

Aide à la décision
-
Exemples, applications

DU Information Médicale

2024-2025

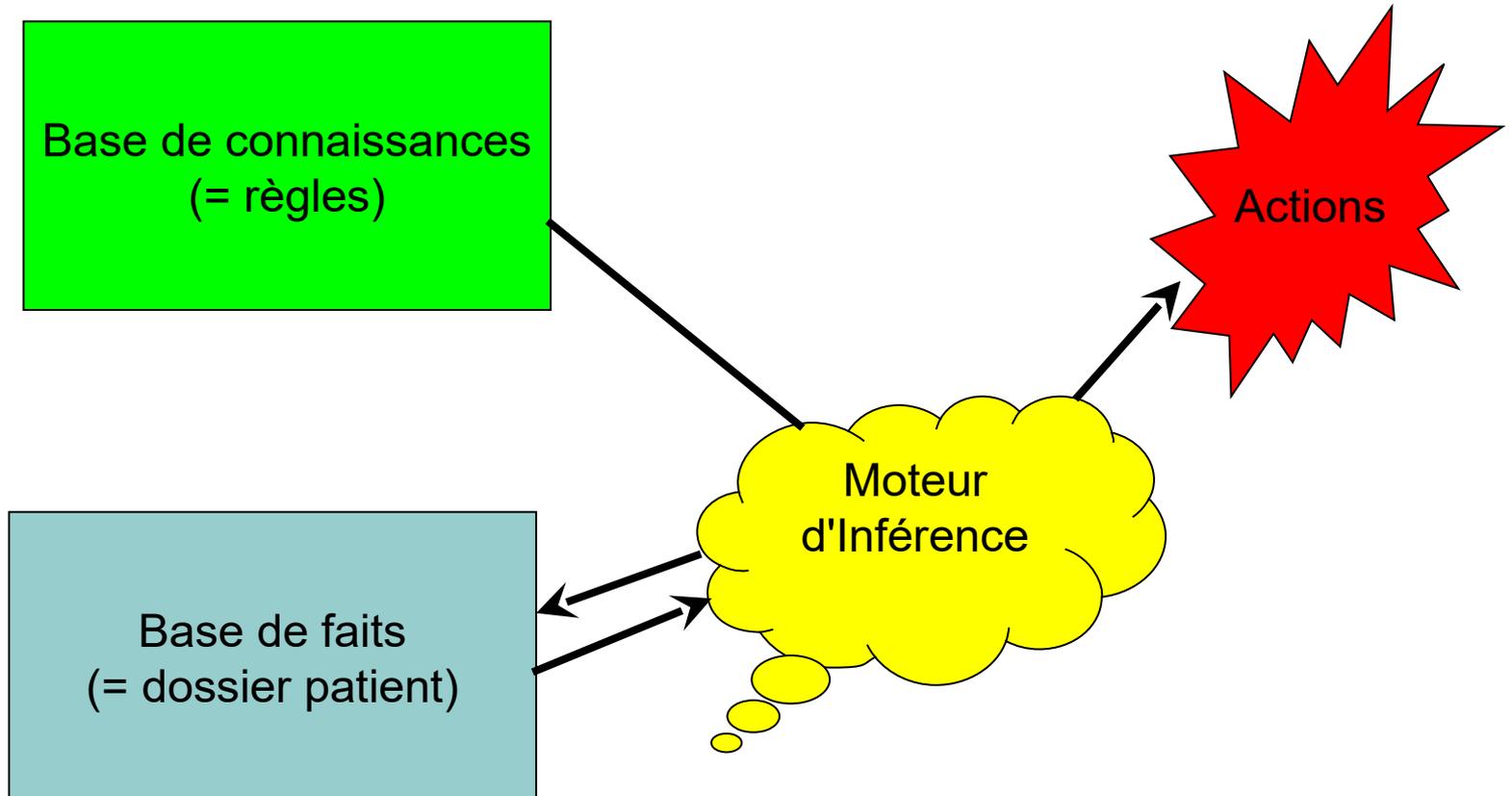
Dr Harry Karadimas
Médecin DIM au CHSE

Cours disponible sur <https://hkmi2.org/du>

Rappels théoriques

- Terminologie
- Statistiques et probabilités élémentaires
 - Sensibilité, spécificité, théorème de Bayes
- Modèles de connaissance
 - Réseaux Bayésiens
 - Règles
 - Autre (réseaux de neurones, etc.)
- Modèles de système d'information

Terminologie



Base de faits

- Contient les faits observés pour le patient
- Ex :
 - Sexe: F
 - Poids: 60500
 - Allergie: pénicilline

Base de connaissances

- Contient les connaissances (médicales dans notre cas)
- Ex:
 - Si prescription(pénicilline) et allergie(pénicilline) alors alerter(« votre patient est allergique à la pénicilline ! »)
 - Si kaliémie < 3.5 alors alerter(« attention, hypokaliémie sévère, risques cardiaques »)
- C'est la partie la plus difficile à formaliser, recueillir, et maintenir à jour

Moteur d'exécution

- Il utilise la base de connaissances et la base de faits pour obtenir des résultats.
- Il peut être déclenché périodiquement, par un utilisateur, ou bien encore par l'arrivée de nouvelles données

Interface utilisateur

- C'est la façon pour l'utilisateur du système d'aide à la décision de :
 - Poser des questions
 - Recevoir les alertes
 - Visualiser les réponses du SAD
- Cela peut être un PC, mais aussi un téléphone portable, un BIP, un message vocal, etc.

Sensibilité, Spécificité

$$Se = P(S|M)$$

$$Sp = P(\bar{S}|\bar{M})$$

$$VPP = \frac{Se \cdot p}{Se \cdot p + (1 - Sp) \cdot q}$$

$$VPN = \frac{Sp \cdot p}{Sp \cdot q + (1 - Se) \cdot p}$$

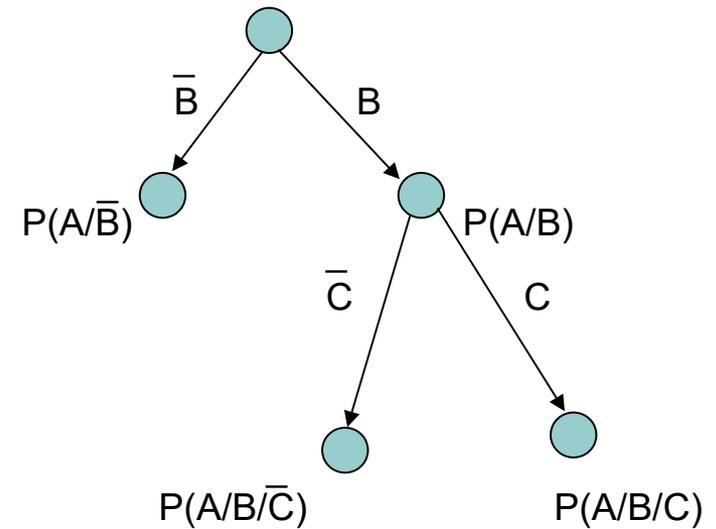
Théorème de Bayes

$$P(M / S) = \frac{P(S / M) \cdot P(M)}{P(S / M) \cdot P(M) + P(S / \bar{M}) \cdot P(\bar{M})}$$

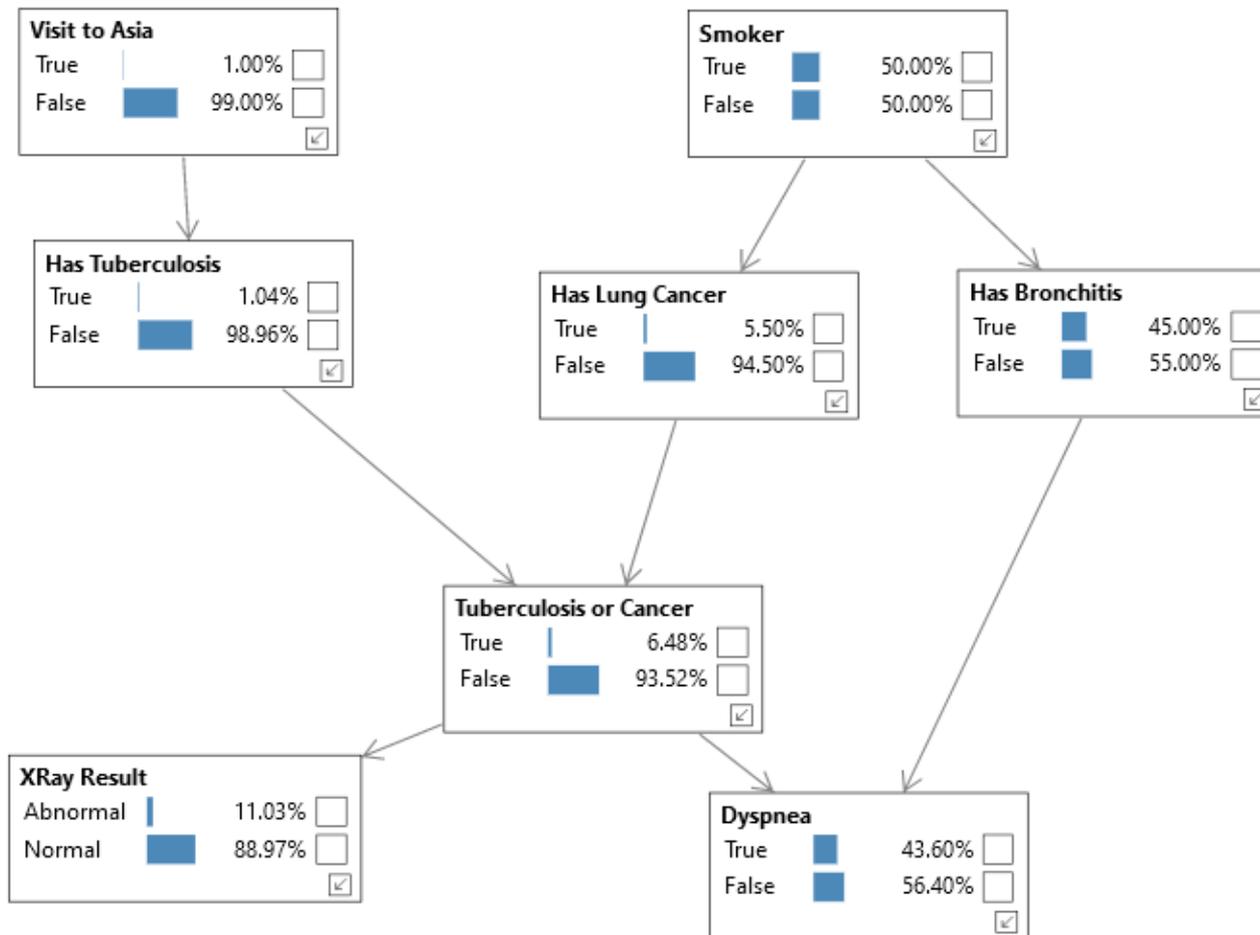
$$P(M \cap S) = P(M) \cdot P(S|M) = P(S) \cdot P(M|S)$$

