

## Brique intelligente et application pharmaceutique

Benoît Forest<sup>1</sup>, Jean-Marc Forest<sup>2</sup>, B.Pharm., DPH, M.Sc.

<sup>1</sup>Candidat au diplôme d'études secondaires au moment de la rédaction, Collège Laval, Laval (Québec) Canada;

<sup>2</sup>Pharmacien, Centre hospitalier universitaire Sainte-Justine, Montréal (Québec) Canada

Reçu le 16 août 2019; Accepté après révision le 19 novembre 2019

### Résumé

**Objectifs :** Accélérer, faciliter et simplifier le transport des seringues orales produites en urgence à une extrémité éloignée de la pharmacie vers leur zone de validation du secteur Fabrication.

**Mise en contexte :** Certains problèmes en apparence simples peuvent ralentir considérablement l'efficacité d'un département de pharmacie. Par exemple, l'éloignement du local de production de seringues orales par rapport au poste du pharmacien chargé de les vérifier peut causer des retards de vérification et d'expédition par le simple fait que les assistants techniques chargés de produire ces seringues attendent, soit d'en avoir une quantité appréciable à transporter, soit que l'heure de la pause ou du dîner soit venue, puisqu'ils doivent passer par là. Différentes solutions peuvent être envisagées, tel un système de transport pneumatique ou un convoyeur interne au département de pharmacie. Toutefois, ces systèmes sont dispendieux et difficiles à justifier pour un département en voie d'être rénové d'ici deux ou trois ans, les travaux de planification et de construction d'une nouvelle pharmacie étant déjà en cours.

**Résultats :** Une solution simple, peu coûteuse et temporaire a été implantée, soit l'utilisation d'un robot LEGO<sup>MD</sup> muni d'une brique intelligente de type robot Mindstorms<sup>MD</sup>. L'utilisation de ce jouet sophistiqué réussit à simplifier le travail et évite bien des déplacements à différents membres du personnel.

**Conclusion :** L'ajout de ce robot, qui à la base n'est pourtant qu'un jouet, a permis de diminuer les déplacements du personnel technique et d'accélérer indirectement la livraison des préparations urgentes de seringues orales pour les patients. Il s'agit d'une application intéressante d'une solution de transport pharmaceutique simple.

**Mots clés :** Brique intelligente, LEGO Mindstorms<sup>MD</sup>, robotisation, transport de seringues

### Introduction

Le système de distribution des médicaments du département de pharmacie du Centre hospitalier universitaire (CHU) Sainte-Justine fonctionne sur la base d'un système unidose 24 heures (chaque dose patient étant emballée individuellement) avec un changement quotidien des cassettes à 16 heures et livrées par chariot. Cela signifie que les médicaments sont servis pour 24 heures à la fois, selon les besoins pharmacologiques des patients. Le secteur Fabrication de la pharmacie produit entre autres quelque 600 seringues de médicaments liquides oraux différents afin de satisfaire aux divers besoins de ses patients. Au début d'un nouveau traitement, il faut procéder à la préparation immédiate d'une ou de quelques seringues unidoses pour couvrir la dose immédiate et la période allant jusqu'à la livraison suivante des chariots de 16 heures.

La préparation de ces seringues est prioritaire et se déroule dans le même local que le lot sortant à 16 heures. Elles doivent être acheminées le plus rapidement possible au poste suivant, soit celui de la vérification. Ce poste se trouve à l'autre extrémité d'un corridor long de plus de 12 mètres. Bien que

la commande soit souvent urgente, il n'est pas rare que l'assistant technique (AT) attende d'en avoir plusieurs ou encore de profiter des pauses ou du dîner pour les livrer. Un système de transport simple et peu coûteux était recherché, en tenant compte qu'il devrait être temporaire, puisque des rénovations majeures du département sont prévues et devraient éliminer le problème.

