

Application du numérique à la décision médicale

I) aide à la décision

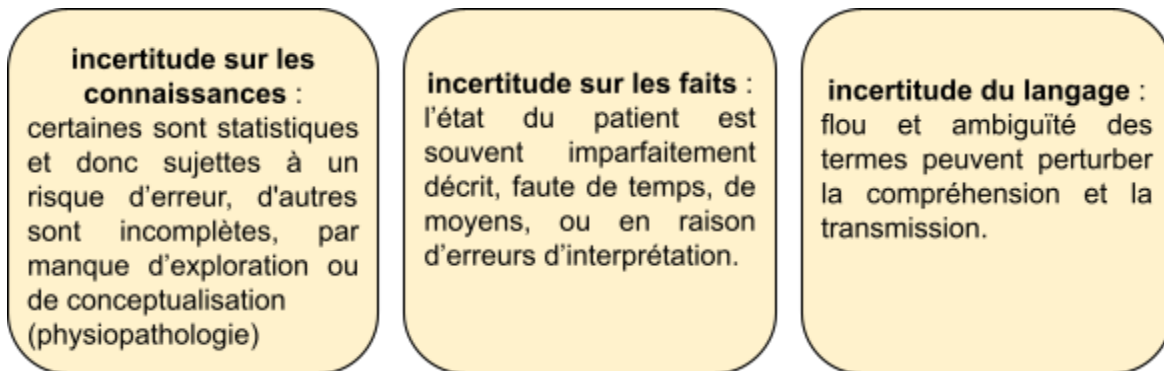
A) Mécanisme décisionnel

Une décision implique d'appliquer un **modèle de connaissance** à une **situation réelle** afin de faire un **choix**. Trois types d'informations entrent en jeu :

- les **faits observés** ;
- les **connaissances théoriques** (le savoir) ;
- l'**expérience acquise** dans la pratique (le savoir-faire).

B) Contexte de la décision

La prise de décision en médecine ou en santé publique est rendue difficile par une **situation d'incertitude**, liée à plusieurs facteurs :



Enfin, toute décision, même scientifique, est influencée par l'**environnement** psychologique, social, culturel ou économique, de l'objet d'étude ou de l'observateur.

C) 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 est souvent le premier usage cité, les **systèmes informatiques d'aide à la décision** ont comme objectif général de **modéliser un système réel ou son comportement**, pour **prédire son état présent ou futur**.

Ce système peut être : un **individu** (malade ou non) ; un **organe** ; une **population**, ou une **organisation** (un hôpital).

II) Décision Support Systems

A) Modes de fonctionnement ++ (Déjà tomber en annales)

Le mode passif	Le mode semi-actif	Le mode-actif
<p>- Le plus fréquent</p> <p>- nécessite une intervention explicite de l'utilisateur pour décrire le problème (ex: état du patient) et interroger le système.</p> <p>- Deux types de comportement :</p> <p>1- Système consultant : fournit en retour une <u>conclusion</u> ou un <u>conseil</u> (ex: un diagnostic ou un traitement)</p> <p>2- Système critique : demande que lui soit <u>décrite la stratégie</u> envisagée par le décideur humain, ce qui lui permet de la commenter ou de la critiquer en indiquant les <u>failles du raisonnement</u>.</p>	<p>- système dont le déclenchement automatique répond à une intervention humaine</p> <p>- objectif est de jouer le rôle de garde-fou en rappelant en temps réel des informations ou des règles indiscutables : le <u>système de rappel automatique</u> qui permet d'éviter des prescriptuons inutiles, contre-indiquées ou exposant à des interactions, système d'alarme qui alerte sur un changement d'état du patient.</p>	<p>- système à déclenchement automatique et autonome</p> <p>- il agit sans intervention du décideur selon une <u>boucle rétro-contrôle</u> pour actionner un système de traitement ou de surveillance</p>

