

# Analyse des diagrammes de l'apprenant dans un EIAH de la modélisation orientée objet

Le système ACDC

---

**Ludovic Auxepaules**

Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine

24 septembre 2009

Thèse dirigée par Dominique Py

Professeure à l'Université du Maine



# Contexte général

---

- Projet "Interaction et Connaissance" (I&C) du LIUM
- **Participants** : Dominique Py, Mathilde Alonso, Thierry Lemeunier et Ludovic Auxepaules
- **But du projet** : Elaboration de modèles, de méthodes et d'outils pour la conception d'EIAH dédiés à la modélisation
  - Conception de l'interaction
  - Diagnostic
- **Application** : l'environnement *Diagram*
  - Construction de diagrammes de classes UML de niveau analyse par des novices à partir d'un énoncé textuel



# Problématique

---

- Comment analyser les productions de l'apprenant dans un environnement d'apprentissage de la MOO ?
- Application aux diagrammes de classes UML
- Difficultés dans le contexte de la modélisation
  - Pas de méthode de résolution définie formellement
  - Plusieurs solutions à un même problème
  - Notion d'erreur mal définie
  - Pas de résolveur pédagogique en modélisation



# Objectifs de nos travaux de thèse

---

- Proposer une méthode de diagnostic des diagrammes de classes UML de l'apprenant
- Conserver un degré de généralité suffisant pour des applications à d'autres types de modèles
- Appliquer les résultats dans *Diagram* pour fournir des rétroactions pédagogiques synchrones
- Implanter et évaluer qualitativement la méthode proposée



# Environnements dédiés à l'apprentissage de la modélisation

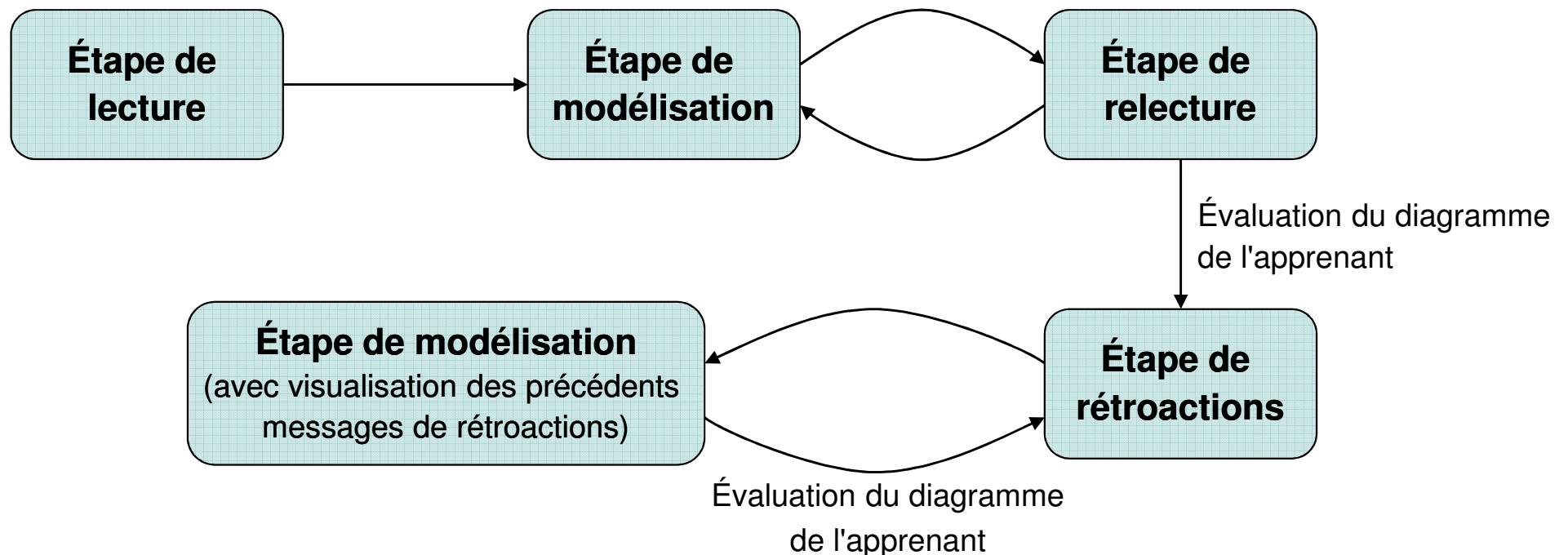
---

- Vérification de la forme des modèles
  - StudentUML [Ramollari & Dranidis 2007]
  
- Support de l'activité collaborative d'apprentissage
  - ModellingSpace [Komis *et al.* 2001] et Collect-UML [Baghey & Mitrovic 2005]
  
- Analyse des réponses de l'apprenant, production de rétroactions et modélisation de l'apprenant
  - KERMIT [Suraweera & Mitrovic 2004] et Collect-UML
  - Design-First ITS [Moritz 2008] [Parvez 2007] [Wey 2007]

→ Utilisation d'une solution de référence

# L'environnement *Diagram*

- Éditeur de diagrammes de classes UML intégrant l'énoncé textuel de l'exercice à l'interface
- Méthode de modélisation instanciée en cinq étapes





# Notre proposition

---

- Diagnostic reposant sur l'appariement d'un diagramme de l'apprenant à un diagramme de référence
- Inspiration des techniques d'appariement de modèles
- Nécessité d'avoir un diagramme de référence
- Pas d'erreurs mais des différences entre les deux diagrammes
- Prise en compte de la structure des diagrammes pour déduire des constructions alternatives



# Approches d'appariement de modèles

---

- Processus d'appariement : identification et qualification de relations entre les éléments de plusieurs modèles
- Résultat du processus : un alignement ou un *mapping* des éléments
- Grande variété de techniques individuelles [Euzenat & Shvaiko 2005]
- Combinaison de plusieurs techniques [Bernstein *et al.* 2001]
- Problème difficile à traiter de manière totalement automatique





