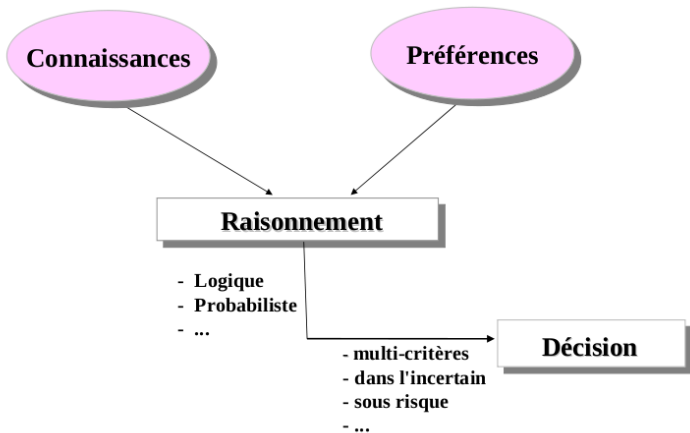


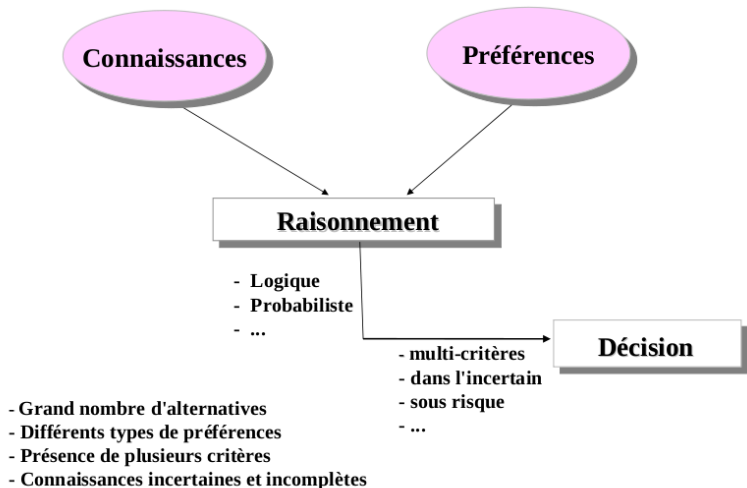
Modèles logiques et graphiques pour l'aide à la décision

Karima SEDKI

Post-doctorante au LAMIH

14 Avril 2011





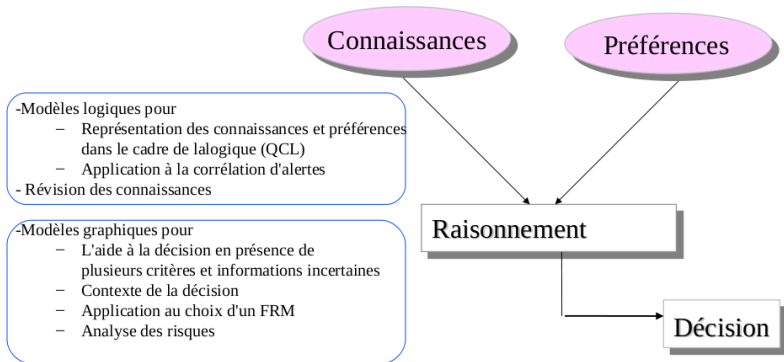
① Modèles quantitatifs : Probabilités, utilités

- Utilité espérée (von Neumann & Morgenstern 1947, Savage 1954)
- Utilité Multi-attributs (Keeney et Raiffa 1976).
- Critères maximin, minimax, regret, Hurwicz, Laplace.
- Modèles graphiques : Arbres de décision, réseaux bayésiens, diagrammes d'influence, GAI-nets, etc.

② Modèles qualitatifs : Comparaison entre alternatives

- Logique QDT (Qualitative Decision Theory) de (Boutilier 1994).
- Logiques de type Ceteris Paribus (von Wright 1963, Hansson 1996).
- Logiques pondérées (Dubois et al. 1994, Benferhat et al. 2001)
- Modèles graphiques : CP-net, ...
- ...

Domaine : Intelligence Artificielle et aide à la décision



① Pourquoi ?

- **Décision à prendre**

Exemple : Voyager pendant les vacances d'Avril

- ⇒ **La notion de préférence intervient**

Quel pays, quelle compagnie, quel moyen de transport, durée de séjour ?

