Big Data et Intelligence Artificielle: panorama et quelques zooms

Marie-Christine Rousset
LIG (Laboratoire d'Informatique de Grenoble)
Responsable du Labex PERSYVAL-lab
Université de Grenoble-Alpes et Institut Universitaire de France

1

Qu'est-ce que l'IA ?

- Une branche de l'Informatique, dont le but est :
  la **représentation**, l'**extraction** et l'**exploitation** de **connaissances interprétables** et **manipulables** dans des **formalismes à *dominante* symbolique**, en vue d'**aider** à la résolution de **problèmes de décision, planification, conception, diagnostic**

2

Ambition de l'IA

- Rendre la machine capable :
  - de **raisonner** sur une situation *statique* ou *dynamique*
    - pour faire un *diagnostic*, proposer une *décision*, un *plan* d'action, résoudre une *tâche complexe*
  - d'**expliquer** et de communiquer ses conclusions
  - d'**abstraire**, d'**apprendre**, de **découvrir** à partir de données
- Par des méthodes **génériques** susceptibles de s'adapter à de larges classes de situations.

3

Problématiques fondamentales

- Représentation de connaissances et de raisonnements
  - **Systèmes-experts: les premiers systèmes d'IA (70-80)**
    XCON: premier SE industriel, DEC, configuration d'ordinateurs
- Mise à jour et fusion d'informations
- Problèmes de décision
- Fouille de données
- Apprentissage automatique
- Algorithmes génériques de résolution de problèmes

$\Rightarrow$ **Nouvel essor avec l'émergence du Big Data**
(disponibilité de données massives et hétérogènes)

4

Les thèmes d'applications

- Les jeux
- Planification d'actions
- Ordonnancement
- Diagnostic
- Les systèmes multi-agents
- La robotique
- Le web sémantique
- Le e-learning

5

Quelques zooms

- Web sémantique
  - **Intégration de données via des ontologies**
- Raisonnement par contraintes
  - **Ordonnancement/affectation de ressources sous contraintes**
- Raisonnement incertain
  - **Réseaux Bayésiens**
- Apprentissage automatique
  - Fouille de données (approche symbolique)
    - **Recherche de patterns et de règles d'association**
  - Classification automatique (approches numériques)
    - **Réseaux de Neurones**

