

# Système Expert d'Aide au Diagnostic Orthodontique

## TP02 - Intelligence Artificielle Symbolique

Loudiern Tharon   Lou Aubert-Debrue

Université de technologie de Compiègne

19 Décembre 2025

# Plan de la présentation

- 1 Contexte et Objectifs
- 2 Base de Connaissances
- 3 Implémentation Technique
- 4 Démonstration et Résultats
- 5 Collaboration IA
- 6 Glossaire
- 7 Conclusion

**Domaine** : Orthopédie Dento-Faciale (ODF).

**Le Problème** :

- Complexité du diagnostic (multiples paramètres : squelettique, dentaire, fonctionnel).
- Risque d'erreur dans le choix de l'appareillage (fixe vs fonctionnel vs chirurgie).

**Notre Solution** :

- Système Expert d'Ordre 0+.
- Aide à la décision pour praticiens généralistes ou étudiants.

Sources : Cochrane Reviews, HAS, Classification d'Angle.

## Exemple de Règle Métier (R-A2)

**SI** Relation Molaire = Classe 2

**ET** Incisives = Proclinées

**ET** Overjet  $\geq$  5mm

**ALORS** Diagnostic = Classe II Division 1

## Exemple de Règle Thérapeutique (R-B1)

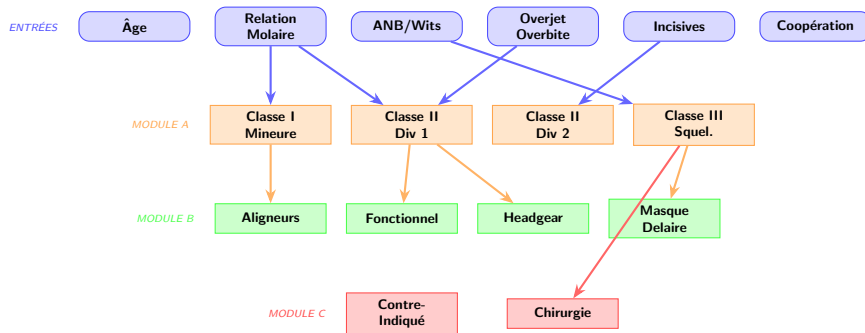
**SI** Diagnostic = Classe II Div 1

**ET**  $8 \leq \text{Âge} \leq 12$  ans

**ET** Coopération = Bonne

**ALORS** Appareil = Fonctionnel (Activateur)

# Arbre de Décision du Système Expert



**Entrées :** Données patient (utilisateur)

**Module A :** Règles diagnostiques

**Module B :** Choix appareillage

**Module C :** Contre-indications

## Exemple R-A2 : Diagnostic Classe II Division 1

```
(push (make-regle
      :id 'R-A2
      :premisses '((relation-molaire equal classe-2)
                  (incisives-max equal proclinees)
                  (overjet > 5))
      :conclusions '((diagnostic classe-2-div-1))
      :cf 0.90
      :description "Classe II division 1")
*base-regles*)
```

### Format des prémisses

(attribut operateur valeur) → Triplet Ordre 0+

Opérateurs : equal, >, <, >=, <=, member

## Fonction clé : evaluer-condition

```
(defun evaluer-condition (condition)
  (let* ((attr (first condition))
        (op   (second condition))
        (val-ref (third condition))
        (fait-trouve (valeur-fait attr)))
    (if (null fait-trouve)
        :inconnu ;; Fait non renseigné
        (case op
          (equal (equal val-reelle val-ref))
          (>      (> val-reelle val-ref))
          (<      (< val-reelle val-ref))
          (member (member val-reelle val-ref))))))
```

## Justification Ordre 0+

- 6 opérateurs de comparaison (au-delà du booléen pur)
- Retour :inconnu  $\neq$  nil (distinction faux/non-renseigné)