- **Les préférences permettent de :**

- Guider nos choix sur un ensemble d'alternatives (ou propositions)
- Indiquent la "désirabilité" des alternatives (meilleures, rejetées, etc.)

① Pourquoi ?

- **Décision à prendre**

Exemple : Voyager pendant les vacances d'Avril

- ⇒ **La notion de préférence intervient**

Quel pays, quelle compagnie, quel moyen de transport, durée de séjour ?

- **Les préférences permettent de :**

- Guider nos choix sur un ensemble d'alternatives (ou propositions)
- Indiquent la "désirabilité" des alternatives (meilleures, rejetées, etc.)

② Problèmes

- Grand nombre d'alternatives
- Présence de plusieurs critères
- Les préférences sont souvent exprimées d'une façon contradictoire
- Les préférences sont de différents types : conditionnelles, prioritaires,...

① Pourquoi ?

- **Décision à prendre**

Exemple : Voyager pendant les vacances d'Avril

- ⇒ **La notion de préférence intervient**

Quel pays, quelle compagnie, quel moyen de transport, durée de séjour ?

- **Les préférences permettent de :**

- Guider nos choix sur un ensemble d'alternatives (ou propositions)
- Indiquent la "désirabilité" des alternatives (meilleures, rejetées, etc.)

② Problèmes

- Grand nombre d'alternatives
- Présence de plusieurs critères
- Les préférences sont souvent exprimées d'une façon contradictoire
- Les préférences sont de différents types : conditionnelles, prioritaires,...

⇒ **Des formalismes de représentation de préférences sont nécessaires**

Formalismes de représentation de préférences

● Représentation quantitative

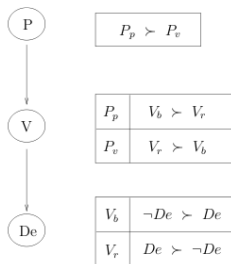
- A chaque alternative est associée une valeur numérique (utilité)
- \Rightarrow Prise en compte de l'incertitude mais la notion d'utilité n'est pas intuitive
- \Rightarrow Problématique de tri (B. Roy 85)

● Représentation qualitative

- Comparer chaque alternative par rapport aux autres
- \Rightarrow Facilité d'utilisation par tout un chacun mais peu d'outils en théorie de la décision
- \Rightarrow Problématiques de choix et de rangement (B. Roy 85)

CP-net (Conditional Preferences Network) Boutilier et al. 1999

- Un plat à base de poisson est préféré à un plat à base de viande
- Si poisson : vin blanc est préféré à vin rouge
- Si viande : vin rouge est préféré à vin blanc
- Si vin blanc : ne pas prendre de dessert
- Si vin rouge : prendre un dessert



Nos besoins concernant le raisonnement en présence de préférences...

- Langage suffisant et riche pour représenter les règles conditionnelles : préférences de la forme "**Si A est préféré à B alors C est préféré à D**"

Nos besoins concernant le raisonnement en présence de préférences...

- Langage suffisant et riche pour représenter les règles conditionnelles : préférences de la forme "**Si A est préféré à B alors C est préféré à D**"
- Représentation de différents types de préférences

Nos besoins concernant le raisonnement en présence de préférences...

- Langage suffisant et riche pour représenter les règles conditionnelles : préférences de la forme "**Si A est préféré à B alors C est préféré à D**"
- Représentation de différents types de préférences
- Logique permettant d'exprimer des informations générales

Nos besoins concernant le raisonnement en présence de préférences...

- Langage suffisant et riche pour représenter les règles conditionnelles : préférences de la forme "**Si A est préféré à B alors C est préféré à D**"
- Représentation de différents types de préférences
- Logique permettant d'exprimer des informations générales

⇒ **Logique du choix qualitatif (QCL) comme point de départ pour répondre à nos objectifs**

La logique du Choix Qualitatif (QCL)

Définition [Brewka, Benferhat, Le Berre 2001]

La logique du choix qualitatif ajoute aux formules de la logique propositionnelle un nouveau connecteur, nommé **disjonction ordonnée** ($\vec{\times}$), utilisé pour exprimer des préférences entre alternatives.

Logique propositionnelle + disjonction ordonnée ($\vec{\times}$)



Logique du Choix Qualitatif (QCL)

Exemple

" $Train \vec{\times} Avion \Rightarrow Classe1$ " exprime "si le train est préféré à l'avion alors on prend la classe 1."

