

Applications du numérique à la Décision Médicale

I- Aide à la décision

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**.

La difficulté de la prise de décision 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.

Il y a différents 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).

II- Decision Support Systems

Mode passif : 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 :

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

Mode semi-actif : 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 : *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.*

Mode actif : Système à déclenchement automatique et autonome. Il **agit sans intervention du décideur** selon une boucle de rétrocontrôle pour actionner un système de traitement ou de surveillance.

III- Modèles sous-jacents

A) Modèles mathématiques

Modèle déterministe : décrit l'évolution de concentrations ou de quantités continues à l'aide de **fonctions** mathématiques et de **systèmes d'équations différentielles**.

Modèle stochastique : s'intéresse 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). Il est utilisé pour adapter au mieux la posologie.
- **modèle épidémiologique** : il a pour objectif la représentation de l'évolution dans une population d'une maladie, souvent contagieuse, 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.

B) 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 nœuds 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 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**.

C) Modèles Statistiques

Les méthodes statistiques concernent essentiellement **les méthodes de régression ou de classification 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).

D) Modèle Booléen

L'algèbre de Boole ou algèbre binaire 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 hypoprotéïnémie*), « 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.

E) Modèles Probabilistes

Les méthodes probabilistes, reposant sur **l'application du théorème de Bayes**, permettent de calculer la probabilité d'une maladie connaissant les signes du malade.

F) 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 et **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**.

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 trouver le meilleur 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 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 (Marseille) 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 utilisées en routine 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.

Place aux dédis :

Déjà désolé de vous sortir cette fiche MAJ que maintenant mais j'avais pas le bon diapo, je croyais que le cours n'avait pas changé. Au passage vous avez beaucoup de chance, le prof a enlevé 100 diapos. Mo DM qui est sur le CT sera donc aussi MAJ. Désolé à ceux qui avaient pris de l'avance mais même le prof avait dit que ce serait le même cours...il a pas tord mais c'est quand même bien raccourci !

Dédi à ma dyslexie et d'avoir mal écrit Staccini dans mon ancienne fiche 🙄🔴

Dédi à Oscar, le chien de Carl 🐾

Dédi à la réforme qui fait qu'on ne sait pas encore si vous avez des qrus ou des qrms en SN....

Dédi à Alexis chimie G qui fait des ravages sur les gossip...tqt j'ai un lien pour gérer la célébrité...

Dédi à la team de bg sur cette photo, je vous love

Dédi au meilleur compte insta je nomme @fushue3 (à lire avec l'accent sinon c pas drôle), si vous voulez rire c'est ici

Dédi à ~~Potter~~, merde, Pothèse, bref vous avez compris, Emilie qui me fait tant rire (~~encore plus quand elle rage~~) ❤️

Dédi à Amélie, son humour, sa bonne humeur, sa main et j'en passe...

Dédi à Céleste qui est gentille à ses heures perdues (assez rare) et qui a besoin et envie de faire des gâteries en ce moment (surtout vers 2h du mat). Uniquement pour les mecs les + frais : @celeste_kelili

Dédi à Anahita, la gentillesse incarnée cette fille je vous jure, et pas que : besoin de conseil sur votre crush ? Appelez la au 0781860836, ou en DM à @anahitagandji ❤️

Dédi spécial à Carl (le bg à droite sur la photo), il est en manque, allez le DM sur insta (@carl.krl), tqt je les aime tes fiches (et tes blagues) ❤️

Dédi à Yanis et ses doigts, après un gauche droite qui a mal fini 😂❤️

Dédi aux soirées among us/skribble.io

Dédi à Humanice et ses sg

Dédi au 2 prez Axel et Florie