6

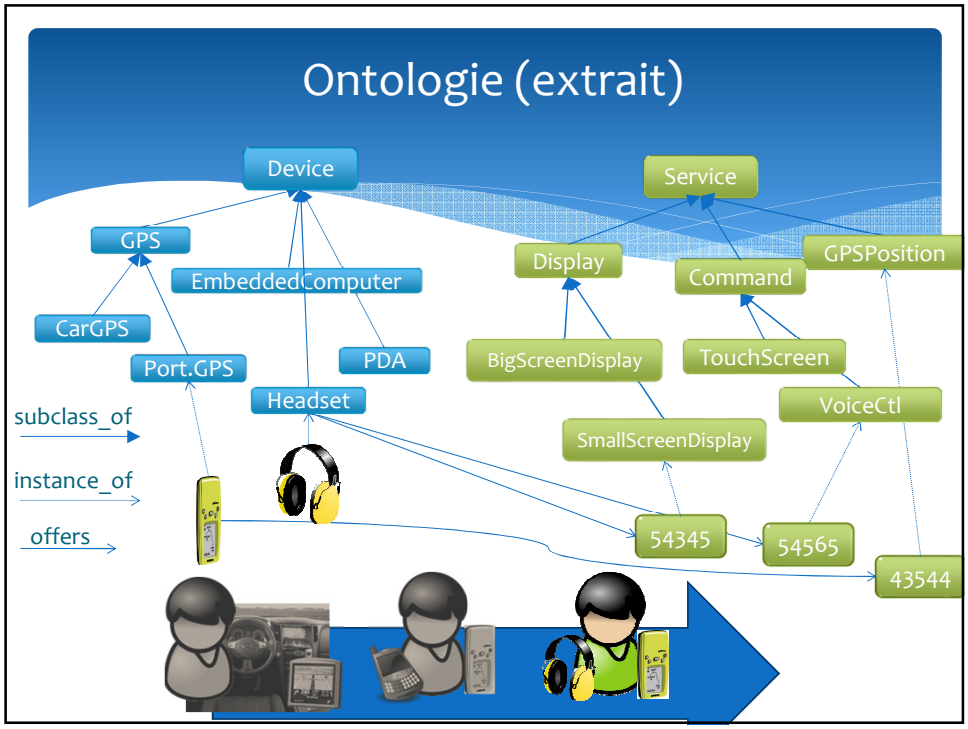
Web sémantique

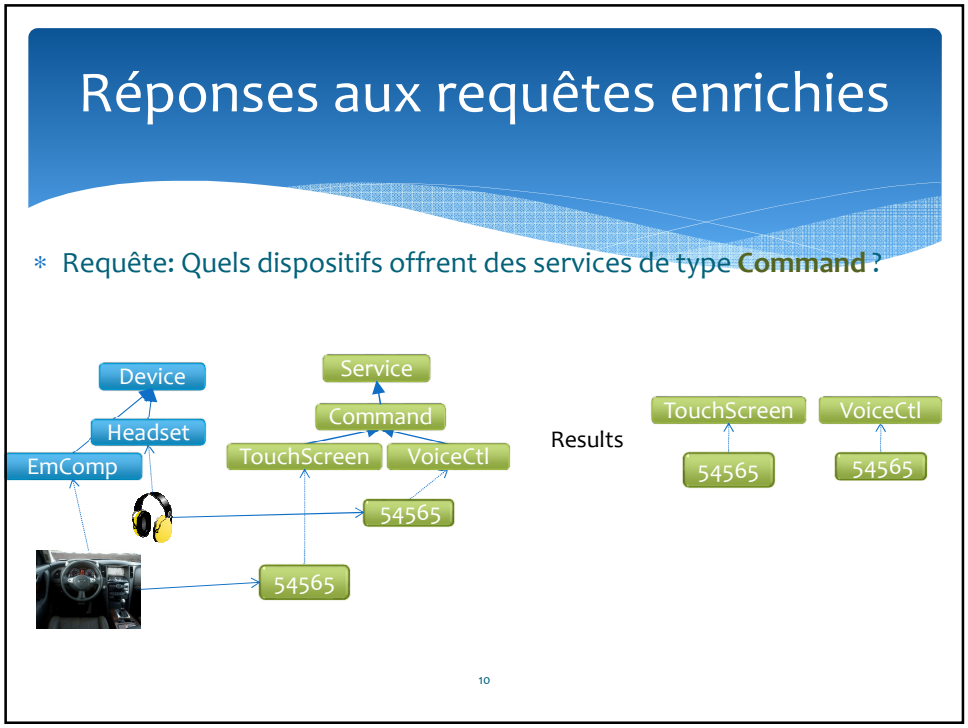
- Un ensemble de technologies et de normes recommandées par le W3C
  - RDF, RDFS, OWL, SPARQL
- Raisonnement à base d'ontologies sur des méta-données (RDF) de resources du Web
- Application à d'autres domaines que le web
  - Intégration sémantique de données hétérogènes
  - Ontology-based Data Access

7

Projet ANR CONTINUUM (2008-2012)

CONTinuité de service en Informatique UbiqUitaire et Mobile


Ontologie (extrait)
Device
Service
GPS
EmbeddedComputer
Display
Command
GPSPosition
CarGPS
Port.GPS
PDA
BigScreenDisplay
TouchScreen
Headset
VoiceCtl
subclass_of
SmallScreenDisplay
instance_of
offers
54345
54565
43544


Réponses aux requêtes enrichies
Requête: Quels dispositifs offrent des services de type Command ?
Device
Service
Headset
Command
EmComp
TouchScreen
VoiceCtl
54565
54565
Results
TouchScreen
VoiceCtl
54565
54565
10