Définition [Formules de Choix de Base (BCF)]

Une formule de choix de base correspond à la disjonction ordonnée de deux ou plusieurs formules propositionnelles.

"*Alertes-Web* $\vec{\times}$ *Alertes-Ping*" est une BCF

Définition [Formules de Choix Générales (GCF)]

Une formule de choix générale représente toute formule qui peut être obtenue de tous les symboles de QCL ($\vec{\times}$, \wedge , \vee , \neg).

"(*Avion* $\vec{\times}$ *Train*) \Rightarrow (*Classe2* $\vec{\times}$ *Classe1*)" est une GCF

Relation d'inférence des formules *BCF*

- Relation d'inférence : définition d'un degré de satisfaction
- Une préférence peut être satisfaite avec différents degrés de satisfaction

Définition

- Soit $\phi = a_1 \vec{\times} a_2 \vec{\times} \dots \vec{\times} a_n$ une *BCF*.
 $I \models_k a_1 \vec{\times} a_2 \vec{\times} \dots \vec{\times} a_n$ ssi $I \models a_1 \vee a_2 \vee \dots \vee a_n$ et $k = \min(j \mid I \models a_j)$.
- Soit $\phi \in PROP_{PS}$.
 $I \models_1 \phi$ ssi $I \models \phi$.

Exemple

Les modèles de la formule " *Air-France* $\vec{\times}$ *Easy-Jet* " sont :

<i>Air-France</i>	<i>Easy-Jet</i>	<i>Air-France</i> $\vec{\times}$ <i>Easy-Jet</i>
F	F	-
F	V	2
V	F	1
V	V	1

Les préférences ne sont pas satisfaites

Seconde meilleure solution

} Meilleure solution

Exemple : Une des limites de QCL

Préférences génériques :

- Les utilisateurs qui préfèrent Air-France à Easy-Jet réservent aussi des hôtels***
 $\Rightarrow \forall x, AF(x) \vec{\times} EJ(x) \Rightarrow Hotel(x)$
- Les utilisateurs qui préfèrent Easy Jet à Air France ne réservent pas des hôtels***
 $\Rightarrow \forall x, EJ(x) \vec{\times} AF(x) \Rightarrow \neg Hotel(x)$

Préférences factuelles :

- Jean préfère Air-France à Easy-Jet
 $\Rightarrow AF(Jean) \vec{\times} EJ(Jean)$

Problème

$\Rightarrow QCL$: Produit des incohérences

\Rightarrow Plus généralement QCL gère mal la négation de préférences

Toute formule de la forme $\neg(\phi \wedge \psi)$, $\neg(\phi \vee \psi)$ ou $\neg(\phi \vec{\times} \psi)$ est équivalente à une formule propositionnelle

\Rightarrow Des adaptations à QCL sont nécessaires...

- Traitement de la négation dans les préférences (ECAI'06).
- Normalisation des préférences (FLAIRS'07).
- Représentation des préférences prioritaires et positives (ECSQUARU'07).
- Notion de modèles préférés pour raisonner sur une base de connaissances et préférences (FSS'08).
- Préférences qualitatives en présence de plusieurs critères (NAFIPS'10).
- Extension de *QCL* en un fragment de la logique du premier ordre (JANCL'10)
- et application à la corrélation d'alertes SECRYPT'08, JANCL'10).

① **Caractéristiques de \mathcal{PQCL}**

- La sémantique d'une formule est basée sur son degré de satisfaction

① Caractéristiques de \mathcal{PQCL}

- La sémantique d'une formule est basée sur son degré de satisfaction
- $I \vDash_k^{PQCL} \phi$ exprime que I satisfait ϕ avec le degré k

① Caractéristiques de \mathcal{PQCL}

- La sémantique d'une formule est basée sur son degré de satisfaction
- $I \vDash_k^{PQCL} \phi$ exprime que I satisfait ϕ avec le degré k
- La négation est aussi proche de la négation propositionnelle

① Caractéristiques de \mathcal{PQCL}

- La sémantique d'une formule est basée sur son degré de satisfaction
- $I \vDash_k^{PQCL} \phi$ exprime que I satisfait ϕ avec le degré k
- La négation est aussi proche de la négation propositionnelle
- La conjonction (resp. disjonction) est prioritaire : la préférence " $(\text{avion} \vec{x} \text{train}) \wedge (\text{fenêtre} \vec{x} \text{couloir})$ " signifie que " $\text{avion} \vec{x} \text{train}$ " est **plus importante que** " $\text{fenêtre} \vec{x} \text{couloir}$ "

