

# **Le jumeau numérique : prochaine révolution en Santé ?**

## **Une brève revue des voies qui s'ouvrent : des « cousins »... aux ... « vrais jumeaux » numériques**

**Professeur ém. Serge Uzan**

Conseiller Santé auprès de la Présidence de Sorbonne Université

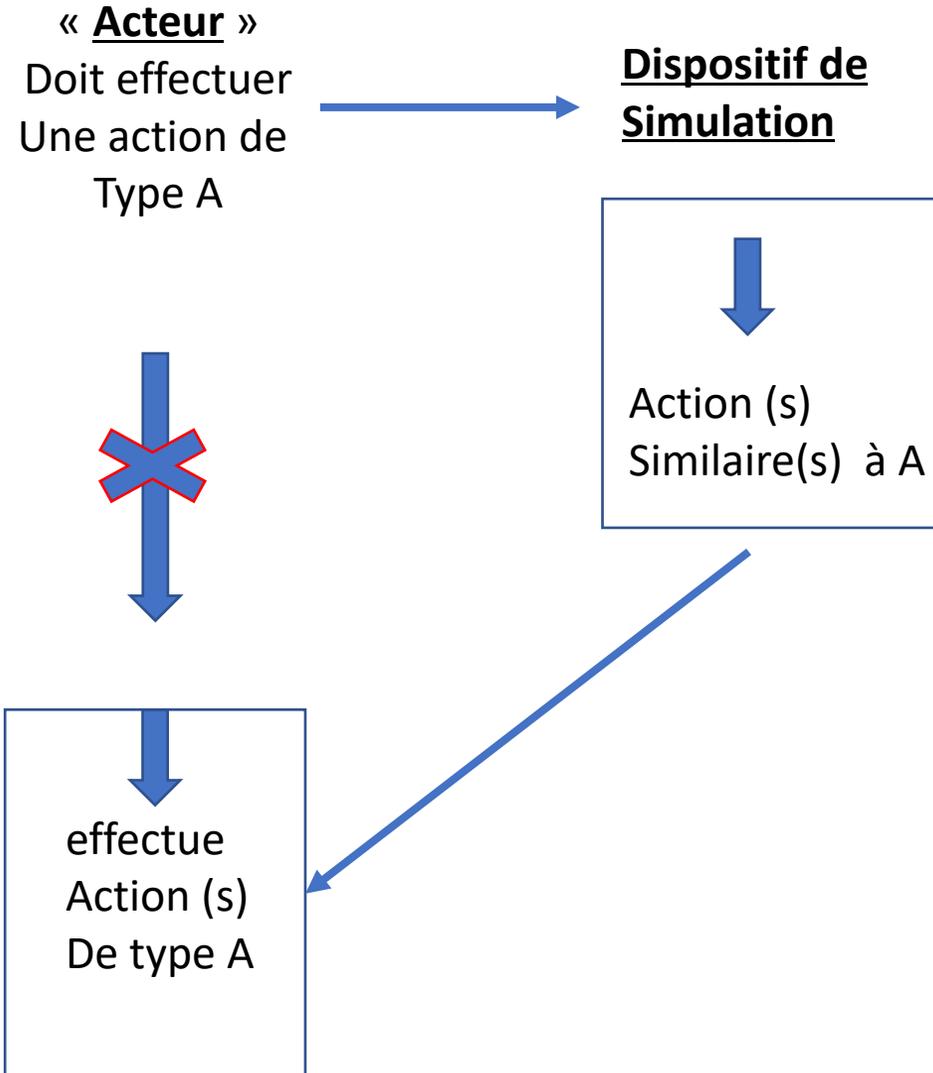
Chargé de Mission et Représentant de l'Ordre des Médecins au Conseil National de la Certification

Président du COS de l'Institut Universitaire de Cancérologie AP-HP Sorbonne Université

Faculté de Médecine Campus Pitié-Salpêtrière

91 Bd de l'Hôpital, 75013 PARIS - Bureau 234 - Tel 01.40.77.99.43

**La simulation conventionnelle ou le concept**  
**« jamais la première fois sur un patient »**



**La Simulation lui permet**  
**De « s'entraîner » à réaliser la**  
**ou les actions éventuellement**  
**Combinées en action(s) complexes**

## Le Principe du jumeau numérique

Un Objet « cible » va faire l'objet d'une analyse très fine et idéalement exhaustive de ses caractéristiques et de ses réactions

1

Elaboration d'un « objet jumeau »  
Avec un maximum de similitudes  
Idéalement une copie parfaite

*Avant de déclencher une action sur un objet cible ,  
On va la tester sur le jumeau  
En fonction d'un objectif défini*

Action

2

On va Observer la réponse du jumeau  
à différentes « simulations d'actions »  
et optimiser la réponse  
pour parvenir à une...

Puis répéter la procédure  
au fur et à mesure de la modification  
de l'objet cible

Réponse Optimale

Idéalement répéter en continu  
et rectification « au fil de l'eau » de l'action sur l'objet

**Cela « conduirait » à une Médecine de précision « individuelle » et adaptative en temps réel**

**A partir de ce modèle on peut (liste non exhaustive) :**

**Elaborer des Formation des acteurs à des situations élaborées ou historiquement observées**

**(cf revues morbi-mortalité) cf Projet Sorbonne-Université**

**A une Recherche :**

- **de réponses**
- **de conformations optimales**
- **de réponses « innovantes »**
- **d'acteurs « innovants »**

**Etude de contextes et d'impacts économiques sociologique etc. . Etc.**

**« in fine » tendre vers une utilisation en temps réel  
pour la gestion des situations de crise (certains logiciels existent déjà)**

**Le premier stade : des modélisations assez simples  
mais avec des limites que l'on peut repousser**

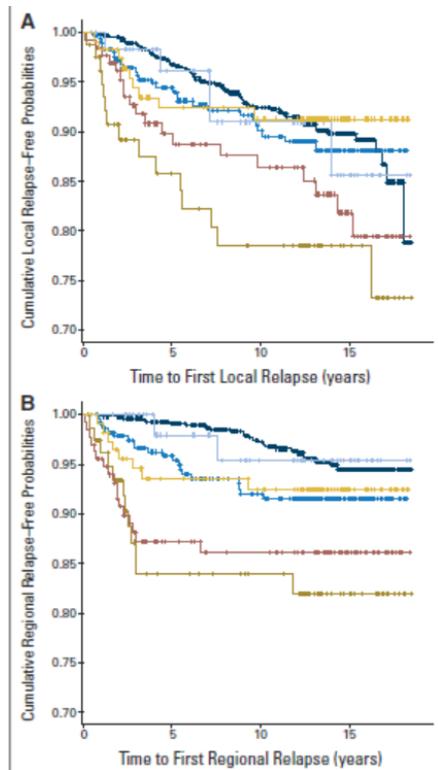
**MRI-based digital models forecast patient-specific  
treatment responses to neoadjuvant  
chemotherapy in triple-negative breast cancer  
(2 VS 4 NAST)**

Chengyue Wu, et al Cancer Res . 2022 Sep 16;82(18):3394

**Breast Cancer Subtypes and the Risk of Local and Regional Relapse**

*K. David Voduc, Maggie C.U. Cheang, Scott Tyldesley, Karen Gelmon, Torsten O. Nielsen, and Hagen Kennecke*

- Subtype
- Luminal A
- Luminal B
- Luminal-HER2
- HER2 enriched
- Basal-like
- TNP-nonbasal