Réseaux Bayésiens

- + Très bonnes performances
- + Très discriminants
- Difficultés à recueillir les probabilités
- Peu fiables lorsque les probabilités ne sont qu'estimées

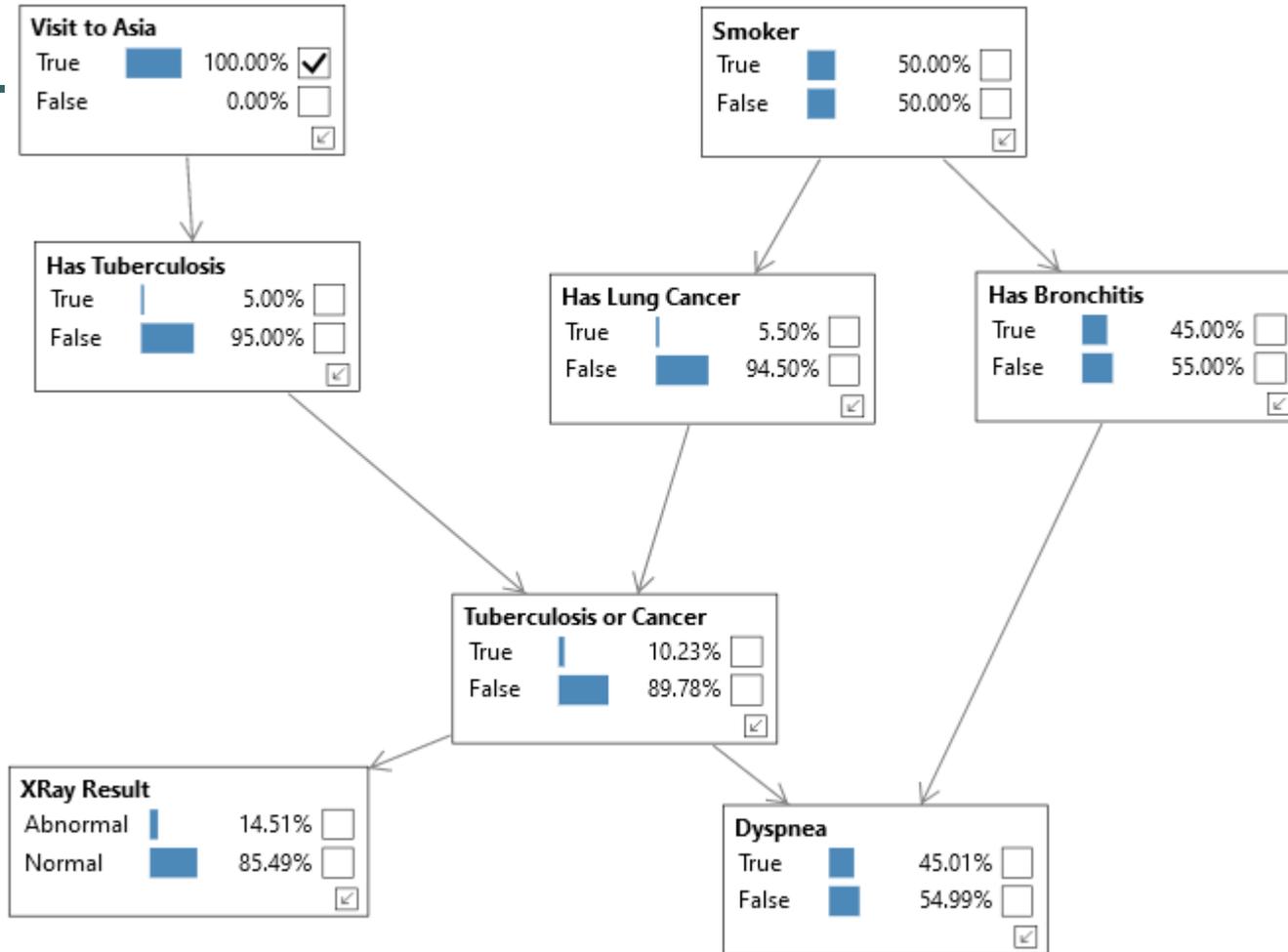


Exemple classique « Visit Asia »



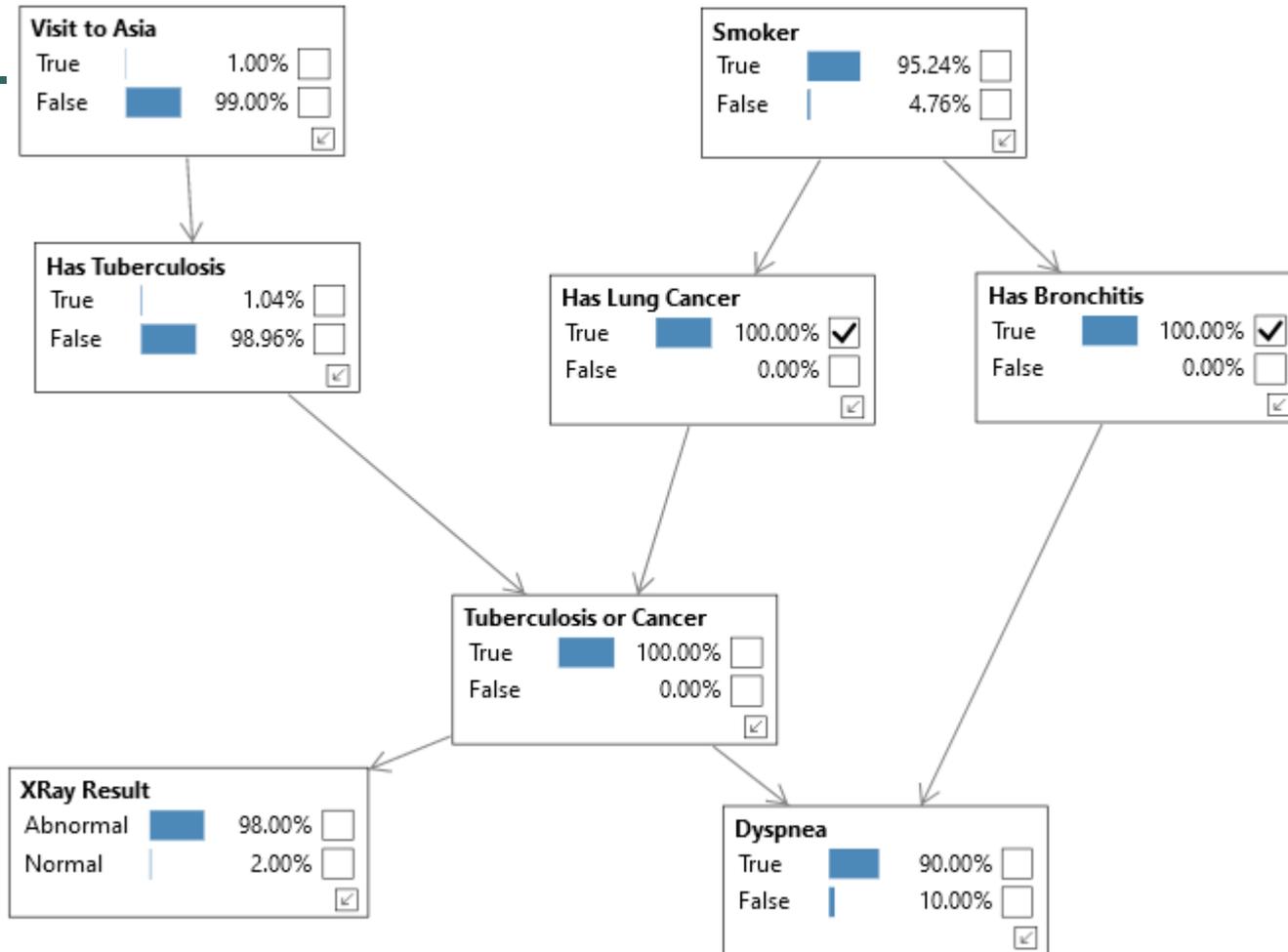
(Exemple pris sur <https://www.bayesserver.com/examples/networks/asia>
voir aussi <https://online.bayesserver.com/>)

Visite en Asie



(Exemple pris sur <https://www.bayesserver.com/examples/networks/asia>)

Cancer + bronchite



(Exemple pris sur <https://www.bayesserver.com/examples/networks/asia>)

Domaines d'application

- **Hors médical :**
 - Recherche de pannes de matériel
 - Aide aux utilisateurs (ex : Word)
 - Classement automatique (ex : filtres anti-Spam)
- **Médical :**
 - Aides au diagnostic principalement

Exemple théorème de Bayes

cf. fichiers joints

(exemple sur données COVID 19 de 2021)

Règles

- Nombreux modèles pour les règles
 - Modèle procédural
 - Logique des prédicats
 - Ordre 0 (sans variables, prédicats seuls)
 - Ordre 1 (avec variables)
- Difficultés pour faire entrer les règles par les experts métier

Difficultés

- L'expert métier ne maîtrise pas la syntaxe le plus souvent
- Un informaticien fait la saisie en syntaxe appropriée
- => Lenteurs, coûts importants
- => Erreurs d'interprétation de chaque partie

Chaînages des règles

- Problème difficile :
 - Pas de standard
 - Crée de très fortes dépendances
 - Rend l'interprétation et la compréhension plus difficile
 - Nécessaire pour garder une certaine modularité

Exemples de règles

Syntaxe simplifiée utilisée pour les exemples qui suivent

"nom du nouveau fait" SI *<expression condition>*

<expression condition> est soit une comparaison mathématique, d'une variable avec une valeur, soit le nom d'un fait dont on teste l'existence, soit une combinaison logique (utilisant ET, OU, NON) d'autre *<expression condition>*. Les noms des faits sont entre guillemets

Ex : **"grande taille"** SI `taille > 180`

Si une mesure de taille existe et qu'elle est plus grande que 180, le fait **"grande taille"** sera ajouté à la base de faits.