① Caractéristiques de \mathcal{PQCL}

- La sémantique d'une formule est basée sur son degré de satisfaction
- $I \vDash_k^{PQCL} \phi$ exprime que I satisfait ϕ avec le degré k
- La négation est aussi proche de la négation propositionnelle
- La conjonction (resp. disjonction) est prioritaire : la préférence " $(\text{avion} \vec{x} \text{ train}) \wedge (\text{fenêtre} \vec{x} \text{ couloir})$ " signifie que " $\text{avion} \vec{x} \text{ train}$ " est **plus importante** que " $\text{fenêtre} \vec{x} \text{ couloir}$ "

② Relation d'inférence \mathcal{PQCL} : deux méthodes

① Caractéristiques de \mathcal{PQCL}

- La sémantique d'une formule est basée sur son degré de satisfaction
- $I \vDash_k^{PQCL} \phi$ exprime que I satisfait ϕ avec le degré k
- La négation est aussi proche de la négation propositionnelle
- La conjonction (resp. disjonction) est prioritaire : la préférence " $(\text{avion} \vec{x} \text{ train}) \wedge (\text{fenêtre} \vec{x} \text{ couloir})$ " signifie que " $\text{avion} \vec{x} \text{ train}$ " est **plus importante que** " $\text{fenêtre} \vec{x} \text{ couloir}$ "

② Relation d'inférence \mathcal{PQCL} : deux méthodes

- ① Normalisation de préférences ($\mathcal{N}_{\mathcal{PQCL}}$)

① Caractéristiques de \mathcal{PQCL}

- La sémantique d'une formule est basée sur son degré de satisfaction
- $I \vDash_k^{PQCL} \phi$ exprime que I satisfait ϕ avec le degré k
- La négation est aussi proche de la négation propositionnelle
- La conjonction (resp. disjonction) est prioritaire : la préférence " $(\text{avion} \vec{x} \text{ train}) \wedge (\text{fenêtre} \vec{x} \text{ couloir})$ " signifie que " $\text{avion} \vec{x} \text{ train}$ " est **plus importante que** " $\text{fenêtre} \vec{x} \text{ couloir}$ "

② Relation d'inférence \mathcal{PQCL} : deux méthodes

- ① Normalisation de préférences ($\mathcal{N}_{\mathcal{PQCL}}$)
- ② Utilisation de la relation d'inférence des formules de choix générales

Relation d'inférence \mathcal{PQCL} : première méthode

$\mathcal{N}_{\mathcal{PQCL}}$ donne la formule *BCF* équivalente à toute formule *GCF* ayant la forme $\phi \wedge \psi$, $\phi \vee \psi$, $\neg\phi$.

Définition

Soit $\phi = a_1 \vec{x} a_2 \vec{x} \dots \vec{x} a_n$, $\psi = b_1 \vec{x} b_2 \vec{x} \dots \vec{x} b_m$.

- $\mathcal{N}_{\mathcal{PQCL}}(\phi \wedge \psi) \equiv c_{11} \vec{x} \dots \vec{x} c_{1m} \vec{x} c_{21} \vec{x} \dots \vec{x} c_{2m} \vec{x} \dots \vec{x} c_{n1} \vec{x} \dots \vec{x} c_{nm}$, $c_{ij} = a_i \wedge b_j$.
 $a_1 \wedge b_1$: meilleure option
 $a_1 \wedge b_2$: seconde option
 $a_n \wedge b_m$: dernière option
- $\mathcal{N}_{\mathcal{PQCL}}(\phi \vee \psi) \equiv d_{11} \vec{x} \dots \vec{x} d_{1m} \vec{x} d_{21} \vec{x} \dots \vec{x} d_{2m} \vec{x} \dots \vec{x} d_{n1} \vec{x} \dots \vec{x} d_{nm}$, $d_{ij} = a_i \vee b_j$.
- $\mathcal{N}_{\mathcal{PQCL}}(\neg\phi) \equiv \neg a_1 \vec{x} \neg a_2 \vec{x} \dots \vec{x} \neg a_n$.

