



## Analyse ergonomique des contraintes s'exerçant sur le chirurgien opérant avec le « robot » de chirurgie Da Vinci Xi® : étude de cas

Vera BUSTAMANTE<sup>1</sup>, Aurélia PELLAUX, Dre Catherine LAZOR-BLANCHET<sup>2</sup>  
Prof. Dieter HAHNLOSER<sup>3</sup> et Prof. Nicolas DEMARTINES<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Eur. Erg, Centre hospitalier universitaire vaudois (CHUV)

Service de Médecine préventive hospitalière

Unité santé et sécurité au travail, 1011 Lausanne,

<sup>2</sup> Centre hospitalier universitaire vaudois (CHUV), Service de Médecine préventive  
hospitalière-Médecine du personnel, 1011 Lausanne,

<sup>3</sup> Centre hospitalier universitaire vaudois (CHUV), Service de chirurgie viscérale, 1011 Lausanne

[vera.bustamante@chuv.ch](mailto:vera.bustamante@chuv.ch)

[aurelia.pellaux@chuv.ch](mailto:aurelia.pellaux@chuv.ch)

Du monde du jeu à celui de la chirurgie ou de l'exploration de l'espace, l'apport des nouvelles technologies en robotique et imagerie remet en question les limites d'autrefois et amène de nouveaux défis en termes d'ergonomie de l'activité. La présente étude de cas a visé à évaluer l'impact éventuel sur la santé musculo-squelettique du chirurgien utilisant un système robotisé et les possibilités de réduire ces atteintes par des actions préventives. L'observation de l'activité du chirurgien durant des interventions chirurgicales effectuées avec le système robotisé Da Vinci Xi® et l'application de la méthode Quick exposure check (QEC) a permis d'identifier des contraintes biomécaniques sur les mains/poignets et la nuque, ainsi que des enjeux concernant les marges de régulation des opérateurs et la communication entre les opérateurs. Des propositions sont formulées pour réduire les risques de troubles musculo-squelettiques (TMS) chez le chirurgien et pour l'amélioration des conditions de travail lors de la réalisation des interventions avec assistance robotisée.

Mots-clés : Effets sur le système musculo-squelettique ; Fatigue posturale et motrice ; Biomécanique ; Chirurgie robotique ; robot Da Vinci

### Ergonomic analysis of the constraints on the surgeon working with the surgical robot Da Vinci Xi®: a case study

From the world of gaming to that of surgery or space exploration, the contribution of new technologies in robotics and imaging challenges the limitations of the past and brings new possibilities in terms of ergonomics of the activity. The aim of this case study was to evaluate the possible impact on musculoskeletal health of the surgeon using a robotic system and to explore risks reductions by preventive actions. Observation of surgeon's activity during surgical procedures with Da Vinci Xi® robotic system and the application of the Quick Exposure Assessment (QEC) tool allowed the authors to identify biomechanical stresses on the hands/wrist and neck, as well as issues about operator's regulation leeway and communication between operators. Proposals are made for risk reduction of musculo-skeletal diseases for the surgeon and for further improvements of working conditions during surgery with robotic assistance.

Keywords: Effects on the musculo-skeletal system; motor and postural fatigue; Biomechanics; robotic surgery; Da Vinci robot

\*Ce texte original a été produit dans le cadre du congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française qui s'est tenu à Toulouse du 20 au 22 septembre 2017. Il est permis d'en faire une copie papier ou digitale pour un usage pédagogique ou universitaire, en citant la source exacte du document, qui est la suivante : Vera Bustamante, Aurélia Pellaux, Catherine Lazor-Blanchet, Dieter Hahnloser, Nicolas Demartines (2017). Analyse ergonomique des contraintes s'exerçant sur le chirurgien opérant avec le robot de chirurgie Da Vinci Xi®: étude de cas. 52<sup>ème</sup> Congrès de la SELF - Présent et Futur de l'Ergonomie (Toulouse, 20-22 septembre).