III) Modèles sous-jacents

Modèles mathématiques	<ul style="list-style-type: none"> • Les modèles déterministes décrivent <u>l'évolution de concentrations ou de quantités continues</u> à l'aide de <u>fonctions mathématiques</u> et de <u>systèmes d'équations différentielles</u>. • Les modèles stochastiques s'intéressent au <u>comportement d'objets individualisés</u> (personnes ou molécules) qu'on ne peut connaître avec certitude mais qui obéissent à des <u>lois de probabilités connues</u>. <p>Quel que soit le formalisme/modèle mathématique sous-jacent, les résultats que fournit le modèle en sortie, en réponse aux données d'entrée, doivent être validés, c'est-à-dire</p>
------------------------------	--

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

Application : utilisés pour aider à la prise de décision en médecine ou en santé publique, que ce soit de façon passive ou active (contrôle automatique). Leurs applications sont nombreuses et variées, notamment :

- **Modèle pharmacocinétique** :

Il sert à représenter et à quantifier les différentes étapes du **métabolisme des médicaments** (absorption, diffusion, transformation en métabolites actifs ou inactifs, et élimination). Ce type de modèle peut être établi à partir des données d'une **population** ou d'un **individu**. Il est particulièrement utile pour adapter la **posologie** (= dose du médicament), notamment pour les traitements à **fenêtre thérapeutique étroite** (rappel : la dose efficace est proche de la dose toxique).

- **Modèle épidémiologique** :

Il a pour but de représenter l'**évolution d'une maladie** au sein d'une **population**, le plus souvent pour des maladies **contagieuses**, ainsi que les **facteurs** influençant sa propagation dans le temps ou dans l'espace. Une fois validé, ce modèle permet :

1. identifier les **facteurs de risque** ou de **protection** potentiels,
2. estimer l'**efficacité attendue** des différentes **mesures sanitaires** envisageables. La **pandémie liée au VIH** a donné lieu à de nombreux modèles de ce type.

Modèles statistiques

Les **méthodes statistiques** concernent principalement les **méthodes de régression** et de **classification multidimensionnelle**. Ces méthodes ont pour but d'**expliquer** la valeur d'une **variable de réponse** ou d'**attribuer un individu à un groupe**, en fonction des **valeurs de plusieurs variables explicatives**. On distingue plusieurs méthodes selon le type de variable à expliquer :

- **Analyse discriminante** ou **régression logistique** : utilisées lorsque la variable de réponse est **qualitative**, c'est-à-dire qu'elle correspond à un groupe (par exemple : malade / non malade).
- **Régression multiple** : utilisée lorsque la variable de réponse est **quantitative** (par exemple : pression artérielle, taux de glucose).
- **Modèle de Cox** : utilisé lorsque la variable de réponse est une **durée** jusqu'à un événement (comme le décès ou la rechute), avec des données **censurées** (c'est-à-dire quand l'événement n'est pas encore survenu pour certains individus à la fin de l'étude). Ce cas correspond à l'**analyse de survie**.

Modèles probabilistes

Les **méthodes probabilistes**, fondées sur l'application du **théorème de Bayes**,

permettent de **calculer la probabilité qu'un patient soit atteint d'une maladie en connaissant les signes du malade**. (cf. cours spécifique sur la valeur informationnelle d'un test diagnostique).

Modèle booléen

Les **méthodes algébriques** reposent principalement sur l'**algèbre de Boole** (ou **algèbre binaire**), qui concerne des variables ne pouvant prendre que deux états : **vrai/faux** ou **présent/absent**.

L'utilisation de l'algèbre de Boole a pour objectif de **reproduire le raisonnement médical** en le formalisant à l'aide d'**arguments binaires** (réponses en **oui** ou **non**) et d'**opérateurs logiques** :

- **Non**
- **Et** : par exemple, *syndrome néphrotique* = *protéinurie ET hypoprotéinémie*
- **Ou** : par exemple, *éruption rougeoleuse* = *exanthème OU taches de Koplick*
- **Implique** : par exemple, *signe de Babinski* \Rightarrow *syndrome pyramidal*

Ce formalisme permet, en principe, de **décrire les maladies** par la **présence ou l'absence de signes cliniques**, et de formaliser les **règles de raisonnement clinique** par des **implications**.