Une fois que toutes les préférences sont en forme normale, on applique la relation d'inférence *BCF*

Exemple

Soit $\psi = (\text{avion} \vec{x} \text{ train}) \wedge (\text{fen\^ete} \vec{x} \text{ couloir})$

1) Normalisation de ψ :

$\mathcal{N}_{MQLL} ((\text{avion} \vec{x} \text{ train}) \wedge (\text{fen\^ete} \vec{x} \text{ couloir}))$

$\equiv (\text{avion} \wedge \text{fen\^ete}) \vec{x} (\text{avion} \wedge \text{couloir}) \vec{x} (\text{train} \wedge \text{fen\^ete}) \vec{x} (\text{train} \wedge \text{couloir}).$

Exemple

Soit $\psi = (\text{avion} \vec{x} \text{ train}) \wedge (\text{fen\^ete} \vec{x} \text{ couloir})$

1) Normalisation de ψ :

$\mathcal{N}_{\mathcal{MQLL}}((\text{avion} \vec{x} \text{ train}) \wedge (\text{fen\^ete} \vec{x} \text{ couloir}))$

$\equiv (\text{avion} \wedge \text{fen\^ete}) \vec{x} (\text{avion} \wedge \text{couloir}) \vec{x} (\text{train} \wedge \text{fen\^ete}) \vec{x} (\text{train} \wedge \text{couloir}).$

2) Degré de satisfaction de ψ :

Soit $I = \{\text{avion}, \text{couloir}\}$.

$I \not\models \text{avion} \wedge \text{fen\^ete}$, $I \models_2 \text{avion} \wedge \text{couloir}$,

donc $I \models_2 \mathcal{N}_{\mathcal{MQLL}}(\psi)$. Donc I satisfait ψ avec le degré 2.

Relation d'inférence \mathcal{PQCL} : deuxième méthode

définition

Soient ϕ_1, ϕ_2 deux formules GCF, I une interprétation, $I \vdash_k^{PQCL}$ symbolise la relation d'inférence dans le cadre de \mathcal{PQCL} .

- 1 $I \vdash_k^{PQCL} (\phi_1 \vec{\times} \phi_2)$ ssi
 - $I \vdash_k^{PQCL} \phi_1$ ou
 - $I \vdash_n^{PQCL} \phi_2$ et $\exists m$ tel que $I \vdash_m^{PQCL} \phi_1$, et $k = n + \text{opt}(\phi_1)$.
- 2 $I \vdash_k^{PQCL} (\phi_1 \vee \phi_2)$ ssi un des cas suivant est satisfait :
 - $(I \vdash_1^{PQCL} \phi_1)$ ou $(I \vdash_1^{PQCL} \phi_2)$ et $k = 1$,
 - (exists $i > 1$ tel que $I \vdash_i^{PQCL} \phi_1$) et $[\exists m$ tel que $I \vdash_m^{PQCL} \phi_2]$, et $k = (i-1) \times \text{opt}(\phi_2) + 1$,
 - (exists $i > 1$ tel que $I \vdash_i^{PQCL} \phi_1$ ou $\exists l$, tel que $I \vdash_l^{PQCL} \phi_1$) et (exists $j > 1$ tel que $I \vdash_j^{PQCL} \phi_2$), et $k = j$.
- 3 $I \vdash_k^{PQCL} (\phi_1 \wedge \phi_2)$ ssi $I \vdash_i^{PQCL} (\phi_1)$ et $I \vdash_j^{PQCL} (\phi_2)$ et $k = (i-1) \times \text{opt}(\phi_2) + j$.

Problématique (projet ANR PLACID)

Les systèmes de détection d'intrusions génèrent beaucoup d'alertes

- Une grande quantité de fausses alertes
- Présence d'alertes répétitives
- Les alertes présentent des niveaux de risque (gravité) différents

Problématique (projet ANR PLACID)

Les systèmes de détection d'intrusions génèrent beaucoup d'alertes

- Une grande quantité de fausses alertes
- Présence d'alertes répétitives
- Les alertes présentent des niveaux de risque (gravité) différents

⇒ Tâche d'analyse difficile et inefficace.

- **Nouvelle approche de corrélation d'alertes**
 - **Exploiter l'expérience de l'administrateur réseau**
- ⇒ Prendre en considération les **préférences de l'administrateur réseau et ses connaissances** sur le fonctionnement du système, l'IDS, les alertes, et toute information qu'il peut avoir par expérience, etc.