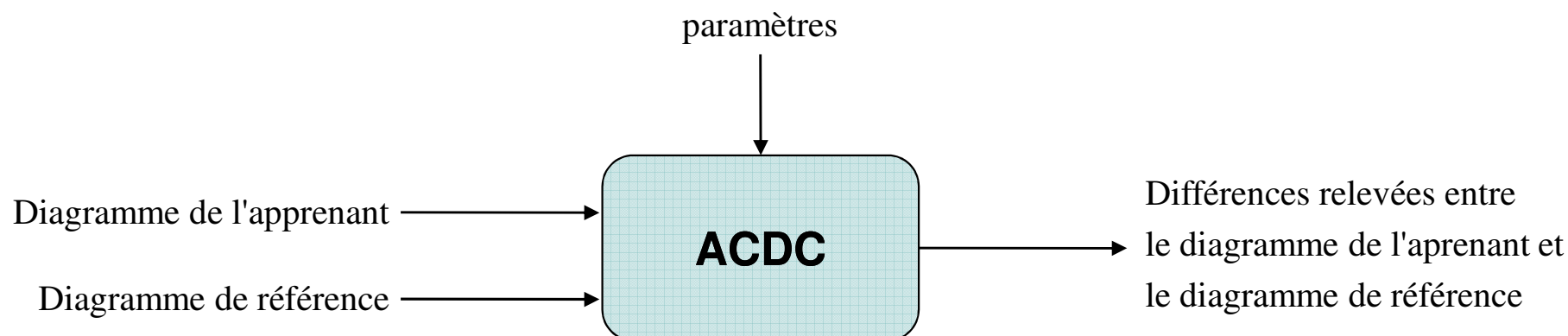
# Contraintes de notre contexte

---

- Méthode robuste acceptant des diagrammes de l'apprenant très différents
- Pas de données auxiliaires en plus des modèles
- Pas d'intervention d'un acteur humain lors de l'activité
- Temps de calcul suffisamment bref pour les rétroactions synchrones

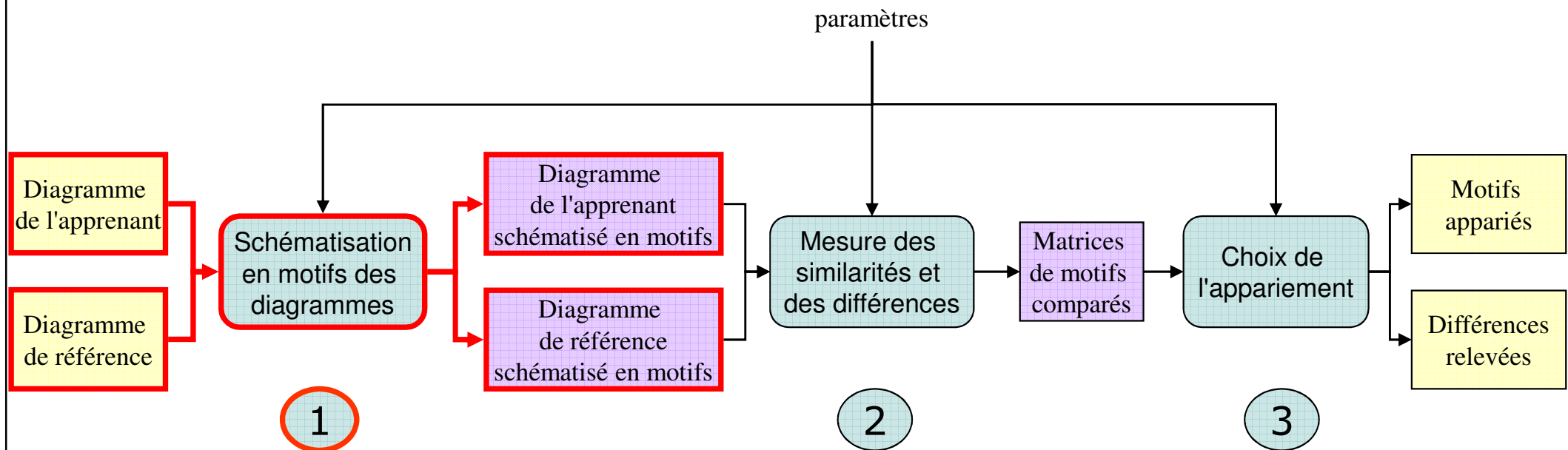
# La méthode d'appariement ACDC (*Automatic Class Diagrams Comparator*)

