

ANALYSE DE DIFFERENTES STRATEGIES DE CHARGEMENT DES LAVEURS DANS UN SERVICE DE STERILISATION DE DISPOSITIFS MEDICAUX

Frédéric ALBERT*, Maria DI MASCOLO**, Eric MARCON*

*LASPI

(Laboratoire d'Analyse des Signaux et des Processus
Industriels)

IUT de Roanne - 21, Avenue de Paris 42334 Roanne
Cedex - FRANCE –

frederic.albert@univ-st-etienne.fr ,

marcon@univ-st-etienne.fr

**Laboratoire G-SCOP,

(Grenoble - Sciences pour la Conception,
l'Optimisation et la Production),

CNRS, INPGrenoble, UJF, 46 avenue Félix Viallet
- 38031 Grenoble Cedex 1 - France

Maria.Di-Mascolo@g-scop.inpg.fr

RESUME : Dans cet article nous nous intéressons à l'optimisation des ressources de lavage dans un service de stérilisation de dispositifs médicaux. Les lots à traiter arrivent tout au long de la journée et nous cherchons à optimiser l'efficacité du fonctionnement de ce secteur de la stérilisation en proposant différentes règles de chargement des laveurs. Notre objectif est de minimiser conjointement le nombre de cycles lancés (critère d'efficacité des ressources) et l'attente des lots avant le lavage (critère de qualité pour les instruments à stériliser). Dans une première partie de l'article, nous proposons une formalisation du problème dans l'objectif de rechercher dans la littérature les meilleurs algorithmes de chargement (bin packing). Dans une seconde partie, nous proposons différentes stratégies de chargement des laveurs, dont certaines basées sur un critère temporel. L'évaluation de la performance des différents algorithmes est réalisée grâce à un modèle de simulation de flux. Deux expérimentations sont proposées pour valider l'approche, l'une basée sur un cas d'école, l'autre sur un cas réel.

MOTS-CLES : *stérilisation, optimisation du chargement des laveurs, simulation*

1 CONTEXTE

La stérilisation de Dispositifs Médicaux¹ réutilisables (DM), a pour but d'éliminer tout risque infectieux lors de la réutilisation de ces DM. Le processus de production de DM stériles est cyclique et comporte les étapes suivantes (Standard AFNOR, 2005) : après l'utilisation dans les blocs opératoires, les DM souillés sont pré-désinfectés et transportés dans le service de stérilisation où ils sont rincés, lavés, inspectés, conditionnés, avant d'être stérilisés (par vapeur d'eau) dans des autoclaves. Les DM stériles sont ensuite acheminés vers les blocs opératoires où ils sont stockés avant une nouvelle utilisation.

Nous nous intéressons ici à l'amélioration des performances des services de stérilisation. La littérature scientifique fait état de quelques travaux apportant des solutions d'aide à la gestion d'un service de stérilisation centralisée. (Bernard et al., 2001), étudient la centralisation des moyens de lavage périphérique des instruments au niveau d'une stérilisation centrale dans un CHU, en utilisant l'analyse des risques. (Cobbold et al., 2006) utilisent les outils de la modélisation d'entreprise

et de la simulation des flux pour proposer une aide au dimensionnement des ressources humaines d'un nouveau service de stérilisation centralisé dans un CHU en reconstruction. (Reymondon et Marcon, 2005) étudient l'amélioration des performances d'un service de stérilisation en utilisant une politique de conditionnement qui permet d'optimiser le coût de stockage et de déstockage des DM. (Ngo Cong et al., 2007) utilisent la simulation pour proposer des solutions permettant de lisser la production et diminuer le temps de séjour dans un centre hospitalier privé.

Notons que, dans ces études, la stratégie de remplissage des laveurs est souvent très simplifiée. Par ailleurs, une enquête établissant un état des lieux des pratiques en stérilisation dans la région Rhône Alpes (Calleja, 2007), montre qu'il n'y a pas d'unanimité sur les règles de chargement des laveurs utilisées par les différents établissements.

Or, une gestion optimisée des ressources de lavage devrait permettre d'améliorer encore les performances des services de stérilisation. Ce point n'est, à notre connaissance, pas abordé dans la littérature.

