

Système expert flou pour le diagnostic symptomatique des maladies tropicales : Cas de la malaria et de la fièvre typhoïde

David Kutangila Mayoya and Deny Botha Matuba

Université Pédagogique Nationale, RD Congo

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: We build an expert system for the tropical diseases diagnosis based on fuzzy symptoms. In effect, for a given disease, each symptom is assigned a weight indicating its belonging degree to the fuzzy set of symptoms that determine that disease. So, from a set of fuzzy symptoms, the expert system determines a disease by aggregating symptoms weights to calculate the certainty degree of the diagnosis realized.

KEYWORDS: Artificial Intelligence, Expert System, fuzzy subset.

RESUME: Nous développons un système expert pour le diagnostic des maladies tropicales sur base des symptômes flous. En effet, pour une maladie donnée, chaque symptôme reçoit une pondération qui indique son degré d'appartenance à l'ensemble flou des symptômes déterminant cette maladie. Ainsi à partir d'un ensemble de symptômes flous, le système expert détermine une maladie en agrégeant les pondérations des symptômes pour déterminer le niveau de certitude du diagnostic réalisé.

MOTS-CLEFS: Intelligence artificielle, système expert, sous-ensemble flou.

1 INTRODUCTION

D'aucuns savent que la santé est l'une des conditions essentielles du développement durable. Et en matière de la santé, il n'y a pas de bonne thérapeutique sans qu'elle ne procède d'un diagnostic efficace et précis de la maladie. Des outils d'aide au diagnostic des maladies relèvent du domaine de l'Intelligence Artificielle, plus précisément du domaine des Systèmes Experts.

Le nombre important des patients dans les centres de santé face à la carence des médecins d'une part, la réalité selon laquelle les médecins, en tant qu'humains sont confrontés à la fatigue, à la démotivation, à la maladie et même à la mort, nous conduisent à la question suivante:

Comment et avec quel degré de certitude, en dehors des médecins, l'Intelligence Artificielle peut-elle contribuer au diagnostic médical ?

En première hypothèse, l'Intelligence Artificielle permettrait le diagnostic médical à l'aide des Systèmes Experts. En deuxième hypothèse, la certitude du diagnostic médical serait garantie par l'agrégation des degrés d'appartenance des symptômes au sous-ensemble flou des symptômes d'une maladie.

Ainsi l'objectif de ce papier est de développer un système expert qui réaliserait le diagnostic des maladies tropicales en se basant sur un ensemble de symptômes flous. Il s'agira donc d'un système expert flou de diagnostic symptomatique des maladies tropicales, précisément la malaria et la fièvre typhoïde.

Pour y arriver, nous ferons recours au processus d'ingénierie de connaissance qui s'appuie sur la technique d'interview. Il s'agira, en première étape, de réaliser des interviews auprès des spécialistes du domaine, les médecins dans ce cas, afin d'extraire la connaissance et l'expertise suffisante concernant les maladies tropicales sous étude. En deuxième étape, il sera

question d'expliciter cette connaissance en règles d'inférence qui permettront au système expert de prendre des décisions. Cet ensemble de règles d'inférence constituera la base de connaissance du système expert et cette base sera implémentée dans un langage approprié de développement des systèmes experts, en l'occurrence CLIPS (C Language Integrated Production System).

Notre recherche se circonscrit à deux maladies tropicales, à savoir la malaria et la fièvre typhoïde, en raison de leur fréquence élevée dans les régions tropicales, précisément dans la ville de Kinshasa.

Dans les lignes qui suivent, nous présenterons la base théorique de notre recherche y compris la revue de la littérature, les symptômes des maladies sous étude tels que obtenus des médecins interviewés, les règles d'inférence découlant de cette connaissance, l'expérience computationnelle et la conclusion.

