

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université de Jijel**  
**Faculté des Sciences exactes et de l'informatique**  
**Département d'informatique**



**– Module –**  
**Systemes Experts**

**Master 1 : SIAD**

**Enseignant du module : Dr. Hemza FICEL**

**Contact: [hemza.ficel@univ-jijel.dz](mailto:hemza.ficel@univ-jijel.dz)**

# Chapitre 4 – L'incertitude dans les systèmes experts

Comment la logique classique traite **les situations**  
**où la certitude est relative et non absolue ...**

“

**Situation 1** : si les symptômes d'une maladie sont des **douleurs au niveau de la poitrine**, de **la fièvre** et de **la fatigue**, il paraît judicieux de ne pas dire **avec certitude** qu'il s'agit d'une grippe : il y a de fortes chances que ce soit la grippe, **mais des maladies plus dangereuses pourraient se cacher derrière ces symptômes !** (la bronchite, des troubles cardiaques, ...)

”

“

**Situation 2** : une entreprise peut utiliser différents indicateurs pour évaluer les performances de ses employés (p. ex., la productivité, la qualité du travail, les relations interpersonnelles). Cependant, la plupart de ces indicateurs sont **difficiles à quantifier de manière précise**. Par exemple, le critère de « la qualité du travail » peut être **subjective** (**difficile à évaluer de manière objective**) et peut varier selon les attentes de chaque entreprise.

”

La logique classique ne peut pas traiter ces situations car elle suppose que toute proposition est binaire (vraie ou fausse) **et non graduelle ...**

**Concept de l'incertitude ...**

## Concept de l'incertitude

- ✚ L'**information** exploitée par le l'expert humain est souvent **imparfaite** : incertaine, incomplète, inconsistante, inexactes, non mesurables, etc.
- ✚ **Exemple** : **Un fait peut être incertain** dans le sens où on n'est pas sûr de sa valeur de vérité.

**Avez-vous très **mal à la tête** ? Ou pas tellement**

**Réponse : sur une échelle de **0 à 10****



## Concept de l'incertitude

- ✚ Les **connaissances fournies** par les experts (p. ex., les règles de production) conduisent souvent à des **conclusions incertaines** même à partir de faits certains.
- ✚ Exemple : **une règle peut être incertaine** si les **prémisses sont vrais** et on n'est pas sur d'aboutir toujours à la conclusion.

**SI la pluie tombe très fort ALORS inondation**

**Sources de l'incertitude ...**

## Sources de l'incertitude

✚ **Langage naturel ambigu** : la présence de termes comme **fréquemment, dès fois, souvent, jamais, probablement** peut **entraîner une confusion** pour le système expert, car elles peuvent avoir **des significations différentes** selon le contexte ou la personne qui les utilise.

**Le patient souffre **souvent** de maux de tête**

✚ Le terme "**souvent**" est ambigu dans cet exemple, car pour certaines personnes, il pourrait signifier **une fois par semaine**, tandis que pour d'autres, il pourrait signifier **plusieurs fois par semaine**.

## Sources de l'incertitude

✚ **Différents points de vues d'experts** : lorsqu'il y a plusieurs experts impliqués dans la conception d'un système expert, il est possible qu'ils aient des opinions différentes sur la façon de résoudre un problème spécifique. Ceci peut se traduire par des règles incompatibles ou contradictoires, qui peuvent rendre la prise de décision difficile pour le système expert..

### Expert 1

Si le **projet informatique est complexe**, Alors  
il faut utiliser **une méthode agile**

### Expert 2

Si le **projet informatique est complexe**, Alors  
il faut utiliser **une méthode en cascade**

✚ Les deux règles précédentes sont issues de **deux experts en gestion de projets informatiques**.

## Sources de l'incertitude

✚ **Implication faible** : pour un expert, il est souvent difficile de corréler la partie **SI** (conditions) et la partie **ALORS** (conclusions) d'une règle. Dans cette situation, la présence des conditions qui ne garantissent pas toujours la validité des conclusions peut conduire à des résultats imprécis ou inexacts.

**SI le patient a de la fièvre, ALORS il a une infection**

✚ La règle est sujette à l'implication faible, car **il existe des situations où le patient peut avoir de la fièvre, mais pas nécessairement une infection**. Par exemple, la fièvre pourrait être causée par un effet secondaire d'un médicament ou par une réaction allergique.

## Sources de l'incertitude

✚ **Les exceptions aux règles** : il existe souvent des situations où une règle ne s'applique pas pour certaines exceptions, ce qui peut entraîner des résultats imprévus ou incorrects (influencer le degré d'incertitude que le système a pour cette règle).