## Introduction

Depuis 2012, plus de 1'000 interventions chirurgicales ont été réalisées avec le système robotisé Da Vinci®1 (ci-après SR, voir Photo 1 : Robot Da Vinci et ses consoles de commande (source : [www.lasource.ch](http://www.lasource.ch))) dans le Centre de chirurgie robotique La Source2-CHUV (ci-après CCR) à Lausanne. Cette étude a pour but d'évaluer le risque d'atteinte à la santé musculo-squelettique du chirurgien lors de l'utilisation du SR et les possibilités de réduire ces atteintes par des actions préventives.



Photo 1 : Robot Da Vinci et ses consoles de commande (source : [www.lasource.ch](http://www.lasource.ch))

Le Service de chirurgie viscérale utilise le SR pour certaines opérations. L'utilisation de ce dispositif dans l'intervention chirurgicale modifie plusieurs aspects de l'activité<sup>3</sup> des opérateurs. Les approches chirurgicales ont évolué de techniques dites classiques (laparotomie : ouverture de la paroi abdominale) vers des techniques dites « mini-invasives » comme la laparoscopie qui permet au chirurgien de voir à l'intérieur de l'abdomen du patient en introduisant une caméra endoscopique avec éclairage. La technique de laparoscopie est toutefois physiquement plus contraignante pour le chirurgien que la technique classique et le SR réduit certaines de ces contraintes (Lux, Marshall, Erturk, & Joseph, 2010). La qualité des images a aussi évolué des images en 2 dimensions (2D) à des images en 3 dimensions (3D) et en haute définition (HD) (Grochola, John, Hess, & Breitenstein, 2013). Les coûts élevés et des durées opératoires plus longues étaient les principaux inconvénients du SR relevés en 2014 (Melloul, Gié, Hübner, & Demartines, 2014). Plusieurs publications ont relevé des symptômes ou gênes ressentis par les chirurgiens associés à l'utilisation du SR : douleurs ou

tensions de la nuque, des doigts et des épaules (Lee, Lee, Green, Allaf, & Marohn, 2016) (Franasiak, Craven, Mosaly, & Gehrig, 2014).

Craven *et al.* ont utilisé le Rapid Upper Limb Assessment (RULA) et arrivent à la conclusion qu'il est nécessaire de former les chirurgiens aux réglages adaptés de la console et d'approfondir les recherches pour améliorer les possibilités du système (Craven, Franasiak, Mosaly, & Gehrig, 2013).

Franasiak *et al.* ont investigué les contraintes s'exerçant sur le chirurgien avec l'aide du Nordic Musculo-skeletal Questionnaire (NMQ) et relèvent qu'une formation a eu des effets positifs sur les contraintes ressenties par les opérateurs (Franasiak *et al.*, 2014). D'autres auteurs ont formulé des recommandations pour la console du chirurgien basées sur les principes connus pour l'utilisation du microscope (Lux *et al.*, 2010).

Dans notre analyse, nous nous intéressons aux stratégies de régulation<sup>4</sup> de l'opérateur lors cette activité complexe. L'analyse de l'activité nous permet d'examiner les conditions et les marges de manœuvre existantes pour l'opérateur, qui lui permettent ou non de réguler son activité en fonction des feedbacks qu'il obtient en cours de réalisation (Leplat, 2006) (Falzon, 2004).

## Situation et méthodes

L'étude s'est déroulée au CCR de Lausanne, où un chirurgien du CHUV effectue des interventions chirurgicales colorectales, 2 jours/mois. Les interventions durent en moyenne entre 2 et 5 heures. Le recueil de données a été réalisé de mars à avril 2017.

### Terrain, populations

L'étude a été menée auprès de chirurgiens du service de chirurgie viscérale effectuant des interventions avec le SR :

- chirurgien A : chirurgien viscéral expérimenté (taille de 174 cm, 47 ans, 5 ans d'expérience avec SR) qui opère principalement sous laparoscopie et environ 2 jours par mois avec le SR.
- chirurgien B : chirurgien viscéral diplômé junior (taille de 183 cm, 40 ans, en cours de formation aux opérations avec le SR).

Les deux chirurgiens interrogés ont une pratique sportive régulière (randonnée, vélo, course à pied ou tennis). Ils ne signalent pas de problème ostéoarticulaire ou musculotendineux.