**SPECIAL ARTICLE**

**ESMO Clinical Practice Guideline for the diagnosis, staging and treatment of patients with metastatic breast cancer**

A. Gennari<sup>1</sup>, F. André<sup>2</sup>, C. H. Barrios<sup>3</sup>, J. Cortés<sup>4,5,6,7</sup>, E. de Azambuja<sup>8</sup>, A. DeMichele<sup>9</sup>, R. Dent<sup>10</sup>, D. Fenlon<sup>11</sup>, J. Gligorov<sup>12</sup>, S. A. Hurvitz<sup>13,14</sup>, S.-A. Im<sup>15</sup>, D. Krug<sup>16</sup>, W. G. Kunz<sup>17</sup>, S. Loi<sup>18</sup>, F. Penault-Llorca<sup>19</sup>, J. Ricke<sup>2,17</sup>, M. Robson<sup>20</sup>, H. S. Rugo<sup>21</sup>, C. Saura<sup>22</sup>, P. Schmid<sup>23</sup>, C. F. Singer<sup>24</sup>, T. Spanic<sup>25</sup>, S. M. Tolane<sup>26</sup>, N. C. Turner<sup>27</sup>, G. Curigliano<sup>28</sup>, S. Loibl<sup>29</sup>, S. Paluch-Shimon<sup>30</sup> & N. Harbeck<sup>31</sup>, on behalf of the ESMO Guidelines Committee\*

A. Gennari et al.

Annals of Oncology

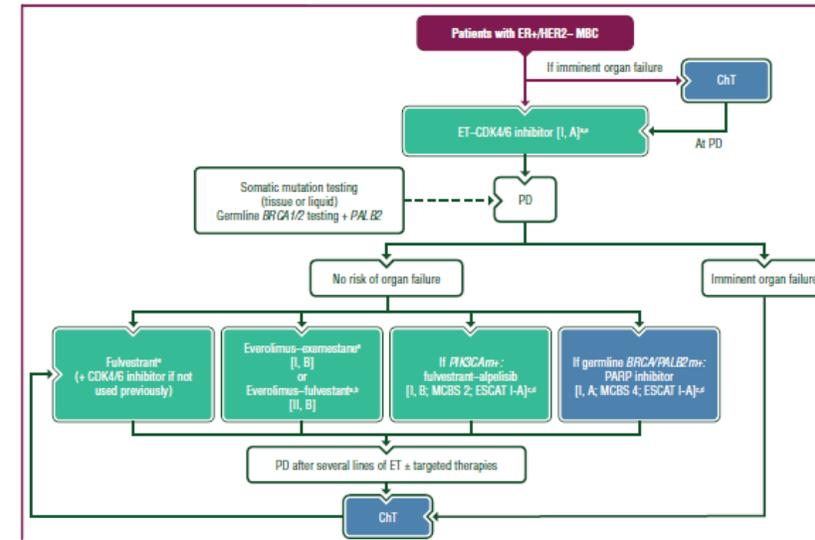
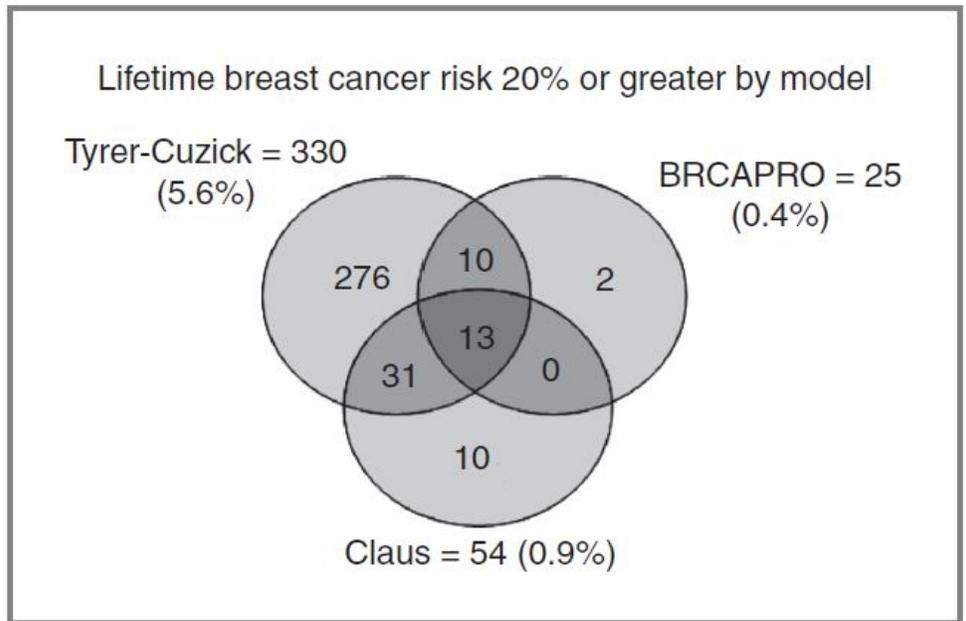


Figure 2. Treatment of ER-positive/HER2-negative MBC. Purple: general categories or stratification; turquoise: combination of treatments or other systemic treatments; white: other aspects of management; blue: systemic anticancer therapy.

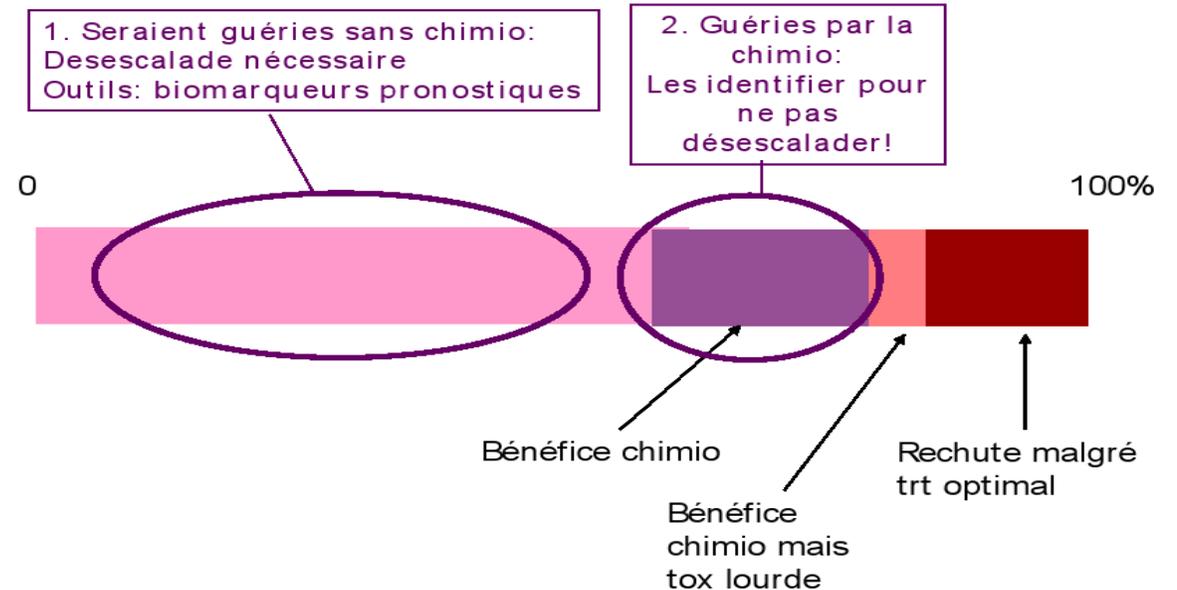
# Mais parfois la modélisation est remise en cause par ... la "complexité du réel" !