Nous proposons dans cet article une étude portant sur la proposition et la confrontation de diverses stratégies de remplissage et de lancement des laveurs, afin de montrer l'intérêt de chacune d'entre elles et d'établir quelles sont

¹ Les dispositifs médicaux sont les instruments de chirurgie ou d'exploration utilisés lors des interventions chirurgicales ou des examens

les meilleures pratiques. Les stratégies que nous testons visent à optimiser les deux critères de performance les plus communément utilisés dans les services de stérilisation (Calleja, 2007). Cet objectif bi-critère consiste à minimiser conjointement le nombre de cycles lancés (critère d'efficacité des ressources) et l'attente des lots avant le lavage (critère de qualité pour les instruments à stériliser).

Notre article est structuré de la façon suivante : dans le paragraphe 2, nous décrivons le problème étudié. Dans le paragraphe 3, nous présentons différentes stratégies de chargement des laveurs. Ces différentes stratégies sont ensuite évaluées sur un « cas d'école » au paragraphe 4, puis sur un cas réel au paragraphe 5.

2 PROBLEME ETUDIE

2.1 Formalisation du problème

Nous ne considérons pas ici l'ensemble du processus de stérilisation (dont on trouvera une description détaillée dans (Ngo Cong et al 2007)). Nous délimitons notre étude aux étapes constituant le processus de lavage (voir figure 1).

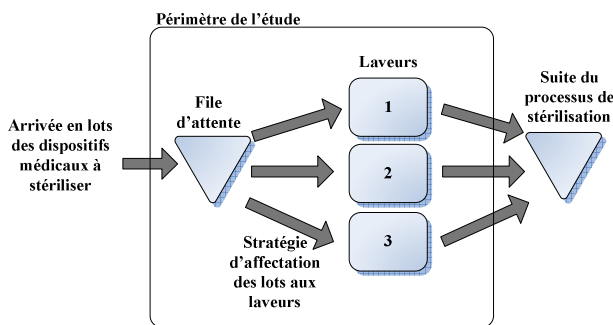


Figure 1. Périmètre de l'étude

Le processus de lavage peut être décrit de la façon suivante :

Des lots L_j , arrivent en continu tout au long de la journée. Chaque lot L_j est caractérisé par sa taille, l_j , et par sa date d'arrivée, a_j . La séquence d'arrivée des lots varie d'un jour à l'autre (nombre de lots par jour, taille des lots, dates d'arrivée des lots).

Nous disposons d'un nombre limité de laveurs, m , chacun de capacité C .

Chaque lot qui arrive doit être affecté à l'un des m laveurs. Les lots sont indivisibles, et la somme des tailles des lots affectés à un laveur ne peut pas excéder sa capacité. Avant leur affectation à un laveur, les lots peuvent attendre dans un stock de capacité illimitée (aucun lot n'est rejeté).

Lorsque l'on décide de lancer un cycle de lavage sur un laveur, tous les lots présents dans ce laveur sont traités en même temps et le cycle de lavage a une durée déterministe, identique, quels que soient le nombre et la taille des lots présents dans le laveur.

Dans ce contexte, l'objectif est de déterminer l'affectation des lots aux laveurs et les instants de lancement des cycles de lavage qui minimisent conjointement le nombre de cycles lancés et le temps d'attente des lots devant les laveurs.

Le premier critère (minimisation du nombre de cycles lancés) correspond à un critère économique d'efficacité des ressources. Le deuxième critère (minimisation du temps d'attente) correspond à la fois à un critère économique et à un critère de qualité pour les instruments à stériliser. En effet, les DM souillés venant du bloc arrivent généralement au service de stérilisation immergés dans un liquide de pré-désinfection (Calleja, 2007). La durée idéale de pré-désinfection est comprise entre 15 et 50 minutes, si on veut éviter un vieillissement prématuré des DM. Cette étape de pré-désinfection est suivie par une étape de rinçage, nécessaire pour éviter tout risque d'interférence entre le produit de pré-désinfection et celui utilisé pour le lavage. La plupart des laveurs utilisés dans les services de stérilisation possèdent un cycle de rinçage intégré. Par conséquent, si les DM sont chargés dans le laveur sans attente, ou avec une attente inférieure à 50 minutes, ce rinçage sera réalisé par le laveur. Par contre, si les DM attendent plus de 50 minutes, le rinçage sera effectué manuellement, occupant ainsi des personnels à des tâches sans valeur ajoutée.