### Description du système robotisé (SR)

Le SR est composé de deux parties et de la tour de visualisation côté patient (voir Photo 3 : Partie côté patient / Exemple instrument Photo 3 ePhoto 4 : Console du

1 De la société Intuitive surgical. Depuis 2016 : modèle Da Vinci Xi®.

2 La Source est une clinique privée qui collabore avec le CHUV pour l'exploitation du Centre de chirurgie robotique.

3 L'activité est à comprendre au sens classique en ergonomie : la mobilisation de l'ensemble de la personne humaine et de ses facultés pour réaliser les tâches et les objectifs qu'elle se fixe à partir de ceux qui sont fixés, et ce en fonction des moyens techniques et organisationnels qui ont été mis à sa disposition. [...] L'opérateur met en œuvre des régulations pour faire face à des variations, des aléas ou des dysfonctionnements [...] avec des conséquences des régulations sur la performance et la santé (Wisner, 1995 ; Leplat, Cuny, 1977 ; Caroly *et al.*, 2012)

4 Le concept de régulation se réfère à l'ensemble des processus d'ajustement mis en place par les opérateurs pour réaliser l'activité de travail et atteindre les objectifs visés, autant en termes de performance et de production qu'en termes de santé et de confort, en fonction des contraintes inhérentes à la situation de travail (Leplat, 2006 ; Falzon, 2004). La régulation peut s'opérer à plusieurs niveaux et ces niveaux de régulation sont le plus souvent réalisés simultanément, s'influençant mutuellement et rendant difficile la modélisation des régulations dans un système complexe (Leplat, 2006).

chirurgien 5t Photo 4). Il offre une assistance au chirurgien réalisant une laparoscopie.

**Partie côté patient :** le SR mesure environ 2 m de hauteur et 1 m de profondeur, se place au-dessus de la personne à opérer et comporte quatre bras. Un bras tient une caméra endoscopique, les autres tiennent des instruments chirurgicaux. Un écran affiche l'image fournie par la caméra en 2D, sur la tour de visualisation. La table d'opération est connectée au SR et permet des réglages synchrones.

**Partie Console du chirurgien :** placée à moins de 3 m de la première, la console permet une vision binoculaire qui retransmet en direct la vue de la caméra endoscopique en 3D. Trois pédales et deux manettes permettent les mouvements dans les 3 dimensions des instruments chirurgicaux. La console peut être ajustée à certaines spécificités morphologiques de l'opérateur : hauteur et profondeur de la zone de l'écran, profondeur des pédales et hauteur de l'appui-bras. Le facteur de démultiplication des mouvements peut être ajusté : par ex. lorsque le chirurgien parcourt 3 cm, le SR parcourt 1 cm dans l'abdomen du patient. Cette option ainsi qu'un système de compensation des tremblements permettent d'être plus précis dans les gestes qu'en situation de chirurgie standard ou sous laparoscopie. Ces paramètres peuvent être enregistrés pour chaque opérateur. Le siège est indépendant de la console.



Photo 3 : Partie côté patient / Exemple instrument 5



Photo 4 : Console du chirurgien 5

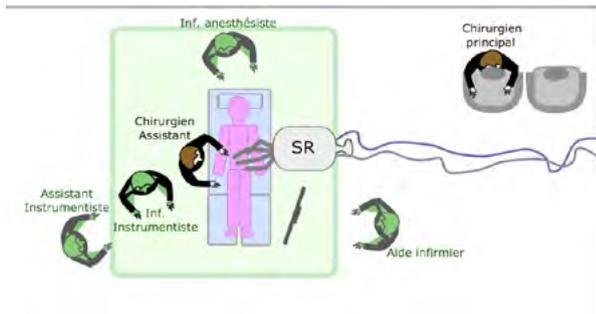


Schéma 1 : exemple de disposition dans la salle Photo 2 : possibilités de réglages de la console et boutons de commande

Ces différents éléments sont reliés par des câbles qui transmettent les données de contrôle dans un sens, et de vision dans l'autre. Des micros et des haut-parleurs permettent aux opérateurs de communiquer sans hausser la voix. Les bras du SR ne peuvent pas bouger si le front du chirurgien n'est pas en contact avec le bord des oculaires. (« Da Vinci (chirurgie) - wikipedia », 2017).

