



Board *Innovation*

Quelles applications du “jumeau numérique” en médecine d’urgence ?

Émilien ARNAUD^{1,2}

¹*Département de Médecine d’Urgence, CHU Amiens-Picardie, 1 rond-point Christian Cabrol, 80000 Amiens*

²*Laboratoire Modélisation, Information et Systèmes (UR 4290), Université Picardie Jules Verne, 80000 Amiens*

17 septembre 2024

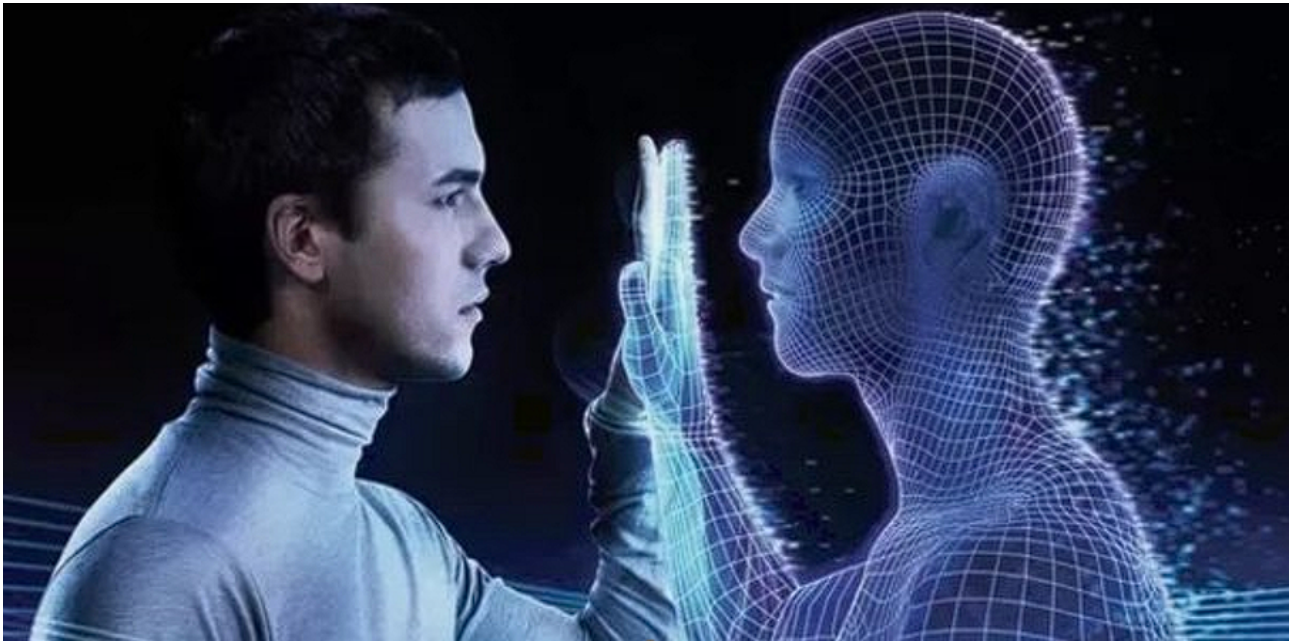
Résumé

Le déploiement du concept de jumeau numérique va révolutionner le monde de la santé et particulièrement celui de la recherche. L’idée offrir la possibilité de modéliser numériquement un ou plusieurs patients ou tout objet physique pour permettre de tester, expérimenter, simuler, prédire le comportement de ce dernier face à une nouvelle solution qu’elle soit diagnostique, thérapeutique, pronostique. A l’heure actuelle, ces technologies ne sont encore qu’à l’épreuve de quelques spécialités dans le milieu académique, aérospatiale, BTP, robotique, automobile. La santé tarde pour l’utiliser excepté dans certains laboratoires de recherche notamment en intelligence artificielle, en biologie par exemple. Quels seraient l’utilisation en médecine d’Urgence ? Pour le découvrir, venez lire notre weblettre du mois d’Aout rédigée par Dr ARNAUD Émilien, membre du board innovation

Table des matières

1	Qu'est-ce qu'un jumeau numérique ?	3
2	Applications du jumeau numérique en médecine d'urgence	4
2.1	Gestion et suivi des patients en temps réel	5
2.2	Optimiser les organisations	5
2.3	Formation des jeunes médecins	6
3	Autres initiatives	7
4	Conclusion	8