- Méthode d'appariement hybride paramétrable

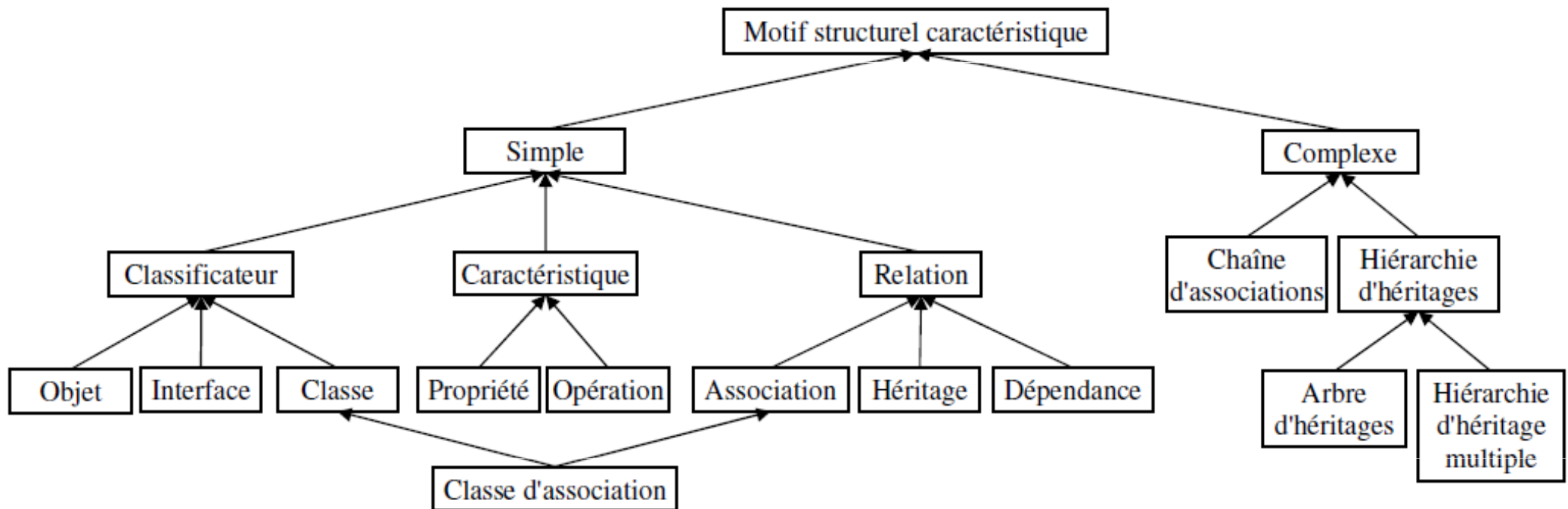


- Trois étapes séquentielles
  - ① Schématisation des diagrammes en motifs structurels caractéristiques
  - ② Évaluation des similarités et des différences locales à chaque couple de motifs
  - ③ Choix de l'appariement des motifs et des différences

# Étapes de la méthode d'appariement ACDC

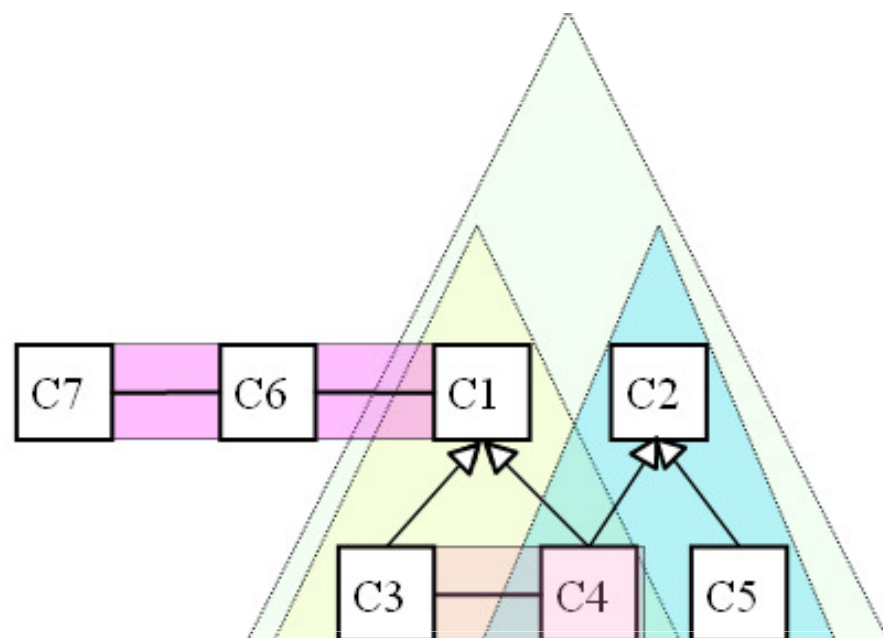


# Motifs structurels caractéristiques

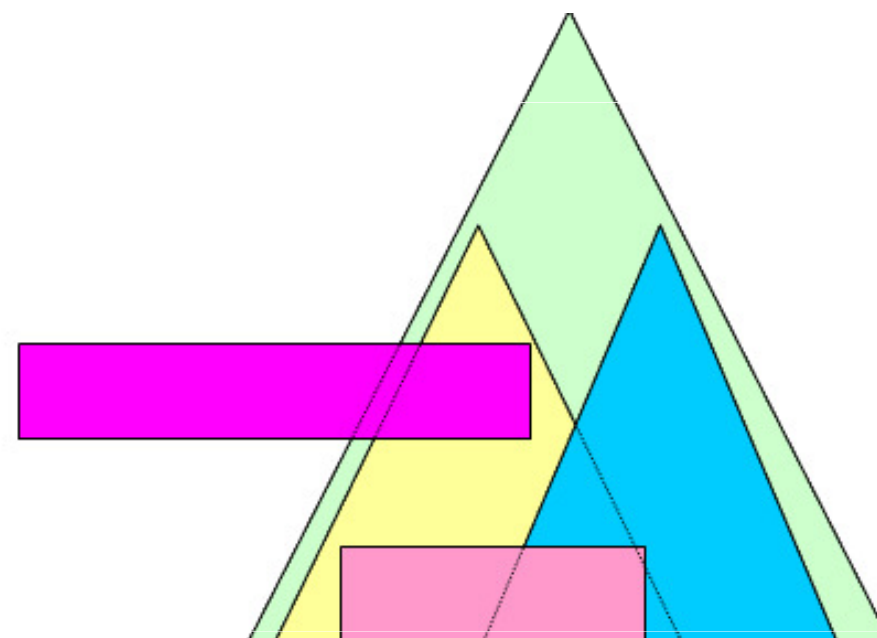


Classification des motifs structurels caractéristiques pour les diagrammes de classes UML de niveau analyse