## Méthodes de recueil et d'analyse des données

Les ergonomes ont effectué des périodes d'observations d'une durée respectivement de 4h et de 8h de l'activité du chirurgien durant des interventions. Les 3 interventions observées ont duré 2h30, 3h30 et 5 h.

La méthode Quick exposure check (QEC) (David *et al.*, 2005) a été utilisée pour évaluer les zones du corps les plus exposées aux risques de TMS lors de l'utilisation du SR pour les deux chirurgiens A et B et également pour l'évaluation durant une opération sous laparoscopie pour l'activité du chirurgien A (voTableau 1: Grille

5 Sources : www.intuitivesurgical.com & images prise à a Clinique de la Source durant les observations des auteurs

d'interprétation des résultats du QEC (traduit de l'anglais par les auteures) 1). Outre les contraintes musculo-squelettiques, d'autres contraintes inhérentes à la situation de travail ont été observées.

	Niveaux de risque		
	Faible	Moyen	Elevé
Dos	10-28	30-42	44-56
Epaulles/ bras	10-28	30-42	44-56
Poignets /mains	10-24	26-34	36-46
Nuque	4-14	16	18
	Action suggérée		
Faible	Acceptable		
Moyen	Analyser de manière plus approfondie		
Elevé	Analyser de manière plus approfondie et changer rapidement		

Tableau 1 : Grille d'interprétation des résultats du QEC (traduit de l'anglais par les auteures)

Les discussions avec les chirurgiens durant la pause entre deux interventions ou en cours d'activité lors de moments d'attente ont principalement porté sur les symptômes physiques durant et après les opérations robotisées, ainsi que sur les avantages et inconvénients de l'utilisation du SR par rapport aux autres techniques pratiquées par les chirurgiens.

## Résultats

### Contraintes biomécaniques

#### Résultats du QEC

	Syst. robotisé			Laparo- scopie
	Observateur Z	Observateur Y	Chirurgien A	Chirurgien A
Dos	14	14	14	22
Epaulles/ bras	14	14	18	34
Poignets /mains	22	22	22	34
Nuque	6	6	8	14
Facteur aggravant	stress moyen	stress moyen	stress moyen	-

Niveaux de risque : activité de chirurgie avec assistance robotisée (poste console) et laparoscopie

Les scores obtenus pour le QEC indiquent des niveaux de risque qui restent faibles, donc « acceptables », concernant la situation du chirurgien à la console. Selon cette méthode, ces résultats ne nécessiteraient pas de mesures correctives particulières.

Les scores obtenus pour le QEC lors de l'opération par laparoscopie (sans assistance robotisée) indiquent un niveau de risque « moyen » pour les parties du corps suivantes : épaules/bras et poignets/mains. En comparaison, la méthode sous laparoscopie expose l'opérateur à un risque de TMS plus élevé.

#### Observations

Lors de la préparation du patient, le chirurgien A travaille debout, en mouvement autour de la table d'opération. Il s'assied à la console et active ses réglages individuels (pré-enregistrés). Lorsque le chirurgien B a pris place pour effectuer un premier geste avec le système robotisé, il n'a changé aucun des réglages qui avaient été faits par la personne précédente, alors que la différence de stature était de 20 cm.

Les sollicitations observées s'exercent majoritairement sur les membres supérieurs, en particulier sur les mains et poignets. Le dispositif permet de verrouiller avec une des pédales la position des bras du robot dans une position donnée. Ceci permet à l'opérateur de repositionner ses bras / ses mains de manière confortable sans que la position des bras du robot ne soit modifiée, soit un allègement de la charge par rapport aux autres méthodes d'intervention. Il a en outre la possibilité de lâcher les manettes pour par exemple s'étirer ou se lever sans incidence sur la position des instruments chirurgicaux. La position du dos est rendue statique par l'utilisation des oculaires. Le nombre de changements de position du dos est faible ; à titre d'exemple, durant une opération à la console de 1h30, le chirurgien A s'est levé deux fois. Les mouvements des membres inférieurs consistent en des mouvements d'activation des pédales et mouvements d'avant-arrière toutes les 2 à 4 minutes.

