

Master Intelligence Artificielle

Système Expert pour le Diagnostic du Système Nerveux

PR. ELALAOUI Hasna

Réalisé par :
Boumoula Abdelouafi
Amzil Asmaa

Année universitaire : 2024-2025

Table des matières

- 1.** Introduction
- 2.** Méthodologie et Ressources
- 3.** Bibliothèques Utilisées
- 4.** Architecture du Système
- 5.** Base de Connaissances
- 6.** Moteur d'Inférence
- 7.** Interface Utilisateur
- 8.** Conclusion et Perspectives

1. Introduction

Dans le cadre du module "Fondements avancés de l'intelligence artificielle", ce projet vise à développer un système expert de diagnostic médical spécialisé dans les maladies du système nerveux. L'objectif principal est de créer un outil d'aide au diagnostic capable d'identifier les pathologies neurologiques en se basant sur les symptômes présentés par le patient. Il est important de préciser que ce système n'a pas la prétention de remplacer le médecin, mais plutôt d'offrir un support dans le processus de diagnostic.

2. Méthodologie et Ressources

Notre approche s'appuie sur trois bases de données médicales majeures qui forment le socle de notre système expert :

L'Human Phenotype Ontology (HPO) constitue notre source principale pour la classification hiérarchique des symptômes neurologiques. Cette base de données nous permet d'établir des relations standardisées entre les phénotypes et les maladies, fournissant ainsi une base solide pour nos règles de diagnostic primaire.

SNOMED CT apporte la terminologie clinique standardisée nécessaire à notre système. Cette ressource nous permet de structurer efficacement les relations entre les symptômes et les diagnostics, tout en permettant une validation croisée des associations établies.

MEDLINE complète notre arsenal de ressources en fournissant des informations détaillées sur les maladies, incluant les résumés cliniques, les traitements recommandés et des liens vers des ressources médicales spécialisées.

3. Bibliothèques Utilisées

Notre système s'appuie sur plusieurs bibliothèques Prolog fondamentales, chacune jouant un rôle spécifique et essentiel dans son fonctionnement.

La bibliothèque **http/http_server** constitue la base de notre serveur web. Elle permet de démarrer et de gérer efficacement un serveur HTTP, assurant ainsi la prise en charge des requêtes entrantes et la livraison des réponses. Elle est indispensable pour fournir une interface utilisateur accessible via un navigateur web.

La bibliothèque **http/http_dispatch** est chargée de gérer le routage des requêtes HTTP. Elle permet de définir des gestionnaires spécifiques pour différentes routes ou points d'entrée dans l'application.

Grâce à ce mécanisme, chaque requête est dirigée vers le module ou la fonction appropriée en fonction de son type et de son chemin.

La bibliothèque **http/html_write** est cruciale pour la génération dynamique de contenu HTML. Elle fournit des prédicats permettant de construire des pages web directement à partir de Prolog. Elle assure une production claire et structurée des éléments HTML, facilitant ainsi la présentation des données et l'interaction avec l'utilisateur.

La bibliothèque **http/http_parameters** joue un rôle clé dans le traitement des paramètres des requêtes HTTP. Lorsqu'un utilisateur soumet un formulaire, notamment pour fournir des symptômes dans le cadre du diagnostic, cette bibliothèque extrait et traite ces paramètres de manière sécurisée et efficace. Cela garantit une gestion optimale des entrées utilisateur et une intégrité des données transmises.

En combinant ces bibliothèques, notre système atteint une intégration fluide entre le backend Prolog et l'interface utilisateur web, assurant à la fois robustesse et convivialité.

4. Architecture du Système

Le système est structuré autour de quatre composants principaux, chacun jouant un rôle spécifique et complémentaire dans son fonctionnement global.

La base de faits, implémentée dans le fichier **disease_facts.pl**, regroupe toutes les informations essentielles sur les maladies neurologiques. Elle contient les définitions des maladies, les symptômes qui leur sont associés, ainsi que des liens vers les ressources médicales MEDLINE. Ces informations constituent un fondement solide pour le diagnostic précis des pathologies.

La base de règles, définie dans le fichier **symptoms_facts.pl**, établit les relations critiques entre les symptômes et les pathologies. En s'appuyant sur les standards médicaux, elle permet de mapper les symptômes aux maladies potentielles, offrant ainsi un cadre logique pour l'identification et la classification des affections neurologiques.