### Méthode

Un étudiant de troisième secondaire, habile au maniement des robots LEGO<sup>MD</sup>, aussi appelé LEGO Mindstorms<sup>MD</sup>, a été saisi du problème. Il a proposé et élaboré bénévolement la confection d'un robot pouvant répondre aux besoins, en se basant sur les capacités proposées dans le manuel d'instruction<sup>1</sup>. Le cœur de ce système est une brique d'environ 6 cm de haut, 9 cm de large et 14 cm de long, c'est-à-dire un miniordinateur qui dicte tous les comportements du robot. À cela se greffent différents moteurs et capteurs nécessaires au bon fonctionnement, tels les deux moteurs de traction, les détecteurs de couleur pour la ligne et les différents boutons-poussoirs, ainsi qu'un bac de plastique de 7 cm de haut, 10 cm

de large et 17 cm de long pour transporter les seringues de médicaments. Le budget étant limité, notamment en raison de la durée d'utilisation de trois ans dans le pire des cas, c'est pourquoi il a été nécessaire de recourir au bénévolat pour sa mise au point.

La brique comporte également un compartiment de piles électriques standard de type AA, ce qui donne au robot une autonomie d'environ six heures, mais il faut continuellement les remplacer. Avec son accumulateur intégré, son autonomie est d'environ quatre heures, ce qui est suffisant pour une journée normale de travail, les demandes urgentes étant plus courantes en matinée qu'en après-midi. De plus, afin d'assurer la pérennité du système au cours de la journée, un arrêt automatique a lieu après 10 minutes d'activation. En économisant de l'énergie, ces arrêts automatiques donnent au robot une autonomie d'environ deux jours et demi. Quand les accumulateurs arrivent en fin de charge lors de journées très remplies où l'autonomie des batteries a été mise à rude épreuve, on observe des déviations de trajectoire.

Plusieurs tests et essais ont été nécessaires pour mettre le tout au point, notamment le système de positionnement du robot. Une ligne jaune a été tracée le long du trajet et le robot a été programmé pour la suivre d'un bout à l'autre. À chacune des deux extrémités de cette ligne jaune, une petite ligne rouge sert de butoir qui lui indique la fin du parcours et l'arrêt des moteurs.

Afin que tout le personnel puisse utiliser le robot, l'étudiant a rédigé un mode d'emploi, qui est présenté au tableau I. Tout le processus de planification, de construction, de mise au point et d'optimisation a nécessité une trentaine d'heures de travail bénévole de la part de l'étudiant. Une autorisation du chef du département de pharmacie de l'Hôpital Sainte-Justine a été obtenue pour la publication de ce manuscrit.

## Résultats

Le robot de transport comporte trois sections bien distinctes. La première section se compose de deux détecteurs de ligne jaune à l'avant. La brique intelligente est programmée pour maintenir le robot à cheval sur cette ligne jaune, les deux détecteurs étant placés de part et d'autre de la ligne. La deuxième section est la partie principale du robot, soit la brique intelligente elle-même et ses deux moteurs de traction. Un interrupteur de mise en marche, d'accès facile, y a été placé pour que l'utilisateur n'ait pas à actionner la brique chaque fois qu'il doit utiliser le robot, car elle comporte plusieurs boutons, dont l'emploi n'est pas toujours simple. La troisième section consiste en un chariot de transport des seringues, qui peut accueillir facilement trois seringues de 60 mL. La figure 1 donne une vision d'ensemble du robot.

Le robot peut filer à une vitesse d'environ 0,5 km/heure, ce qui lui permet d'accomplir son trajet de 12,18 mètres en environ 1,47 minute. Un aller et retour complet peut donc lui prendre quelque 3,35 minutes, ce qui est plus lent qu'un être humain, qui le réalise en un peu plus de deux minutes sans se presser. Toutefois, avec en moyenne 10 à 12 trajets par jour, cela représente près d'une demi-heure d'économie de temps pour l'assistant technique, un temps précieux qu'il peut consacrer à la production proprement dite plutôt qu'au

**Tableau I. Résumé du mode de fonctionnement du robot LEGO<sup>MD</sup> du secteur Fabrication**

### Secteur Fabrication

Département de pharmacie  
CHU Sainte-Justine

#### Mode d'emploi du robot LEGO<sup>MD</sup>

(Transport de seringues orales)

Février 2019

Benoit Forest, concepteur et programmeur

ATTENTION : Rappelez-vous que même si c'est un robot, il reste un jouet et qu'il faut le manipuler avec soin. De plus, si le robot agit étrangement, s'il est faible ou lent, il a besoin d'être rechargé.