2 LES CONCEPTS THÉORIQUES EXPLOITÉS ET REVUE DE LA LITTÉRATURE

Dans l'ouvrage de Stuart Russell et Peter Norvig [6], il est dit que le domaine de l'Intelligence Artificielle ne tente pas seulement de comprendre comment les hommes pensent mais aussi s'efforce de construire des entités intelligentes. Dans la même publication, quelques domaines de l'Intelligence Artificielle sont cités notamment l'apprentissage, la perception, le jeu d'échecs, la démonstration des théorèmes mathématiques, l'écriture des poésies et le diagnostic des maladies. L'Intelligence Artificielle synthétise et automatise des tâches intellectuelles comme la perception, le raisonnement, l'apprentissage, la prise de décision.

Dans la publication de Giarratano [1], on peut trouver quelques domaines de l'Intelligence Artificielle comme le traitement du langage naturel, la compréhension, la vision, la parole, la robotique, les systèmes neuronaux artificiels et les systèmes experts, objet du présent papier.

Un système expert est défini, dans le même ouvrage [1], comme un programme intelligent qui utilise la connaissance et les mécanismes d'inférence pour résoudre des problèmes qui sont tellement difficiles qu'ils exigent une expertise humaine significative pour leur solution.

Comme dit plus haut, le diagnostic des maladies a été l'une des premières préoccupations de l'Intelligence Artificielle, dans le domaine des systèmes experts.

Le premier système expert de diagnostic médical fut le Mycin en 1973, duquel on doit la structure basique des systèmes experts composée de la base de connaissance et du moteur d'inférence [1].

La base de connaissance ou système de production est l'ensemble de règles de type SI ... ALORS ..., appelées règles de production. Le moteur d'inférence est l'algorithme qui sélectionne dans la base de connaissance, la règle ou les règles d'inférence qui déterminent le comportement du système expert devant un problème (un fait) à résoudre.

Mais pour que le raisonnement de toute entité intelligente soit réaliste et proche du raisonnement humain, l'incertitude doit être prise en compte dans le raisonnement.

Mathématiquement, l'incertitude a toujours été abordée grâce à la théorie des probabilités. Ainsi, les systèmes experts stochastiques utilisent les probabilités dans la réalisation de leurs inférences.

Mais, depuis 1965, Zadee introduisit la notion des sous-ensembles flous (fuzzy sets) [2] qui s'oppose aux sous-ensembles vulgaires. Cette notion a significativement révolutionné l'Intelligence Artificielle en lui permettant de faire face à l'incertitude. Dès lors naquirent des nouveaux concepts ayant très avec l'incertitude tels que la logique floue, le raisonnement flou, systèmes experts flous, le softcomputing [4], etc.

Tout part de la notion d'appartenance. Soit E un ensemble et A un sous-ensemble de E : $A \subset E$. On a l'habitude d'indiquer par le symbole \in qu'un élément x de E appartient à A : $x \in A$. On peut aussi utiliser, pour indiquer cette appartenance, un concept, celui de « fonction d'appartenance », $\mu_A(x)$, dont la valeur indique si oui ou non, x appartient à A :

$$\begin{aligned}\mu_A(x) &= 1 \text{ si } x \in A \\ &= 0 \text{ si } x \notin A\end{aligned}$$

La fonction caractéristique prend seulement la valeur 0 ou la valeur 1. Dans ce cas, le sous-ensemble A est un sous-ensemble vulgaire de E .

Imaginons maintenant que cette fonction caractéristique puisse prendre quelconque valeur dans l'intervalle $[[0, 1]]$, un élément x de E pourrait ne pas appartenir à A ($\mu_A(x) = 0$), appartenir un peu à A ($\mu_A(x) = 0.1$), appartenir assez à A ($\mu_A(x) = 0.5$) ou appartenir fortement à A ($\mu_A(x) = 0.9$).

Le concept mathématique défini par $\tilde{A} = \{x_i | \mu_A(x_i)\}$, $x_i \in E$, $i = 1, 2, \dots$ est dit « sous-ensemble flou de E ».

L'opération consistant à assigner des degrés d'appartenance à un sous-ensemble flou aux éléments d'un ensemble de référence (le référentiel) porte le nom de fuzzification.

En ce qui nous concerne, le référentiel E représente l'ensemble fini des symptômes à considérer, et A le sous-ensemble flou de E déterminant une maladie tropicale donnée avec un certain degré d'appartenance à A .

