



Santé numérique

Application numérique à l'aide médicale

Ps : En vert MES EXEMPLES à ne pas apprendre (c'est pour illustrer le cours)

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 Trois types d'informations entrent en jeu :

Trois types d'informations entrent en jeu :

- Les **faits** observés (ex : présence d'une tumeur);
- Les **connaissances** théoriques, le savoir (ex : quand on a un cancer les ganglions sont gonflés)
- **L'expérience** acquise au cours de l'exercice d'une activité ; c'est à dire le **savoir-faire** (diagnostiquer le cancer en fonction de la localisation de la tumeur et la prise en charge de la maladie).

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, *maladies mal connues => confondre le diagnostic*) ;
- **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 (*sur une radio on peut confondre une pneumonie avec une tuberculose parce que les signes radiologiques sont les mêmes*) ;
- **L'incertitude du langage** : le flou et l'**ambiguïté** des notions manipulées perturbent le traitement et la transmission de l'information (*le patient vous parle de fatigue alors qu'il fait une dépression donc vous lui prescrivez des vitamines au lieu d'anti-dépresseur [le message ≠ l'interprétation]*).

D'autre part, la décision, bien que portant sur un objet précis dans le cadre d'un domaine scientifique déterminé, ne peut être séparé 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 des 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 système

- **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

- **Modèle mathématique**

- 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.

> Quels application fait-on des modèles mathématiques?

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). 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 de VIH est l'objet de nombreux modèles de ce type.

- **Modèle statistique**

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)

- **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 biostat)

- **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.

- **Modèle symbolique**

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**, 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.

- **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.