**SI le feu de signalisation est vert, ALORS les véhicules peuvent avancer**

✚ Il peut y avoir des exceptions à la règle précédente qui peuvent influencer le degré de confiance que le système a dans cette règle. Par exemple, **si un policier est présent à l'intersection et donne des instructions contraires à la signalisation.**

## Sources de l'incertitude

✚ **Données manquantes** : lorsque des **données nécessaires pour prendre une décision ne sont pas disponibles** pendant le raisonnement, cela peut entraîner des réponses imprécises dans les résultats du système expert.

**SI le produit X est en stock  
ET le client Y a acheté plusieurs produits similaires à X,  
ALORS recommander le produit X au client Y.**

✚ Si les **données sur la disponibilité du produit ou l'historique d'achat du client (client anonyme) ne sont pas disponibles** pendant l'application de la règle précédente, le système expert ne sera pas en mesure de fournir une réponse précise.

Un système expert doit être capable de fonctionner **même avec des données incertaines**, car dans la réalité il y a toujours de l'incertitude.



**Comment traiter l'incertitude dans les systèmes experts ?**



**Mais avant cela, on doit préciser le vocabulaire employé !**

## Information singulière VS générique

✚ L'information **générique** concerne une classe de situations (p. ex., une loi physique, une connaissance de sens commun, ...).

Les **oiseaux volent**

✚ L'information **singulière** concerne un fait particulier (p. ex., le résultat d'une observation ou d'un témoignage).

Le **manchot** est un oiseau qui **ne vole pas**

## Information objective VS subjective

✚ L'information **objective** est un information neutre qui **décrit la réalité telle qu'elle est** (p. ex., elle est issue de l'observation directe de phénomènes).

**Il pleut à Jijel et il neige à Sétif**

✚ L'information **subjective** est un information qui **exprime un caractère personnel** (non objectif) de l'individu qui l'a donnée (ce qu'il pense/ressent).

**Il me semble que ce poisson n'est pas frais**

## Information certaine VS incertaine

- ✚ L'**incertitude** est l'absence d'une information exacte nous permettant d'atteindre **une conclusion catégorique**.
- ✚ Exemple de **conclusion catégorique** en logique : Si **A est vrai** Alors **non A est faux** ;
- ✚ Une **information est dite incertaine** si un utilisateur ne sait pas si cette information est vraie ou fausse (**l'incertitude ne signifie pas nécessairement que l'information est fausse**, mais plutôt il y a **un doute sur la véracité de l'information**).

Situation : l'âge d'une personne X **est incertain ou non**



1. entre 20 et 22 ans

**Certain**

2. probablement la vingtaine

**Incertain**

## Information précise VS imprécise

✚ Une information est dite **imprécise** si elle **est insuffisante** pour permettre à un utilisateur de répondre à une question qu'il se pose. On parle d'information incomplète/manquante (l'imprécision est liée au **contenu de l'information**).

Situation : L'âge d'une personne, **le terme mineur est imprécis ou non** ?



1. Valeurs possibles = {mineur, majeur}

**Précis**

2. Valeurs possibles = {1,2,3,...,100}

**Imprécis**

Mineur = {mineur}

Mineur = {1,2,...,17}

## Information précise VS imprécise

Mineur = {1,2,...,17}



✚ Dans une information **imprécise** les valeurs possibles sont **mutuellement exclusives** (l'information ne prend qu'une seule valeur parmi les valeurs possibles). Ainsi, on peut dire qu'une information imprécise prend la forme d'une **disjonction (ou)** de valeurs mutuellement exclusives.

✚ **Exemple** : dire que Ali a **entre 15 et 17 ans**, c'est supposer que l'âge (Ali) = **15 ans ou**, l'âge (Ali) = **16 ans, ou** l'âge (Ali) = **17 ans**.

## Exercice

L'âge d'une personne X



1. 19 ans et trois mois

**Certain + précis**

2. entre 17 et 20 ans

**Certain + imprécis**

3. probablement 20 ans

**Incertain + précis**

4. devant avoir entre 17 et 20 ans

**Incertain + imprécis**

Comment **traiter l'incertitude** ?





