

Master en Pharmacie

Travail Personnel de Recherche

Une formation théorique permet-elle d'améliorer les performances de calculs des opérateurs en production ?

présenté à la

Faculté des sciences de
L'Université de Genève

par

Benjamin Mouchet

Unité de rattachement
Pharmacie hospitalière et clinique

Directeur de l'unité
Prof. Pascal Bonnabry

Autres responsables

Dre. Lucie Bouchoud
Dre. Ludivine Falaschi

Genève
2014

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail, et tout particulièrement:

le Professeur Pascal Bonnabry, Pharmacien-chef des Hôpitaux Universitaires de Genève et rapporteur de section pour ce travail, pour son accueil au sein de la pharmacie, son encadrement et ses conseils précieux;

le Dre. Lucie Bouchoud, responsable du secteur production, pour son aide tout au long de ce travail et la liberté qu'elle m'a laissé pour le mener à bien;

le Dre. Ludivine Falaschi, responsable de l'unité cytotatiques, pour ses bons conseils et sa bonne humeur pendant ces quelques mois passés à la pharmacie;

Laurent Carrez, responsable du secteur recherche et développement, pour sa gentillesse et pour avoir pris du temps pour répondre à mes tests;

Salim Senhaji, pharmacien de routine, pour son aide et pour le temps qu'il m'a accordé pour répondre à mes questions;

Claude Guéguénat, infirmière spécialiste clinique, pour sa disponibilité et pour avoir répondu à mes questions;

toute l'équipe des préparatrices de la pharmacie: Marie-Christine, Patricia, Ester, Véronique, Isabelle, Céline, Amélie, Valérie, Fébronia et Béatrice pour avoir participé à mon étude avec motivation et intérêt;

mes amis et étudiants en pharmacie: Hervé, Julian, Alizée, Sandrine, Sabrina, Lionel, Margaux et Siwar pour avoir participé à mon étude et pour avoir porté de l'intérêt à mon projet;

Danièle Schaerrer et Anne-Sophie Verrey qui ont partagé mon bureau pendant ce projet, pour leur bonne humeur et leurs conseils.

Finalement je tiens à remercier mes parents, Jean-Pierre et Yasmina, et ma soeur Margaux, pour leur soutien tout au long de mes études et pour m'avoir toujours poussé à donner le meilleur de moi-même.

Benjamin Mouchet

Résumé

Introduction

Si l'informatisation et l'automatisation prennent de plus en plus de place dans les processus de fabrication pharmaceutique à l'hôpital, les calculs sont toujours présents dans le quotidien des opérateurs en production. Le but de cette étude est de voir si une formation théorique permet d'améliorer les performances de calcul des opérateurs et si elle réduit la variabilité inter-individuelle. Une comparaison avec une population d'étudiants a été effectuée afin d'évaluer l'impact de la pratique quotidienne sur les performances de calcul.

Méthode

Les performances de calcul avant et après la formation ont été évaluées grâce à des tests de calcul. Une fiche-résumé utilisable pendant les tests post-formation a été distribuée à la fin du cours. L'étude a été effectuée de la même façon sur les deux populations. Les tests contenaient chacun 17 questions à réponse courte (une valeur), portant sur les 6 thèmes suivants : dilutions, mEq, moles, conversion d'unités, pourcentages, règle de 3. Les deux tests post-formation ont été réalisés 2 semaines et 7 semaines après la formation. Une enquête de satisfaction a été distribuée après la formation.

Résultats et discussion

Les performances initiales de calcul des préparatrices étaient de $80,5\% \pm 8,3$ de bonnes réponses ($n=9$). La formation théorique avec distribution de la fiche-résumé a permis une amélioration 2 semaines après la formation ($94,8\% \pm 3,8$; $p=0,008$) et à 7 semaines après celle-ci ($94,1\% \pm 2,6$; $p=0,008$) avec réduction de la variabilité inter-individuelle. Les étudiants ont obtenu une moyenne générale au premier test de $69,1\% \pm 13,7$ ($n=8$), avec une amélioration 2 semaines après la formation ($93,1\% \pm 5,4$; $p=0,014$) et 7 semaines après la formation ($92,7\% \pm 7,8$; $p=0,016$). La variabilité inter-individuelle a également été réduite.

Pour les deux populations, les résultats post-formation atteignent une valeur "plafond" qui ne dépasse pas 95%. Les étudiants ont un meilleur bagage de connaissances de base que les préparatrices (formules de dilutions et moles), lesquelles sont beaucoup plus éloignées de leurs études. De plus, ils sont plus rapides car plus habitués à ce genre de tests. Néanmoins, ils n'utilisent pas toujours leurs connaissances au mieux, et la formation ainsi que la fiche-résumé permettent d'améliorer les résultats. En outre, dans certains domaines (pourcentages), les résultats initiaux sont inférieurs à ceux des préparatrices, ce qui confirme l'importance de la pratique quotidienne. L'enquête de satisfaction montre que les différents thèmes du cours ont été bien intégrés. 89% des préparatrices sont en faveur d'une remise à niveau régulière, avec un espacement d'un à deux ans entre chaque formation.

Conclusion

Cette étude a permis de montrer que les performances de calculs de préparatrices en pharmacie et d'étudiants en pharmacie peuvent être améliorées grâce à une formation théorique avec distribution d'une fiche-résumé. Il est donc nécessaire d'effectuer régulièrement des rappels de cette formation, afin de permettre une utilisation optimale de la fiche et de minimiser le risque d'erreur de calcul. Cela semble indispensable afin d'assurer une sécurité maximale du patient dans le processus hospitalier.

Table des matières

I	Introduction.....	5
I.1	Les erreurs de calcul dans le domaine de la santé.....	5
I.1.1	Erreurs médicamenteuses et erreurs de calcul lors des processus de préparation et de fabrication	5
I.1.2	Facteurs influençant les performances de calcul et causes des erreurs	10
I.1.3	Evaluation des performances de calculs	10
I.2	Formations théoriques	11
I.2.1	Contenu des formations théoriques	11
I.2.2	Impact sur les performances de calcul.....	13
I.3	Objectifs du projet	14
II	Méthode.....	15
II.1	Description générale du projet	15
II.1.1	Choix des populations.....	15
II.1.2	Déroulement.....	15
II.2	Tests de calcul.....	16
II.2.1	Elaboration et validation des tests	16
II.2.2	Evaluation des préparatrices de la pharmacie des HUG.....	17
II.2.3	Evaluation des étudiants en pharmacie.....	17
II.3	Formation théorique.....	17
II.3.1	Elaboration et validation du cours.....	17
II.3.2	Fiche de rappels	18
II.3.3	Enquête de satisfaction	18
II.4	Analyse des préparations pharmaceutiques.....	18
II.4.1	Préparations des médicaments cytotoxiques.....	18
II.4.2	Préparations magistrales	19
II.5	Analyse des résultats	19
II.5.1	Résultats des tests	19
II.5.2	Analyse statistique.....	19
II.5.3	Enquêtes de satisfaction.....	20
II.5.4	Protocoles de fabrication.....	20
III	Résultats	20
III.1	Résultats des tests de calcul	20
Il est à noter que dans toutes les figures, les barres d'erreurs représentent l'intervalle de confiance à 5%.20		
III.1.1	Résultats globaux des deux populations	20
III.1.2	Résultats des opérateurs des HUG.....	22
III.1.3	Résultats des étudiants en pharmacie	24
III.1.4	Comparaison des deux populations	25
III.2	Résultats de l'enquête de satisfaction.....	26
III.3	Analyse des préparations pharmaceutiques.....	27
III.3.1	Analyse des protocoles de préparation des médicaments cytotoxiques.....	27
III.3.2	Analyse des protocoles des préparations magistrales	28
IV	Discussion	29
IV.1	Tests de calcul.....	29
IV.1.1	Résultats globaux des deux populations	29
IV.1.2	Résultats des opérateurs des HUG	30
IV.1.3	Résultats des étudiants en pharmacie.....	32
IV.1.4	Comparaison globale des deux populations.....	33
IV.2	Résultats de l'enquête de satisfaction.....	34
V	Conclusion	35
VI	Bibliographie.....	37
VII	Annexes	39

I Introduction

I.1 Les erreurs de calcul dans le domaine de la santé

I.1.1 Erreurs médicamenteuses et erreurs de calcul lors des processus de préparation et de fabrication

I.1.1.1 Définition d'une erreur médicamenteuse et différents types d'erreurs médicamenteuses

Aux Etats-Unis, entre 44000 et 98000 personnes décèdent chaque année suite à des erreurs médicales, dont 7000 suite à une erreur médicamenteuse [1]. Les erreurs médicamenteuses prennent donc aujourd'hui une place non négligeable dans le système de santé mondial. S'il existe plusieurs types d'erreurs, il est tout de même possible de les définir comme le non-achèvement selon les prévisions d'une action, planifiée ou non, ou encore la mise en œuvre d'un mauvais plan de traitement [1], ce qui peut conduire à un préjudice plus ou moins grave pour le patient, appelé événement indésirable. Un événement indésirable est un dommage résultant d'une intervention médicale, il n'est pas dû à la condition du patient. Les erreurs médicamenteuses peuvent survenir à toutes les étapes du processus des soins, du diagnostic au traitement [2]: elles peuvent avoir lieu lors de la prescription, lors de la retranscription ou de la préparation du médicament, ou encore lors de la dispensation et de l'administration.

Cette définition de l'erreur médicamenteuse reste générale, car ces erreurs peuvent être rangées en plusieurs catégories. En se basant sur une revue de la littérature publiée en 2010 [3], sur une étude publiée en 2013 analysant les erreurs médicamenteuse commises par les infirmières dans un service hospitalier d'urgences Iranien [4], sur une étude de cohorte prospective publiée en 2002 analysant les erreurs médicamenteuses dans 36 établissements de santé Américains [5] et sur une revue systématique publiée en 2010 analysant la fréquence des erreurs lors de la préparation et l'administration de médicaments intraveineux [6], il est possible de classer les principaux types d'erreurs médicamenteuses en 3 grandes catégories: celles commises 1) lors de la prescription, 2) lors de la préparation ou de la fabrication, et 3) lors de l'administration. Les principales erreurs sont résumées dans le tableau 1.

Tableau 1: principales erreurs médicamenteuses

Prescription	Préparation	Administration
<ul style="list-style-type: none"> - Mauvais médicament - Dose incorrecte - Traitement non- autorisé - Mauvaise voie d'administration - Mauvais patient 	<ul style="list-style-type: none"> - Dose incorrecte - Dose oubliée - Mauvais traitement - Erreur d'étiquetage - Mauvaise préparation/ mauvaise technique de préparation - Incompatibilités physico-chimiques - Produit non-mélangé - Mauvais diluant utilisé pour reconstituer le médicament 	<ul style="list-style-type: none"> - Dose oubliée - Mauvaise vitesse de perfusion - Traitement administré au mauvais moment - Mauvaise voie d'administration - Mauvais patient - Incompatibilités physico-chimiques

La mauvaise vitesse de perfusion représente une erreur importante avec une fréquence de 33,3 % (n=14) [4]. Le non-mélange du produit (par exemple préparation d'une seringue à partir d'un flacon de poudre avec solvant sans dispositif de transfert) selon les recommandations, avec une incidence allant de 1% à 79% (n=1-190), représente une erreur dont la survenue est très variable [3]. Une autre cause d'erreur assez variable est l'erreur d'étiquetage, avec une incidence allant de 9,9% (n=20) à 43% (n=120) [3]. Enfin, une étude publiée en 2010 [6] recense 31% d'erreur lors de la reconstitution du médicament.

Concernant les erreurs de calculs, elles peuvent arriver aux différentes étapes du processus (prescription, dispensation, préparation, administration) et se traduire par des erreurs de doses, de débit, etc. Une étude a analysé la concentration en principe actif contenu dans des seringues de réserve (inutilisées) du département d'anesthésiologie des HUG [7]. 29% des seringues avaient une concentration hors de la marge d'acceptabilité de $\pm 10\%$ par rapport à la concentration théorique. 8% des seringues avaient une concentration en principe actif au-delà de $\pm 50\%$ de la concentration attendue et 4% au-delà de $\pm 100\%$. La figure 1 présente les concentrations des seringues analysées pour 4 principes actifs modèles.

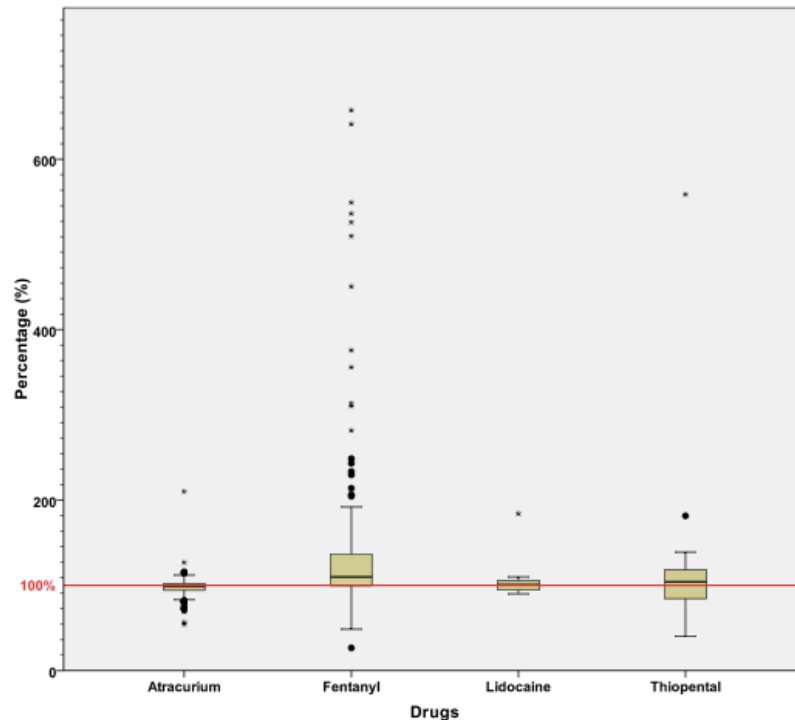


Figure 1: Analyse des concentrations en principe actif de 4 types de seringues préparées dans le service d'anesthésiologie [7].

Dans 4% des cas (n=20/500), l'écart à la valeur théorique de concentration dépasse $\pm 100\%$, ce qui ne suggère pas seulement une imprécision de dosage, mais bien une erreur dans la préparation, due par exemple à une erreur dans le calcul de volume à prélever à partir de la dose. Sur la figure 1, il apparaît clairement que plusieurs seringues de Fentanyl entrent dans ce cas de figure. Les erreurs de calculs peuvent donc avoir des conséquences directes sur la qualité des préparations médicamenteuses et sur la sécurité des patients.

I.1.1.2 Définition d'une erreur de calcul

Les erreurs de calcul sont une cause d'erreur médicamenteuse. Elles peuvent être définies comme la résolution incorrecte d'un calcul nécessaire à la prescription, la préparation, la dispensation ou l'administration d'un médicament ou d'un traitement. Le problème a lieu lors de la retranscription ou lors de l'établissement d'un protocole, ou alors directement lors de la préparation du médicament.

I.1.1.3 Types d'erreurs de calcul

Il existe plusieurs types d'erreurs de calcul. Une étude publiée en 2001 [8] analyse les résultats de tests de calculs de doses et de calculs médicamenteux sur une population d'étudiants infirmiers et distingue 3 principaux types d'erreur.

Il y a tout d'abord les **erreurs de compréhension**: l'étudiant ne comprend pas la question qui lui est posée. Cela peut venir d'une incompréhension au niveau des unités demandées, d'un manque de connaissance, d'une interprétation erronée de l'énoncé ou du problème qui se présente ou simplement d'une mauvaise lecture de l'énoncé. Dans l'étude en question, beaucoup d'étudiants font des confusions sur les unités demandées. Par exemple, le résultat d'un volume est donné en mL alors

qu'il est explicitement demandé en "nombre de gouttes". Viennent ensuite les **erreurs dites de transformation ou de méthodologie**: l'étudiant n'utilise pas la bonne méthode ou la bonne formule pour résoudre le problème, ou l'utilise mal. Par exemple la formule $C_1V_1=C_2V_2$ utilisée pour effectuer des calculs de dilution est souvent mal utilisée, les expressions littérales de la formule n'étant pas remplacées par les bonnes valeurs. Enfin, les **erreurs dites de processus** constituent le troisième type d'erreur de calcul. Elles peuvent être assimilées à des erreurs de raisonnement mathématiques pures, l'étudiant ayant par exemple du mal à isoler un terme dans une formule, ou fait des confusions entre le dividende et le diviseur.

I.1.1.4 Fréquence des erreurs de calcul

Une étude publiée en 2001 [9] a analysé les erreurs médicamenteuses en pédiatrie sur une période d'une année. Sur 3295 erreurs recensées au total, 121 (4%) étaient attribuées à un problème calculatoire.

Une autre étude effectuée aux HUG publiée en 2007 [10] avait pour but d'estimer les taux de base d'erreurs d'attention lors de la préparation des médicaments et de raisonnement lors des calculs. L'étude a été réalisée sur une population d'infirmière (n=30) et une population de médecins anesthésistes (n=28) ayant chacun 22 calculs de dose, dilution et conversions d'unité à faire pour la partie calculatoire. La fréquence des erreurs de calculs était de 10,4% chez les médecins anesthésistes contre 27,0% chez les infirmières. On observait de plus une très grande variabilité interindividuelle, qui allait de 0 à 72% d'erreurs chez les infirmières.

Enfin, une étude effectuée en 2006 au Royaume-Uni [11] a analysé les performances de 229 étudiants(tes) infirmiers(ères) et de 44 infirmiers(ères) diplômé(e)s par l'intermédiaire d'un test de calcul de doses de 20 questions. Les performances étaient assez mauvaises avec un score moyen chez les étudiants (exprimés en pourcentage de bonnes réponses) de 36,2% et de 40,8% chez le personnel diplômé. La différence observée ici par rapport aux études précédentes peut être expliquée par le stress et l'anxiété individuelle des participants, et également par l'utilisation de la calculatrice, qui n'offre qu'une « pseudo sécurité ». Bien qu'elle prévienne de nombreuses erreurs, elle peut également amener les participants à se reposer sur son utilisation, ce qui diminue leur réflexion et leur esprit critique. De plus, le niveau de difficulté des calculs a également pu impacter sur les résultats. Il apparaît donc clairement que la fréquence et l'incidence des erreurs de calcul est très variable, les résultats observés dans les différentes études étant assez hétérogènes.

