



La lettre du Collège de France

39 | mars 2015
La Lettre n° 39

De l'imagerie médicale à la médecine computationnelle

Nicholas Ayache



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/lettre-cdf/3051>
DOI : 10.4000/lettre-cdf.3051
ISSN : 2109-9219

Éditeur

Collège de France

Édition imprimée

Date de publication : 1 mars 2015
Pagination : 39
ISSN : 1628-2329

Référence électronique

Nicholas Ayache, « De l'imagerie médicale à la médecine computationnelle », *La lettre du Collège de France* [En ligne], 39 | mars 2015, mis en ligne le 01 août 2015, consulté le 17 août 2022. URL : <http://journals.openedition.org/lettre-cdf/3051> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/lettre-cdf.3051>

Tous droits réservés

Nicholas Ayache

Des images médicales au patient numérique

En 2008, dans sa leçon inaugurale, Gérard Berry nous expliquait *Pourquoi et comment le monde devient numérique*. Il y évoquait déjà l'impact croissant de l'informatique en médecine, notamment à travers les développements les plus récents de l'imagerie.

Aujourd'hui, c'est pour moi un immense honneur d'être invité dans ce lieu prestigieux à la chaire d'Informatique et sciences numériques pour y présenter certaines des recherches les plus avancées en imagerie médicale computationnelle. Ce jeune champ de recherche, à la croisée de l'informatique et de la médecine, conçoit des logiciels d'analyse et de simulation des images médicales qui permettent de construire un modèle numérique du patient pour assister le diagnostic, le pronostic et la pratique thérapeutique.

Pour commencer, revenons quelques siècles en arrière, pour assister à une autre leçon, immortalisée par Rembrandt en 1632, *La Leçon d'anatomie du docteur Tulp*. Ce tableau nous enseigne un principe central en imagerie médicale : il ne suffit pas d'observer l'intérieur du corps humain pour comprendre son organisation et son fonctionnement. La projection de modèles abstraits – géométriques et biophysiques – est nécessaire pour comprendre les images du corps humain et pour passer d'une description de ses structures, l'*anatomie*, à une analyse de ses fonctions, la *physiologie*. Les images du corps humain ont beaucoup évolué depuis 1632. Les images médicales sont aujourd'hui omniprésentes dans la pratique clinique courante et hospitalière. La nature, le nombre et la résolution des images médicales ne cessent de croître grâce aux progrès constants des technologies d'acquisition d'images. Outre les radiographies, quatre grandes modalités d'imagerie sont couramment utilisées à l'hôpital : le scanner (tomodensitométrie par rayons X), l'IRM (imagerie par résonance magnétique), l'échographie (imagerie ultrasonore) et la scintigraphie TEP ou TEMP (médecine nucléaire). Les images produites par ces quatre modalités sont volumiques : elles fournissent en chaque point du corps humain des informations mesurées dans un petit élément de volume appelé *voxel* (*volume element*), l'extension volumique du *pixel* (*picture element*). Les images médicales contiennent beaucoup d'informations.



L'image anatomique d'un organe, voire du corps entier, peut contenir plusieurs centaines de millions de *voxels*, stockés dans d'immenses tableaux de nombres.

Comme si toutes ces images ne suffisaient pas, de grandes bases de données d'images deviennent progressivement accessibles sur la Toile (ce n'est plus celle de Rembrandt, mais celle d'Internet). Ces images sont accompagnées de données anonymisées sur l'histoire du patient et sur sa pathologie, et peuvent être consultées à distance pour conforter un diagnostic ou pour des études statistiques. Face à cette multiplication des images médicales, l'informatique et les sciences numériques sont devenues indispensables pour exploiter de façon rigoureuse et optimale cette surabondance de données complexes, afin d'en extraire l'information cliniquement pertinente. Le cadre méthodologique qui permet d'unifier l'analyse et la simulation des images est celui du patient numérique. Il s'agit d'un ensemble de modèles computationnels du corps humain qui combinent des données numériques et des algorithmes pour simuler *in silico*, c'est-à-dire par ordinateur, l'anatomie et la physiologie des tissus et des organes. Ces algorithmes s'appuient eux-mêmes sur des modélisations mathématiques, biologiques, physiques et chimiques du vivant à différentes échelles spatiales et temporelles.

Comme dans la toile de Rembrandt, le modèle computationnel personnalisé peut être projeté dans les images pour faciliter leur interprétation, et donc assister le diagnostic. Le modèle personnalisé permet aussi d'assister le pronostic en simulant l'évolution d'une pathologie ; puis d'assister la thérapie en planifiant et en simulant une intervention, voire en la contrôlant à l'aide d'images per-opératoires. Voilà ce qui préfigure la médecine computationnelle de demain, au service du médecin et du patient. ■

Extraits de la leçon inaugurale du 10 avril 2014

- L'intégralité de la leçon inaugurale est consultable sur le site www.college-de-france.fr, à la page de Nicholas Ayache. Leçon inaugurale à paraître aux Éditions Fayard.
- Nicholas Ayache a également organisé un colloque sur le même sujet (voir p. 39).
- La chaire reçoit le soutien d'Inria.



Nicholas AYACHE
Directeur de recherche,
Inria