# Traitement de l'incertitude : les facteurs de certitude

## Facteur de certitude

- ✚ **Idée de la théorie des facteurs de certitude** : l'incertitude peut être modélisée par des valeurs numériques (**facteur de certitude CF**) qui mesure la force de la croyance de l'expert dans un fait ou une conclusion/règle donnée.
- ✚ **CF** varie de **-1** à **+1** :
  - **CF (f) = -1** signifie que le système expert est sûr que **le fait « f » est totalement faux**,
  - **CF (f) = 1** signifie que le système expert est sûr que **le fait « f » est définitivement vrai**.
  - **CF (f) = 0** signifie que le système expert n'a aucune information sur **le fait « f »**.

### Remarque :

- ✚ Une valeur positive de CF (c.-à-d.  **$0 < CF < +1$** ) représente **le degré de croyance** dans le fait **f**
- ✚ Une valeur négative de CF (c.-à-d.  **$-1 > CF > 0$** ) représente **le degré de non croyance** dans le fait **f**.

## Facteur de certitude

**R : SI P (preuve/permisse) ALORS H (hypothèse/conclusion)**

**R : Si (p1 : activité suspecte sur le réseau) ET (p2: plusieurs tentatives de connexion infructueuses)  
ALORS (h1 : il est probable qu'il s'agit d'une attaque par force brute)**

- ✚ **CF (p1) = 0,8** signifie que nous avons un degré de confiance de **80%** (**une forte confiance**) dans la **validité du fait p1** (la détection d'une activité malveillante sur le réseau).
- ✚ **CF (p2) = 0,6** signifie que nous avons un degré de confiance de **60%** (**une confiance modérée**) dans la **validité du fait p2** (les tentatives de connexion infructueuses).
- ✚ **CF (h1) = 0,9** signifie que nous avons un degré de confiance de **90%** (**une forte confiance**) dans la conclusion que l'utilisateur tente une attaque par force brute (**la conclusion h1**).

Une règle peut aussi posséder **un facteur de certitude CF(R)**.

## Facteur de certitude

**R : Si (p1 : activité suspecte sur le réseau) ET (p2: plusieurs tentatives de connexion infructueuses)  
ALORS (h1 : il est probable qu'il s'agit d'une attaque par force brute)**

✚ Si l'utilisateur est un administrateur système légitime Alors  $CF(R) = -1$

✚ Dans ce cas, l'identité de l'utilisateur (**utilisateur de confiance**) diminue la confiance globale dans notre règle **R**. Cela signifie que la présence d'un utilisateur de confiance (un administrateur de système légitime) **diminue la confiance dans la validité de la règle R**.

✚  $CF(R) = -1$  signifie que nous avons un degré de **non croyance** de 100% dans la validité de **R**. Autrement dit, le système expert est sûr que la règle « **R** » est totalement fausse.

Comment fixer **les valeurs des facteurs de certitude.**

## Facteur de certitude

✚ Les valeurs des facteurs de certitude **souvent** fixées par un expert ou un comité d'experts.

Terme	CF
Définitivement non	-1
Presque certain que non	-0,8
Probablement non	-0,6
Peut être que non	-0,4
Inconnu	-0,2 à +0,2
Peut être	+0,4
Probablement	+0,6
Presque certain	+0,8
Définitivement oui	+1

P: Il va **probablement** neiger demain à Jijel

CF (P) = ?

CF (P) = +0,6

## Facteur de certitude

- Les valeurs des facteurs de certitude **souvent** fixées par un expert ou un comité d'experts.