- **Nouvelle approche de corrélation d'alertes**
- **Exploiter l'expérience de l'administrateur réseau**

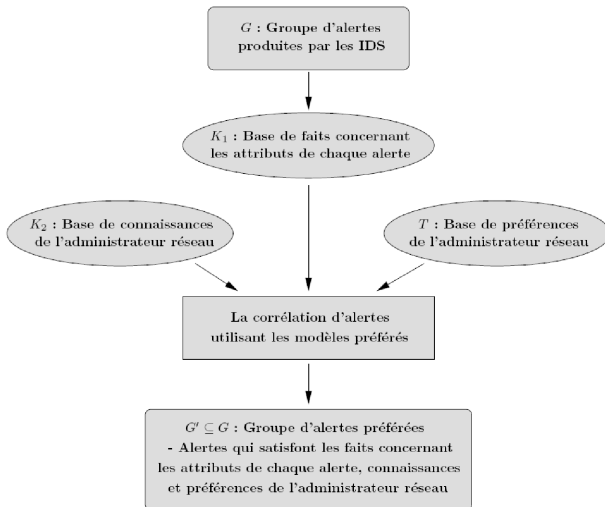
⇒ Prendre en considération les **préférences de l'administrateur réseau et ses connaissances** sur le fonctionnement du système, l'IDS, les alertes, et toute information qu'il peut avoir par expérience, etc.

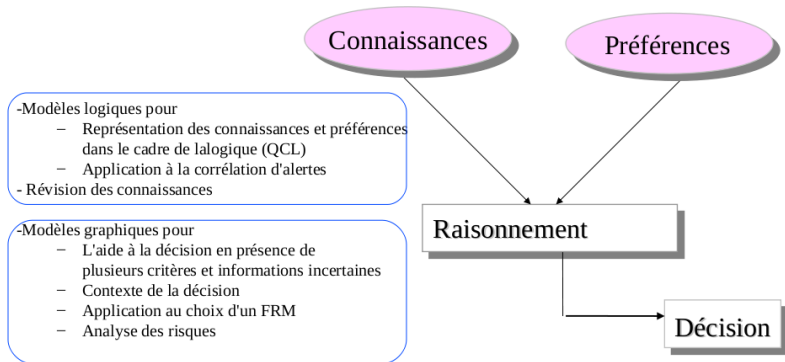
Comment procéder ?

- Modéliser les connaissances et les préférences de l'administrateur réseau dans notre cadre logique
- Ordonner et classifier les alertes dans différentes catégories.
- Présenter à l'administrateur uniquement les alertes préférées.

Notre approche de corrélation d'alertes

Schéma général de notre approche





Modèles graphiques probabilistes

- **Modèle graphique** : Tout ce qui a une composante graphique (nœuds + liens).
- **Composante quantitative** : Chaque variable du graphe est associée à une distribution de probabilités.
- **Composante qualitative** : Variables et liens.

Modèles graphiques probabilistes

- **Modèle graphique** : Tout ce qui a une composante graphique (nœuds + liens).
- **Composante quantitative** : Chaque variable du graphe est associée à une distribution de probabilités.
- **Composante qualitative** : Variables et liens.
- **Exemples** :

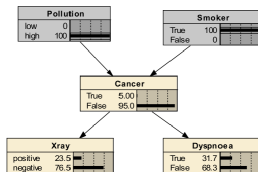


FIGURE: Exemple d'un réseau Bayésien.

Modèles graphiques probabilistes

- **Modèle graphique** : Tout ce qui a une composante graphique (nœuds + liens).
- **Composante quantitative** : Chaque variable du graphe est associée à une distribution de probabilités.
- **Composante qualitative** : Variables et liens.
- **Exemples** :

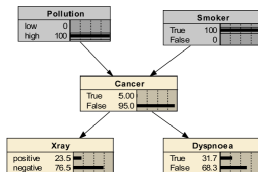


FIGURE: Exemple d'un réseau Bayésien.

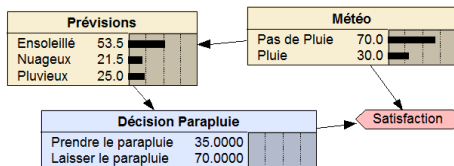


FIGURE: Exemple d'un diagramme d'influence.

Principales utilisation

- Inférence probabiliste
- Applications : classification, diagnostic, ...
- Apprentissage possible ...

