

# L'Intelligence Artificielle dans les EIAH

Marie Lefevre  
[marie.lefevre@liris.cnrs.fr](mailto:marie.lefevre@liris.cnrs.fr)

Décembre 2025  
Master IA – Université Lyon 1



# De quoi allons-nous parler...

- 💧 Qu'est-ce que l'IA ?
- 💧 L'IA pour faire quoi en EIAH ?
- 💧 Quelles techniques d'IA pour le faire ?
- 💧 Exemple : l'EIAH AMBRE
- 💧 Bilan, apports réciproques et perspectives
- 💧 Pour aller plus loin

# L'IA : qu'est-ce que c'est ?

- ◆ Plusieurs définitions de l'IA, entre autres :
  - ◆ L'IA est une branche de l'informatique
    - ◆ Un système d'IA **agit** comme un humain
    - ◆ Augmenter les capacités de l'ordinateur
    - ◆ Comportement intelligent :
      - ◆ Communiquer
      - ◆ Enregistrer et exploiter les informations
      - ◆ Utiliser les informations pour répondre à des questions et tirer des conclusions
  - ◆ L'IA est une science cognitive
    - ◆ Un système d'IA **raisonne** comme un humain
    - ◆ Comprendre comment voir, apprendre, mémoriser, raisonner
    - ◆ Modéliser les connaissances et le raisonnement
    - ◆ Fournir des modèles et en tester le comportement par des techniques de psychologie cognitive, en le comparant au comportement humain

# Plan du cours

- ◆ Qu'est-ce que l'IA ?
- ◆ L'IA pour faire quoi en EIAH ?
- ◆ Quelles techniques d'IA pour le faire ?
- ◆ Exemple : l'EIAH AMBRE
- ◆ Bilan, apports réciproques et perspectives
- ◆ Pour aller plus loin

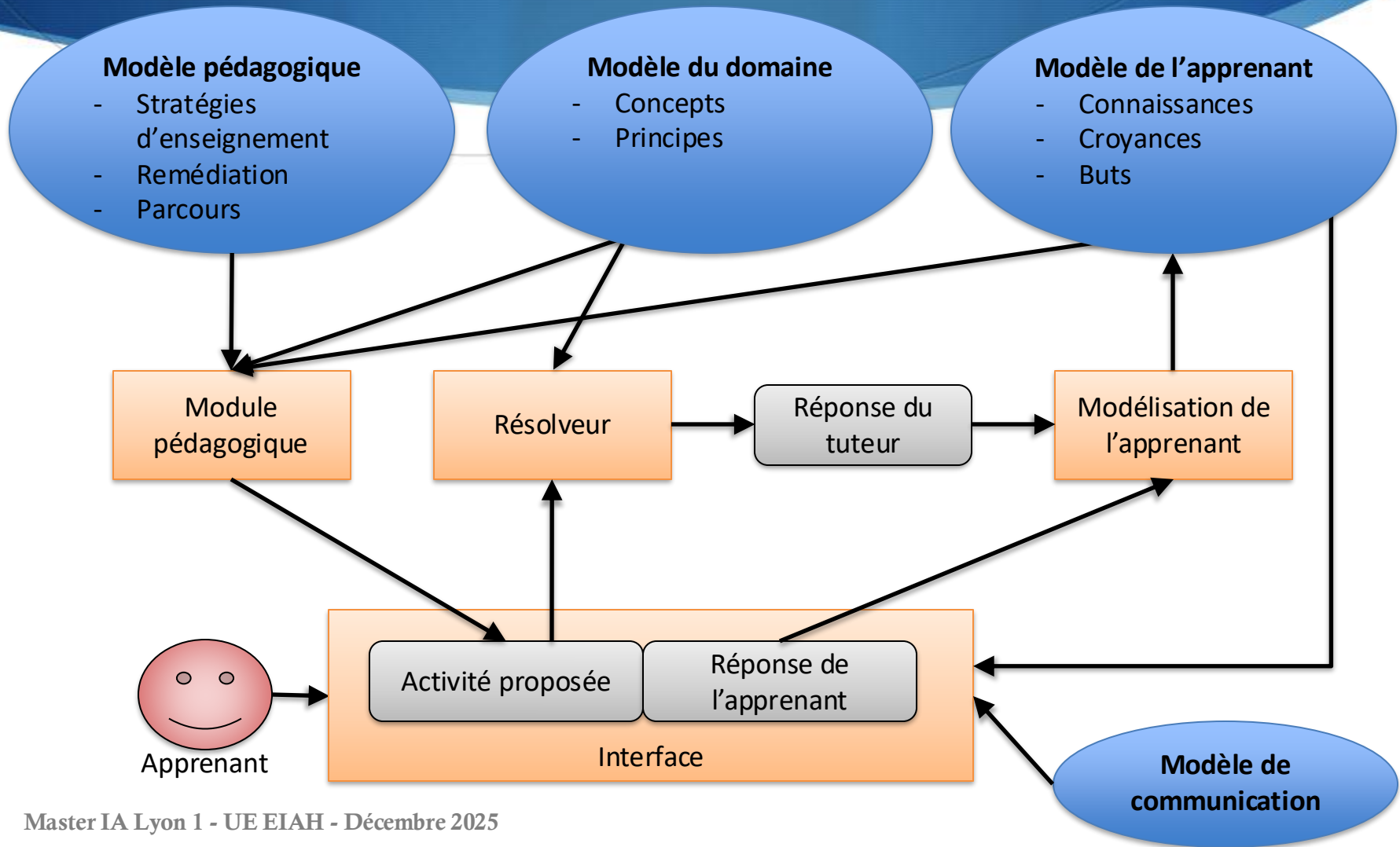
# Les débuts dans les années 70

## 💧 Tuteurs intelligents

- 💧 SCHOLAR, Carbonell, 1970, géographie
- 💧 SOPHIE, Brown, 1973, dépannage circuits électroniques
- 💧 BUGGY, Brown, 1977, arithmétique
- 💧 GUIDON, Clancey, 1981, médecine
- 💧 GEOMETRY Tutor, Anderson, 1983, preuves en géométrie
- 💧 PROUST, Johnson, 1985, programmes PASCAL
- 💧 LISP Tutor, Anderson, 1985, programmation LISP
- 💧 AMALIA, Vivet, 1988, calcul algébrique

## 💧 Modélisation de l'expertise

# Architecture d'un ITS



# Différentes connaissances

- ◆ Modélisation du domaine
  - ◆ Modélisation et représentation des connaissances et du raisonnement
  - ◆ Pour un résolveur de problèmes du domaine
- ◆ Modélisation de l'apprenant
  - ◆ Modèle/profil de l'apprenant : informations sur ses connaissances et compétences
  - ◆ Pour la personnalisation de l'apprentissage
  - ◆ Pour le diagnostic des réponses / du comportement de l'apprenant
  - ◆ Pour construire et maintenir un profil de l'apprenant
- ◆ Modélisation pédagogique :
  - ◆ Pour la gestion du parcours de l'apprenant
  - ◆ Pour la génération de questions, d'exercices, de scénario pédagogique
  - ◆ Pour la construction d'aide et d'explications
  - ◆ Pour la personnalisation de l'apprentissage
- ◆ Interface et interaction système-apprenant



# Deux types de représentation des connaissances

## ◆ Représentations déclaratives

- ◆ Logique du fonctionnement : « comment c'est fait »
- Connaissances indépendantes de leur exploitation future
- ◆ Architecture dans laquelle une « base de faits » est séparée d'une structure de procédures
  - ◆ Procédures assez générales pour pouvoir manipuler toutes sortes de faits
  - ◆ Base de faits particulière à un domaine de connaissance
- ◆ Avantage : modularité
- ◆ Inconvénient : architecture relativement lente car procédures interprétées

## ◆ Représentations procédurales

EIAH

- ◆ Logique de l'action : « comment s'en servir »
- Connaissances contiennent leur mode d'emploi
- ◆ Codification de toute la connaissance sous forme de procédures compilées
  - ◆ Données factuelles implicites
- ◆ Avantage : rapidité d'exécution
- ◆ Inconvénient : données difficilement accessibles car contenues dans les procédures compilées



# Modélisation du domaine (1)

- ◆ N.B. : dans la suite
  - ◆ Connaissances = connaissances et raisonnement
- ◆ On a besoin de représenter les connaissances
  - ◆ Supposées connues par les apprenants (pas individuellement)
  - ◆ Que les apprenants doivent acquérir grâce à l'EIAH
- ◆ On parle de **connaissances de référence**
- ◆ Quand on parle de représenter les connaissances, il faut distinguer
  - ◆ Les représentations mentales du sujet humain
  - ◆ Les représentations internes destinées au système
  - ◆ Les représentations externes destinées à la communication

# Modélisation du domaine (2)

- ◆ Système à base de connaissances

- ◆ Organisé autour du résolveur pédagogique (système qui résout les problèmes du domaine)
- ◆ Connaissances
  - ◆ Pas celle d'un expert du domaine
  - ◆ Celles que l'on souhaite que l'apprenant acquière en utilisant l'EIAH, celles de « l'élève idéal »
  - Contre-exemple historique : GUIDON fondé sur le système-expert MYCIN
- ◆ Une seule représentation des connaissances ?
  - ◆ Différents niveaux de connaissance
  - pour s'adapter au niveau de l'apprenant
  - ◆ Différents niveaux de granularité
  - pour des explications à plusieurs niveaux de détails

- ◆ Problème du recueil des connaissances

# Ingénierie des connaissances du domaine

- ◆ Deux principales situations de conception
  - ◆ Une situation proche de la situation scolaire classique
    - ◆ Les connaissances de références sont explicitées par des travaux en didactique
    - ◆ Elles doivent être précisées lors de la transposition informatique
  - ◆ Une situation experte
    - ◆ La connaissance enjeu d'apprentissage est une expertise (professionnelle par exemple)
    - ◆ Une phase préalable d'acquisition des connaissances est nécessaire

# Évolution des connaissances de référence

- ◆ Les connaissances supposées acquises et celles enjeu de l'apprentissage évoluent lorsque l'élève apprend
- ◆ Un EIAH destiné à être utilisé sur une certaine durée doit prendre en compte cette dimension
  - ◆ une représentation des états de connaissance de référence
  - ◆ différents niveaux de connaissances, avec pour l'élève
    - ◆ différents outils
    - ◆ différents langages
    - ◆ différents buts

# Modélisation de l'apprenant

- ◆ Modèle de l'apprenant
  - ◆ structure de données
  - ◆ pour représenter l'état des connaissances de l'apprenant dans le domaine considéré
  - ◆ du point de vue du système (EIAH)
- ◆ Permet de construire un profil de l'apprenant
  - ◆ informations sur l'apprenant
    - ◆ connaissances, compétences, croyances, préférences...
  - ◆ demandées explicitement
  - ◆ obtenues implicitement (analyse de son comportement)
    - ◆ traces d'interaction avec le système, diagnostic sur les productions
- Détaillé dans le cours « Modèles et profils de l'apprenant »

# Modélisation pédagogique

- ◆ Connaissances du « pédagogue »
  - ◆ Ensemble de spécifications sur la manière dont le système doit construire ses interventions
- ◆ Portent sur
  - ◆ Les activités disponibles
  - ◆ Les parcours disponibles
  - ◆ Les stratégies d'enseignement
  - ◆ Les stratégies de remédiation
  - ◆ ...

# Module pédagogique

- ◆ Utilise
  - ◆ Le modèle pédagogique
  - ◆ Le modèle/profil de l'apprenant
    - ◆ initial et créé pendant la session
  - ◆ Des méta-connaissances
    - ◆ sur les problèmes, les connaissances du domaine et celles de l'apprenant
- ◆ Pour
  - ◆ Choisir les activités ou les problèmes à proposer à l'apprenant
  - ◆ Diagnostiquer un besoin d'aide, décider d'une intervention
  - ◆ Choisir le type d'aide (granularité, niveau de connaissance...)
  - ◆ Mettre en évidence certaines possibilités du système encore non exploitées
  - ◆ Exploiter la valeur éducative des erreurs commises par l'apprenant



# Résolveur pédagogique

## Spécificités du résolveur en EIAH

- ◆ Rôle du résolveur
  - ◆ Pas seulement fournir une solution correcte
  - ◆ Mais toutes les solutions correctes (ou au moins plusieurs)
  - Diagnostic : une réponse correcte de l'apprenant ne doit pas être déclarée fausse parce que ce n'est pas exactement celle donnée par le résolveur (ou celle qu'aurait donné un expert)
- ◆ Les connaissances doivent être explicites et déclaratives
  - ◆ Pour faciliter la construction d'explications
  - ◆ Exemples
    - ◆ Réseaux sémantiques, bien adaptés à la communication autour de la connaissance, mais moins à la résolution de problèmes
    - ◆ Règles de production, bien adaptées à la résolution de problèmes

# Génération d'exercices

- ◆ Suite à une requête du module pédagogique qui précise les caractéristiques souhaitées pour le problème à construire
- ◆ Utilise des méta-connaissances sur les problèmes
  - ◆ Classe, difficulté, proximité entre problèmes
- ◆ Utilise le modèle de l'élève
  - ◆ Problèmes déjà résolus
  - ◆ Difficultés rencontrées
  - ◆ Préférences

# Diagnostic des réponses de l'apprenant

## ◆ Principe

- ◆ Comparer les réponses de l'apprenant à celles du résolveur
- ◆ Identifier les différences pour comprendre les erreurs et leurs origines
- ◆ Par exemple en répertoriant des erreurs attendues
- ◆ Pour participer à la construction du modèle de l'élève
- ◆ Pour lui fournir un feedback sur ses réponses

## ◆ Se sert du modèle de l'élève, par exemple :

- ◆ Connaissances acquises
- ◆ Problèmes déjà résolus

## ◆ Connaissances de diagnostic

- ◆ Connaissances de niveau méta par rapport aux connaissances de résolution

# Aide et explications

## ◆ Aide

- ◆ Demandée par l'apprenant ou proposée par le système qui détecte une difficulté
- Rappel des consignes  $\Rightarrow$  explication concernant un point précis

## ◆ Explications

- ◆ Dans le cadre de l'aide ou suite au diagnostic d'une réponse erronée
- ◆ Elles concernent
  - ◆ Les connaissances du domaine
  - ◆ La résolution du problème traité
  - ◆ Les erreurs de l'apprenant
  - ◆ La conduite de la session (activité, objectif pédagogique)
- Les connaissances de résolution type système-expert ne suffisent pas, on a besoin des méta-connaissances de contrôle du raisonnement, pour expliquer les stratégies de résolution

# Construction d'explications

- ◆ S'appuie sur
  - ◆ Les connaissances du résolveur
  - ◆ Ses solutions
  - ◆ Éventuellement la réponse de l'apprenant
- ◆ Doit s'adapter
  - ◆ À l'apprenant (grâce au modèle de l'apprenant)
  - ◆ À la situation d'apprentissage
- ◆ Fournit à l'interface un message ou des éléments qui lui permettront une représentation graphique

# Les changements dans les années 90

- ◆ Changement d'approche : technocentrisme vs anthropocentrisme
- ◆ Recherche de fondements théoriques
  - ◆ Exemple : travaux de John Self sur les formes d'apprentissage
    - ◆ *Learning from a knowledgeable agent, from reasoning, from reflection*
    - ◆ *Learning through exploration and experimentation, through cognitive conflict, through interaction and dialogue*
- ◆ Système auteurs pour ITS
  - ◆ Travaux de Tom Murray
- ◆ Rapprochement avec la communauté Hypermédia Adaptatif
  - ◆ Travaux de Peter Brusilovsky : ELM-ART, INTER-BOOK, AHA...

# Nouvelles connaissances représentées

- 💧 Parcours de formation
- 💧 Modèles utilisateurs, adaptation
- 💧 Systèmes conseillers
- 💧 Dialogues, langue naturelle
- 💧 Cognition distribuée
- 💧 Collaboration (CSCL)
- 💧 ...