Fig1. Number of women with a lifetime risk of breast cancer estimated to be greater than 20% by each of the 3 risk models.



Mais à l'échelon individuel???

Ex: Sur 100 femmes ayant reçu chimio adjuvante

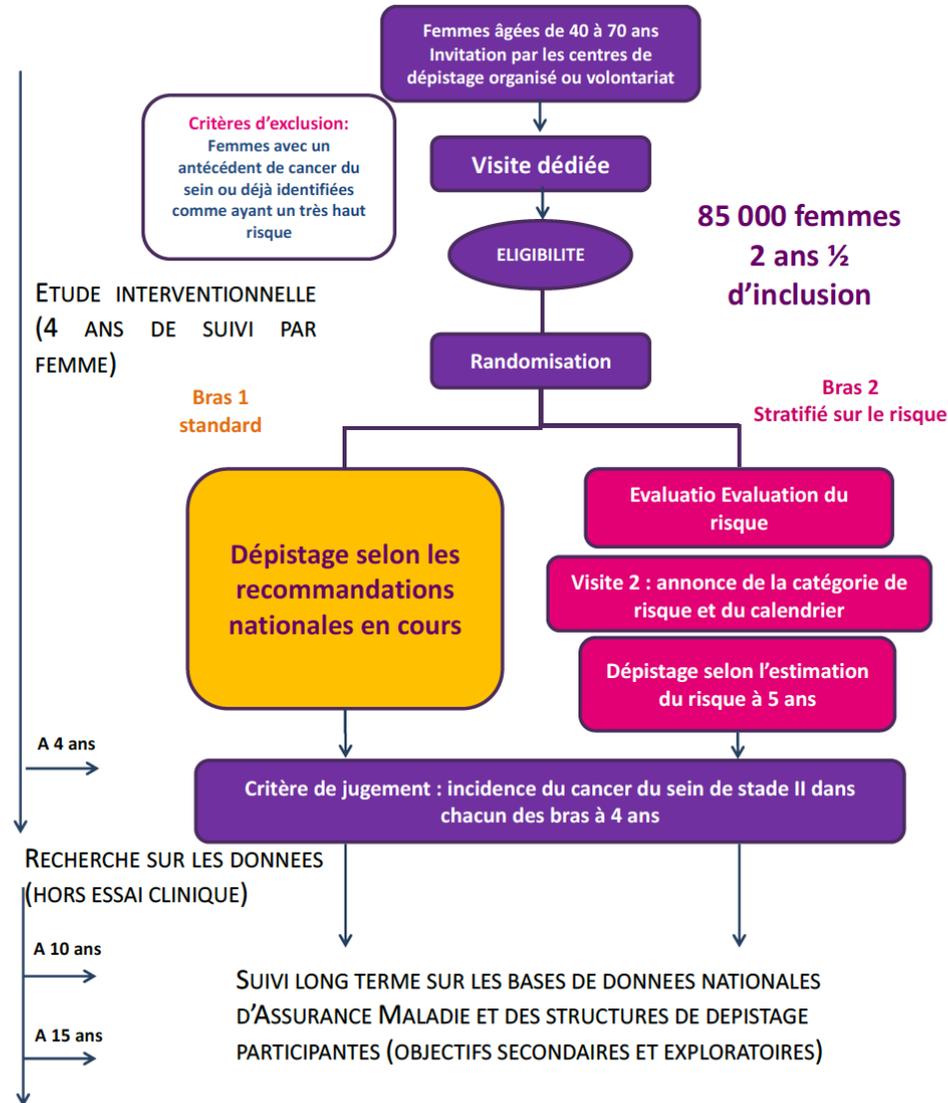


Which Risk Model to Use? Clinical Implications of the ACS MRI Screening Guidelines, Elissa M. Ozanne et al., Cancer Epidemiol Biomarkers Prev; 22(1) January 2013

D'où le concept de désescalade

**H) CALENDRIER/PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE**

**On peut également  
Mieux modéliser  
le calcul du risque**



# L'intelligence artificielle est également une étape : pourrait-elle intervenir dans l'aide au diagnostic des cancers du sein ? :L'exemple de HER2

Ingrid Garberis<sup>1,2,\*</sup>, Fabrice Andre<sup>1,2,3</sup>, Magali Lacroix-Triki<sup>1,4</sup>

...l'apparition d'une nouvelle catégorie dite « HER2-faible »

pourrait poser quant à elle des problèmes d'interprétation et de reproductibilité.

Nous avons décrit ici les méthodes ...de **Machine Learning** (ML) pour améliorer ces déterminations,

Mais +++

au delà d'une certaine période d'utilisation,

l'algorithme initial qui était garanti par le concepteur

devient « une boîte noire »

dés lors quelle garantie pour les patients ?? Cf Lois de bioéthique

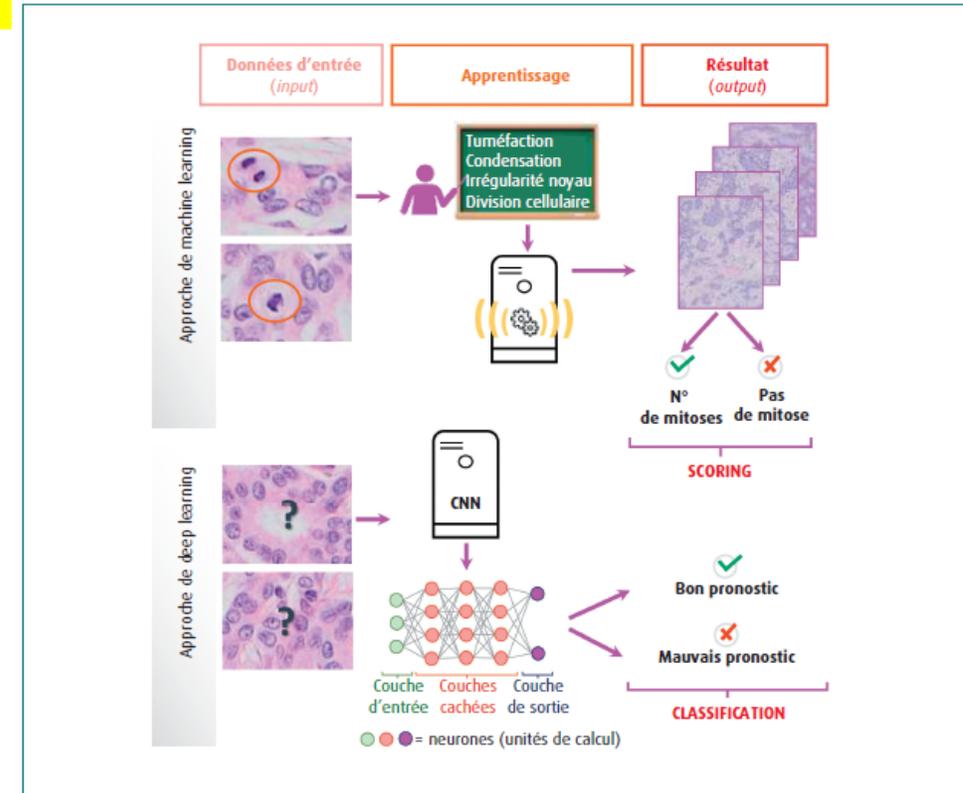


FIGURE 3. Différentes méthodologies d'IA applicables à la pathologie numérique. Dans l'approche de ML, l'algorithme apprend à reconnaître des traits, qu'il utilise ensuite pour scorer de nouvelles images. Dans l'approche de DL, les caractéristiques des images sont retrouvées directement par l'algorithme, sans intervention humaine, pour répondre à la tâche assignée. CNN : réseau de neurones convolutifs

**La réalité virtuelle peut également aider à analyser des documents diagnostics**

## **Breast Magnetic Resonance Image Analysis for Surgeons Using **Virtual Reality**: A Comparative Study**

Mohamed El Beheiry, et al JCO Clin Cancer Inform 2021 Oct;5:1127

**CONCLUSION** This study indicates that the VR visualization of medical images systematically improves surgeons' analysis of preoperative breast MRI scans across several different metrics irrespective of surgeon seniority.





