

La chirurgie 4.0 c'est quoi ?

What is Surgery 4.0?

Jean-Claude COUFFINHAL

Résumé

La Chirurgie 4.0 tire son appellation d'une analogie du terme « Industrie 4.0 » mis en avant par Klaus SCHWAB, Président et fondateur du Forum économique international de DAVOS (WEF) en 1976, pour signifier l'entrée dans l'ère de la quatrième révolution industrielle (IR4), le passage de notre société du monde de l'information à celle d'une globalisation interconnectée. Ce passage qui s'accélère aujourd'hui à grande vitesse est dû à la possibilité de traiter de grandes quantités de données en utilisant les techniques de l'intelligence artificielle adaptative (AI/ML/DL/LLM) associées à la robotique, rendu possible par la complexification des cartes graphiques adaptées (GPU, l'augmentation de la puissance de calcul et de stockage des nouveaux ordinateurs, la rapidité de la fibre et l'émergence du cloud computing et de l'internet des objets (IOT) permettant des échanges, des traitements d'informations et des actions mondiales en temps réels. La Chirurgie 4.0 est l'exploitation de ces technologies au service des pratiques chirurgicales. Ce n'est qu'un sous ensemble de l'entrée dans l'ère de la Médecine personnalisée de précision (5P). Ces développements en chirurgie constituent un domaine spécialisé, la « Surgical data science » qui a été théorisé dès le début des années 2000, en particulier en France par notre collègue Académicienne Jocelyne TROCCAZ. Le rapporteur mondial actuel de ce groupe d'étude est Klaus MAIER HEIN d'HEIDELBERG. Mirgen JAKU, un des porteurs du projet robotique OTTAVA de Johnson & Johnson a popularisé le découpage de l'évolution de la chirurgie en 4 stades aboutissant à la Chirurgie 4.0. Je présenterai l'ouverture de la boucle numérique des pratiques chirurgicales, l'importance de la structuration de notre collectivité chirurgicale autour du recueil, de la gestion et du traitement des data, l'incontournable technologie de l'apprentissage fédéré pour la recherche clinique en temps réel (évaluation des pratiques, des innovations cycle de vie des dispositifs MDR). Sera abordé aussi la réflexion sur les prérequis et les designs envisagés pour une infrastructure adaptée (BOS Building Operating System- data center spécialisé, centre de commande : Smart Surgical Board) avant de présenter 2 petites réflexions adressées aux régulateurs, payeurs et décideurs qui pourraient rendre plus rapide et efficace le déploiement des innovations chirurgicales sans créer de nouvelles sources de soins à plusieurs vitesses

Mots clés

- Chirurgie 4.0
- Surgical data science
- Robotique chirurgicale
- Surgical robotics

Abstract

Surgery 4.0 derives its name from an analogy with the term "Industry 4.0", introduced by Klaus SCHWAB, President and Founder of the World Economic Forum (WEF) in Davos in 1976, to signify the advent of the Fourth Industrial Revolution (IR4). This transition marks the shift of our society from the information era to a globally interconnected world. The acceleration of this transformation is driven by the ability to process vast amounts of data using adaptive artificial intelligence techniques (AI/ML/DL/LLM) combined with robotics. This progress has been made possible by advances in graphical processing units (GPUs), increased computing and storage power of modern computers, high-speed fiber-optic networks, cloud computing, and the Internet of Things (IoT), allowing for real-time global data exchange, processing, and actions.

Surgery 4.0 applies these technologies to surgical practices, forming a subset of the broader transition into the era of Personalized Precision Medicine (5P). These advancements have given rise to a specialized field known as "Surgical Data Science", theorized in the early 2000s, particularly in France by our fellow academician Jocelyne TROCCAZ. The current global rapporteur of this research group is Klaus Maier-Hein from Heidelberg. Additionally, Mirgen JAKU, one of the key figures behind Johnson & Johnson's Ottawa robotics project, popularized the classification of surgical evolution into four stages, culminating in Surgery 4.0.

During my presentation, I will discuss the digital loop integration in surgical practices, emphasizing the importance of structuring the surgical community around data collection, management, and processing. A key focus will be the essential role of federated learning in enabling real-time clinical research (practice evaluation, innovation assessment, and medical device lifecycle under MDR regulations).

Furthermore, I will explore the prerequisites and potential designs for an adequate infrastructure, including concepts such as Building Operating System (BOS), specialized data centers, and a centralized command center (Smart Surgical Board). Finally, I will conclude with two reflections aimed at regulators, payers, and policymakers, proposing strategies to accelerate and enhance the deployment of surgical innovations without introducing new disparities in healthcare access.

Keywords

- Surgery 4.0
- Surgical data science
- Robotique chirurgicale
- Surgical robotics