Le moteur d'inférence, intégré dans **diagnostic_rules.pl**, constitue le cœur logique du système. Il regroupe les règles de diagnostic et les algorithmes nécessaires pour calculer la sévérité des cas

soumis. Ce composant central permet une analyse approfondie et une évaluation nuancée, en prenant en compte la complexité des relations entre les symptômes et les maladies.

L'interface utilisateur, gérée par le fichier **app.pl**, assure une interaction fluide et intuitive avec les utilisateurs. Elle présente les résultats des diagnostics et les informations connexes de manière claire et organisée, facilitant ainsi la compréhension des données. Grâce à son design structuré et accessible, elle améliore l'expérience utilisateur tout en rendant le système plus convivial.

5. Base de Connaissances

1. Maladies Implémentées

La base de connaissances de notre système contient une liste de maladies neurologiques implémentées, parmi lesquelles figurent l'épilepsie, la maladie de Parkinson, la maladie d'Alzheimer, la sclérose en plaques, la migraine et les AVC. Chaque maladie est définie dans le système selon un modèle structuré, qui comprend un identifiant unique (*ID*), un nom (*Name*), ainsi qu'un lien vers une ressource médicale appropriée sur MEDLINE (*MedlineURL*). Ces définitions sont exprimées sous forme de faits dans Prolog à l'aide des prédicats suivants :

- **disease(ID, Name)** : Permet d'identifier une maladie spécifique dans la base de connaissances.
- **link(ID, MedlineURL)** : Associe un identifiant de maladie à une URL spécifique contenant des informations détaillées sur la pathologie via la ressource MEDLINE.

Ce modèle structuré facilite la gestion des maladies dans le système, tout en assurant une extensibilité pour l'ajout futur de nouvelles pathologies ou de ressources supplémentaires.

```
disease(ID, Name).  
link(ID,  
MedlineURL).  
summary(ID, DetailedDescription).
```

2. Symptômes

La gestion des symptômes dans notre système repose sur un mapping précis entre les maladies et leurs symptômes respectifs. Ce mapping est réalisé à l'aide de prédicats Prolog, qui relient chaque maladie aux symptômes qui lui sont typiquement associés.

Un exemple de ce mapping est représenté par le prédicat suivant :

```
disease_symptoms('epilepsy', ['seizures', 'muscle_spasms', 'loss_of_consciousness']).  
disease_symptoms('parkinsons_disease', ['tremor', 'muscle_rigidity', 'bradykinesia']).
```

Dans cet exemple, la maladie *épilepsie* est associée aux symptômes suivants :

- **Seizures** (crises convulsives)
- **Muscle spasms** (spasmes musculaires)
- **Loss of consciousness** (perte de conscience)

Ces prédicats permettent au moteur d'inférence d'établir des correspondances entre les symptômes signalés par un patient et les maladies répertoriées dans la base de connaissances. Ce mécanisme est essentiel pour offrir des diagnostics précis et adaptés.

6. Moteur d'Inférence

Le moteur d'inférence de notre système repose sur trois composants principaux, chacun jouant un rôle essentiel dans le processus de diagnostic.

1. Règle de diagnostic

La règle principale, représentée par le prédicat `diagnose(Disease, Symptoms, Severity)`, établit le diagnostic en se basant sur les symptômes signalés par le patient. Elle fonctionne en suivant les étapes suivantes :

- Identification des symptômes associés à une maladie à l'aide du prédicat `disease_symptoms`.
- Calcul du pourcentage de correspondance entre les symptômes du patient et ceux de la maladie en utilisant `match_symptoms`.
- Évaluation de la sévérité du cas grâce à `evaluate_severity`.
- Un diagnostic est confirmé si le pourcentage de correspondance est supérieur ou égal à 30 %.

```
diagnose(Disease, Symptoms, Severity) :- disease_symptoms(Disease,
    DiseaseSymptoms), match_symptoms(Symptoms, DiseaseSymptoms,
    MatchPercentage), evaluate_severity(MatchPercentage, Severity),
    (MatchPercentage >= 30).
```

2. Calcul de correspondance

Le prédicat `match_symptoms(PatientSymptoms, DiseaseSymptoms, MatchPercentage)` calcule le pourcentage de correspondance entre les symptômes fournis par le patient et ceux connus pour une maladie donnée. Il suit les étapes suivantes :