# Exemple de schématisation d'un diagramme de classes en motifs

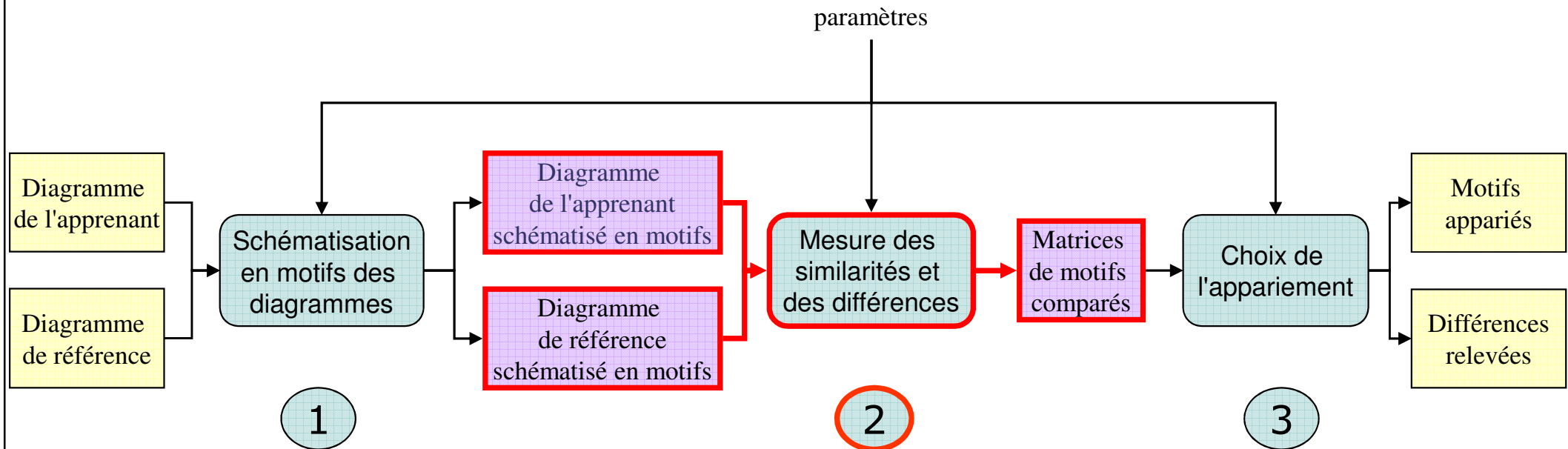


Motifs simples correspondant aux éléments du diagramme de classes



Motifs complexes structurant les motifs simples du diagramme de classes

# Étapes de la méthode d'appariement ACDC





# Mesure des similarités et des différences

---

## ○ Objectifs

- Affecter un score de similarité à chaque paire de motifs comparée par type
- Déterminer des différences locales relatives aux motifs en contexte
- Permettre le classement des motifs comparés par score de similarité

## ○ Principes

- Toutes les dimensions descriptives participent à la similarité
  - Principe de renforcement mutuel des motifs reliés
  - Propagation ascendante, descendante et transversale du contexte
- Problème de dépendance mutuelle et récursive dans la mesure (circularité)



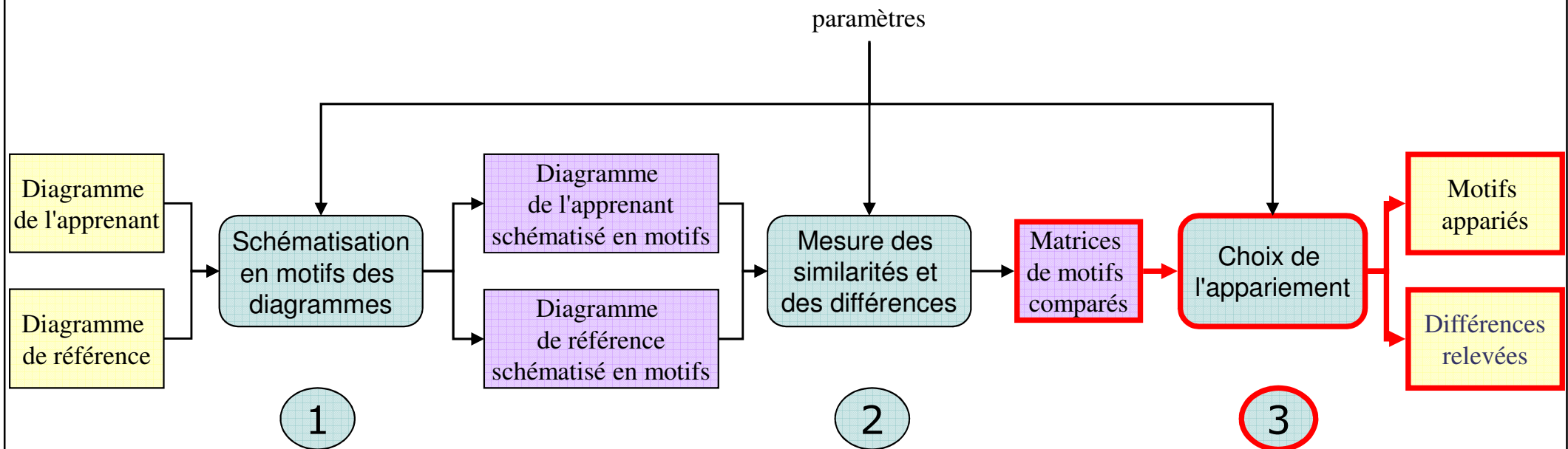
# Mesure des similarités et des différences

---

- Fonction de similarité combinant deux scores
  - Score simple : pondération des critères indépendants de tout autre motif
  - Score complexe : agrégation d'une partie des scores des motifs en contexte avec le couple de motifs comparés (motifs liés, contenus ou conteneurs)
- Fonction de similarité contextualisée par rapport aux critères propres au couple de motifs comparés
- Comparaison des motifs complexes dirigeant celle des motifs simples
- Comparaison spécifique des noms reposant sur la recherche de sous-chaînes communes
- Instanciation de la mesure sous forme d'une hiérarchie de comparateurs



