



# Application du numérique à la décision médicale

## I. Mécanisme décisionnel

- Une **décision** suppose la confrontation et l'application d'un modèle de connaissance à un cas du monde réel dans le but d'effectuer un choix.
- Trois types d'informations entrent en jeu :
  - ✓ Les **faits** observés.
  - ✓ Les **connaissances** théoriques, le savoir.
  - ✓ **L'expérience** acquise au cours de l'exercice d'une activité, c'est à dire le **savoir-faire**.

## II. Contexte de la décision

- La difficulté de la prise de décision, en particulier en médecine et en santé publique, vient de la situation d'incertitude, qui tient à plusieurs raisons :
  - **L'incertitude sur les connaissances** : certaines connaissances sont d'ordre statistique (fréquence des maladies ou des signes) et sont associées par nature à un **risque d'erreur**, mais d'autres connaissances sont incomplètes, par défaut d'exploration ou par insuffisance de conceptualisation (physiopathologie).
  - **L'incertitude sur les faits** : la description de l'état présent n'est jamais parfaite, soit par manque de moyens ou de temps (urgence), soit par défaut de mesure ou mauvaise interprétation d'un symptôme, d'un signe ou d'un résultat.
  - **L'incertitude du langage** : le flou et l'ambiguïté des notions manipulées perturbent le traitement et la transmission de l'information.
- D'autre part, la décision, bien que portant sur un objet précis dans le cadre d'un domaine scientifique déterminé, ne peut s'abstraire de l'environnement (psychologique, social, culturel, économique) de l'objet d'étude ou de l'observateur.

## III. Problèmes à résoudre

- ✓ **Un problème de classement ou de diagnostic** (médical ou autre) dont le but est de séparer ce qui est de ce qui n'est pas, compte tenu de l'incertitude sur la situation réelle de l'objet d'étude (patient, organe, population).
- ✓ **Un problème d'optimisation** dont le but est d'indiquer la démarche la plus efficace (par exemple, une stratégie thérapeutique) compte tenu de l'objectif et de contraintes (coût, risque, difficulté, environnement).



▫ Si l'aide au diagnostic médical est le premier sujet évoqué, les systèmes informatiques d'aide à la décision ont comme objectif général de **modéliser un système réel** ou son comportement afin de prédire son état présent ou à venir.

→ Ce système peut donc être un individu, malade ou non, mais aussi un organe isolé, une population d'individus, ou une organisation (hôpital).

#### IV. Décision Support Systems

✓ **Le mode passif** est le plus fréquent, il suppose l'intervention explicite de l'utilisateur pour décrire le problème (par exemple, l'état du patient) et interroger le système.

→ On distingue deux types de comportement :

✓ un **système consultant** fournit en retour une conclusion ou un conseil (par exemple un diagnostic ou un traitement).

✓ un **système critique** demande que lui soit décrite la stratégie envisagée par le décideur humain, ce qui lui permet de la **commenter** ou de la **critiquer** en indiquant les failles du raisonnement.

✓ **Le mode semi-actif** correspond à un système dont le déclenchement automatique répond à une intervention humaine.

→ L'objectif est de jouer le rôle de garde-fou en rappelant en temps réel des informations ou des règles indiscutables : le **système de rappel automatique** qui permet d'éviter des prescriptions inutiles, contre-indiquées ou exposant à des interactions, système d'alarme qui alerte sur un changement d'état du patient.

✓ **Le mode actif** est celui d'un système à déclenchement automatique et autonome.

→ Il agit **sans intervention** du décideur selon une boucle de rétro-contrôle pour actionner un système de traitement ou de surveillance.

#### V. Modèles sous-jacents

Il y a 6 modèles :

##### Le modèle informatique :

▫ Les modèles **déterministes** décrivent l'évolution de concentrations ou de quantités continues à l'aide de **fonctions mathématiques** et de **systèmes d'équations différentielles**.

▫ Les modèles **stochastiques** s'intéressent au comportement d'objets individualisés (personnes ou molécules) qu'on ne peut connaître avec certitude mais qui obéissent à des **lois de probabilités connues**.

▫ Quel que soit le formalisme mathématique sous-jacent, les résultats que fournit le modèle en sortie, en réponse aux données d'entrée, doivent être validés, c'est-à-dire



comparés à ceux observés dans la réalité pour les mêmes valeurs des paramètres d'entrée.

→ Applications ?

▫ Les modèles mathématiques peuvent servir à la **décision médicale** ou de **santé publique**, en mode passif ou en mode actif (contrôle automatique). Leurs applications sont donc nombreuses et variées :

✓ **modèle pharmacocinétique** : il permet de représenter et de quantifier les différentes phases du métabolisme des médicaments (absorption, diffusion, transformation en métabolites actifs ou non, élimination) *petite dédi à la pharmaco*. Le modèle peut être construit sur les données d'une population ou d'un individu. Il est utilisé pour adapter au mieux la posologie, en particulier dans le cas de médicaments à fenêtre thérapeutique étroite.