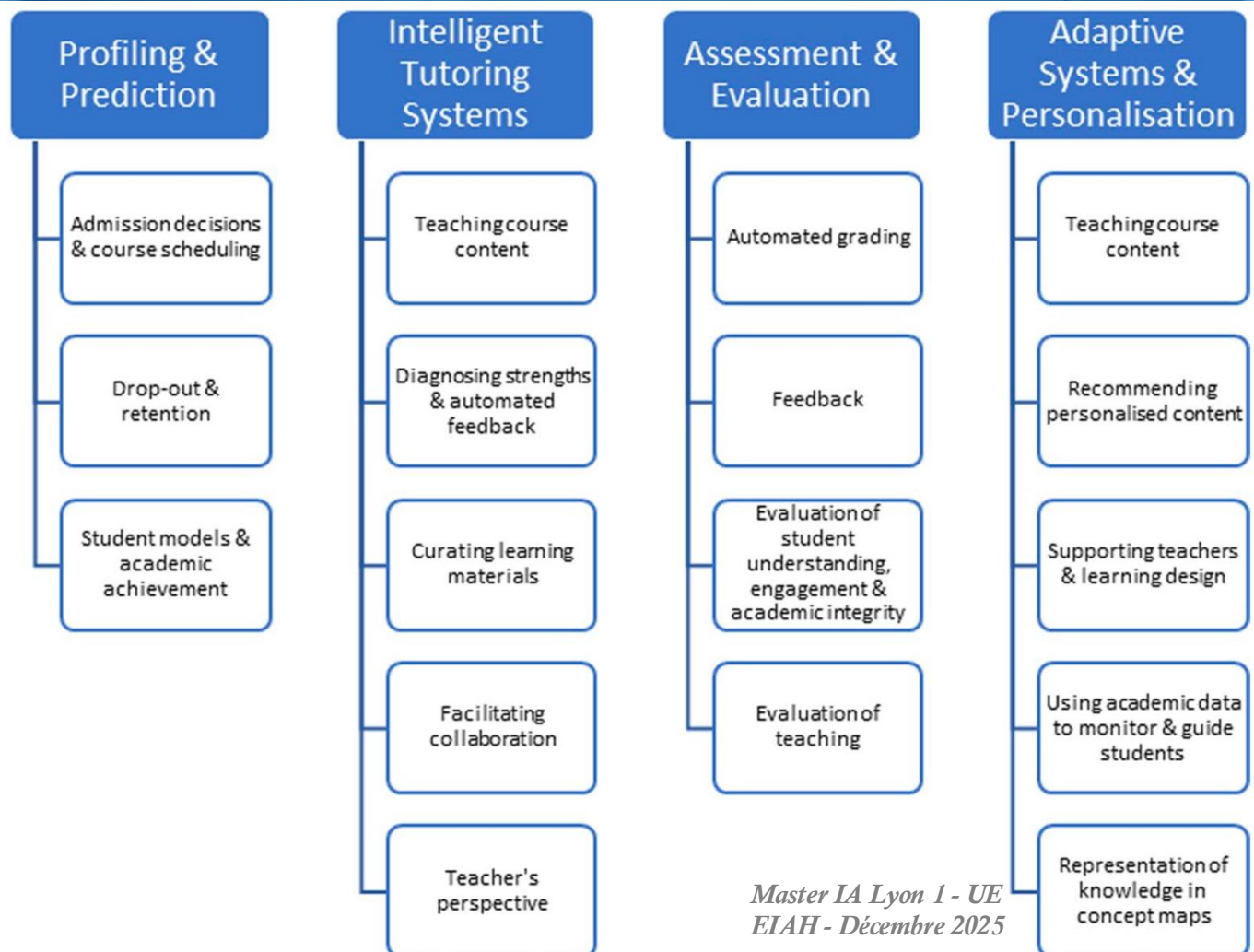
# La rupture des années 2000

- ◆ Explosion du web
  - ◆ Web de documents et de données adaptatifs
    - ◆ Organisation et contenus dynamiques & adaptatifs à partir de modèles
  - ◆ Média sociaux (Learning 2.0)
    - ◆ Apprentissage collaboratif induit par les outils
  - ◆ Nécessité de sémantique
    - ◆ *Semantic Web, Linked Data, Ontologies*
  - ◆ Analyse de données d'apprentissage
    - ◆ *Big data, Learning Analytics, EDM* et techniques numériques de fouille

# Modèles revisités

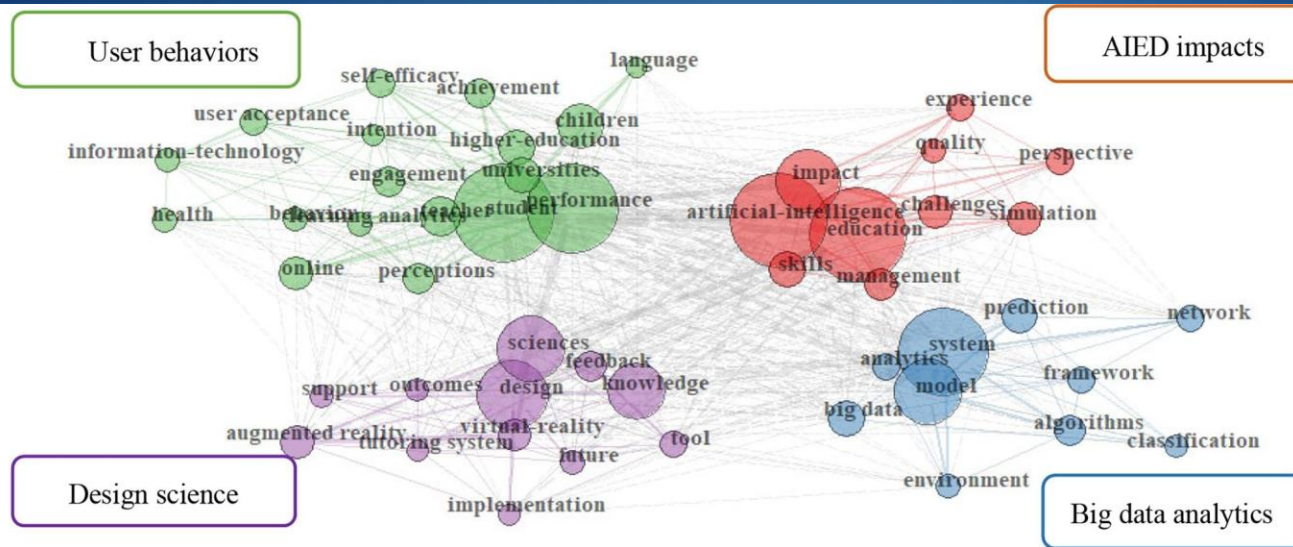
- ◆ Approfondissement des modèles de tutorat, de collaboration, de dialogues
- ◆ Augmentation des modèles utilisateurs
  - ◆ Modèle ouvert de l'apprenant
  - ◆ Prise en compte des émotions (reconnaissance sur le visage), de l'engagement
- ◆ Gestion et adaptation au contexte : mobilité, ubiquité...
- ◆ Prise en compte de la qualité des ressources pédagogiques *via* des annotations
- ◆ Systèmes auteurs pour les systèmes fondés sur le Web
- ◆ Nouveaux compagnons : agents animés

# Aujourd'hui

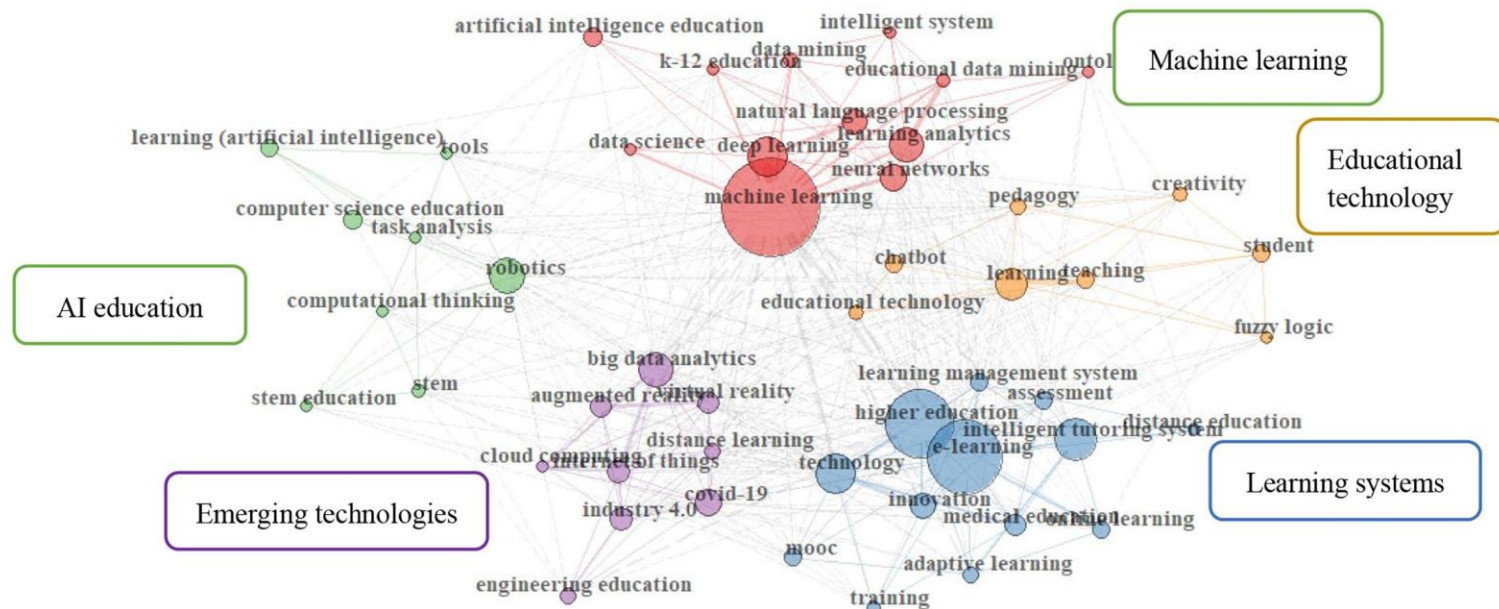


# Plan du cours

- ◆ Qu'est-ce que l'IA ?
- ◆ L'IA pour faire quoi en EIAH ?
- ◆ Quelles techniques d'IA pour le faire ?
- ◆ Exemple : l'EIAH AMBRE
- ◆ Bilan, apports réciproques et perspectives
- ◆ Pour aller plus loin



### (a) Keyword Plus



**(b) Author Keywords**

[Wang 2004]



# Règles de production

Chaque unité de connaissance est appelée *règle* :

*Si Prémisses Alors Conclusions*

- 💧 Connaissances déclaratives et révisables
- 💧 Une règle n'est pas désignée par un nom, mais par ses conditions de déclenchement (prémisses) et ses effets (conclusions) : mode d'accès associatif
- 💧 L'ensemble des règles forme la *base de connaissances*, ou *base de règles*

# Architecture d'un système à base(s) de règles



- ◆ La base de faits contient, pour une situation donnée, les faits avérés ou à établir
- ◆ Le moteur d'inférence est un programme qui exploite la base de règles pour déduire de nouveaux faits. Il détient le contrôle du raisonnement
- ◆ Les conclusions des règles sont des ajouts ou retraits de faits, ou des lancements d'actions



# Générateur de SBR (noyau)

- ◆ Moteur d'inférence
  - ◆ Langage d'expression externe des connaissances
  - ◆ Ensemble de structures et conventions de représentation internes de ces connaissances
- On instancie ce noyau à un domaine en garnissant la base de règles

# Fonctionnement du moteur d'inférence

## ◆ Chaînage avant

- ◆ Le système n'a pas de but, il déclenche des règles jusqu'à épuisement ou arrêt

## ◆ Chaînage arrière

- ◆ Un but est assigné au système
- ◆ Le système cherche à unifier la partie conclusion des règles avec ce but, et fixe comme nouveaux buts les prémisses de la règle sélectionnée
- ◆ On développe donc un arbre ET/OU de buts, les feuilles pouvant être validées ou invalidées par la base de faits

## ◆ Chaînage mixte : panacher chaînage avant et arrière :

- ◆ Tant que des règles sont déclenchables, on avance
- ◆ Puis on choisit une règle « presque déclenchable » et on essaie d'en évaluer les prémisses inconnues en chaînage arrière
- ◆ En cas de succès, on repart en chaînage avant

# Logique épistémique

- ◆  $[a]p$  : l'agent a sait p
- ◆ Exemple : [Pierre] [Paul] Jean est à Grenoble  
Pierre sait que Paul sait que Jean est à Grenoble
- ◆ Règle d'inférence : modus ponens
- ◆ Axiomes :
  - ◆  $[a](B \Rightarrow C) \Rightarrow [a]B \Rightarrow [a]C$  (distribution)
  - ◆  $[a]B \Rightarrow B$  (connaissance)
  - ◆  $[a]B \Rightarrow [a] [a]B$  (introspection positive)
  - ◆  $\neg[a]B \Rightarrow [a] \neg[a]B$  (introspection négative)
- ◆  $(a)p$  : l'agent a croit que p
  - ◆  $(a)B \Rightarrow \neg(a)\neg B$  (axiome de cohérence)
- ◆ Pour en savoir plus : **modèle BDI (Belief-Desire-Intention)**

# SBR & logique en EIAH

- ◆ Modélisation des connaissances du domaine, de l'apprenant, du modèle pédagogique
- ◆ Prise de décision
  - ◆ Activités à faire
  - ◆ Assistance à proposer
  - ◆ ...

# Métaconnaissances

- 💧 = Connaissances sur les connaissances
- 💧 Nous en avons besoin pour :
  - 💧 Utiliser les connaissances
  - 💧 En découvrir de nouvelles
  - 💧 Les transmettre à quelqu'un d'autre
  - 💧 Chercher dans notre mémoire
  - 💧 ...
- 💧 Nous les utilisons inconsciemment
  - Elles sont implicites

# Métaconnaissances (J. Pitrat)

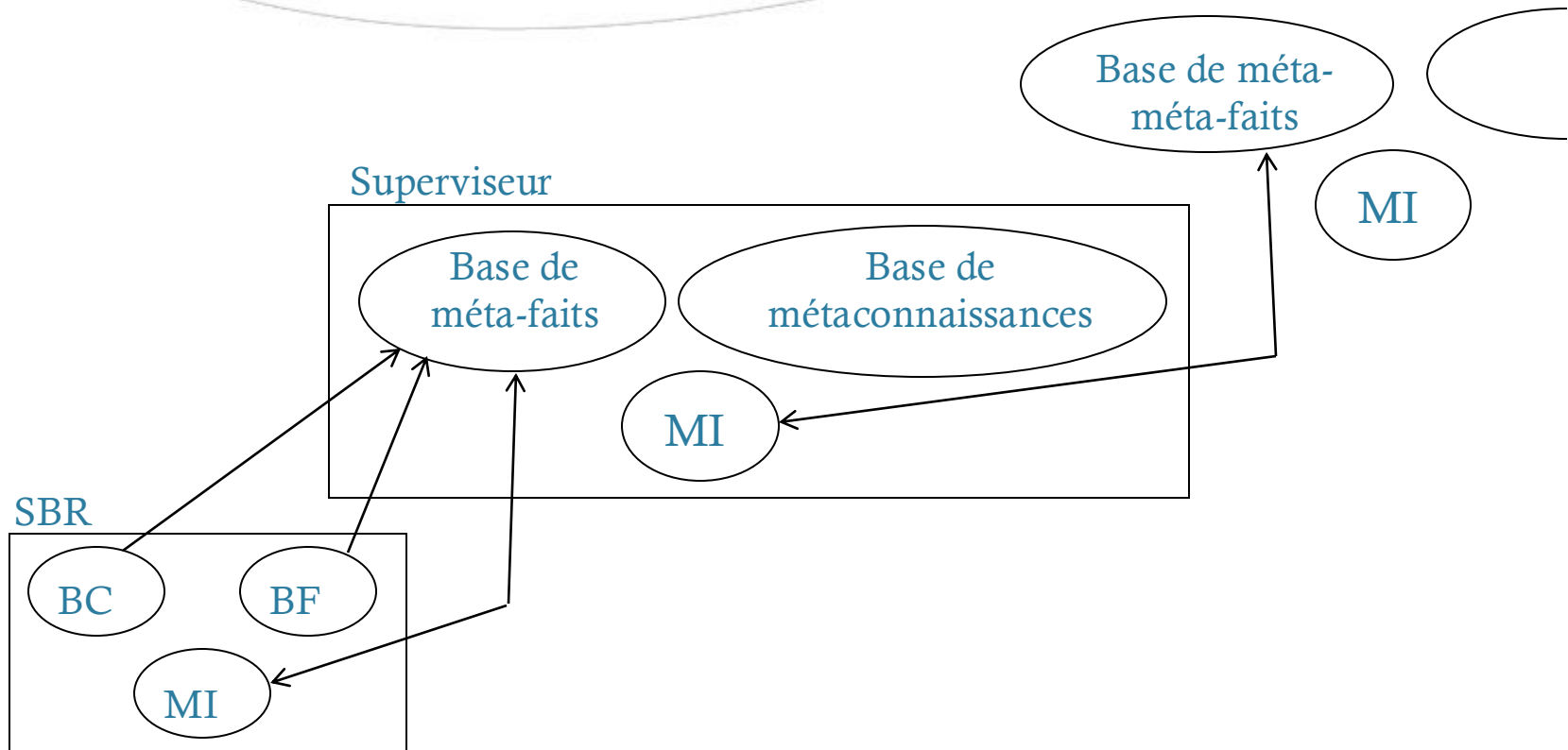
- ◆ Connaissances sur les connaissances
  - ◆ Propriétés des connaissances
  - ◆ Connaissances sur les connaissances d'un individu
  - ◆ Connaissances pour manipuler des connaissances
- ◆ Les métaconnaissances sont des connaissances
- ◆ L'homme est conscient des niveaux méta

# Opérer à plusieurs niveaux

- ◆ Pour être « intelligent », un système informatique doit pouvoir
  - ◆ Réfléchir sur l'énoncé des problèmes qu'il traite
  - ◆ Disposer d'un mécanisme analogue à la conscience humaine pour savoir ce qu'il a fait, et pourquoi il l'a fait
  - ◆ Comprendre les raisons de ses succès et de ses échecs
  - ◆ Observer ses progrès vers son but
  - ◆ Modifier ses plans en fonction de ses observations



# Ascension des niveaux méta



# Utiliser la réflexivité pour arrêter l'ascension des niveaux méta

M1 : Si la règle R1 est identique à la règle R2  
Alors éliminer la règle R2

M2 : Si la règle R1 est identique à la règle R2  
Alors éliminer la règle R2

- ◆ La règle M1 est une **méta-règle**, puisqu'elle parle de règles
- ◆ Elle est réflexive puisqu'elle s'applique à elle-même

➤ Il y a réflexivité chaque fois  
qu'un système s'applique à lui-même

# Les connaissances qui sont des propriétés des connaissances

- 💧 Historique d'une connaissance
- 💧 Véracité d'une connaissance
- 💧 Précision d'une connaissance
- 💧 Classification des connaissances
- 💧 Intérêt d'une connaissance

# Les connaissances sur les connaissances des individus

- ◆ Quel individu modélise-t-on ?
  - ◆ Soi-même
  - ◆ Un autre système d'IA
  - ◆ Des êtres humains
- ◆ Pourquoi utiliser un modèle ?
  - ◆ Pour comprendre pourquoi un individu a fait quelque chose
  - ◆ Pour prédire ce que quelqu'un va faire
- ◆ Que contient un modèle ?
  - ◆ Savoir ce qu'un individu sait
  - ◆ Savoir ce qu'un individu veut faire
  - ◆ Savoir ce qu'un individu peut faire
  - ◆ Savoir comment un individu fait quelque chose
  - ◆ Connaître les habitudes d'un individu

# Connaissances pour manipuler des connaissances (1)

- ◆ Objectif : accroître la quantité et la qualité des connaissances
  - ◆ Connaissances pour acquérir des connaissances
    - ◆ Aider l'utilisateur
    - ◆ Diagnostiquer les connaissances fournies
    - ◆ Compléter les connaissances
  - ◆ Connaissances pour stocker des connaissances
    - ◆ Où
    - ◆ Comment
  - ◆ Connaissances pour découvrir de nouvelles connaissances
    - ◆ Créer une connaissance, par généralisation, analogie, ...
    - ◆ Modifier des k, par spécialisation, généralisation, élimination