#### Fonctionnement du robot :

- Étape 1 : Vérifier si l'écran est allumé et qu'il affiche *program*. Si oui, appuyez sur le bouton rouge du côté (le bloc LEGO<sup>MD</sup> fabriqué).
- Étape 2 : Si l'écran n'est pas allumé, pressez le bouton carré du centre jusqu'à ce que des lumières rouges s'allument.
- Étape 3 : Attendez quelques secondes que la lumière passe au vert sur la brique de commande.
- Étape 4 : Appuyez de nouveau sur le bouton du centre jusqu'à ce que le mot *program* soit en surbrillance sur fond noir.
- Étape 5 : APRÈS avoir mis les seringues dans le bac et le robot sur la ligne jaune, appuyez sur le bouton rouge du côté (le bloc LEGO<sup>MD</sup> fabriqué) pour qu'il démarre.

*Note : le robot ne reste allumé que 10 minutes afin de protéger sa charge. Il peut facilement faire son aller et retour dans les temps. Il n'a que 4 heures d'autonomie après la recharge, il faut donc toujours le brancher en fin de journée. Voir ci-dessous :*

#### Pour l'éteindre et pour le charger :

**Attention : NE JAMAIS LE BRANCHER EN LE LAISSANT ALLUMÉ.**

- Étape 1 : Si le programme est actif, appuyez sur le bouton gris pâle le plus à gauche en haut de la brique de commande, pour fermer le programme et le maintenir appuyé jusqu'à ce qu'il demande *Turn off ?* Puis appuyez sur le bouton le plus à droite, puis sur le bouton du centre pour l'éteindre. (À ce moment-là, il émettra une lumière rouge. Si elle est déjà éteinte, ignorez l'étape 1.)
- Étape 2 : Faites pivoter le chariot pour rendre accessible l'arrière de la brique et insérez la connexion de charge juste en dessous des câbles de communication, au milieu. Une lumière rouge et une autre verte s'allumeront.

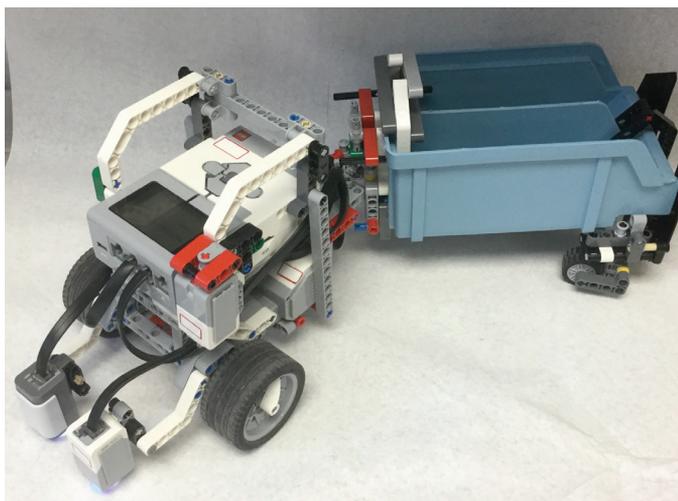
#### Gestion des pannes

- Si le robot fige et ne répond plus : enfoncer et maintenir simultanément la touche grise en haut à gauche et celle du centre. Le robot demande à s'éteindre après quelques secondes.
- Le robot s'éteint tout seul : c'est normal, il est programmé pour s'éteindre après 10 minutes afin d'économiser sa charge.
- La durée de vie d'une charge est d'environ 4 heures. Si le robot n'est pas chargé la nuit, il est plus que probable qu'il ne fonctionnera pas le lendemain.

(Veuillez noter qu'une fois une ligne jaune établie au sol, les lignes rouges de chaque extrémité servent de butoir.)

seul transport de seringues. La figure 2 montre une photo du robot en pleine action et chevauchant la ligne jaune lui servant de guide.

Le robot est particulièrement apprécié des techniciennes enceintes, car il leur évite des déplacements durant leur journée de travail. Il faut mentionner que les AT enceintes sont très souvent affectées à la préparation de seringues orales, car cette tâche présente moins de risque pour le fœtus



**Figure 1.** Robot LEGO<sup>MD</sup> avec ses détecteurs à l'avant (à gauche sur la photo) et son chariot de transport de seringues à l'arrière (à droite sur la photo)

que les préparations magistrales non stériles de catégorie 1 et 2 et demande moins de contraintes physiques par rapport aux préparations stériles non dangereuses et comportant un risque faible ou modéré. Les opérations présentant des manipulations non stériles de catégorie 3, stériles de risques élevés et de médicaments stériles dangereux leur sont interdites d'office.