"neutropenie severe" si `nb_neutro < 500`

"hypokaliemie" si `potassium_veineux < 3.5`

"inflammation" si `CRP > 6`

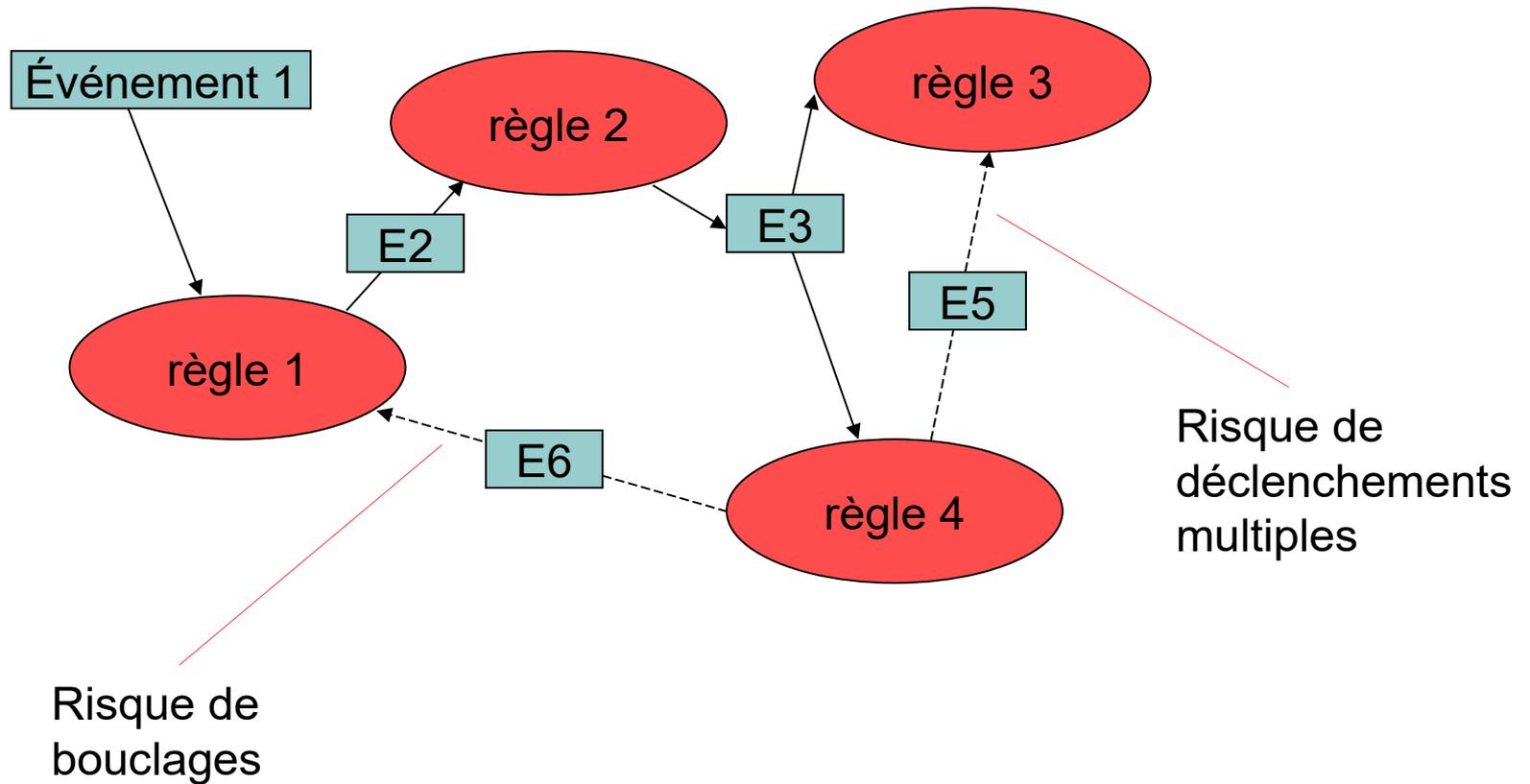
"denutrition moderee" si non **"inflammation"** et

`((age < 70 et albumine < 30) ou (age >= 70 et albumine < 35))`

Chaînage avant

- Un événement (en général l'arrivée d'une donnée) déclenche une ou plusieurs règles
- Une règle, en déclenchant un événement, peut alors aussi en déclencher une autre, indirectement
- Utilisé pour réagir et pour démarrer un système automatiquement

Chaînage avant



Chaînage avant : exemple

(déclenchements sur l'arrivée d'une nouvelle Valeur contenue dans les conditions, par ex. polynucleaires_neutrophiles)

"neutropénie" SI
polynucleaires_neutrophiles < 1700

"neutropénie fébrile" SI
polynucleaires_neutrophiles < 1700
ET temperature_corporelle > 38.2

"appendicite probable" SI
"douleur fosse iliaque droite"
ET polynucleaires_neutrophiles > 10000
ET temperature_corporelle > 38.2

"pancréatite aigue" SI
"douleur épigastrique"
ET lipase > 600

polynucléaires_neutrophiles = 5000
-> (rien)

polynucleaires_neutrophiles = 15000
-> (rien)

polynucleaires_neutrophiles = 14000
température_corporelle = 39
-> (rien)

polynucleaires_neutrophiles = 15000
"douleur fosse iliaque droite"
temperature_corporelle = 40
-> "appendicite probable"

polynucleaires_neutrophiles = 15000
lipase = 950
"douleur fosse iliaque droite"
"douleur épigastrique"
température_corporelle = 39,5
-> "appendicite probable" "pancréatite aigue"

Chaînage avant : exemple2 (à faire après le cours)

Sur le site : https://www.hkmi2.org/jszlog/engine_fr.html entrer les règles suivantes, et jouer sur les paramètres :

DATA:

```
polynucleaires_neutrophiles: NUM .
temperature_corporelle: NUM .
douleur_fosse_iliaque_droite: BOOL .
douleur_epigastrique: BOOL .
lipasemie: NUM .
```

LOGIC:

```
"neutropénie" <- polynucleaires_neutrophiles < 1700 .

"neutropénie fébrile" <- polynucleaires_neutrophiles < 1700
  & temperature_corporelle > 38.2 .

"appendicite probable" <- douleur_fosse_iliaque_droite
  & polynucleaires_neutrophiles > 10000
  & temperature_corporelle > 38.2 .

"pancréatite aigue" <- douleur_epigastrique
  & lipasemie > 600 .
```

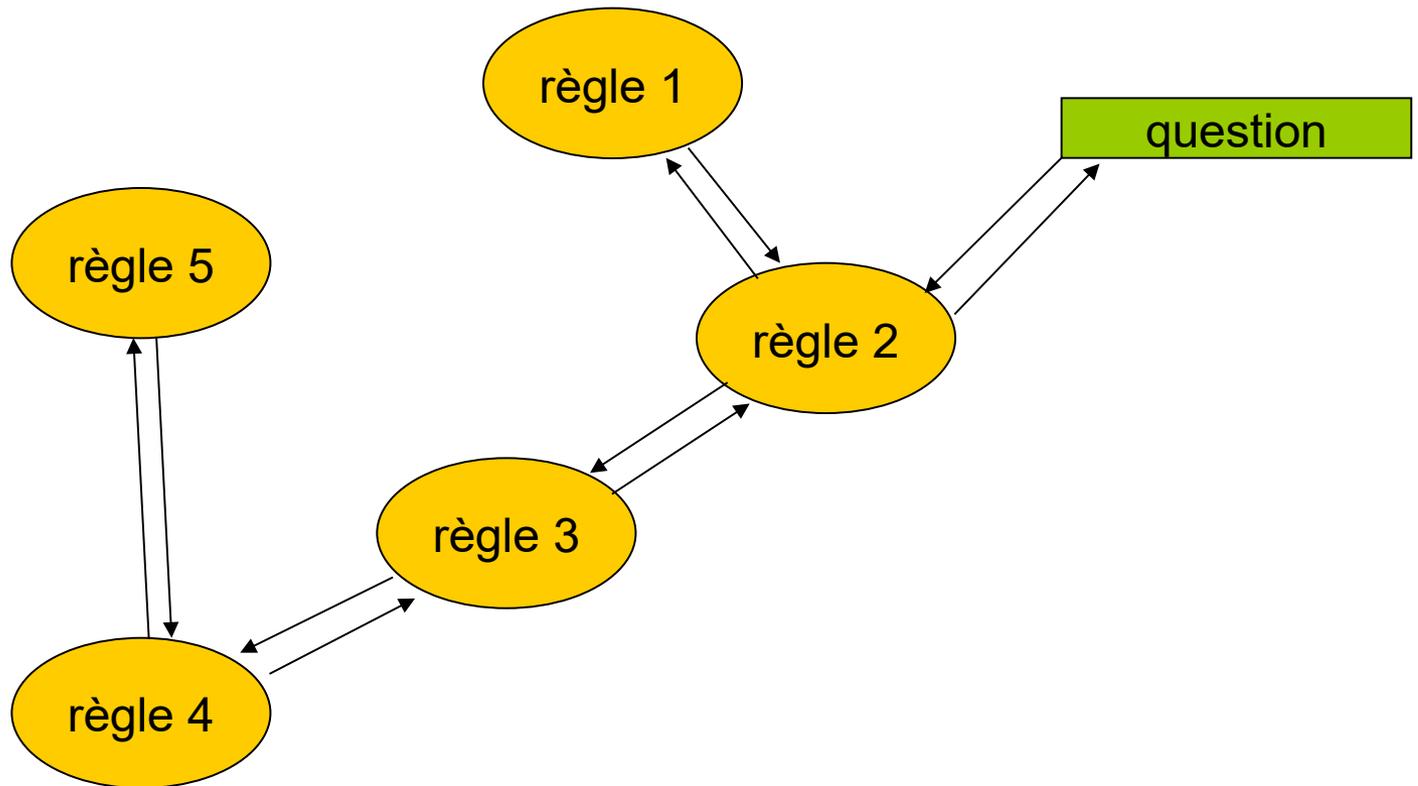
ACTIONS:

```
"neutropénie": WRITE 'Une neutropénie a été constatée' .
"neutropénie fébrile": WRITE 'Il y a une neutropénie fébrile, vérifier les autres signes de gravité' .
"appendicite probable": WRITE 'L appendicite est probable chez ce patient' .
"pancréatite aigue": WRITE 'Rechercher une pancréatite aigüe chez ce patient' .
```

Chaînage arrière

- Une règle est appelée directement par une autre règle
- Cette règle appelle directement d'autres règles et ces règles retournent le résultat à la règle appelante
- Utilisé pour répondre à une question, vérifier, ou démontrer.