L'opérateur doit placer la tête sur l'appui-front situé au-dessus des oculaires pour que le système fonctionne. Il en résulte une position de la nuque légèrement penchée vers l'avant et un appui du front.

Le siège utilisé est un tabouret simple sans dossier avec peu de possibilités de réglages, hormis la hauteur d'assise. Lors de la pause entre deux opérations, l'opérateur indique ne ressentir aucune douleur particulière au niveau musculo-squelettique et se sentir parfaitement relâché dans la zone des épaules/nuque et également des mains/poignets. Il ne relève pas de fatigue visuelle après de longues opérations. Au bout d'un certain temps, il indique ressentir une gêne au niveau du front appuyé contre la mousse. Lors des observations, le chirurgien A s'est étiré (bras, nuque) à plusieurs reprises et s'est frotté les yeux. A ce moment, il a toutefois relevé que « ne pas bouger, c'est pas bon non plus ! ».

#### Stratégies de régulation

En fonction du déroulement de l'intervention chirurgicale et des difficultés rencontrées, les opérateurs adaptent leurs actions dans le but d'obtenir le meilleur résultat. Par exemple, nous avons observé lors de l'activité de suture que le chirurgien A s'est accordé avec la médecin assistante pour effectuer une procédure précise d'une manière particulière. D'après les discussions, le principal

obstacle rencontré semble être l'absence de retour de force (absence de retour haptique) : le chirurgien compte uniquement sur les paramètres visuels et son expérience pour évaluer la force nécessaire ou la résistance des « obstacles » rencontrés par les instruments sur le patient. Ceci rend plus difficile certaines tâches, comme par exemple la suture : l'évaluation de la tension exercée sur le fil est moins aisée et cela pourrait mener à sa rupture. Il demande à l'assistant qui a directement le contact avec le patient, de vérifier si un fil tient bien, par exemple. Ces stratégies de régulation pourraient être étudiées plus finement pour des développements futurs du SR.

D'autre part, les stratégies de régulation observées chez le chirurgien pour préserver son confort de travail sont la prise de micro-pauses – quelques secondes durant lesquelles l'appareil est verrouillé pour lui permettre de se redresser, s'étirer ou se frotter les yeux, par exemple, mais sans changement de posture du dos. Le chirurgien B a relevé une crainte en cas d'accident (exemple : toucher une artère) car il est éloigné du patient et pourrait perdre quelques secondes pour réagir. Toutefois, il a précisé que le type d'opérations choisies pour être effectuées avec le SR présentent peu de risques à ce niveau.

### Communication inter-individus

L'observation n'a pas montré de difficultés particulières dans la communication, si ce n'est au moment de l'installation du SR sur la table d'opération. Lors des installations observées, il y a eu parfois des malentendus entre le chirurgien qui indiquait les directions « à gauche » ou « à droite » et l'aide infirmière qui déplaçait la machine. La structure du plafond qu'il faut éviter constitue une difficulté supplémentaire pour les manœuvres.

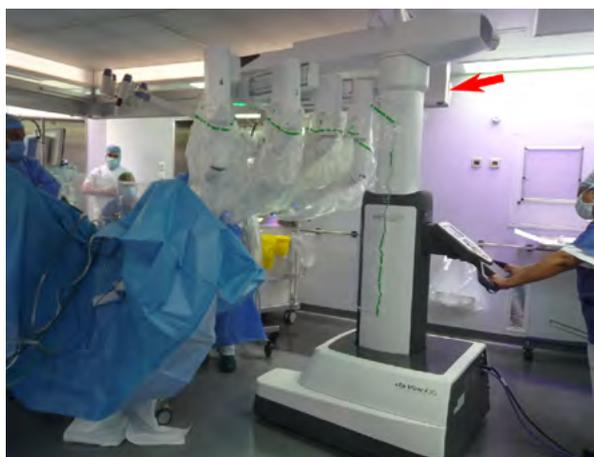


Photo 5 : manœuvre pour installer le SR – flèche indique l'obstacle au plafond

D'autre part, lorsque le chirurgien opère, il se trouve à distance des autres intervenants : les éléments non-verbaux de la communication (contact visuel, gestuelle, etc.) des opérateurs à la table d'opération ne sont pas perçus par le chirurgien, et inversement, ce qui pourrait en théorie altérer la qualité de la communication. L'observation n'a pas mis en évidence cet éventuel écueil. En revanche lors d'un échange entre le chirurgien A et