# Connaissances pour manipuler des connaissances (2)

- ◆ Objectif : résoudre un problème
  - ◆ Connaissances pour rechercher les connaissances en mémoire
  - ◆ Connaissances pour utiliser les connaissances
    - ◆ Définir le mode d'emploi des connaissances
    - ◆ Choisir les connaissances les plus pertinentes
    - ◆ Compiler les connaissances
- ◆ Objectif : communiquer avec un utilisateur
  - ◆ Connaissances pour exprimer des connaissances
    - ◆ Choisir ce qu'on va dire
    - ◆ Quand
    - ◆ Comment

# Métaconnaissance en EIAH

- ◆ Propriétés des connaissances du domaine (niveau, granularité, prérequis, ...)
- ◆ Classification des entités du domaine
- ◆ Représentation des tâches
- ◆ Connaissances sur les stratégies de raisonnement
- ◆ Propriétés des problèmes (classe, difficulté, connaissances requises, ...)
- ◆ Le raisonnement menant à une explication est un méta-raisonnement puisqu'il porte sur le raisonnement du résolveur
- ◆ Modèle de l'apprenant : connaissances sur les connaissances de l'apprenant
- ◆ Connaissances de diagnostic, qui portent sur les connaissances de résolution
- ◆ Les métaconnaissances de résolution ou métaconnaissances pédagogiques ne sont en général pas explicitées par les enseignants ou l'institution



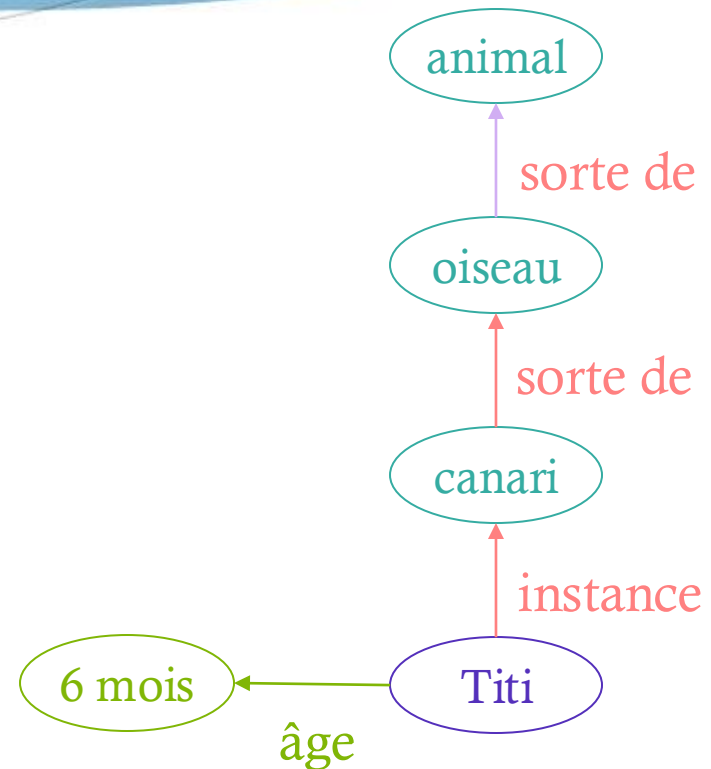
# Ontologies

## 💧 Motivations

- 💧 Représenter et structurer des concepts de façon explicite pour la machine et l'humain
- 💧 Description au niveau connaissance
- 💧 Une représentation partagée
  - 💧 Par une communauté
  - 💧 Par des logiciels
- 💧 Permet de décrire un concept selon plusieurs points de vue (enseignant, apprenant, tuteur, ...)

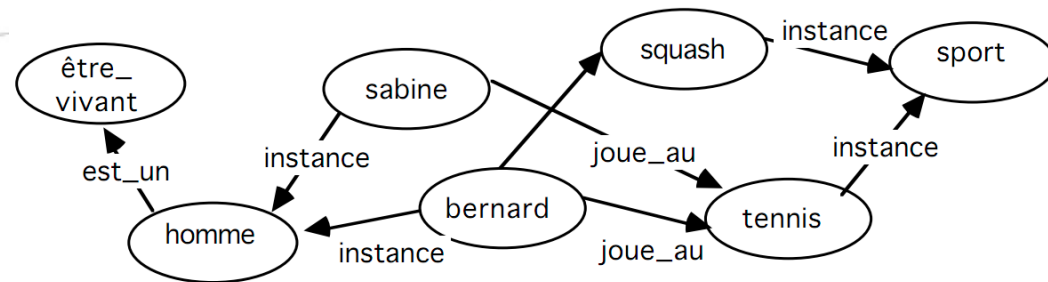
# Réseaux sémantiques

- ◆ Graphe composé
  - ◆ Ensemble de nœuds typés
    - ◆ Concept, individu, action, situation
  - ◆ Ensemble d'arcs
    - ◆ Relations structurales ou spécifiques
  - ◆ Ensemble d'opérations d'exploitation du graphe

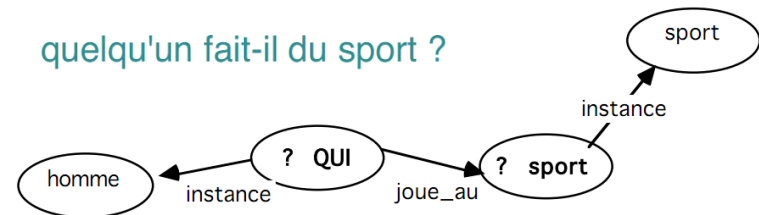


# Interprétation des connaissances dans les réseaux sémantiques

- ◆ Moteur d'inférences à règles de production variable
- ◆ Base de connaissances
  - ◆ Organisée en RS
  - ◆ Faits = triplets (O1, R, O2)
- ◆ Question
  - ◆ Fragment de RS
- ◆ Réponse
  - ◆ Ensemble de triplets
- Si RS important  
=> problèmes combinatoires



quelqu'un fait-il du sport ?



sabine joue\_au tennis  
bernard joue\_au tennis  
bernard joue\_au squash

# Ontologies et réseaux sémantiques en EIAH

- ◆ À l'usage des enseignants et/ou concepteurs d'EIAH pour
  - ◆ modéliser les connaissances de référence
  - ◆ modéliser l'intention didactique
  - ◆ positionner les connaissances acquises par rapport aux connaissances enjeu d'apprentissage
  - ◆ définir des programmes scolaires
  - ◆ définir des scénarii pédagogiques
  - ◆ associer des concepts et des documents
- ◆ Ontologies pédagogiques
  - ◆ Objectifs d'apprentissage
  - ◆ Stratégies pédagogiques
  - ◆ Type de connaissances (déclaratives, procédurales, méta, ...)
  - ◆ Activités pédagogiques
  - ◆ Utilisation de ressources pédagogiques
- ◆ Réseaux sémantiques pour la navigation et le raisonnement
  - ◆ Dans site web, Coursus, Ontologies, ...

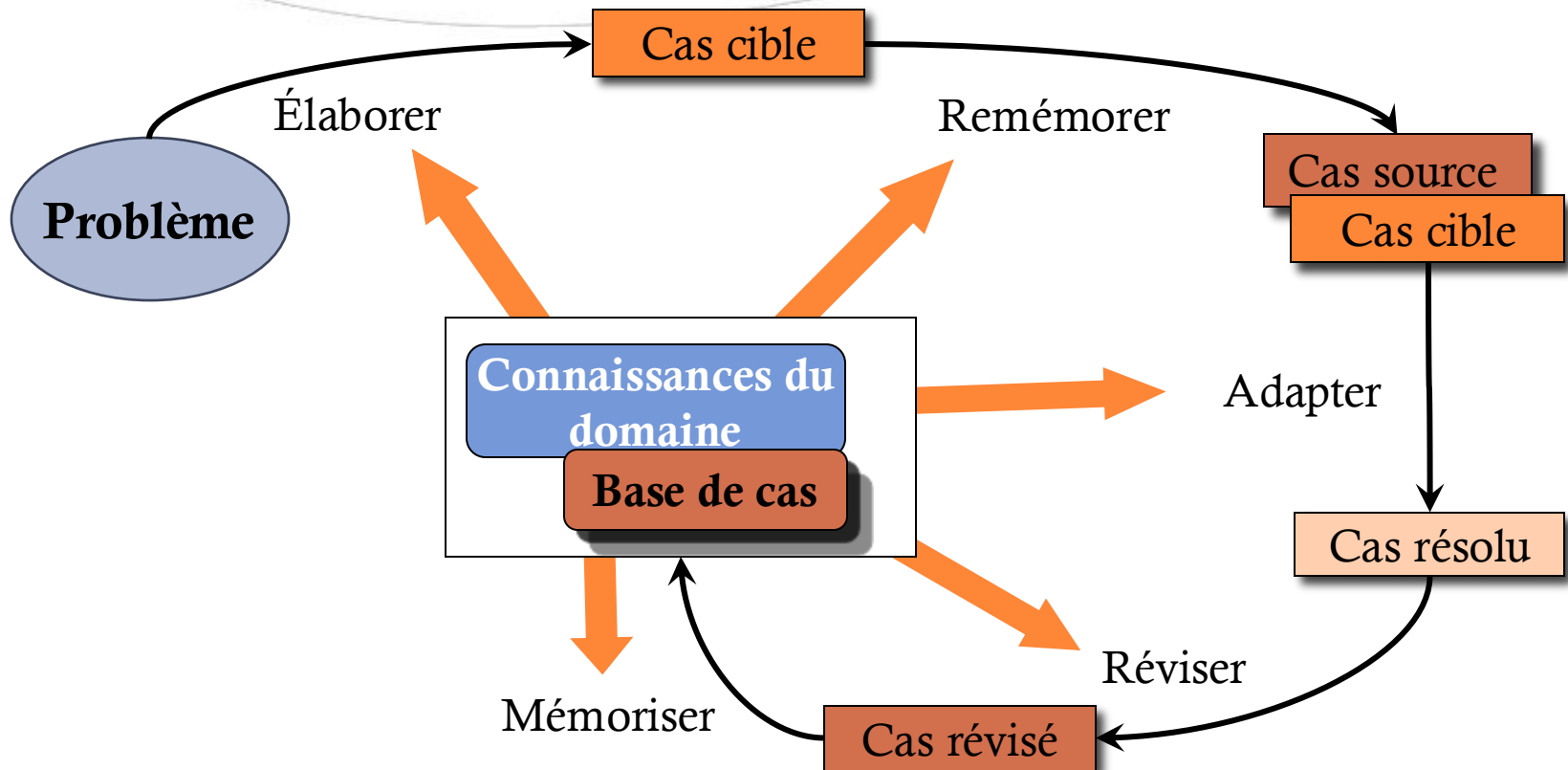
# Systemes multi-agents

- ◆ SMA = ensemble d'agents autonomes en interaction
- ◆ Objectif de l'IA Distribuée :  
faire émerger l'intelligence de l'interaction et de  
l'organisation d'entités autonomes
- ◆ Deux approches
  - ◆ Métaphore sociologique : agents cognitifs (groupe d'experts)
  - ◆ Métaphore biologique : agents réactifs (vie artificielle)

# SMA et approches bio-inspirées en EIAH

- ◆ Peu d'agents réactifs
  - ◆ Simulations de phénomènes complexes (physiques, biologiques, économiques, sociologiques, ...)
  - ◆ Identification de parcours d'apprenants
    - ◆ Exemple - POEM : création de parcours optimaux au sein de multiples cours en ligne pour atteindre un/des objectifs fixés via le paradigme des *hommières* (colonies de fourmies)
- ◆ Essentiellement des agents cognitifs
  - ◆ Communautés d'apprenants
  - ◆ Apprentissage collaboratif
  - ◆ Rôles dans un EIAH
    - ◆ Apprenant, Compagnon, Tuteur, Assistant (à l'enseignant), Coordonnateur (FOAD)
- ◆ Résolution distribuée de problèmes
  - ◆ Réseaux d'experts (agents cognitifs)
  - ◆ Eco-résolution (agents réactifs)

# Raisonnement à Partir de Cas (RàPC)





# RàPC en EIAH

## ◆ Avantages

- ◆ Compétences de résolution de problèmes dynamiques
- ◆ Évolutivité des connaissances
- ◆ Modèle de l'apprenant = base de cas

## ◆ Applications

- ◆ Enseignement à base de cas
  - ◆ En situation de résolution de problème
  - ◆ Le système aide l'apprenant en lui montrant des cas proches résolus
  - ◆ Exemple : FAQ avec remémoration
- ◆ Construction du modèle de l'apprenant
  - ◆ En observant le choix du cas proche par l'élève et comment il l'adapte
- ◆ Guidage dans un hypermédia
  - ◆ Proposer un parcours à l'apprenant en utilisant les parcours des autres élèves
- ◆ Simulation
  - ◆ L'apprenant construit une expérience
  - ◆ Le système la simule en adaptant une expérience connue similaire

# Data Mining

## ◆ Data Mining

- ◆ Terme générique englobant toute une famille d'outils facilitant l'exploration et l'analyse des données numériques
- ◆ Méthodes descriptives permettant d'organiser, de simplifier et d'aider à comprendre l'information contenue dans les données
- ◆ Méthodes prédictives permettent d'expliquer ou de prévoir un ou plusieurs phénomènes observables

## ◆ Educational Data Mining

- ◆ Is an emerging discipline, concerned with developing methods for exploring the unique and increasingly large-scale data that come from educational settings, and using those methods to better understand students, and the settings which they learn in. (<http://www.educationaldatamining.org/>)

- ◆ Cf. cours sur Learning Analytics (LAK) et Educational Data Mining (EDM)

# Data Mining en EIAH

- ◆ Analyse des données d'apprentissage
  - ◆ Issues des traces d'interaction, de capteurs physiologiques, des réseaux sociaux d'apprenants...
- ◆ Méthodes et Outils pour :
  - ◆ Prédiction de l'abandon, de la note finale, de la qualité d'une ressource pédagogique...
  - ◆ Clustering
    - ◆ Des apprenants pour créer des groupes (homogènes ou non), identifier des comportements...
    - ◆ Des ressources pédagogiques (indexation) pour créer des parcours, faire des recommandations...
  - ◆ Extraction de relations, découverte de modèles
  - ◆ Affichage des données traitées aux acteurs
  - ◆ ...

# TAL en EIAH

- ◆ Traitement automatique du langage naturel
  - ◆ Discipline à la frontière de la linguistique, de l'informatique et de l'IA
- ◆ Utilisé en EIAH
  - ◆ Pour dialoguer avec l'apprenant
    - ◆ Le comprendre, lui répondre
    - ◆ Correction automatique des réponses aux activités
  - ◆ Pour traiter des textes
    - ◆ Identifier les concepts présents
    - ◆ Les indexer
    - ◆ Générer des questions sur ces textes...

# Réalité Virtuelle et Augmentée en EIAH

- ◆ Réalité virtuelle (depuis 1970)
  - ◆ Technologie informatique qui simule la présence physique d'un utilisateur dans un environnement artificiellement généré par des logiciels
- ◆ Réalité augmentée (depuis 1990)
  - ◆ Technologie informatique qui associe sémantiquement et spatialement des objets réels et des objets générés par ordinateur
- ◆ Réalité mixte
  - ◆ Association des 2 concepts
- ◆ Surtout utilisé pour la formation professionnelle
- ◆ Atelier aux ORPHEE-RDV 2017 : <https://orphee-rv.hds.utc.fr/>

# LLM en EIAH

- ◆ Nouvelles capacités pédagogiques
  - ◆ Génération automatique d'exercices, feedbacks, reformulations
  - ◆ Tutorat personnalisé : explications adaptées au niveau de l'apprenant
  - ◆ Soutien : aide à la rédaction, traduction, correction
  - ◆ Simulations de dialogues pédagogiques / agents conversationnels intelligents
- ◆ Accessibilité et inclusion renforcées
  - ◆ Simplification de textes complexes
  - ◆ Adaptation multimodale : texte → audio, images
- ◆ Bénéfices pour les enseignants
  - ◆ Aide à la conception pédagogique (scénarios, activités, quiz)
  - ◆ Analyse de productions d'élèves (résumés, classifications)

# Limites des LLM en EIAH

- ◆ Fiabilité & hallucinations
  - ◆ Risque d'erreurs factuelles dans les explications ou corrections.
  - ◆ Besoin de validation humaine → supervision indispensable.
- ◆ Biais & équité
  - ◆ Réponses dépendantes des données d'entraînement.
  - ◆ Risque de reproduire ou amplifier des inégalités.
- ◆ Transparence & explicabilité
  - ◆ Fonctionnement peu interprétable.
  - ◆ Difficultés pour enseignants/apprenants à comprendre pourquoi une réponse est donnée.
- ◆ Données & confidentialité
  - ◆ Problèmes de protection des traces d'apprentissage.
  - ◆ Acceptabilité institutionnelle non encore stabilisée.
- ◆ Intégration pédagogique
  - ◆ Nécessité de former les enseignants à un usage responsable.
  - ◆ LLM = outil, pas solution complète : importance du design pédagogique.