**Représentation** : Structures ('defstruct') pour une meilleure sémantique.

```
(defstruct fait
  attribut      ; ex: 'overjet
  valeur        ; ex: 6
  source)       ; :utilisateur ou :deduit

(defstruct regle
  id premisses conclusions active)
```

**Moteur d'Inférence** :

- **Chaînage Avant** (Forward Chaining).
- Méthode par *saturation* de la base de faits.
- Gestion des comparateurs :  $>$ ,  $<$ ,  $\geq$ ,  $=$ , member.



```
(defun chainage-avant ()  
  (loop while nouveau-fait-trouve do  
    (dolist (r *base-regles*)  
      (when (regle-active r)  
        (let ((ok (verifier-premisses r)))  
          (when ok  
            (declencher-regle r)  
            (desactiver-regle r))))))))
```

## Pourquoi le chaînage avant ?

En médecine, on part des symptômes (données) pour aller vers le diagnostic (but). C'est une approche "Data-Driven".

# Scénario de Test : L'enfant "Classe II"

## Données Patient :

- Âge : 10 ans
- Molaire : Classe 2, Overjet : 6mm
- Coopération : Bonne

## Exécution du Système :

- ① Cycle 1 : Règle R-A2 s'active → **Diag : Classe II Div 1.**
- ② Cycle 2 : Règle R-B1 s'active (grâce au diag + âge) → **Appareil : Fonctionnel.**
- ③ Cycle 3 : Aucune nouvelle déduction. Arrêt.

**Validation :** Cohérent avec les revues systématiques (Koretsi et al., 2015).

## Rôles définis :

- **Humain** : Expert du domaine (fournit les règles, valide la logique médicale).
- **IA (Gemini)** : Expert technique (implémentation Lisp, syntaxe, tests unitaires).

## Apports clés :

- Génération rapide de la structure du code ('boilerplate').
- Création de jeux de tests automatisés ('test-edge-cases').
- Débogage des parenthèses Lisp.

**Classes d'Angle** Classification squeletto-dentaire fondamentale. Classe I (normal), II (rétrognathe), III (prognathe). Base du diagnostic (Règles R-A1 à R-A5).

**ANB** Angle céphalométrique (points A-N-B). Normal :  $2-4^\circ$ .  $ANB < 0^\circ$  = Classe III squelettique (Règle R-A4).

**Overjet** Distance horizontale incisives sup./inf. Normal : 2-3mm.  $Overjet > 5mm$  = Classe II Div 1 (R-A2).

**Masque de Delaire** Traction faciale pour Classe III jeune (6-9 ans). Stimule la croissance maxillaire (R-B3).

**Système Expert Ordre 0+** Logique propositionnelle + prédicats ( $>$ ,  $<$ ,  $=$ ).  
Pas de variables ni quantificateurs.

**Chaînage Avant** Inférence dirigée par les **données**. Part des symptômes vers le diagnostic. Implémenté dans `chainage-avant()` (ligne 200).

**Saturation** Application itérative des règles jusqu'à absence de nouveaux faits. Garantie de terminaison via flag active.

**Base de Faits** Mémoire de travail dynamique (`*base-faits*`). Contient les connaissances avérées sur le patient.

**defstruct** Création de types structurés. fait (attribut/valeur/source) et regle (prémisses/conclusions). Génère accesseurs automatiques.

**evaluer-condition** Fonction vérifiant si une condition est vraie (ligne 183). Gère 6 opérateurs : `equal`, `>`, `<`, `≥`, `≤`, `member`.

**Flag active** Attribut booléen dans `regle`. Désactivé après déclenchement pour éviter boucles infinies (ligne 223).

**Tests Unitaires** Fonctions automatisées : `test-edge-cases`, `test-integration-complet`. Score de réussite calculé.

## Bilan :

- Système fonctionnel et robuste (gestion des erreurs).
- Base de règles validée par la bibliographie.
- Code modulaire et documenté.

## Limites (Ordre 0+) :

- Effets de seuil (ex : âge strict à 12 ans).
- Manque de nuance (pas de "peut-être").

*Merci de votre attention.*