## Mais abordons à présent le concept de « jumeau numérique »

Un jumeau numérique est un modèle virtuel conçu pour refléter avec précision un objet physique et aussi et surtout ses "réactions" ce qui constitue une étape essentielle mais très complexe.

L'objet étudié, est équipé de divers capteurs.

Une fois informé de ces données, le modèle virtuel peut être utilisé pour exécuter des simulations, étudier les problèmes de performances et générer des améliorations possibles.

Si le flux de données est suffisant on se rapproche progressivement de l'adaptation en temps réel aux situations rencontrées.

De plus les réponses vont utiliser des situations similaires antérieures pour améliorer la réponse par le « machine / deep learning » ...avec son risque de boîte noire .

En fait, on peut dire à juste titre que la NASA a été la pionnière de l'utilisation de la technologie des jumeaux numériques lors de ses missions d'exploration spatiale des années 60, lorsque chaque vaisseau spatial exploité et chaque équipage était reproduit au détail près dans une version terrestre. Cela lui sera particulièrement utile en 1970 pour la mission Apollo 13 : déposer un équipage sur la lune

le 14 avril 1970, à plus de 300 000 kilomètres de la Terre), Swigert déclenche un dispositif d'alimentation en oxygène.

16 secondes plus tard, l'équipage entend une explosion sourde

Les astronautes l'ignorent, mais un court-circuit a fait exploser un réservoir essentiel de l'engin spatial.

C'est à ce moment que Swigert prononce très calmement ces mots devenus célèbres :

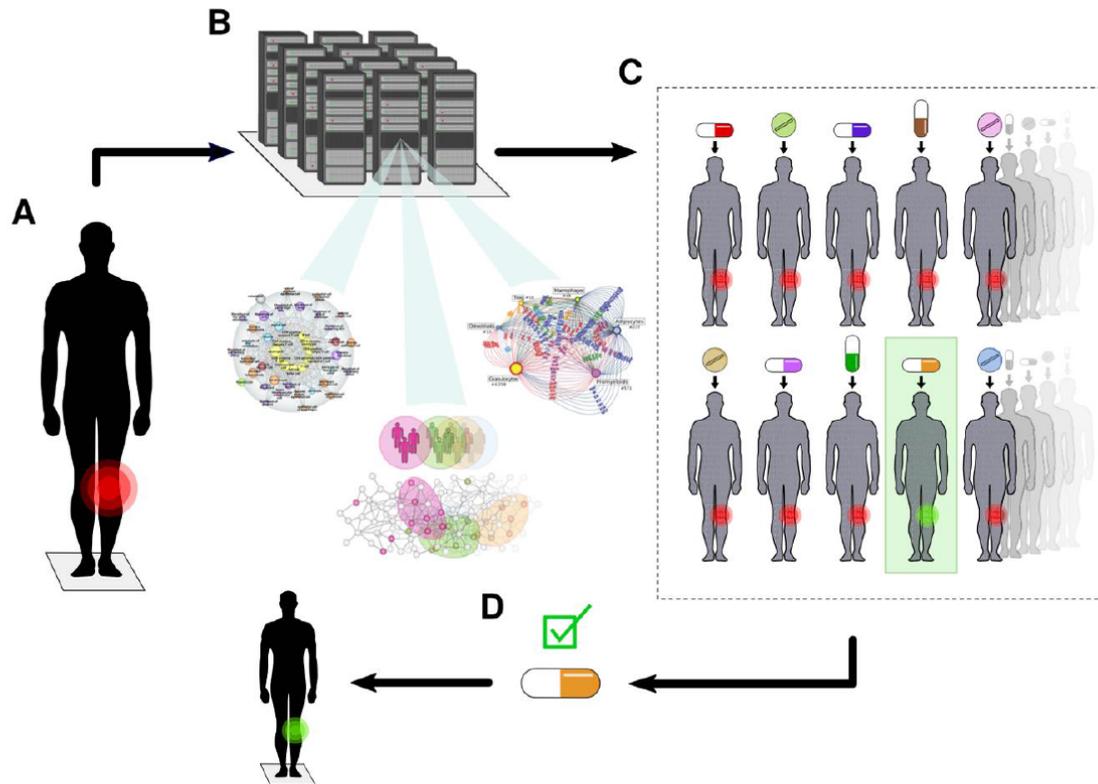
« *Houston I believe we have had a problem* »

Grâce à l'équipage « jumeau » et à la capsule « jumelle » une réparation (un véritable mélange de bricolage et de lego) est imaginé sur terre et sera reproduit dans la capsule

. Cette réparation imaginée en « live » permet à l'équipage de revenir sain et sauf ! .



Jumeau numérique et traitement personnalisé (reproduit de Björnsson et al. : Digital twins to personalize medicine. *Genome Medicine* 2019 Dec 31;12(1):4.



**Fig. 1** The digital twin concept for personalized medicine. **a** An individual patient has a local sign of disease (red). **b** A digital twin of this patient is constructed in unlimited copies, based on computational network models of thousands of disease-relevant variables. **c** Each twin is computationally treated with one or more of the thousands of drugs. This results in digital cure of one patient (green). **d** The drug that has the best effect on the digital twin is selected for treatment of the patient

Björnsson et al. *Genome Medicine* (2020) 12:4  
<https://doi.org/10.1186/s13073-019-0701-3>

Genome Medicine

COMMENT

Open Access

## Digital twins to personalize medicine



Bergthor Björnsson<sup>1</sup>, Carl Borrebaeck<sup>2</sup>, Nils Elander<sup>3</sup>, Thomas Gasslander<sup>1</sup>, Danuta R. Gawel<sup>4</sup>, Mika Gustafsson<sup>5</sup>, Rebecka Jörnsten<sup>6</sup>, Eun Jung Lee<sup>4,7</sup>, Xinxiu Li<sup>4</sup>, Sandra Lilja<sup>4</sup>, David Martínez-Enguita<sup>5</sup>, Andreas Matussek<sup>8,9</sup>, Per Sandström<sup>1</sup>, Samuel Schäfer<sup>4</sup>, Margaretha Stenmarker<sup>10,11</sup>, X. F. Sun<sup>3</sup>, Oleg Sysoev<sup>12</sup>, Huan Zhang<sup>4</sup>, Mikael Benson<sup>4,13,14\*</sup> and on behalf of the Swedish Digital Twin Consortium

### Abstract

Personalized medicine requires the integration and processing of vast amounts of data. Here, we propose a solution to this challenge that is based on constructing Digital Twins. These are high-resolution models of individual patients that are computationally treated with thousands of drugs to find the drug that is optimal for the patient.