Chaînage arrière



Chaînage arrière : exemple

```
"trepied meninge" SI
  "cephalee"
  ET "vomissements"
  ET "raideur de la nuque"
```

```
"meningite infectieuse" SI
  "trepied meninge"
  ET "presence d'une porte d'entree infectieuse"
```

```
"hemorragie meningee" SI
  "trepied meninge"
  ET "oedeme papillaire au fond d'oeil"
```

```
"migraine" SI
  "cephalee"
  ET "photophobie"
```

```
"hypertension intracranienne" SI
  "vomissements"
  ET "cephalees"
  ET "cephalees calmees par les vomissements"
```

Si on a les faits : "vomissements"
"cephalees"
"céphalées calmees par les vomissements"
-> alors "**hypertension intracranienne**" sera vrai
si on l'interroge

si on a les faits : "cephalee"
"vomissements"
"raideur de la nuque"
"presence d'une porte d'entree infectieuse"
-> alors "**trepied meninge**" "**meningite infectieuse**" seront vrais si on les interroge

si on a les faits : "cephalee"
"vomissements"
"raideur de la nuque"
"presence d'une porte d'entree infectieuse"
"photophobie"
"céphalées calmees par les vomissements"
-> alors "**trepied meninge**" "**meningite infectieuse**" "**hypertension intracranienne**" "**migraine**" seront vrais si on les interroge

Chaînage arrière : exemple 2 : (anciens) Critères pmsi de dénutrition sévère

Chez les patients âgés de moins de **70 ans**:

perte de poids égale ou supérieure à **15 % en 6 mois**, ou égale ou supérieure à **10 % en 1 mois** par rapport à une valeur antérieure à l'hospitalisation actuelle, mentionnée dans un dossier médical précédent ;

si le dosage est réalisé et en l'absence de syndrome inflammatoire :

- **albuminémie** inférieure à **20g/l**
- **préalbuminémie** (transthyrétinémie) inférieure à **50 mg/l**.

Chez les patients âgés de **70 ans** et plus :

perte de poids égale ou supérieure à **10 % en 1 mois**, ou égale ou supérieure à **15 % en 6 mois** ;

IMC inférieur à **18 kg/m²** ;

albuminémie inférieure à **30 g/l**.

Chaînage arrière : exemple 2 : règles (fictives)

```
"denutrition severe non documentee" SI  
  codage("E43")  
  ET NON "perte de poids significative"  
  ET "pas d albumine basse"  
  ET "pas de prealbumine basse"  
  ET "IMC non abaisse"
```

Chaînage arrière : exemple 2 : règles (fictives)

```
"perte de poids significative" SI  
    date(poids_actuel)-date(poids_precedent) < 6 mois  
    ET (poids_precedent-poids_actuel)/poids_precedent > 0.15
```

```
"perte de poids significative" SI  
    date(poids_actuel)-date(poids_precedent) < 1 mois  
    ET (poids_precedent-poids_actuel)/poids_precedent > 0.10
```

Chaînage arrière : exemple 2 : règles (fictives)

```
"Pas d albumine basse" SI  
  dosage_manquant("Albuminemie")
```

```
"Pas d albumine basse" SI  
  Age < 70  
  ET dosage("Albuminemie") > 20
```

```
"Pas d albumine basse" SI  
  Age > 70  
  ET dosage("Albuminemie") > 30
```

Chaînage arrière : exemple 2 : règles (fictives)

```
"Pas de prealbumine basse" SI  
  Age < 70  
  ET dosage_manquant("Prealbuminemie")
```

```
"Pas de prealbumine basse" SI  
  Age < 70  
  ET dosage("Prealbuminemie") > 50
```

```
"IMC non abaisse" SI  
  Age > 70  
  ET mesure(IMC) > 18
```

Exemple de moteur de règle (simplifié)

Exemples à voir sur <https://hkmi2.org/jszlog>

Utilisable sur un navigateur HTML moderne

Peut servir pour entrer les exemples précédents (à adapter en utilisant « & » au lieu de « ET », etc.).

chaînages

- Comme on peut le voir sur ces exemples simplifiés, la gestion des règles est très utile, mais entraîne des difficultés
 - Enchaînements
 - Valeurs manquantes (« monde clos »)
 - Priorités d'exécution
 - Résolution de conflits
 - Syntaxe
 - Etc.

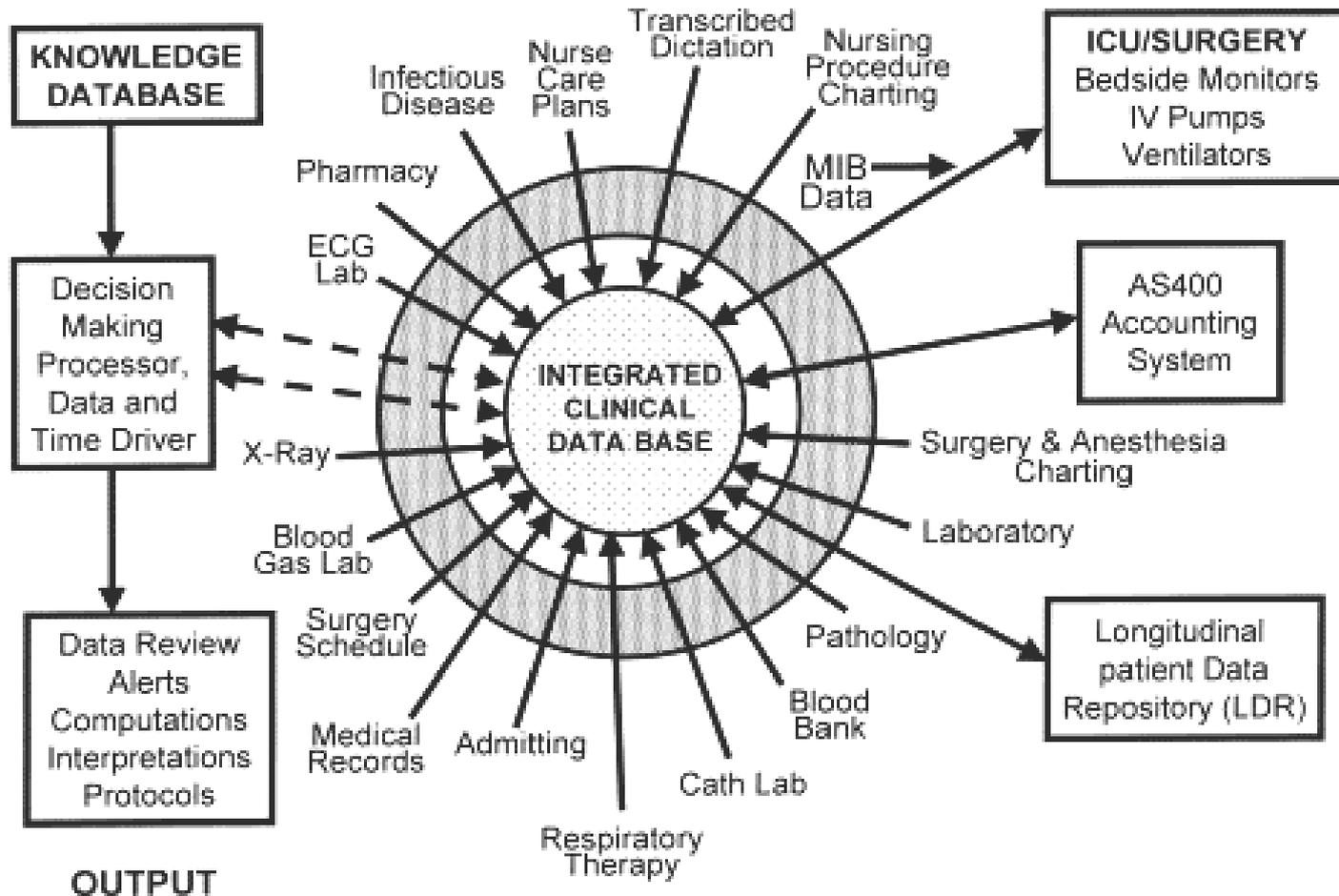
Modèles de données

- Systèmes intégrés
- Systèmes hétérogènes communicants
 - Normés
 - Non normés

Systemes intégrés

- Tout le système est construit autour d'un modèle base de donnée unique
- Donne la meilleure unité, la meilleure intégration
- Dépendance absolue / vendeur
- Difficultés de maîtriser les évolutions

Historique : le système HELP (1967)



Systemes hétérogènes communicants, normés

- La norme la plus utilisée : HL7
- Le SI est construit autour de la messagerie applicative
- Séduisant mais deux écueils :
 - HL7 v.2 répandu mais pas très cohérent
 - HL7 v.3 cohérent mais peu répandu
 - Coût quand même élevés

Systemes hétérogènes communicants, non normés

- Concerne encore certains systèmes d'informations actuels
- A l'APHP, convergence vers HL7
- -> Coûts ++, difficultés d'interfaçages ++
- XML peut aider à résoudre ces problèmes, mais trop peu utilisé (cela change cependant depuis HL7 FHIR)