Si dans notre étude nous considérons que le rinçage était manuel et effectué lorsque les lots arrivaient en stérilisation, alors l'optimisation aurait porté exclusivement sur la minimisation du nombre de cycles de lavage, que nous aurions pu résoudre grâce aux techniques de *bin packing* en ligne, avec plusieurs bins (Seiden 2002). La quasi-totalité de la littérature sur les problèmes de *bin packing* concerne le développement d'heuristiques d'affectation et le calcul de leur performance (Martello et Toth, 1990).

Bien qu'il y ait la présence d'un stock de DM devant les laveurs, nous ne pouvons pas utiliser les heuristiques de *bin packing off line* car elles nécessitent de connaître à l'avance l'ensemble des lots à placer.

Notre problème se situe à l'interface d'un bin-packing on- et off-line. En effet, nous avons bien un stock de lots en attente, mais ce stock va évoluer dans le temps en fonction des arrivées de lots et du chargement des laveurs. À notre connaissance, il n'y a pas dans la théorie du *bin packing* d'heuristiques traitant de cette problématique.

Pour résoudre ce problème bi-critère, nous proposons une approche basée sur des heuristiques de chargement

et de lancement des laveurs. Ce choix des heuristiques est guidé par un double objectif, celui d'une recherche d'efficacité du processus de lavage, mais également, nous souhaitons que ces heuristiques puissent être mises en œuvre par des Agents de Service Hospitaliers (ASH). Cette contrainte d'applicabilité forte nous conduit à choisir des règles simples d'optimisation, qui assurent une appropriation rapide des solutions proposées. Afin d'évaluer la pertinence de ces heuristiques, nous les testons sur un modèle de simulation de flux (réalisé avec le logiciel ARENA).

2.2 Modèle de simulation

Le modèle de simulation permet d'appréhender les différentes propriétés des heuristiques de chargement étudiées, en intégrant la contrainte du nombre de laveurs. Le modèle de simulation se limite aux activités qui se déroulent dans la zone de lavage. Ainsi, nous modélisons l'arrivée des lots en zone de lavage et les étapes réalisées jusqu'au déchargement des laveurs en fin de cycle de lavage.

Les entités qui circulent dans notre modèle sont les lots qui arrivent du bloc opératoire (nous appelons « lot » l'ensemble des DM utilisés pour une même intervention chirurgicale). Chaque entité est ainsi constituée d'un nombre de DM, qui peut varier d'une entité à l'autre.

La métrique de volume des lots est exprimée en unités panier DIN. Un panier DIN est une surface standard de lavage de 300 x 300 mm. Notons qu'un lot n'est pas forcément constitué par un nombre entier de paniers DIN. Pour simplifier, nous considérons que les tailles des lots sont des multiples de 0,5 paniers DIN. Un laveur a une capacité en volume fixe, qui est également mesurée en paniers DIN. Par exemple, on peut charger complètement un laveur de capacité 8 DIN avec un lot de 4 DIN et deux lots de 2 DIN.

2.3 Hypothèses de fonctionnement

Dans notre modèle, les hypothèses de fonctionnement sont les suivantes :

- Nous ne considérons pas l'opération de pré-tri des instruments entre leur réception et leur lavage. En d'autres termes, nous considérons que les instruments qui se trouvent dans les paniers, sont ceux qui correspondent à la boîte chirurgicale qui va les contenir. Notons que cette opération de pré-tri n'a aucun impact sur le lavage des instruments.
- Nous ne prenons pas en compte le travail des ressources humaines. Nous les considérons comme suffisantes pour réaliser les tâches de la zone de lavage.

- Il n'y a pas de gestion des lots qui seraient prioritaires, dans le cas d'une seconde utilisation dans la journée.
- Les temps de chargement et de déchargement sont compris dans le temps de lavage.
- La durée d'un cycle de lavage est déterministe.
- Les lots sont indivisibles. C'est-à-dire que tous les DM d'une même intervention sont lavés dans le même laveur, ce qui est souvent le cas dans la réalité pour des raisons de traçabilité.

3 STRATEGIE DE CHARGEMENT DES LAVEURS

La stratégie de chargement des laveurs correspond au processus de décision mis en œuvre par l'opérateur de stérilisation pour charger les laveurs. Chaque stratégie de chargement peut-être décomposée en deux décisions qui sont :

- Comment et avec quels lots doit-on remplir le laveur ? (stratégie de remplissage)
- Quand doit-on lancer le cycle de lavage ? (stratégie de lancement)

La question du « quand doit-on lancer le cycle de lavage ? » est la plus problématique, car elle influe fortement sur la manière d'utiliser les laveurs. Pour déclencher un cycle de lavage, les stratégies que nous proposons se basent sur deux paramètres qui sont le taux de chargement des laveurs et le temps d'attente du lot ayant le plus attendu. De façon générale, les lots ne se distinguent que par leur taille et l'heure d'arrivée dans le service de stérilisation.