**Mais Plusieurs programmes spécifiques à des organes sont actuellement développés ,notamment :**

**SimCardioTest** , regroupant **six pays est financé par l'union Européenne**,c' est un jumeau du cœur du patient.

**Optimeyes** (optimo-medical.com) est un jumeau numérique de la **cornée** du patient.

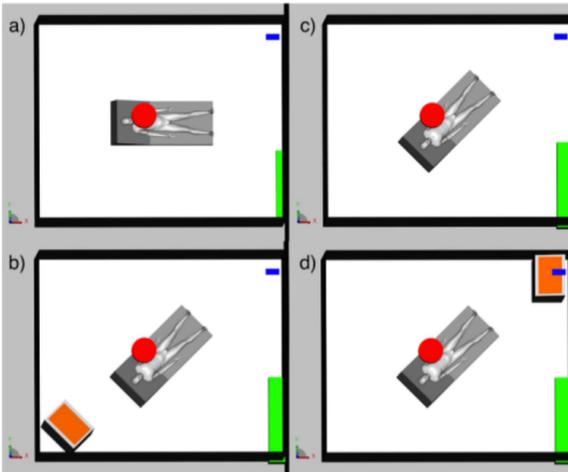
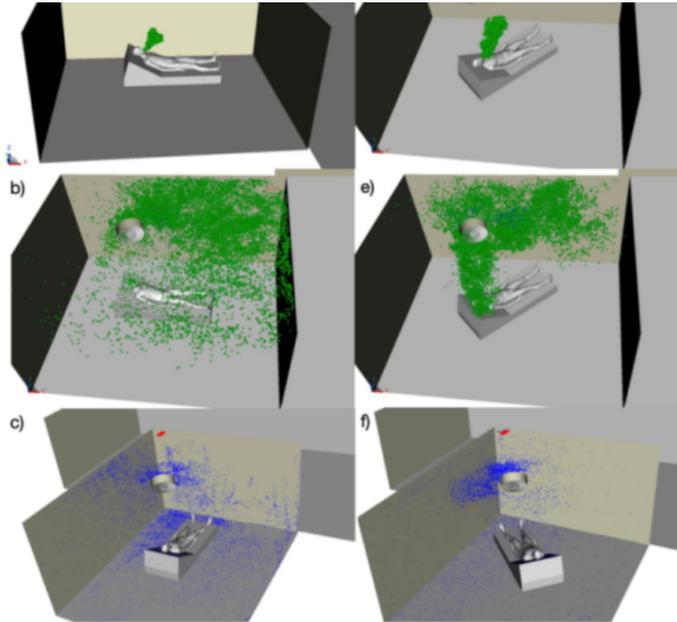
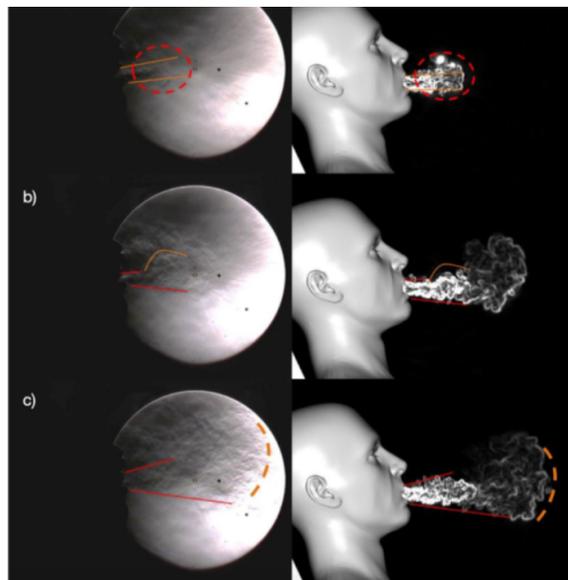
**Predisurge** (predisurge.com), jumeau numérique permettant la création « sur mesure » **d'endoprothèses vasculaires**.

**Digital Orthopaedics** (3dexperienclab.3ds.com) pour une prise en charge optimale en chirurgie orthopédique.

**Projet EPINOV - Dassault Systems** : Un jumeau numérique du **cerveau épileptique** pour l'aide à la stratégie chirurgicale.

**exactcure.com** : La recherche de nouveaux médicaments et leur sécurité d'emploi

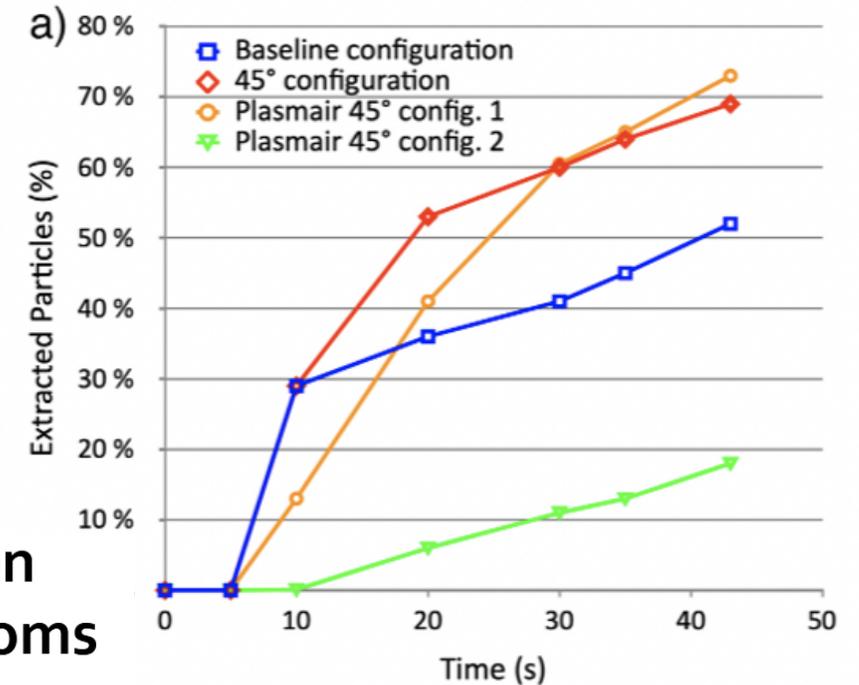
**Jumeau numérique de bâtiment : Institut Universitaire Crises-Attentats (Sorbonne Université)**  
**En collaboration avec Orange-EDF-Mines/telecom**