# Étapes de la méthode d'appariement ACDC



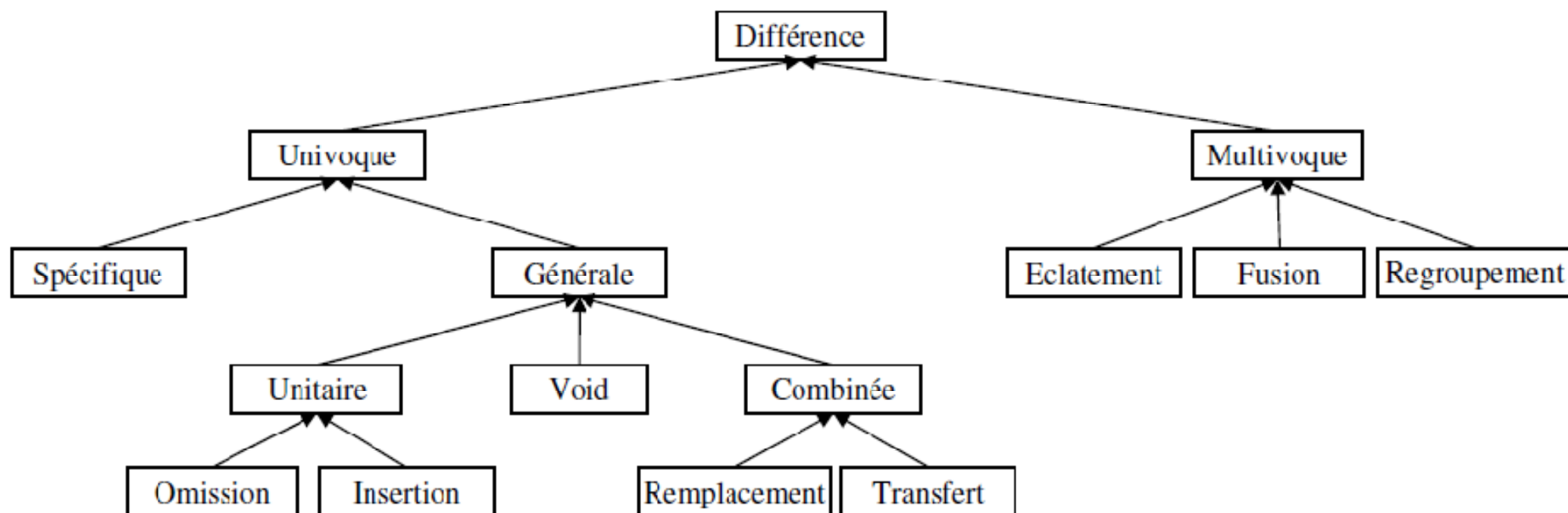


# Choix de l'appariement des motifs

---

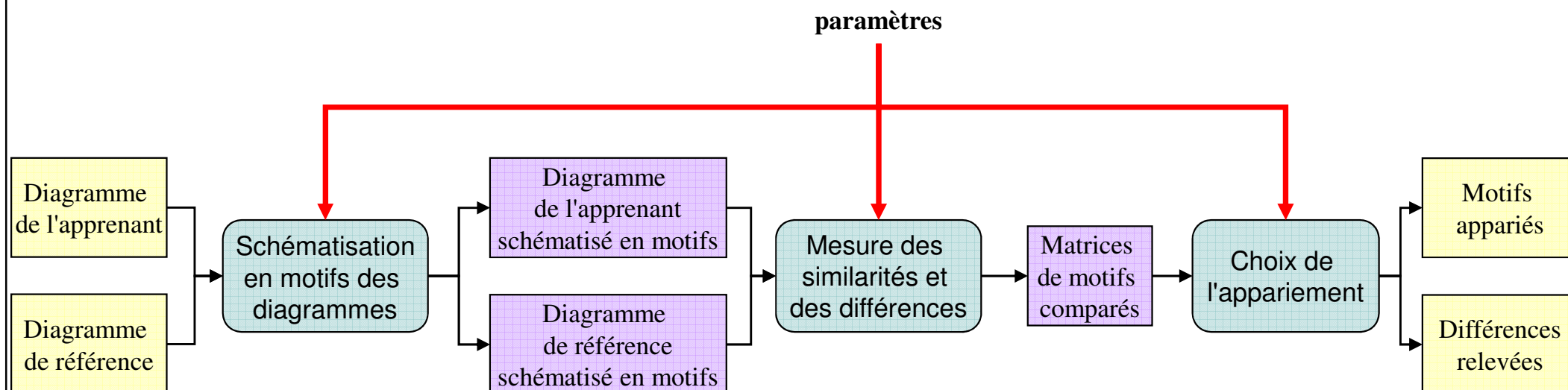
- Processus glouton sans retour en arrière
- Capacité à identifier des appariements univoques et multivoques
- Deux apparieurs appelés séquentiellement
- Comportement général de chaque apparieur
  - Définition d'une liste de couples de motifs candidats
  - Sélection des couples de motifs
  - Détermination des appariements multivoques
  - Finalisation du résultat
- Sorties de l'appariement : motifs appariés strictement et appariés moyennant des différences structurelles générales

# Taxonomie des différences structurelles



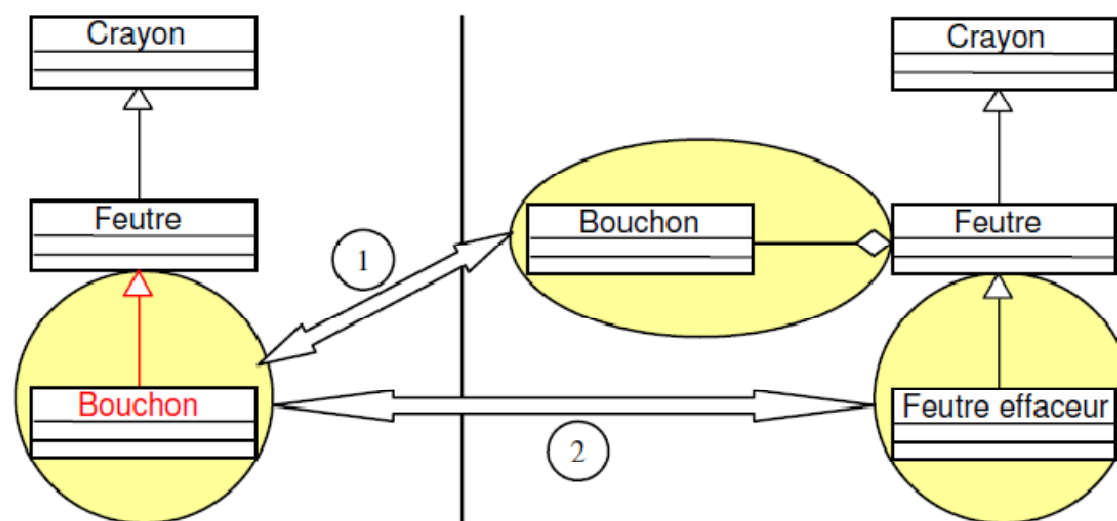
- Différences factorisées des plus spécifiques aux plus générales