Les stratégies de lancement que nous allons évaluer peuvent être classées en trois familles :

Lancement à niveau de chargement (NChargement)

constant : consiste à remplir et lancer le laveur dès que l'on a atteint ou dépassé le niveau requis de chargement devant le laveur. Au moment du remplissage, seuls les lots dont la somme reste inférieure à la capacité du laveur seront effectivement lancés. Cela veut dire que les charges lancées peuvent être dans certains cas inférieures ou supérieures au niveau NChargement.

Lancement à temps d'attente maximum (Tmax) constant

consiste à lancer le lavage dès qu'une entité a attendu un certain temps Tmax. Dans ce cas même si la charge est inférieure à la capacité du laveur nous effectuons le lancement avec l'ensemble des lots en attente. Par ailleurs, dès que la charge en lots à laver devient supérieure ou égale à la capacité de chargement d'un laveur, on lance le laveur, même si on n'a pas atteint Tmax.

restants sont envoyés sur le premier laveur libre et le lavage est lancé.

3.3 Indicateurs de performance

Les cinq indicateurs de performance suivis sont :

- Le nombre de cycles de lavage par jour.
- Le nombre de lots traités dans la journée.
- Le temps d'attente moyen par lot avant nettoyage.
- Le temps d'attente maximum par lot avant nettoyage.
- L'heure de fin d'activité de lavage.

4 ANALYSE ET EVALUATION DU COMPORTEMENT DES HEURISTIQUES

Pour mieux comprendre et comparer les heuristiques entre elles, nous proposons dans un premier temps, d'évaluer leur comportement dans des conditions particulières.

Dans cette première phase d'analyse du comportement, nous simplifions la problématique en considérant les hypothèses suivantes :

- chaque laveur a une capacité de 10 DIN,
- la taille des lots est de 1 DIN,
- la durée du cycle de lavage est de 1 heure.

Sous ces hypothèses de fonctionnement, nous nous affranchissons des différentes stratégies de remplissage des laveurs pour nous concentrer sur l'influence des règles de lancement.

4.1 Réponse à une impulsion.

Ces premières expérimentations tentent d'appréhender les propriétés d'une stratégie de lancement soumise à une condition particulière d'arrivée de son activité. Dans un premier temps nous considérons que la totalité des lots de la journée (c.-à-d., 100 lots) arrive à 10 h et que le service est déjà ouvert. Il y a trois laveurs dans le service. Les résultats montrent que, dans ce cas, toutes les heuristiques testées ont un comportement identique (voir Figure 2) :

- Le nombre de cycles est égal à 10, ce qui correspond à un taux de chargement des laveurs de 100 %
- L'attente des lots varie entre 0 et 180 minutes et a une moyenne de 72 minutes : $(30*0+30*60+30*120+10*180)/100$
- L'heure de fin du dernier lavage est 14 h et correspond à l'arrondi supérieur de $(NbCycles/NbLaveurs)*durée\ d'un\ lavage$.

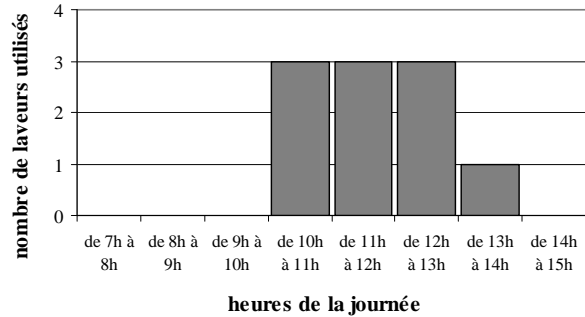


Figure 2. Activité des laveurs durant la journée (exemple pour 3 laveurs).

4.2 Réponse à une demande uniforme

Dans cette seconde expérience, l'objectif est d'évaluer, à capacité de ressources laveur infinie, les temps d'attente moyens générés par les stratégies. Dans ce cas d'étude, les lots arrivent à intervalles réguliers de 6 minutes à partir de 10 h et tout au long de la journée.