l'assistant, les voix des autres opérateurs autour de la table d'opération ont rendu difficile la compréhension de l'assistant, qui entendait simultanément le chirurgien par le haut-parleur et la discussion des collègues proches de lui.

Les auteures relèvent aussi que le dispositif amène de nouveaux outils de travail avec de nouvelles fonctionnalités qui s'ajoutent à ceux des méthodes sous laparoscopie ou ouverte. Il est arrivé lors des opérations observées que l'indication du chirurgien ne soit pas comprise dès la première fois par l'instrumentiste et implique une série de reformulations des deux opérateurs.

### Discussion

Concernant la performance chirurgicale, le SR augmente les capacités du chirurgien : en comparaison à une intervention par laparotomie ou par laparoscopie, il permet d'être plus précis, d'effectuer des rotations plus amples avec les instruments, de réduire les tremblements, et d'atteindre des zones difficiles d'accès. L'utilisation d'un SR semble apporter une réelle diminution de la pénibilité physique du travail. Yang *et al.* (2017) relèvent l'importance de la formation des chirurgiens sur les possibilités de réglages de la console et leurs impacts sur le système musculo-squelettique ; ils recommandent l'utilisation d'un système d'apprentissage accéléré sur le simulateur du SR par l'émission d'une alarme quand le chirurgien n'utilise pas l'appui-bras.

Si le SR permet d'éviter la station debout prolongée classiquement observée en chirurgie, en revanche il impose une rigidification de la posture. Les scores QEC indiquent un risque de TMS moins élevé avec le SR qu'en laparoscopie. Toutefois, la variable de la durée d'exposition<sup>6</sup> influence les résultats : si l'opérateur effectuait une grande partie des opérations avec le SR, le score de risque de TMS des poignets/mains passerait de faible à moyen.

Certains aspects de la communication sont modifiés par l'utilisation du SR et cela constitue un changement des conditions de régulation de l'activité du chirurgien et de ses collègues en salle d'opération.

L'absence d'information haptique (« retour de force ») en provenance du système amène une contrainte pour le travail du chirurgien et doit être compensé par son expérience. Ce problème constitue d'ailleurs une des priorités pour le développement d'un système haptique intégré (Leal Ghezzi & Campos Corleta, 2016).

Suite à cette analyse, nous formulons plusieurs propositions pour améliorer le confort d'utilisation de la console du SR :

- Intégrer ou renforcer les notions de biomécanique posturale durant la période de formation des chirurgiens sur les SR de simulation, notamment l'information sur les réglages possibles.
- Tester un siège induisant une position en légère antéversion du bassin afin de favoriser le maintien des courbures naturelles du dos, et permettant un appui dorso-lombaire.
- Rechercher les réglages permettant de maintenir

<sup>6</sup> Variable J : « moins de 2h par jour en moyenne », « entre 2 et 4h », « plus de 4h »

- la nuque en position neutre et réduire l'inclinaison.
- Concevoir avec les infirmières concernées par les manœuvres de l'appareil, un code pour communiquer les directions (exemple: tribord/bâbord, codes couleurs)
- Tester un casque 3D fixe (un peu comme l'est la console) pour le chirurgien assistant, en plus de l'écran HD
- Sécuriser les câbles du système robotisé afin de réduire le risque de chutes.
- Examiner les possibilités d'organiser les interventions chirurgicales de manière à limiter les durées d'exposition et à permettre des temps de pause suffisants.