**Si le vent souffle fort alors tempête**

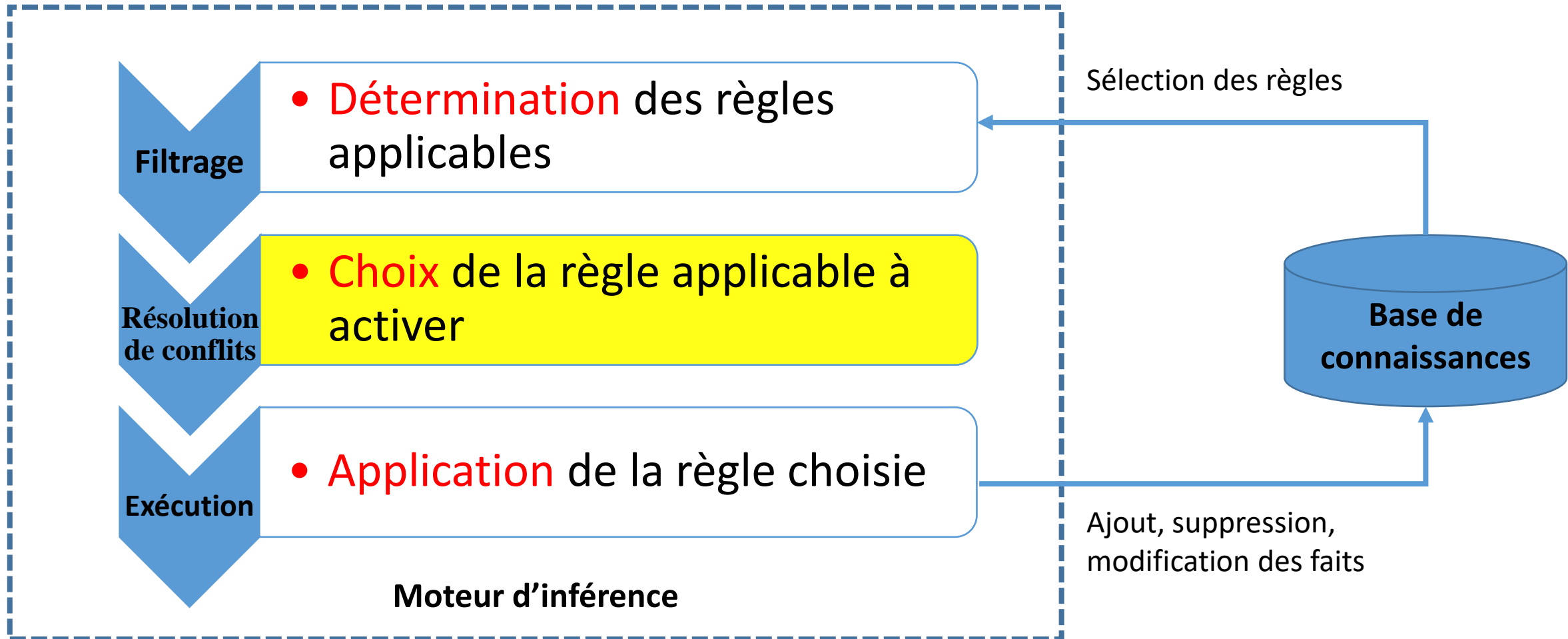
**La force du vent (prémisses non connues avec certitude)**

Terme	CF
<b>Extrême</b>	+1
<b>élevée</b>	+0,8
<b>modérée</b>	+0,5
<b>minime</b>	+0,2
<b>nulle</b>	0



Il est assez facile d'ajouter des facteurs de certitude aux règles/conclusions/faits. **Mais**, comment un moteur d'inférence peut raisonner avec ces facteurs de certitude ?

## Raisonnement incertain



## Raisonnement incertain

Les facteurs de certitude sont utilisés principalement dans l'étape de **résolution de conflits (méta-règles)** lorsqu'il y a des règles en conflit pour favoriser les conclusion les plus certaines. Ainsi, les conclusions avec des facteurs de certitude plus élevés sont considérées comme plus fiables et seront donc privilégiées dans cette étape.

Base de règles	Base de faits
<b>R1: Si S1:symptôme 1 ET S2:symptôme 2 ET S3:symptôme 3 alors maladie A.</b> CF(R1) = 0,8	S1, CF(S1) = 0,8. S2, CF(S2) = 0,5. S3, CF(S3) = 0,3.
<b>R2: Si S2:symptôme 2 ET S3:symptôme 3 alors maladie B.</b> CF(R2) = 0,7	

**R1, est-elle applicable ? / Tous les faits de R1 sont-ils dans la base des faits ?**



**R2, est-elle applicable ? / Tous les faits de R1 sont-ils dans la base des faits ?**



## Raisonnement incertain

Les facteurs de certitude sont utilisés principalement dans l'étape de **résolution de conflits (méta-règles)** lorsqu'il y a des règles en conflit pour favoriser les conclusion les plus certaines. Ainsi, les conclusions avec des facteurs de certitude plus élevés sont considérées comme plus fiables et seront donc privilégiées dans cette étape.

Base de règles	Base de faits
<b>R1: Si S1:symptôme 1 ET S2:symptôme 2 ET S3:symptôme 3 alors maladie A.</b> CF(R1) = 0,8	S1, CF(S1) = 0,8. S2, CF(S2) = 0,5. S3, CF(S3) = 0,3.
<b>R2: Si S2:symptôme 2 ET S3:symptôme 3 alors maladie B.</b> CF(R2) = 0,7	