Le tableau 1 représente les temps d'attente moyens calculés par la simulation pour la stratégie de lancement mixte et pour différentes valeurs des paramètres NChargement et Tmax.

Tmax	Nchargement en %									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	3	6	9	11	11	11	11	11	11
40	0	3	6	9	12	15	18	22	22	22
60	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27
...
∞	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27

Tableau 1. Attente moyenne des lots avec une capacité infinie de laveurs.

En premier résultat, nous constatons que, même avec une arrivée des lots lissée sur la journée et autant de laveurs que nécessaire, la stratégie influence fortement le temps d'attente moyen des lots entre 0 et 27 minutes.

Lorsque nous analysons ces temps d'attente, nous différencions deux zones, colorées différemment selon si :

Nchargement × *CapacitéLaveur* × *Périoded'arrivéedeslots* est inférieur ou supérieur à Tmax :

- la zone blanche regroupe les stratégies influencées principalement par le niveau de chargement.
- la zone grise regroupe les stratégies influencées par les temps d'attente.

Pour un temps Tmax maximum (dernière ligne du tableau), l'heuristique de lancement mixte est comparable

à une heuristique de lancement strictement basée sur le niveau de chargement. Pour NChargement important (dernière colonne), la stratégie évaluée est comparable à une stratégie basée sur les temps d'attente.

Comme pour les stratégies mixtes, la stratégie basée sur les temps d'attente couvre des zones de fonctionnement déclenchées par le temps d'attente et des zones assujetties à Tmax. Or, dans un fonctionnement réel, la fréquence d'arrivée des lots varie, ce qui peut faire varier l'étendue des zones de fonctionnement blanches ou grises.

Le tableau 2 montre le nombre de cycles, mesuré sur une période de 15 heures de travail. Ainsi, nous constatons sur cette période que le nombre de cycles nécessaires pour chacune des stratégies de remplissage varie de façon importante et est inversement proportionnel au temps d'attente.

Tmax	Nchargement en %									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
20	150	75	50	37	31	31	31	31	31	31
40	150	75	50	37	30	25	21	18	18	18
60	150	75	50	37	30	25	21	18	16	15
...
∞	150	75	50	37	30	25	21	18	16	15

Tableau 2. Nombre de cycles pour une infinité de laveurs

4.3 Impact du nombre de laveurs sur chacune des heuristiques

De façon similaire au plan précédent, l'objectif est maintenant de mesurer l'impact de la contrainte du nombre de laveurs sur la performance de chacune des stratégies. Nous mesurons ainsi à travers des tableaux similaires aux cas non contraints : les temps d'attente et le nombre de cycles pour les différentes stratégies de chargement.

Lorsque nous contraignons le nombre de laveurs à 3 : le nombre maximum de cycles réalisables dans la plage d'ouverture se réduit à 45, ce qui fait augmenter le temps d'attente moyen (voir tableau 3).

Tmax	Nchargement en %									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5
20	16,5	9,9	7,1	9	11	11	11	11	11	11
40	16,5	9,9	7,1	9	12	15	18	22	22	22
60	16,5	9,9	7,1	9	12	15	18	21	24	27
...
∞	16,5	9,9	7,1	9	12	15	18	21	24	27

Attente moyenne

Tmax	Nchargement en %									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
20	45	45	45	37	31	31	31	31	31	31
40	45	45	45	37	30	25	21	18	18	18
60	45	45	45	37	30	25	21	18	16	15
...
∞	45	45	45	37	30	25	21	18	16	15

Nombre de cycles

Tableau 3 : Nombre de cycles et Attente moyenne avec 3 laveurs

De plus, les stratégies ayant des niveaux de Tmax ou NChargement ont des temps d'attente moyens plus importants. Ce phénomène est dû à la disparité de remplissage des laveurs. En effet, pour une stratégie de lancement (Tmax = 0 et NChargement <= 10 %) les trois premiers lots n'attendent pas et monopolisent les trois laveurs alors que les autres lots doivent attendre que le premier laveur se libère pour le remplir au maximum. Lorsque les autres laveurs se libèrent ils sont automatiquement lancés dès l'arrivée d'un nouveau lot et ainsi de suite.

Ceci met en évidence l'instabilité du chargement généré lorsque le lancement de l'ensemble des laveurs est réalisé dans une plage de temps trop petite.