Un risque potentiel lié au robot est de faire trébucher les gens, puisqu'il est bas sur roues. Celui-ci émet un léger bruit quand il fonctionne et le trajet où il circule est un corridor en cul-de-sac. Toutefois, un seul accident en plusieurs mois d'utilisation est survenu alors que le robot était à l'arrêt en bout de parcours. Mais tout le personnel reconnaît l'utilité du petit robot et chacun en prend généralement bien soin.

Notons enfin que plusieurs AT l'ont affectueusement nommé « Shakira », puisqu'il se dandine de gauche à droite en suivant sa ligne de guidage lors de ses déplacements. D'autres encore le nommeront tout simplement « Robot Benoit », du nom de l'étudiant qui l'a mis au point. Une vidéo du robot faisant son travail est disponible en annexe de l'article sur le site du Pharmactuel.

## Discussion

Il ne s'agit pas ici d'un robot industriel comme on en voit sur certaines lignes de montage, dans l'industrie automobile par exemple. D'autres centres hospitaliers, dont le Centre hospitalier universitaire de Montréal (CHUM), possèdent déjà des véhicules autoguidés performants et pouvant parcourir de grandes distances avec des charges importantes<sup>2</sup>. Le CHU Sainte-Justine envisage d'ailleurs l'éventuelle acquisition de robots de transport de type *Relay<sup>MD</sup> autonomous service robot*, qui ressemble à un baril gros comme une demi-personne et qui pourrait effectuer différents transports dans tout l'hôpital<sup>3</sup>. Ces robots, de plusieurs milliers de dollars, n'ont naturellement rien à voir avec notre petit robot LEGO<sup>MD</sup> actuel à 400 dollars. Les besoins liés au transport sont aussi bien moindres dans le cadre interne du secteur Fabrication. Une revue de littérature rapide n'a d'ailleurs pas permis de



**Figure 2.** Robot LEGO<sup>MD</sup> en plein travail, suivant sa ligne jaune guide.

trouver une autre solution simple et peu coûteuse pour assurer ce type de transport, toutes les solutions étant orientées vers des systèmes de convoyeurs ou de pneumatiques beaucoup plus lourds et onéreux. Dans un contexte interne au département et temporaire, ce robot semble être la meilleure solution.

Plusieurs problèmes techniques se sont présentés lors de la confection du robot et de sa mise au point. Citons notamment la présence de deux détecteurs de générations différentes au début du projet, ce qui perturbait la détection, et le robot quittait sa ligne de guidage. Le problème s'est réglé par le remplacement du détecteur plus ancien. Un autre problème est apparu en raison de la surface de circulation. En effet, le plancher du corridor où circule le robot doit être propre et exempt de poussière. Des cheveux au sol se sont enroulés sur l'essieu des roues et ont bloqué les moteurs, ce qui a nécessité leur remplacement. Le service de la salubrité a dû être mis à contribution pour qu'il redouble d'ardeur, bien qu'il ne s'agisse que d'un corridor de communication interne relativement peu fréquenté.

La négociation des deux virages du parcours ne s'est pas faite sans heurts. Elle a nécessité plusieurs essais et erreurs relatifs au raffinement de la programmation ainsi qu'à la courbure de la ligne jaune de guidage, la capacité de manœuvre du robot étant assez limitée. Enfin, un dernier problème concernait la perte de certaines pièces durant le déplacement, notamment parce que certaines briques LEGO<sup>MD</sup> perdent de leur adhérence mutuelle lorsque leur emboîtement est fait dans le sens de la progression du robot. C'est le cas pour les briques du châssis, qui subissent une pression constante lors des déplacements répétitifs, particulièrement avec un robot très sollicité comme celui-ci. Deux solutions simples étaient possibles : soit coller les briques ensemble ou encore solidifier le joint avec du ruban adhésif pour conduit (Duct Tape<sup>MD</sup>). C'est cette dernière option qui a été le plus souvent choisie.