## Conclusion

### Perspectives futures

L'évolution du SR se poursuit pour y intégrer de l'intelligence artificielle ou l'automatisation de certains gestes, par exemple (Jung *et al.*, 2015). A l'issue de cette étude ergonomique dans le secteur de la chirurgie robotique, d'autres questions émergent : par exemple, quels sont les effets du SR sur les marges de manœuvre et les régulations au sein de l'équipe soignante ? Crée-t-il de nouvelles contraintes ? Quels sont les effets sur la communication entre les intervenants du bloc ? Ces sujets pourraient être approfondis par de nouvelles études, avec la participation de l'ensemble du personnel concerné. Nous espérons pouvoir poursuivre l'analyse de cette activité en intégrant les autres professionnels impliqués durant ces interventions.

## Bibliographie

Caroly, S., Cholez, C., Landry, A., Davezies, P., Poussin, N., & *et al.* (2012). *Les activités des médecins du travail dans la prévention des TMS : ressources et contraintes*. Consulté à l'adresse <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00676973>

Craven, R., Franasiak, J., Mosaly, P., & Gehrig, P. A. (2013). Ergonomic Deficits in Robotic Gynecologic Oncology Surgery: A Need for Intervention. *Journal of Minimally Invasive Gynecology*, 20(5), 648-655. <https://doi.org/10.1016/j.jmig.2013.04.008>

Da Vinci (chirurgie) - wikipedia. (2017, février 2). In *Wikipédia*. Consulté à l'adresse [https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Da\\_Vinci\\_\(chirurgie\)&oldid=134188307](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Da_Vinci_(chirurgie)&oldid=134188307)

David, G., Buckle, P., Woods, V., Great Britain, Health and Safety Executive, University of Surrey, & Robens Centre for Health Ergonomics. (2005). *Further development of the usability and validity of the Quick Exposure Check (QEC)*. London: Health & Safety Executive.

Falzon, P. (Éd.). (2004). *Ergonomie*. Paris: Presses universitaires de France.

Franasiak, J., Craven, R., Mosaly, P., & Gehrig, P. A. (2014). Feasibility and Acceptance of a Robotic Surgery Ergonomic Training Program. *JSLs : Journal of the Society of Laparoendoscopic Surgeons*, 18(4), e2014.00166. <https://doi.org/10.4293/JSLs.2014.00166>

Grochola, L. F., John, H., Hess, T., & Breitenstein, S. (2013). Chirurgie assistée par robot et laparoscopie en 3D - à l'avantage des patients? *Forum Medical Suisse*, 13(3), 38-40.

Jung, M., Hagen, M. E., Iranmanesh, P., Majno, P., Buhler, L. H., Toso, C., ... Morel, P. (2015). Robotic-assisted hepatic surgery. *Revue Medicale Suisse*, 11(479), 1331-1334.

Leal Ghezzi, T., & Campos Corleta, O. (2016). 30 Years of Robotic Surgery. *World Journal of Surgery*, 40(10), 2550-2557. <https://doi.org/10.1007/s00268-016-3543-9>

Lee, G. I., Lee, M. R., Green, I., Allaf, M., & Marohn, M. R. (2016). Surgeons' physical discomfort and symptoms during robotic surgery: a comprehensive ergonomic survey study. *Surgical Endoscopy*. <https://doi.org/10.1007/s00464-016-5160-y>

Leplat, J. (2006). La notion de régulation dans l'analyse de l'activité. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, (8-1). <https://doi.org/10.4000/pistes.3101>

Lux, M. M., Marshall, M., Erturk, E., & Joseph, J. V. (2010). Ergonomic Evaluation and Guidelines for Use of the da-Vinci Robot System. *Journal of Endourology*, 24(3), 371-375. <https://doi.org/10.1089/end.2009.0197>

Melloul, E., Gié, O., Hübner, M., & Demartines, N. (2014). Quoi de neuf en chirurgie ? Consulté le 27 avril 2017, à l'adresse <https://www.revmed.ch/RMS/2015/RMS-N-456-457/Quoi-de-neuf-en-chirurgie>

Yang, K., Perez, M., Hossu, G., Hubert, N., Perrenot, C., & Hubert, J. (2017). Alarm-corrected" ergonomic armrest use could improve learning curves of novices on robotic simulator. *Surgical Endoscopy*, 31(1), 100-106. <https://doi.org/10.1007/s00464-016-4934-6>