1 Qu'est-ce qu'un jumeau numérique ?



Pour définir formellement un Jumeau Numérique (JN) : il s'agit d'une représentation virtuelle, informatique, sous forme de données d'un objet, d'une organisation ou d'un processus réel (e.g., patient, service, ...)[1]. Au delà de la représentation de l'état de l'objet, le JN est capable de se *comporter* comme l'objet réel et donc de modifier son état en fonction de son fonctionnement interne ou des stimuli auxquels il est soumis. Un JN est donc caractérisé par ses données et un comportement (Figure 1).

Plus concrètement, un JN peut se représenter sous la forme :

- d'une base de données représentant l'état d'un patient (e.g., l'examen clinique) mais aussi son évolution (e.g., évolution des paramètres vitaux)
- de modèles qui permette de prédire le devenir d'un patient et reflétant ainsi le fonctionnement du service à partir duquel il a été entraîné.
- des simulations qui permettent de visualiser l'activité d'un service en changeant son organisation
- un environnement virtuel (e.g., réalité virtuelle) permettant de visualiser un service, une scène, une organisation, mais également le patient
- un *serious game* permettant de s'entraîner dans des scénari cliniques proches de la réalité

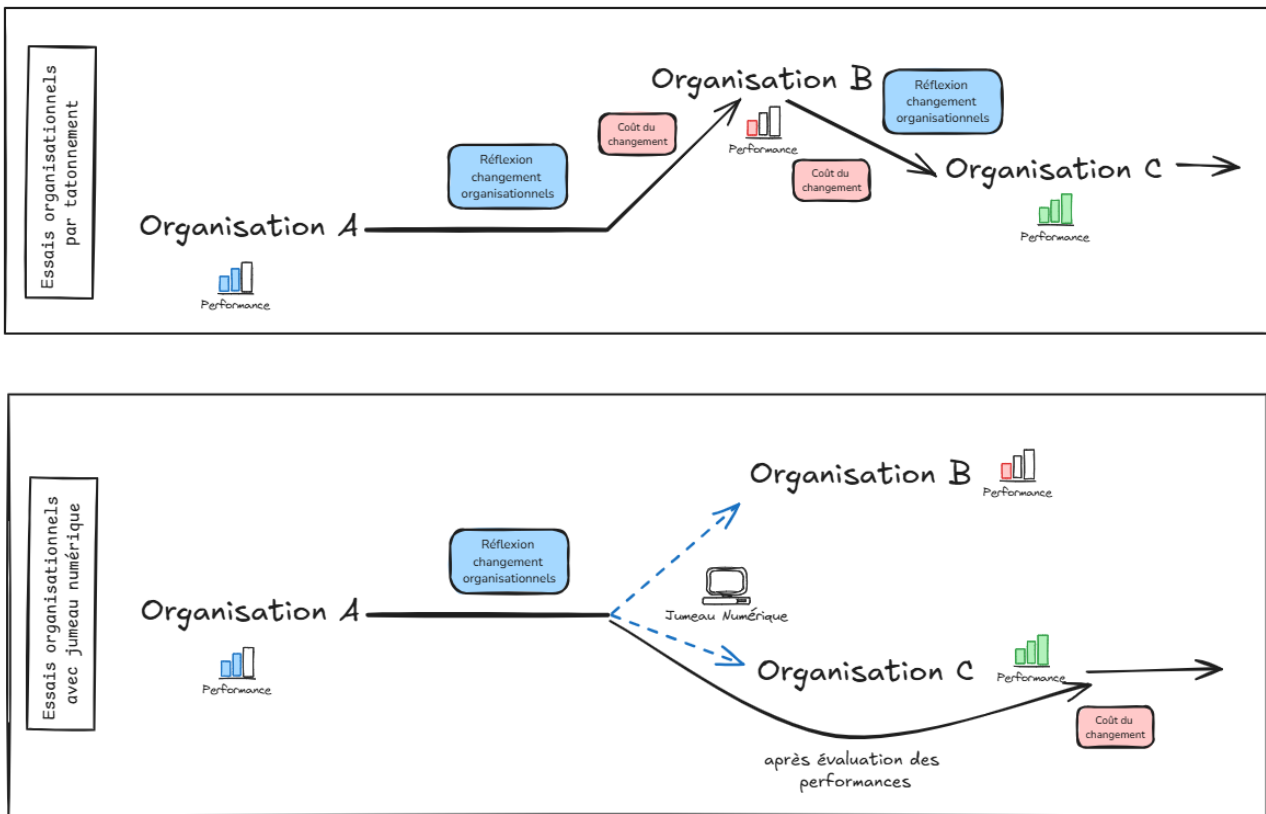


Figure 1 – Qu’est-ce qu’un jumeau numérique ?