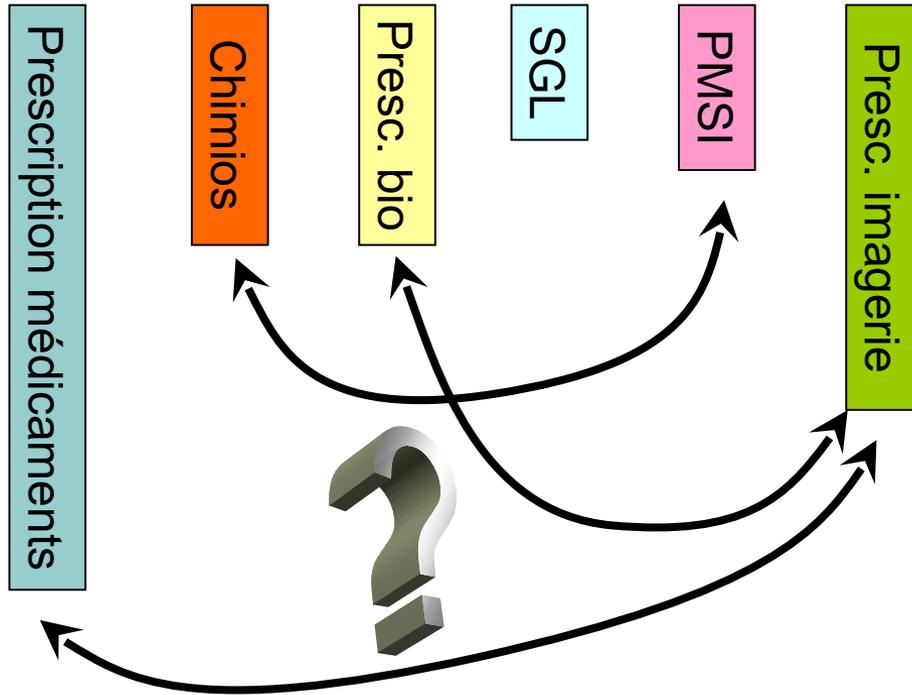
Outils métier

- De nombreux outils métier offrent maintenant la possibilité d'entrer "du code" à exécuter en une circonstance donnée
- Le problème est celui de la connaissance verticale

SAD spécialisés (verticaux)

- Électrocardiographe : possède maintenant souvent une interprétation des tracés
- Outils de prescription d'ordonnances : possèdent une détection des interactions
- Outils de gestion de laboratoires : interprètent les résultats d'examens individuels

Problème de l'intégration, de l'interaction



Quelques outils utilisés (liste non exhaustive)

- ORBIS : dossier patient, prescriptions
- DxCare : dossier patient, prescriptions
- Actipidos : (ancien) prescription de soins, de médicaments, d'examens complémentaires
- Chimio : prescription de chimiothérapies en relation avec le pharmacien
- Valab : aide à la validation des résultats de biologie
- Glims : système de gestion de laboratoires
- Nestor : recherche d'incohérences de codages diagnostics et actes (PMSI)

ORBIS

- Dossier patient Informatisé complet
 - Prescription de soins, thérapeutique
 - Prescription d'examens complémentaires
 - Biologie, Imagerie, tous plateaux techniques
 - Saisie de l'information médicale
 - Mode libre
 - Modes semi-structurés et structurés

ORBIS : Aide à la décision

- Plusieurs systèmes intégrés pour aider à la décision
 - Arden Syntax
 - Langage Orbis
 - Requêtes sémantiques
- Utilisation possible de ces systèmes à tous les niveaux (ex : questionnaires sur la coronarographie ou les examens fonctionnels pulmonaires)

DxCare

- Dossier patient Informatisé complet
 - Prescription de soins, thérapeutique
 - Prescription d'examens complémentaires
 - Biologie, Imagerie, tous plateaux techniques
 - Saisie de l'information médicale
 - Mode libre
 - Modes semi-structurés et structurés

DxCare : Aide à la décision

- Pas de système d'aide à la décision implantable par le client
- Questionnaires paramétrables qui peuvent intégrer des calculs et des tests booléens très simples
- Système de gestion de concepts bien conçu, malheureusement non appliqué pour l'aide à la décision
- Règles intégrées sur le système de prescription

Actipidos (obsolète, historique)

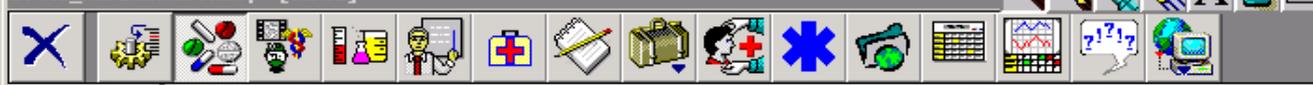
- Prescription de soins
- Prescription thérapeutique
- Prescription d'examens complémentaires
 - Biologie
 - Imagerie
- Malheureusement plus commercialisé

Actipidos - aides à la décision

- Quelques contre-indications (Allergies)
- Associations de deux molécules identiques
- Règles possibles sur la prescription de protocoles
- Syntaxe propriétaire, dérivée de VB, peu flexible, peu documentée

Actipidos – quels étaient les manques

- Communication des messages insuffisante
 - Communication vers le système de pharmacie OK
 - Mais pas de retour de la pharmacie vers Actipidos (était en cours de résolution)
- Pas de prescription de laboratoires connectée → pas d'aide à la décision
- Référentiels hétérogènes



Traitements thérapeutiques

Prescriptions récentes et prescriptions en cours sauf les prescriptions annulées

Si < >	Médicament	VA	Posologie	Début	Durée	Note	N° Ordo.
	MOPRAL 10MG GELULE		1 soir	Hier 17:05	1 mois (fin 11/01/08)		1
	ZESTRIL 20MG CPR -AC		1 cpr matin	Aujourd'hui 07:00	1 mois (fin 12/01/08)		1
	TAHOR 10MG CPR		1 cpr soir	Hier 17:05	1 mois (fin 11/01/08)		1
	JOSIR LP 0,4MG MICROGRAN GELULE		1 gl matin	Aujourd'hui 07:00	1 mois (fin 12/01/08)		1
	TXT: PANSEMENT DES 2 JAMDES: NETTOYER AU SÉRUM PHY, URGOTULL, BANDES		1 X 1 fois par jour <small>voir protocole de prise en charge des escarres, ulcères, brûlures</small>	Aujourd'hui	1 mois (fin 12/01/08)		1
	TXT: BU À L'ENTRÉE		1 X 1 fois par jour BU à l'entrée	Hier	1 jour (fin hier)		2

Conséquences

- Incohérences de prescriptions possibles
- Pas de garde-fous (doses cumulées / surface corporelle, etc.)
- Redondance de prescriptions (laboratoires, radios)
- Manque d'intégration

Chimio

- Outil de prescription des chimiothérapies
- Règles d'interdiction fixes
 - Doses maximum
 - Associations
 - Doses maximum cumulées
- Calculs des doses
- Planification des chimiothérapies
- Aide à la reconstitution

PRESCRIPTION

Dossier

Fiche d'une prescription

N° d'identification	775	Dossier		Femme, née le	
Nom patient				Age	58 ans
Prénom patient					
Service	6412	Oncologie hospit			
Protocole	ECF	Nature	Classique		
Localisation	Organes digestifs		T2A		
Inclusion	1 365	du	13/11/2007	Nb cycles prévus	12
				Date premier cycle	13/11/2007
N° prescription	15 753	Cycle	2	Jour	2
				Date début cycle	11/12/2007
Médecin				Date prévue admin.	14/12/2007
				Surf. corporelle (m²)	1,60
Commentaire	Susceptibilité a l'hypervolemie, pas de TDM dans les 48h.				

❖ Dci et Produits	❖ Dose prot.	❖ Nb	❖ Dose calc.	❖ Unité	❖ Réduction	❖ Dose pres.	❖ Jours adm.	❖
FLUORO-URACILE	200,00 mg/m²	1	320,00	mg		320,00	J1,J2	P
FLUORO-URACILE	200,00 mg/m²	5	1 600,00	mg		1 600,00	J3	P
FLUORO-URACILE	200,00 mg/m²	7	2 240,00	mg		2 250,00	J8,J15	P
EPIRUBICINE	50,00 mg/m²	1	80,00	mg		80,00	J1	P
CISPLATINE (CISPLATYL)	60,00 mg/m²	1	96,00	mg		96,00	J2	P
Primperan 10 mg inj	20,00 mg	1	20,00	mg		20,00	J1	P
METHYLPREDNISOLONE 40 MG INJ	80,00 mg	1	80,00	mg		80,00	J1,J2	P
RANITIDINE 50 MG INJ	50,00 mg	1	50,00	mg		50,00	J2	P
Zophren inj	8,00 mg	1	8,00	mg		8,00	J1,J2	P
GLUCOSE 5% POCHE SS PVC 500 ML	500 ml	1	500,00	ml		500,00	J2	P
GLUCOSE 5% POCHE SS PVC 1000 ML	1000 ml	1	1 000,00	ml		1 000,00	J2	P
CHLORURE SODIUM 0.9% POCHE SS PVC 100	100 ml	1	100,00	ml		100,00	J2	P
CHLORURE SODIUM 0.9% POCHE SS PVC 100	1000 ml	1	1 000,00	ml		1 000,00	J2	P
CHLORURE SODIUM 0.9% POCHE SS PVC 100	1000 ml	1	1 000,00	ml		1 000,00	J2	P

- Etat
- Demandée
- En cours de préparat
- Administrée
- Administrée
- Administrée
- Administrée

- Col
- Susc
- Susc
- Susc
- Susc
- Susc
- Susc

PRESCRIPTION

Dossier

Fiche d'une prescription / Dr. / Base de production

N° d'identification: 746 Dossier: ... Femme, né le: ...
 Nom patient: ... Age: 45 ans
 Prénom patient: ...

Protocole: INTERGROUPE 03-07 - Bras FOLFIRI Hospit Nature: Essai thérapeutique
 Localisation: Organes digestifs Dose protocole: 400,000 mg/m²

N° d'inclusion: 1 341 Nb cycles prévus: 12 Date premier cycle: 31/10/2007 Taille (cm): 163
 N° ligne prescription: 96 694 Cycle: 4 Jour: 1 Date début cycle: 12/12/2007 Poids (kg): 45,00
 N° prescription: 15 535 Surface corporelle (m²): 1,45

Administration prévue le: 13 DCI: FLUORO-URA
 Dose calculée: 580,00 /Jour pendant 1
 Motif de réduction: ...

Dispositif: ...
 Véhicule: GLUCOSE 5% SS PVC 100 ML
 Volume: 0,00 ml Volume mini (ml): 11,50
 Voie administration: IV Voie Intra Veineuse
 Durée administration: 0 heures et 10 minutes
 Commentaire: ...

Dosages	
1000 mg	
5000 mg	

Fiche d'une prescription / Dr. / Base de production

Le pourcentage de réduction doit être compris entre -10 et 0 %.