I.1.1.5. Conséquences en milieu hospitalier

Les erreurs de calculs, comme toutes les autres causes d'erreurs médicamenteuses, peuvent avoir des conséquences plus ou moins graves sur le patient et sur son intégrité physique. Dans les cas les moins graves, elles peuvent conduire à un surdosage ou à un sous-dosage n'ayant pas d'impact sur le patient, ou encore à des gaspillages de matières premières. Dans les cas les plus graves, une simple erreur de calcul peut aller jusqu'au décès du patient.

Ainsi, un enfant de 6 ans, traité au service d'oncologie pédiatrique de l'hôpital de la Timone-Enfants à Marseille pour une forme très agressive de cancer, est mort le 3 février 2010, tué par une surdose de

chimiothérapie [12]. L'erreur de dosage était vraisemblablement liée à une virgule mal placée ou mal interprétée, qui a conduit le soignant à administrer 10 fois la dose thérapeutique, conduisant l'enfant en réanimation où il est mort au bout de quelques jours.

A l'hôpital de La Rochelle cette fois-ci, une femme de 71 ans atteinte d'un cancer en phase terminale est morte en février 2011 après avoir reçu par erreur une dose de morphine 10 fois supérieure à la normale [13].

Malheureusement, ce ne sont là que deux exemples publiés parmi de nombreux événements similaires qui se déroulent dans les hôpitaux. Force est de constater que l'être humain est assez limité dans ses compétences en calculs, malgré les nombreuses années passées à exercer les mathématiques.

I.1.1.6 Mesures préventives

Aux HUG, plusieurs mesures ont été mises en place afin de prévenir au maximum les erreurs de calcul lors de l'établissement de protocoles et lors de la fabrication de médicaments. La première stratégie consiste à supprimer les calculs faits par les êtres humains, grâce à l'informatisation. La plupart des processus de fabrication des chimiothérapies ou des poches d'alimentation parentérale sont standardisés: il n'y a plus ni retranscription ni calcul. Pour certains protocoles de fabrication, le calcul est directement effectué par un logiciel de gestion des fabrications "Panoramix" ou par les logiciels de gestion des chimiothérapies "Cyto*". Il s'agit par exemple des protocoles d'adaptation des posologies en pédiatrie. L'opérateur doit compléter les champs requis par le programme, et le ou les calculs sont faits automatiquement. La deuxième mesure est l'utilisation d'abaques, comme par exemple des courbes de poids, ou de tables de conversion afin d'éviter certains calculs sans forcément recourir à l'outil informatique. La troisième mesure est le double-contrôle qui consiste en une vérification par une seconde personne des calculs pour tous les protocoles qui ne sont pas informatisés et standardisés. Il est obligatoire et peut être fait par un pharmacien ou un préparateur en pharmacie. Dans certaines situations, cette mesure peut être renforcée en un triple contrôle. Basé sur le même principe que le double contrôle, il est obligatoire pour les médicaments chimiothérapeutiques administrés par voie intrathécale, pour traiter les leucémies par exemple. Ici, le troisième contrôle doit obligatoirement être réalisé par un pharmacien. Il englobe également des contrôles sur la prescription, les matières premières et l'étiquetage de la fabrication. Enfin, pour des calculs avec équation complexe qui reviennent régulièrement, comme la surface corporelle des patients, une aide au calcul disponible sur le logiciel des chimiothérapies ("Cyto*") est utilisée. L'opérateur entre la taille et le poids du patient et le système calcul la surface corporelle. Le calcul de surface corporelle effectué par informatique est détaillé dans l'équation 1.

$$S = \sqrt{\frac{T \times M}{3600}} \quad \text{[Equation 1]}$$

Avec :

- S = Surface corporelle en **m²**
- T = Taille en **cm**
- M = Masse en **kg**

D'après la littérature, la fiabilité du double contrôle est d'environ 85% (valeur reconnue en milieu industriel) [14] [15]. Cette fiabilité des contrôles est insuffisante et dangereuse lors de l'administration de médicaments à marge thérapeutique étroite ou administrés par une voie à haut risque [15]. En comparaison, la fiabilité du système électronique est de 100,0% pour autant que la programmation soit exempte d'erreurs et que le système soit correctement appliqué [15]. Il est donc toujours mieux d'éviter de commettre des erreurs en supprimant les calculs par informatisation, plutôt que d'essayer de les récupérer une fois commises.

I.1.2 Facteurs influençant les performances de calcul et causes des erreurs

I.1.2.1 Chez les soignants diplômés

Chez le personnel soignant en exercice, plusieurs facteurs influencent les performances de calcul. Parmi ces facteurs, on peut citer:

- Le bruit environnant
- La charge de travail
- La fatigue
- Les interruptions dans le travail

I.1.2.2 Chez les soignants étudiants

D'après la littérature, les facteurs influençant les performances de calcul chez les soignants étudiants sont différents de ceux identifiés chez les soignants diplômés. De nombreuses erreurs de compréhension ne se produiraient pas si les étudiants se trouvaient dans des conditions identiques à celles de l'hôpital, avec les instruments adéquats [8] (seringues, poches...) ce qui leur permettrait de visualiser de façon beaucoup plus concrète le problème posé. Pour reprendre l'exemple cité dans la partie 1.1.3, la présence de l'instrument permet de savoir s'il nécessite un résultat en nombre de gouttes ou en mL. De la même manière, de nombreuses erreurs de transformation ou de méthodologie ne se produiraient pas si les formules étaient affichées en évidence dans la salle [8]. Enfin, les erreurs de processus auraient une fréquence plus basse si les étudiants utilisaient systématiquement des calculatrices [8].

I.1.3 Evaluation des performances de calculs

I.1.3.1 Contenu des tests de calcul

Une étude effectuée en Australie et publiée en 1997 [16] a analysé les compétences en calcul de 220 infirmières, grâce à un test contenant 11 calculs de dosages médicamenteux habituellement effectués dans les unités de soins. 58% des infirmières (n=127) n'ont pas été capable d'effectuer les 11 calculs de

dosages correctement. Le test contenait des questions relatives à des calculs de taux et de débits pour des administrations intraveineuses, des calculs d'adaptation posologique (par exemple quand la dose du médicament disponible est supérieure à la dose prescrite) et des calculs de conversion d'unité.

Voici quelques exemples de questions posées dans le test:

“On veut administrer 35 unités d'insuline à un patient, et on dispose d'une bouteille de 10mL dosée à 100 unités/mL. Quel volume devra être administré au patient?”

“Déterminer le nombre adéquat de comprimés de Digoxine dosé à 125 mcg pour une administration de 250 mg à un patient.”

“Un patient se voit prescrire de l'insuline par voie intraveineuse à un débit de 3 unités/h. On dispose d'un flacon de 500mL contenant 100 unités. Calculer le débit de perfusion en gouttes/min sachant que 20 gouttes représentent 1mL de solution.”

I.1.3.2 Méthodes de résolution des problèmes calculatoires

Une étude effectuée au Royaume-Uni et publiée en 2012 [17] analyse les méthodes et les stratégies utilisées par des infirmières confirmées pour résoudre des problèmes de calculs médicamenteux (sous forme de questionnaires). Trois méthodes différentes ont été observées. La première est l'**utilisation d'une formule de type** produit en croix. Sur sept participants, quatre l'ont utilisée et deux l'ont utilisée dans toutes les questions. Trois participants sur les quatre ayant utilisé fréquemment cette méthode étaient habitués à utiliser une calculatrice sur le terrain, et ont donc été contraints à plusieurs reprises de résoudre leur calcul avec des méthodes qui ne leur étaient pas familières. Cela a poussé les participants à tenter un nombre considérable de mesures pour résoudre le calcul qu'ils avaient mis en place. La deuxième stratégie consiste à **utiliser des principes de proportionnalité**, de façon aléatoire, jusqu'à tomber sur le résultat correct. Cinq participants ont utilisés ce type de méthode dans plusieurs questions. Voici un exemple :

« Si 3mL contiennent 30mg de substance, quel volume faudra-t-il prélever pour obtenir 6mg ? »

Résolution : 30 mg dans 3mL

3 mg dans 0,3mL *On divise les deux côtés par 10*

6mg dans 0,6mL *On multiplie les deux côtés par 2*

La troisième méthode consistait à **utiliser directement des seringues** pour résoudre le calcul. Cette méthode a été utilisée par quatre participants. Sur la base de l'exemple donné précédemment, les participants dessinaient des seringues divisées en segments égaux afin de mieux visualiser la masse de substance contenue dans une unité de volume.

I.2 Formations théoriques

I.2.1 Contenu des formations théoriques

I.2.1.1 Compétences mathématiques de base

De nombreuses formations aux calculs destinées au personnel soignant contiennent des rappels et des notions calculatoires de base, qui n'ont pas forcément un lien avec le milieu hospitalier. Dans la HES de Genève, la formation sur les dispensations médicales commence dès la première année, avec une

formation sur les calculs simples. Délaissée depuis quelques années, il a été décidé récemment de remettre l'accent dessus : même si c'est moins le cas qu'auparavant (en cause l'informatisation des procédés), les calculs sont toujours présents, il est donc nécessaire de les maîtriser parfaitement. Aux HUG, un poste d'infirmière spécialiste clinique en thérapeutique médicamenteuse a été créé en 2008 par la direction des soins afin d'aider les équipes infirmières à la gestion de l'administration des médicaments. L'infirmière spécialiste clinique dispense 18 cours de formation aux calculs par année, destinés aux infirmiers(ères) des HUG. Ces cours commencent tous par des rappels mathématiques simples (proportionnalité, divisions, multiplications...) avec des exemples pratiques sans rapport avec le milieu hospitalier. Voici un exemple de question:

“5 kg de fruits coûtent 7,50 CHF, et 7 kg coûtent 10,50 CHF. Combien coûtent 10 kg ?”.

Ces compétences mathématiques de base sont nécessaires pour appréhender par la suite des notions plus complexes de calculs de dosage médicamenteux. La maîtrise du calcul passe par la capacité à énoncer les règles de calcul, à effectuer la totalité des opérations sans calculatrice (multiplications, additions, divisions avec virgules) et à calculer les pourcentages [18].

I.2.1.2 Application en situation clinique

La plupart des formations théoriques se focalisent essentiellement sur les applications en situation clinique des calculs. Elles contiennent des exemples concrets de calculs de dosages médicamenteux, d'adaptation posologique, de dilution, de conversions d'unités...

Pour un public infirmier, les formations peuvent s'organiser autour de plusieurs axes [18]:

- Travail sur les capacités, volumes, poids, masse
Travail sur les représentations
Montrer ce qu'est, une seringue de 5mL, 10mL, 20mL, 50mL, une ampoule d'électrolytes de 10 mL, 20mL, un flacon, les poches à perfusion 100mL, 250mL, 500mL, 1000mL.
- Règle de trois et proportionnalité appliqué à des situations cliniques
Identifier les différentes façons de raisonner
- Ajouts d'électrolytes/perfusions
Exercices de calculs et d'ajout d'ions dans les perfusions
- Seringues auto-propulsées
Exercices de calculs de débits pour les seringues électriques

I.2.1.3 Nouvelles stratégies: e-learning, approche multimodale et constructivisme

Depuis quelques années, de nouvelles stratégies de formation dans le domaine calculatoire se mettent en place. La première est le concept de e-learning, qui consiste à apporter un enseignement théorique par l'intermédiaire de plateformes de données et de cours en ligne, facilement accessibles par le public cible. Une étude publiée en 2013 [19] a exploré les ressentis et les expériences d'étudiants en première année d'école infirmière ayant reçu une formation e-learning combinée à des méthodes plus traditionnelles. Les résultats se sont avérés satisfaisants, les étudiants trouvant le e-learning adapté au développement et à l'intégration des compétences cliniques. Ils étaient d'ailleurs en faveur de l'implémentation du e-learning durant leurs études, en combinaison avec des méthodes

traditionnelles. Un autre programme de e-learning visant à développer les performances de calcul des infirmières a été mis en place au Danemark [20]. Les infirmières ont été testées sur leurs performances de calcul avant et après le programme, et leur pourcentage de bonnes réponses est passé de 75,9 à 79,9%. L'étude montre donc une petite amélioration des performances dans le calcul de dose. Dans l'ensemble, elles ont été satisfaites du programme de e-learning.

La deuxième stratégie novatrice est l'approche multimodale, qui consiste à utiliser plusieurs outils, méthodes et stratégies pour dispenser un enseignement. Cela peut comprendre du e-learning, des séminaires, des évaluations par et pour les étudiants... Une étude publiée en 2011 [21] discute du développement de l'enseignement de compétences cliniques selon une approche multimodale, et révèle une certaine efficacité de la méthode, recommandant même son utilisation dans d'autres institutions à travers le monde.

Le constructivisme constitue la dernière approche novatrice. Cela consiste à penser que chaque étudiant apporte avec lui ses expériences passées, sa propre façon de faire, et ses motivations face à une activité d'apprentissage [22]. Appliquée à la formation aux calculs, cette méthode préconise de questionner les étudiants sur les méthodes et les solutions qui leur paraissent correctes, mais qui ont aussi du sens pour eux, plutôt que de démontrer de façon inflexible la bonne méthode. L'approche constructiviste permet d'appliquer des "méthodes de résolution" plutôt que des formules mathématiques. Elle est donc orientée vers les étudiants et les place au centre de l'enseignement.

1.2.2 Impact sur les performances de calcul

De nombreuses études analysent l'impact de formations théoriques et de cours sur les performances de calculs du personnel hospitalier.

Une étude effectuée en Italie et publiée en 2013 [23] a analysé l'efficacité d'une formation sur les compétences de calculs de dose chez des étudiants en deuxième année d'école infirmière (n=77). Les résultats de l'étude montraient une amélioration significative des performances de calcul entre le test pré-formation et le test post-formation, avec une moyenne de 15,96 sur 30 pour le test pré-formation, contre 25,2 sur 30 pour le test post-formation.

Une autre étude réalisée en France [24], également sur des étudiants, portait sur les interrogations d'une équipe de formateurs quant à deux convictions partagées dans leur milieu professionnel: l'enseignement d'une méthode de calcul systématique permettrait d'éviter les erreurs, et beaucoup de fautes disparaîtraient spontanément grâce aux stages qui auraient pour conséquence une meilleure appréhension des prescriptions dans leur globalité. Finalement, la recherche a montré que le fait d'avoir effectué des stages ne résout pas les difficultés de calcul de doses médicamenteuses rencontrées par certains étudiants, même par ceux qui sont déjà très avancés dans leurs études en soins infirmiers. D'après les formateurs avec lesquels la recherche collaborative a été menée, cette croyance viendrait du fait que les étudiants réaliseraient des progrès entre la 2ème et la 3ème année quant à la compréhension des tâches de calcul, progrès dont témoigneraient l'évolution des questions posées et des demandes d'informations exprimées en classe.

Une autre étude effectuée au Royaume-Uni [25] a analysé par une approche expérimentale l'efficacité d'une série de stratégies visant à améliorer les compétences calculatoires. Deux groupes d'étudiants devaient effectuer un test de calcul de doses médicamenteuses. Le premier (n=92) recevait une

formation aux calculs dispensée par un enseignant (groupe test) tandis que le deuxième (n=80) recevait seulement un support papier sur les calculs (groupe contrôle). Les résultats montrent un taux d'erreur moyen de 3,9% chez le groupe test contre 4,8% pour le groupe contrôle.

Une dernière étude effectuée en Israël et publiée en 2014 [26] a analysé l'effet d'un cours sur les performances de calculs de médecins internes (n=44), toujours à l'aide de deux tests, un pré- et un post-formation. Les résultats montraient une amélioration des performances avec 32,7 % de bonnes réponses avant la formation contre 51% après la formation.

Aucune étude sur les performances de calculs de pharmaciens ou de préparateurs dans les activités de préparation des médicaments n'a été identifiée dans la littérature. De plus, aucune étude présentée précédemment n'a évalué le maintien de l'amélioration des performances à distance de l'activité de formation.

I.3 Objectifs du projet

Aujourd'hui, la standardisation, l'informatisation et l'automatisation prennent une place de plus en plus importante dans les processus de fabrication à l'hôpital. Aux HUG, les opérateurs de production effectuent de moins en moins de calculs pour établir les fiches de fabrication. En effet, de nombreux protocoles pour les préparations des médicaments cytostatiques et les préparations magistrales sont standardisés. Ainsi, les préparatrices de la Pharmacie des HUG sont de moins en moins sollicitées pour effectuer des calculs de doses ou de conversion d'unités. Malgré cela, des calculs doivent toujours être réalisés, même si leur fréquence est moindre que par le passé, et l'exactitude des résultats est un facteur capital pour assurer la sécurité des patients. Les études présentées précédemment montrent bien que la performance de calcul est très variable entre individus, les taux d'erreurs aux tests de calcul effectués au travers de ces études sont élevés et très hétérogènes.

Le but de cette étude est de mesurer les capacités des préparatrices en pharmacie dans les opérations de calcul, puis de voir si une formation théorique dispensée sous forme de cours permet d'améliorer les performances de calcul et de réduire la variabilité interindividuelle. L'effet sera évalué 2 semaines après la formation et 7 semaines après celle-ci. Une comparaison avec une population d'étudiants en pharmacie sera effectuée (population ayant les connaissances théoriques mais pas d'expérience) afin de voir si la pratique quotidienne a un impact sur la performance de calcul. Les performances seront évaluées avant et après la formation au moyen de tests de calculs sous forme de questionnaires. Enfin, une partie de ce travail sera consacrée à l'analyse de toutes les préparations magistrales et cytostatiques réalisées sur une période d'un mois à la Pharmacie des HUG, afin de mettre en évidence les types de calculs effectués et leur prévalence par rapport à l'ensemble des préparations. Cela permettra d'avoir un aperçu de ce qui est réellement effectué en pratique au niveau calculatoire, et de voir l'impact sur les résultats aux tests pour les domaines correspondants.

II Méthode

II.1 Description générale du projet

II.1.1 Choix des populations

L'étude est effectuée en parallèle sur deux populations : une population d'opérateurs de la pharmacie des HUG et une population d'étudiants en pharmacie.

Pour la population d'opérateurs des HUG, il est décidé d'inclure 9 préparatrices de la pharmacie. Les autres corps de métier de la pharmacie des HUG (les pharmaciens par exemple) ne sont pas inclus dans l'étude car ils n'ont pas le même bagage d'étude ni le même cahier des charge, ce qui aurait rendu la population inhomogène. Il aurait fallu créer une troisième population, ce qui n'était pas prévu dans le projet.

