

Prévention et auto-rééducation de pathologies ostéoarticulaires assistées par intelligence artificielle

Laurent Cervoni
Julien Brasseur
Mehdi Roudesli

07/07/2023 – PFIA - APIA 2023

Talan[★]



Talan[★]

SOMMAIRE

Talan[★]

• Introduction.....	03
• Objectif	05
• Etude de complexité.....	07
• Recov'Up	08
• Conclusion.....	16
• Perspectives.....	17

Introduction

25% des **pathologies ostéoarticulaires** correspondent aux **membres inférieurs**



Entorses de la cheville en France:

- **7 à 10%** des urgences hospitalières
- 6000 entorses/jour en France
- Coût ~ **1.2 millions** d'euros par jour
- Coût annuel ~ **40 millions** d'euros par million d'habitants
- Taux de récurrence ~ **30%**

Autonomisation du processus de rééducation du patient

Intelligence Artificielle



- Manque de données publiques
- Explicabilité



Système à base de règles
Génération et collecte de données



Application disponible sous forme WebApp sur recovup.com
+ stores mobiles

Basé sur :

- Recommandations de l'Haute Autorité de Santé (HAS)
- Expertise des praticiens

- + Génération automatique des séances d'exercices
- + Explication du raisonnement
- + Détermination de l'impact des sessions générées sur l'évolution de la pathologie

Plusieurs pathologies entrent dans le même schéma



Incidence des autres TMS en France

Lombalgie : 13,4 millions / an

Cervicalgie : 9 millions / an

Tendinopathies : 2 millions / an

Syndrome femoro patellaire : 500K / an



- ~30 exercices
- Différentes familles
- 3, 4 or 5 exercice/session



$$C_{30}^3 + C_{30}^4 + C_{30}^5 = 4060 + 27\ 405 + 142\ 506 = 173\ 971$$

Facteurs augmentant la complexité :

- Durée d'une session
- Nombre de répétitions de chaque exercice (8 à 15)
- Choix des exercices appropriés selon des règles prédéfinies

Définition des règles

Règles générales

- Rééducation achevée : période de temps minimale, nombre de critères fixés,
- EVA au repos et après la séance, ...

Règles de progressivité

Pas d'exercice de sursollicitation avant J1, ...

Règles d'irritabilité

Si l'EVA après la séance > 1,2 * EVA au repos : Ne pas suivre la règle de progressivité pour la séance suivante, ...

EVA : Echelle Visuelle Analogique

Règles de « cause à effet »

Exercices adaptés sur la base des résultats de scores tels que FAAM, ...

Prolog : 50 ans de maturité et fiabilité



Prolog : "P'rogrammation 'L'OGique"



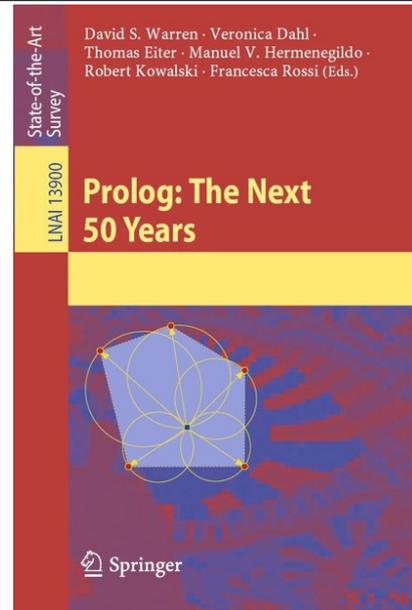
Permet une programmation déclarative



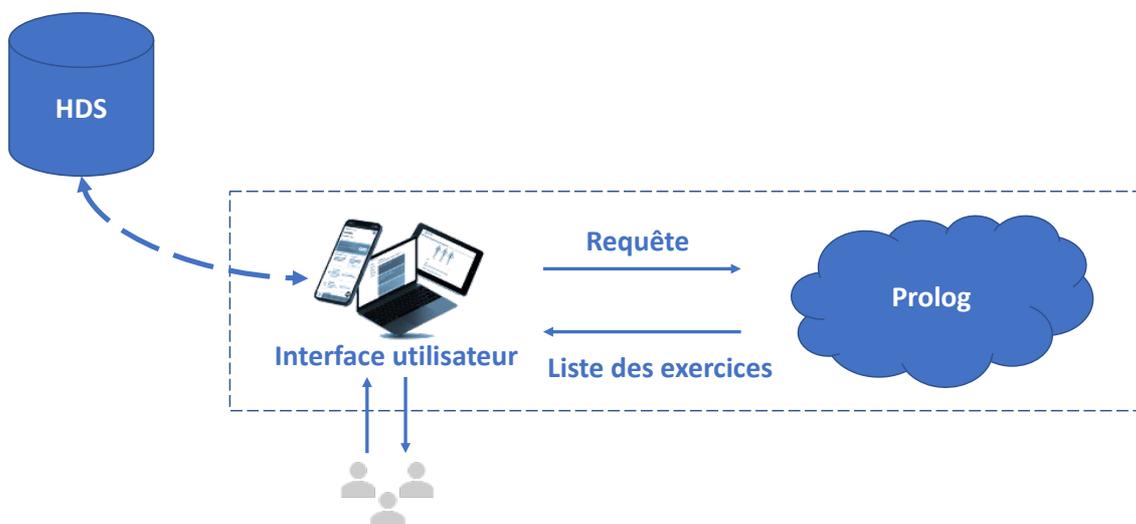
Programme : *Faits et Règles*



Sa nature déclarative et le raisonnement basé sur des règles facilitent l'explicabilité.