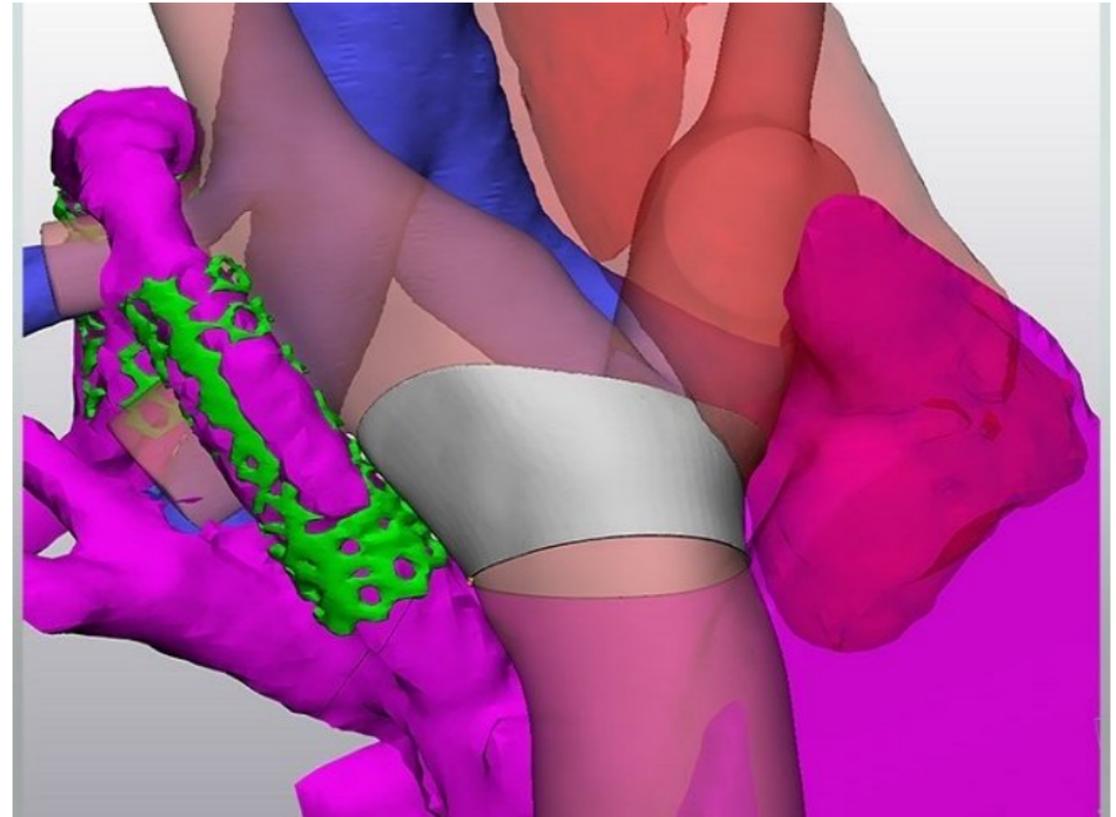
[www.nature.com/scientificreports](http://www.nature.com/scientificreports)

## Modeling of aerosol transmission of airborne pathogens in ICU rooms of COVID-19 patients with acute respiratory failure

Cyril Crawford<sup>1,2,7</sup>, Emmanuel Vanoli<sup>3,7</sup>, Baptiste Decorde<sup>4</sup>, Maxime Lancelot<sup>1</sup>, Camille Duprat<sup>4</sup>, Christophe Josserand<sup>4</sup>, Jonathan Jilesen<sup>3</sup>, Lila Bouadma<sup>5,6</sup> & Jean-François Timsit<sup>5,6</sup>



**“We are able to create patient-specific models from the segmentation of actual 3D images, either from CT scans or MRIs.” Dr. David Hoganson, Boston Children’s Hospital**  
**Choix de la voie d'abord et entraînement à l'intervention**



*A 3D cardiovascular reconstruction (Image © Boston Children’s Hospital)*

# Enrichissement des essais cliniques par simulations numériques

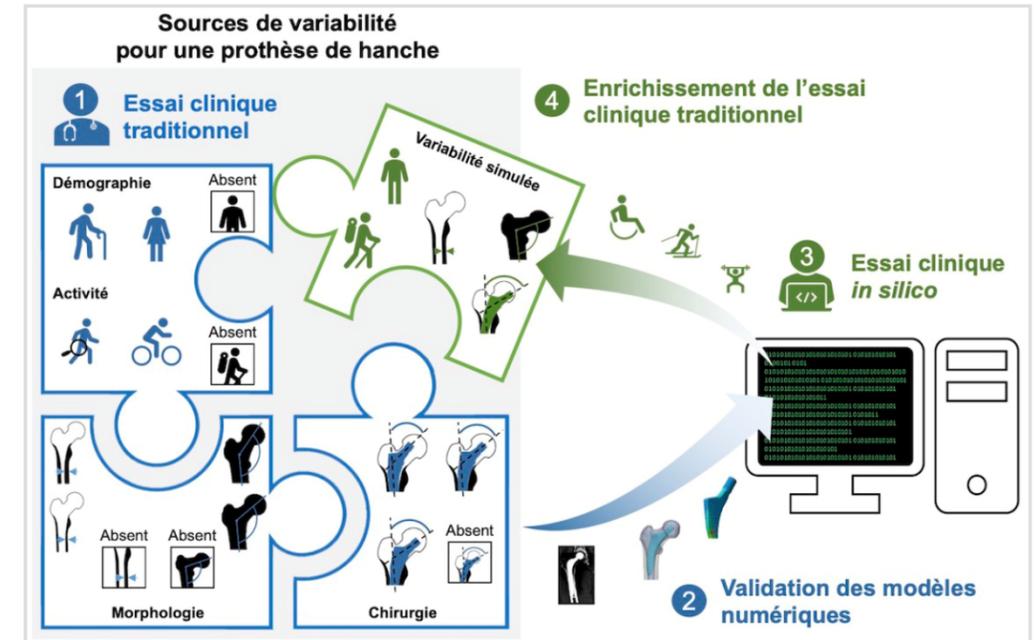
## L'exemple des prothèses orthopédiques<sup>1</sup>

### Enriching in vivo clinical trials with in silico models for orthopedic implants

Ghislain Maquer<sup>1\*</sup> et  Philippe Favre<sup>2\*</sup>

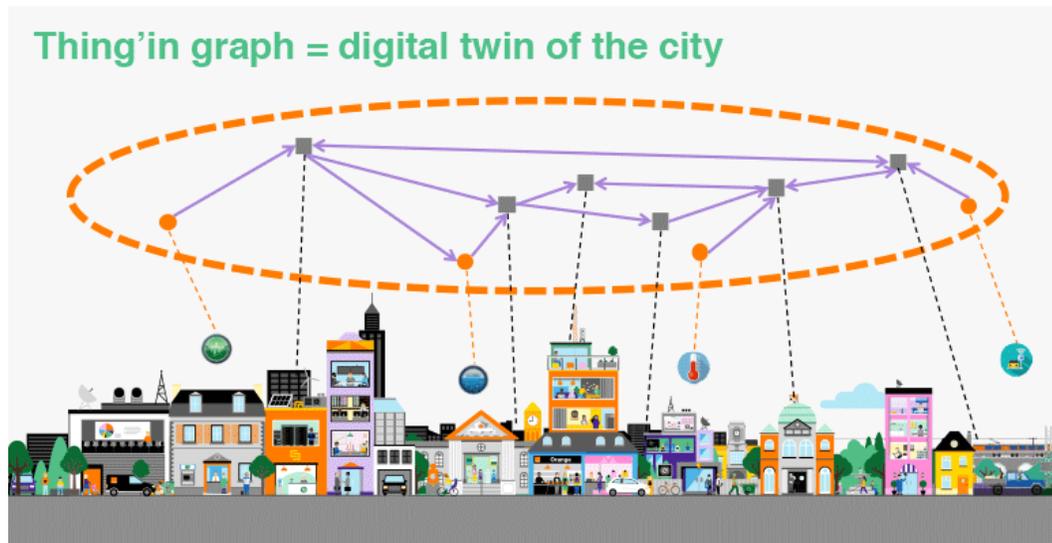
© 2022 médecine/sciences – Inserm

Les fabricants de dispositifs médicaux doivent démontrer, bien souvent au moyen d'essais cliniques, la sécurité, la performance et les avantages cliniques de leurs produits. Pour pallier les limitations des essais cliniques traditionnels, tout en satisfaisant des exigences réglementaires devenues plus strictes, des données supplémentaires peuvent être acquises par le biais de simulations informatiques. Dans cette revue, l'utilisation de la simulation sera mise en perspective afin d'expliquer comment, à partir de l'exemple de l'industrie des prothèses orthopédiques, il est désormais techniquement possible de modéliser des populations virtuelles de patients. Nous décrivons ainsi les multiples avantages de cette approche de recherche translationnelle, ainsi que les défis qui restent à relever.