Concernant la population des étudiants, il a été choisi d'envoyer un mail à tous les étudiants en pharmacie de l'Université de Genève les invitant à participer à l'étude, toutes promotions confondues. Au total 8 étudiants (1 en 1^{ère} année, 4 en 2^{ème} année et 3 en 4^{ème} année) ont répondu au mail et se sont portés volontaires pour participer au projet.

II.1.2 Déroulement

Lors de ce projet, les deux populations (à savoir les étudiants en pharmacie et les préparatrices des HUG) effectuent chacune 3 tests de calcul similaires : les questions et les types de calculs sont les mêmes, mais les chiffres et l'ordre des questions changent. Le premier test a lieu avant la formation théorique, et a pour but de situer les compétences de calcul des deux populations et d'avoir une première comparaison. Le deuxième test a lieu 2 semaines après la formation théorique, et a pour objectif d'évaluer l'impact de la formation à cours terme sur les performances de calcul des deux populations. Le troisième, sur le même modèle que le deuxième, permet de voir si l'impact perdure dans le temps. Il est effectué 7 semaines après la formation théorique.

Afin de réaliser l'étude dans des conditions optimales, les préparatrices et les étudiants effectuent les tests et se voient dispenser la formation pendant les mêmes périodes. Pour palier à des problèmes de disponibilité du personnel, les préparatrices sont réparties en deux groupes pour passer les tests et suivre les cours. Il est en effet impossible de convoquer les 9 préparatrices en même temps, car cela entraînerait l'arrêt total de l'activité de production au sein de la pharmacie. Les sessions (tests ou cours) s'effectuent sur deux matinées, un groupe par matinée. Il a été demandé aux préparatrices de ne pas communiquer entre elles sur le contenu des tests d'une matinée à l'autre, afin de ne pas fausser l'étude. Les étudiants quant à eux sont convoqués tous en même temps le soir, après leur cours universitaires. La figure 2 présente le planning des 3 tests et du cours de formation aux calculs.

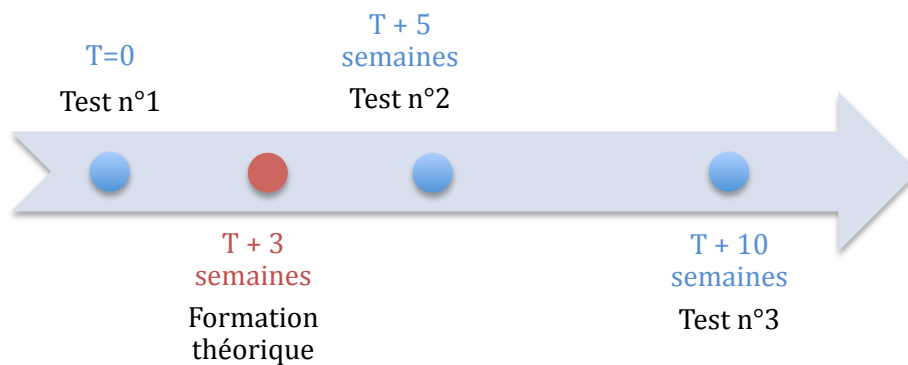


Figure 2 : Planning des 3 tests et du cours de formation aux calculs

II.2 Tests de calcul

II.2.1 Elaboration et validation des tests

Les tests de calculs comprennent 17 questions pour une durée d'environ 1 heure, avec une seule réponse possible sous forme d'un nombre (un volume, une masse, un nombre de bouteilles, etc.). Pour chaque question, un cadre vierge permet aux participants d'écrire le raisonnement ou la formule qui leur a permis de parvenir au résultat. Les questions sont élaborées sur le modèle de celles trouvées dans la littérature [11] [16] [17] [27], et à partir de deux livres sur le calcul de dose [28] [29]. Les 3 tests sont établis selon le même modèle et contiennent les mêmes types de questions, seul les valeurs et l'ordre des questions changent. Elles sont réparties en 6 thèmes distincts, détaillés dans le tableau 4. Le nombre de questions par thème a été établi en fonction de l'abondance des exemples de la littérature. En effet, les questions sur les pourcentages et la règle de 3 sont celles qui sont le plus retrouvées dans les livres de calcul de dose et dans la littérature scientifique.

Tableau 4 : Répartition des questions des tests par thème

Dilutions ($C1V1=C2V2$)	1 question
mEq	1 question
Moles et Masse Molaire	2 questions
Conversions d'unités	3 questions
Pourcentages	4 questions
Règle de 3	6 questions

Avant d'être adoptés, les tests sont effectués de manière pilote par 3 pharmaciens : la pharmacienne responsable de la production, la pharmacienne responsable de l'unité cytotoxique, et le pharmacien responsable du secteur Recherche et Développement. Cela permet de vérifier le temps nécessaire pour faire le test et de mettre en évidence les éventuels problèmes de compréhension d'énoncé, problèmes d'unités, etc. Finalement, une fois le test validé, une copie est donnée au Pharmacien-Chef pour avis final. Les 3 tests sont disponibles en annexe 1.

II.2.2 Evaluation des préparatrices de la pharmacie des HUG

Comme expliqué ci-dessus, pour chaque test les préparatrices sont réparties selon 2 groupes, afin de ne pas interrompre la production de la pharmacie. Les tests ont lieu dans la salle de réunion de la pharmacie à 10h, et sont distribués une fois les participantes installées, sur le principe du « semi-anonymat ». Les participantes n'inscrivent pas leur nom car cela peut faciliter l'identification et entraîner un stress supplémentaire qui pourrait nuire au bon déroulement du test. En effet, il est demandé aux participantes d'inscrire seulement leur matricule sur la feuille de test, afin de pouvoir analyser l'évolution individuelle entre les différents tests. De plus, il leur est demandé d'inscrire l'heure de début et l'heure de fin du test, afin de mesurer le temps mis par chaque participante pour effectuer l'épreuve. Avant le début du test, les consignes sont énoncées :

- Pour chaque question, le raisonnement doit être écrit directement dans les cases blanches prévues à cet effet
- La calculatrice est autorisée
- Tout au long du test, $\text{mcg} = \mu\text{g}$

Les préparatrices sont surveillées pendant le test afin d'éviter toute tricherie ou non-respect des consignes.

Les tests sont en général corrigés dans l'après-midi. Une note sur 17 est attribuée, puis convertie en pourcentage de bonnes réponses. A la demande des participantes, elles peuvent venir individuellement voir leurs résultats et peuvent ainsi prendre connaissance de leurs erreurs et des points pour lesquels elles ont eu des difficultés.

II.2.3 Evaluation des étudiants en pharmacie

Sur le même principe que précédemment, les étudiants sont aussi convoqués en salle de réunion mais cette-fois-ci le soir et tous en même temps. Les tests étant exactement les mêmes que ceux distribués aux préparatrices, les consignes et le système de notation sont également identiques. En revanche, les étudiants inscrivent leur nom sur la feuille. Etant plus habitués aux examens au travers de leur études universitaires, il est admis que le non-anonymat n'a pas d'impact sur le bon déroulement des tests. Ils inscrivent également l'heure de début et l'heure de fin du test. En outre, pour des questions pratiques, les tests sont corrigés sur place une fois terminés.

II.3 Formation théorique

II.3.1 Elaboration et validation du cours

Le cours est élaboré en prenant exemple sur un cours de formation aux calculs dispensé par la pharmacienne responsable de la production aux assistantes en pharmacie préparant une certification en pharmacie hospitalière. Les diapositives du cours sont disponibles en annexe 2. Il est dispensé aux préparatrices et aux étudiants en pharmacie. D'une durée d'environ 1h15, il est divisé en 6 parties correspondant aux 6 thèmes du questionnaire. Pour chaque thème, un ou plusieurs exercices pratiques sont présentés, et réalisés directement en interaction avec les participants. Certains exercices sont directement issus du premier test, à savoir les questions ayant été les moins bien réussies. La

résolution des exercices permet ensuite de déboucher, pour chaque thème, sur une partie théorique, où les formules et les méthodes générales de résolution sont rappelées. Avant d'être dispensé, le cours a été validé par la pharmacienne responsable de la production et par le pharmacien-chef.

II.3.2 Fiche de rappels

En outre, à la fin du cours, une fiche de rappels est distribuée aux participants (disponible en annexe 3). Cette fiche de deux pages est également divisée en 6 parties, chaque partie contenant les formules importantes vues en cours sur le thème concerné, et un exemple concret d'application sous forme d'exercice résolu. Cette fiche est destinée à être utilisée comme un soutien dans la pratique quotidienne et son usage est autorisé pendant les 2^{ème} et 3^{ème} tests, pour les deux populations.

II.3.3 Enquête de satisfaction

Quelques jours après le cours, une enquête de satisfaction est distribuée afin d'analyser ce qu'ont pensé les participants du cours et leur ressenti par rapport au déroulement de la formation. L'enquête comprend 12 questions. Certaines sont de type QCM (Oui, Plutôt oui, Plutôt non, Non) et visent à évaluer le ressenti général des participants (pertinence de la formation, de la fiche-résumé, etc.) et d'autres nécessitent une réponse courte (par exemple points positifs et négatifs de la formation). Une version papier est distribuée aux préparatrices des HUG, alors qu'une version en ligne est envoyée aux étudiants, pour des raisons pratiques. L'enquête est disponible dans son intégralité en annexe 4. Il est à noter que les 3 dernières questions de l'enquête ne sont présentes que dans la version destinée aux préparatrices : elles se focalisent sur la pratique au quotidien, ce qui ne concerne pas les étudiants.

II.4 Analyse des préparations pharmaceutiques

En parallèle, une partie de ce travail consiste à analyser tous les protocoles de fabrication des médicaments magistraux et cytotoxiques sur une période de 4 semaines (du 17/03/14 au 14/04/14) et à recenser tous les calculs qui sont effectués. L'objectif de cette analyse est de pouvoir déterminer la fréquence d'usage des différents types de calculs dans la pratique quotidienne des préparatrices en pharmacie.

II.4.1 Préparations des médicaments cytotoxiques

Les protocoles de fabrication des médicaments cytotoxiques sont archivés en format papier. Tous les protocoles sur une durée d'un mois ont été analysés. Les protocoles informatisés sont directement ignorés car étant pré-établis, aucun calcul n'a été nécessaire pour fabriquer les traitements correspondant. Les protocoles susceptibles de contenir des calculs sont ceux qui sont le fruit d'une retranscription d'ordonnance. Lorsque le protocole n'est pas disponible sur le logiciel de prescription des cytostatiques, les médecins faxent l'ordonnance contenant les traitements. Ceux-ci sont ensuite retranscrits pour générer les fiches de fabrication correspondantes. Chaque fois qu'un calcul a été fait, le type de calcul est relevé.

II.4.2 Préparations magistrales

Les protocoles de préparations magistrales sont archivés informatiquement dans le logiciel « Panoramix ». De la même manière, la majorité des préparations magistrales ne demandent pas de calculs car un protocole pré-établi existe, alors que pour d'autres il doit être créé. Tous les calculs sont relevés et classés par types.

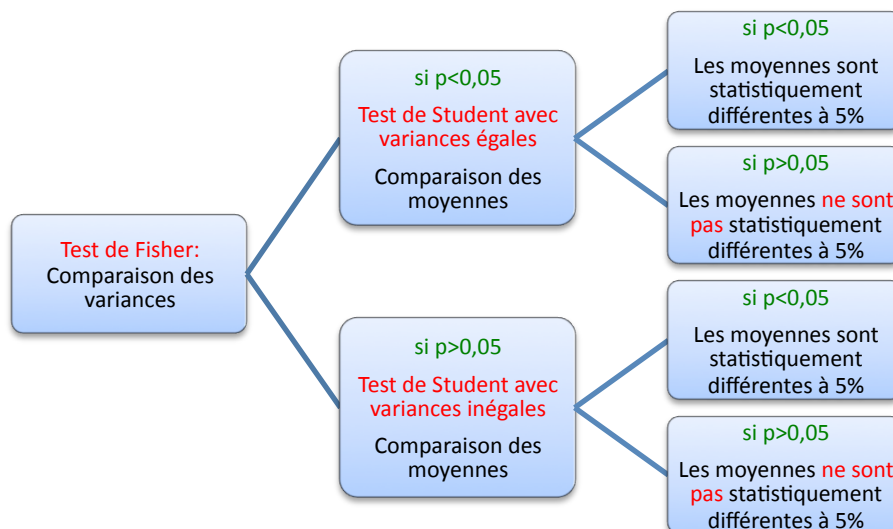
II.5 Analyse des résultats

II.5.1 Résultats des tests

Les tests sont notés sur une échelle de 0 à 17, note qui est ensuite transformée en pourcentage de bonnes réponses. Les résultats sont répertoriés dans des tableaux, par test et par population, avec le détail des questions réussies et des questions échouées. Les moyennes des résultats pour chaque test sont comparées grâce à des histogrammes, d'abord pour les deux populations combinées ($n=17$) puis pour chaque population. Dans un deuxième temps, le pourcentage de réussite de chaque question est calculé. Les questions sont ensuite regroupées selon leur thème (les 6 thèmes présentés dans la partie II.2 .1) et pour chaque thème la moyenne des taux de réussite est calculée. Ces moyennes sont ensuite comparées grâce à des histogrammes, d'abord pour les deux populations combinées puis pour chaque population. Enfin, la progression individuelle sur les 3 tests est analysée pour chaque population grâce à des graphiques simples de type « nuage de points ».

II.5.2 Analyse statistique

A chaque fois que deux séries de données sont comparées, des tests statistiques sont effectués afin de voir si les moyennes sont significativement différentes. Lorsque les données sont indépendantes (par exemple étudiants VS opérateurs HUG) un test de Fisher et un test de Student sont effectués afin de voir si la différence est statistiquement significative à 5%. Les tests statistiques sont effectués grâce à l'utilitaire d'analyse du logiciel « excel ». La figure 3 résume la méthode utilisée pour effectuer ces tests.



En revanche, pour les données pairées (par exemple étudiants VS étudiants), un test de Student pairé est utilisé.

II.5.3 Enquêtes de satisfaction

Les résultats des enquêtes de satisfaction sont présentés sous forme de tableaux. Les résultats des réponses aux questions de type QCM sont présentées dans un premier tableau : pour chaque question, la répartition des réponses est indiquée grâce à un pourcentage. Dans un deuxième tableau, les résultats de la question de classement sont présentés, où les participants doivent attribuer un score de 1 à 6 à chacun des 6 thèmes vus lors de la formation (1 étant le plus utile et 6 le moins utile). Pour chaque thème, la somme des scores attribués est effectuée, afin d'identifier le thème le plus utile et le moins utile.

II.5.4 Protocoles de fabrication

Les résultats de l'analyse des protocoles de fabrication (cytotoxiques et préparations magistrales) sont présentés de manière descriptive, sous forme de graphique type « camembert » avec la proportion des protocoles pour chaque type de calcul ainsi que la proportion des protocoles sans calculs.

III Résultats

III.1 Résultats des tests de calcul

Il est à noter que dans toutes les figures, les barres d'erreurs représentent l'intervalle de confiance à 5%.

III.1.1 Résultats globaux des deux populations

Il s'agit d'abord de comparer les moyennes des résultats des deux populations combinées pour chaque test (les 9 préparatrices et les 8 étudiants), ce qui permet d'avoir un premier aperçu des résultats généraux tout en augmentant la puissance ($n=17$). Ces moyennes sont présentées dans la figure 4.

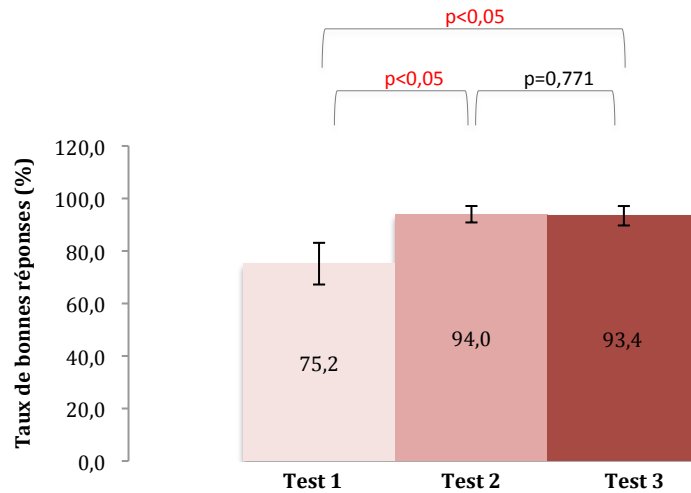


Figure 4 : Moyennes des résultats de tous les participants aux 3 tests (n=17)

La moyenne au test n°1 est de 75,2% ± 7,9 (intervalle de confiance à 5%, il en va de même pour tous les autres résultats) avec un écart-type de 16,7. Pour le test n°2, la moyenne est de 94,0 ± 3,1 et l'écart type de 6,6. Enfin pour le test n°3, la moyenne est de 93,4 ± 3,7 pour un écart-type de 7,8. De plus, la variabilité interindividuelle des résultats est réduite de plus de 50% après la formation théorique, d'après l'intervalle de confiance.

La figure 5 compare maintenant les moyennes des taux de réussite aux questions de chaque thème.

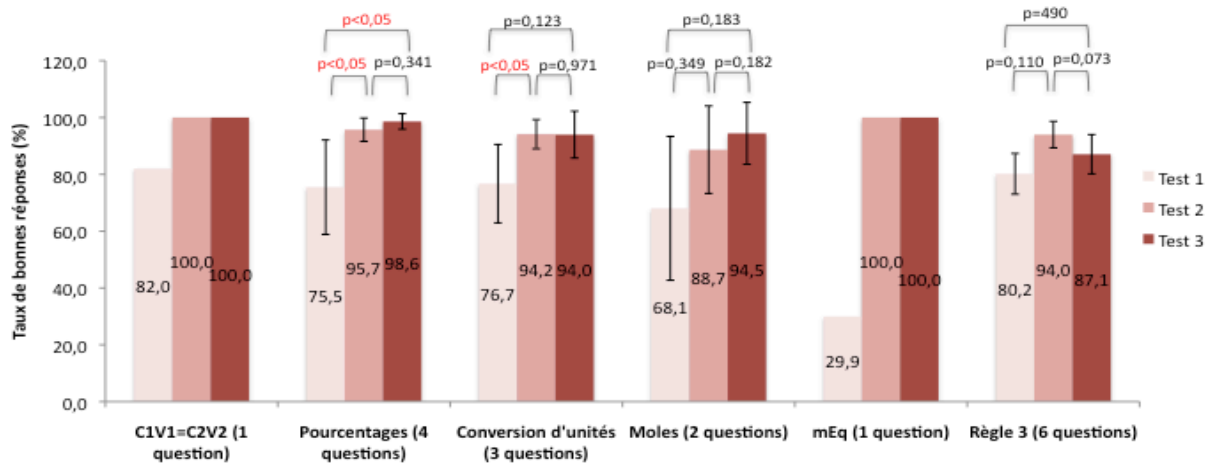


Figure 5 : Comparaison des résultats par domaine pour tous les participants (n=17)

Ici, il est à noter que les domaines « C1V1=C2V2 » et « mEq » ne recensent qu'une question chacun : les barres du graphique pour ces domaines représentent donc les taux de réussite à cette question. Il a donc été impossible de calculer un intervalle de confiance où d'effectuer des tests statistiques pour ces deux thèmes. En outre, pour ces deux questions, les pourcentages de réussite sont de 100% pour les tests n°2 et n°3.