2 Applications du jumeau numérique en médecine d’urgence



Crédit photo : Beesens team

Le JN est le mannequin de demain avec des avantages certains : il est duplicable à moindre de coût, illimité en utilisation et simulation, et il ne s'abîme pas. Il possède les mêmes points négatifs qu'un mannequin ou une maquette : ce n'est pas la réalité exacte, il peut se périmer et ne plus être valable.

2.1 Gestion et suivi des patients en temps réel

Un JN peut être utilisé pour gérer les patients actuellement présent dans le Service d'Urgence (SU). La représentation numérique d'un patient permet de déduire la suite de sa prise en charge (Figure 2). La représentation numérique de l'ensemble des patients permet de caractériser le flux actuel de patients présents dans le SU.

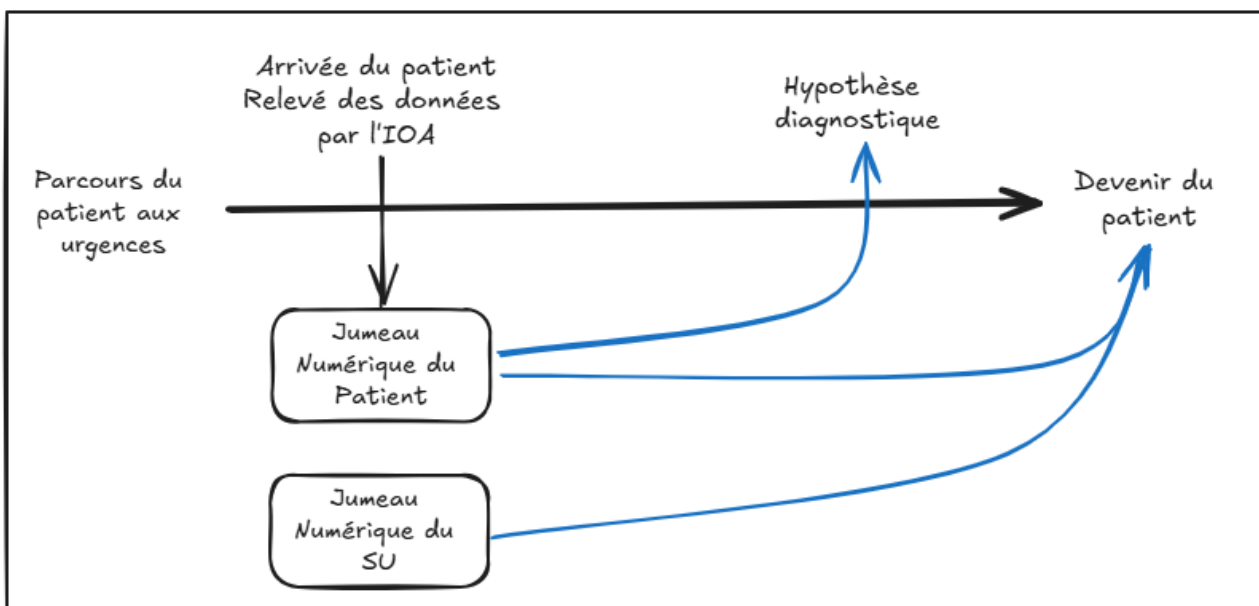


Figure 2 – JN pour la prédiction du devenir du patient. JN : Jumeau Numérique, IOA : Infirmier Organisateur de l'Accueil, SU : Service d'Urgence

Les données non-médicales du patient (e.g., mode d'arrivée, mode d'attente, heure d'arrivée, heure de triage, heure de premier contact médical, heure de l'imagerie, heures de déplacement du patient, etc.), les traçabilités des soins par les paramédicaux, etc. permettent de modéliser le flux des patients en intégrant le nombre de soignants, de médecins en prenant en compte leurs caractéristiques propres (e.g., ancienneté, répartition, etc.). Une fois ce flux modélisé, il est tout à fait possible de simuler des changements organisationnels du SU et évaluer l'impact sur le flux. C'est le cas du modèle 3P-U (Prédiction du Parcours Patient aux Urgences) qui donne une probabilité d'hospitalisation individuelle et permet d'avoir une vue globale des besoins en lits[2].