Les deux règles **R1** et **R2** sont en **conflit** car elle sont applicables. Le **moteur d'inférence** doit donc calculer **un facteur de certitude global de la conclusion des deux règles**. Supposant que :

$$(R1). CF(\text{maladie A}) = 0,8 * 0,3 = 0,24$$

$$(R2). CF(\text{maladie B}) = 0,7 * 0,6 = 0,42$$

## Raisonnement incertain

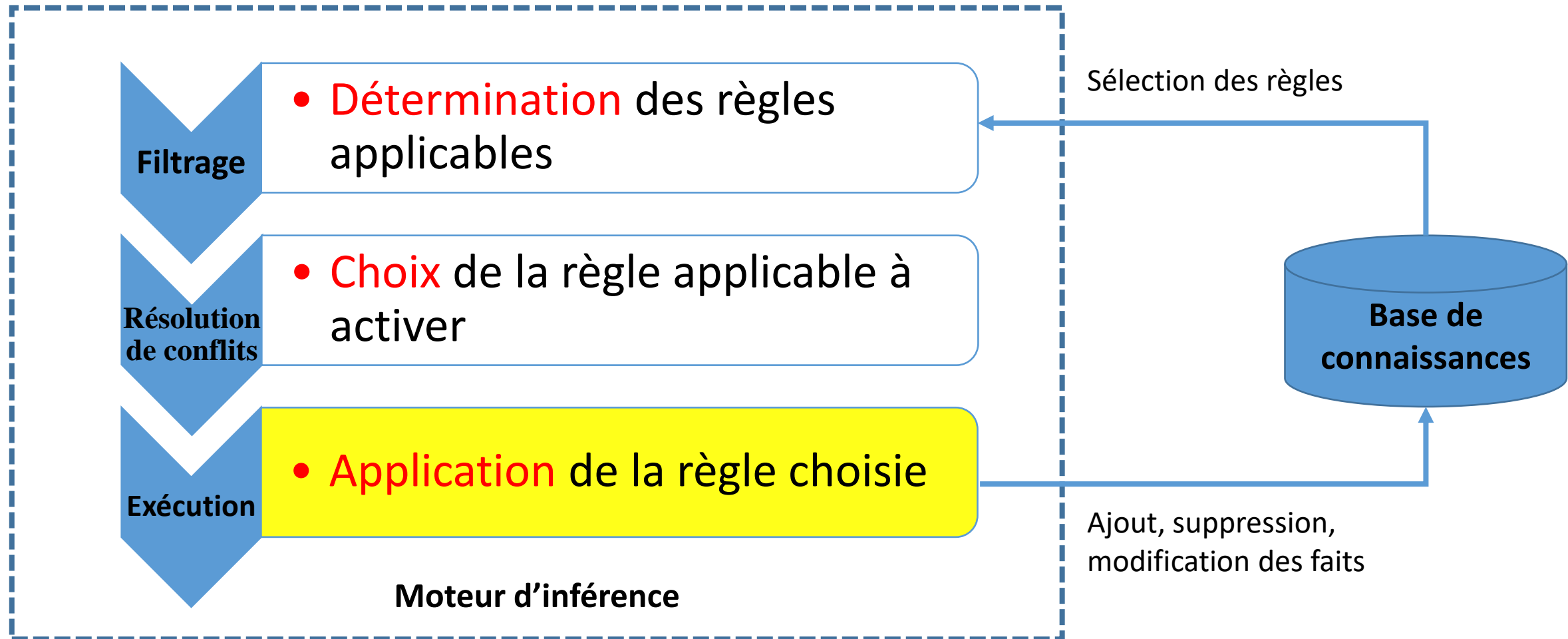
✚ Les facteurs de certitude sont utilisés principalement dans l'étape **de résolution de conflits (méta-règles)** lorsqu'il y a des règles en conflit pour favoriser les conclusion les plus certaines. Ainsi, les conclusions avec des facteurs de certitude plus élevés sont considérées comme plus fiables et seront donc privilégiées dans cette étape.

Base de règles	Base de faits
<b>R1: Si S1:symptôme 1 ET S2:symptôme 2 ET S3:symptôme 3 alors maladie A.</b> CF(R1) = 0,8	S1, CF(S1) = 0,8. S2, CF(S2) = 0,5. S3, CF(S3) = 0,3.
<b>R2: Si S2:symptôme 2 ET S3:symptôme 3 alors maladie B.</b> CF(R2) = 0,7	

La **maladie B** est la plus probable (le moteur d'inférence exécute la règle avec les conclusion les plus certaines)

$$\text{CF}(\text{maladie A}) = 0,8 * 0,3 = 0,24 < \text{CF}(\text{maladie B}) = 0,7 * 0,6 = 0,42$$

## Raisonnement incertain



## Raisonnement incertain

✚ Les facteurs de certitude peuvent être aussi utilisés **dans l'étape d'exécution** pour présenter plusieurs résultats avec différents niveaux de certitude.