La figure 6 présente la progression individuelle de la population totale au cours des 3 tests. Les points correspondent aux scores (en pourcentage de bonnes réponses) obtenus aux tests.

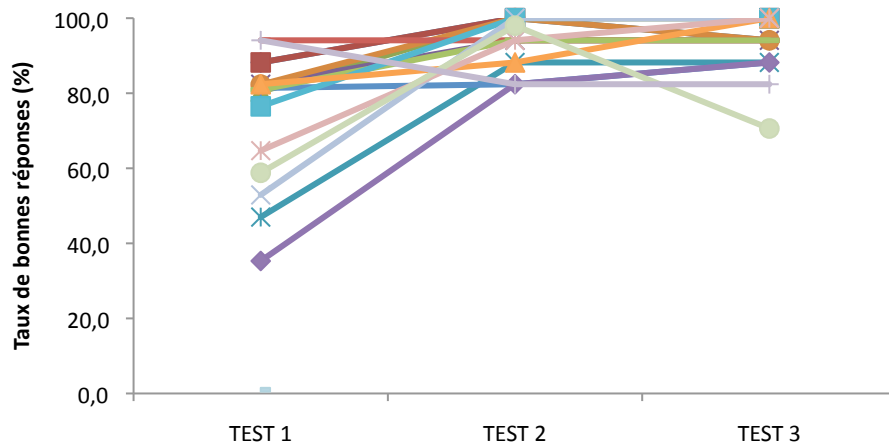


Figure 6 : Progression individuelle de la population totale aux 3 tests (n=17)

III.1.2 Résultats des opérateurs des HUG

La figure 7 compare les moyennes des résultats des préparatrices aux 3 tests.

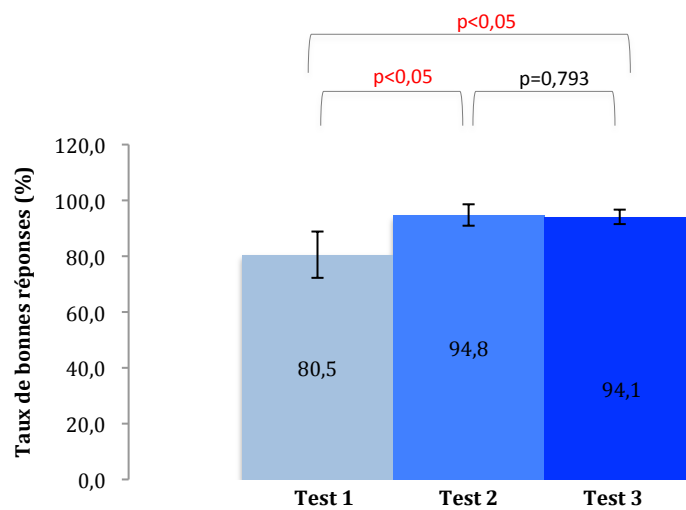


Figure 7 : Moyennes des résultats des opérateurs HUG aux 3 tests (n=9)

La moyenne au test n°1 est de $80,5\% \pm 8,3$ avec un écart-type de 13,4. Pour le test n°2, la moyenne est de $94,8 \pm 3,8$ et l'écart type de 6,2. Enfin pour le test n°3, la moyenne est de $94,1 \pm 2,6$ pour un écart-type de 4,2. Ici encore, la variabilité interindividuelle des résultats est réduite de plus de 50% après la formation théorique, d'après l'intervalle de confiance.

La figure 8 compare maintenant les moyennes des taux de réussite pour chacun des 6 thèmes.

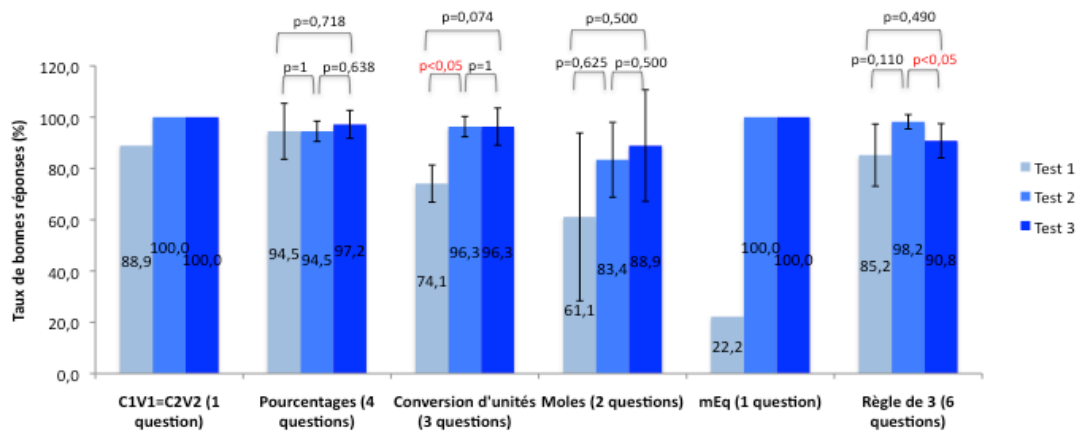


Figure 8 : Comparaison des résultats par domaine pour les opérateurs HUG (n=9)

Pour les mêmes raisons que dans la partie III.1.1, il n'a pas été possible de calculer les intervalles de confiance ainsi que d'effectuer des tests statistiques pour les thèmes « C1V1=C2V2 » et « mEq ».

La figure 9 présente la progression individuelle des préparatrices au cours des 3 tests.

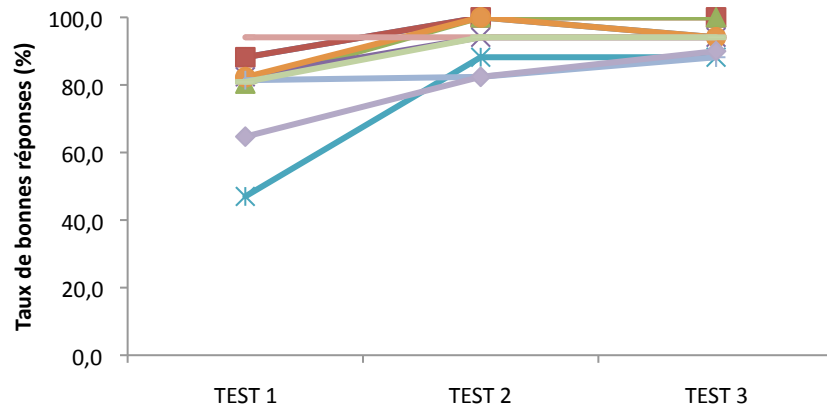


Figure 9 : Progression individuelle des opérateurs HUG aux 3 tests (n=9)

III.1.3 Résultats des étudiants en pharmacie

La figure 10 compare les moyennes des résultats des étudiants aux 3 tests.

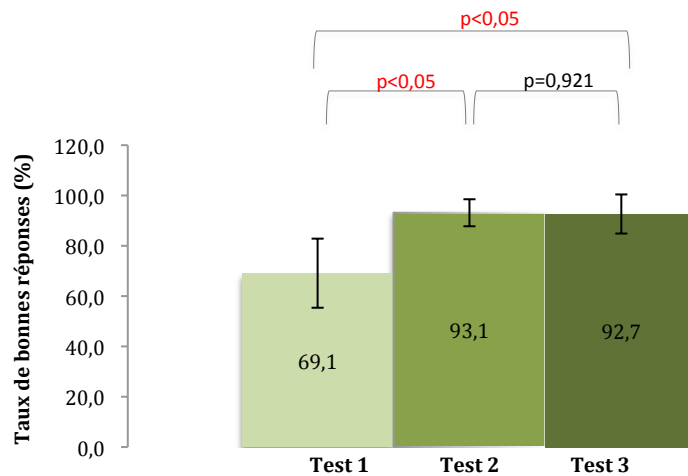


Figure 10 : Moyennes des résultats des étudiants aux 3 tests (n=8)

La moyenne au test n°1 est de 69,1% ± 13,7 avec un écart-type de 19,8. Pour le test n°2, la moyenne est de 93,1 ± 5,4 et l'écart type de 7,8. Enfin pour le test n°3, la moyenne est de 92,7 ± 7,8 pour un écart-type de 11,2. Les différences de moyennes entre le test n°1 et le test n°2, et entre le test n°1 et n°3 sont statistiquement significatives.

La figure 11 compare maintenant les moyennes des taux de réussite pour chacun des 6 thèmes.

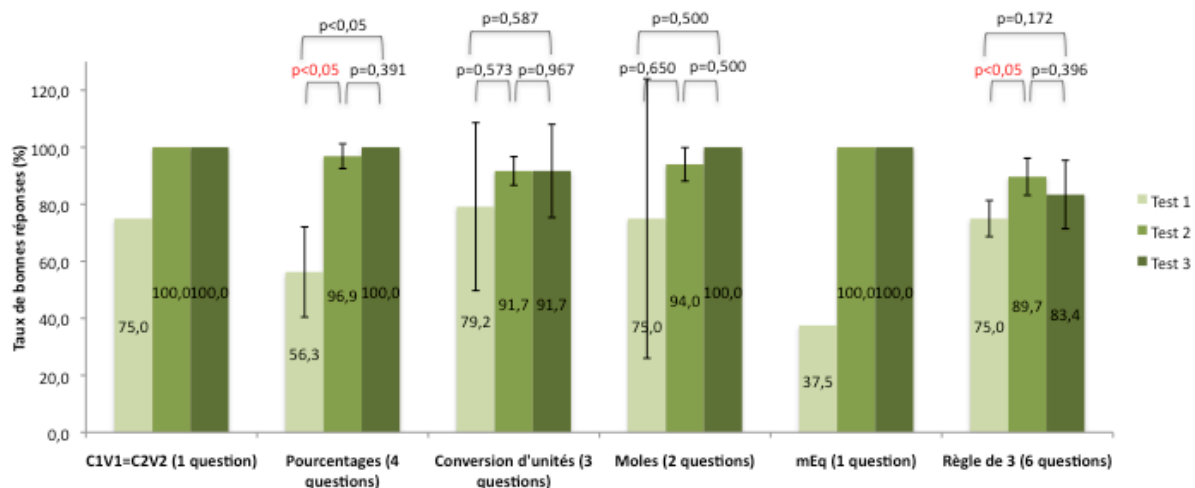


Figure 11 : Comparaison des résultats par domaine pour les étudiants (n=8)

Pour les mêmes raisons que dans la partie III.1.1, il n'a pas été possible de calculer les intervalles de confiance ainsi que d'effectuer des tests statistiques pour les thèmes « C1V1=C2V2 » et « mEq ».

La figure 12 présente la progression individuelle des étudiants au cours des 3 tests. Les points correspondent aux scores (en pourcentage de bonnes réponses) obtenus aux tests.

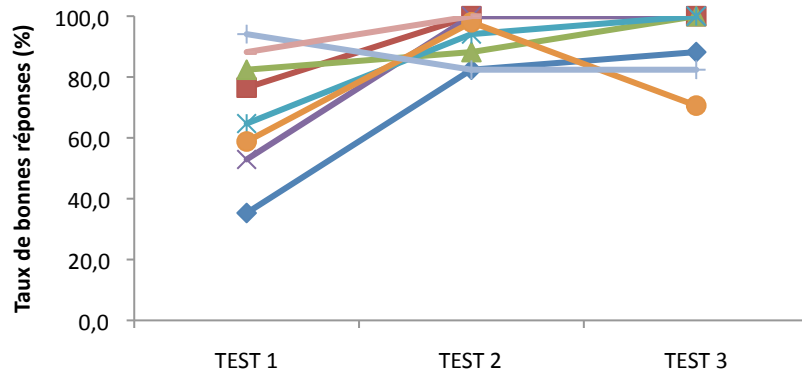


Figure 12 : Progression individuelle des étudiants aux 3 tests (n=8)

III.1.4 Comparaison des deux populations

La figure 13 compare les moyennes des résultats des préparatrices à celles des étudiants pour chaque test.

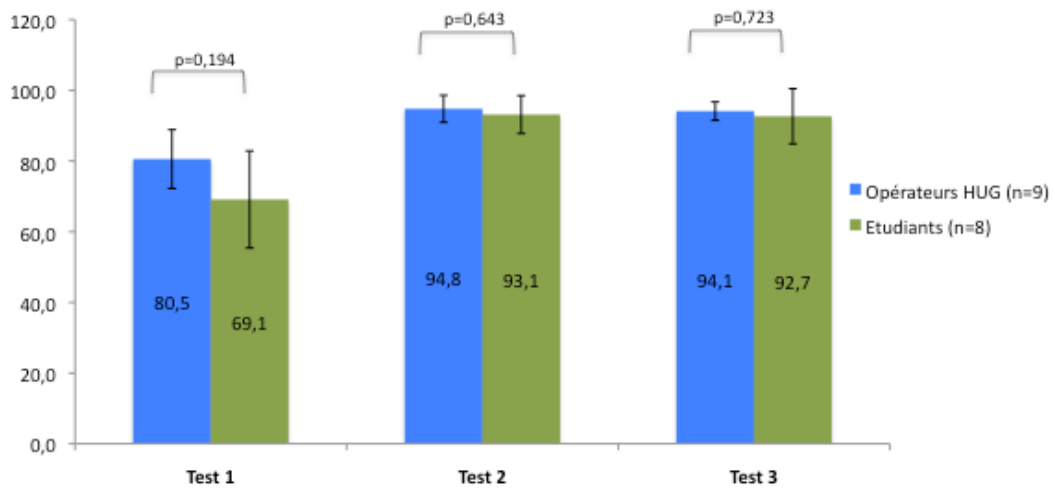


Figure 13 : Moyennes des résultats des 3 tests

Les résultats détaillés sont présentés dans les tableaux en annexe 5. Ici, les moyennes des préparatrices et des étudiants pour chaque test ne sont pas statistiquement différentes.

La figure 14 compare quand à elle les moyennes des durées mise par les participants pour effectuer les tests.

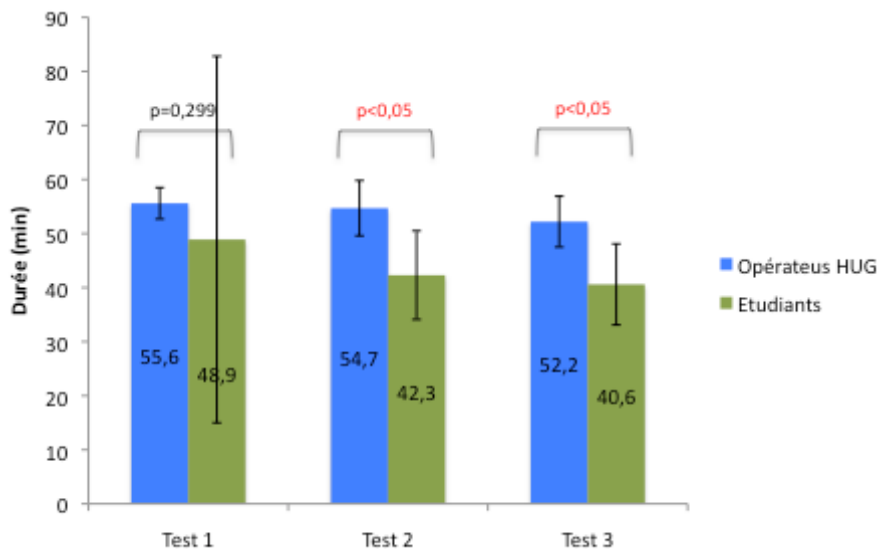


Figure 14 : comparaison des durées moyennes des 3 tests pour les deux populations

III.2 Résultats de l'enquête de satisfaction

Le tableau 5 présente les résultats des réponses aux questions type QCM, pour les deux populations.

Tableau 5 : Réponses obtenues aux questions QCM de l'enquête de satisfaction

	Opérateurs HUG				Etudiants			
	Oui	Plutôt oui	Plutôt non	Non	Oui	Plutôt oui	Plutôt non	Non
1) D'une manière générale, avez-vous trouvé la formation pertinente ?	78%	22%			75%	25%		
2) Avez vous l'impression d'avoir acquis de nouvelles connaissances au cours de cette formation ?	44%	33%		22%	62%	38%		
3) Avez-vous pu assimiler facilement tous les points de la formation ?	78%			22%	100%			
4) Quels points ont été les plus difficiles à assimiler ?	Moles (cité 2 fois)							
5) Avez-vous utilisé la fiche de rappels distribuée à la fin de la formation durant le 2ème test ?	89%			11%	88%			12%
6) D'une manière générale, pensez vous que la formation théorique vous a aidé dans la résolution d'un problème calculatoire ?	67%	22%	11%		75%	25%		
7) D'une manière générale, pensez vous que la formation théorique vous a aidé dans votre pratique au quotidien?	44%	56%						
8) Serait-il nécessaire de faire des rappels réguliers de la formation ?	89%			11%				
9) Si oui, à quelle intervalle ?	Chaque année : 50%		Tous les 2 ans : 50%					

Le tableau 6 quand à lui présente les résultats à la question de classement, ou les participants ont du classer les thèmes vu pendant la formation dans l'ordre d'utilité (1 étant le plus utile et 6 le moins utile).