Cependant, ce type de raisonnement **booléen** présente des limites : il tend à **rigidifier la pensée** et **ignore les incertitudes**, qui sont pourtant **fréquentes en médecine**.

Modèles symboliques

Mycin est le **premier système expert** développé en médecine. Bien qu'il n'ait **jamais été utilisé en pratique courante**, il reste **l'un des plus cités**.

À l'origine, il avait été conçu pour **aider au diagnostic et au traitement des méningites infectieuses**, 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 ensuite été appliqué à d'autres domaines, comme :

- **Oncocin**, un système d'aide à la décision en **chimiothérapie**
- **Guidon**, un système à **vocation pédagogique** destiné à l'apprentissage du raisonnement médical

Internist est un autre système à **vocation large**, couvrant l'ensemble de la **médecine interne** avec **600 maladies** et **4500 signes**. Chaque maladie est décrite par des **signes associés à un coefficient de sensibilité et de spécificité**, ce qui permet une approche probabiliste du diagnostic.

Les performances de ce système ont été **évaluées sur des cas cliniques réels**, notamment publiés dans le *New England Journal of Medicine*. Toutefois, ce système s'est révélé **peu utilisable en pratique**, notamment à cause de la **lenteur du temps de**

consultation.

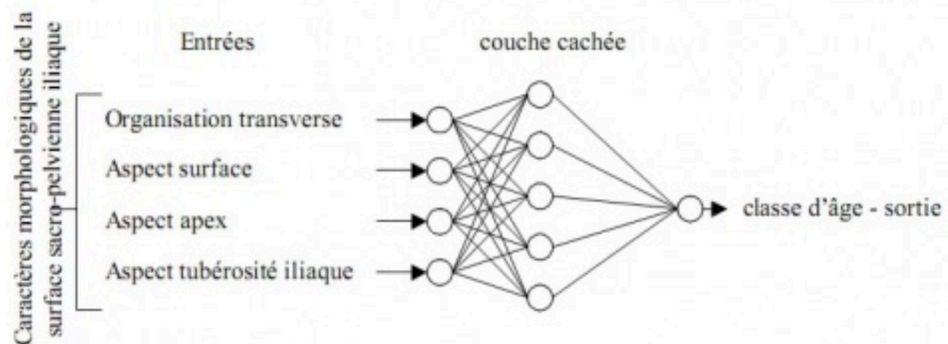
Pour remédier à cela, une version **simplifiée** et **didactique** a été développée : il s'agit de **QMR** (*Quick Medical Reference*), disponible sur **micro-ordinateur**.

Modèle neuromimétique

Les **méthodes neuromimétiques (connexionnistes)**, s'inspirent des structures neuronales et du fonctionnement cérébral, d'où l'appellation fréquente de **réseaux de neurones formels**.

Un **réseau neuronal** est un programme informatique composé de **nœuds** (ou neurones formels) interconnectés par des **arcs**, qui représentent les **axones** et **dendrites** biologiques.

Chaque neurone effectue une **sommation des stimuli** provenant des neurones afférents, chaque connexion étant associée à une pondération (qui module l'intensité du signal transmis.)



Les **réseaux neuronaux** ont trouvé leurs premières applications dans le domaine de la **reconnaissance de formes** (caractères, images, sons). En effet, on peut assimiler la **couche d'entrée** du réseau à une **rétine**, chargée de capter les informations brutes.

Ces systèmes sont particulièrement bien adaptés aux problèmes de **classification diagnostique**, à condition de disposer d'une **base de cas** suffisamment **large et diversifiée** pour permettre un apprentissage efficace. Dans ce cadre, la **couche d'entrée** représente les **signes cliniques** observés, et la **couche de sortie**, les **diagnostics** proposés.

L'utilisation d'un réseau de neurones présente l'avantage de ne spécifier **d'un modèle mathématique théorique**. Cependant, cette approche repose sur un **modèle empirique** qui ne peut être explicité.