Une ville entière peut être reconstituée sous forme de jumeau numérique dans le cadre des « cités connectées » (smart cities). C'est le cas de la cité-état de Singapour et qui permet de simuler un nombre quasi sans-limites de situations : architecture des bâtiments, routes et rues, consommation d'eau et d'énergie, transports en commun, espaces verts...

à partir d'objets connectés (**internet des objets**) mais aussi conséquences d'accidents ou de catastrophes, mouvements de foule et bien d'autres choses encore. En France, plusieurs métropoles ont engagé cette réflexion (3DExperienCity – Dassault System).



# Notre expérience à Sorbonne Université (Site Pitié-Salpêtrière)

→ Expertise en formation médicale par simulation

→ Expérience crises graves ++

Depuis attentats 2015,

→ 6 ans d'expérience et de collaboration avec le



→ Publications de niveau international sur crises

**The Lancet - 2017 : *The French emergency medical services after the Paris and Nice terrorist attacks: what have we learnt?***

**Intensive Care Medicine - 2019 : *Analysis of the medical response to Nov. 2015 Paris terrorist attacks***

**Journal Trauma Acute Care Surg - 2020 : *Blood product needs and transfusion timelines for the multisite massive Paris 2015 terrorist attack : A retrospective analysis.***

**European Journal of Emergency Medicine - 2021 : *Assessment of the Mass Casualty Triage during the Nov. 2015 Paris Area Terrorist Attacks: Towards a Simple Triage Rule***

# Première étape : un DPC basé sur la simulation et l'analyse de cas Pr Raux Dr Langlois Dr Borel

Témoignage de Jérôme, médecin  
primo-intervenant, Nice, le 14  
juillet 2016

«Devant l'ampleur du drame, j'ai commencé par faire  
exactement le contraire de ce que j'avais prévu.

Au lieu d'évaluer la gravité des patients dans un rapide  
survol, je me suis arrêté à la première victime.

## Bases de la médecine tactique au service des forces d'intervention

Pr Mathieu Raux • Dr Matthieu Langlois  
SSPI, département d'anesthésie-réanimation  
Hôpital Pitié-Salpêtrière



**MÉDECINS/INFIRMIERS**

Programme DPC  
médecins/infirmiers:  
n° 14861800051 (module 1)

LES AMBASSADEURS DU PROJET



Général Georgelin  
Ancien chef d'État-Major des Armées



Frédéric Salat-Baroux  
Ancien Secrétaire Général  
de la Présidence de la République

En tant qu'ancien Chef d'État-Major des Armées, j'applaudis des deux mains ce projet de création du Centre attentats qui nous permettra d'être encore plus performants dans la gestion des situations de crises qu'affronte notre pays.

La création du Centre Simulation Attentats est une initiative essentielle pour doter la France d'un instrument nouveau, innovant et performant, pour nous permettre de faire face aux situations de crise dont nous savons, hélas, qu'elles peuvent advenir à tout moment.

Le Secrétaire Général : Pr S. UZAN

Pr Bruno RIOU, Doyen

La Directrice Générale Mme C.Welty

Projet en cours : création d'un jumeau numérique  
du bâtiment des urgences et de chirurgie  
Coopération : ApHp Sorbonne Université / Orange  
/Fondation EDF

Pr Mathieu RAUX

Dr Marie BOREL



# En Oncologie : modèle de conception De ce qui est un « quasi jumeau numérique À l'échelle individuelle

Volume 79, Issue 16  
15 August 2019

CONVERGENCE AND TECHNOLOGIES | AUGUST 15 2019

## Toward Personalized Computer Simulation of Breast Cancer Treatment: A Multiscale Pharmacokinetic and Pharmacodynamic Model Informed by Multitype Patient Data

FREE

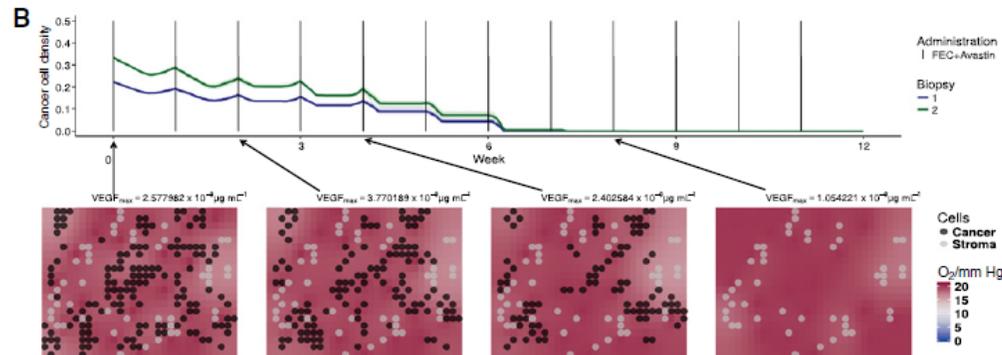
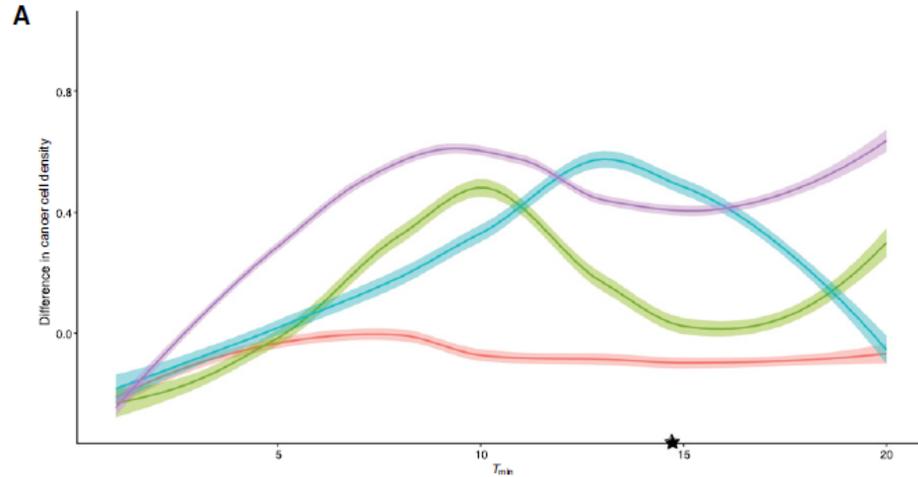
Xiaoran Lai ; Oliver M. Geier; Thomas Fleischer ; Øystein Garred; Elin Borgen; Simon W. Funke ; Surendra Kumar ; Marie E. Rognes ; Therese Seierstad; Anne-Lise Børresen-Dale; Vessela N. Kristensen; Olav Engebraaten; Alvaro Köhn-Luque; Arnoldo Frigessi 

 Check for updates

+ Author & Article Information

Cancer Res (2019) 79 (16): 4293–4304.

<https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-18-1804> [Article history](#) 



**Figure 5.**  
**A,** Effects of different chemotherapy schedules on patient 1 and effect of cell proliferation. **B,** Simulations of an alternative schedule in patient 1. In **A**, each colored dot represents the difference in cancer cell density between start and end of therapy under a specific drug schedule and minimal cell-cycle length.  $T_{min}$  of daughter cells was randomized to introduce variability in cell-cycle duration. Colored lines represent the locally weighted smoothed curve smoothing fitting of the simulations of different cell-cycle length under the same drug schedule. The simulation of patient 1 corresponding to the value  $T_{min} = 14.69$  is labeled with a star. **B,** The temporal dynamics of the alternative drug schedule providing better outcome. Solid lines represent the average cell density ( $n = 10$ ) of the alternative therapy obtained by reducing FEC100 and bevacizumab to a third of its original dose and administering them every week instead of every third week.