Réponse de l'exemple précédent

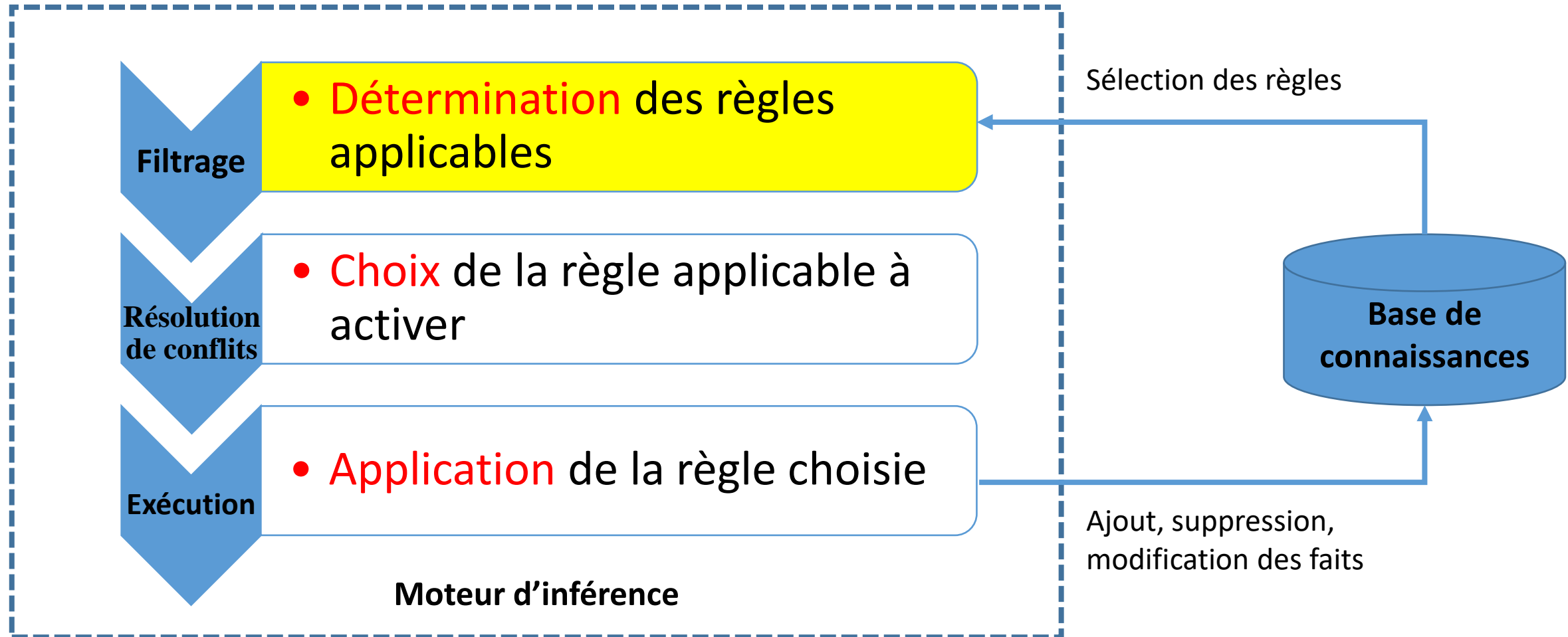
Le patient est atteint de **la maladie B** avec **un facteur de certitude de 0,42**.

Interprétation

Il y a **42% de chances** que le patient est atteint de **la maladie B**

✚ Ceci va permettre aux utilisateurs de mieux comprendre la fiabilité des réponses fournies et ainsi de prendre des décisions plus réfléchies. Par exemple, ils peuvent décider de ne pas tenir compte de la réponse si le niveau de certitude est trop faible (p.ex.,  $CF = 0,1$ ).

## Raisonnement incertain





## Raisonnement incertain

✚ Pour améliorer les performances du système, le moteur d'inférence peut également utiliser les facteurs de certitude dans **l'étape de filtrage** pour éliminer les règles/conclusion peu probables et **réduire le nombre de règles qui doivent être évaluées**.

✚ Par exemple, un moteur d'inférence peut décider de ne pas utiliser les règles qui ont des facteurs de certitude très faibles ou d'arrêter la recherche si on tombe en dessous d'un certain seuil de CF (p.ex., dans MYCIN si  $CF < 0,2$ ).

## Raisonnement incertain

Comment un moteur d'inférence peut raisonner avec ces facteurs de certitude ?