Avantages

- Représentation compacte
- Interprétable
- Raisonner avec des informations incertaines/incomplètes
- Il existe des algorithmes efficaces pour l'apprentissage et l'inférence

① Construction du modèle :

- Définir la structure : les variables et les liens
- Définir les paramètres : distribution de probabilités locales
- Deux possibilités :
 - ① Demander à un expert (élicitation)
 - ② Apprendre automatiquement (à partir de données)

Construction et utilisation d'un modèle graphique

1 Construction du modèle :

- Définir la structure : les variables et les liens
- Définir les paramètres : distribution de probabilités locales
- Deux possibilités :
 - 1 Demander à un expert (élicitation)
 - 2 Apprendre automatiquement (à partir de données)

2 Utilisation :

- Fixer la valeur de certains noeuds (observations)
- Mettre à jour les probabilités et/ou utilités des noeuds cibles (inférence)

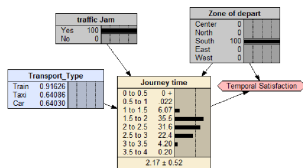


FIGURE: Observations concernant la zone de départ et le trafic (Train est la meilleure décision).

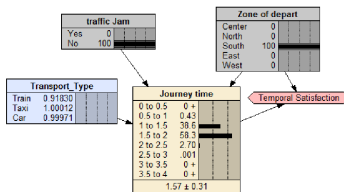


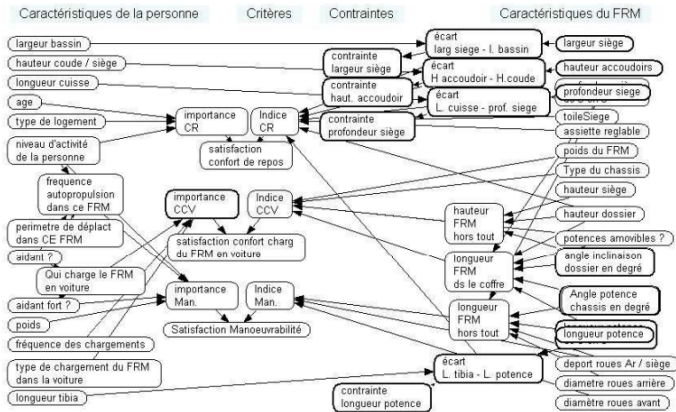
FIGURE: Observations concernant la zone de départ et le trafic (Taxi est la meilleure décision).

Modèles graphiques probabilistes pour

- Aide à la décision multi-critère (IIS'10, ROADEF'10, EGC'11)
 - Approche basée sur les réseaux bayésiens
 - Application au choix d'un FRM (Projet SACR-FRM)
- Analyse des risques dans le cadre du modèle *BCD* (EUSFLAT'11, RJCIA'11)
- Application aux systèmes industriels (projet SOMMAIR) en collaboration avec EDF & CRAN

Réseau bayésien pour le Choix d'un FRM (projet SACR-FRM)

- Prise en compte du contexte de la décision (caractéristiques et préférences du décideur, facteurs internes et externes, contraintes,...)
- Représentation d'interdépendances entre les variables de décision.



Analyse des risques : Modèle *BCD* (Polet et Vanderhaegen)

- Pour protéger un système et les utilisateurs, des consignes de fonctionnement, des barrières (matérielles, symbolique, ...) sont souvent mises en place.
- **Exemple (Code de la route)** : S'arrêter aux feux rouges, aux stops, ne pas dépasser la ligne continue, ...

Analyse des risques : Modèle *BCD* (Polet et Vanderhaegen)

- Pour protéger un système et les utilisateurs, des consignes de fonctionnement, des barrières (matérielles, symbolique, ...) sont souvent mises en place.
- **Exemple (Code de la route)** : S'arrêter aux feux rouges, aux stops, ne pas dépasser la ligne continue, ...
- **Mais** un utilisateur peut ne pas respecter ces consignes

Analyse des risques : Modèle *BCD* (Polet et Vanderhaegen)

- Pour protéger un système et les utilisateurs, des consignes de fonctionnement, des barrières (matérielles, symbolique, ...) sont souvent mises en place.
- **Exemple (Code de la route)** : S'arrêter aux feux rouges, aux stops, ne pas dépasser la ligne continue, ...
- **Mais** un utilisateur peut ne pas respecter ces consignes
⇒ Franchissement de barrières ou déviation du comportement.

