

# **Partie 4 - Vers des jumeaux numériques de patients : la prochaine révolution des données de santé**

## **Imaginer une médecine prédictive, simulée et personnalisée à l'extrême**

### **Introduction : l'entrée dans l'ère de la médecine simulée**

Après avoir montré comment les données de santé permettent d'améliorer l'efficacité des systèmes actuels, de prévenir les crises sanitaires et de poser des cadres éthiques solides, une question se pose : jusqu'où cette transformation peut-elle aller ? La prochaine étape pourrait bien consister à simuler la santé humaine dans sa globalité. C'est le pari des jumeaux numériques, une innovation émergente qui pourrait profondément bouleverser la pratique médicale.

Concrètement, il s'agit de construire une réplique virtuelle d'un patient réel, capable de simuler son état de santé et son évolution. Ce modèle dynamique serait alimenté en temps réel par des données cliniques, biologiques, génétiques, comportementales et environnementales. L'objectif est de disposer d'un outil d'aide à la décision permettant de tester des traitements, d'anticiper les complications et de personnaliser les parcours de soins avec une précision inédite [1].

### **Qu'est-ce qu'un jumeau numérique médical ?**

Initialement développé dans les secteurs industriels comme l'aéronautique ou l'énergie, le concept de jumeau numérique a été adapté au champ de la santé pour modéliser des processus biologiques complexes [2]. Il ne s'agit pas d'un simple avatar ou d'une copie statique, mais d'un organisme numérique évolutif, conçu pour reproduire fidèlement le fonctionnement du corps humain. Grâce à la combinaison d'imageries médicales, d'analyses biologiques, de génomes entiers, d'antécédents médicaux et de signaux captés par des objets connectés, ces doubles virtuels pourraient représenter l'individu dans toute sa singularité physiologique.

Cette modélisation, si elle parvient à maturité, offrirait un changement de paradigme : au lieu de s'appuyer uniquement sur des moyennes statistiques ou sur l'expérience clinique, le professionnel de santé pourrait visualiser en temps réel la réaction probable de son patient à une intervention ou un traitement donné [3].

## **Ce que cette technologie promet pour la médecine**

L'usage d'un jumeau numérique permettrait de simuler l'effet d'un médicament, d'une opération ou d'un protocole thérapeutique avant même de les appliquer dans la réalité. En reproduisant virtuellement les réponses biologiques d'un patient, il deviendrait possible de tester différents scénarios médicaux et de choisir l'approche la plus adaptée à son profil [1].

Dans les maladies chroniques, les jumeaux numériques offrent une capacité prédictive précieuse : modéliser l'évolution d'un diabète ou d'une insuffisance cardiaque permettrait d'intervenir en amont des complications [3]. De même, dans le champ de la médecine personnalisée, ils pourraient permettre d'ajuster précisément les posologies ou les combinaisons thérapeutiques, en fonction du métabolisme spécifique de chaque individu. La prévention, enfin, gagnerait une nouvelle dimension : en identifiant les facteurs de risque avant même l'apparition des symptômes, elle deviendrait véritablement proactive [5].

## **Une innovation encore en gestation, mais déjà tangible**

Plusieurs projets scientifiques internationaux explorent déjà cette voie. En Europe, le programme Virtual Physiological Human (VPH), soutenu par la Commission européenne, vise à construire des représentations numériques complètes de l'organisme humain [2]. En France, des équipes de l'INSERM et de l'INRIA travaillent sur des jumeaux du cœur, capables de simuler l'activité électrique cardiaque pour anticiper les arythmies ou optimiser les chirurgies [4].

Aux États-Unis, des centres comme le MIT ou des entreprises comme Dassault Systèmes développent des modèles spécifiques d'organes, tels que le foie ou le cerveau, intégrant des données moléculaires, cliniques et environnementale [8]. Ces prototypes restent confinés aux laboratoires de recherche, mais les avancées rapides en calcul haute performance, en intelligence artificielle et en modélisation 3D rendent leur application clinique plausible dans un futur proche.

## **Les enjeux éthiques d'une médecine simulée**

Si la promesse technologique est immense, elle s'accompagne de questionnements éthiques inédits. Peut-on, et surtout doit-on, représenter numériquement un être humain dans toute sa complexité ? Le jumeau numérique, aussi sophistiqué soit-il, n'est qu'une approximation, une simulation, pas une personne. La confiance accordée à ces modèles devra donc être soigneusement encadrée [7].

Des risques apparaissent : dans les données d'entraînement, erreurs de prédiction, dépendance excessive aux recommandations simulées. Qui sera responsable si une simulation erronée conduit à une mauvaise décision médicale ? Et que se passe-t-il si certaines catégories de patients, notamment les personnes âgées, précaires ou peu suivies médicalement ne disposent pas de données suffisantes pour qu'un jumeau numérique puisse être construit ? L'enjeu est aussi celui de l'égalité d'accès et de la non-discrimination [6].

Enfin, cette évolution interroge la relation entre soignant et soigné. À mesure que l'expertise humaine est relayée par des modèles numériques, quelle place restera-t-il à l'intuition clinique ? La médecine du futur ne devra pas être uniquement celle de la précision algorithmique, mais aussi celle du discernement et de l'humanité [6].

## **Conclusion**

Le développement des jumeaux numériques pourrait représenter un tournant majeur dans l'histoire de la médecine. En rendant possible la prédiction, la simulation et l'ultra-personnalisation, il annonce une médecine plus préventive, plus ajustée et potentiellement plus efficace.

Mais il ne s'agit pas d'un progrès automatique. Pour que ces outils servent réellement l'intérêt général, il faudra les inscrire dans un cadre éthique, politique et humain solide. Comme dans toute révolution technologique, la question n'est pas uniquement ce que nous pouvons faire, mais ce que nous voulons faire, collectivement.

## **Références**

- [1] Viceconti M., Hunter P., Hose R. (2015). Big data, big knowledge: big data for personalized healthcare. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 19(4), 1209–1215.
- [2] Hunter P. (2012). The Virtual Physiological Human: The Physiome Project and Systems Biology. *IFMBE Proceedings*, 37, 629–632.
- [3] Corral-Acero J. et al. (2020). The 'Digital Twin' to enable the vision of precision

cardiology. *European Heart Journal*, 41(48), 4556–4564.

[4] INSERM / INRIA. (2022). *Projet Twin Heart : modéliser les arythmies cardiaques en temps réel*.

[5] Sénéchal J.-P. (2023). *Médecine du futur : les jumeaux numériques, promesses et limites*. Sciences et Avenir.

[6] Topol E. (2019). *Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again*. Basic Books.

[7] European Commission. (2020). *Ethics of Digital Twins in Healthcare*.

[8] Dassault Systèmes. (2021). *The Living Heart Project*.