Lorsque le nombre de laveurs est contraint à 2 : la zone contrainte (en gras) s'étend encore plus et le nombre maximum de cycles réalisables dans la plage d'ouverture décroît jusqu'à 30. Ceci augmente encore les phénomènes de disparité de chargement des laveurs pour les zones où Nchargement et Tmax sont faibles, ce qui fait augmenter encore leurs temps d'attente moyens.

Finalement, lorsque le nombre de ressources est très contraint (un seul laveur), toutes les stratégies sont équivalentes au-delà de la phase de montée en charge en début de journée.

4.4 Conclusion de l'analyse préliminaire

Au cours de ces expériences, nous avons constaté que lorsque la charge en lots à laver est égale ou supérieure à la capacité des laveurs (réponse à une impulsion), toutes les heuristiques se comportent d'une manière similaire. Dans ce cas, les laveurs sont systématiquement lancés avec 100% de la charge admissible.

Avec un nombre infini de laveurs, et une arrivée uniforme des lots à traiter, la solution qui minimise le temps d'attente est de lancer un lavage pour chaque lot, soit parce qu'avec un seul lot on dépasse le seuil de Nchargement, soit parce que le temps d'attente maximum admis est de 0.

Or, la quasi-totalité des services de stérilisation se trouvent dans une configuration intermédiaire. Ils disposent généralement d'un nombre suffisant mais limité de ressources (ex. 2 laveurs). Dans cette configuration, il a été

montré que les solutions qui minimisent les temps d'attente ne sont plus atteintes pour des valeurs extrêmes de Tmax et Nchargement. Ainsi, nous pouvons clairement identifier l'existence d'une zone de fonctionnement optimum qui minimise le temps d'attente moyen des lots et qui est obtenue pour des valeurs intermédiaires de Tmax et Nchargement.

5 APPLICATION A UN CAS REEL

Pour déterminer quelle est la meilleure heuristique de lancement des cycles de lavage, nous utilisons maintenant notre modèle de simulation sur des données réelles provenant du CHU de St Etienne.

5.1 Hypothèses

Le service de stérilisation dispose de 3 laveurs ayant chacun une capacité de 12 DIN. Suite au relevé de l'activité de chirurgie, nous constatons que les lots d'instruments arrivent en stérilisation entre 7 heures et 20 heures, en suivant le profil de charge décrit dans la figure 3. Ce profil met en évidence les fortes variations d'activité au cours de la journée. Les lots considérés ont des tailles variables allant de 0,5 à 6,5 DIN.

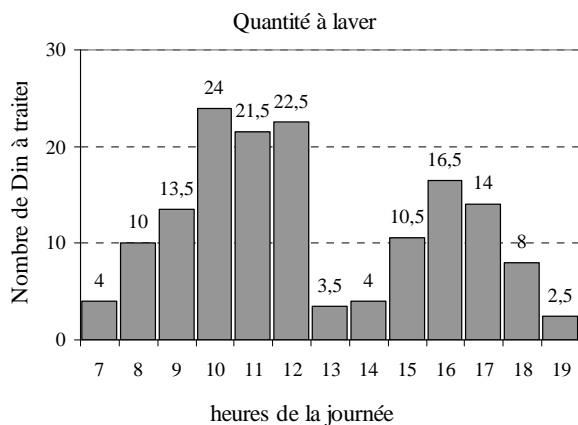


Figure 3. Activité en DIN à traiter au cours de la journée

5.2 Résultats

Chaque heuristique est simulée sur 200 jours. Les 200 simulations sont indépendantes. La simulation de ce service met en évidence que, selon l'heuristique de lancement choisie, les temps d'attente moyens des lots varient entre 13 minutes et 1 heure (voir figure 4). Nous remarquons également que pour Nchargement et Tmax très faibles les délais moyens d'attente sont équivalents. Ainsi, nous observons une zone relativement large de solutions acceptables en termes de temps d'attente.