2.2 Optimiser les organisations

Le JN d'un SU permet de modéliser son fonctionnement (i.e., les infirmiers, les médecins, les locaux, les déplacements, les temps moyens de chaque processus : attente, bilan biologique, imagerie, déplacement, ...). Un tel JN permet de modéliser un SU numériquement. Cela permet soit de

trouver l'organisation optimale (*i.e.*, on laisse l'ordinateur trouver les paramètres correspondant aux meilleures performances), soit de tester plusieurs organisations cibles sans multiplier les essais réels (Figure 3).

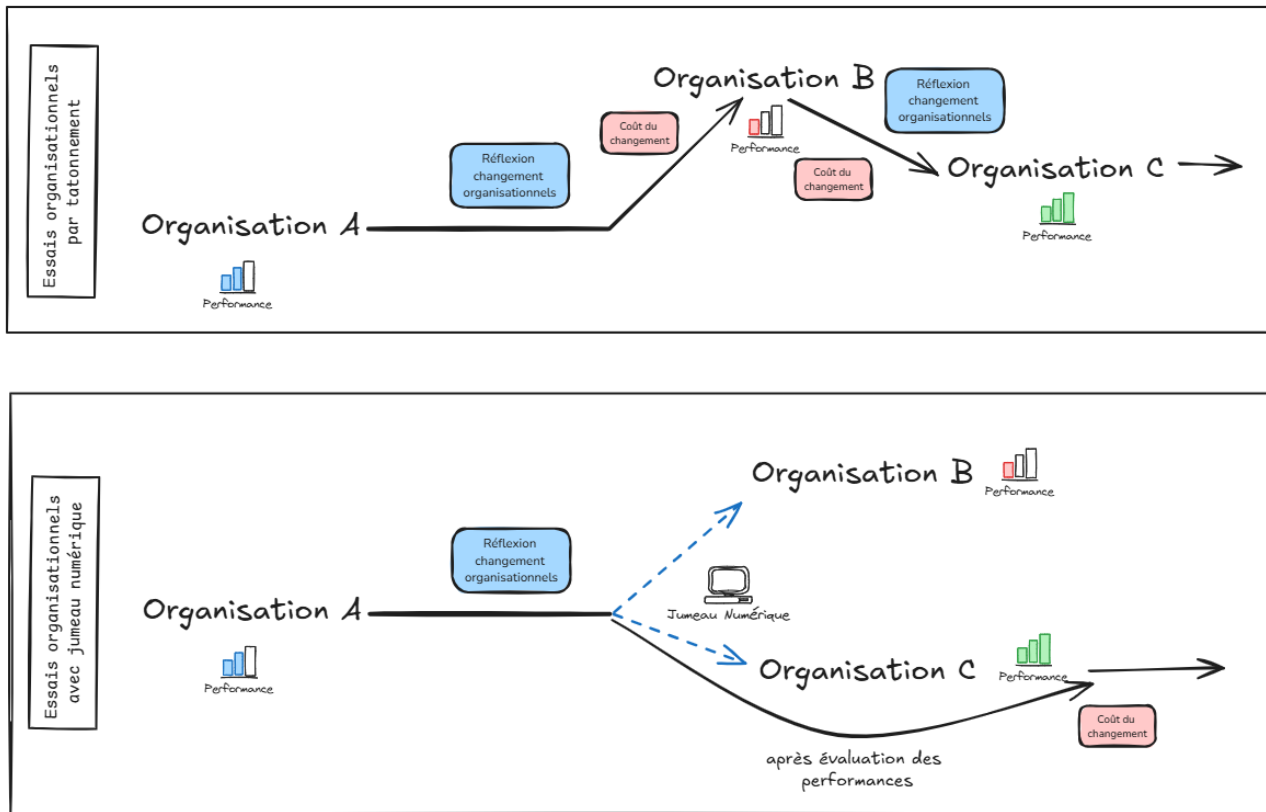


Figure 3 – Utilisation du JN pour les changements organisationnels. JN : Jumeau Numérique

La modélisation virtuelle de l'architecture d'un SU permet d'imaginer et de tester plusieurs scénarios organisationnels et de disposition de matériels : le SU du CHU de Saint-Étienne a reproduit son service en réalité virtuelle[3].