CM dédié à l'équité  
algorithmique et les  
biais dans les EIAH

CM-TD dédiés au bilan  
en 2025 de l'usage des  
LLM en éducation et à  
l'évaluations des  
solutions



# Plan du cours

- ◆ Qu'est-ce que l'IA ?
- ◆ L'IA pour faire quoi en EIAH ?
- ◆ Quelles techniques d'IA pour le faire ?
- ◆ Exemple : l'EIAH AMBRE
- ◆ Bilan, apports réciproques et perspectives
- ◆ Pour aller plus loin

# Objectif du projet AMBRE

- ◆ Conception d'EIAH pour enseigner des méthodes
- ◆ Qu'est-ce qu'une méthode ?
  - ◆ Issue d'études en didactique des disciplines
  - ◆ En situation de résolution de problème :
    - ◆ Reconnaître la classe à laquelle appartient un problème
    - ◆ Associer une technique de résolution à une classe de problèmes
  - Connaissances de niveau méta : raisonner sur l'énoncé du problème

# Comment faire acquérir une méthode ?

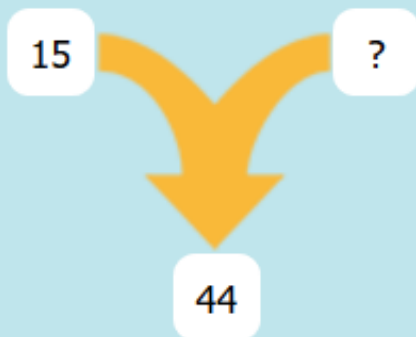
- ◆ Les méthodes ne peuvent pas être présentées directement
- ◆ Un apprenant actif qui construit sa méthode
- ◆ Utilisation du Raisonnement à Partir de Cas :
  - ◆ Mémoriser un problème prototype d'une classe
  - ◆ Apprendre à reconnaître les problèmes similaires
  - ◆ Adapter la résolution du problème prototype
- ◆ Principe de l'EIAH AMBRE
  - ◆ Présentation de quelques problèmes type
  - ◆ Assister l'apprenant dans la résolution de nouveaux problèmes
    - ◆ L'apprenant suit les étapes du RàPC

## Activités de l'apprenant lors de l'utilisation du logiciel



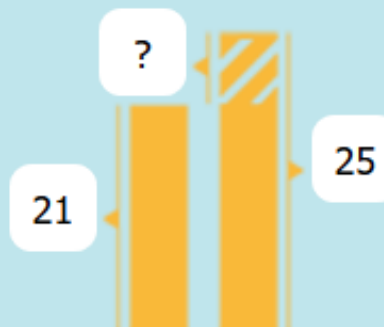
# Les modèles à faire acquérir

Nicolas a 15 billes vertes. En ajoutant les billes vertes d'Aurélien, Nicolas et Aurélien en ont ensemble 44. Combien Aurélien a-t-il de billes vertes ?



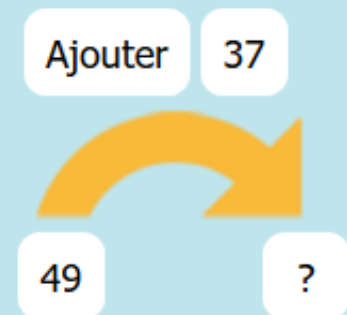
Le problème s'écrit :  $15 + ? = 44$   
L'opération s'écrit :  $44 - 15 = ?$   
La solution est : **29**  
La réponse est : **Aurélien a 29 billes vertes**

Julien a 21 roses jaunes. Carole en a 25. Combien Julien a-t-il de roses jaunes de moins que Carole ?



Le problème s'écrit :  $21 + ? = 25$   
L'opération s'écrit :  $25 - 21 = ?$   
La solution est : **4**  
La réponse est : **Julien a 4 roses jaunes de moins que Carole**

Florent avait 49 roses rouges ce matin. Il en a acheté 37. Combien de roses rouges Florent a-t-il ce soir ?



Le problème s'écrit :  $49 + 37 = ?$   
L'opération s'écrit :  $49 + 37 = ?$   
La solution est : **86**  
La réponse est : **Florent a 86 roses rouges**

# L'ITS AMBRE-add



Lire l'énoncé > Réécrire le problème > Choisir un modèle > Rédiger la solution > Ranger le problème



## Enoncé du problème à résoudre :

Luc et Kevin collectionnent les images de foot. A eux deux, ils en ont soixante-douze. Ils aiment se montrer leur collection et la recompter. Luc a cinquante-neuf images à lui tout seul. Combien Kevin a-t-il d'images de foot ?

J'ai bien lu l'énoncé

# L'ITS AMBRE-add



Lire l'énoncé > Réécrire le problème > Choisir un modèle > Rédiger la solution > Ranger le problème



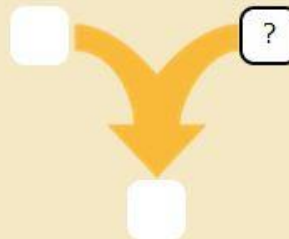
## Enoncé du problème :

Luc et Kevin collectionnent les images de foot. A eux deux, ils en ont soixante-douze. Ils aiment se montrer leur collection et la recompter. Luc a cinquante-neuf images à lui tout seul. Combien Kevin a-t-il d'images de foot ?

Choisis un schéma pour représenter le problème



Montre ce qu'on cherche



Ecris ce qu'on connaît



J'ai fini



# L'ITS AMBRE-add



Lire l'énoncé > Réécrire le problème > Choisir un modèle > Rédiger la solution > Ranger le problème



Énoncé du problème :

Luc et Kevin collectionnent les images de foot. A eux deux, ils en ont soixante-douze. Ils aiment se montrer leur collection et la recompter. Luc a cinquante-neuf images à lui tout seul. Combien Kevin a-t-il d'images de foot ?

Ta réécriture :



Compare le problème aux modèles et choisis le modèle le plus proche du problème :

Antoine et Romain ont ensemble 43 billes. Antoine a 28 billes. Combien Romain a-t-il de billes ?



Paul a 11 billes. Isabelle en a 13. Ils sont dans la cour de l'école. Combien Paul et Isabelle ont-ils de billes ensemble ?



Léa avait 28 billes avant de jouer avec Anaïs. Elle a maintenant 45 billes. Combien en a-t-elle gagné pendant la partie ?




Mathieu avait 61 billes à la fin de la n en a-t-il perdu au c récréation ?



Voir les problèmes identiques à ce modèle...

J'ai fini

# L'ITS AMBRE-add



Lire l'énoncé > Réécrire le problème > Choisir un modèle > Rédiger la solution > Ranger le problème

Le modèle que tu as choisi

Enoncé :

Antoine et Romain ont ensemble 43 billes.  
Antoine a 28 billes.  
Combien Romain a-t-il de billes ?

Réécriture :

28

?

43

Rédaction de la solution

Le problème s'écrit :  $28 + ? = 43$

L'opération s'écrit :  $43 - 28 = ?$

La solution est : 15

La réponse est : Romain a 15 billes

Le problème à résoudre

Enoncé :

Luc et Kevin collectionnent les images de foot. A eux deux, ils en ont soixante-douze. Ils aiment se montrer leur collection et la recompter. Luc a cinquante-neuf images à lui tout seul. Combien Kevin a-t-il d'images de foot ?

Ta réécriture :

59

?

72

Rédige la solution en t'aidant de celle du modèle.

Le problème s'écrit :  $59 + ? = 72$

L'opération s'écrit :  $72 - 59 = ?$

La solution est : 13

Kevin

a

13

image(s)

La réponse est : Kevin a 13 images.

J'ai fini

Master IA Lyon 1 - UE EIAH - Décembre 2025

66

# L'ITS AMBRE-add



Lire l'énoncé > Réécrire le problème > Choisir un modèle > Rédiger la solution > Ranger le problème



## Énoncé du problème :

Luc et Kevin collectionnent les images de foot. A eux deux, ils en ont soixante-douze. Ils aiment se montrer leur collection et la recompter. Luc a cinquante-neuf images à lui tout seul. Combien Kevin a-t-il d'images de foot ?

## Ta réécriture :



## Rédaction de ta solution :

Le problème s'écrit :  $59 + ? = 72$

L'opération s'écrit :  $72 - 59 = ?$

La solution est : 13

La réponse est : Kevin a 13 images

Compare le problème aux modèles et choisis le modèle le plus proche du problème :

### Énoncé du problème :

Antoine et Romain ont ensemble 43 billes. Antoine a 28 billes. Combien Romain a-t-il de billes ?



### Énoncé du problème :

Paul a 11 billes. Isabelle en a 13. Ils sont dans la cour de l'école. Combien Paul et Isabelle ont-ils de billes ensemble ?



### Énoncé du problème :

Léa avait 28 billes avant de jouer avec Anaïs. Elle a maintenant 45 billes. Combien en a-t-elle gagné pendant la partie ?



### Énoncé du problème :

Mathieu avait 61 billes à la fin de la récréation. Combien en a-t-il perdu pendant la récréation ?



Voir les problèmes identiques à ce modèle...

J'ai fini



# L'ITS AMBRE-add

Tu as fini de résoudre ce problème

**Énoncé :** Luc et Kevin collectionnent les images de foot. A eux deux, ils en ont soixante-douze. Ils aiment se montrer leur collection et la recompter. Luc a cinquante-neuf images à lui tout seul. Combien Kevin a-t-il d'images de foot ?

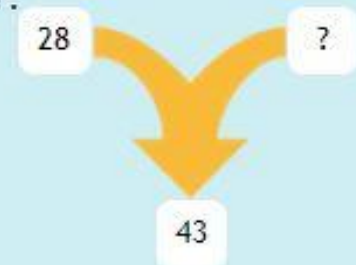
Réécriture :



Tu l'as rangé avec ce modèle

**Énoncé :** Antoine et Romain ont ensemble 43 billes. Antoine a 28 billes. Combien Romain a-t-il de billes ?

Réécriture :



Arrêter

Passer au problème suivant

# Études en psychologie cognitive dans le projet AMBRE

- ◆ Problématique : comment acquérir des connaissances abstraites (schémas) à partir de l'étude d'exemples et de la résolution de problèmes par analogie ?
  - ◆ Quels sont les mécanismes d'apprentissage mis en œuvre ?  
Comment les déclencher ?
- ◆ Exemples de résultats
  - ◆ Appropriation des exemples
    - ◆ Pour des novices, il vaut mieux faire analyser que faire résoudre
    - ◆ Choix des exemples : plus proche contraste

# Les modèles AMBRE-add



## Observe ce modèle

### Enoncé du modèle :

Romain et Kevin jouent aux billes. Romain avait 55 billes ; il en a perdu 39. Combien en a-t-il à la fin de la partie ?

### Réécriture :

Ici, on cherche à calculer le nombre de billes que possède Romain maintenant.



On connaît le nombre de billes que possédait Romain avant et le nombre de billes que Romain a perdu.

### Rédaction de la solution :

Le problème s'écrit :	$55 - 39 = ?$
L'opération s'écrit :	$55 - 39 = ?$
La solution est :	16
La réponse est :	Romain a 16 billes

J'ai fini la découverte de ce modèle

# Les modèles AMBRE-add



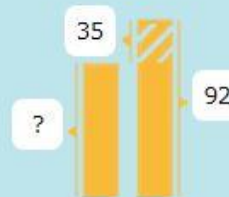
## Observe ce modèle

### Enoncé du modèle :

Marie a 92 billes. Quentin a 35 billes de moins qu'elle. Combien Quentin a-t-il de billes ?

### Réécriture :

Ici, on cherche le nombre de billes que possède Quentin.



On connaît le nombre de billes que possède Marie et la différence entre le nombre de billes de Marie et le nombre de billes de Quentin.

### Rédaction de la solution :

Le problème s'écrit :	$? + 35 = 92$
L'opération s'écrit :	$92 - 35 = ?$
La solution est :	57
La réponse est :	Quentin a 57 billes

J'ai fini la découverte de ce modèle



# Les modèles AMBRE-add



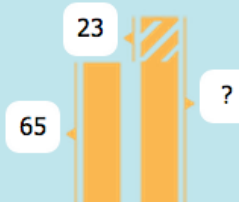
## Observe ce modèle

### Enoncé du modèle :

*Sophie a soixante-cinq billes. Damien en a vingt-trois de plus. Combien Damien a-t-il de billes ?*

### Réécriture :

Ici, on cherche le nombre de billes que possède Damien.



On connaît le nombre de billes que possède Sophie et la différence entre le nombre de billes de Sophie et le nombre de billes de Damien.

### Rédaction de la solution :

Le problème s'écrit :

$$65 + 23 = ?$$

L'opération s'écrit :

$$65 + 23 = ?$$

La solution est :

88

La réponse est :

Damien a 88 billes

J'ai fini la découverte de ce modèle

# Les modèles AMBRE-add



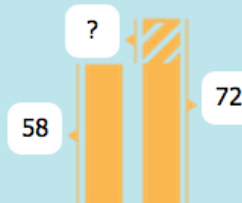
## Observe ce modèle

### Enoncé du modèle :

*Stéphane a soixante-douze billes et Emilie cinquante-huit. Combien Emilie en a-t-elle de moins que Stéphane ?*

### Réécriture :

Ici, on cherche à calculer la différence entre le nombre de billes d'Emilie et le nombre de billes de Stéphane.



On connaît le nombre de billes que possède Emilie et le nombre de billes que possède Stéphane.

### Rédaction de la solution :

Le problème s'écrit :

$$58 + ? = 72$$

L'opération s'écrit :

$$72 - 58 = ?$$

La solution est :

14

La réponse est :

Emilie a 14 billes de moins que Stéphane

J'ai fini la découverte de ce modèle

# L'IA dans le projet AMBRE

- ◆ L'EIAH AMBRE s'appuie sur un système à base de connaissances issu de l'architecture SYRCLAD
- ◆ L'architecture SYRCLAD est destinée à la production de résolveurs de problèmes appliquant des méthodes
- ◆ Elle a été conçue dans le but de produire des résolveurs de problèmes destinés aux EIAH

# L'architecture SYRCLAD

- ◆ Architecture pour expliciter la méthode que l'on souhaite enseigner
- ◆ Appliquée à 5 domaines
- ◆ Permet pour un domaine donné de
  - ◆ Définir les connaissances de la méthode
  - ◆ Obtenir un résolveur de problèmes du domaine
- ◆ Le résolveur d'un EIAH doit fonctionner selon les connaissances qu'il souhaite enseigner et non selon les connaissances expertes du domaine

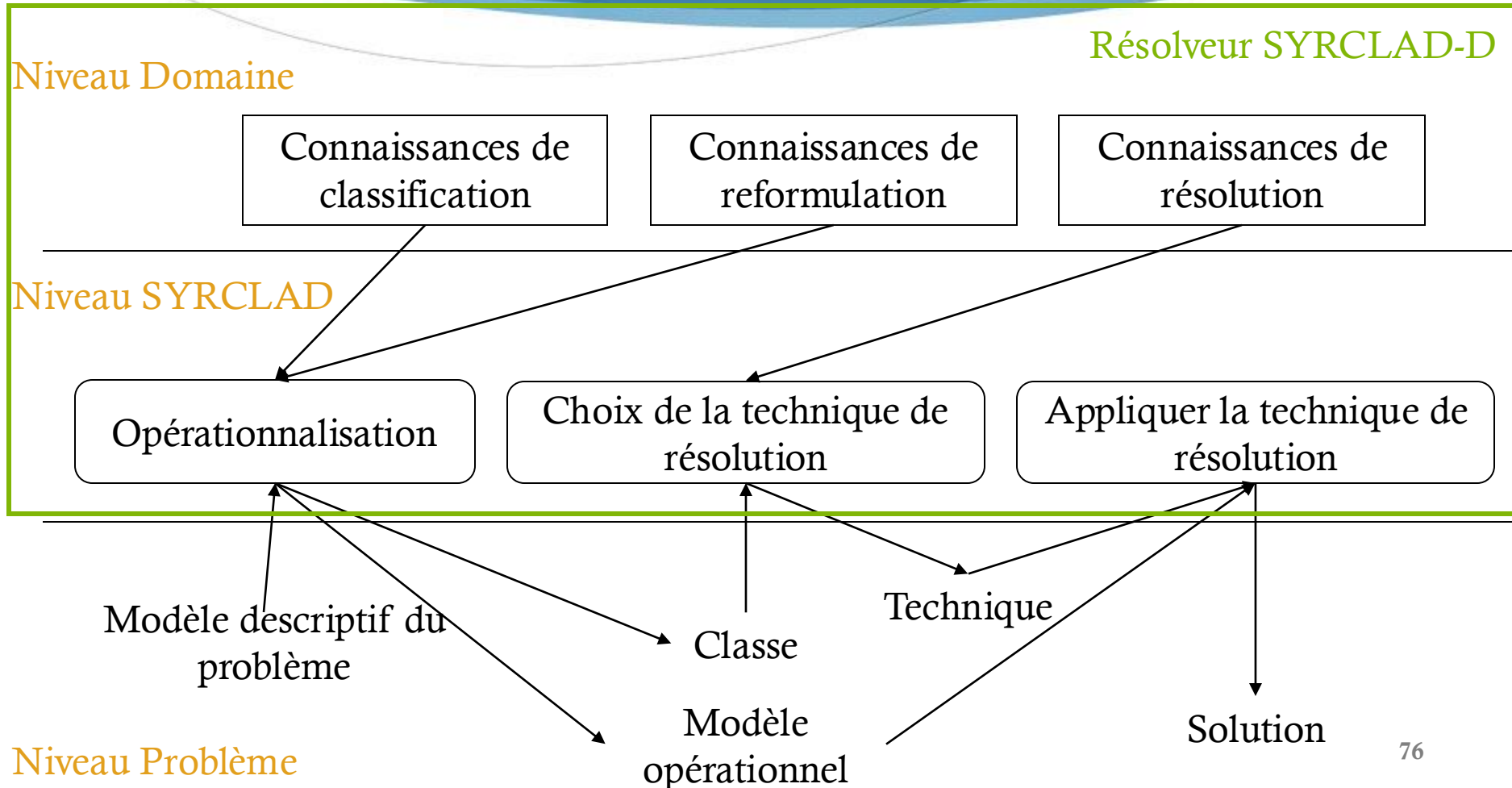
## Problèmes additifs

“Alex avait 32 billes. À la fin de la récréation, il en a 45. Combien a-t-il gagné de billes pendant la récréation ?”