Tableau 6 : Réponses obtenues à la question de classement
(sommés des classements de 1 (le plus utile) à 6 (le moins utile), n=17)

	Opérateurs HUG	Etudiants
Conversions d'unités	27	37
Règle de 3	27	31
Dilutions ($C_1V_1 = C_2V_2$)	23	33
Pourcentages	29	18
Moles	40	35
mEq	43	15

Chez les préparatrices, le thème considéré comme le plus utile est « $C_1V_1=C_2V_2$ » avec une somme des scores égale à 23. Le thème le moins utile est « mEq » avec une somme de 43.

Chez les étudiants, le thème « mEq » est le plus utile (15) alors que le thème « Conversions d'unités » est le moins utile avec 37.

III.3 Analyse des préparations pharmaceutiques

III.3.1 Analyse des protocoles de préparation des médicaments cytotoxiques

La figure 15 présente la proportion des protocoles ayant nécessité un calcul (issus d'une retranscription) par rapport aux protocoles informatisés sur une durée d'un mois.

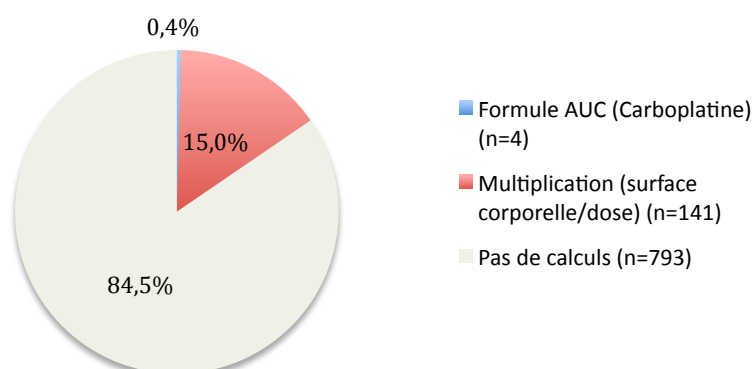


Figure 15 : Répartition des calculs dans les protocoles de fabrication des médicaments cytotoxiques sur 1 mois (n=938)

Les équations 2 et 3 présentent respectivement le calcul de dose pour la Carboplatine et un exemple de multiplication avec surface corporelle pour une posologie de vincristine à $1,4\text{mg}/\text{m}^2$. L'aire sous la

courbe (AUC) représente l'intégrale de la concentration plasmatique sur un intervalle de temps défini. Elle permet de mesurer la biodisponibilité d'un médicament. Le taux de filtration glomérulaire (GFR) est le volume de liquide filtré par le rein par unité de temps.

$$Dose_{\text{Carboplatine}} = AUC \times (GFR + 25)$$

$$GFR = S \times \frac{P \times (140 - A)}{SC \times 72}$$

[Equation 2]

Avec :

- Dose_{Carboplatine} en **mg**
- GFR en **ml/min**
- S = Sexe (1 pour les hommes, 0,85 pour les femmes)
- P = Poids en **kg**
- A = Âge en **années**
- Sc = Taux sérique de créatinine en **mg/dL**

$$Dose_{\text{vincristine}} = 1,4 \times SC$$

[Equation 3]

Avec :

- Dose_{ONCOVIN} en **mg**
- SC = Surface Corporelle en **m²** (pour le calcul de surface corporelle, voir équation 1)

III.3.2 Analyse des protocoles des préparations magistrales

La figure 16 présente la proportion des protocoles ayant nécessité un calcul (issus d'une retranscription) par rapport aux protocoles informatisés sur une durée d'un mois.

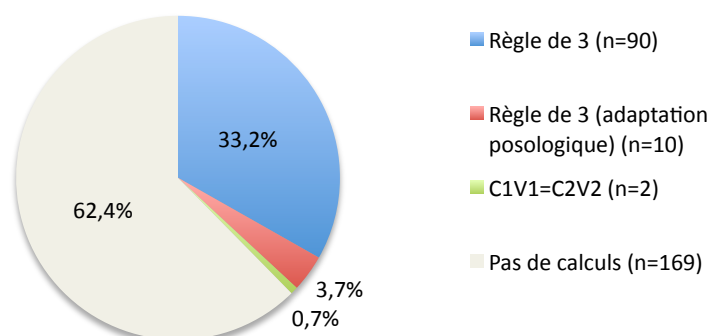


Figure 16 : Répartition des calculs dans les protocoles de fabrication magistrale sur 1 mois (n=271)

La règle de 3 est largement utilisée dans le cadre de la fabrication de capsules à dose réduite (pédiatrie) à partir de comprimés.

IV Discussion

IV.1 Tests de calcul

IV.1.1 Résultats globaux des deux populations

La moyenne générale progresse de près de 20% entre le test n°1 et le test n°2 et passe de $75,2\% \pm 7,9$ à $94,0 \pm 3,1$ (voir figure 4). Ce résultat est comparable à la littérature, avec une étude effectuée en Israël [26] où un cours a permis une amélioration de 18,3%. En comparant les résultats du premier test avec ceux obtenus lors d'une étude effectuée aux HUG [10], les taux de bonnes réponses obtenus chez les infirmières sont relativement similaires (73,0%, n=30). Une autre étude effectuée au Royaume-Uni [11] présente des résultats beaucoup plus bas, avec une moyenne de 40,8% de bonnes réponses chez des infirmières diplômées (n=44) ayant effectué un test de calcul de dose de 20 questions. Des tests plus difficiles ou des conditions favorisant le stress des participants ont pu favoriser la faiblesse de ces résultats. Les résultats de la littérature sont donc assez divergents. En outre, l'intervalle de confiance est réduit de plus de 50%. Avec une valeur de p-value inférieure à 5%, il est donc possible de dire que la formation théorique améliore significativement la performance à court terme. Il est cependant difficile de dire si c'est la formation théorique ou la fiche résumé utilisée qui ont eu le plus d'impact. Cette question sera reprise dans la partie IV.2 avec l'étude des réponses aux enquêtes de satisfaction (distribuées après le deuxième test).

Cette amélioration persiste 7 semaines après la formation, avec une moyenne générale au test n°3 très similaire au test n°2 ($93,4 \pm 3,7$). La différence des moyennes entre le test n°1 et n°3 est également statistiquement significative ($p < 0,05$). L'effet de la formation perdure donc dans le temps, tant sur la moyenne générale que sur la réduction de la variabilité inter-individuelle. Ici encore, il est difficile de dire si cet effet est dû à la formation ou à la fiche résumé. Il aurait en outre été intéressant d'effectuer un quatrième test plusieurs mois après la formation, afin de voir si cette amélioration persiste à beaucoup plus long terme, mais la durée disponible pour ce travail n'a pas rendu possible cette évaluation.

Les résultats combinés des deux populations montrent donc que les performances de calcul initiales (test n°1) sont moyennes, et que formation théorique ainsi que les fiches résumé utilisées pendant les tests par les participants améliorent significativement les performances de calcul, immédiatement après la formation et après plus d'un mois.

Concernant les résultats par domaine, les 6 thèmes voient leur taux de réussite s'améliorer entre le test n°1 et n°2, mais seuls les différences pour le thème "pourcentages" et "conversion d'unité" sont statistiquement significatives.

Il est à noter que pour le thème "mEq", le taux de réussite passe de 29,9% à 100% entre le test n°1 et le test n°2, et reste à 100% pour le test n°3. Même si aucun intervalle de confiance ou test statistique n'a pu être effectué (une seule question pour ce thème), cette progression est tout de même importante. Elle peut s'expliquer par le fait qu'il s'agit plus ici de "connaissance" que de "calcul". En effet, la plupart des participants n'ont pas répondu à la question lors du premier test par ignorance (les mEq ne sont pas du tout utilisés au quotidien, voir figures 15 et 16), alors que tous ont répondu correctement aux deux autres tests, certainement grâce à l'acquisition de la connaissance lors de la

formation. Il a été intéressant d'analyser les résultats de chaque population séparément, afin de voir si cette amélioration suit le même schéma, et d'en identifier les raisons dans le cas contraire.

IV.1.2 Résultats des opérateurs des HUG

Les résultats du premier test des préparatrices sont relativement moyens, avec une moyenne générale de $80,5\% \pm 8,3$. Malheureusement, la littérature ne recense pas d'études de ce type effectuée sur des préparatrices en pharmacie, la comparaison avec une population similaire n'est donc pas possible.

La moyenne générale des opérateurs HUG passe de $80,5\% \pm 8,3$ au test n°1 à $94,8\% \pm 3,8$ pour le test n°2 (voir figure 7). Il y a donc une amélioration à court terme après la formation des performances de calcul des préparatrices.

Cette moyenne se maintient lors du test n°3 avec un score presque identique de $94,1\% \pm 2,6$. Les différences entre les moyennes des tests n°1 et n°2, et entre les tests n°1 et n°3 sont statistiquement différentes à 5%. La formation théorique ainsi que la fiche résumé améliore donc globalement les performances de calculs des préparatrices des HUG et contribue à réduire la variabilité interindividuelle de plus de moitié. De plus, cet impact perdure dans le temps avec des moyennes entre les tests n°2 et n°3 qui ne sont pas statistiquement différentes à 5%, la valeur du p-value proche de 1 (0,793) renforçant cette hypothèse. Malheureusement, la littérature ne recense pas d'études qui analysent le maintien des performances dans le temps, à distance de la formation.

Les taux de réussite à la question sur le thème "C1V1=C2V2" sont assez constants lors des 3 tests, avec une seule préparatrice ayant échoué à la question lors du premier test. Les résultats de l'analyse des protocoles des préparations magistrales permettent d'expliquer cela: sur un mois, 0,7% des protocoles (n=2) ont nécessité un calcul de type C1V1=C2V2. Ce type de calcul n'est donc pas nouveau pour les préparatrices, même s'il est assez rare. Lors du premier test, 6 préparatrices sur les 9 utilisent la formule "C1V1=C2V2", celle qui a échoué à la question ne l'ayant pas utilisée. Toutes l'utilisent ensuite lors des tests post-formation. L'enseignement d'une formule standard est donc bien assimilé ici et permet l'amélioration des performances pour ce type de calcul.

Les taux de réussite aux questions sur les pourcentages sont également très élevés et constants pour les 3 tests, les 3 p-value étant proches de 1 (voir figure 8). Dans ces questions, il s'agit de maîtriser le passage d'une concentration massique vers une concentration exprimée en % et inversement, afin d'effectuer divers calculs. Ces notions sont présentes au quotidien dans le travail des préparatrices : la grande majorité des concentrations des poches (NaCl, Glucose salin...) sont exprimées en % avec l'équivalent en concentration massique. Le taux de réussite élevé est donc facilement explicable avec la pratique quotidienne des préparatrices.

Le taux de réussite pour le thème « conversion d'unités » augmente significativement ($p < 0,05$) entre le test n°1 et n°2, et reste constant lors du test n°3 avec un p-value égal à 1. La formation théorique et la fiche résumé ont donc permis d'améliorer les performances de conversions d'unités des préparatrices.

Le thème des moles est le deuxième thème le moins bien réussi au test n°1, et voit son taux de

réussite augmenter lors des tests post-formation. Le taux de réussite au test n°1 peut s'expliquer par le fait que les préparatrices ne sont pas du tout familiarisées avec les moles, et ne les utilisent pas au quotidien (voir figure 15 et 16). Cependant cette amélioration est relative : les moyennes des taux de réussite ne sont pas statistiquement différentes à 5%, et les intervalles de confiance sont élevés et très variables. Cela peut venir du fait que seules 2 questions sont présentes dans ce thème, celle traitant de la conversion d'une masse vers une quantité de matière étant toujours moins bien réussie que l'autre (quantité de matière vers masse). Par exemple pour le premier test, cette question est réussie par 4 préparatrices sur 9 alors que l'autre est réussie par 7 préparatrices, ce qui explique l'intervalle de confiance de 39,2. Il est intéressant de noter que la formule enseignée lors de la formation théorique (voir équation 4) et rappelée dans la fiche-résumé a été utilisée par 8 préparatrices sur 9 dans le test 2, et par 7 sur 9 dans le test n°3, alors qu'aucune ne l'a utilisée dans le premier test. Il s'agit de la même préparatrice qui n'a utilisé la formule dans aucun test tout en réussissant les questions. Cette préparatrice a donc une méthode qui lui est propre et qui marche. Cela permet de montrer que la formation théorique ainsi que la fiche de rappel ont permis la révision voir même l'apprentissage ainsi que l'application en situation d'une formule importante dans la résolution de ce type de calcul.

$$n = \frac{m}{MM} \quad \text{[Equation 4]}$$

Avec :

- n = quantité de matière en **mol**
- m = masse en **g**
- MM = Masse Molaire en **g/mol**

La réussite de la question sur les mEq a été commentée précédemment.

Enfin, le thème sur la règle de 3 est le troisième thème le mieux réussi au test n°1, avec un taux de 85,2% ± 12,1. L'amélioration au test n°2 (98,2% ± 2,8) n'est pas statistiquement significative. Néanmoins, le p-value est assez faible (0,110) et proche de 0,05: la valeur aurait certainement été inférieure à 0,05 avec un plus grand nombre de questions. En revanche, une baisse du taux de réussite est observée au test n°3, baisse statistiquement différente par rapport au test n°2. Globalement, la réussite à ce thème est bonne, et cela n'est pas étonnant au regard des résultats de l'analyse des protocoles des préparations magistrales. En effet, sur un mois, 36,9% des protocoles (n=100) ont nécessité l'utilisation d'une règle de 3. Les préparatrices sont donc très habituées à ce type de calcul et en effectuent au quotidien. La baisse significative au test n°3 peut s'expliquer par la distance dans le temps de la formation, mais le taux de réussite reste élevé.

Dans l'ensemble, les calculs effectués au quotidien par les préparatrices des HUG sont ceux qui sont le mieux réussis dans les tests de calculs, avec des taux de réussite élevés et constant lors des 3 tests. Pour les autres, une amélioration des taux de réussite est observée aux tests post-formation. En revanche, cette amélioration n'est pas toujours statistiquement significative. Il aurait été intéressant d'augmenter la puissance de l'étude afin d'améliorer la signification statistique des résultats.

La figure 8 permet de voir qu'à l'exception d'une préparatrice qui a fait les mêmes scores, toutes ont progressé du test n°1 au test n°2. Du test n°2 au test n°3, les scores stagnent ou augmentent légèrement, mais aucune baisse n'est relevée. Il est à noter qu'une préparatrice passe d'un score de 47,0% au premier test à un score de 88,2% au deuxième test, et se maintient à 88,2% au troisième test. Même si le stress et d'autres facteurs ont pu contribuer à ce faible score au premier test, il est clair que la formation théorique et la fiche-résumé ont eu un impact important sur les aptitudes calculatoires de cette participante. De plus, certaines préparatrices sont amenées à créer des protocoles donc à réaliser des calculs plus souvent que les autres, ce qui peut expliquer les différences de résultats au premier test. La figure 8 fait également apparaître clairement la diminution de la variabilité inter-individuelle au cours des 3 tests.

IV.1.3 Résultats des étudiants en pharmacie

La moyenne générale des étudiants passe de $69,1\% \pm 13,7$ au test n°1 à $93,1\% \pm 5,4$ pour le test n°2 (voir figure 10). Cette moyenne se maintient lors du test n°3 avec un score presque identique de $92,7\% \pm 7,8$. Les différences entre les moyennes des tests n°1 et n°2, et entre les tests n°1 et n°3 sont statistiquement différentes à 5%. Ici aussi, il est donc possible de dire que la formation théorique associée à la fiche-résumé améliore les performances de calculs des étudiants en pharmacie à court terme et contribue à réduire la variabilité interindividuelle. Cette amélioration se maintient dans le temps avec une moyenne générale quasiment inchangée du test n°2 au test n°3 (p -value = 0,921).

Le taux de réussite à la question $C1V1=C2V2$ est bon, avec 75% ($n=6$) des étudiants qui réussissent la question au premier test, et 100% pour les deux tests suivant (voir figure 11). Ici, contrairement aux préparatrices, tous les étudiants utilisent la formule $C1V1=C2V2$ pour résoudre cette question, et ce pour les 3 tests, mais deux l'utilisent mal lors du premier test et échouent à la question. Même si la formule est donc déjà connue des étudiants qui l'ont acquise récemment dans leur bagage universitaire, son enseignement permet de mieux l'utiliser, puisque que le taux de réussite à la question est de 100% après la formation.

Le taux de réussite au thème sur les pourcentages pour le test n°1 est bien inférieur chez les étudiants avec $56,3\% \pm 15,8$ ($p=0,01$). Ce résultats montre donc bien que la pratique quotidienne a une influence sur les performances de calcul: en effet les étudiants sont beaucoup moins familiarisés avec les pourcentages, qu'ils n'utilisent que périodiquement lors de certains travaux pratiques. En revanche, après la remise à niveau sur les pourcentages lors de la formation théorique et avec l'aide de la fiche-résumé, les taux de réussite s'améliorent fortement aux tests n°2 et n°3 (respectivement $96,9\% \pm 4,3$ et 100%) avec des p -value inférieurs à 5%. Les étudiants sont très réceptifs à la formation.

Les questions sur les conversions d'unités ont des taux de réussite avec une forte variabilité inter-individuelle. Les différences entre les taux aux 3 tests ne pas statistiquement significatives, il est donc difficile d'affirmer que la formation a eu un impact dans ce domaine.

Concernant le thème des moles, la constatation est la même que pour les préparatrices pour le test n°1: la variabilité inter-individuelle est très grande, du au fait que ce thème ne comprenait que 2

questions. Néanmoins, une différence notable subsiste: tous les étudiants ont utilisé la formule (voir équation 1) lors du premier test. Cette formule est en effet enseignée dès la première année du cursus de pharmacie, et utilisée régulièrement lors d'exercices et examens. Il est cependant impossible d'affirmer que les étudiants ont mieux réussi cette partie que les préparatrices, les différences étant statistiquement non significatives.

La réussite de la question sur les mEq a été commentée précédemment.

Enfin, concernant le thème « règle de 3 », l'amélioration du taux de réussite entre le test n°1 (75,0% \pm 6,3) et n°2 (89,7% \pm 6,5) est statistiquement significative à 5%. En revanche, il n'y a pas de différence significative entre le premier et le troisième test: l'effet de la formation ne semble pas durer dans le temps pour cette partie, mais les étudiants n'utilisent pas cette formule régulièrement comme les préparatrices, ce qui pourrait expliquer pourquoi les résultats se maintiennent chez les préparatrices et pas chez les étudiants.