# Étapes de la méthode d'appariement ACDC



# Paramétrage de la méthode ACDC

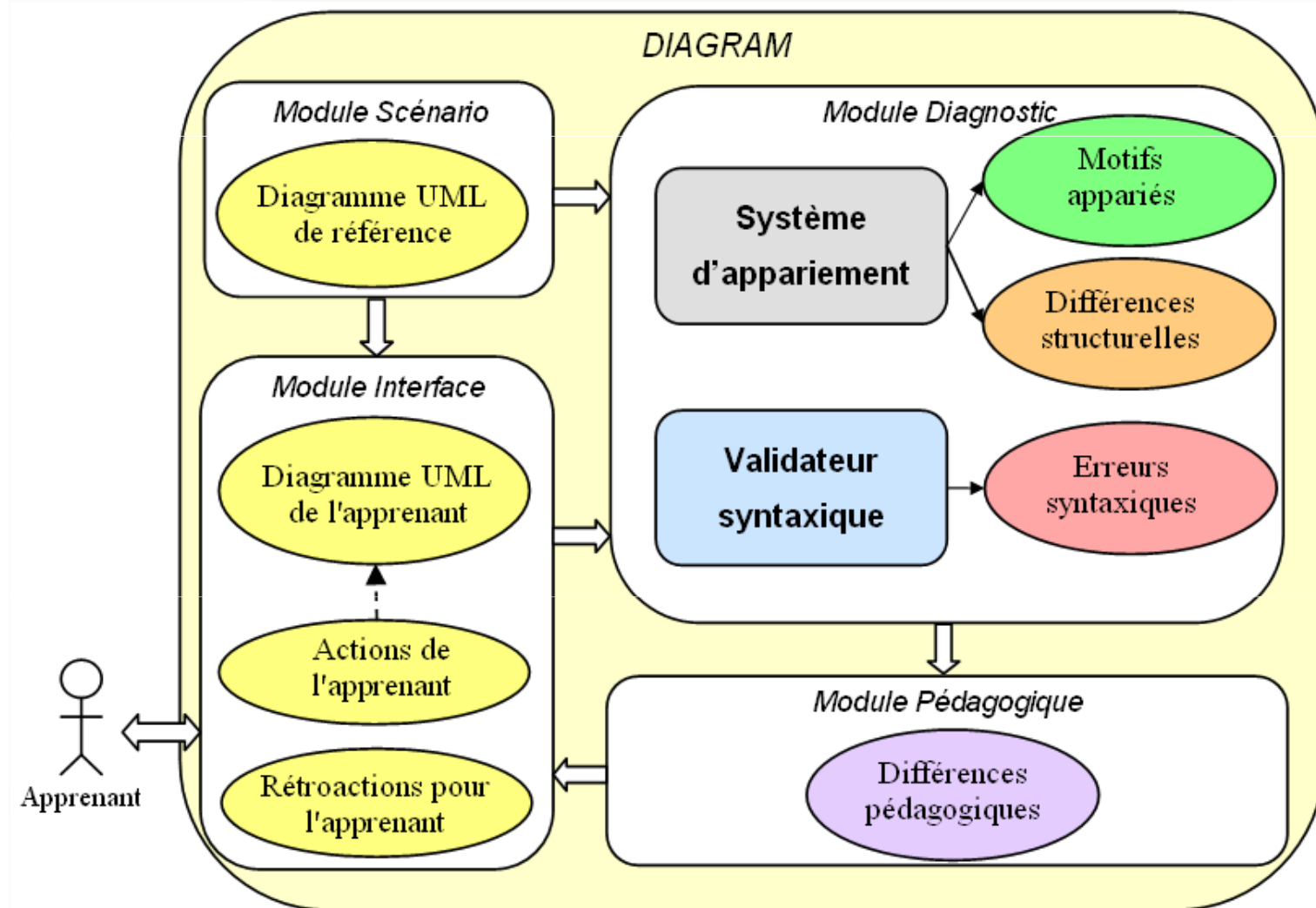
- Influence du paramétrage sur les résultats produits par la méthode



Exemple de deux appariements possibles entre deux diagramme de classes UML

- Paramétrage empirique de la méthode d'appariement
- Choix retenu : compromis entre les critères relatifs aux noms des éléments et les critères prenant en compte la structure