OK

- Etat
- Prévue
- Administrée
- Administrée
- Administrée
- Administrée
- Administrée
- Administrée

- Col
- Cl de

Valab

- Validation automatique de résultats d'examens simples et de routine
 - Hématologie
 - Biologie
- Base de connaissance fermée et cryptée
- Économise plusieurs heures de travail de Biologiste par jour

No : 0712B130730
 Nom :
 Né(e) le : : Date Examen : 13/12/2007 15h
 Sexe : M Cont.d'urgence : NON Cont.Hosp. : OUI

Origine dossier : autre
 réanimation

Sodium	143	mmol/l	143	13/12/2007 13h	●
Potassium	4.5	mmol/l	4.1	13/12/2007 13h	●
Chlorures	*109	mmol/l	*107	13/12/2007 13h	●
Bicarbonates	*23.8	mmol/l	25.7	13/12/2007 13h	●
Protéines	*40	g/l	*44	13/12/2007 13h	●
Balance ion.	96.9	ss unité	98.16	13/12/2007 13h	●
Urée	4.2	mmol/l	4.9	13/12/2007 13h	●
Créatinine	84	µmol/l	85	13/12/2007 13h	●
Phosphatas.alc.	30	UI 37°	33	13/12/2007 13h	●
GGT	*5	UI 37°	*6	13/12/2007 13h	●
Bilirubine tot.	11	µmol/l	12	13/12/2007 13h	●
Bilirubine dir.	4	µmol/l	4	13/12/2007 13h	●
ALAT (TGP)	9	UI 37°	11	13/12/2007 13h	●
ASAT (TGO)	29	UI 37°	29	13/12/2007 13h	●

Fermeture de l'Automate

Bilan non validé.



Rcp	Ana	Ms-Cx	Sys	Net
Trs	Exp	Ready...		

On

VALAB
 - expert -

NTD	612
NDE	612
NDV	319



Sauvegarde

Base de connaissance Valab

- Moteur d'inférence à base de règles, non ouvert
- + Tables de paramétrage des valeurs normales et de fluctuation des examens

Taux maximum d'analyses refusées à partir duquel le dossier est globalement bloqué :

- pour la Biochimie : 100%
- pour la Gazométrie : 100%
- pour l'Hématimétrie : 100%
- pour la Coagulation : 100%

ID	Type	Paramètre	Obligatoire	A seuil	Unité	Mini	NomInf	NormSup	Maxi	Delta	S.Cor	S.Ant	LimiteRP	DeltaMax+	DeltaMax-	TempsDM	Ratio inf	Ratio Sup	Remarque	Conversion	U. Std
501	A	5-HIAA	NON	NON	µmol/l	0	0	50	500	100	1	1	2 A.	(200	67	2 A.)	-	-		µmol/l * 1	
502	A	ACE (CAE)	NON	NON	mg/l	0	0	5	50	50	1	1	2 A.	(200	67	2 A.)	-	-		mg/l * 1	
504	A	AFP	NON	NON	mg/l	0	0	10	500	50	1	1	2 A.	(999	90	2 A.)	-	-		mg/l * 1	
508	A	B 2 Microglob.	NON	NON	mg/l	0.2	1	2.4	6	25	1	1	2 A.	(67	40	2 A.)	-	-		mg/l * 1	
510	A	CA 125	NON	NON	U/ml	0	0	35	350	50	1	1	2 A.	(200	67	2 A.)	-	-		U/ml * 1	
511	A	CA 15.3	NON	NON	UI 25°	0	0	30	150	30	1	1	2 A.	(150	60	2 A.)	-	-		UI 25° * 1	
512	A	CA 19.9	NON	NON	U/ml	0	0	37	300	40	1	1	2 A.	(200	67	2 A.)	-	-		U/ml * 1	
513	A	CA 50	NON	NON	U/ml	0	0	23	200	50	1	1	2 A.	(200	67	2 A.)	-	-		U/ml * 1	
514	A	CA 72.4	NON	NON	U/ml	0	0	6	50	50	1	1	2 A.	(200	67	2 A.)	-	-		U/ml * 1	
517	A	5' Nucléotidase	NON	NON	UI 25°	0.1	1.5	5.5	10	25	1	1	2 A.	(67	40	2 A.)	-	-		UI 25° * 1	
531	A	Cyfra 21	NON	NON	µg/l	0	0	35	500	60	1	1	2 A.	(250	70	2 A.)	-	-		µg/l * 1	
551	A	NSE	NON	NON	µg/l	0	0	12.5	50	30	1	1	2 A.	(150	60	2 A.)	-	-		µg/l * 1	
554	A	PAP	NON	NON	µg/l	0	0	3	10	25	1	1	2 A.	(100	50	2 A.)	-	-		µg/l * 1	
560	A	PSA	NON	NON	µg/l	0	0	2.5	25	50	1	1	2 A.	(200	67	2 A.)	-	-		µg/l * 1	
561	A	PSA Libre (Free)	NON	NON	µg/l	0	0	0.375	25	50	1	1	2 A.	(200	67	2 A.)	-	-		µg/l * 1	
567	A	SCC Antigène	NON	NON	µg/l	0	0	2.5	20	50	1	1	2 A.	(200	67	2 A.)	-	-		µg/l * 1	
568	A	Thyroglobuline Ac	NON	NON	U/ml	0	0	40	100	25	1	1	2 A.	(67	40	2 A.)	-	-		U/ml * 1	
569	A	Thyropéroxydase Ac	NON	NON	U/ml	0	0	60	100	20	1	1	2 A.	(50	33	2 A.)	-	-		U/ml * 1	
570	A	TPA	NON	NON	UI 25°	0	0	80	200	25	1	1	2 A.	(67	40	2 A.)	-	-		UI 25° * 1	
620	A	Homocytéine	NON	NON	mmol/l	3	5	10	100	20	1	1	180 J.	(60	30	2 A.)	-	-		mmol/l * 1	

Glims

- Système de gestion de laboratoire
- Recueil de demandes
- Moteur d'inférence propriétaire
- Syntaxe de règles propriétaire "MISPL"
- Nombreux événements à de nombreux endroits (demande, validation, ajout d'examens, résultats anormaux, etc.)

Exemple d'événements pendant la saisie du dossier

The image shows a software dialog box titled "Options saisie de dossiers" with a dark blue header. It contains five tabs: "Général", "Modifier", "Standard", "Séquence", and "Avancé", with "Avancé" being the active tab. The dialog is set against a light gray background and contains several configuration options:

- Mode scan OMR:** A dropdown menu currently showing "Manuel".
- Traducteur OMR:** A text input field containing a question mark "?".
- Evaluation avant sauvegarde:** A text input field containing "EVALUATION_Before_Commit".
- Evaluation après sauvegarde:** A text input field containing "EVALUATION_After_Commit".
- Evaluation après planification:** A text input field containing "Evaluation_after_saving".
- Arrondir heure de prélèvement:** A text input field containing a question mark "?".
- Messages planific.:** A text input field containing the number "1".
- Activez get écran-ci automatiquement:** An unchecked checkbox.

At the bottom right of the dialog, there are two buttons: "OK" and "Annuler".

Règle de suppression d'examens inutiles

Définition

```
STRING AnaList, ReqList;
STRING sexe, scan;
Fractional Age;

AnaList := .Attribute("PropertyList");
ReqList := .Attribute("RequestList");
sexe := EnumeratedToString("sex", .Object.Person().Sex);
Age := .Object.AgeInYears(DateTimeToDate(.LowestObjectTime));

/*Message("Demande: " + .InternalId);*/

/* Supprime toxine et culture clostridium chez les patients agés de moins de 2 ans */

IF index(AnaList,"CDTOX") > 0 THEN
  IF .Object.AgeInYears(DateTimeToDate(.LowestObjectTime)) < 2 THEN
    .Result("B_cult_CD", ?, ?).MicrobiologyAction().SetStatusDiscontinued();
    .CancelResults("CDTOX", "Age < 2 ans");
  /* .AddRequest("COMCDIF2", ?, ?);*/
  ENDIF;
ENDIF;

IF index(ReqList,"798") > 0 THEN
  If index(ReqList,"77") = 0 Then
    .CancelResults("B_EDGB,B_microsc_NNAT", "neonates");
  EndIf;
ENDIF;

IF index(ReqList,"798") > 0 THEN
```

OK

Annuler

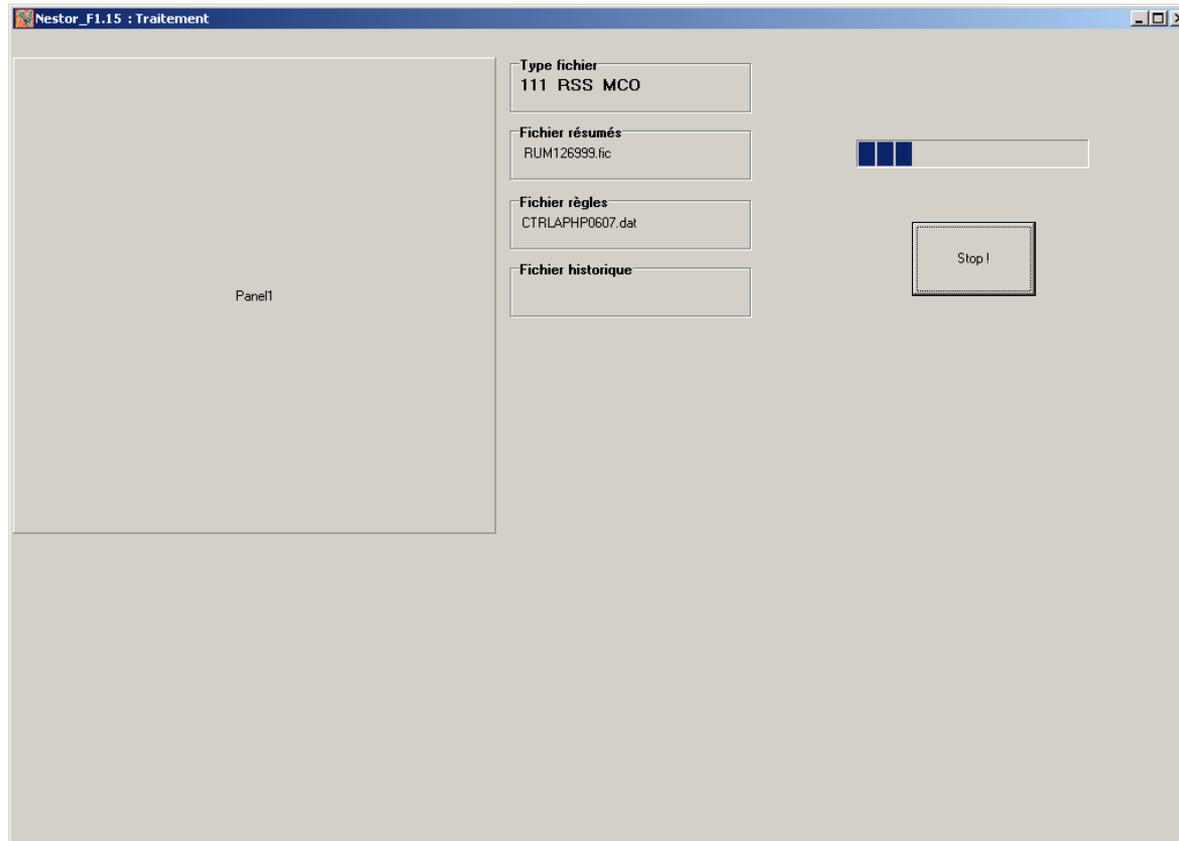
Limitations

- Syntaxe propriétaire
 - -> Règles non transférables
 - "Vendor lock-in"
- Nécessite un personnel bien entraîné
- Pas de communication hors du système GLIMS propriétaire
- Périmètre flou (une règle MISPL si mal écrite peut bloquer tout le système)

Nestor

- Analyse des codages diagnostics groupés
- Rapport des principales erreurs de groupage

Nestor - interface



Nestor - résultats

Microsoft Excel - Sortie-test-harry-karadimas.txt

Fichier Edition Affichage Insertion Format Outils Données Fenêtre ?