Dans l'ensemble, les étudiants ont un meilleur bagage de connaissances de base que les préparatrices (formules de dilutions et moles). Néanmoins, ils ne l'utilisent pas toujours au mieux, et la formation ainsi que la fiche-résumé permettent d'améliorer les résultats. En outre, dans certains domaines (pourcentages), les résultats sont inférieurs aux préparatrices, ce qui met en avant l'importance de la pratique quotidienne dans la bonne application des connaissances.

La figure 12 représente les progressions individuelles des étudiants. De façon assez similaire aux préparatrices, seul un étudiant voit son score baisser du premier au deuxième test, et un du deuxième au troisième test. Le graphique montre bien que la variabilité inter-individuelle est fortement réduite lors du deuxième test, mais réaugmente lors du troisième à cause d'un seul étudiant. Le troisième test s'est déroulé durant une période de stress pour les étudiants (examens) qui y ont peut-être mis moins d'attention et d'énergie que dans les deux autres. Cela peut expliquer cette réaugmentation de la variabilité inter-individuelle lors du troisième test, même si elle est modeste. Dans l'ensemble, la formation a donc également un impact à plus long terme.

IV.1.4 Comparaison globale des deux populations

La figure 13 montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les moyennes des deux populations pour chaque test, probablement en raison d'un manque de puissance de l'étude.

En se penchant de plus près sur les valeurs de p, il apparaît clairement que la différence entre les moyennes générales des préparatrices et des étudiants du premier test est à discuter. En effet, une tendance est observée visuellement sur l'histogramme mais ne ressort pas statistiquement. A partir d'un certain stade de taille des populations, la différence aurait certainement été significative, ce qui laisserait penser que la pratique au quotidien d'opérateurs expérimentés a une influence sur leur performance de calculs, en comparaison avec une population d'étudiants qui a les connaissances théoriques mais pas d'expérience. En se penchant sur les résultats par domaine, une différence significative ($p=0,010$) est observée entre les deux populations pour le domaine des pourcentages, que les préparatrices utilisent au quotidien contrairement aux étudiants.

En revanche, après un enseignement théorique avec rappels des formules et distribution d'une fiche-

résumé personnelle, les résultats se rejoignent pour les 2 populations et atteignent un plafond d'environ 95%, difficile à dépasser. La fiabilité humaine n'atteindra donc jamais celle des machines. Même si l'informatique prend de plus en plus de place dans les calculs pharmaceutiques, l'humain est toujours nécessaire, il est donc important de maintenir ses performances de calculs au plus haut niveau pour une sécurité optimale du patient.

La figure 14 montre que pour le deuxième et troisième test, il y a une différence significative entre les durées moyennes mises par les deux populations pour effectuer les tests. Les étudiants sont plus rapides pour arriver aux mêmes résultats. Une explication possible est qu'ils sont plus habitués au travers de leur études à passer des examens écrits en un temps limité, ou plus généralement à travailler sous le stress.

IV.2 Résultats de l'enquête de satisfaction

A la question n°1 (voir tableau 5), tous les participants ont répondu positivement et ont trouvé la formation pertinente, ce qui est directement cohérent avec les résultats généraux observés.

22% (n=2) des préparatrices disent ne pas avoir acquis de nouvelles connaissances au cours de la formation (question n°2), alors que 100% des étudiants répondent positivement. Force est de constater que ce sont les deux mêmes préparatrices qui disent avoir eu du mal à assimiler certains points de la formation (question n°3), en particulier les moles (question n°4) et la formule présentée dans l'équation 1. En se penchant sur leurs résultats individuels, il est observé que les deux utilisent la formule après la formation théorique, alors qu'elles ne l'utilisaient pas avant. De plus, elles effectuent un sans faute sur ce thème lors du troisième test, ce qui n'était pas le cas pour les deux tests précédents. Ces préparatrices semblent donc clairement avoir acquis de nouvelles connaissances, malgré leur réponse négative à la question n°2. Ce "non" peut être expliqué par le fait que ces connaissances avaient déjà été vues lors de leurs études il y a plusieurs années, mais certainement oubliées depuis puisque inutilisées au quotidien. Quand aux étudiants, le fait qu'ils disent tous avoir acquis de nouvelles connaissances remet en cause l'assimilation des connaissances vues au cours de leurs études. En effet, rien n'était nouveau pour eux et tous les points abordés lors de la formation sont vus dès la première année d'étude. Pour certains, cette formation n'était donc pas seulement un rappel, mais bel et bien un apprentissage.

Sur les 9 préparatrices, une seule dit ne pas avoir utilisé la fiche-résumé lors du deuxième test (question n°5). Cette préparatrice a fait un score de 100% au deuxième test. Un seul étudiant dit également ne pas avoir utilisé cette fiche, et il est intéressant de constater que c'est le seul étudiant qui a vu son résultat baisser lors du deuxième test. Cela amène à penser que cette fiche-résumé participe à l'amélioration des résultats du deuxième test, et certainement du troisième.

Tous les participants disent que la formation les a aidés dans la résolution d'un problème calculatoire (question n°6) à l'exception d'une préparatrice qui répond négativement. Cette préparatrice s'améliore tout de même de presque 15% lors du test n°2 et maintient son score lors du test n°3. Globalement, cette question confirme que la formation théorique contribue également à l'amélioration des performances de calcul.

Les questions n°7, 8 et 9 sont posées uniquement aux préparatrices.

Toutes disent que la formation les a aidées dans leur pratique au quotidien (question n°7),

certainement en partie grâce à la fiche-résumé qu'elles peuvent garder toujours sur elles.

Enfin, 89% des préparatrices (8 sur les 9) sont en faveur d'un rappel de la formation: chaque année pour 50% d'entre elles, tous les 2 ans pour les 50% restant. Cela montre bien que la fiche-résumé seule n'est pas perçue comme étant suffisante pour maintenir les performances dans le temps, mais qu'un rappel théorique régulier permettra justement de continuer à l'utiliser correctement. Une remise à niveau régulière est donc souhaitée.

Le tableau 6 qui présente les résultats à la question de classement montre que le thème jugé le plus utile chez les préparatrices est le thème "C1V1=C2V2", suivi de près par les conversions d'unités, règle de 3 et les pourcentages. Ces thèmes correspondent clairement aux calculs réellement effectués au quotidien (voir figure 16), il est donc normal qu'ils soient classés comme utiles. Les thèmes les moins utiles sont les moles et les mEq, jamais utilisés dans le quotidien des préparatrices.

En revanche pour les étudiants, le thème le plus utile est le thème "mEq" suivi de près par les pourcentages. Ces thèmes sont ceux pour lesquels les taux de réussite sont les plus bas lors du premier test. Contrairement aux préparatrices, les étudiants ont interprété le terme "utile" comme le fait d'acquérir de nouvelles connaissances ou d'avoir une remise à niveau, et non pas comme ce qu'ils utilisent le plus au quotidien.

Finalement, pour les questions sur les points positifs et négatifs (non présentes dans le tableau 5, voir annexe 4), les réponses sont souvent similaires.

Les préparatrices décrivent la formation comme pertinente, claire et simple. Un grand nombre voit cette formation comme une remise à niveau de connaissances oubliées depuis longtemps.

Les étudiants pensent que le cours était clair, bien construit, et qu'il a permis de comprendre ses erreurs. Un étudiant a insisté sur la pertinence de la fiche-résumé.

Globalement, les points négatifs qui ressortent sur les deux populations sont le côté répétitif des tests, ainsi que le format trop grand de la fiche résumé (format A5 aurait pu être glissé dans la poche de la blouse).

V Conclusion

L'objectif de cette étude était de caractériser les performances de calcul des préparatrices de la pharmacie des HUG, puis de voir si une formation théorique avec distribution d'une fiche-résumé avait un impact à court et à plus long terme sur ces performances et sur la réduction de la variabilité inter-individuelle. Ces résultats ont été comparés avec ceux d'étudiants en pharmacie, afin de voir si la pratique quotidienne avait une influence sur les performances de calcul.

Les performances de calcul initiales des préparatrices sont correctes avec une moyenne générale de $80,5\% \pm 8,3$, similaires aux valeurs retrouvées dans certaines études réalisées avec des infirmières [10] et bien supérieures à celles rencontrées dans d'autres études de la littérature [11]. La formation

théorique ainsi que la distribution d'une fiche-résumé permet l'amélioration des résultats juste après la formation ($94,8\% \pm 3,8$; $p=0,008$) et à plus d'un mois après celle-ci ($94,1\% \pm 2,6$; $p=0,008$), ainsi qu'une réduction de l'importante variabilité inter-individuelle. Les calculs effectués au quotidien par les préparatrices des HUG (pourcentages, dilutions, règle de 3) sont les mieux réussis lors des 3 tests. Pour les autres, une amélioration des taux de réussite est observée lors des tests post-formation, mais qui n'est pas systématiquement significative. Il aurait été intéressant d'augmenter la taille des populations afin d'augmenter la puissance de l'étude.

Les performances de calculs initiales des étudiants ($69,1\% \pm 13,7$) semblent inférieures à celles des préparatrices, mais la différence n'est pas statistiquement significative sur le petit collectif de notre étude. Une puissance plus élevée aurait certainement permis d'observer une différence significative. La pratique quotidienne a donc une influence sur les performances de calcul. La formation théorique avec distribution d'une fiche-résumé a permis, comme pour les préparatrices, d'améliorer les résultats juste après la formation ($93,1\% \pm 5,4$; $p=0,014$) et à plus d'un mois après celle-ci ($92,7\% \pm 7,8$; $p=0,016$), tout en réduisant la variabilité inter-individuelle. Dans l'ensemble, les étudiants ont un meilleur bagage de connaissances de base que les préparatrices (formules de dilutions et moles), lesquelles sont beaucoup plus éloignées de leurs études. De plus, ils sont plus rapides car plus habitués à ce genre de tests. Néanmoins, ils n'utilisent pas toujours leurs connaissances au mieux, et la formation ainsi que la fiche-résumé permettent d'améliorer les résultats. En outre, dans certains domaines (pourcentages), les résultats initiaux sont inférieurs à ceux des préparatrices, ce qui confirme l'importance de la pratique quotidienne.

Pour les deux populations, les résultats post-formation atteignent une valeur "plafond" qui ne dépasse pas 95%, le 5% d'erreurs restant étant probablement incompressible et lié aux limites de la fiabilité humaine.

L'enquête de satisfaction du cours montre que la formation a reçu un accueil positif auprès de la grande majorité des participants, et que les différents thèmes du cours ont été bien intégrés. 89% des préparatrices sont en faveur d'une remise à niveau régulière, avec un espacement d'un à deux ans entre chaque formation. Il sera intéressant d'accompagner la prochaine session d'enseignement, qui devrait être programmée d'ici 1 à 2 ans, d'un pré- et d'un post-test, qui permettra de juger du maintien des connaissances sur le long terme et de l'impact de la formation de rappel.

Compte tenu de la performance limitée des êtres humains dans les opérations de calcul, la stratégie qui vise à les éviter au maximum grâce à l'informatisation est pertinente. Cependant, toutes les opérations ne peuvent pas être automatisées et l'informatique ne remplace pas complètement l'homme, qui est toujours sollicité dans certains cas. Cette étude a permis de montrer que les performances de calculs des préparatrices en pharmacie peuvent être améliorées grâce à une formation théorique avec distribution d'une fiche-résumé. Il est donc nécessaire d'effectuer régulièrement des piqûres de rappel de cette formation, afin de permettre une utilisation optimale de la fiche et de minimiser le risque d'erreur de calcul. Cela semble indispensable afin d'assurer une sécurité maximale du patient dans le processus hospitalier.

VI Bibliographie

- [1] "To Err Is Human: Building a Safer Health System." [Online]. Available: <http://www.nap.edu/openbook.php?isbn=0309068371>. [Accessed: 20-Feb-2014].
- [2] "Université de Lausanne et Université de Genève - diplome_bm.pdf." [Online]. Available: http://pharmacie.hug-ge.ch/ens/mas/diplome_bm.pdf. [Accessed: 17-Mar-2014].
- [3] K. Wright, "Do calculation errors by nurses cause medication errors in clinical practice? A literature review," *Nurse Educ. Today*, vol. 30, no. 1, pp. 85–97, 2010.
- [4] S. R. Ehsani, M. A. Cheraghi, A. Nejati, A. Salari, A. H. Esmaeilpoor, and E. M. Nejad, "Medication errors of nurses in the emergency department," *J. Med. Ethics Hist. Med.*, vol. 6, p. 11, 2013.
- [5] Barker KN, Flynn EA, Pepper GA, Bates DW, and Mikeal RL, "Medication errors observed in 36 health care facilities," *Arch. Intern. Med.*, vol. 162, no. 16, pp. 1897–1903, 2002.
- [6] S. McDowell, S. Mt-Isa, D. Ashby, and R. Ferner, "Where errors occur in the preparation and administration of intravenous medicines: a systematic review and Bayesian analysis," *Qual Saf Health Care*, vol. 19, no. 4, pp. 341–5, 2010.
- [7] C. Stucki, A. Sautter, A. Wolff, S. Fleury-Souverain, and P. Bonnabry, "Accuracy of preparation of i.v. medication syringes for anesthesiology," *Am J Health Syst Pharm*, vol. 70, no. 2, pp. 137–42, 2013.
- [8] L. Galligan, "Analysing Nursing Students' Drug Calculation Errors," presented at the 24th Annual MERGA Conference, Sydney, 2001, pp. 257–264.
- [9] E. Cowley, R. Williams, and D. Cousins, "Medication errors in children: a descriptive summary of medication error reports submitted to the United States pharmacopeia," *Curr. Ther. Res.*, vol. 62, no. 9, pp. 627–640, 2001.
- [10] P. Garnerin, B. Pellet-Meier, P. Chopard, T. Perneger, and P. Bonnabry, "Measuring human-error probabilities in drug preparation: a pilot simulation study," *Eur. J. Clin. Pharmacol.*, vol. 63, no. 8, pp. 769–776, 2007.
- [11] M. McMullan, R. Jones, and S. Lea, "Patient safety: numerical skills and drug calculation abilities of nursing students and registered nurses," *J. Adv. Nurs.*, vol. 66, no. 4, pp. 891–899, 2010.
- [12] "Marseille : un enfant de six ans meurt d'une surdose de chimiothérapie," *Le Monde.fr*. [Online]. Available: http://www.lemonde.fr/societe/article/2010/03/25/erreur-medicale-fatale-a-l-hopital-de-la-timone-a-marseille_1324100_3224.html. [Accessed: 20-Mar-2014].
- [13] "Une patiente meurt d'une surdose de morphine," *Le Journal Du Dimanche*, 2011.
- [14] A. Villemeur, *Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels*, Eyrolles. 1997.
- [15] R. Baalbaki, "Mesure de la fiabilité du contrôle ultime avant l'administration des médicaments aux patients," Travail de diplôme, Université de Genève, Genève, Suisse, 2006.
- [16] N. Santamaria, H. Norris, L. Clayton, and D. Scott, "Drug calculation competencies of graduate nurses," *Collegian*, vol. 4, no. 3, pp. 18–21, 1997.
- [17] K. Wright, "How do nurses solve drug calculation problems?," *Nurse Educ. Today*, vol. 33, no. 5, pp. 450–457, 2013.
- [18] F. Rufin, "Apprendre à faire un calcul de dosage," *Cadre de Santé*, 2004. .
- [19] J. G. Bloomfield and A. Jones, "Using e-learning to support clinical skills acquisition: Exploring the experiences and perceptions of graduate first-year pre-registration nursing students — A mixed method study," *Nurse Educ. Today*, vol. 33, no. 12, pp. 1605–1611, 2013.
- [20] H. Fischer, L. Jeffery, J. L. Nielsen, and L. R. Nielsen, "Use of an E-learning program to improve paediatric nurses' dose calculation skills," *Eur. J. Hosp. Pharm. Sci. Pract.*, vol. 21, no. Suppl 1, pp. A151–A152, 2014.
- [21] J. G. Bloomfield, J. C. Cornish, A. M. Parry, A. Pegram, and J. S. Moore, "Clinical skills education for graduate-entry nursing students: Enhancing learning using a multimodal approach," *Nurse Educ. Today*, vol. 33, no. 3, pp. 247–252, 2013.
- [22] L. E. Kelly and N. Colby, "Teaching medication calculation for conceptual understanding," *J. Nurs. Educ.*, vol. 42, no. 10, pp. 468–471, 2003.
- [23] A. M. Grugnetti, A. Bagnasco, F. Rosa, and L. Sasso, "Effectiveness of a Clinical Skills

Workshop for drug-dosage calculation in a nursing program," *Nurse Educ. Today*.

[24] E. Roditi, "L'enseignement du calcul de doses médicamenteuses, un défi pour la santé publique au 21e siècle," presented at the Colloque international EMF, Genève, Suisse, 2012, pp. 1235–1245.

[25] K. Wright, "Can effective teaching and learning strategies help student nurses to retain drug calculation skills?," *Nurse Educ. Today*, vol. 28, no. 7, pp. 856–864, 2008.

[26] R. Lahat, L. Baitelman, and M. Leonenko, "Reducing Errors in Pharmaceutical Calculations Educating and Training Medical Staff," *Eur. J. Hosp. Pharm. Sci. Pract.*, vol. 21, 2014.

[27] K. Wright, "Drug calculations part 2: alternative strategies to the formula," *Nurs. Stand. R. Coll. Nurs. G. B. 1987*, vol. 22, no. 37, pp. 42–44, 2008.

[28] J. F. Boundy and P. A. Stockert, *Calcul de la Dose*, Editions du Renouveau Pédagogique Inc. Canada, 2012.

[29] N. Jeanguiot, M.-C. Kovalevitch, and A. Poulet, *Le calcul de doses sans erreurs*, ESTEM. Paris, 2009.

VII Annexes

Annexe 1: Tests de calculs

Nom :

HEURE DE DEBUT:

HEURE DE FIN:

TEST N°1

Consignes

- Pour chaque question, merci d'écrire votre raisonnement directement dans les cases blanches prévues à cet effet
- La calculatrice est autorisée
- Tout au long du test , mcg = μ g

Question 1

On dispose d'ampoules de 2ml de fentanyl 50mcg/ml. Combien d'ampoules sont nécessaires pour avoir 0,2 mg de fentanyl?

Réponse : _____ ampoules

Question 2

On dispose de 1L d'une solution mère de méthadone 1% (m/v), et on veut 120 ml d'une solution à 0,2%. Quel volume de solution mère faut-il prélever pour effectuer cette dilution?