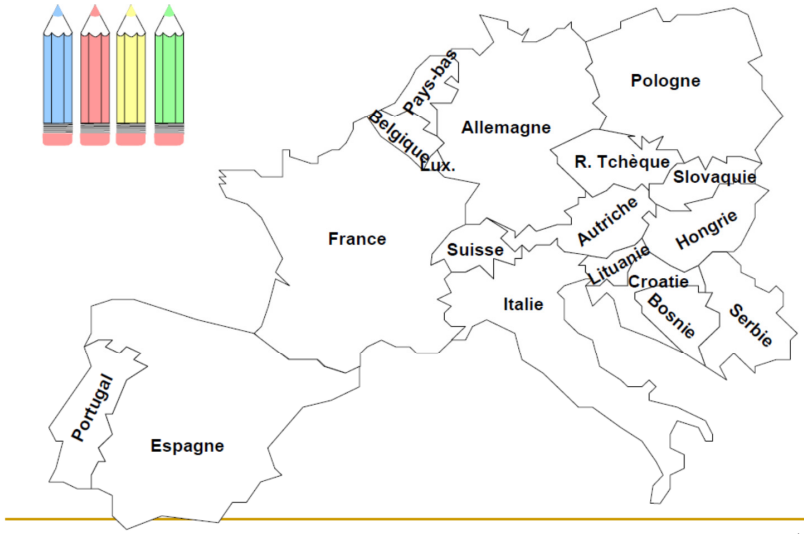
Raisonner par contraintes

- Tâche centrale
  - Résoudre des problèmes combinatoires modélisés par un réseau de contraintes (booléennes ou numériques)
  - L'utilisateur modélise ses contraintes dans un formalisme déclaratif
    - Un ensemble fini de variables entières et leurs domaines
      - Exemple en ordonnancement: dates de démarrage des tâches
    - Un ensemble de contraintes sur ces variables
      - dates de disponibilité, de livraison, précédences et durées des tâches
  - Un algorithme CSP prend en entrée le réseau de contraintes et trouve (si elle existe) une instanciation des variables qui satisfait les contraintes
    - de coût minimal si une fonction de coût est définie
- Depuis 10 ans: énormes progrès des solveurs SAT et CSP (heuristiques, parallélisme, machine learning)