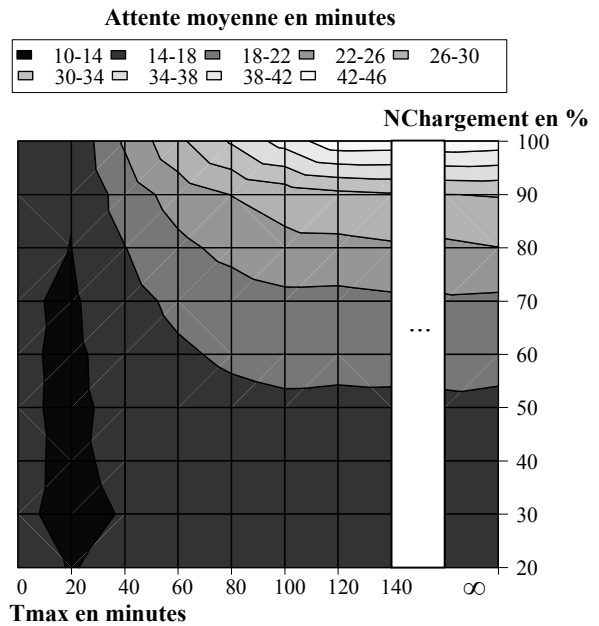


Figure 4. Attente moyenne des lots pour chaque heuristique de lancement

Ensuite, pour évaluer les attentes maximums des lots, nous avons moyenné entre les jours simulés le temps d'attente du lot ayant le plus attendu (figure 5).

Lorsque l'on cherche à borner les attentes maximales des lots, nous constatons que les écarts entre les stratégies sont beaucoup plus importants (entre 25 et 220 minutes). Cette solution nous montre clairement que la maîtrise des temps d'attente maximums demande la mise en place d'une heuristique mixte considérant les temps d'attente. Ainsi, pour un Tmax variant entre 15 et 25 minutes et un NChargement entre 60 % et 90 %, les stratégies de lancement des laveurs permettent de maîtriser efficacement les temps maximums attendus par les lots.

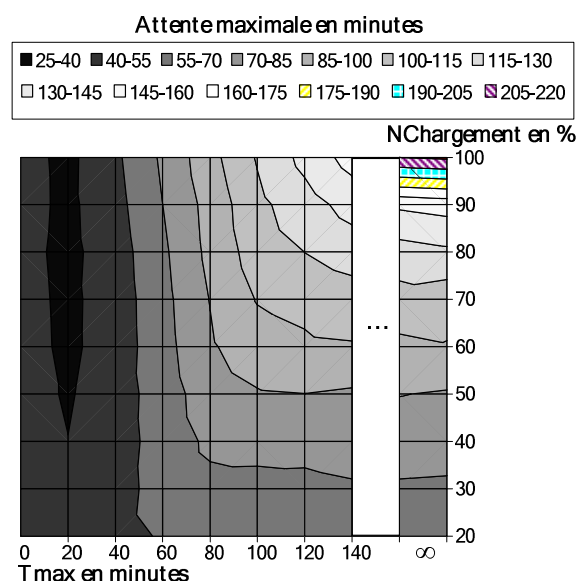


Figure 5. Attente des lots ayant le plus attendu chaque jour moyenné entre les journées simulées

Lorsque nous reportons la zone de fonctionnement optimale sur le graphique de la figure 6, nous constatons que cette solution ne fait pas partie des plus pénalisantes. Elle nécessite néanmoins la réalisation journalière de 24 à 26 cycles de lavage pour un minimum de 14 cycles possibles.