Réponse : _____ ml

Question 3

Calculer la quantité de NaCl en g contenu dans la solution suivante:
750ml de NaCl 0,9%

Réponse: _____ g

Question 4

Ordonnance: 75 mg de Biaxin 2 fois par jours pendant 8 jours

On dispose de comprimés de Biaxin 500mg non fractionnables

Combien de comprimés faudra-t-il écraser pour obtenir un nombre adéquat de capsules de 75 mg ?

Réponse : _____ comprimés donc _____ capsules.

Question 5

On dispose de 1L d'une solution mère de méthadone 1%. Quel volume de solution mère faut-il prélever pour avoir 20mg de méthadone?

Réponse : _____ ml

Question 6

On dispose d'une poche de 150ml de NaCl 0,33%. Quelle est la masse en g de NaCl contenu dans la poche?

Réponse: _____ g

Question 7

Compléter les égalités suivantes:

- 25 mg = ? mcg **Réponse:** _____ mcg

- 350 mcg = ? mg **Réponse:** _____ mg

- 4,5 mg = ? mcg **Réponse :** _____ mcg

Question 8

On dispose d'un flacon de 5ml de PRIALT 100mcg/ml. Quel volume sera nécessaire pour obtenir une dose de 0,02 mg de PRIALT?

Réponse : _____ ml

Question 9

On dispose d'une solution de 1L de glucose 200mmol/L. Combien de g de glucose la solution contient-elle? (Donnée: Masse Molaire (MM)_{glucose} = 180 g/mol)

Réponse : _____ g

Question 10

On dispose d'une poche de 500ml de NaCl 0,45%. Combien de mmol de NaCl la solution contient-elle ? (Donnée: MM_{NaCl} = 58,44 g/mol)

Réponse: _____ mmol

Question 11

Compléter les égalités suivantes:

- 4 mEq de **Mg**²⁺ = ? mmol

Réponse: _____ mmol

- 6 mEq de **Ca**²⁺ = ? mmol

Réponse: _____ mmol

- 6 mmol de **Mg**²⁺ = ? mEq

Réponse: _____ mEq

- 5 mmol de **PO**₄³⁻ = ? mEq

Réponse: _____ mEq

Question 12

Ordonnance: 50 mg de Salazopyrin 3 fois par jours pendant 5 jours

On dispose de comprimés de Salazopyrin 250mg non-fractionnables.

Combien de comprimés faudra-t-il écraser pour obtenir un nombre adéquat de capsules de 50 mg? Combien de capsules obtiendra-t-on ?

Réponse = _____ comprimés donc _____ capsules.

Question 13

Calculer la quantité de dextrose en g contenu dans la solution suivante:

1L de dextrose 5%

Réponse: _____ g

Question 14

Ordonnance : Biaxin 7,5 mg/kg toutes les 12h

Poids du patient: 40 kg

On dispose de Biaxin en suspension à 125 mg pour 5ml

Quel volume de suspension de Biaxin recevra le patient toutes les 12h?

Réponse: _____ ml

Question 15

Ordonnance: Solution de Morphine 0,1% en perfusion 1ml/min pendant 9 jours

On dispose de poches de 1L de Morphine à 0,1%.

Combien faudra-t-il prévoir de poches pour couvrir toute la durée de la perfusion?

Réponse : _____ poches

Question 16

Ordonnance: Mycostatine 450 000 UI, deux fois par jour.

Pendant combien de temps pourra-t-on traiter le patient avec trois flacons de 25ml, 100 000 UI/ml ?

Réponse: _____ jours

Question 17

Combien de bouteilles d'antibiotique 500ml à 3mg/ml sont requises pour administrer pendant 5 jours un traitement intraveineux à un patient de 70kg , avec une première dose de 17mg/kg et des doses suivantes de 8,5 mg/kg toutes les 6h ?

Réponse : _____ bouteilles

Nom/matricule :

HEURE DE DEBUT:
HEURE DE FIN:

TEST N°2

Consignes

- Pour chaque question, merci d'écrire votre raisonnement directement dans les cases blanches prévues à cet effet
- La calculatrice est autorisée
- Tout au long du test , mcg = μg

Question 1

On dispose d'une solution mère de dextrose 5% (m/v), et on veut 150ml d'une solution à 3%. Quel volume de solution mère faut-il prélever ?

Réponse : _____ ml

Question 2

Calculer la quantité de NaOH en g contenu dans la solution suivante:
1500 ml de NaOH 0,5%

Réponse: _____ g

Question 3

On dispose d'ampoules de 2ml de ACUPAN 1000mcg/ml. Combien d'ampoules sont nécessaires pour avoir 14 mg de ACUPAN?

Réponse : _____ ampoules

Question 4

On dispose de 1L d'une solution mère de Septrial 0,8%. Quel volume de solution mère faut-il prélever pour avoir 30mg de Septrial?

Réponse : _____ ml

Question 5

On dispose d'une poche de 400ml de NaCl 0,9%. Quelle est la masse en g de NaCl contenu dans la poche?

Réponse: _____ g

Question 6

Compléter les égalités suivantes:

- 2,5 mg = ? mcg Réponse: _____ mcg
- 12 mcg = ? mg Réponse: _____ mg
- 150 mg = ? mcg Réponse : _____ mcg

Question 7

Ordonnance: 200mg de paracétamol 2 fois par jours pendant 8 jours

On dispose de comprimés de paracétamol 500mg non fractionnables

Combien de comprimés faudra-t-il écraser pour obtenir un nombre adéquat de capsules de 200 mg ?

Réponse : _____ comprimés donc _____ capsules.

Question 8

On dispose d'une solution de 30ml d'Halopéridol 0,1mmol/ml. Combien de g d'Halopéridol la solution contient-elle? (Donnée: Masse Molaire (MM)_{halopéridol} = 375,8 g/mol)

Réponse : _____ g

Question 9

On dispose d'une poche de 100ml de glucose 30%. Combien de mol de glucose la solution contient-elle ? (Donnée: MM_{glucose} = 180 g/mol)

Réponse: _____ mol

Question 10

On dispose d'ampoules de 1ml de ZEMPLAR 5mcg/ml. Combien d'ampoules sont nécessaires pour avoir 0,025 mg de ZEMPLAR?

Réponse : _____ ampoules

Question 11

Compléter les égalités suivantes:

- 6 mEq de **Mg²⁺** = ? mmol

Réponse: _____ mmol

- 2 mEq de **Ca²⁺** = ? mmol

Réponse: _____ mmol

- 5,5 mmol de **Mg²⁺** = ? mEq

Réponse: _____ mEq

- 12 mmol de **PO₄³⁻** = ? mEq

Réponse: _____ mEq

Question 12

Ordonnance: 100 mg d'Ibuprofène 3 fois par jours pendant 5 jours

On dispose de comprimés d'Ibuprofène 600mg non-fractionnables.

Combien de comprimés faudra-t-il écraser pour obtenir un nombre adéquat de capsules de 100 mg? Combien de capsules obtiendra-t-on ?

Réponse = _____ comprimés donc _____ capsules.

Question 13

Calculer la quantité de dextrose en g contenu dans la solution suivante:

1L de dextrose 30%

Réponse: _____ g

Question 14

Ordonnance: Solution de Morphine 0,5% en perfusion 1,5ml/min pendant 4 jours

On dispose de poches de 1L de Morphine à 0,5%.

Combien faudra-t-il prévoir de poches pour couvrir toute la durée de la perfusion?

Réponse : _____ poches

Question 15

Ordonnance: Rovamycine 9 000 000 UI le premier jour, puis 4 500 000 UI par jour

Pendant combien de temps pourra-t-on traiter le patient avec 5 comprimés dosés à 3 000 000 UI ?

Réponse: _____ jours

Question 16

Combien de bouteilles d'antibiotique 200ml à 2,5mg/ml sont requises pour administrer pendant 3 jours un traitement intraveineux à un patient de 65kg , avec une première dose de 17mg/kg et des doses suivantes de 8,5 mg/kg toutes les 6h ?

Réponse : _____ bouteilles

Question 17

Ordonnance: Acétaminophène 10 mg/kg toutes les 6h

Poids du patient= 6 kg

On dispose d'un élixir dosé à 160mg pour 5ml

Quel volume d'élixir recevra le patient toutes les 6h ?

Réponse: _____ ml

Nom :

HEURE DE DEBUT:

HEURE DE FIN:

TEST N°3

Consignes

- Pour chaque question, merci d'écrire votre raisonnement directement dans les cases blanches prévues à cet effet
- La calculatrice est autorisée
- Tout au long du test, mcg = μ g

Question 1

On dispose d'une solution de 100ml de Morphine 0,2mmol/ml. Combien de g de Morphine la solution contient-elle? (Donnée: Masse Molaire (MM)_{Morphine} = 285 g/mol)

Réponse : _____ g

Question 2

Calculer la quantité de NaCl en g contenu dans la solution suivante:
1750 ml de NaCl 0,33%

Réponse: _____ g

Question 3

On dispose d'ampoules de 2ml de PRIALT 100mcg/ml. Combien d'ampoules sont nécessaires pour avoir 6 mg de PRIALT?

Réponse : _____ ampoules

Question 4

On dispose de 20ml d'une solution mère d'Eosin 2%. Quel volume de solution mère faut-il prélever pour avoir 70mg d'Eosin?

Réponse : _____ ml

Question 5

Ordonnance: 300 mg d'Aspirine 3 fois par jours pendant 5 jours

On dispose de comprimés d'Aspirine 1000mg non-fractionnables.

Combien de comprimés faudra-t-il écraser pour obtenir un nombre adéquat de capsules de 300 mg? Combien de capsules obtiendra-t-on ?

Réponse = _____ comprimés donc _____ capsules.

Question 6

Compléter les égalités suivantes:

- 25 mg = ? mcg Réponse: _____ mcg

- 1,2 mcg = ? mg Réponse: _____ mg

- 1500 mcg = ? mg Réponse : _____ mg

Question 7

Ordonnance: 100mg de d'ibuprofène 2 fois par jours pendant 8 jours

On dispose de comprimés d'ibuprofène de 400mg non fractionnables

Combien de comprimés faudra-t-il écraser pour obtenir un nombre adéquat de capsules de 100 mg ?

Réponse : _____ comprimés donc _____ capsules.

Question 8

On dispose d'une solution mère de saccharose 7%, et on veut 200ml d'une solution à 3,5%. Quel volume de solution mère faut-il prélever ?

Réponse : _____ ml

Question 9

On dispose d'une poche de 150ml de fructose 22%. Combien de mol de fructose la solution contient-elle ? (Donnée: $MM_{\text{fructose}} = 180 \text{ g/mol}$)

Réponse: _____ mol

Question 10

Ordonnance : Biaxin 15 mg/kg toutes les 12h

Poids du patient: 45 kg

On dispose de Biaxin en suspension à 100 mg pour 5ml

Quel volume de suspension de Biaxin recevra le patient toutes les 12h?

Réponse: _____ ml

Question 11

Compléter les égalités suivantes:

- 2 mEq de $\text{Mg}^{2+} = ? \text{ mmol}$

Réponse: _____ mmol

- 10 mEq de $\text{Ca}^{2+} = ? \text{ mmol}$

Réponse: _____ mmol

- 55 mmol de $\text{Mg}^{2+} = ? \text{ mEq}$

Réponse: _____ mEq

- 23 mmol de $\text{PO}_4^{3-} = ? \text{ mEq}$

Réponse: _____ mEq

Question 12

On dispose d'une poche de 200ml de NaOH 5%. Quelle est la masse en g de NaOH contenu dans la poche?

Réponse: _____ g

Question 13

Calculer la quantité de dextrose en g contenu dans la solution suivante:
500mL de dextrose 45%

Réponse: _____ g

Question 14

Ordonnance: Solution de N-Acétylcystéine en perfusion 2ml/min pendant 4 jours

On dispose de poches de 500mL de N-Acétylcystéine.

Combien faudra-t-il prévoir de poches pour couvrir toute la durée de la perfusion?

Réponse : _____ poches

Question 15

Ordonnance: Rifampicine 8 000 000 UI le premier jour, puis 3 000 000 UI par jour

Pendant combien de temps pourra-t-on traiter le patient avec 5 comprimés dosés à 2 500 000 UI ?

Réponse: _____ jours

Question 16

Combien de bouteilles d'antibiotique 200ml à 23mg/ml sont requises pour administrer pendant 5 jours un traitement intraveineux à un patient de 55kg , avec une première dose de 15mg/kg et des doses suivantes de 7,5 mg/kg toutes les 6h ?

Réponse : _____ bouteilles

Question 17

On dispose d'ampoules de 2ml de ZEMPLAR 7,5mcg/ml. Combien d'ampoules sont nécessaires pour avoir 0,05 mg de ZEMPLAR?

Réponse : _____ ampoules

Annexe 2: Slides du cours de formation aux calculs

Formation aux calculs

Pharmacie des Hôpitaux Universitaires de Genève

Mars 2014

Ecole de Pharmacie
EPGL
Genève – Lausanne

HUG
Hôpitaux Universitaires de Genève

- 1 CONVERTIR
- 2 CALCULER
- 3 UTILISER SON SENS CRITIQUE

Théorie: conversions d'unité

g/mol	dg	cg	mg/ mmol			mcg
5	0	0	0			
			0	0	2	0
0	0	0	7			
		3	5	4	0	0

Exemple I

On dispose d'un flacon de 5ml de PRIALT
100 mcg/ml.

**Quel volume sera nécessaire pour
obtenir une dose de 0,02 mg de
PRIALT?**

Résolution exemple I

On dispose d'un flacon de 5ml de PRIALT 100 mcg/ml.

**Quel volume sera nécessaire pour obtenir une dose de
0,02 mg de PRIALT?**

1 CONVERTIR

$$100 \text{ mcg/ml} = 0,1 \text{ mg/ml}$$



Résolution : règle de 3

On dispose d'un flacon de 5ml de PRIALT 100 mcg/ml.

**Quel volume sera nécessaire pour obtenir une dose de
0,02 mg de PRIALT?**

2 CALCULER

$$\begin{array}{ccc} 0,1 \text{ mg} & \xrightarrow{\quad} & 1 \text{ ml} \\ & \times & \\ 0,02 \text{ mg} & \xrightarrow{\quad} & x \text{ ml} \end{array}$$

$$0,1 \times x = 0,02 \times 1$$

$$x = \frac{0,02 \times 1}{0,1}$$

$$x = 0,2 \text{ ml}$$

Résolution exemple 1

0,1 mg/ml

On dispose d'un flacon de 5ml de PRIALT 100 mcg/ml.

Quel volume sera nécessaire pour obtenir une dose de 0,02 mg de PRIALT?

3 UTILISER SON SENS CRITIQUE

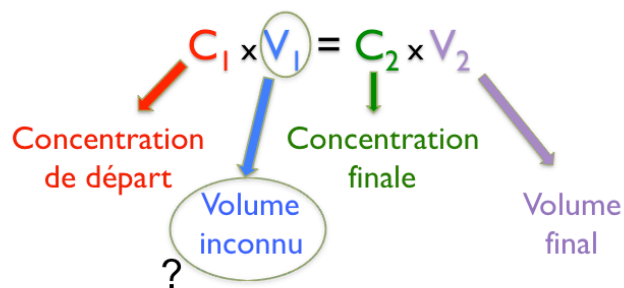
X = 0,2 ml

Est-ce plausible ?

Exemple 2

On dispose d'une solution mère de morphine 1% , et on veut 120 ml d'une solution à 0,2%.

Quel volume de solution mère faut-il prélever ?



$$\text{Donc } V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{C_1}$$

Résolution exemple 2

On dispose d'une solution mère de morphine 1% , et on veut 120 ml d'une solution à 0,2%.

Quel volume de solution mère faut-il prélever ?

1 CONVERTIR

Ici, rien à convertir.

Résolution exemple 2

On dispose d'une solution mère de morphine 1% , et on veut 120 ml d'une solution à 0,2%.

Quel volume de solution mère faut-il prélever ?

2 CALCULER

$$C_1 = 1\%$$

$V_1 =$ volume inconnu

$$C_2 = 0,2\%$$

$$V_2 = 120 \text{ ml}$$

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 V_2}{C_1} = \frac{0,2 \times 120}{1} = 24 \text{ ml}$$

Résolution exemple 2

On dispose d'une solution mère de morphine 1% , et on veut 120 ml d'une solution à 0,2%.

Quel volume de solution mère faut-il prélever ?

3 UTILISER SON SENS CRITIQUE

$$V_1 = 24 \text{ ml} < 120 \text{ ml}$$

Est-ce plausible ?

Théorie: conversion des pourcentages

$x\%$ signifie x g pour **100ml**

Ex : $5\% = 5$ g pour 100ml

= **50** g/L

= **50** mg/ml



Théorie: conversion des pourcentages

Quelle est la concentration en mg/mL d'une solution de morphine à 1% ?

1 g pour 100 ml

1000 mg pour 100 ml

100 mg pour 10 ml

10 mg pour 1 ml

Exemple 3

On dispose de 1L d'une solution mère de méthadone 1% .

Quel volume de solution mère faut-il prélever pour avoir 20mg de méthadone?

Résolution exemple 3

On dispose de 1L d'une solution mère de méthadone 1%.
Quel volume de solution mère faut-il prélever pour avoir 20mg de méthadone?

1 CONVERTIR

$$20 \text{ mg} = 0,02 \text{ g}$$

Résolution exemple 3

On dispose de 1L d'une solution mère de méthadone 1%.
Quel volume de solution mère faut-il prélever pour avoir 20mg de méthadone?

2 CALCULER | % signifie | g pour 100ml

Donc (règle de 3):

1 g	→	100 ml
0,02 g	→	X ml

$$x = \frac{0,02 \times 100}{1}$$

$$x = 2 \text{ ml}$$

Résolution exemple 3

On dispose de 1L d'une solution mère de méthadone 1%.
Quel volume de solution mère faut-il prélever pour avoir 20mg de méthadone?

3 UTILISER SON SENS CRITIQUE

$$x = 2 \text{ ml}$$

Est-ce plausible ? Assez difficile dans ce cas là...