✓ **modèle épidémiologique** : il a pour objectif la représentation de l'évolution dans une population d'une maladie, souvent contagieuse, et des facteurs influençant cette diffusion dans le temps ou dans l'espace. Lorsqu'un tel modèle a été validé, il permet d'une part d'avoir une idée des facteurs de risque ou de protection possibles et de leur importance relative, mais surtout il fournit une estimation de l'efficacité potentielle des diverses mesures sanitaires envisageables. La pandémie à VIH est l'objet de nombreux modèles de ce type.

### Le modèle statistique :

▫ Les méthodes statistiques concernent essentiellement les **méthodes de régression** ou de **classifications multidimensionnelles** qui permettent d'expliquer la valeur d'une réponse ou l'appartenance à un groupe en fonction des valeurs de plusieurs variables dites explicatives.

▫ Il s'agit notamment de **l'analyse discriminante**, de la **régression logistique** dans le cas d'une réponse qualitative (groupe), de la **régression multiple** dans le cas d'une réponse quantitative, ou du modèle de Cox dans le cas d'une variable de réponse censurée (analyse de survie).

### Le modèle probabiliste :

▫ Les méthodes probabilistes, reposant sur l'application du **théorème de Bayes**, permettent de calculer la probabilité d'une maladie connaissant les signes du malade (cf cours spécifique sur la valeur informationnelle d'un test diagnostique).

### Le modèle booléen :

▫ Les méthodes algébriques font d'abord appel à **l'algèbre de Boole** ou **algèbre binaire** qui concerne les variables ne pouvant prendre que deux états : vrai/faux ou présent/absent.

▫ L'utilisation de l'algèbre de Boole vise à reproduire le raisonnement médical et à formaliser la connaissance au moyen d'arguments binaires, en Oui ou Non, et d'opérateurs logiques : Non, Et (Syndrome néphrotique = protéinurie et hypoprotéinémie), Ou (Eruption rougeole = exanthème ou Koplick), Implique (Signe



de Babinski => syndrome pyramidal). Il est alors possible en principe de décrire les maladies par la présence ou l'absence de signes, et les règles de raisonnement clinique par des implications.

▫ Cependant, l'utilisation du formalisme booléen pose des problèmes. Il implique une **rigidification de la pensée** et l'**élimination** des diverses formes d'incertitude, fréquentes en médecine.

### Les modèles symboliques :

▫ **Les systèmes experts** sont des logiciels de résolution de problèmes. Ils permettent de représenter sous forme explicite et déclarative les **connaissances** et le **comportement** d'un expert humain, afin qu'il puisse être reproduit par un **programme**.

▫ Deux types de notions doivent donc être formalisées :

- ✓ un ensemble de **connaissances théoriques** ou **expérimentales**
- ✓ le **raisonnement** qui permet de les utiliser.

▫ Les premières seront gérées dans une base de connaissances tandis que le second sera réalisé sous la forme d'un programme interpréteur de connaissances : le **moteur d'inférences**.

→ Suite du modèle symbolique : **les systèmes experts**

▫ **Mycin** est le premier système expert en médecine, il est encore le plus cité bien qu'il n'ait jamais été utilisé en routine. Initialement conçu pour le diagnostic et le traitement des méningites infectieuses (*moyen mnémo = Mycin : méningites*), il a donné lieu à toute une série de développements théoriques : isolement du moteur d'inférences sous la forme d'un **moteur essentiel** qui a été appliqué à d'autres bases de connaissances comme Oncocin en chimiothérapie ou développement d'un système à vocation pédagogique dénommé Guidon.