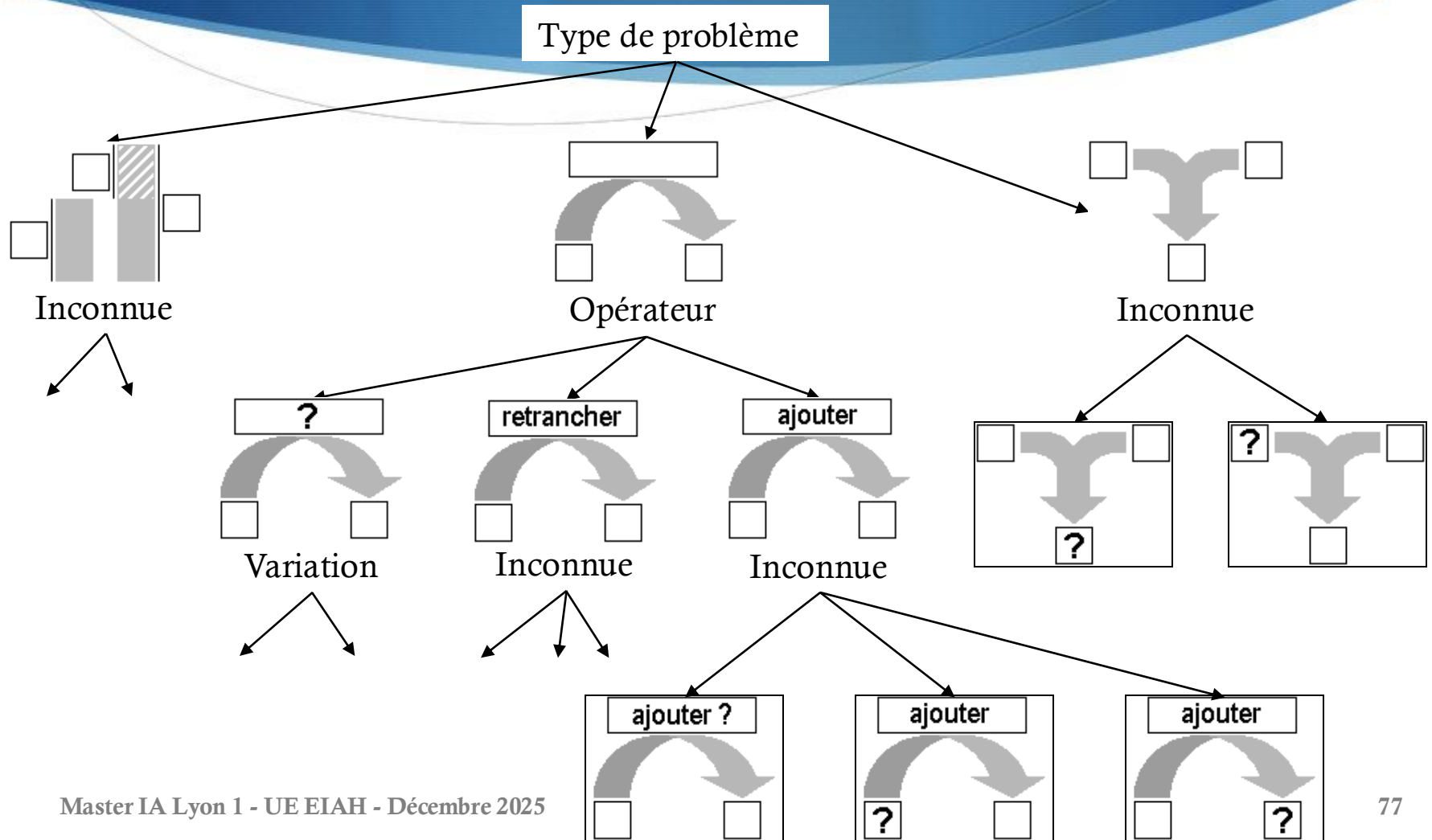
## Dénombrements

“Combien y a-t-il de mots de cinq lettres contenant exactement deux voyelles et (exactement) deux "b" ?”

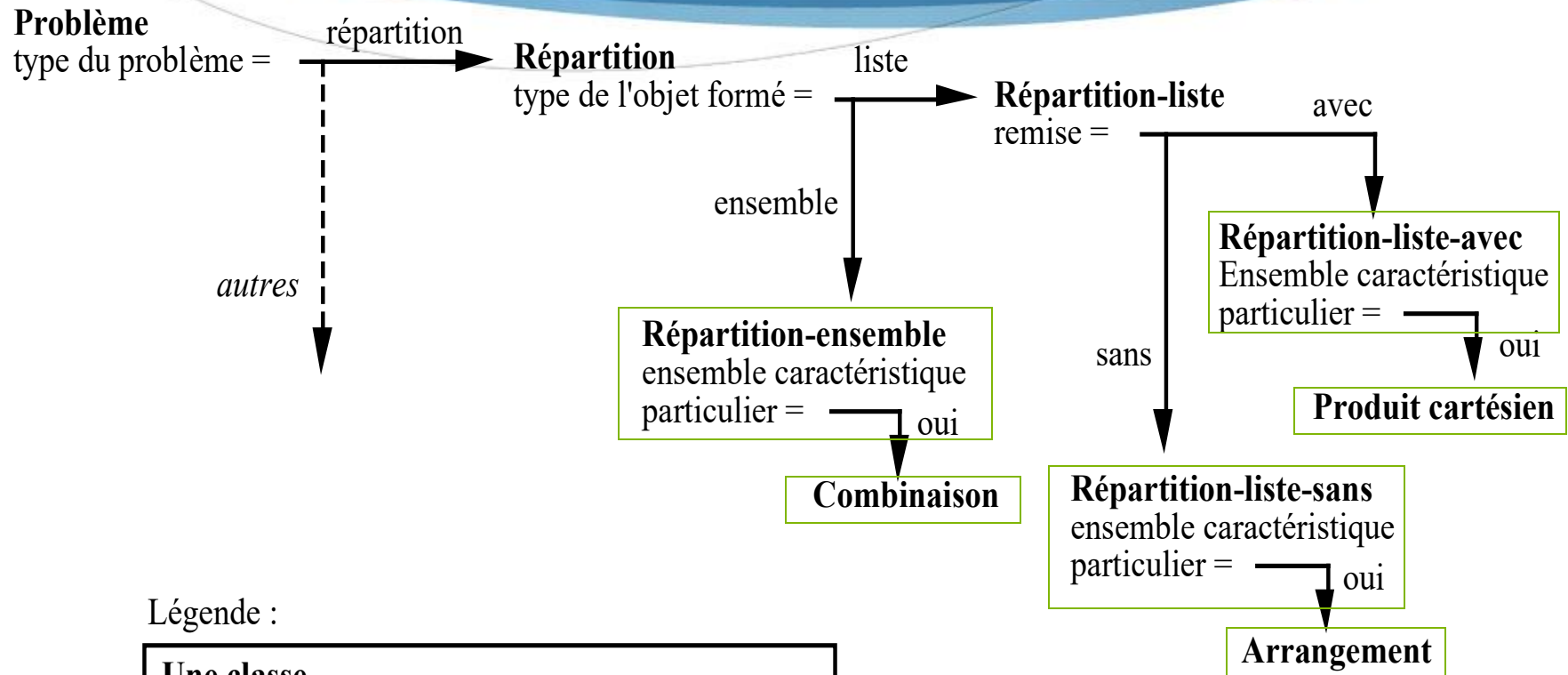
# L'architecture SYRCLAD



# Graphe de classification pour les problèmes additifs



# Connaissances de classification

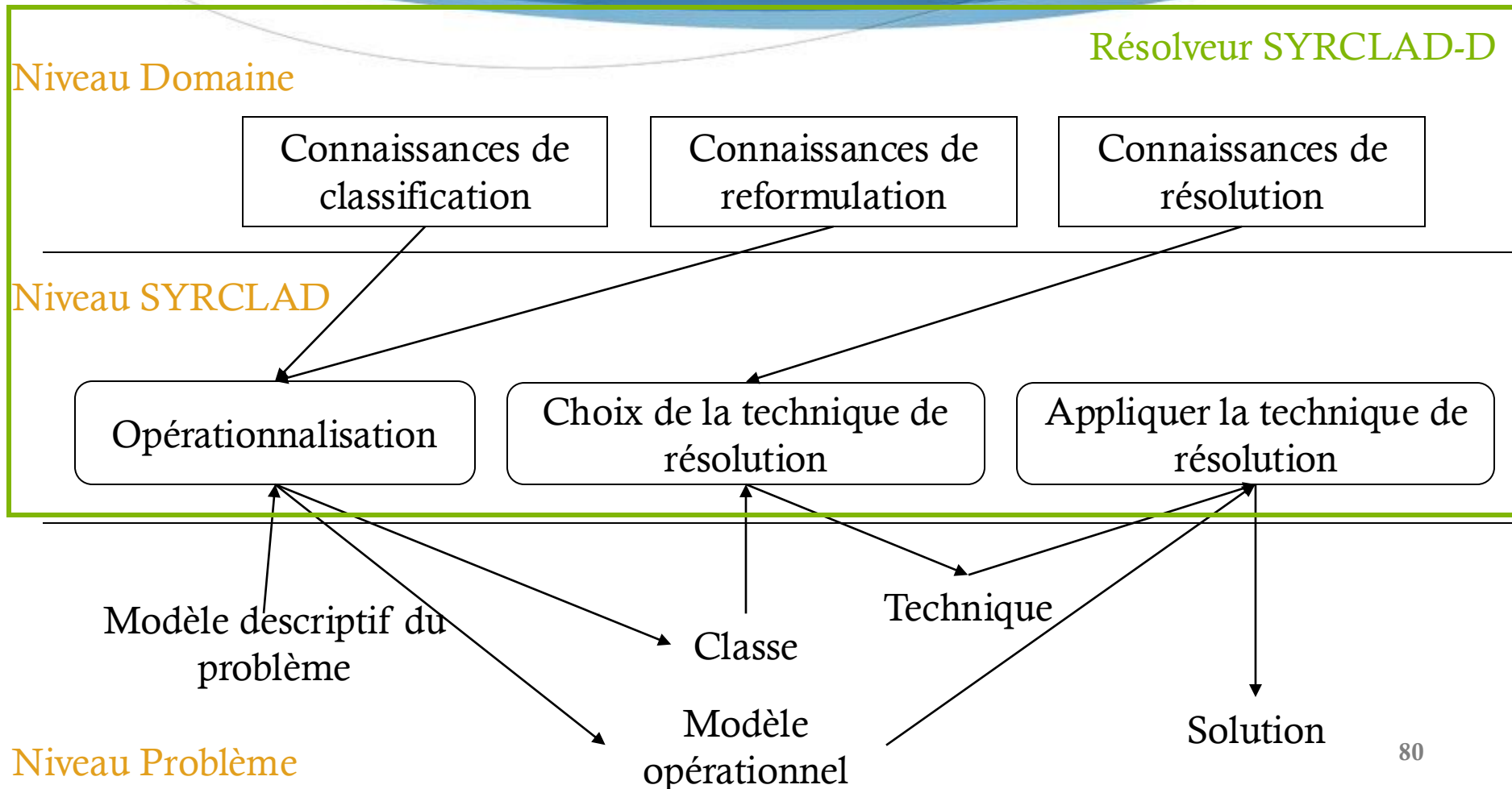




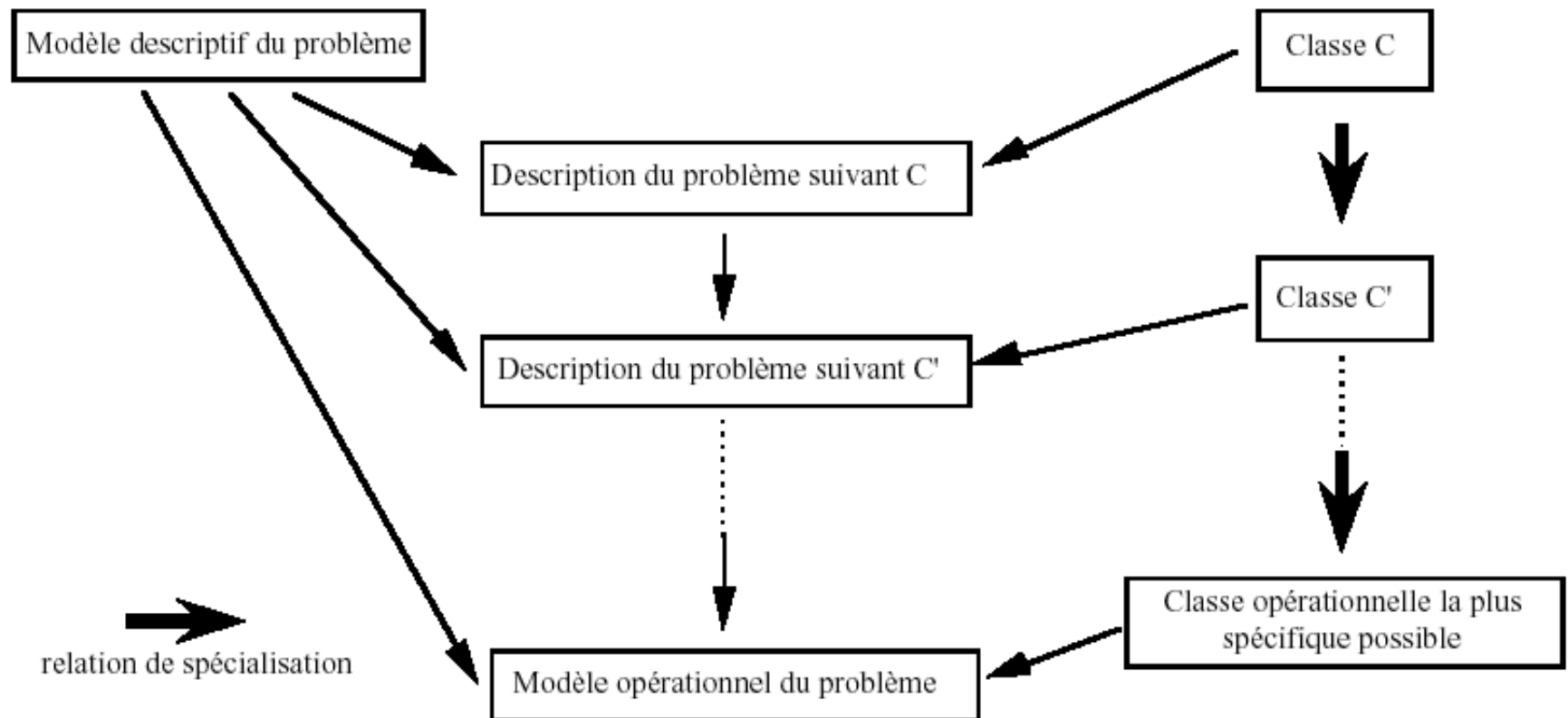
# Classer un problème

- ◆ Algorithme de descente dans le graphe de classification
  - ◆ Essayer de descendre dans une sous-classe = trouver la valeur de l'attribut discriminant
  - ◆ Si on ne peut pas descendre
    - ◆ Si on est dans une classe non-opérationnelle  
la classe n'est pas assez spécifique, on possède cependant certaines informations sur le problème
    - ◆ Si on est dans une classe opérationnelle  
terminé avec succès
- ◆ Trouver la valeur d'un attribut
  - ◆ lire la valeur connue ou appliquer une règle
- ◆ Appliquer une règle
  - ◆ valeurs des prémisses connues
  - ◆ ou trouver la valeur de la première prémisse inconnue

# L'architecture SYRCLAD



# Reformulation



# Connaissances de reformulation

Si le problème P possède une seule contrainte

Si cette contrainte est  
effectif\_attribut(**exactement**, **N**, **Att**, **Val**)

Si **Att** est un attribut possible pour le problème

Si **T** est la taille de la catégorie **Val** pour l'attribut **Att**

Alors le type du problème P est une répartition

et l'ensemble caractéristique de P est ((**T**, **N**, **Val**))

## Dénombrements

“Combien y a-t-il de mots de cinq **lettres** contenant **exactement** **deux** **voyelles** et (exactement) deux “b” ?”

## Répartition

[**6**, **deux**, (**a,e,i,o,u,y**)]

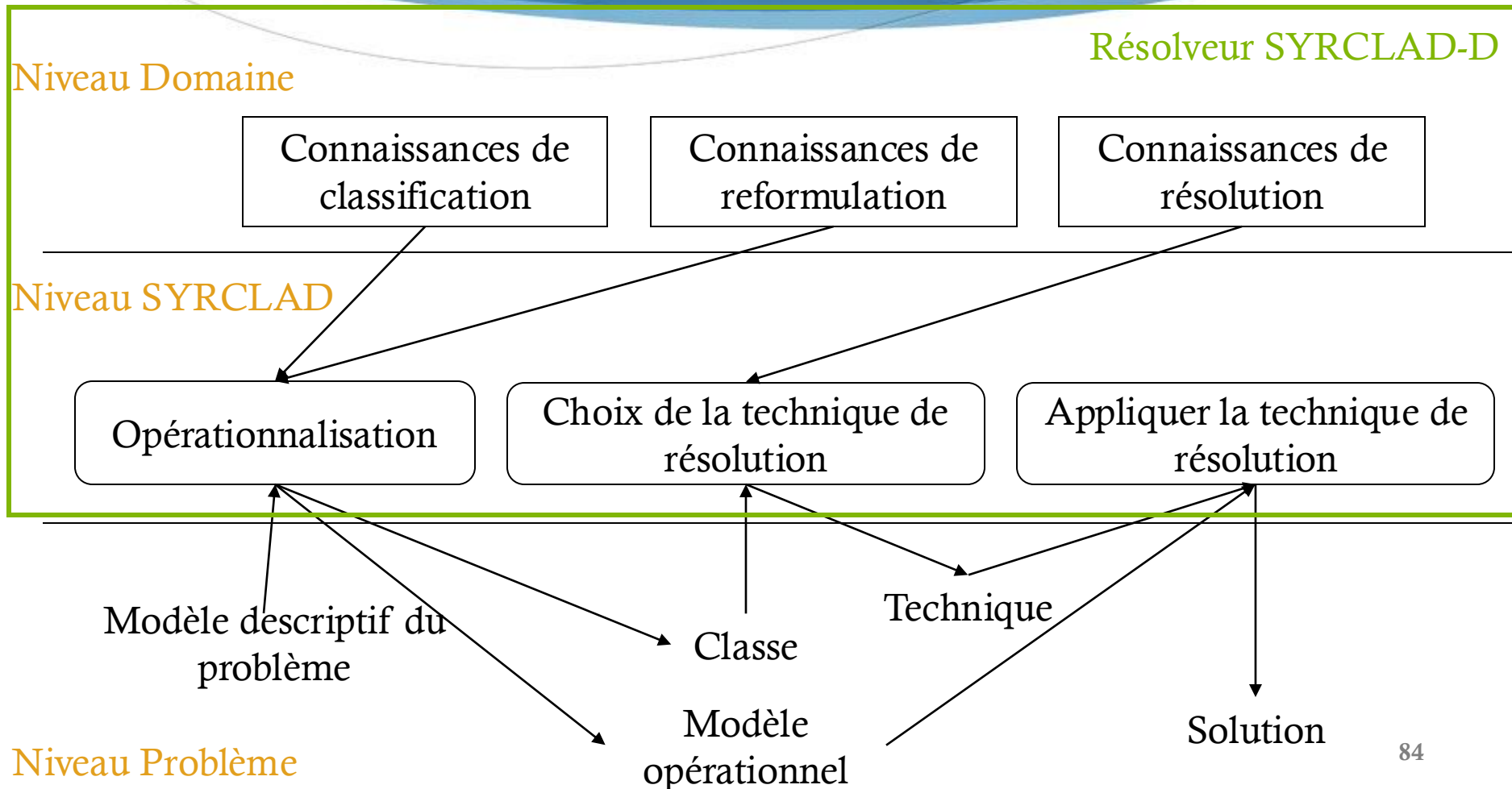
Et

[**1**, **deux**, (**b**)]

