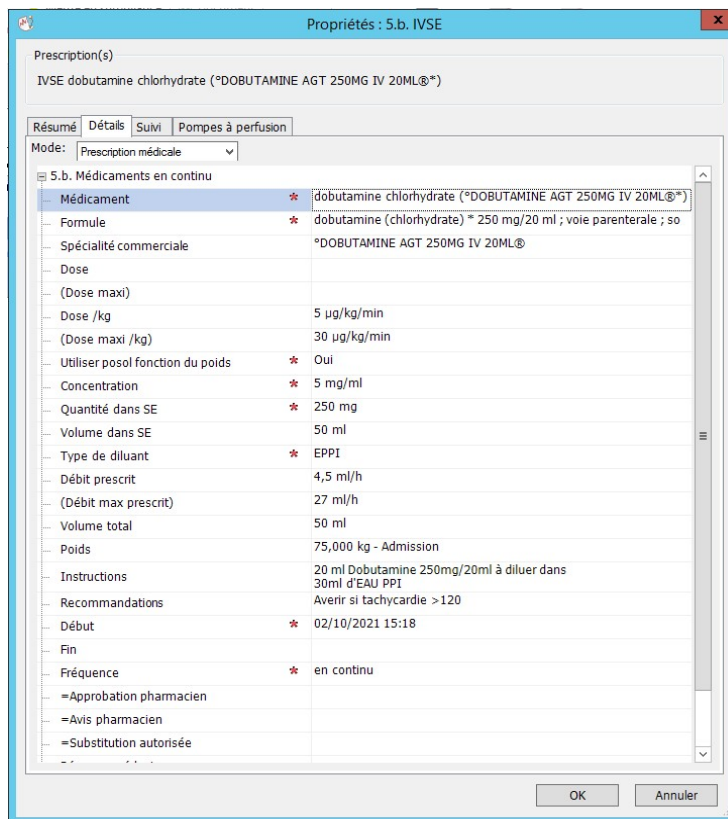
FLACON DE DOBUTAMINE 250 mg dans 20 ml

Pour préparer les seringues de DOBUTAMINE, compléter la dose indiquée dans le tableau jusqu'à 50cc avec du sérum physiologique ou du G 5%.

Calcul dose de Dobutamine : Poids du patient x 3 = dose en mg X 20cc : 250 mg = dose en ml à ramener à 50ml avec serum physiologique ou du G5%.

POIDS	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
DOSE	8,4	8,6	8,9	9,1	9,4	9,6	9,8	10,1	10,3	10,6	10,8	11,0	11,3	11,5	11,8	12,0	12,2	12,5	12,7	13,0
POIDS	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
DOSE	13,2	13,4	13,7	13,9	14,2	14,4	14,6	14,9	15,1	15,4	15,6	15,8	16,1	16,3	16,6	16,8	17,0	17,3	17,5	17,8
POIDS	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
DOSE	18,0	18,2	18,5	18,7	19,0	19,2	19,4	19,7	19,9	20,2	20,4	20,6	20,9	21,1	21,4	21,6	21,8	22,1	22,3	22,6
POIDS	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
DOSE	22,8	23,0	23,3	23,5	23,8	24,0	24,2	24,5	24,7	25,0	25,2	25,4	25,7	25,9	26,2	26,4	26,6	26,9	27,1	27,4
POIDS	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134
DOSE	27,6	27,8	28,1	28,3	28,6	28,8	29,0	29,3	29,5	29,8	30,0	30,2	30,5	30,7	31,0	31,2	31,4	31,7	31,9	32,2
POIDS	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154
DOSE	32,4	32,6	32,9	33,1	33,4	33,6	33,8	34,1	34,3	34,6	34,8	35,0	35,3	35,5	35,8	36,0	36,2	36,5	36,7	37,0

Annexe 5



La figure ci-dessus est une fenêtre d'un logiciel d'aide à la prescription médicamenteuse. Les commentaires qui suivent montrent que les indications aident aussi à la préparation, mais qu'elles ne sont pas organisées pour permettre à l'infirmière d'effectuer le raisonnement et les calculs.

Les trois premières lignes indiquent que le patient doit recevoir une injection de dobutamine par intraveineuse et que ce médicament est disponible avec une concentration de 250 mg / 20 mL.

La ligne suivante indique la prescription D_0 : 5 µg/kg/min.

La ligne « Concentration » indique que la concentration du produit dans la seringue sera de 5 mg/mL ; les deux lignes suivantes indiquent que cette concentration sera réalisée par l'infirmière en diluant un flacon de 250 mg dans une seringue de 50 mL. On reconnaît le raisonnement avec entrée par la concentration. La ligne suivante indique le type de diluant qui est de l'eau pour préparation injectable (EPP).

Les informations sont ensuite données dans un ordre qui n'est pas celui du calcul puisque la ligne « Poids » indique 75 kg, mais vient après la ligne « Débit prescrit » qui correspond à D_2 : 4,5 mL/h. Cette valeur s'obtient par le calcul :

$$D_2 = 5 (\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}) \times 75 (\text{kg}) \times 60 (\text{min}/\text{h}) / 1\,000 (\mu\text{g}/\text{mg}) / 5 (\text{mg}/\text{mL}) = 4,5 (\text{mL}/\text{h}).$$

La ligne « Instructions » complète les indications sur la préparation de la seringue : diluer les 20 mL d'un flacon dans 50 mL en ajoutant 30 mL de diluant (EPP).