Structure générale de Recov'Up



Moteur de génération - Prolog

PROLOG

1. Faits : Liste des exercices,
2. Règles : Eligibilité d'un exercice
3. « Meta règles » de génération.

Moteur de génération

Collecter tous les exercices éligibles

- Jour
- Equipement
- Scores de tests médicaux

Filtrer par des règles supplémentaires

e.g., Non-monotonie pour éviter une succession d'exercices identiques

Liste des exercices

- Saut élastique avec changements de direction
3 min
- Squat sauté
3 min 45 secs
- Sautillement
3 min
- Runner pose
3 min

Code source de Recov'Up

```
generateur(Patient, Pathologie, Jour, ListeSeanceDuJour) :-  
    bagof(Exo, exoeligible(Patient, Pathologie, Jour, Exo,_), ListeExo),  
    creeListe(Patient, Pathologie, ListeExo, ListeSeanceDuJour, Jour),  
    exercicesCumules(Patient, Pathologie, JourPrec, Listeprecedente),  
    concatener(ListeSeanceDuJour, Listeprecedente, NouveauCumul),  
    retract(exercicesCumules(Patient, Pathologie, JourPrec, Listeprecedente)),  
    asserta(exercicesCumules(Patient, Pathologie, Jour, NouveauCumul)).
```

Pour aider le patient à récupérer d'une pathologie, le cœur du générateur d'exercices utilise des caractéristiques dynamiques de Prolog et sa capacité à modifier sa base de faits.

Code source de Recov'Up



```
263
264   creerlaListe(Patient,Pathologie,JourBlessure,ListeExoEligible,Pattern,NbReel,ListeExo):-
265       filtrerListe(Patient, Pathologie, ListeExoEligible, ListeExoNettoyee),
266       readpattern(Pathologie,Pattern,ListeExoNettoyee,Nb,ListeExoMin),
267       exoMax(Nb,NbReel,Pathologie),
268       longueur(ListeExoMin,Len),
269       Diff is NbReel-Len,
270       Add is max(0,Diff),
271       supprimerList(ListeExoMin,ListeExoNettoyee,Reste),
272       listeExoGetAleatoire(Reste,Add,Out),
273       concatener(Out,ListeExoMin,ListeExo).
```

La liste d'exercices est affinée en interrogeant un ensemble des règles définies par les médecins (dites règles de consensus) en respectant des modèles proposés par des kinés.

L'approche est suffisamment générique pour traiter 12 pathologies...

Explicabilité



- + Reconstituer l'histoire du patient
- + Analyser l'impact des séances générées sur l'évolution de la pathologie
- + Déterminer les éléments qui ont conduit à la production d'une séquence d'exercices

```
exoeligible(Patient,cheville, J, il, _) :-  
    J>=15,  
    exercicesCumules(Patient, cheville, _, ListeExo),  
    comptemembre(h, ListeExo, Num),  
    Num >=3,  
    questiontest(Patient,cheville,J,oussin,_,o,_) .  
  
exoeligible(Patient,cheville, J, ExoFamilleK, _) :-  
    J >= 21,
```

```
?- evolution_eva(1736, Cheville, EvoList).  
EvoList = [68, [4, 5], 66, [3, 3], 64, [6, 5], 62, [24,  
31]].
```



Evolution des valeurs de l'EVA avant et après chaque séance d'exercice pour les jours indiqués (68, 66, etc...).

```
questiontest(Patient,cheville,_,sport,_,o,_) ,  
questiontest(Patient,cheville,_,qf11,_,Repqf11,_) ,  
Repqf11 \= a ,  
questiontest(Patient,cheville,_,qf12,_,Repqf12,_) ,  
Repqf12 \= a ,  
questiontest(Patient,cheville,_,qf13,_,Repqf13,_) ,  
Repqf13 \= a ,  
exercice(cheville, k, _, ExoFamilleK, _, _) .
```

```
bagof(Exo, exoeligible(Patient, Pathologie, Jour, Exo,_) ,  
ListeExo)
```



Prolog facilite la représentation de l'expertise et des connaissances métier.



Il permet une prise de décision transparente et interprétable.



Il permet de disposer d'une première approche dans les cas de manque de données en présence de règles métiers validées.



Analyser les données anonymes collectées afin d'améliorer les recommandations de séquences d'exercices.



Utilisation des techniques d'apprentissage automatique pour :

- prédire le schéma/pattern de récupération du patient,
- améliorer les recommandations d'exercices

Intégrer un module d'IA Générative pour

- générer une synthèse médicale pour les patients
- compléter le dossier patient



MERCI POUR VOTRE
ATTENTION !



QUESTIONS?



Laurent Cervoni: laurent.cervoni@talan.com

Julien Brasseur: julien.brasseur@talan.com

Mehdi Roudesli: m.roudesli@skeewai.com