2.3 Formation des jeunes médecins

Le JN en réalité virtuelle d'une salle d'accueil des urgences vitales permet aux jeunes médecins de se former dans un environnement quasi-réel sans faire prendre de risque à un patient (Figure 4) comme cela a été réalisé au CHU de Saint-Étienne[3].

Dans le cadre de la régulation médicale, SimuPhone[®] d'AnthroPi a construit un JN des appelants et permet de former les Assistant de Régulation Médicale (ARM) et les jeunes régulateurs de manière extrêmement proche du réel sans être confronté à de vrais patients.

Dans le cadre des Situations Sanitaires Exceptionnelles (SSEs), le JN de situations déjà vécues permettraient aux jeunes médecins de se former ce pan de la Médecine d'Urgence (MU) difficile à appréhender, tant en intra-hospitalier (*e.g.*, simulation d'afflux massifs de patients dans un temps

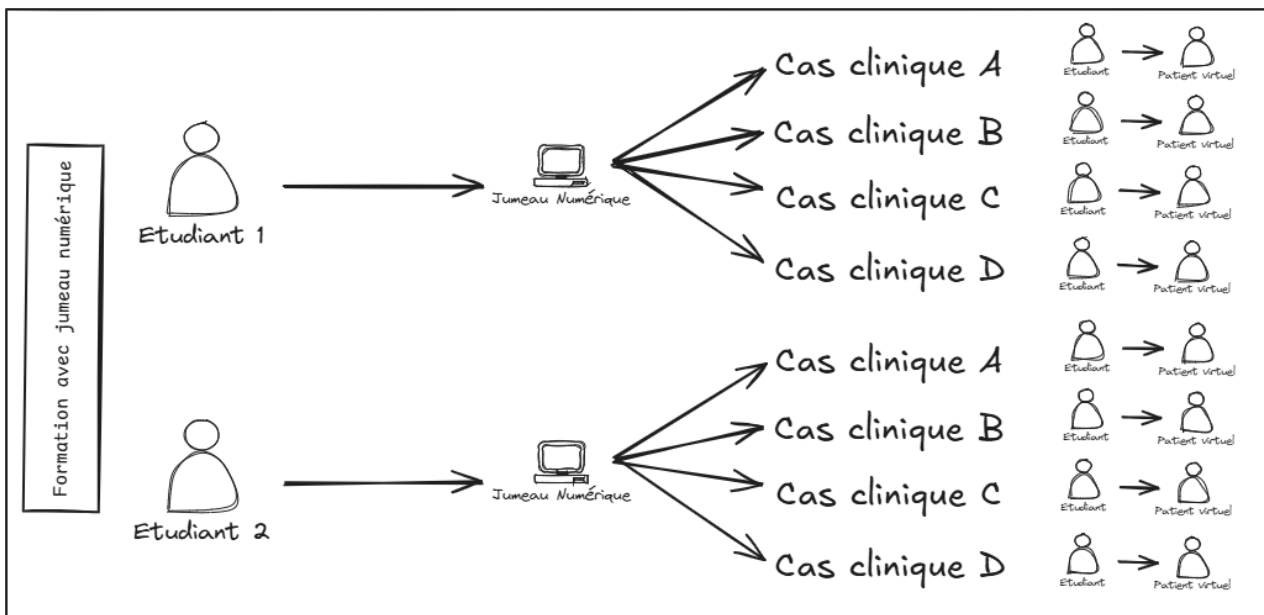


Figure 4 – Utilisation du JN dans la formation. JN : Jumeau Numérique

court comme lors d'un évènement climatique soudain) qu'en extra-hospitalier (e.g. une tribune de stade rempli de spectateurs qui s'effondre).