Tapez une question

Arial 10 G I S 100% masquer

A1 regle

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	regle	GHM Etb	CMD Etb	Cd_ret Etb	FINES	Identifiant RS	Num Admin	l'age (annees)	age (jours)	sex
2	429_Acte de dialyse pour IRC sans code diagnostic d'IRC	11M01S	11		940100027	3214263	260646336	56	0	1
3	438_Séjours pour leucémie aigüe avec CMAS (GHM 17M01S)	17M01S	17		940100027	3215003	260641631	55	0	1
4	240_Diagnostic relié, suivi de la consigne	24M36Z	24		940100027	3216021	260701540	24	0	1
5	335_adulte IGS >14 et pas d'acte marqueur	08M19V	8		940100027	3217181	260647290	50	0	1
6	438_Séjours pour leucémie aigüe avec CMAS (GHM 17M01S)	17M01S	17		940100027	3217992	260644596	77	0	1
7	438_Séjours pour leucémie aigüe avec CMAS (GHM 17M01S)	17M01S	17		940100027	3217992	260644596	77	0	1
8	273_extensions ATIH : effet GHM - DP isolé MAJ 01/01/2007 GH	24M10Z	24		940100027	3221210	260701502	73	0	2
9	335_adulte IGS >14 et pas d'acte marqueur	06C04W	6		940100027	3249276	260639342	93	0	1
10	335_adulte IGS >14 et pas d'acte marqueur	08M07W	8		940100027	3250107	260646969	43	0	1
11	252_codes Z et séjours trop longs	17M06V	17		940100027	3250739	260646015	74	0	2
12	253_DS > borne haute du GHM et pas de CMA (GHM segmenté)	17M06V	17		940100027	3250739	260646015	74	0	2
13	238_Chimio pour leucémie aigüe 17M05V et durée séjour > 7	17M05Z	17		940100027	3250742	260646703	45	0	1
14	252_codes Z et séjours trop longs	17M05Z	17		940100027	3250742	260646703	45	0	1
15	335_adulte IGS >14 et pas d'acte marqueur	20Z06W	20		940100027	3251220	260634950	64	0	1
16	335_adulte IGS >14 et pas d'acte marqueur	16C02Z	16		940100027	3251247	260700923	80	0	1
17	335_adulte IGS >14 et pas d'acte marqueur	05C10W	5		940100027	3251458	260702050	74	0	1
18	335_adulte IGS >14 et pas d'acte marqueur	05C11W	5		940100027	3251473	260702939	74	0	1
19	335_adulte IGS >14 et pas d'acte marqueur	05C10W	5		940100027	3252027	260700456	67	0	1
20	438_Séjours pour leucémie aigüe avec CMAS (GHM 17M01S)	17M01S	17		940100027	3252199	260643777	76	0	1
21	438_Séjours pour leucémie aigüe avec CMAS (GHM 17M01S)	17M01S	17		940100027	3252199	260643777	76	0	1
22	438_Séjours pour leucémie aigüe avec CMAS (GHM 17M01S)	17M01S	17		940100027	3252199	260643777	76	0	1
23	438_Séjours pour leucémie aigüe avec CMAS (GHM 17M01S)	17M01S	17		940100027	3252207	260645325	61	0	2

Prêt NUM

Nestor - règles

```
CTRLAPHP0607.dat - Bloc-notes
Fichier Edition Format ?
D/219_GHM d'endoscopie sans anesthésie générale chez un enfant de moins 6 ans
ET(DANS(DP[ag-], [* , ag-6]); ET(DANS(GH, $D_106); NON(DANS(AC, $D_107))))
F/

Oncologie

Code Chimiothérapie en DP et séjour trop long
D_108_Codes Z susceptibles d'augmenter la durée de séjour
[Z56][Z59][Z60][Z61][Z62][Z63][Z74][Z75][Z76]
F_

D/233_NPE_Code Chimiothérapie en DP et séjour trop long (> 6 j) : intermédiaire
ET(DANS(DP[se=], [Z511, se=0]); NON(OU(DANS(DR, [C8][C9]); OU(DANS(DS, $D_108); DANS(CM, [27])))))
F/

D/234_Code Chimiothérapie en DP et séjour trop long (> 14 j)
DANS(RI[ds+], [233, ds+14])
F/HIS_b

D/234_Code Chimiothérapie en DP et séjour trop long (7 j < ds < 15 j)
ET(DANS(RI[ds+], [233, ds+7]); NON(DANS(RI, [234])))
F/

Cancer - Hiérarchisation

D/236_Cancer - Hiérarchisation
ET(ET(DANS(DP, [C][D0]); DANS(DS, [Z5101][Z511])); DANS(RI[ds-], [112, ds-4])); NON(DANS(AC, [AANB001][AANL001]))
F/HIS_b

Antécédents de cancer acte lourd ou chimio ou radiothérapie
```

Modèles possibles pour une implémentation de SADC

- Interrogation directe et périodique des bases
 - Difficultés de mise en oeuvre
 - Compense partiellement l'absence d'envois structurés
- Envoi des données sous forme XML
- Structuration se rapprochant de HL7
- Base unique relationnelle (par ex. Oracle)

Modèle des règles

- Règles utilisent un format standard dans le domaine médical : la **Syntaxe Arden**
- Fait partie de l'organisme HL7
- Utilisable directement par techniciens médicaux, biologie, médecins
- Bien utilisé aux US, peu répandu en Europe

Structure

Structure
Modulaire
Simple

Maintenance

Title

Version

Institution

Filename

...

Library

Purpose

Explanation

Keywords

Citations

...

Knowledge

Logic

Data

Action

Evoke

...

```

maintenance:
  title: check anion gap for normality;;
  mlmname: check_anion_gap ;;
  arden:version 2;;
  version: 1 ;;
  institution: CHU Henri Mondor student course ;;
  author: H. Karadimas ;;
  specialist: H. Karadimas ;;
  date: 2004-11-05 ;;
  validation: testing ;;
library:
  purpose: calculate anion gap and verify it ;;
  explanation: anion gap is the difference between cations (Cl, HCO3) and
    anions (Na).
  ;;
  keywords: ;;

knowledge:
  type:data_driven;;
  data:
    e := event {qaif:student:natrium storage} ;
    natrium := read last {qaif:student:natrium};
    bicar := read last {qaif:student:bicar}
      where it occurred within 1 minute surrounding time of natrium;
    chloride := read last {qaif:student:chloride}
      where it occurred within 1 minute surrounding time of natrium;
    ;;
  evoke: e ;;
  logic:
    gap := natrium - (chloride + bicar);
    if natrium is null or bicar is null or chloride is null or gap is null then
      conclude false;
    endif;
    if gap < 12 - 4 or gap > 12 + 4 then conclude true; endif;
    conclude false;
    ;;
  action:
    if gap > 12 + 4 then
      write "!!+++!! anion gap too high";
    else
      write "!---!! anion gap too low";
    endif;
    ;;
end:

```

Exemple

Calcul et interprétation
Du trou anionique

Bénéfices

- Syntaxe simple, procédurale
- Bonne prise en compte du temps ++
- Conçu pour le partage
- Points d'interfaçage avec le SIH