# Modèle opérationnel du problème

- ◆ Combien y a-t-il de mots de cinq lettres contenant exactement deux voyelles et (exactement) deux "b" ?
  - ◆ Type du problème : répartition
  - ◆ Type de l'objet formé : liste
  - ◆ Avec remise
- ◆ Taille de l'ensemble où l'on choisit : 26
- ◆ Taille de l'objet formé : 5
- ◆ Ensemble caractéristique :  $[[1, 2, b], [6, 2, \text{voyelle}]]$

# L'architecture SYRCLAD



# Appliquer une technique de résolution

- Combien y a-t-il de mots de cinq lettres contenant exactement deux voyelles et (exactement) deux "b" ?
- Plan de résolution :
  - On choisit 2 places parmi 5 pour les b
  - Puis on choisit un b parmi 1 pour chacune de ces places
  - Puis on choisit 2 places parmi 3 pour les voyelles
  - Puis on choisit un voyelle parmi 6 pour chacune de ces places
  - Puis on complète les 1 places restantes en choisissant 1 éléments parmi les 19 éléments restants

$$C(5,2) * 1 * 1 * C(3,2) * 6 * 6 * 19$$

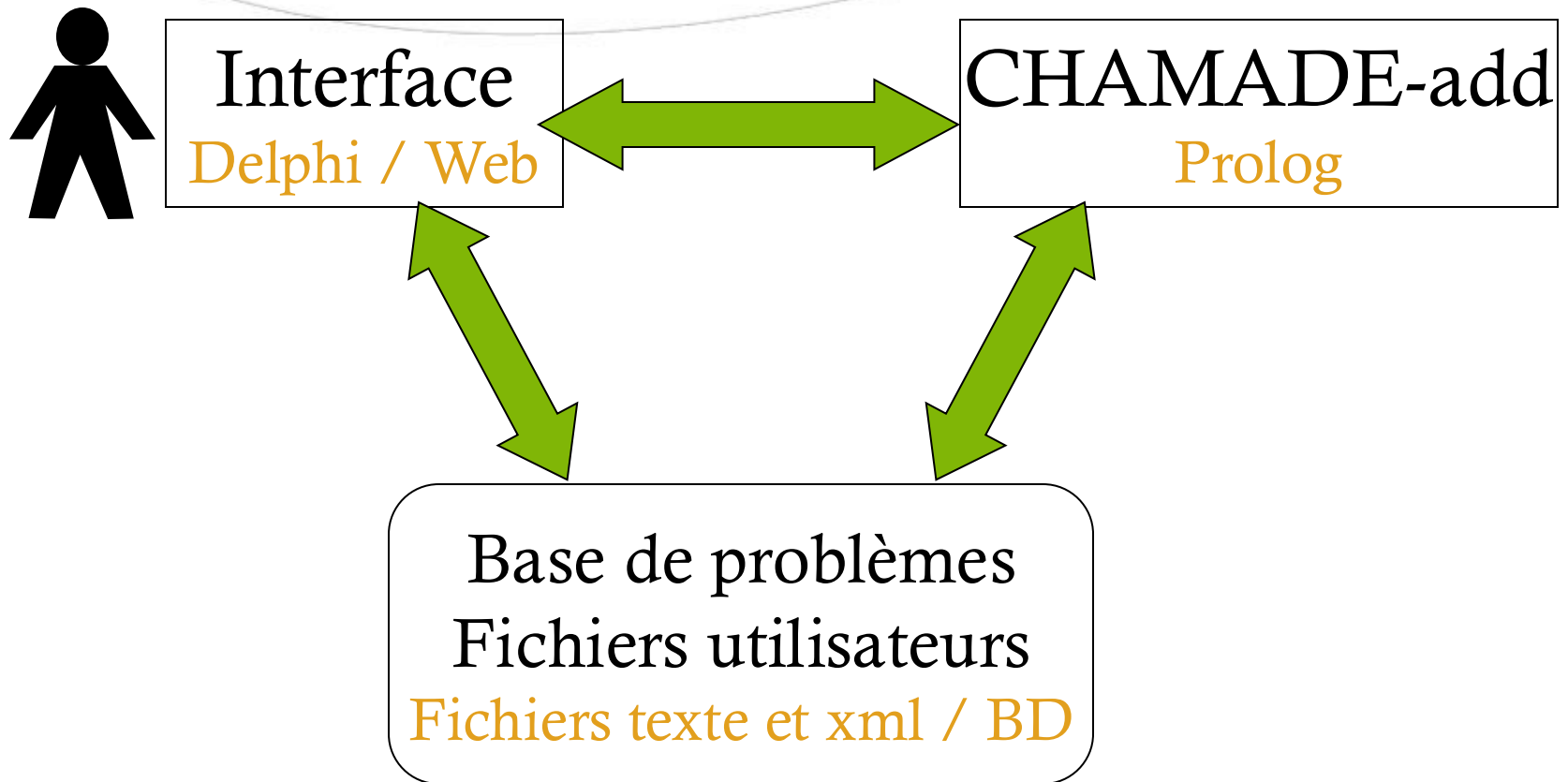
- Solution : 20520



# Le module domaine dans AMBRE-add

- ◆ Le résolveur SYRCLAD-add, qui applique la méthode que l'on souhaite enseigner pour les problèmes additifs
- ◆ Des connaissances supplémentaires, afin de
  - ◆ Fournir de l'aide à l'apprenant
  - ◆ Diagnostiquer ses réponses
  - ◆ Lui donner des explications sur ses erreurs
- CHAMADE-add

# Architecture de AMBRE-add



# Exemples d'aide

The screenshot displays the Ambre software interface with a navigation bar at the top containing the following steps: Lire l'énoncé, Réécrire le problème, Choisir un modèle, Rédiger la solution, and Ranger le problème. The interface is divided into two main columns: 'Le modèle que tu as choisi' on the left and 'Le problème à résoudre' on the right. Each column contains an 'Enoncé' (problem statement) and a 'Réécriture' (rewriting) section. In the left column, the problem involves Antoine and Romain having 43 marbles together, with Antoine having 28, and the question is how many Romain has. The 'Réécriture' section shows the number 28 and a question mark. In the right column, the problem involves Luc and Kevin having 62 football images together, with Luc having 59, and the question is how many Kevin has. The 'Réécriture' section shows the number 59 and a question mark. A central help dialog box is overlaid on the interface, featuring a lifebuoy icon and the text: '1 Tu peux modifier ta réponse ou cliquer sur la flèche pour continuer..'. Below the dialog is an orange button labeled 'D'accord'. At the bottom of each column, there is a 'Rédaction de la solution' section. The left column shows the problem written as  $28 + ? =$  and the operation as  $43 - 28 = ?$ , with the solution being 15. The right column shows the problem written as  $59 + ? =$  and the operation as  $72 - 59 = ?$ .

# Exemples d'aide

## Le modèle que tu as choisi

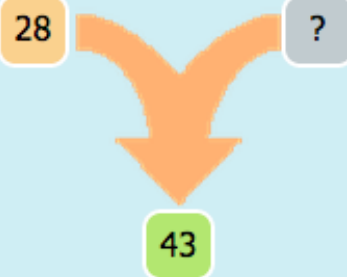
### Enoncé :

Antoine et Romain ont ensemble 43 billes.

Antoine a 28 billes.

Combien Romain a-t-il de billes ?

### Réécriture :



### Rédaction de la solution

Le problème s'écrit :  $28 + ? = 43$

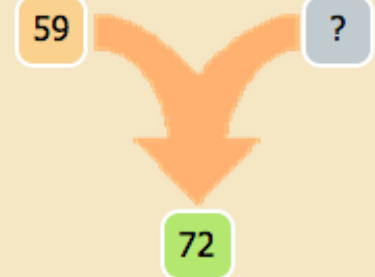
L'opération s'écrit :  $43 - 28 = ?$

## Le problème à résoudre

### Enoncé :

Luc et Kevin collectionnent les images de foot. A eux deux, ils en ont soixante-douze. Ils aiment se montrer leur collection et la recompter. Luc a cinquante-neuf images à lui tout seul. Combien Kevin a-t-il d'images de foot ?

### Ta réécriture :



Rédige la solution en t'aidant de celle du modèle.

Comment s'écrit le problème ?

=  Le problème s'écrit : ... +/- ... = ...

# Exemples de diagnostic

The screenshot shows the Ambre software interface with a diagnostic dialog box overlaid. The interface has a top navigation bar with buttons: Lire l'énoncé, Réécrire le problème, Choisir un modèle, Rédiger la solution, and Ranger le problème. The main area is divided into two columns: 'Le modèle que tu as choisi' and 'Le problème à résoudre'. The dialog box contains two items, each with a traffic light icon and a number.

**Ambre**

Navigation: Lire l'énoncé > Réécrire le problème > Choisir un modèle > Rédiger la solution > Ranger le problème

**Le modèle que tu as choisi**

Énoncé : Antoine et Romain ont ensemble 43 billes. Antoine a 28 billes. Combien Romain a-t-il de billes ?

Réécriture : 28 ?

Rédaction de la solution

Le problème s'écrit :  $28 + ? =$

L'opération s'écrit :  $43 - 28 =$

La solution est : 15

La réponse est : Romain a 15 billes

**Le problème à résoudre**

Énoncé : Luc et Kevin collectionnent les billes. Luc a 59 billes. Kevin a 13 billes. Combien de billes ont-ils ensemble ?

Ta réécriture : 59 ?

72

de celle du modèle.

opération s'écrit :  $72 - 59 = ?$

**Diagnostic Dialog Box:**

- 1 Tu as bien dit comment s'écrit le problème. Mais, attention, regarde bien s'il faut additionner ou soustraire. Pour t'aider tu peux regarder la rédaction de la solution du modèle.
- 2

**D'accord**



# Exemples de diagnostic

The screenshot displays the Ambre software interface, which is designed for teaching problem-solving. It features a top navigation bar with steps: Lire l'énoncé, Réécrire le problème, Choisir un modèle, Rédiger la solution, and Ranger le problème. The interface is divided into two main columns: 'Le modèle que tu as choisi' and 'Le problème à résoudre'. Each column contains an 'Enoncé' (statement) and a 'Réécriture' (rewriting) section. A central dialog box with a traffic light icon and a 'D'accord' button provides feedback. The background shows a problem about billiard balls and a solution involving subtraction.

**Ambre**

Lire l'énoncé > Réécrire le problème > Choisir un modèle > Rédiger la solution > Ranger le problème

**Le modèle que tu as choisi**

**Enoncé :**  
Antoine et Romain ont ensemble 43 billes.  
Antoine a 28 billes.  
Combien Romain a-t-il de billes ?

**Réécriture :**  
28      ?

**Rédaction de la solution**

Le problème s'écrit :  $28 + ? =$

L'opération s'écrit :  $43 - 28 =$

**La solution est : 15**

La réponse est : Romain a 15 billes

**Le problème à résoudre**

**Enoncé :**  
Luc et Kevin collectionnent les images de foot. A eux deux, ils

**Ta réécriture :**  
59      ?

72

de celle du modèle.

**72 - 59 = 12**


**La solution est : 12**

1 Tu as bien dit comment s'écrit le problème et comment s'écrit l'opération. Mais, tu as fait une erreur de calcul.




2

D'accord

# Exemples de diagnostic



Lire l'énoncé > Réécrire le problème > Choisir un modèle > Rédiger la solution > Ranger le problème

**Énoncé du problème :**

Luc et Kevin collectionnent les images de foot. A eux deux, ils en ont soixante-douze. Ils aiment se montrer leur collection et la recompter. Luc a cinquante-neuf images à lui tout seul. Combien Kevin a-t-il d'images de foot ?

**Ta réécriture :**

59

?

72

**Rédaction de ta solution :**

Le problème s'écrit :  $59 + ? = 72$

L'opération s'écrit :  $72 - 59 = ?$

La solution est : 13

La réponse est : Kevin a 13 images

**Compare le problème au modèle :**

**Énoncé du problème :**

Antoine et Romain ont ensemble 43 billes. Antoine a 28 billes. Combien Romain a-t-il de billes ?

28

43

1

Jusqu'ici, tes réponses sont justes.

D'accord

**Énoncé du problème :**

Mathieu avait 61 billes. Il en a perdu 28 pendant la récréation. Combien en a-t-il resté ?

61

28

45

**Énoncé du problème :**

Enlever 28 billes de 61 billes. Combien en reste-t-il ?

61

28

45

Voir les problèmes identiques à ce modèle...

J'ai fini



# Exemples de diagnostic

Lire l'énoncé > Réécrire le problème > Choisir un modèle > Rédiger la solution > Ranger le problème

Enoncé du problème :

Ce matin, M. Dupin le pâtissier a vendu 36 gâteaux. Il en avait fabriqué 75. Combien lui reste-t-il de gâteaux ?

Choisis un schéma pour représenter le problème

Ecris ce qu'on connaît

enlève 75

36 ?

J'ai fini

1 Le schéma que tu as choisi représente bien le problème. Tu as bien trouvé ce qu'on cherche. Mais, tu t'es trompé en écrivant ce qu'on connaît. Ce que tu as écrit correspond à : M. Dupin avait 36 gâteaux. Il en a vendu 75. Combien en a-t-il maintenant ?

D'accord

# Exemples de diagnostic



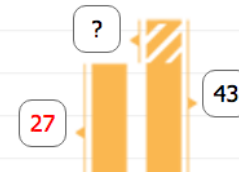
Lire l'énoncé > Réécrire le problème > Choisir un modèle > Rédiger la solution > Ranger le problème



**Énoncé du problème :**

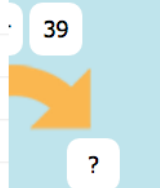
Mathieu a quarante-trois billes dans son cartable. Oscar, lui, en a vingt-sept. Combien de billes Mathieu a-t-il en plus ?

**Ta réécriture :**

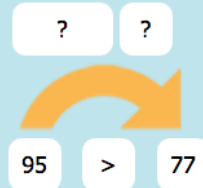


**Compare le problème aux modèles et choisis le modèle le plus proche du problème :**

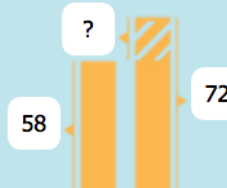
ent aux billes.  
s ; il en a perdu 39.  
a fin de la partie ?



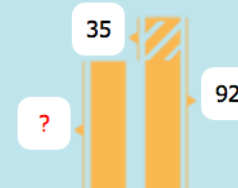
Au début de la récréation Aurélien a quatre-vingt-quinze billes. A la fin il en a soixante-dix-sept. A-t-il gagné ou perdu des billes et combien ?



Stéphane a soixante-douze billes et Emilie cinquante-huit. Combien Emilie en a-t-elle de moins que Stéphane ?



Marie a 92 billes. Quentin a 35 billes de moins qu'elle. Combien Quentin a-t-il de billes ?



[Voir les problèmes proches de ce modèle...](#)

J'ai fini

# Exemples de diagnostic



Lire l'énoncé > Réécrire le problème > Choisir un modèle > Rédiger la solution > Ranger le problème

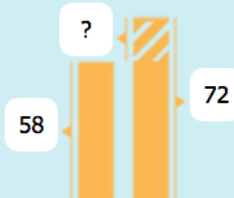


## Le modèle que tu as choisi

### Enoncé :

Stéphane a soixante-douze billes et Emilie cinquante-huit. Combien Emilie en a-t-elle de moins que Stéphane ?

### Réécriture :



### Rédaction de la solution

Le problème s'écrit :  $58 + ? = 72$

L'opération s'écrit :  $72 - 58 = ?$

La solution est : 14

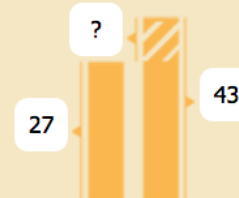
La réponse est : Emilie a 14 billes de moins que Stéphane

## Le problème à résoudre

### Enoncé :

Mathieu a quarante-trois billes dans son cartable. Oscar, lui, en a vingt-sept. Combien de billes Mathieu a-t-il en plus ?