  ⇒ passage à l'échelle de problèmes industriels

11

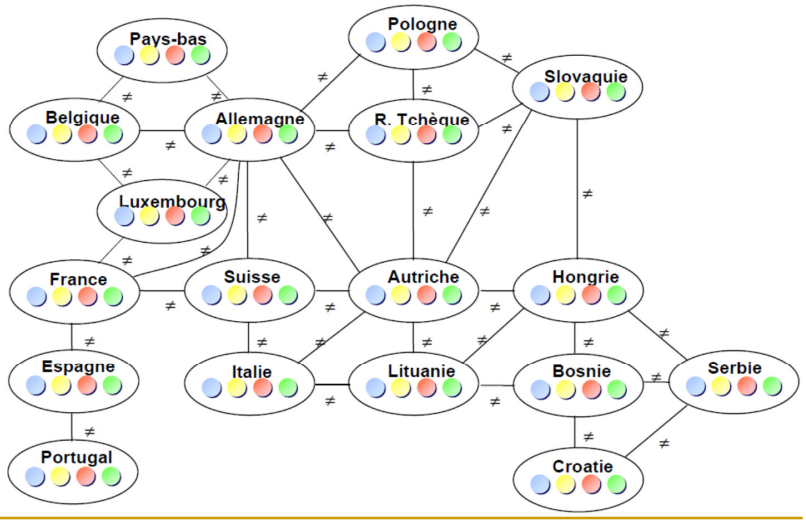
Un exemple : coloration d'une carte I



12

Exemple tiré d'un cours de Ruslan Sadykov

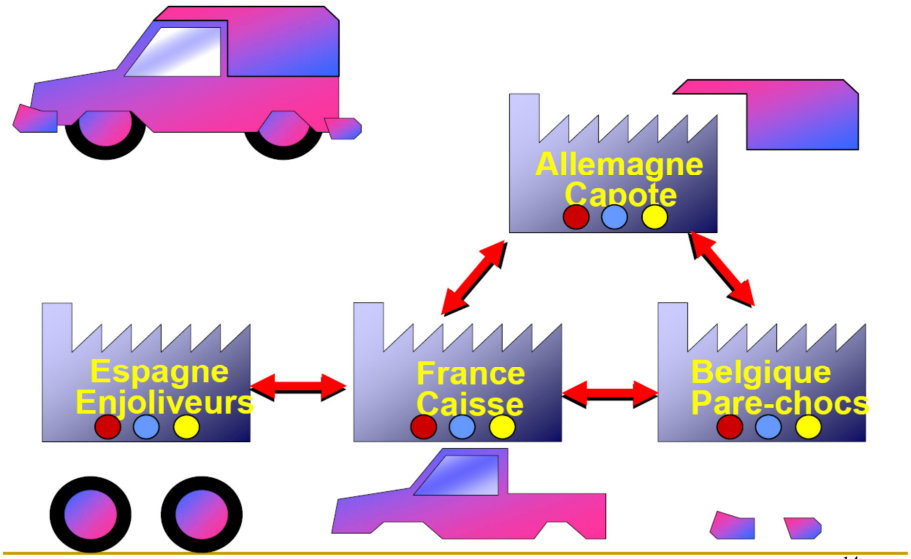
Un exemple : coloration d'une carte II



Exemple tiré d'un cours de Ruslan Sadykov

13

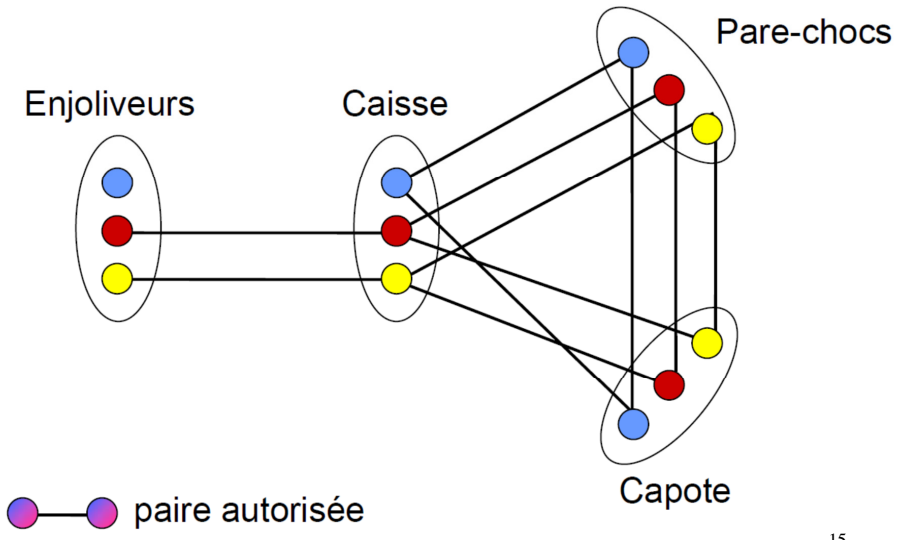
Exemple simpliste de conception/production



Exemple tiré d'un cours de Ruslan Sadykov

14

Réseau de contraintes

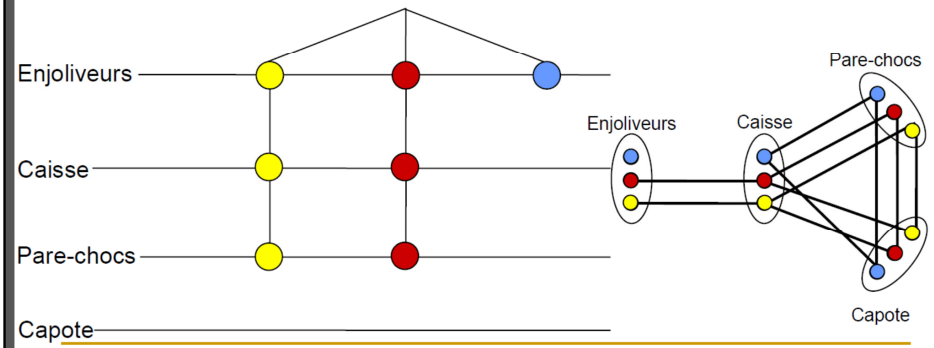


Exemple tiré d'un cours de Ruslan Sadykov

15

Forward Checking

On choisit une valeur et supprime des domaines toutes les valeurs incompatibles avec la valeur choisie