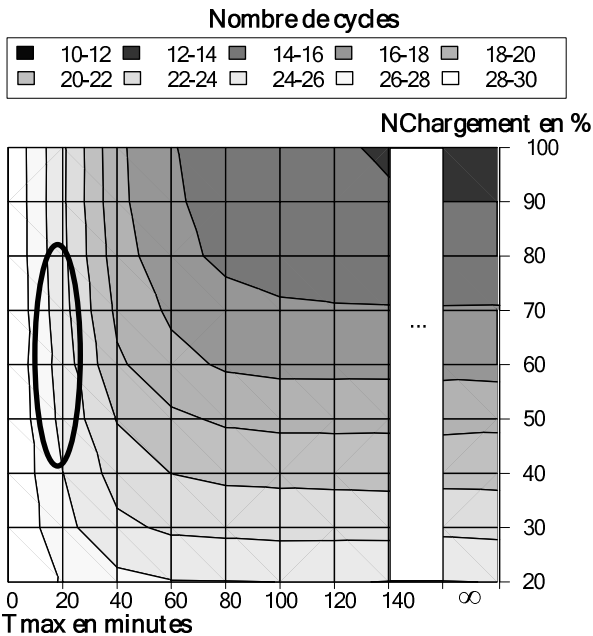


Figure 6. Nombre de cycles moyen par stratégie de lancement

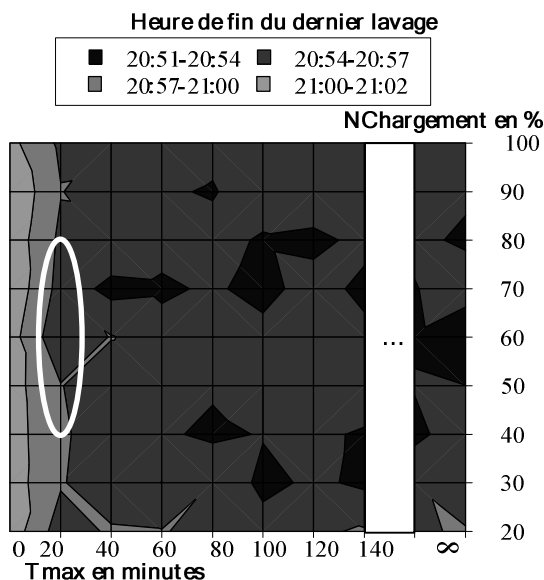


Figure 7. Heure de fin du dernier lavage chaque jour, moyennée entre les journées simulées

Les heures de fin du dernier cycle de lavage sont assez proches et comprises entre 20 h 50 et 21 h 02. Ceci est obtenu grâce à l'heuristique de fin de journée mise en place lors de l'arrivée du dernier lot.

6 CONCLUSION

Notre premier objectif dans cet article était de montrer que les stratégies de lancement mono-critère qui sont largement utilisées par les services de stérilisation des établissements hospitaliers peuvent être améliorées par l'utilisation d'heuristiques bi-critères.

Notre second objectif était de proposer une heuristique bi-critère qui présente des qualités d'efficacité supérieures à celles des approches mono-critère. Nous voulions également que cette heuristique soit facilement appropriable par les agents hospitaliers. Par conséquent, l'enjeu le plus important était que l'heuristique proposée permette une prise de décision facile et sans utilisation d'un outil informatique. Cette contrainte d'applicabilité, ne permettait pas d'envisager la mise en œuvre d'une approche d'optimisation sophistiquée dont l'objectif premier serait la recherche d'une solution optimale.

Afin d'évaluer les propriétés intrinsèques de notre heuristique nous avons utilisé un modèle de simulation de flux. Dans un premier temps, nous avons mis en évidence, sur un cas d'école, les principaux facteurs qui influent sur l'efficacité de l'heuristique d'optimisation du lancement et du remplissage des laveurs. Dans un second temps, nous avons testé notre heuristique sur les données réelles d'un CHU et nous avons mis en évidence son intérêt.

7 REFERENCES

- Bernard, V. et P. Lacroix (2001). Restructuration d'un service de stérilisation dans le cadre d'une démarche qualité. *ITBM-RBM*, 22(2), 116-124.
- Calleja G.(2007). Enquête sur les pratiques de stérilisation en Rhône-Alpes et proposition d'amélioration. *Mémoire de Projet de Fin d'Etudes – Ecole Nationale Supérieure de Génie Industriel, Grenoble*
- Cobbold, K. (2006). Aide au dimensionnement des ressources humaines dans une stérilisation centralisée: le cas du CHU de Saint Etienne. *Mémoire de Master recherche, Laboratoire d'Analyse des Signaux et des Processus Industriel, Roanne.*
- Di Mascolo, M., A. Gouin and K. Ngo Cong (2006). Organization of the production of sterile medical devices, In : *INCOM'06 International Conference on Information Control Problems in Manufacturing, 17-19 May 2006, Saint Etienne, France.*
- Martello S. and Toth P. (1990) *Knapsack problems - Algorithms and Computer Implementations*, John Wiley & Sons.
- Ngo Cong K., A. Gouin, M. Di Mascolo, L. Schwob (2007). Étude d'un service de stérilisation de dispositifs médicaux. *Gestions Hospitalières, Avril 2007, N°465, pp. 278 – 285.*
- Reymondon, F. and E. Marcon (2005). Optimization of the hospital sterilization costs acting on grouping choices of medical devices into packages using the simulated annealing method, In : *IESM'05, International Con-*

ference on Industrial Engineering and System Management, 16-19 May 2005, Marrakech, Maroc.

Seiden, S. (2002). On the online bin packing problem, *Journal of the ACM, Vol 49, N° 5, pp. 640-671.*

Standard AFNOR FD S98-135 (2005). Stérilisation des dispositifs médicaux – Guide pour la maîtrise des traitements appliqués aux dispositifs médicaux réutilisables.