Limitations

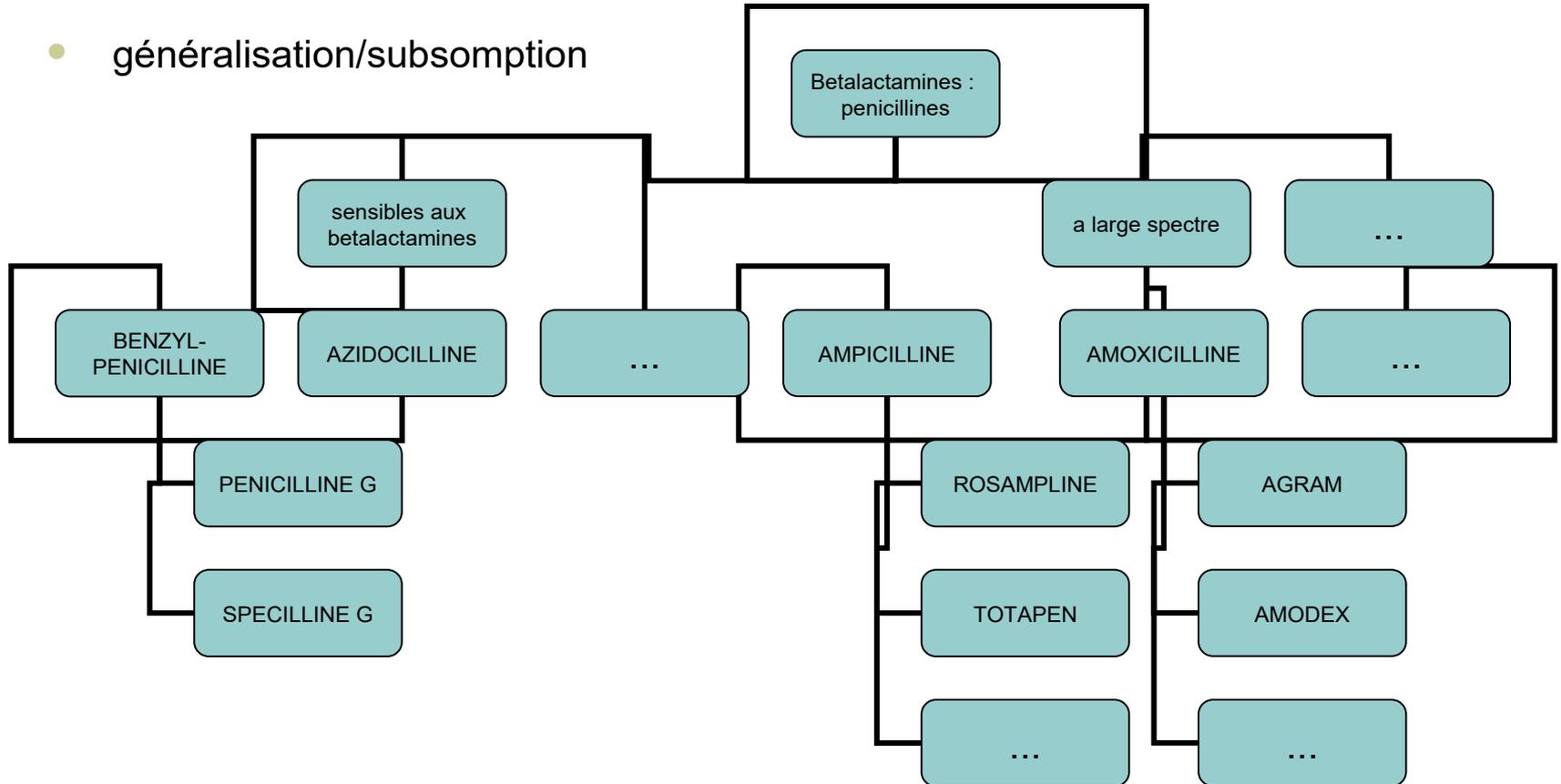
- Pas de modèle de chaînage
- Limité en complexité
- Modèle de donnée non standardisé (doit changer avec la prochaine version)
- Grande charge CPU/E.S. sur les bases de données
- Peu supporté (pour l'instant) par les éditeurs européens

Situation actuelle du standard

- Actuellement en version 2.10 et 3.0 (en préparation)
- Ajout d'éléments plus complexes (localisations, logique floue → complique l'implémentation +++)
- Connecteurs HL7 v3 pour Arden Syntax 3.0 : utilisation de FIHR en tant que source de données
- Proposition d'ajout de fonctions utilisateur (H. Karadimas 2015, acceptée)

Améliorations encore possibles (ex: allergie pénicilline)

- généralisation/subsorption



Améliorations possibles : fonctions

Sans les fonctions :

```
//estimation clearance selon la formule de Cockroft & Gault
if sex = "F" then k := 1.23; else k := 1.04; endif;
clcreat := k * weight * (140 - age) / creat;
if clcreat < 30 then
  conclude true;
endif;
```

Améliorations possibles : fonctions

Avec les fonctions :

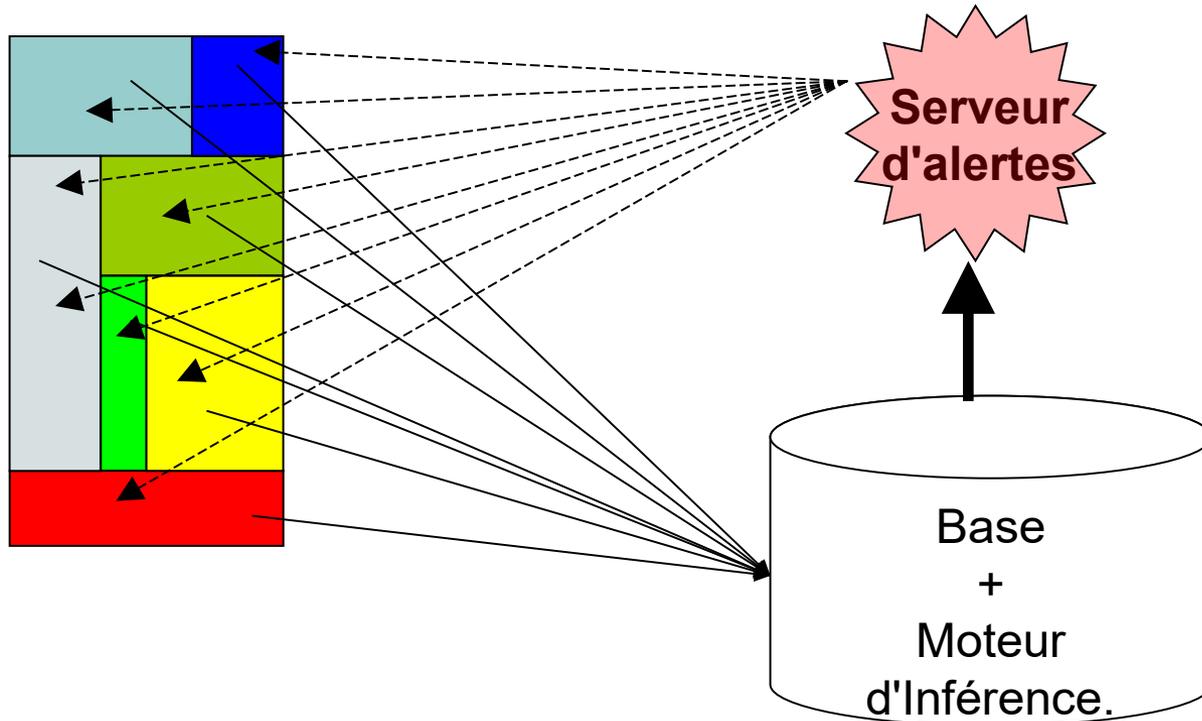
functions:

```
function cockroft_gault(with CREAT, WEIGHT, AGE, SEX)
  if SEX = "M" then K := 1.23; else K := 1.04; endif;
  return K * WEIGHT * (140 - AGE) / CREAT;
endfunction;
```

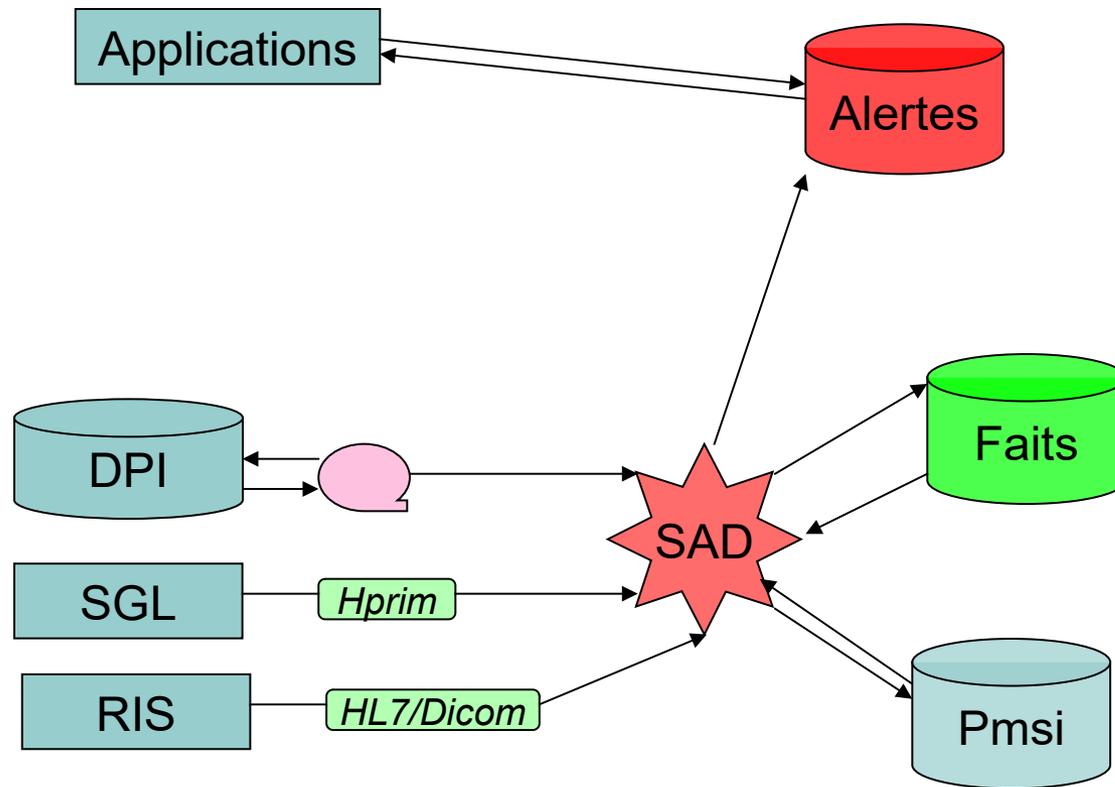
;;

```
CG := call cockroft_gault with CREAT, WEIGHT, AGE, SEX;
If CG < 30 then
  conclude true;
Endif:
```

Serveur d'aide à la décision



Exemple d'intégration



Problèmes d'intégration

- Format des données : XML non normé, HL7 (v. 2 ou v. 3) non supporté nativement (sauf dans prochaine version)
- Intégration très difficile à faire sans support (payant) des industriels
- Intégration difficile dans les outils métiers tiers

Intégration dans le système Orbis AP-HP

- Moteur d'aide à la décision d'Orbis s'appelle « EXPERTER »
- Implémentation Arden version 2.5
- Utilisation d'outils de requêtage avancés (SPARQL, web sémantique)
- Indexation par des codes SNOMED CT, précoordonnés, bientôt postcoordonnés
- Encore pas complètement déployé !

Conclusion

- Les systèmes à base de règle sont un vrai progrès pour le clinicien (et le DIM...)
- L'automatisation d'un système d'aide à la décision est difficile sans les pré requis
 - Communications présentes, structurées
 - Codages, nomenclatures internationales
- L'utilisation de standards (HL7++) facilite la mise en place de tels systèmes

2025 et au delà : Perspectives

- L'exécution des règles est fiable car absolument reproductible
- Les réseaux de neurones posent encore des problèmes de reproductibilité mais connaissent une évolution sans précédent
- → Utilisation des AI génératives pour aider à l'écriture de règles ?