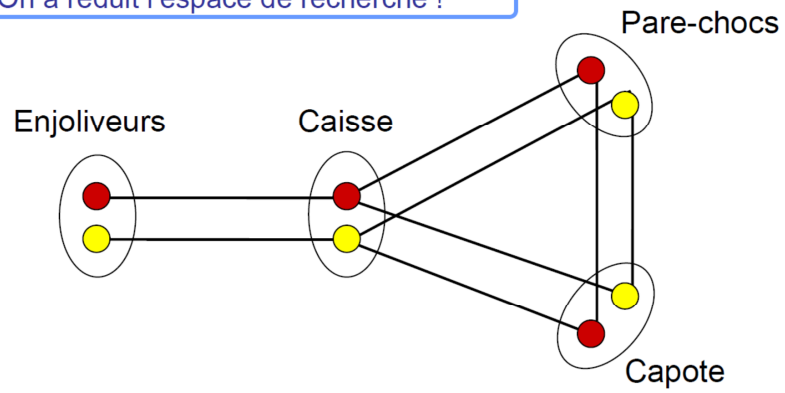
Exemple tiré d'un cours de Ruslan Sadykov

16

Consistance locale I

On n'a pas changé l'ensemble des solutions :
On a un réseau de contraintes **équivalent**

On a réduit l'espace de recherche !



Exemple tiré d'un cours de Ruslan Sadykov

17

Raisonner dans l'incertain

- Tâche centrale
  - Elaborer des croyances sur une situation à partir de connaissances génériques sur le monde et d'observations.
- Beaucoup d'informations sont incertaines et/ou non Booléennes
  - Les connaissances génériques ont des exceptions
  - Les informations sur la situation courante ne sont pas forcément fiables
  - Les mots de la langue naturelle sont peu précis
- La logique classique ne suffit pas.

18

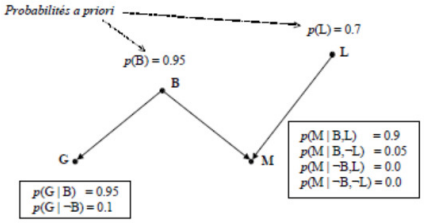
Réseaux Bayésiens

- Représentation compacte de distributions de probabilités
  - toute probabilité jointe positive est factorisable par un produit de probabilités conditionnelles formant un **graphe acyclique orienté** (DAG) visualisant des relations d'indépendance conditionnelle

Robot modélisé par 4 variables booléennes:
B: batterie ok , **M**: le bras bouge
L: le bloc peut être soulevé
G: la jauge indique que la batterie est chargée

Structure du réseau (modélisation qualitative)
Arcs : influence/causalité directe
Une variable est **conditionnellement indépendante** de ses **non-descendants** étant donnés **ses parents**
- L et B sont conditionnellement indépendants
- L et G sont conditionnellement indépendants

+ Modèle probabiliste local:
Distribution de probabilités conditionnelles pour chaque nœud sachant ses parents