Théorie: moles et masse molaire

Tableau périodique des éléments

--- Numéro atomique (Z)
 --- Symbole chimique
 --- Masse atomique relative (M_r) en unités de masse atomique (u)

Théorie: moles et masse molaire

- 1 mole = $6,022 \times 10^{23}$ atomes
- Masse Molaire (MM) = masse d'une mole de substance, s'exprime en g/mol

Calculer la Masse Molaire de :

- NaCl
- H₂O

Tableau périodique des éléments

--- Numéro atomique (Z)
 --- Symbole chimique
 --- Masse atomique relative (M_r) en unités de masse atomique (u)

Théorie: moles et masse molaire

- 1 mole = $6,022 \times 10^{23}$ atomes
- Masse Molaire (MM) = masse d'une mole de substance, s'exprime en g/mol

Calculer la Masse Molaire de :

- NaCl = $MM_{Na} + MM_{Cl} = 23 + 35 = 58$
- H₂O = $2 \times MM_H + MM_O = 2 \times 1 + 16 = 18$

Théorie: moles et masse molaire

- 1 mole = $6,022 \times 10^{23}$ atomes
- Masse Molaire (MM) = masse d'une mole de substance, s'exprime en g/mol

Pour calculer le nombre de moles d'un échantillon:

$$n = \frac{m}{MM}$$

Avec n = nombre de moles (mol)

m = masse (g)

MM = Masse Molaire (g/mol)

Théorie: moles et masse molaire

Exemple:

On a un échantillon de 35g de NaCl (MM= 58 g/mol)

Quel est le **nombre de moles (n)** contenu dans l'échantillon ?

1,2 mol ? 0,6 mol ?

0,4 mol ? 1,65 mol ?

Théorie: moles et masse molaire

Exemple:

On a un échantillon de 35g de NaCl
(MM= 58 g/mol)

Quel est le **nombre de moles (n)**
contenu dans l'échantillon ?

$$n = \frac{m}{MM} = \frac{35}{58} = 0,6 \text{ mol}$$

Exemple 4

On dispose d'une poche de 500ml de NaCl
0,45%.

**Combien de mmol de NaCl la
solution contient-elle ?**

(Donnée: $MM_{\text{NaCl}} = 58,44 \text{ g/mol}$)

Résolution exemple 4

On dispose d'une poche de 500ml de NaCl 0,45%.

Combien de mmol de NaCl la solution contient-elle ?

(Donnée: $MM_{\text{NaCl}} = 58,44 \text{ g/mol}$)

**I CONVERTIR : déterminer la masse de NaCl en
g ($n = \frac{m}{MM}$ donc pour avoir **n**, il faut **m** et **MM**)**

0,45 % \rightarrow 0,45 g pour 100ml
x g pour 500ml ?

$$x = \frac{0,45 \times 500}{100} = 2,25 \text{ g}$$

Règle de 3

Résolution exemple 4

On dispose d'une poche de 500ml de NaCl 0,45%.

Combien de mmol de NaCl la solution contient-elle ?

(Donnée: $MM_{\text{NaCl}} = 58,44 \text{ g/mol}$)

2 CALCULER : le nombre de moles

$$n = \frac{m}{MM} = \frac{2,25}{58,44} = 0,0385 \text{ mol} = 38,5 \text{ mmol}$$



Résolution exemple 4

On dispose d'une poche de 500ml de NaCl 0,45%.

Combien de mmol de NaCl la solution contient-elle ?

(Donnée: $MM_{\text{NaCl}} = 58,44 \text{ g/mol}$)

3 UTILISER SON SENS CRITIQUE

n = 38,5 mmol

Est-ce plausible ? Assez difficile dans ce cas là...

Exemple 5

- 4 mEq de $\text{Mg}^{2+} = ? \text{ mmol}$
- 6 mEq de $\text{Ca}^{2+} = ? \text{ mmol}$
- 6 mmol de $\text{Mg}^{2+} = ? \text{ mEq}$
- 5 mmol de $\text{PO}_4^{3-} = ? \text{ mEq}$

Théorie: mEq et mmol

- L'équivalent **E** d'une espèce ionique est égale à la **quantité de matière n** (en mol) de cette espèce multipliée par la **valeur absolue de sa charge électrique** (en charge élémentaire e).



- Donc **mEq** = mmol × charge
- Et **mmol** = mEq / charge

Résolution exemple 5

- 4 mEq de **Mg²⁺** = $4/2 = 2$ mmol
- 6 mEq de **Ca²⁺** = $6/2 = 3$ mmol
- 6 mmol de **Mg²⁺** = $6 \times 2 = 12$ mEq
- 5 mmol de **PO₄³⁻** = $5 \times 3 = 15$ mEq

Annexe 3: Fiche résumé distribuée pendant la formation

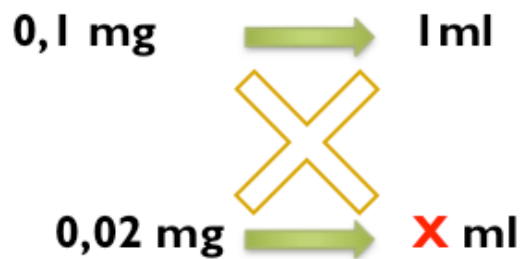
Formation aux calculs : fiche de rappels Pharmacie des HUG

1. **CONVERTIR**
2. **CALCULER**
3. **UTILISER SON SENS CRITIQUE**

Conversions d'unités

g/mol	dg	cg	mg/ mmol			mcg
5	0	0	0			
			0	,	0	2
0	,	0	7			
		3	5	/	4	0
						0

Règle de 3



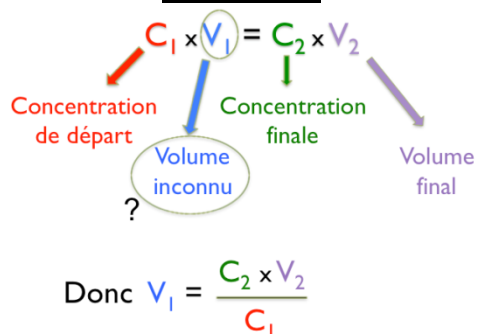
Exemple

$$0,1 \times x = 0,02 \times 1$$

$$x = \frac{0,02 \times 1}{0,1}$$

$$x = 0,2 \text{ ml}$$

Dilutions



Exemple

Solution de morphine 1% : on veut 120ml à 0,2%.

$$C_1 = 1\%$$

$$V_1 = \text{volume inconnu}$$

$$C_2 = 0,2\%$$

$$V_2 = 120 \text{ ml}$$

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 V_2}{C_1} = \frac{0,2 \times 120}{1} = 24 \text{ ml}$$

<p style="text-align: center;"><u>Pourcentages</u></p> <p>x % signifie x g pour 100ml</p>	<p style="text-align: center;"><u>Exemple</u></p> <p>Quelle est la concentration en mg/ml d'une solution de morphine à 1%?</p> <p style="text-align: center;">> donc 10 mg/ml</p>
<p style="text-align: center;"><u>Moles</u></p> $n = \frac{m}{MM}$ <p>Avec n = nombre de moles (mol) m = masse (g) MM = Masse Molaire (g/mol)</p> <hr/> <p>- 1 mole = 6,022 x 10²³ atomes - Masse Molaire (MM) = masse d'une mole de substance, s'exprime en g/mol</p>	<p style="text-align: center;"><u>Exemple</u></p> <p>Un échantillon contenant 35g de NaCl (MM=58 g/mol)</p> $n = \frac{m}{MM} = \frac{35}{58} = 0,6 \text{ mol} = 600 \text{ mmol}$
<p style="text-align: center;"><u>mEq</u></p> <p>PO_4^{3-} ← 3 charges Ca^{++} ← 2 charges</p> <hr/> <p style="text-align: center;">Donc : mEq = mmol x charge mmol = mEq / charge</p>	<p style="text-align: center;"><u>Exemple</u></p> <p>4 mEq de $\text{Mg}^{2+} = 4/2 = 2 \text{ mmol}$</p> <p>6 mEq de $\text{Ca}^{2+} = 6/2 = 3 \text{ mmol}$</p> <p>6 mmol de $\text{Mg}^{2+} = 6 \times 2 = 12 \text{ mEq}$</p> <p>5 mmol de $\text{PO}_4^{3-} = 5 \times 3 = 15 \text{ mEq}$</p>

Annexe 4 : Enquête de satisfaction distribuée après le 2ème test

Nom/Matricule:

Enquête de satisfaction Formation aux calculs

D'une manière générale, avez-vous trouvé la formation pertinente ?

- ◇ Oui
- ◇ Plutôt oui
- ◇ Plutôt non
- ◇ Non

Selon vous, quels étaient les points positifs de la formation ?

Et les points pouvant être améliorés ?

Avez vous l'impression d'avoir acquis de nouvelles connaissances au cours de cette formation ?

- ◇ Oui
- ◇ Plutôt oui
- ◇ Plutôt non
- ◇ Non

Avez vous eu des difficultés à assimiler certains points de la formation ?

- ◇ Oui
- ◇ Non

Si oui, lesquels ?

Veillez classer ces points abordés dans la formation, de 1 à 6 dans l'ordre d'utilité ?

(1= le plus utile 6= le moins utile)

	Tableau de conversions d'unités
	Règle de 3
	Dilutions ($C_1V_1 = C_2V_2$)
	Pourcentages
	Moles
	mEq

Avez-vous utilisé la fiche de rappels distribuée à la fin de la formation durant le 2ème test ?

- ◇ Oui
- ◇ Non

D'une manière générale, pensez vous que la formation théorique vous a aidé dans la résolution d'un problème calculatoire ?

- ◇ Oui
- ◇ Plutôt oui
- ◇ Plutôt non
- ◇ Non

D'une manière générale, pensez-vous que la formation théorique va vous servir dans votre pratique quotidienne ?

- ◇ Oui
- ◇ Plutôt oui
- ◇ Plutôt non
- ◇ Non

Serait-il nécessaire de faire des rappels réguliers de la formation ?

- ◇ Oui
- ◇ Non

Si oui, à quelle intervalle ?

- ◇ Une fois par mois
- ◇ Tous les 6 mois
- ◇ Une fois par an
- ◇ Autre ? _____

Annexe 5: Détail des résultats des tests

Détail des résultats du test n°1

Tableau x: Résultats par thème des opérateurs HUG au test n°1

Opérateur pharmacie	Résultat final (% bonnes réponses)	C1V1=C2V2	Pourcentages					Conversion d'unités			Moles		mEq	Règle de 3						durée (min)
		Q2	Q3	Q5	Q6	Q13	Q1	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q4	Q12	Q14	Q15	Q16	Q17		
1	88,2	v	v	v	v	v	x	v	v	v	v	x	v	v	v	v	v	v	50	
2	88,2	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	x	v	v	v	v	x	v	55	
3	80,4	v	v	v	v	v	x	x	v	v	x	x	v	v	v	v	v	v	50	
4	82,4	v	v	v	v	v	v	v	v	v	x	x	v	v	v	v	v	x	50	
5	47,0	x	v	x	v	v	v	v	x	x	x	x	v	v	v	x	x	x	55	
6	82,3	v	v	v	v	v	v	v	v	v	x	v	x	v	v	v	x	v	60	
7	81,4	v	v	v	v	v	v	x	v	x	x	x	v	v	v	v	v	v	60	
8	94,1	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	x	60	
9	80,9	v	v	x	v	v	x	v	x	v	v	x	v	v	v	v	v	v	60	
Taux de réussite par question (%)		88,9	100,0	77,8	100,0	100,0	66,7	77,8	77,8	77,8	44,4	22,2	88,9	100,0	100,0	88,9	66,7	66,7		
Moyenne	80,5	88,9	94,5					74,1			61,1	22,2	85,2						55,6	
Ecart type	13,4		11,1					6,4			23,6		15,2						4,6	
Variance	179,2		123,2					41,1			557,8		230,0						21,5	
IC₉₅	8,7		10,9					7,3			32,7		12,1						2,9	

Tableau x: Résultats par thème des étudiants au test n°1

Etudiant	Résultat final (% bonnes réponses)	C1V1=C2V2	Pourcentages					Conversion d'unités			Moles		mEq	Règle de 3						durée (min)
		Q2	Q3	Q5	Q6	Q13	Q1	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q4	Q12	Q14	Q15	Q16	Q17		
1	35,3	v	x	x	x	x	x	v	v	v	x	x	x	x	x	x	x	v	75	
2	76,5	v	v	v	v	x	v	v	v	v	x	v	v	v	v	v	x	v	30	
3	82,4	x	v	v	v	v	v	v	v	v	v	x	v	v	v	v	x	v	45	
4	52,9	x	v	x	x	x	x	v	x	v	x	x	v	v	v	v	v	v	46	
5	64,7	v	x	x	x	x	v	v	v	v	x	x	v	v	v	v	v	v	40	
6	58,8	v	v	x	v	x	v	v	v	v	x	x	x	v	x	v	x	x	60	
7	94,1	v	v	v	v	v	x	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	25	
8	88,2	v	v	v	v	v	x	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	x	70	
Taux de réussite par question (%)		75,0	75,0	50,0	62,5	37,5	50,0	100,0	87,5	100,0	50,0	37,5	75,0	75,0	87,5	75,0	62,5	75,0		
Moyenne	69,1	75,0	56,3					79,2			75,0	37,5	75,0						48,9	
Ecart type	19,8		16,1					26,0			35,4		7,9						18,1	
Variance	393,1		260,4					677,1			1250,0		62,5						325,8	
IC₉₅	13,7		15,8					29,4			49,0		6,3						33,9	

Détail des résultats du test n°2

Tableau x: Résultats par thème des opérateurs HUG au test n°2

Opérateur pharmacie	Résultat final (% bonnes réponses)	C1V1=C2V2	Pourcentages					Conversion d'unités			Moles		mEq	Règle de 3							durée (min)
		Q1	Q2	Q4	Q5	Q13	Q3	Q6	Q10	Q8	Q9	Q11	Q7	Q12	Q14	Q15	Q16	Q17			
1	100	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	45		
2	100	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	45		
3	100	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	47		
4	94,1	v	v	v	v	v	x	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	60		
5	88,2	v	v	x	v	v	v	v	v	x	v	v	v	v	v	v	v	v	55		
6	100	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	70		
7	82,4	v	x	v	v	v	v	v	v	x	v	v	v	v	v	v	v	v	55		
8	94,1	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	x	v	v	v	v	v	v	60		
9	94,1	v	v	v	v	v	v	v	v	x	v	v	v	v	v	v	v	v	55		
Taux de réussite par question (%)		100,0	88,9	88,9	100,0	100,0	88,9	100,0	100,0	66,7	100,0	100,0	88,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0			
Moyenne	94,8	100,0	94,5					96,3			83,4	100,0	98,2							54,7	
Ecart type	6,2		6,4					6,4			23,5		4,5							8,2	
Variance	38,4		41,1					41,1			554,4		20,5							67,3	
IC₉₅	4,0		4,0					4,0			14,6		2,8							5,1	

Tableau x: Résultats par thème des étudiants au test n°2

Etudiant	Résultat final (% bonnes réponses)	C1V1=C2V2	Pourcentages					Conversion d'unités			Moles		mEq	Règle de 3							durée (min)
		Q1	Q2	Q4	Q5	Q13	Q3	Q6	Q10	Q8	Q9	Q11	Q7	Q12	Q14	Q15	Q16	Q17			
1	82,4	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	x	x	v	x	v	v	60		
2	100	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	35		
3	88,2	v	x	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	x	v	40		
4	100	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	35		
5	94,1	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	x	v	40		
6	98	v	v	v	v	v	v	x	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	45		
7	82,4	v	v	v	v	v	v	v	x	x	v	v	v	v	v	v	v	v	25		
8	100	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	58		
Taux de réussite par question (%)		100,0	87,5	100,0	100,0	100,0	100,0	87,5	87,5	88,0	100,0	100,0	87,5	88,0	100,0	87,5	75,0	100,0			
Moyenne	93,1	100,0	96,9					91,7			94,0	100,0	89,7							42,3	
Ecart type	7,8		6,3					7,2			8,5		9,4							11,9	
Variance	60,1		39,1					52,1			72,0		88,2							140,5	
IC₉₅	5,7		4,3					5,0			5,9		6,5							8,2	

Détail des résultats du test n°3

Tableau x: Résultats par thème des opérateurs HUG au test n°3

Opérateur pharmacie	Résultat final (% bonnes réponses)	C1V1=C2V2	Pourcentages					Conversion d'unités			Moles		mEq	Règle de 3						durée (min)
		Q8	Q2	Q4	Q12	Q13	Q3	Q6	Q17	Q1	Q9	Q11	Q5	Q7	Q10	Q14	Q15	Q16		
1	94,1	v	v	v	v	v	v	v	v	x	v	v	v	v	v	v	v	v	45	
2	100	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	50	
3	100	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	40	
4	94,1	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	x	v	v	v	v	v	60	
5	88,2	v	v	v	v	v	v	v	v	x	v	v	v	v	v	v	x	v	50	
6	94,1	v	v	v	v	x	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	60	
7	88,2	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	x	x	v	v	v	55	
8	94,1	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	x	v	v	v	v	v	60	
9	94,1	v	v	v	v	v	v	v	x	v	v	v	v	v	v	v	v	v	50	
Taux de réussite par question (%)		100,0	100,0	100,0	100,0	88,9	100,0	100,0	88,9	77,8	100,0	100,0	77,8	100,0	88,9	88,9	88,9	100,0		
Moyenne	94,1	100,0	97,2					96,3			88,9		100,0	90,8						52,2
Ecart type	4,2		5,6					6,4			15,7			8,4						7,1
Variance	17,4		30,8					41,1			246,4			69,8						50,7
IC₉₅	2,7		5,4					7,3			21,8			6,7						4,7

Tableau x: Résultats par thème des étudiants au test n°3

Etudiant	Résultat final (% bonnes réponses)	C1V1=C2V2	Pourcentages					Conversion d'unités			Moles		mEq	Règle de 3						durée (min)
		Q8	Q2	Q4	Q12	Q13	Q3	Q6	Q17	Q1	Q9	Q11	Q5	Q7	Q10	Q14	Q15	Q16		
1	88,2	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	x	v	v	v	x	45	
2	100	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	35	
3	100	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	40	
4	100	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	45	
5	100	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	25	
6	70,6	v	v	v	v	v	v	v	x	v	v	v	x	x	v	v	x	x	45	
7	82,4	v	v	v	v	v	v	v	x	v	v	v	v	v	v	v	x	x	30	
8	100	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	60	
Taux de réussite par question (%)		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	75,0	100,0	100,0	100,0	87,5	75,0	100,0	100,0	75,0	63,0		
Moyenne	92,7	100,0	100,0					91,7			100,0		100,0	83,4						40,6
Ecart type	11,2							14,4						15,0						10,8
Variance	125,9							208,3						225,0						117,4
IC₉₅	7,8							16,3						12,0						7,5