# Application de la méthode au diagnostic



# Exemple de diagnostic

Diagramme de l'apprenant

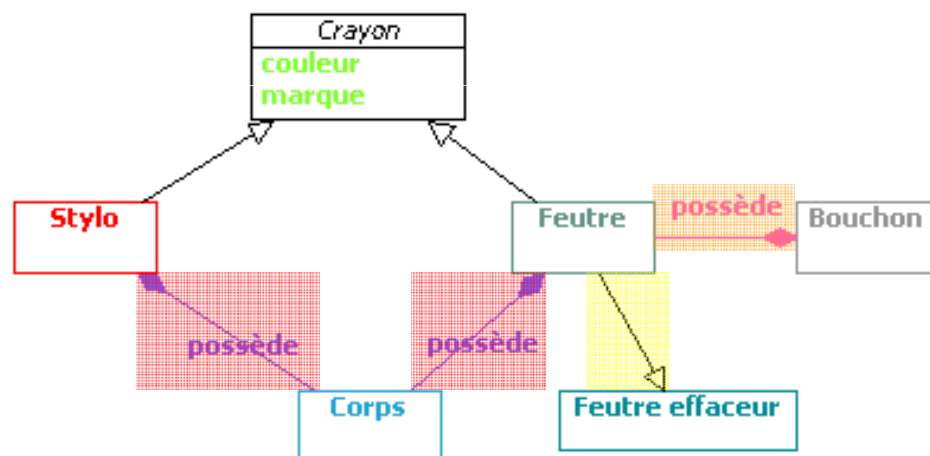
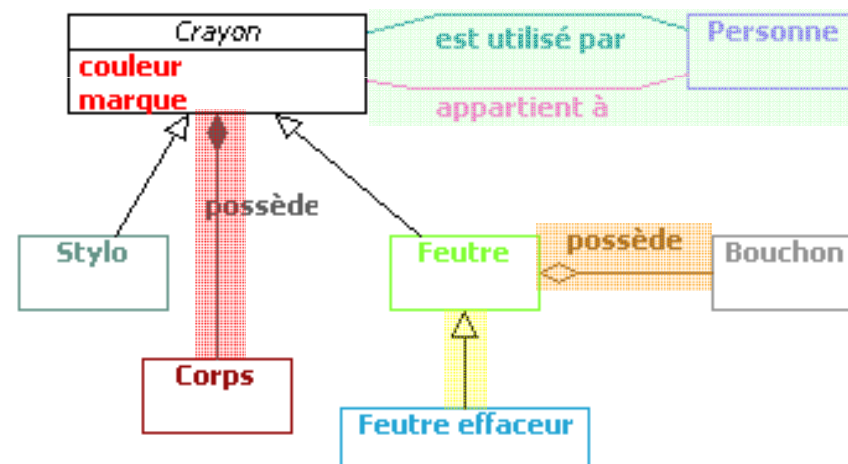


Diagramme de référence



- Douze appariements stricts (*Void*) et treize différences structurelles relevés par ACDC



# Exemple de différence générale combinée

Diagramme de l'apprenant

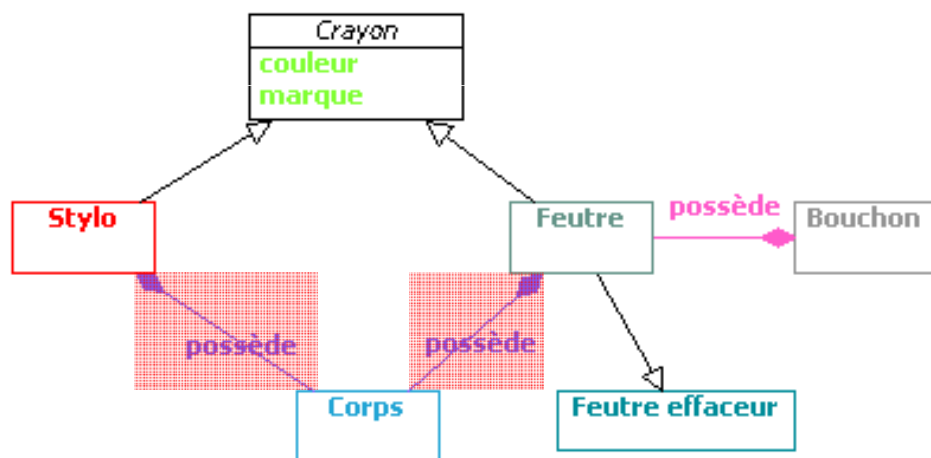
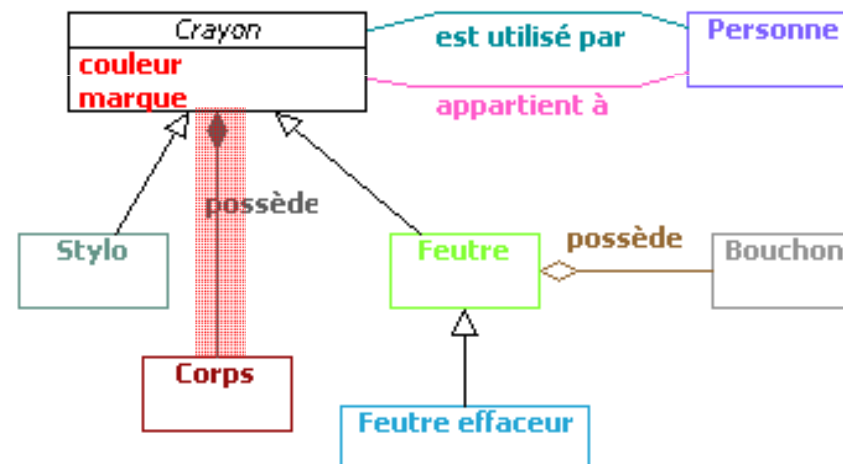


Diagramme de référence



Différences relevées par ACDC	Rétroactions pédagogiques
{possède (Corps---Feutre) possède (Corps---Stylo)} ECLATEMENT {possède (Corps---Crayon)}	Dédoubllement et transfert d'une relation
{possède (Corps---Feutre)} TRANSFERT VERS_FILS {possède (Corps---Crayon)}	
{possède (Corps---Stylo)} TRANSFERT VERS_FILS {possède (Corps---Crayon)}	