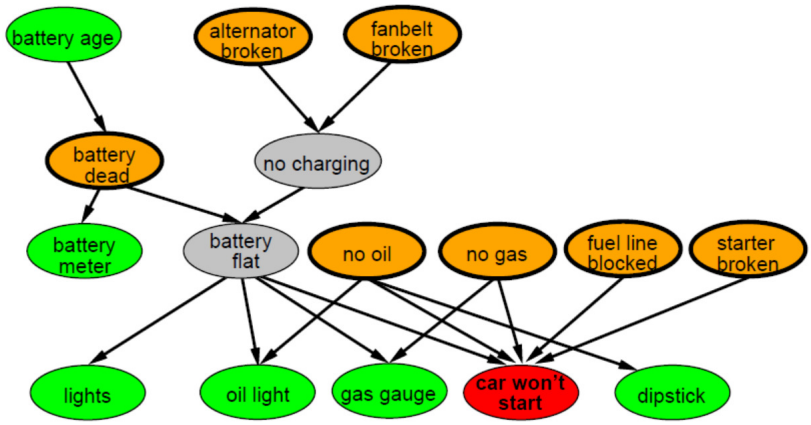


$$p(G,B,M,L) = p(G \mid B).p(M \mid B,L).p(B).p(L)$$

Inférences de prédiction: p(M|L) (= p(M,B |L) + p(M,¬B |L) = p(M |B,L)p(B|L) + p(M |¬B,L)p(¬B|L)
= p(M |B,L)p(B) + p(M |¬B,L)p(¬B) (L et B indépendants) = 0,855)
Inférences de diagnostic: p(¬L | ¬M)

Exemple tiré d'un cours d'Antoine Cornuejols

Autre exemple



Variable observée: en rouge
Variables testables: en vert
Variables de diagnostic: en orange
Variables cachées: en gris

⇒ calcul de p(Diagnostic| Observations)

20

Exemple tiré d'un cours de Stuart Russel

Apprentissage automatique

- Problématique du « Machine Learning »
  - Découvrir des régularités ou des corrélations dans un ensemble de données et les utiliser pour mieux prédire sur de nouveaux cas
- Problématique reliée : Fouille de données
  - Recherche d'informations remarquables dans une base de données
  - Résumé (de masses) d'informations
- Deux visions
  - Apprentissage *supervisé* de connaissances génériques à partir d'ensembles d'exemples et de contre-exemples, ou plus généralement d'exemples étiquetés.
  - Apprentissage *non supervisé*: regroupement de données semblables en « clusters »

21

Apprentissage automatique

- Spécificités de l'approche IA du Machine Learning
  - approches *symboliques*: pour leur interprétabilité
    - apprentissage *relationnel:* programmation logique inductive
    - apprentissage de *structures* : réseaux bayésiens…
- Évolution récente vers des approches numériques
  - Apprentissage statistique: apprendre la distribution de probabilités des données à partir d'un échantillon
  - Renouveau des approches de type réseaux de neurones avec le Deep Learning

  ⇒ Voir les 2 exposés suivants

22

Fouille de données

Recherche d'itemsets fréquents

(pour l'analyse de tickets de caisse)

TID	Pain	Lait	Couches	Bière	Oeufs	Coca
1	1	1	0	0	0	0
2	1	0	1	1	1	0
3	0	1	1	1	0	1
4	1	1	1	1	0	0
5	1	1	1	0	0	1

Itemsets fréquents: {Pain, Lait}, {Bière,Couches,Lait},…

Règles d'association: Couches, Lait => Bière (+ calcul du support et de la confiance)

=> Aide au marketing et à la gestion de magasins

23

Réseaux de Neurones

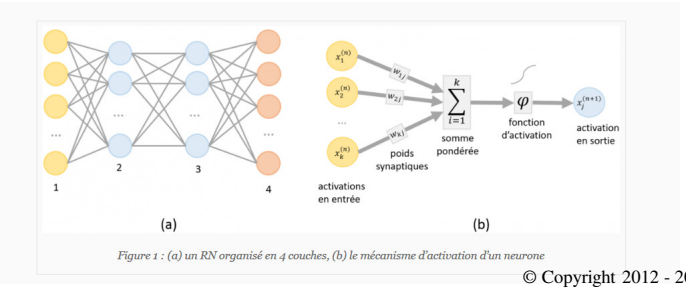


Figure 1 : (a) un RN organisé en 4 couches, (b) le mécanisme d'activation d'un neurone

Applications phares:

- Classification/reconnaissance d'images
- Reconnaissance de chiffres manuscrits

Principes:

- Entrainement du réseau sur un ensemble d'images d'entrainement

⇒ Trouver la meilleure approximation possibles des poids wij pour calculer en sortie: p(labellimage)

Trade-off:

- La qualité et la robustesse augmentent avec le nombre de couches
- Le temps d'entrainement croit rapidement avec le nombre de couches

24