La proximité des locaux, leur réaménagement et l'ajout d'un pneumatique directement à la Fabrication devraient rendre

caduc le recours à un tel robot dans la nouvelle pharmacie prévue pour la fin de 2020. Il reste à voir si ce problème de transport interne sera bien résolu pour favoriser la rapidité des services offerts aux patients.

## Conclusion

Il est étonnant de voir qu'une solution aussi simple permette dans la plupart des cas d'accélérer la livraison des médicaments préparés en urgence et de libérer l'AT de la nécessité de quitter la production en cours pour livrer une préparation. Avec l'aide d'un jeune spécialiste des LEGO<sup>MD</sup>, une telle solution, ou une variante de celle-ci, pourrait être envisageable partout où des besoins semblables se feraient sentir. Il n'en demeure pas moins que ce robot est à la base un jouet et doit être traité comme tel, c'est-à-dire avec une certaine délicatesse. Cette solution est temporaire, nécessitant un certain encadrement et un entretien plus important que pour un produit commercial. Mais il plaît à l'esprit de retrouver un tel « équipement » au service des patients dans un centre hospitalier pédiatrique, tel que Sainte-Justine. Il faut mentionner aussi qu'il est très apprécié de plusieurs membres de l'équipe.

## Références

1. Manuel d'utilisation LEGO Mindstorms<sup>MD</sup>. [en ligne] <https://education.LEGO.com/en-us/downloads/mindstorms-ev3/software> (site visité le 9 juin 2018).
2. Robot du CHUM. [en ligne] [https://www.ds-automotion.com/en/?gclid=EAlalQobChMlj-Wj4Pv\\_4wlVCP\\_jBx3OmgSbEAAYASAAEgK-8VVD\\_BwE](https://www.ds-automotion.com/en/?gclid=EAlalQobChMlj-Wj4Pv_4wlVCP_jBx3OmgSbEAAYASAAEgK-8VVD_BwE) (site visité le 10 août 2019).
3. Robot Relay (2019). [en ligne] [www.swisslog.com/en-us/healthcare/products/material-transport/autonomous-service-robot](http://www.swisslog.com/en-us/healthcare/products/material-transport/autonomous-service-robot) (site visité le 10 août 2019).

## Annexes

Cet article comporte une annexe; elle est disponible sur le site de Pharmactuel ([www.pharmactuel.com](http://www.pharmactuel.com)).

## Financement

Aucun financement en relation avec le présent article n'a été déclaré par les auteurs.

## Conflits d'intérêts

Tous les auteurs ont rempli et soumis le formulaire de l'ICMJE pour la divulgation de conflits d'intérêts potentiels. Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêts en relation avec le présent article.

## Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble de l'équipe des assistants techniques du secteur Fabrication ainsi que certains pharmaciens du département pour leurs nombreux commentaires constructifs tout au long du processus d'élaboration du projet.

## Abstract

**Objectives:** To expedite, facilitate and streamline the transport of urgently prepared oral syringes from a far end of the pharmacy to the area in the production sector where they are checked.

**Background:** Certain simple problems can impede a pharmacy department's efficiency considerably. For example, if the area where oral syringes are prepared is far from the workstation of the pharmacist responsible for checking them, this can result in delays in verification and shipping simply because the technical assistants responsible for preparing the syringes wait until they have a considerable number of them to transport or for their break or lunch, as they have to go by the workstation in question. Different solutions can be considered, such as a pneumatic transport system or an internal conveyor within the pharmacy department. However, such systems are expensive and difficult to justify for a department that is in the process of being renovated within the next 2 or 3 years, as the planning and construction of a new pharmacy are already underway.

**Results:** A simple, inexpensive, temporary solution was implemented, namely, using a LEGO<sup>®</sup> robot equipped with a Mindstorms<sup>®</sup> robot intelligent brick. This sophisticated toy streamlines the work and saves different staff members many trips.

**Conclusion:** The addition of this robot, which is basically only a toy, has reduced the number of trips by technical staff and indirectly speed up the delivery of urgently prepared oral syringes for patients. This is an interesting application of a simple pharmaceutical transport solution.

**Keywords:** Intelligent brick, LEGO Mindstorms<sup>®</sup>, robotization, syringe transport