### Ta réécriture :

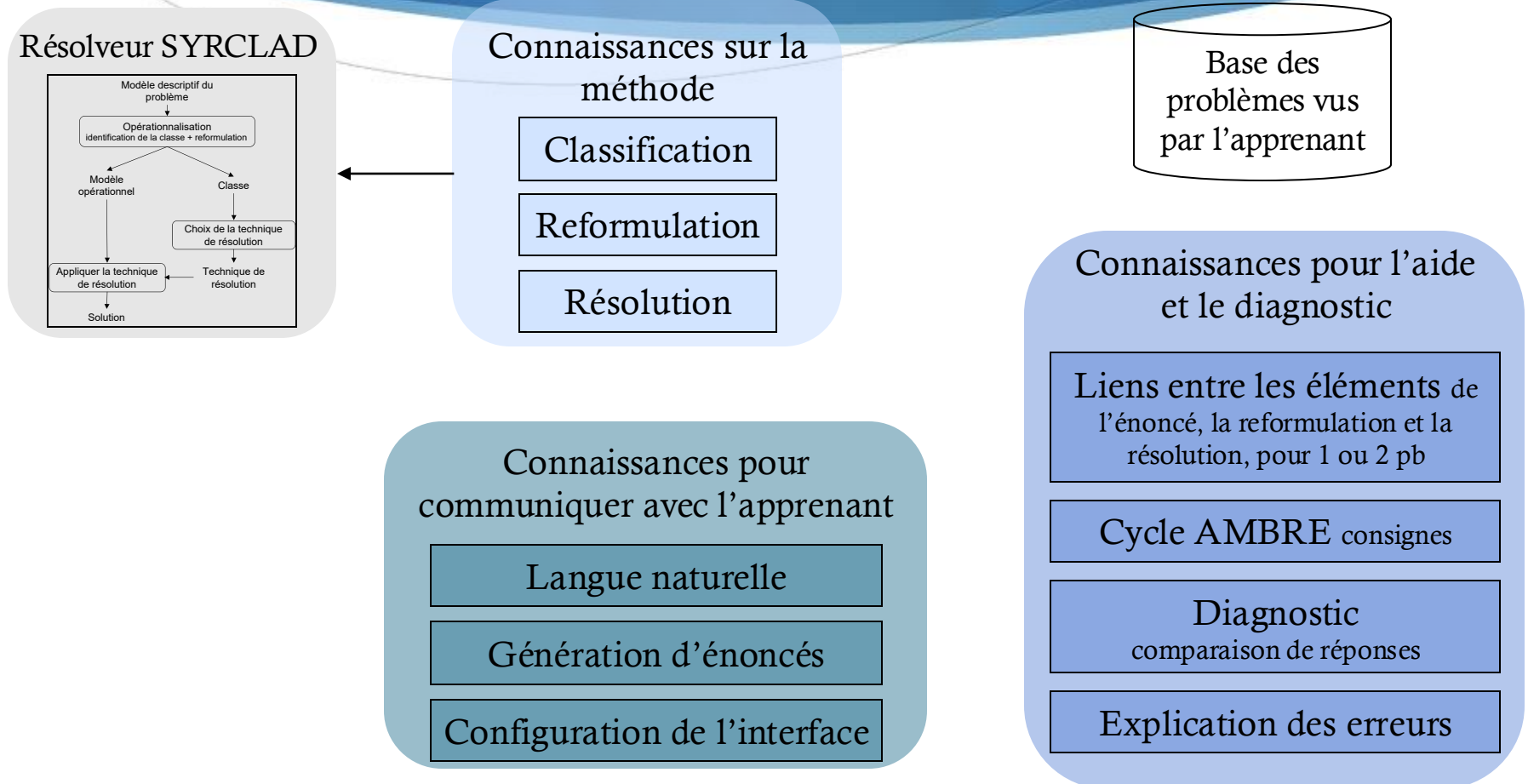


### Rédige la solution en t'aidant de celle du modèle.

Comment s'écrit le problème?

=  Le problème s'écrit :  $22 + ? = 32$

# Connaissances dans CHAMADE



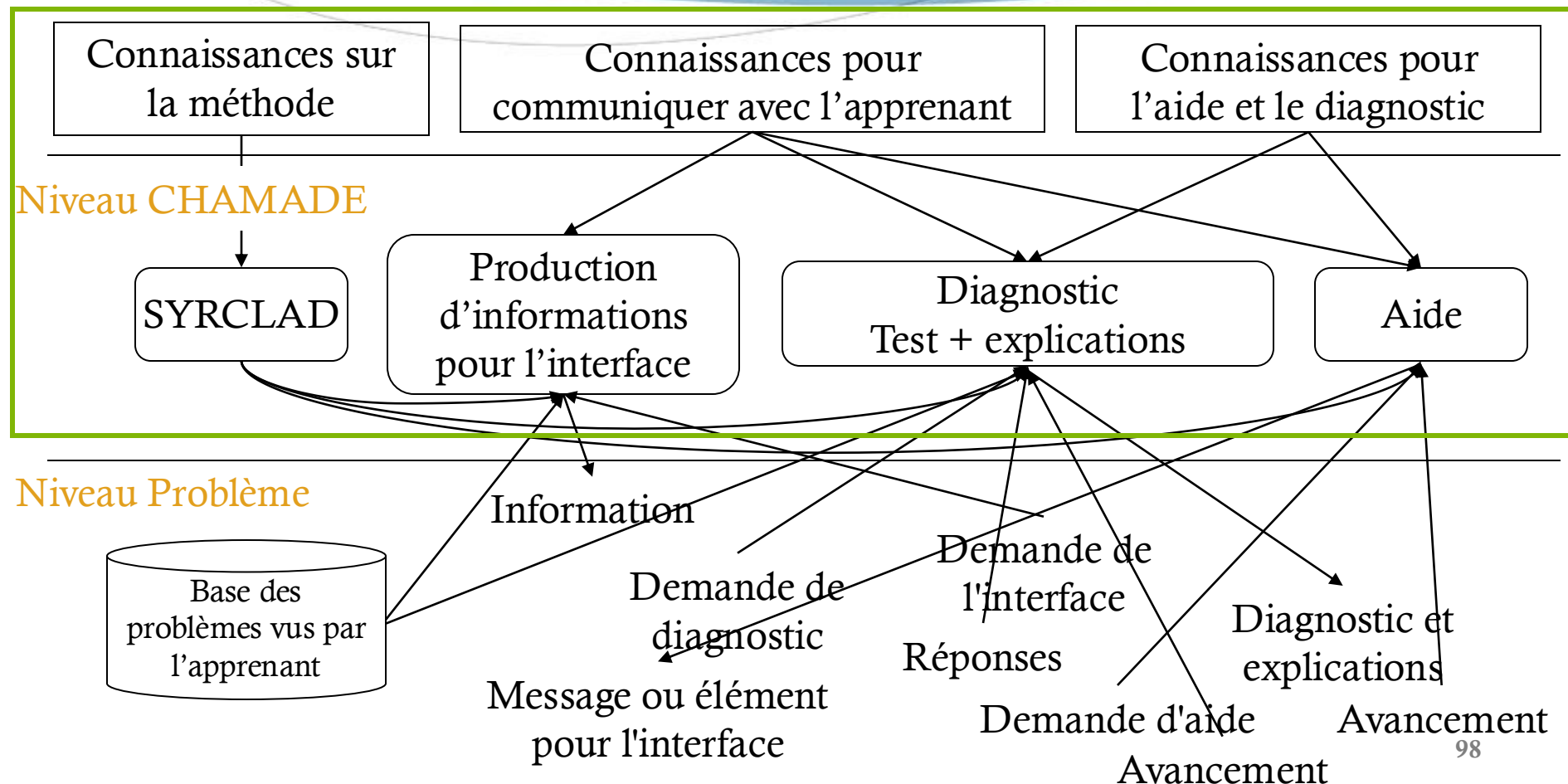
# Quelle généricité pour CHAMADE ?

- ◆ Niveau indépendant du domaine
  - ◆ Processus
  - ◆ Formalisme de représentation des connaissances
- ◆ Niveau domaine
  - ◆ Connaissances
- ◆ Niveau problème

# Généricité de CHAMADE

Niveau Domaine

CHAMADE-D



# Un générateur de problèmes pour AMBRE

- ◆ Contexte : AMBRE-enseignant, un environnement permettant l'adaptation par un enseignant d'un EIAH AMBRE
  - ◆ au contexte d'apprentissage
  - ◆ à sa démarche pédagogique
- ◆ Outils pour l'enseignant
  - ◆ Générer de nouveaux problèmes
  - ◆ Générer des thèmes d'exercices
  - ◆ Créer des séquences d'apprentissage
  - ◆ Gérer des classes
  - ◆ Distribuer du travail
  - ◆ Personnaliser l'environnement



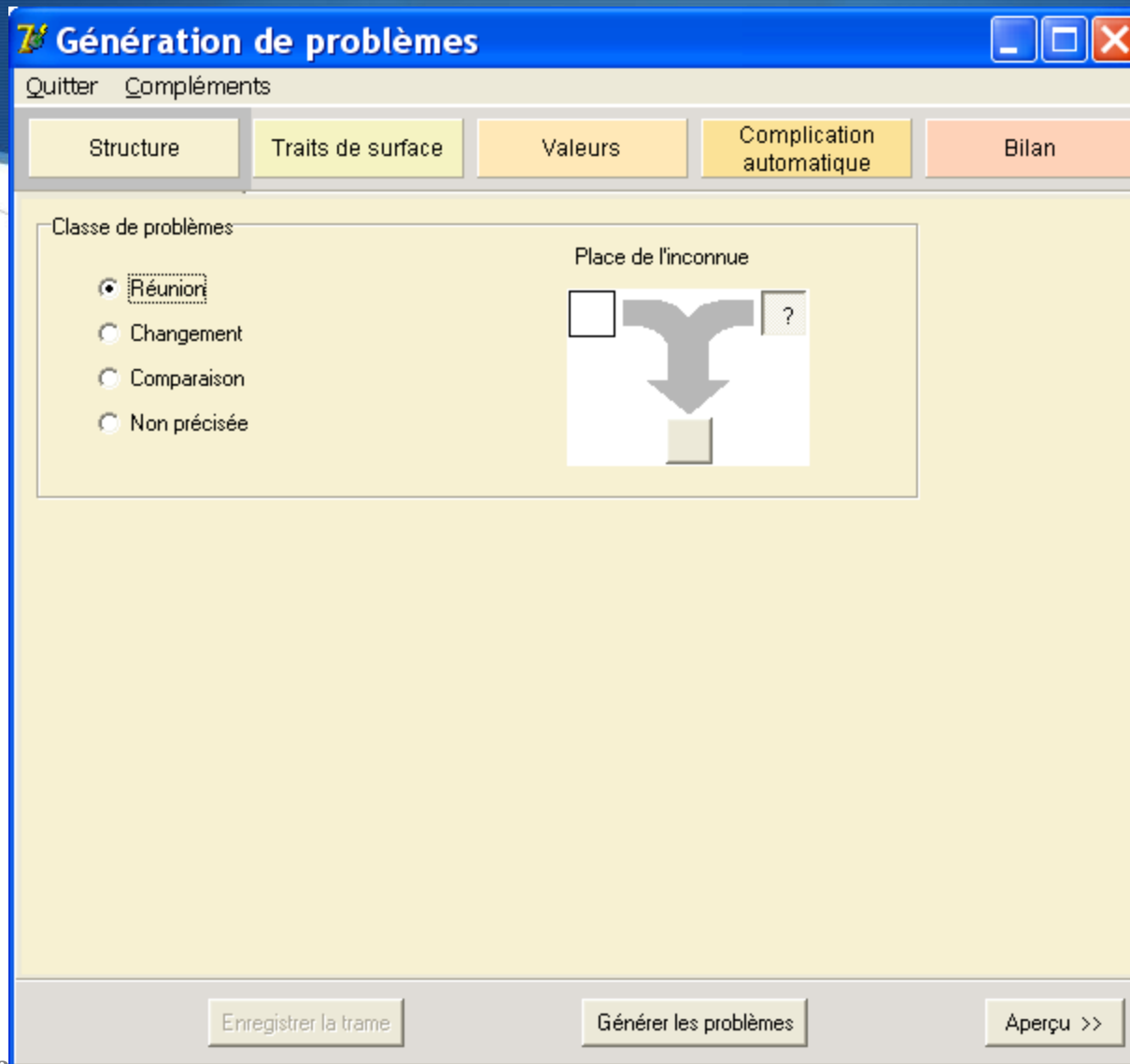
# Quel générateur de problèmes ?

- 💧 Système piloté par l'enseignant
  - Pas entièrement automatique
- 💧 Problème compréhensible par le résolveur de AMBRE
  - Pas manuel (type système auteur)
- 💧 Générateur semi-automatique
  - 💧 L'enseignant définit les contraintes caractérisant le(s) problème(s) qu'il souhaite générer
  - 💧 Le système génère un problème respectant ces contraintes
    - Problème “au hasard” → problème précis désiré par l'enseignant

# Quatre types de contraintes

- ◆ Structure du problème
- ◆ Traits de surface
- ◆ Valeurs
- ◆ Complication automatique
  
- ◆ Aucune contrainte n'est obligatoire

# Structure du problème



# Traits de surface

**Génération de problèmes**

Quitter Compléments

Structure Traits de surface Valeurs Complication automatique Bilan

Thèmes

- non précisé
- jeu
- promenade

Objets

- non précisé
- + fleur

Sorte de...

☐ Utiliser une seule sorte d'objets pour un énoncé

☒ Utiliser différentes sortes d'objets dans un même énoncé

Affecter les objets

Personnages

- non précisé
- Damien
- Julie
- Paul
- Romain
- Sabrina

☐ Utiliser le nom de l'élève connecté dans un énoncé

Affecter les personnages

Enregistrer la trame Générer les problèmes Aperçu >>

# Valeurs numériques

**Génération de problèmes**

Quitter Compléments

Structure Traits de surface **Valeurs** Complication automatique Bilan

☐ Non précisé

☒ Intervalle global pour les valeurs connues

Intervalle pour les valeurs : min  max

Écart entre les valeurs : min  max

☐ Valeurs pour a et b

a

?

b

Valeurs pour a : min  max

Valeurs pour b : min  max

☐ Retenue interdite

Enregistrer la trame Générer les problèmes Aperçu >>

# Complication

The screenshot shows a software window titled "Génération de problèmes" with a blue header bar. Below the header is a menu bar with "Quitter" and "Compléments". A tabbed interface contains five tabs: "Structure", "Traits de surface", "Valeurs", "Complication automatique" (which is selected and highlighted in yellow), and "Bilan". The main area of the window is yellow and contains two sections. The first section, "Complication de langue", has two dropdown menus: "Complexité du vocabulaire" set to 2 and "Complexité de la situation" set to 1. The second section, "Complication de l'énoncé", contains three checkboxes: "Écrire les nombres en toutes lettres" (checked), "Modifier l'ordre des propositions de l'énoncé" (unchecked), and "Ajouter" (checked) followed by a dropdown set to 1 and the text "phrases de niveau inférieur ou égal à" followed by another dropdown set to 3. At the bottom of the window are three buttons: "Enregistrer la trame", "Générer les problèmes", and "Aperçu >>".

**Génération de problèmes**

Quitter Compléments

Structure Traits de surface Valeurs **Complication automatique** Bilan

Complication de langue

Complexité du vocabulaire 2

Complexité de la situation 1

Complication de l'énoncé

☒ Écrire les nombres en toutes lettres

☐ Modifier l'ordre des propositions de l'énoncé

☒ Ajouter 1 phrases de niveau inférieur ou égal à 3

Enregistrer la trame Générer les problèmes Aperçu >>

# Bilan

**Génération de problèmes**☐☐☒

Quitter Compléments

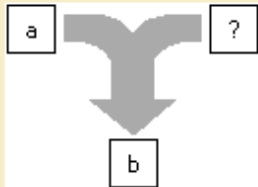
Structure

Traits de surface

Valeurs

Complication automatique

Bilan

**Structure**

**Traits de surface**

Thèmespromenade

Objetsfleur

PersonnagesJulie  
Damien

**Valeurs**

Intervalle pour les valeurs :  
min : 1  
max : 50

Écart entre les valeurs :  
min : 0  
max : 30

Retenue autorisée

**Complication automatique**

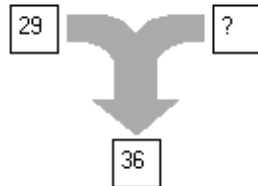
Complexité du vocabulaire : niveau 2  
Complexité de la situation : niveau 1

Écriture des nombres en lettres

Ajouter 1 phrases de niveau inférieur ou égal à 3

Aperçu

Il est cinq heures de l'après-midi. Julie a vingt-neuf roses. Julie et Damien ont trente-six fleurs à eux deux. Combien Damien a-t-il de fleurs ?



Le problème s'écrit :  
 $29 + ? = 36$   
L'opération s'écrit :  
 $36 - 29 = ?$   
La solution est :  
7  
La réponse est :  
Damien a 7 fleurs

Enregistrer la trameGénérer les problèmes<< Aperçu





## Génération d'exercices

Structure > Traits de surface > Valeurs > Complication automatique > **Bilan**

### Récapitulatif

Schema choisi :  Structure

Pas d'inconnue placée

### Traits de surface

Pas de thème choisi  
Pas d'objets choisis  
Des prénoms aléatoires seront utilisés.

### Valeurs

Pas de limitation sur le choix des nombres.

### Complication automatique

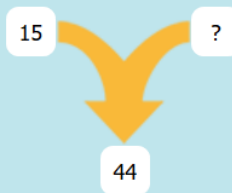
Complexité du vocabulaire : Simple.  
Complexité de la situation : Simple.  
Énoncé chiffré.  
Pas de phrase inutile.

Générer exercices

Enregistrer le modèle

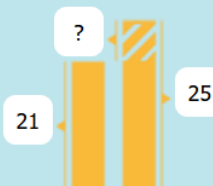
Générer exemples

Nicolas a 15 billes vertes. En ajoutant les billes vertes d'Aurélien, Nicolas et Aurélien en ont ensemble 44. Combien Aurélien a-t-il de billes vertes ?



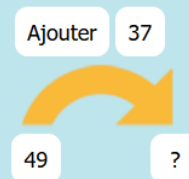
Le problème s'écrit :  $15 + ? = 44$   
L'opération s'écrit :  $44 - 15 = ?$   
La solution est : **29**  
La réponse est : **Aurélien a 29 billes vertes**

Julien a 21 roses jaunes. Carole en a 25. Combien Julien a-t-il de roses jaunes de moins que Carole ?



Le problème s'écrit :  $21 + ? = 25$   
L'opération s'écrit :  $25 - 21 = ?$   
La solution est : **4**  
La réponse est : **Julien a 4 roses jaunes de moins que Carole**

Florent avait 49 roses rouges ce matin. Il en a acheté 37. Combien de roses rouges Florent a-t-il ce soir ?



Le problème s'écrit :  $49 + 37 = ?$   
L'opération s'écrit :  $49 + 37 = ?$   
La solution est : **86**  
La réponse est : **Florent a 86 roses rouges**

Structure > Traits de surface > Valeurs > Complication automatique > **Bilan**

Complexité du vocabulaire : Simple.  
Complexité de la situation : Simple.  
Enoncé chiffré.  
Ajout de 3 phrase(s) inutiles de complexité 3/3.