3 Autres initiatives

Quelques initiatives françaises visent à développer les JN en santé, mais hors MU en France :

Concept de soin mutualisé Un consortium de sept Instituts Hospitalo-Universitaires (IHUs), du CHU de Nantes, de Dassault System, de l'Institut Nationale de Recherche en Informatique Appliquée (INRIA) et d'autres partenaires ont formé le projet MediTwin qui vise à créer des JN médicaux : "Le projet MEDITWIN proposera des jumeaux virtuels personnalisés des organes, du métabolisme, des tumeurs cancéreuses, pour mieux diagnostiquer et mieux soigner. Avec MEDITWIN les médecins pourront en particulier simuler les scénarios futurs pour un patient." [4],

Concept du patient numérique "avatar" L'Hôpital Américain veut créer un JN de chaque patient : "à visée préventive grâce à des scores calculant le risque de développer telle ou telle maladie en fonction des données de santé des personnes [...] croisées avec les informations issues de la littérature médicale et scientifique." [5]

De plus en plus d'études sont publiées sur les JN avec une part croissante en santé (64 études en 2022, 81 en 2023)[6]. En revanche, aucune publication scientifique en MU n'est indexée ni dans PubMed¹ ni dans les Annales Françaises de Médecine d'Urgence (AMFU)².

1. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=%22Emergency+Medicine%22%5BMesh%5D+and+digital+twin>

2. https://www.jle.com/fr/recherche/recherche.phtml?code_revue=fmu&texte=jumeau

4 Conclusion

Les JN sont en plein développement et prometteurs pour l'anticipation et l'amélioration des organisations. Ils restent néanmoins difficiles à développer car la modélisation des comportements humains est complexe, peu déterministe et personne-dépendante.

Acronymes

AMFU Annales Françaises de Médecine d'Urgence. 7

ARM Assistant de Régulation Médicale. 6

IHU Instituts Hospitalo-Universitaires. 7

INRIA Institut Nationale de Recherche en Informatique Appliquée. 7

IOA Infirmier Organisateur de l'Accueil. 5

JN Jumeau Numérique. 3, 5–8

MU Médecine d'Urgence. 6, 7

SSE Situation Sanitaire Exceptionnelle. 6

SU Service d'Urgence. 5, 6

Références

- [1] *Digital Twin Consortium*. en-US. 2024. url : <https://www.digitaltwinconsortium.org/> (visité le 18/07/2024).
- [2] Emilien Arnaud *et al.* « Use of artificial intelligence to manage patient flow in emergency department during the COVID-19 pandemic : a prospective, single-center Study ». en. In : *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19.15 (août 2022), p. 9667. issn : 1660-4601. doi : [10.3390/ijerph19159667](https://doi.org/10.3390/ijerph19159667).
- [3] « A Saint-Etienne, une salle d'hôpital numérique pour former des étudiants ». fr. In : *Le Monde.fr* (sept. 2019). url : https://www.lemonde.fr/campus/article/2019/09/17/a-saint-etienne-une-salle-d-hopital-numerique-pour-former-des-etudiants_5511300_4401467.html (visité le 18/07/2024).
- [4] *MEDITWIN réunit l'excellence des sciences et des technologies françaises autour du jumeau virtuel pour le futur du soin médical*. fr. Déc. 2023. url : <https://www.institutimagine.org/fr/meditwin-reunit-lexcellence-des-sciences-et-des-technologies-francaises-autour-du-jumeau-virtuel> (visité le 18/07/2024).

- [5] Usine Digitale. « L'Hôpital Américain de Paris veut créer un jumeau numérique pour chacun de ses patients ». fr. In : (juin 2024). Publisher : www.usine-digitale.fr. url : <https://www.usine-digitale.fr/article/l-hopital-americaain-de-paris-veut-creeer-un-jumeau-numerique-pour-chacun-de-ses-patients.N2215125> (visité le 30/07/2024).
- [6] Evangelia Katsoulakis *et al.* « Digital twins for health : a scoping review ». en. In : *npj Digital Medicine* 7.1 (mars 2024). Publisher : Nature Publishing Group, p. 1-11. issn : 2398-6352. doi : [10.1038/s41746-024-01073-0](https://doi.org/10.1038/s41746-024-01073-0). url : <https://www.nature.com/articles/s41746-024-01073-0> (visité le 30/07/2024).