Furthermore, using this model, we were able to correctly predict the outcome in another patient after 12 weeks of treatment.

In summary, our model bridges multiple clinical data to shed light on individual treatment outcomes.



**FIGURE 3.** Physical prototype of the lymphometer.

Received February 15, 2021, accepted February 28, 2021, date of publication March 4, 2021, date of current version March 16, 2021.

Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2021.3063786

# Guiding Measurement Protocols of Connected Medical Devices Using Digital Twins: A Statistical Methodology Applied to Detecting and Monitoring Lymphedema

**LOÏC BÉTHENCOURT<sup>1</sup>, WALID DABACHINE<sup>2</sup>, VINCENT DEJOUY<sup>2</sup>, ZAKARIA LALMICHE<sup>2</sup>, KARL NEUBERGER<sup>2</sup>, ISSAM IBNOUHSEIN<sup>2</sup>, SANDRINE CHÉREAU<sup>3</sup>, CAROLE MATHELIN<sup>3</sup>, NICOLAS SAVY<sup>4</sup>, PHILIPPE SAINT PIERRE<sup>4</sup>, AND NICOLAS BOUSQUET<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>LPSM, CNRS, Sorbonne Université, 75005 Paris, France

<sup>2</sup>Quantmetry, 75008 Paris, France

<sup>3</sup>Strasbourg University Hospital, 67100 Strasbourg, France

<sup>4</sup>CNRS, UPS IMT, Institut de Mathématiques de Toulouse, UMR5219, Université de Toulouse, 31062 Toulouse, France

Corresponding author: Nicolas Bousquet (nicolas.bousquet@sorbonne-universite.fr)

# nature medicine

## Digital twins for predictive oncology will be a paradigm shift for precision cancer care

[Tina Hernandez-Boussard](#) , [Paul Macklin](#), [Emily J. Greenspan](#), [Amy L. Gryshuk](#), [Eric Stahlberg](#), [Tanveer](#)

[Syeda-Mahmood](#) & [Ilya Shmulevich](#)

**Nat Med 2021 Dec;27(12):2065.**

In medicine, digital twin models use real-time data to adjust treatment, monitor response, and track lifestyle modifications. Similarly, **cancer patient digital twins (CPDTs)** use emerging computing and biotechnologies to build **in silico individual representations** that dynamically reflect molecular, physiological and lifestyle status across different treatments and time. We propose a CPDT framework with a continuous life cycle for shared decision-making (Figure 1).

## Ethical Issues of Digital Twins for Personalized Health Care Service: Preliminary Mapping Study

Pei-hua Huang<sup>1\*</sup>, PhD; Ki-hun Kim<sup>2\*</sup>, PhD; Maartje Schermer<sup>1</sup>, PhD

<sup>1</sup>Department of Medical Ethics, Philosophy and History of Medicine, Erasmus MC University Medical Center, Rotterdam, Netherlands

<sup>2</sup>Department of Industrial Engineering, Pusan National University, Busan, Republic of Korea

\* these authors contributed equally

# La dimension éthique est capitale +++

Aujourd'hui, aucune réglementation européenne ne vient encadrer ces pratiques, ce qui soulève de sérieuses questions éthiques, notamment sur la confidentialité des données et leur anonymisation. Il y a également la question de la récolte de ces données avec le consentement éclairé du patients, Nous ne savons pas forcément ce que l'on va découvrir, De plus, il s'agit de données de santé, de données personnelles relevant du secret médical.

Les Etats Unis sont eux en pointe avec la FDA (l'Autorité de Santé Américaine) qui encourage clairement les essais in silico et qui a voté une loi pour valider les résultats de recherches obtenus par modélisation .

**Enfin il faut tenir compte de phénomènes explorés par une discipline émergente:  
La science des systèmes complexes (Complexity Science)  
ou la Science des interactions**

## **Complexity Science for Digital Twins**

soumis à Nature Computational science (2022).

**Un système complexe est un ensemble constitué d'un grand nombre d'entités en interaction dont l'intégration permet d'achever un but commun. Les systèmes complexes sont caractérisés par des propriétés émergentes qui n'existent qu'au niveau du système et ne peuvent pas être observées au niveau de ses constituants.**

**À rapprocher de l'intelligence de groupe ou « collective » !**

**Vous pensez que puisque vous comprenez un, vous devez également comprendre deux parce que un et un font deux .. mais vous devez également comprendre en quoi consiste le « et » ..qui peut tout changer !**

**Djalāl ad-Dīn Muḥammad Balkhī 1207-1273**

# Le Concept de jumeau Numérique » parfait et complexe doit rester un « Graal » vers lequel il faut tendre ...mais

Si les données sont indispensables et qu'elles permettent d'aller vers un modèle individuel de simulation

On est encore loin des jumeaux numériques « complexes » qui

Conduiraient à des décisions totalement « dictées par les données (data driven )»

En fait (et à ce jour...)

Nos décisions doivent rester «aidées par les données (data assisted ) » en combinant :

- Des « proposition élaborées par l'IA » à partir des recommandations, de la recherche de cas similaires, du machine Learning mais ..avec son risque de « boîte noire »

DE PLUS elles doivent impérativement passer par le filtre de:

- \* L'intelligence « collective » ( la RCP reste essentielle)
- \* L'intelligence « humaine et émotionnelle » cad

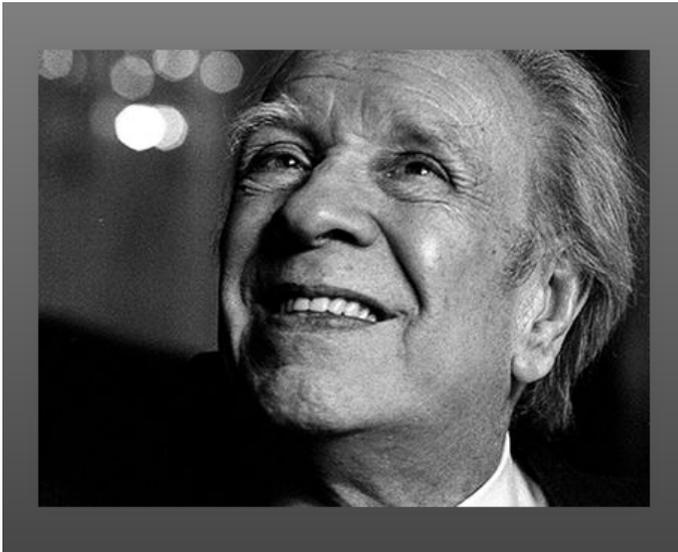
le partage de la décision avec le patient

et la responsabilité du soignant : une conscience face à une confiance »)

## **La conclusion reviendra à Jorge Luis Borges**

"Del rigor en la ciencia" ("De la rigueur/exactitude de la science").

Ce conte fut publié dans l'édition de mars 1946 des « Anales de Buenos Aires »



**« En cet empire, l'Art de la Cartographie fut poussé à une telle Perfection que la Carte d'une seule Province occupait toute une Ville et la Carte de l'Empire toute une Province ....malgré cela le résultat n'était pas satisfaisant !**

**Bref les données ne suffisent pas et le chemin est encore long !**

**Mais le résultat (même imparfait) en vaudra la peine ...Merci de votre écoute**