Générer exemples

Le problème s'écrit :  $23 + 39 = ?$   
L'opération s'écrit :  $23 + 39 = ?$   
La solution est : **62**  
La réponse est : **Nicolas et Noémie ont 62 billes verte**

# Exemples de problèmes générés

Il est cinq heures de l'après-midi. Julie a vingt-neuf roses. Julie et Damien ont trente-six fleurs à eux deux. Combien Damien a-t-il de fleurs ?

Damien a dix billes. Il a dix-sept fleurs. Si Damien et Julie mettent leurs fleurs ensemble, ils en ont trente-cinq. Combien Julie a-t-elle de fleurs ?

# Avec moins de contraintes

Damien est dans la cour de récréation avec Paul. Il a 32 billes vertes. Si Damien et Paul mettent leurs billes vertes ensemble, ils en ont 46. Cherche le nombre de billes vertes de Paul.

Il est 11h. Sophie a 25 billes. Sophie et Romain en ont 38 à eux deux. Calcule le nombre de billes de Romain.

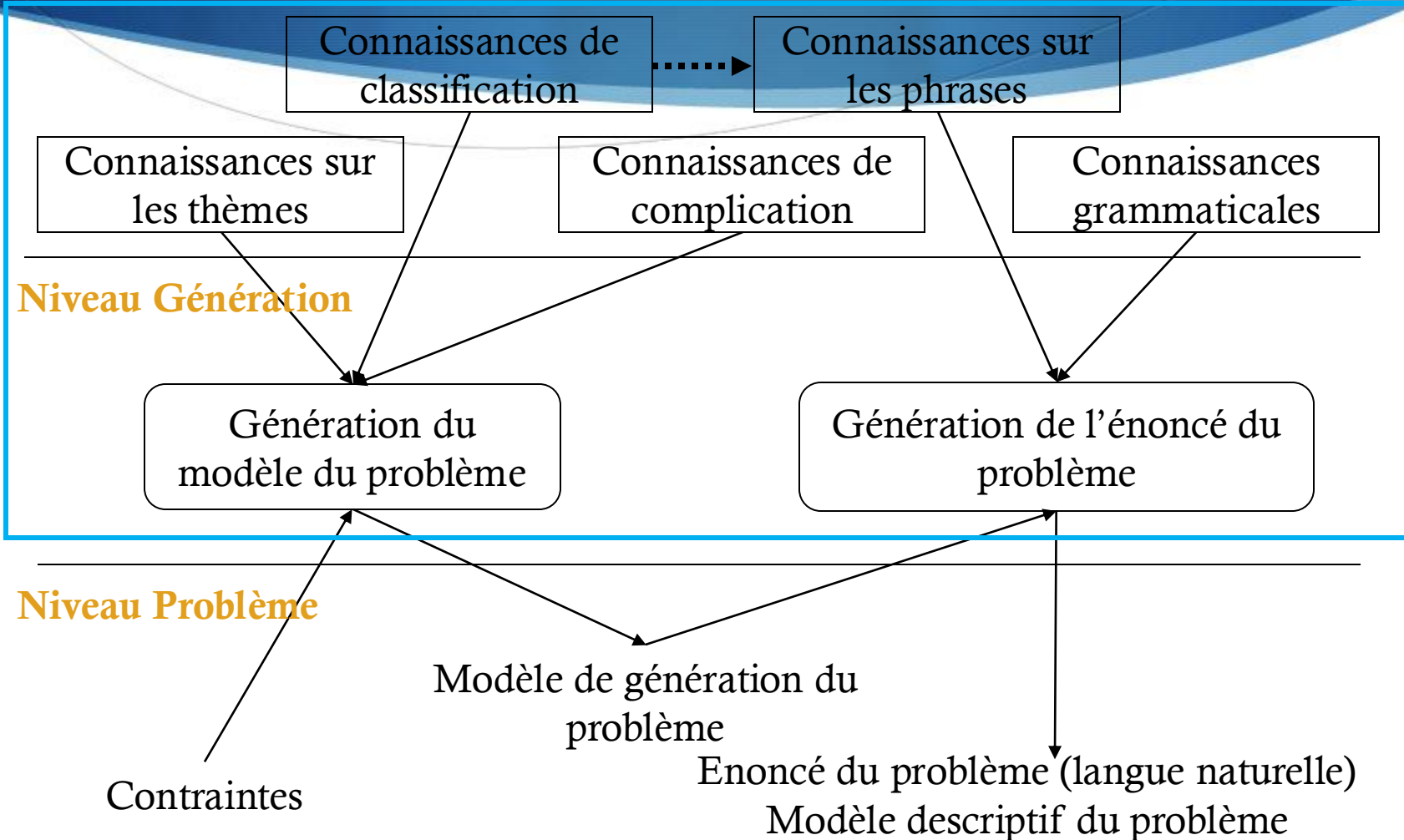
Trouve le nombre de roses rouges de Sabrina, sachant qu'en ajoutant les roses rouges de Sabrina, Julie et Sabrina en ont 40 à elles deux, qu'elles ont 10 ans et qu'elles sont amies, et que Julie a 7 roses rouges.

La semaine dernière, c'était l'anniversaire de Jean, maintenant il a 11 ans. Il a 9 billes jaunes. Quand Jean et Julie mettent leurs billes jaunes ensemble ils en ont 37. Trouve le nombre de billes jaunes de Julie.

# L'architecture GenAMBRE

## Niveau Domaine

GenAMBRE-D



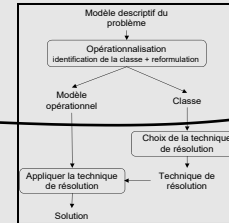
# Les SBC de AMBRE

CHAMADE-D

GenAMBRE-D

Connaissances de  
génération

Résolveur SYRCLAD



Connaissances sur la  
méthode

Classification

Reformulation

Résolution

Connaissances pour  
l'aide et le diagnostic

Connaissances pour  
communiquer avec l'apprenant

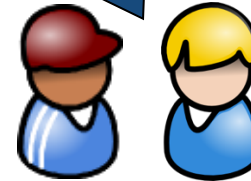
AMBRE-enseignant-D



Énoncé et modèle  
descriptif du problème



AMBRE-D
























# Un profil pour personnaliser AMBRE-add

- ◆ Analyse des traces d'utilisation pour construire un profil cognitif de l'apprenant
  - ◆ Analyser l'activité de l'apprenant pour connaître ses connaissances et son comportement
- ◆ Objectifs
  - ◆ Présentation du profil à l'enseignant (bilan cognitif)
  - ◆ Génération de problèmes et d'activités adaptées
  - ◆ Configuration de l'environnement



# Profil : maitrise du cycle



## Infos Etapes



	Etape 2 : Reformulation	50% 
	Etape 2.1 : Identification du schéma	100% 
	Etape 2.2 : Identification de l'inconnue	75% 
	Etape 2.3 : Identification des données	50% 
	Etape 3 : Remémoration	100% 
	Etape 4 : Adaptation	100% 
	Etape 4.1 : Écrire le problème	100% 
	Etape 4.2 : Écrire l'opération	100% 
	Etape 4.3 : Faire le calcul	100% 
	Etape 4.4 : Écrire la réponse	100% 



# Profil : maitrise des problèmes



Listes des élèves



1. Marie Eleve1  

2. Marie Eleve2  

3. Marie Eleve3  

4. Marie Eleve4  

5. Marie Eleve5  

6. Marie Eleve6  

Prénom :

Nom :

Mot de passe :

Ajouter

GénéralProblèmesCompétencesComportement

Informations par problèmes

Réunion

a

b

?

$a + b = ?$

Pas assez de données

?

a

b

$? + a = b$

67%

Changement opérateur "ajouter"

ajouter b

a

?

$a + b = ?$

Pas assez de données

ajouter a

?

b

$? + a = b$

Pas assez de données

ajouter ?

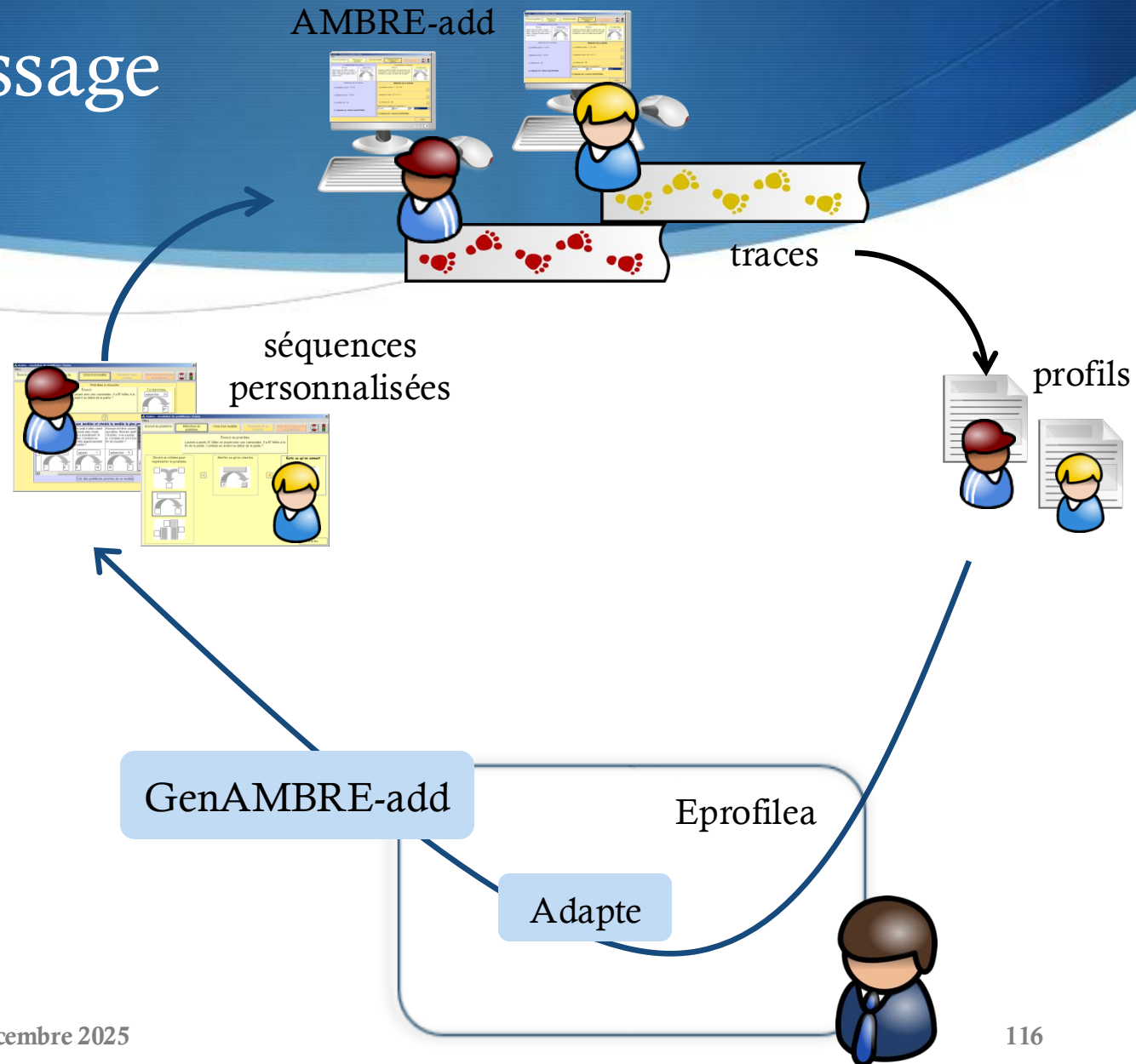
a

b

$a + ? = b$

Pas assez de données

# Personnalisation de l'apprentissage



# Plan du cours

- ◆ Qu'est-ce que l'IA ?
- ◆ L'IA pour faire quoi en EIAH ?
- ◆ Quelles techniques d'IA pour le faire ?
- ◆ Exemple : l'EIAH AMBRE
- ◆ Bilan, apports réciproques et perspectives
- ◆ Pour aller plus loin

# Bilan – 3 grandes périodes

- 💧 1970-1990 : période fondatrice très riche
  - 💧 Principes fondamentaux des ITS
  - 💧 Forte fécondation mutuelle IA – EIAH
- 💧 Attention : les prototypes ressemblent à des dinosaures
  - Les replacer dans leur contexte
  - Objectifs encore d'actualité et donc modèles encore utiles
  - Ne pas réinventer complètement la roue !

IBM PC - 1981



1<sup>ère</sup> souris - 1968



Apple - 1982



# Bilan – 3 grandes périodes

- ◆ 1990-2000 : **humain** remis en place centrale et rapprochement avec les HA
  - ◆ Arrivée du web
  - ◆ Dialogue en langue naturelle
  - ◆ Mise en place de l'adaptation
- ◆ 2000-2020 : rupture due à l'explosion du **web**
  - ◆ Réseaux sociaux, Web sémantique, Big Data et Learning Analytics
  - ◆ Modèles fondateurs revisités, approfondis et enrichis à la lumière des **nouveaux contextes** (technologiques, économiques et sociaux)



# Ce que l'IA a apporté aux EIAH

- ◆ Modélisation des connaissances
  - ◆ Domaine, apprenant, interaction...
  - ◆ Permet d'avoir des systèmes qui
    - ◆ Savent résoudre des problèmes
    - ◆ Savent suivre et interpréter les actions de l'apprenant
    - ◆ Savent planifier et adapter les rétroactions en conséquence
- ◆ Représentation des connaissances et techniques de raisonnement :
  - ◆ Modèles bayésiens, web sémantique...
- ◆ Traitement du langage naturel
  - ◆ Compréhension de texte
  - ◆ Dialogue en langue naturelle
- ◆ Modélisation des activités (modèles de tâches et de processus)  
en lien avec la Psychologie et l'Ergonomie
- ◆ Prise en compte du facteur humain en lien avec les Sciences Cognitives

# Ce que les EIAH ont apporté à l'IA

- ◆ Renouvellement des systèmes experts
  - ◆ Systèmes explicatifs, Résolveurs pédagogiques, Règles erronées, Diagnostic
- ◆ Adaptation à l'utilisateur
  - ◆ Nouvelles dimensions de la personnalisation : affective, motivation, engagement
  - ◆ Prise en compte du contexte
- ◆ Modèles ouverts d'utilisateurs
- ◆ Modélisation cognitive des processus impliqués dans l'apprentissage
  - ◆ Individuel, collaboratif, situé....
- ◆ Champ d'opportunités pour développer, améliorer et tester les outils d'IA
  - ◆ Techniques de fouille de données sur les traces utilisateurs
  - ◆ Généralisation des méthodes de génération automatique de QCM à partir de textes ou d'ontologies

# IA pour quels acteurs

## IAEd au service des élèves

Systèmes de tutorat intelligents (ITS)	***
Applications assistées par l'IA (par exemple, mathématiques, synthèse vocale, apprentissage des langues)	***
Simulations assistées par l'IA (par exemple, apprentissage par le jeu, Réalité Virtuelle, Réalité Augmentée)	***
IA pour aider les apprenants à besoins particuliers	***
Rédaction automatique d'essais	***
Agents conversationnels	*** / **
Évaluation formative automatique	*** / **
Orchestrations de réseaux d'apprentissage	*** / **
Systèmes de tutorat basés sur le dialogue	***
Environnements d'apprentissage exploratoire	**
Assistant d'apprentissage tout au long de la vie assisté par l'IA	*

## IAEd au service de l'enseignant

Détection de plagiat	***
Curation intelligente du matériel d'apprentissage	***
Surveillance de la classe	***
Évaluation sommative automatique	*** / **
IA d'assistance de l'enseignant (y compris assistant d'évaluation)	*** / *
Orchestration de la salle de classe	**

## IAEd au service des institutions

Admissions (par exemple, sélection des élèves)	***
Planification des cours, Planification des horaires, Programmation horaire	***
Sécurité des écoles	***
Identification précoce des <i>décrocheurs</i> et les <i>élèves à risque</i>	***
e-Proctoring (surveillance des examens à distance)	***

Spéculatif : \*  
 Recherche : \*\*  
 Commercialisé: \*\*\*

# Perspectives

- ◆ Modélisation de l'apprenant
  - ◆ Située, distribuée, temporelle (apprentissage tout au long de la vie)
  - ◆ Sociale, collaborative
  - ◆ Handicap, émotion, motivation, engagement
- ◆ Méta-cognition : réflexivité des apprenants sur leur apprentissage
- ◆ Evaluation des apprentissages
  - ◆ MOOC et Big data, LAK
- ◆ Robotique
- ◆ Internet des objets
- ◆ Usage de l'IAG ...

# Plan du cours

- 💧 Qu'est-ce que l'IA ?
- 💧 L'IA pour faire quoi en EIAH ?
- 💧 Quelles techniques d'IA pour le faire ?
- 💧 Exemple : l'EIAH AMBRE
- 💧 Bilan et apports réciproques
- 💧 Perspectives
- 💧 Pour aller plus loin

# Ouvrages fondateurs

- ◆ Sleeman, D. and Brown, J. S. (1982). Intelligent Tutoring Systems New York: Academic Press.
- ◆ Wenger, E. (1987). Artificial Intelligence and Tutoring Systems. Los Altos CA: Morgan and Kaufmann.
- ◆ Kearsley G. (1987) Artificial Intelligence and Instruction, Applications and Methods, Addison-Wesley
- ◆ Ohlsson, S. (1986). Some principles of intelligent tutoring, Instructional Science, 14, 293-326.
- ◆ Clancey, W.J. (1987). Knowledge-based tutoring: The GUIDON program. Cambridge, MA: The MIT Press.

# Références sur les métaconnaissances

- ♦ Jacques Pitrat
  - ♦ Métaconnaissances, futur de l'intelligence artificielle, Hermès, 1990
  - ♦ Penser autrement l'informatique, Hermès, 1993
  - ♦ De la machine à l'intelligence, Hermès, 1995
  - ♦ Artificial Beings - The conscience of a conscious machine ISTE, Wiley, 2009
- ♦ Baron M., Robet A. (1993). Métaconnaissances en IA, en EIAO et en didactique des mathématiques. Rapport LAFORIA 93/18, 1993