Analyse des risques : Modèle *BCD* (Polet et Vanderhaegen)

- **Modèle *BCD*** : Permet d'étudier le comportement dévié d'un utilisateur (opérateur humain) face à des barrières.
- Les conséquences sont analysées suivant trois paramètres :
 - **Les bénéfiques (B)** : Gains recherchés par l'utilisateur.
 - **Les coûts (C)** : Pertes acceptables pour l'utilisateur.
 - **Les déficits (D)** : Pertes inacceptables.
- Comportement prescrit respecté : Probablement, pas de bénéfice, coût, déficit
- Comportement prescrit non respecté : Succès ou échec

Exemple de l'omelette

Alternatives	États de l'œuf	
	œuf bon	œuf mauvais
casser l'œuf à part (<i>P</i>)	omelette à six œufs et une tasse à laver	omelette à cinq œufs et une tasse à laver
casser l'œuf dans le bol (<i>D1</i>)	omelette à six œufs	omelette gâchée
jeter l'œuf (<i>D2</i>)	omelette à cinq œufs (1 œuf gâché)	omelette à cinq œufs

TABLE: Exemple de représentation d'un problème avec le modèle BCD

Exemple de l'omelette

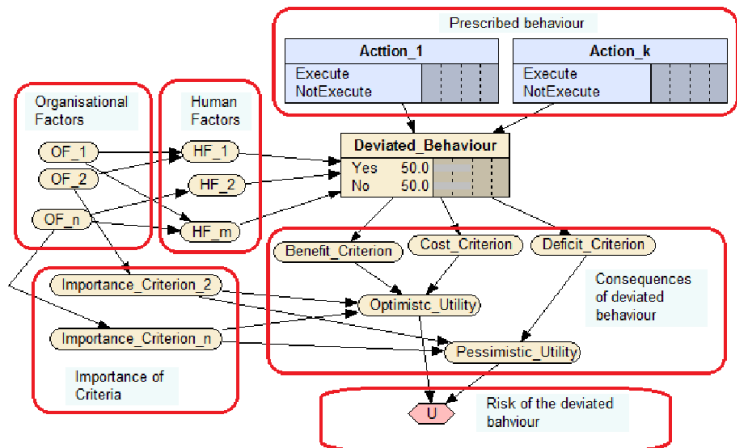
Actions	États de l'œuf	
	œuf bon (CS)	œuf mauvais (CF)
<i>P</i>	<i>CS_Production</i> = 6 oeufs <i>CS_Temps</i> = 10mn	<i>CF_Production</i> = 5 oeufs
<i>D1</i>	<i>CS_Production</i> = 6 oeufs <i>CS_Temps</i> = 8mn (Bénéfice Temps)	<i>CF_Production</i> = -5 oeufs (Déficit production)
<i>D2</i>	<i>CS_Production</i> = 5 oeufs (Coût production) <i>CS_Temps</i> = 8mn (Bénéfice Temps)	<i>CF_Production</i> = 5 oeufs

TABLE: Problème de l'omelette (conséquences en termes de BCD)

- La déviation du comportement n'est pas seulement "intentionnelle"
- Introduire des facteurs qui influencent les décisions des utilisateurs
 - Facteurs organisationnels : pression de production, faiblesse de sécurité, etc.
 - Facteurs humains : Formation insuffisante, manque de retour d'expérience, etc.
- Utilisation d'un diagramme d'influence pour l'analyse des risques (approche multi-critère).

Modèle de risque

- Les différentes variables du modèle :
 - Des facteurs organisationnels et humains
 - Importance des critères pour l'organisation (sécurité, productivité, etc.).
 - Bénéfice, déficit et coût et Utilité de chaque décision



- Travail en cours :
 - Étudier un cas réel : imprimerie rotative
 - Introduire des facteurs techniques aux cas où les barrières sont matérielles
 - Proposer un guide (en termes du bénéfice, coût et déficit) pour aider à l'estimation de l'efficacité des actions dans l'analyse intégrée des risques.

L'aide à la décision nécessite des formalismes efficaces pour modéliser et raisonner sur des connaissances et préférences des utilisateurs :

- Modèles logiques
 - Facilité d'élicitation
 - Adaptés aux nouvelles applications (commerce électronique, systèmes de recommandation,...).
- Modèles graphiques
 - Interprétables, compactes,
 - Inférence : des algorithmes existent

- Possibilité de combiner les deux approches (modèles logiques et graphiques)
- Modèles graphiques probabilistes et méthodes d'aide à la décision multi-critères traditionnelles
- Distribution des modèles graphiques probabilistes pour l'aide à la décision
- Optimisation multi-objectif (prise en compte des préférences et d'incertitude)