Le moteur d'inférence doit calculer **un facteur de certitude global**.

- ✚ Le moteur d'inférence utilise **des règles de combinaison** pour combiner les degrés de certitude et générer un facteur de certitude global.
- ✚ Il existe **plusieurs règles de combinaison** : la règle de conjonction, la règle de disjonction, la règle de négation, ...

## Raisonnement incertain

Base de règles	Base de faits
<b>R1:</b> Si <b>S1:symptôme 1</b> ET <b>S2:symptôme 2</b> ET <b>S3:symptôme 3</b> alors <b>maladie A</b> . CF(R1) = 0,8	S1, CF(S1) = 0,8. S2, CF(S2) = 0,5. S3, CF(S3) = 0,3.
<b>R2:</b> Si <b>S2:symptôme 2</b> ET <b>S3:symptôme 3</b> alors <b>maladie B</b> . CF(R2) = 0,7	

$$\text{CF}(\text{maladie A}) = 0,8 * 0,3 = 0,24 \quad ?$$

$$\text{CF}(\text{maladie B}) = 0,7 * 0,6 = 0,42 \quad ?$$

Quelle logique a été utilisée pour effectuer ce calcul ?

## Raisonnement incertain

### La combinaison des facteurs de certitude

✚ **La règle de conjonction** : Si  $f_1$  et  $f_2$  sont deux faits indépendants, alors le degré de certitude global  $CF(f_1 \text{ et } f_2)$  est égal au **minimum** des degrés de certitude  $CF(f_1)$  et  $CF(f_2)$ .

✚  $CF(F) = \text{Min}\{CF(f_1), CF(f_2)\}$ , si  $F = f_1 \wedge f_2$ .

SI **pluie (+0.6)** ALORS **tempête**

$CF(\text{pluie}) = 0.6$

SI **éclair (+0.8)** ALORS **tempête**

$CF(\text{éclair}) = 0.8$

SI **pluie (0.6)** ET **éclair (0.8)** ALORS **tempête**

$CF(\text{pluie ET éclair}) = ???$

$CF(\text{pluie ET éclair}) = \text{Min}(0.6, 0.8) = 0.6$

## Raisonnement incertain

### La combinaison des facteurs de certitude

✚ **La règle de disjonction** : Si  $f_1$  et  $f_2$  sont deux faits indépendants, alors le degré de certitude global  $CF(f_1 \text{ ou } f_2)$  est égal au **maximum** des degrés de certitude  $CF(f_1)$  et  $CF(f_2)$ .

✚  $CF(F) = \text{Max}\{CF(f_1), CF(f_2)\}$ , si  $F = f_1 \vee f_2$ .

SI **pluie (+0.6)** ALORS **tempête**

$CF(\text{pluie}) = 0.6$

SI **éclair (+0.8)** ALORS **tempête**

$CF(\text{éclair}) = 0.8$

SI **pluie (0.6)** OU **éclair (0.8)** ALORS **tempête**

$CF(\text{pluie OU éclair}) = ???$

$CF(\text{pluie OU éclair}) = \text{Max}(0.6, 0.8) = 0.8$

## Raisonnement incertain

### La combinaison des facteurs de certitude

✚ **La règle de négation :** le facteur de certitude d'une proposition négative est égal à l'opposé du facteur de certitude de la proposition positive.

✚ Si  $\neg f$  est la négation du fait  $f$  alors  $CF(\neg f) = - CF(f)$ .

**SI pluie (+0.6) ALORS tempête**

$$CF(\text{pluie}) = 0.6$$

$$CF(\neg \text{pluie}) = - CF(\text{pluie}) = - 0.6$$

Et comment calculer le **facteur de certitude de la conclusion ?**

## Raisonnement incertain

✚ Le **facteur de certitude de la conclusion** est calculé par la multiplication du facteur de certitude des prémisses par le facteur de certitude de la règle.

✚  $CF(\text{conclusion}) = CF(\text{premise}) * CF(\text{r\`egle})$ .