# Exemple de différences générales unitaires

Diagramme de l'apprenant

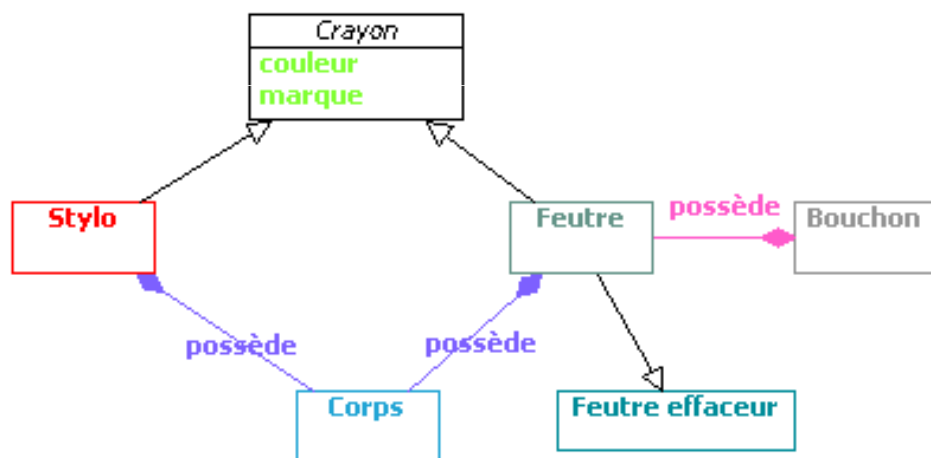
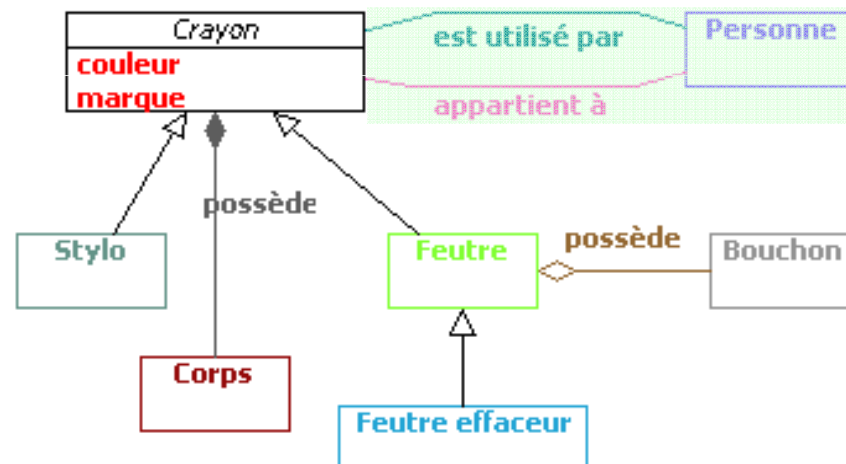


Diagramme de référence



Différences relevées par ACDC	Rétroactions pédagogiques
OMISSION {Personne}	Omission d'une classe et des éléments liés à cette classe
OMISSION {appartient à (Personne---Crayon)}	
OMISSION {est utilisé par (Personne---Crayon)}	

# Implantation d'ACDC dans *Diagram*

---

- Conception et développement initiaux sous forme d'un module indépendant de *Diagram*
- Utilisation des normes et standards de la MOO [UML 07] [EMP 07]
  - Représentation des diagrammes et validation syntaxique en adéquation avec le métamodèle **UML 2.x** avec le composant **UML2** du projet **EMP** d'Eclipse
  - Échange et sauvegarde des diagrammes sous forme de fichiers **XMI 2.1**
  - Programmation en Java 1.5
- Deux nouveaux modules lors de l'intégration dans *Diagram*
  - Conversion des modèles graphiques de Diagram au format XMI
  - Conversion des résultats d'ACDC pour une utilisation dans *Diagram*



# Evaluation hors-ligne d'ACDC

---

## ○ Corpus

- Quatre-vingt-deux diagrammes de classes produits par des apprenants
- Trois exercices de difficulté croissante
- Diagrammes de référence fournis par l'enseignant de MOO

## ○ Méthode d'évaluation

- Calibrage empirique des fonctions et des algorithmes avec les diagrammes du premier exercice
- Tests et optimisations avec les diagrammes du deuxième exercice
- Validation avec les diagrammes du dernier exercice



# Mesures de qualité utilisées et résultats détaillés de l'évaluation

Mesure de qualité	Exercice 1 26 diagrammes	Exercice 2 30 diagrammes	Exercice 3 26 diagrammes
Précision = 1	25	30	10
$0.85 \leq \text{Précision} < 1$	1	0	14
$0.7 < \text{Précision} < 0.85$	0	0	2
Rappel = 1	25	28	1
$0.85 < \text{Rappel} < 1$	0	2	15
$0.7 \leq \text{Rappel} < 0.85$	1	0	10
F-Mesure = 1	25	28	1
$0.85 \leq \text{F-Mesure} < 1$	0	2	21
$0.7 \leq \text{F-Mesure} < 0.85$	1	0	4
Temps (min-max)	0,2 – 0,6 s	1,1 – 2,0 s	0,5 – 4,0 s



# Synthèse des résultats de l'évaluation

---

- Plus de **70%** des appariements relevés conformes à ceux attendus
- Appariements de **90%** des modèles pertinents à plus de **85%**
- Synthèse des résultats
  - **Bons** sur des problèmes simples et moyens
  - **Perfectibles** sur des problèmes complexes
- Temps de calcul acceptables pour les rétroactions synchrones



# Bilan et apports des travaux

---

- Méthode de comparaison et d'appariement
  - Définition d'une nouvelle méthode d'appariement de diagrammes de classes UML
  - Introduction de motifs structurels pour diriger l'appariement
  
- Application au diagnostic dans un EIAH
  - Indépendance du module de diagnostic et du module pédagogique
  - Analyse en termes de différences
  - Production de résultats dans tous les cas de figure



# Limites

---

- Appariement glouton sans *backtracking*
- Appariement de diagrammes distants moins performant
- Paramétrage *ad hoc* de la mesure de similarité et des apparieurs
- Prise en compte d'un seul diagramme de référence



# Perspectives

---

- Appliquer la méthode à d'autres types de modèles
  - La transposition est directe pour les modèles Entité-Relation
  - Pour les autres modèles, la transposition nécessite l'étude des métamodèles
- Mettre l'outil de diagnostic à disposition de l'enseignant
- Appliquer les résultats au suivi et à la modélisation de l'apprenant