- Détermine l'intersection entre les symptômes du patient et ceux de la maladie.
- Compte le nombre de symptômes correspondants (`MatchCount`) ainsi que le nombre total de symptômes associés à la maladie (`TotalSymptoms`).
- Calcule le pourcentage de correspondance.

```
match_symptoms(PatientSymptoms, DiseaseSymptoms, MatchPercentage) :-
    intersection(PatientSymptoms, DiseaseSymptoms, MatchingSymptoms), length(MatchingSymptoms,
    MatchCount),
    length(DiseaseSymptoms, TotalSymptoms), MatchPercentage is
    (MatchCount / TotalSymptoms) * 100.
```


3. Évaluation de la sévérité

Le prédicat `evaluate_severity(MatchPercentage, Severity)` évalue la gravité du cas en fonction du pourcentage de correspondance obtenu. Les niveaux de sévérité sont définis comme suit :

- Severe : Si le pourcentage est supérieur ou égal à 70 %.
- Moderate : Si le pourcentage est compris entre 50 % et 69 %.
- Mild : Si le pourcentage est compris entre 30 % et 49 %.
- None : Si le pourcentage est inférieur à 30 %.

```
evaluate_severity(MatchPercentage, Severity) :-  
    ( MatchPercentage >= 70 -> Severity = severe;  
      MatchPercentage >= 50 -> Severity = moderate;  
      MatchPercentage > 30 -> Severity = mild; Severity = none ).
```

7. Interface Utilisateur

Notre interface web développée avec PSP offre une expérience utilisateur intuitive et moderne. Elle combine fonctionnalité et esthétique à travers :

- ◆ Une mise en page responsive
- ◆ Un design soigné
- ◆ Une sélection facile des symptômes
- ◆ Une présentation claire des résultats
- ◆ Des liens directs vers les ressources MEDLINE