R : SI **pluie** ALORS **tempête**

$CF(\mathbf{R}) = 0.9$

$CF(\mathbf{pluie}) = 0.6$

$CF(\mathbf{temp\^ete}) = ???$

$CF(\mathbf{temp\^ete}) = CF(\mathbf{R}) * CF(\mathbf{pluie})$

$CF(\mathbf{temp\^ete}) = 0.9 * 0.6 = 0.54$



## Exercice

**R : SI pluie (+0.6) ET éclair (0.8) ALORS tempête**

$$\text{CF}(\mathbf{R}) = 0.9$$

$$\text{CF}(\mathbf{pluie}) = 0.6$$

$$\text{CF}(\mathbf{éclair}) = 0.8$$

$$\text{CF}(\mathbf{tempête}) = ???$$

$$\text{CF}(\mathbf{tempête}) = \text{CF}(\mathbf{R}) * \text{CF}(\mathbf{pluie ET éclair})$$

$$\text{CF}(\mathbf{tempête}) = \text{CF}(\mathbf{R}) * \text{Min}(0.6, 0.8) = 0.9 * 0.6 = 0.54$$

## Exercice

R : SI pluie (+0.6) OU éclair (0.8) ALORS tempête

$$CF(\mathbf{R}) = 0.9$$

$$CF(\mathbf{pluie}) = 0.6$$

$$CF(\mathbf{éclair}) = 0.8$$

$$CF(\mathbf{tempête}) = ???$$

$$CF(\mathbf{tempête}) = CF(\mathbf{R}) * CF(\mathbf{pluie \text{ OU } éclair})$$

$$CF(\mathbf{tempête}) = CF(\mathbf{R}) * \text{Max}(0.6, 0.8) = 0.9 * 0.8 = 0.72$$

## **Limites des facteurs de certitude**

## Limites des facteurs de certitude

✚ Les facteurs de certitudes ne tiennent pas compte des dépendances entre les propositions ou les actions, **ce qui peut conduire à des incohérences** ou des paradoxes.

Base de règles	Base de faits
<b>R1:</b> Si ( <b>A : la batterie est faible</b> ) alors ( <b>D : la voiture ne démarre pas</b> ). CF(R1) = 0,8	<b>A</b> , CF(A) = 0,8. <b>B</b> , CF(B) = 0,6.
<b>R2:</b> Si ( <b>A : la batterie est faible</b> ) <b>et</b> ( <b>B : le démarreur est défectueux</b> ) alors ( <b>D : la voiture ne démarre pas</b> ). CF(R2) = 0,9	

$$\begin{aligned} \text{CF(D)} &= \text{CF(R1)} * \text{CF(A)} = 0,64 \\ &= \text{CF(R2)} * \text{Min}(\text{CF(A)} , \text{CF(B)}) = 0,54 \end{aligned}$$



Ce résultat est illogique car il implique que la présence de deux caractéristiques (**R2**) rend la proposition moins certaine que la présence d'une seule caractéristique (**R1**).

## Limites des facteurs de certitude

✚ Ils ne permettent pas de distinguer entre **l'ignorance et l'indifférence** : un facteur de certitude nul peut signifier soit qu'on ne sait rien sur la proposition, soit qu'on n'a pas d'opinion sur elle.

Base de règles	Base de faits
<b>R1: Si deux témoins alors coupable.</b> <b>CF(R1) = 0,5 (probablement)</b>	<b>deux témoins</b>

✚ **CF(R1)** peut être interprété comme **une ignorance** : le système n'a pas assez d'information pour évaluer la probabilité qu'un accusé soit coupable ou non. Ainsi, le système devrait demander plus d'information ou s'abstenir de juger.

✚ **CF(R1)** peut être interprété comme **une ambiguïté** : le système a des informations qui vont dans des sens opposés, par exemple des témoins qui se contredisent. Ainsi, le système devrait peser les arguments pour et contre et rendre un verdict motivé.

## Limites des facteurs de certitude

✚ Ils reposent sur **des jugements subjectives des experts** qui peuvent varier selon leur propre expérience et interprétation des données, le contexte et la source d'information.

**R: Si taux de chômage élevé ET niveau d'éducation faible alors taux de criminalité élevé.**

**Expert A :** Des études ont montré que les zones avec un taux de chômage élevé et un niveau d'éducation faible ont tendance à avoir un taux de criminalité plus élevé. Je suis donc certain que cette règle de production est fiable et je lui attribue un **facteur de certitude de 0.9**.  $CF(R) = 0,9$

**Expert B :** Je suis d'accord que le taux de chômage et le niveau d'éducation sont des facteurs de risque de criminalité, mais il y a également d'autres facteurs à prendre en compte, comme la pauvreté et la qualité de l'application de la loi. **Je pense que cette règle est moins fiable que ce que pense l'expert A**, je lui attribue donc **un facteur de certitude de 0,7**.  $CF(R) = 0,7$

# How To Scale a Site to 1 Million Users

« Software architecture is the set of design decisions that, if made incorrectly, may **cause your project to be canceled** ».

- Eoin Woods, Endava (CTO)