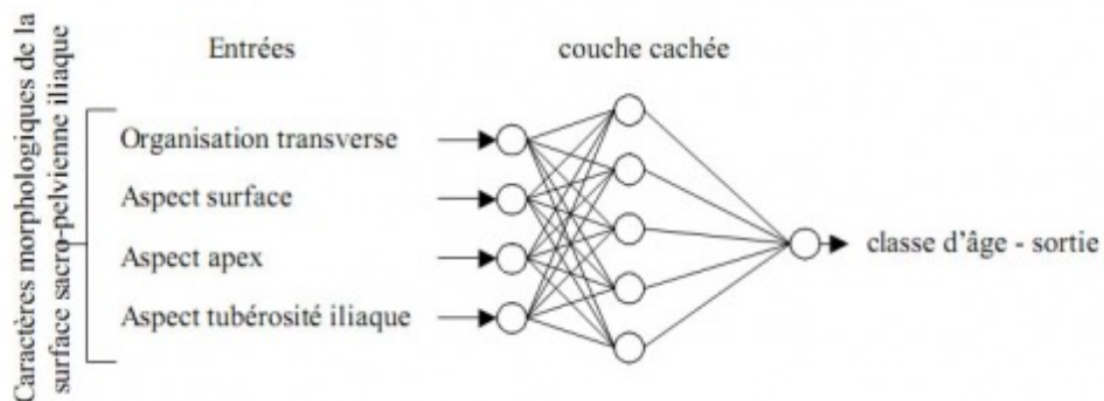
▫ **Internist** est un des systèmes à vocation large : la médecine interne, avec 600 maladies et 4500 signes, chaque maladie est décrite par des signes dotés d'un **coefficient de sensibilité** et de **spécificité** ; les performances de ce système ont été évaluées sur des cas cliniques du New England Journal of Medicine ; cependant il est inutilisable en pratique en raison notamment du temps de consultation ; une version simplifiée et à vocation didactique, QMR, est maintenant disponible sur micro-ordinateur.

▫ **Sphinx** reste le système expert français le plus connu ; il utilise un formalisme mixte, objets structurés pour les concepts médicaux et règles de production pour le raisonnement ; il a été appliqué dans le domaine du diagnostic des **ictères** et de la thérapeutique du **diabète**, où il a été évalué auprès de médecins généralistes.

▫ **Le système Help** est l'exemple d'un système d'aide à la décision intégré à un SIH ; il fonctionne en **mode semi-actif**, la mise à jour des données du dossier du patient déclenchant les modules d'aide à la décision ce qui permet la réalisation d'alarmes intelligentes dans le cadre de la prescription thérapeutique (contre-indications, interactions), notamment d'antibiotiques (détection d'infections nosocomiales, de résistances), ou de produits sanguins.

### Le modèle neuromimétique :

- Les méthodes neuromimétiques ou connexionnistes sont inspirées des **structures neuronales** et du **fonctionnement cérébral** d'où le nom fréquent de réseau de neurones formels.
- Le réseau neuronal est un programme qui met en jeu des noeuds ou neurones formels reliés entre eux par des arcs, équivalents des axones et des dendrites.
- Chaque neurone réalise la sommation des stimuli des neurones afférents, chaque connexion étant affectée d'une **pondération**.
- Les systèmes neuronaux ont trouvé leur premières applications dans le domaine de la reconnaissance de formes (caractères, images, sons), en effet, on peut assimiler la couche d'entrée à une rétine.
- Ils sont bien adaptés aux problèmes de classification diagnostique à condition que l'on dispose d'une base de cas suffisante en nombre et en variété pour le processus d'apprentissage. Dans cette situation, la couche d'entrée correspond aux signes et la couche de sortie aux diagnostics.
- L'usage d'un réseau de neurones permet de ne pas spécifier un modèle mathématique théorique, mais en contrepartie le réseau est un **modèle empirique** qui ne peut être explicité.



Et voilà c'est fini pour ce cours pas très long mais quand même pas mal de notions à connaître. Maintenant place aux dédis, ça faisait longtemps !

Dédi à mes parents qui m'ont toujours soutenu, ma maman cette reine et mon papa le goat, mes inspirations de tous les jours.

Dédi aux associés Louis et Quentin.

Dédi à ma Iris préférée, qui est la vraie qui est la fausse ? (nous on sait haha)

Dédi à Lilou, la femme de ma vie, hâte d'avoir notre super maison avec un chien (pour elle) et un lapin (pour moi) ça va être incroyable, cœur sur toi ma belle.

Dédi à Charlotte, elle est juste super drôle je l'aime trop.

Dédi à Manon qui dit tout haut ce que tout le monde pense tout bas.

Dédi à Marine, cette fille c'est la gentillesse incarnée.

Dédi à Emma, ce petit bout de douceur.

Dédi à ma fillote Dorine, c'est vraiment la best, donne tout ma belle.

Dédi à Malak, je suis à fond derrière toi meuf.

Dédi à Mathis, Axel, Bastien, Luna, Nathan, Léa

Dédi au live de biophy un peu trop long...

Dédi bien évidemment aux frites et aux pâtes bolo absolument succulentes tmtc.

Dédi à ceux qui aime la SP/SN, cœur sur vous vraiment ! Manifestez-vous bordel !!! Je veux qu'il y est une team SP/SN qui dépasse toutes autres matières (je rêve un peu trop là ptdrrrr).

Dédi à toi qui lit cette fiche (le meilleur en dernier), donne tout et lâche rien !!!