Captures d'écran de l'interface



Figure 1 : Interface principale permettant la sélection des symptômes

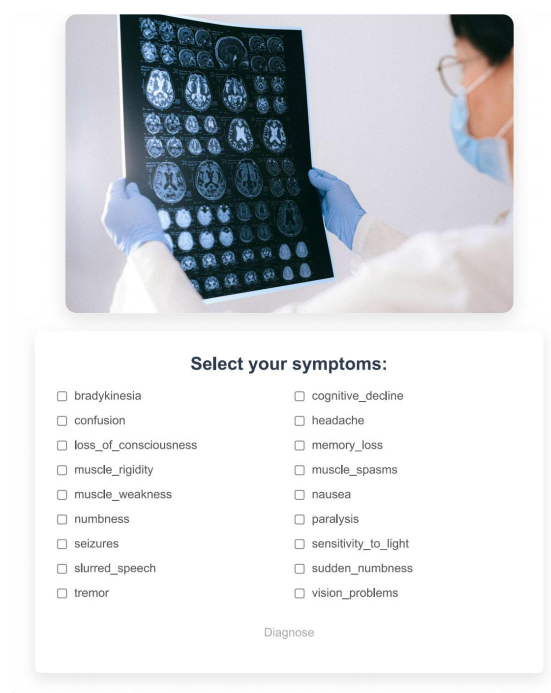


Figure 2 : Interface de sélection des symptômes pour le diagnostic médical

Diagnosis Results

Disease	Severity	Summary	More Info
Parkinson's Disease	moderate	Parkinson's disease (PD) is a type of movement disorder. It happens when nerve cells in the brain don't produce enough of a brain chemical called dopamine. Sometimes it is genetic, but most cases do not seem to run in families. Exposure to chemicals in the environment might play a role. Symptoms begin gradually, often on one side of the body. Later they affect both sides. They include: Trembling of hands, arms, legs, jaw and face Stiffness of the arms, legs and trunk Slowness of movement Poor balance and coordination As symptoms get worse, people with the disease may have trouble walking, talking, or doing simple tasks. They may also have problems such as depression, sleep problems, or trouble chewing, swallowing, or speaking. There is no specific test for PD, so it can be difficult to diagnose. Doctors use a medical history and a neurological examination to diagnose it. PD usually begins around age 60, but it can start earlier. It is more common in men than in women. There is no cure for PD. A variety of medicines sometimes help symptoms dramatically. Surgery and deep brain stimulation (DBS) can help severe cases. With DBS, electrodes are surgically implanted in the brain. They send electrical pulses to stimulate the parts of the brain that control movement. NIH: National Institute of Neurological Disorders and Stroke	More Info
Migraine	mild	What are migraines? Migraines are a recurring type of headache. They cause moderate to severe pain that is throbbing or pulsing. The pain is often on one side of your head. You may also have other symptoms, such as nausea and weakness. You may be sensitive to light and sound. What causes migraines? Researchers believe that migraine has a genetic cause. There are also a number of factors that can trigger a migraine. These factors vary from person to person, and they include: Stress Anxiety Hormonal changes in women Bright or flashing lights Loud noises Strong smells Medicines Too much or not enough sleep Sudden changes in weather or environment Overexertion (too much physical activity) Tobacco Caffeine or caffeine withdrawal Skipped meals Medication overuse (taking medicine for migraines too often) Some people have found that certain foods or ingredients can trigger headaches, especially when they are combined with other triggers. These foods and ingredients include: Alcohol Chocolate Aged cheeses Monosodium glutamate (MSG) Some fruits and nuts Fermented or pickled goods Yeast Cured or processed meats Who is at risk for migraines? About 12% of Americans get migraines. They can affect anyone, but you are more likely to have them if you: Are a woman. Women are three times more likely than men to get migraines. Have a family history of migraines. Most people with migraines have family members who have migraines. Have other medical conditions, such as depression, anxiety, bipolar disorder, sleep disorders, and epilepsy. What are the symptoms of migraines? There are four different phases	More Info

Figure 3 : Vue détaillée d'un diagnostic avec recommandations

Ces captures d'écran illustrent les principales fonctionnalités de notre interface :

1. Un formulaire clair pour la sélection des symptômes
2. Une présentation structurée des résultats
3. Des informations détaillées sur chaque diagnostic
4. Des liens vers des ressources supplémentaires

8. Conclusion et Perspectives

Ce projet met en lumière l'efficacité et la pertinence de l'utilisation de Prolog dans la conception d'un système expert de diagnostic médical, en particulier dans le domaine neurologique. Grâce à l'intégration de bases de données médicales reconnues telles que HPO (Human Phenotype Ontology), SNOMED CT (Systematized Nomenclature of Medicine --

Clinical Terms), et MEDLINE, combinées à un moteur d'inférence puissant, il a été possible de développer un outil capable de fournir une approche systématique et approfondie pour le diagnostic neurologique.

Les perspectives d'amélioration de ce système sont nombreuses et prometteuses :

1. Intégration des techniques d'apprentissage automatique

En combinant les capacités de raisonnement logique de Prolog avec des modèles d'apprentissage automatique, il serait possible d'affiner davantage les diagnostics. Par exemple, en analysant de grands ensembles de données cliniques, ces modèles pourraient identifier des patterns subtils, non directement explicites via des règles logiques.

2. Expansion de la base de connaissances

Actuellement limitée à des bases reconnues, la base de connaissances pourrait être enrichie avec des données issues de recherches récentes, de registres médicaux locaux ou régionaux, et de nouveaux standards médicaux. Cela permettrait d'élargir le spectre des pathologies couvertes et d'intégrer des évolutions dans les pratiques médicales.

3. Développement d'une interface utilisateur avancée

Une interface utilisateur plus sophistiquée, intégrant des visualisations graphiques, des interactions vocales, ou des recommandations basées sur des scénarios spécifiques, pourrait rendre le système plus accessible pour les cliniciens et les experts médicaux. Une expérience utilisateur améliorée favoriserait une adoption plus large de l'outil dans des contextes réels.

4. Validation clinique rigoureuse

Afin de garantir une adoption clinique et réglementaire, le système nécessite une validation approfondie en collaboration avec des experts médicaux et des essais dans des environnements hospitaliers. Cette étape critique renforcerait la fiabilité et l'acceptabilité du système auprès des praticiens.

En conclusion, ce projet constitue une étape significative vers l'automatisation et l'amélioration du diagnostic médical. Les développements futurs, combinant intelligence artificielle et expertise humaine, pourraient faire de cet outil un assistant indispensable pour les professionnels de santé, contribuant ainsi à une prise en charge médicale plus rapide et plus précise.