Il y a plusieurs opérations de manipulation des degrés d'appartenance. Lorsqu'une maladie est déterminée par l'occurrence de plusieurs symptômes flous, les degrés d'appartenance de ceux-ci seront agrégés par la fonction OU logique qui s'énonce comme suit:

Soient $\tilde{a} = \mu_A(x_1)$ et $\tilde{b} = \mu_A(x_2)$, deux variables floues, alors $\tilde{a} \vee \tilde{b} = \max(\tilde{a}, \tilde{b})$.

La littérature en matière des systèmes experts flous abonde dont [3] qui a inspiré le présent papier. Mais le présent papier aborde le diagnostic à partir de deux sous-ensembles flous d'un même référentiel des symptômes, l'un pour la malaria et l'autre pour la fièvre typhoïde. Une autre alternative au système expert flou est celle présentée dans [5].

3 LES SYMPTÔMES DE LA MALARIA ET DE LA FIÈVRE TYPHOÏDE

D'après les médecins consultés, les symptômes de la malaria et de la fièvre typhoïde, pris ensemble, sont nombreux. Nous nous sommes accordés avec les médecins pour retenir les plus fréquemment observés, notamment:

- A. Courbature
- B. Fièvre
- C. Frisson
- D. Maux de tête
- E. Maux de ventre
- F. Vertige
- G. Vomissement

4 FUZZIFICATION DES SYMPTÔMES

Tous les symptômes retenus n'ont pas le même poids dans la détermination des maladies sous-étude. Par exemple, la courbature détermine plus fortement la malaria que la fièvre; les maux de ventre déterminent plus fortement la fièvre typhoïde que le vomissement.

Ainsi, soit $S = \{A, B, C, D, E, F, G\}$, le référentiel des symptômes retenus, alors définissons deux sous-ensembles flous \tilde{M} et \tilde{T} respectivement pour les symptômes de la malaria et les symptômes de la fièvre typhoïde auxquels les symptômes du référentiel S appartiennent avec des degrés d'appartenance différents compris dans l'intervalle $[0, 1]$. Puisque les degrés d'appartenance sont estimés par les médecins sur base de leur expérience, à la place des valeurs absolues, nous avons utilisé des variables floues pour laisser aux médecins la liberté de les modifier selon leur expérience.

$$\tilde{M} = \{A | \mu_{\tilde{M}}(A), B | \mu_{\tilde{M}}(B), C | \mu_{\tilde{M}}(C), D | \mu_{\tilde{M}}(D), E | \mu_{\tilde{M}}(E), F | \mu_{\tilde{M}}(F), G | \mu_{\tilde{M}}(G)\}$$

$$\tilde{T} = \{A | \mu_{\tilde{T}}(A), B | \mu_{\tilde{T}}(B), C | \mu_{\tilde{T}}(C), D | \mu_{\tilde{T}}(D), E | \mu_{\tilde{T}}(E), F | \mu_{\tilde{T}}(F), G | \mu_{\tilde{T}}(G)\}$$

5 LES RÈGLES D'INFÉRENCE DU SYSTÈME EXPERT

Soient d'une part M , la malaria et $\mu(M)$, le degré de certitude de la malaria, et d'autre part T , la fièvre typhoïde et $\mu(T)$, le degré de certitude de la fièvre typhoïde, alors les règles suivantes permettent au système expert de déterminer $\mu(M)$ et $\mu(T)$:

$$R1: A \rightarrow \begin{cases} \mu(M) = \mu(M) \vee \mu_{\bar{M}}(A) \\ \mu(T) = \mu(T) \vee \mu_{\bar{T}}(A) \end{cases}$$

$$R2: B \rightarrow \begin{cases} \mu(M) = \mu(M) \vee \mu_{\bar{M}}(B) \\ \mu(T) = \mu(T) \vee \mu_{\bar{T}}(B) \end{cases}$$

$$R3: C \rightarrow \begin{cases} \mu(M) = \mu(M) \vee \mu_{\bar{M}}(C) \\ \mu(T) = \mu(T) \vee \mu_{\bar{T}}(C) \end{cases}$$

$$R4: D \rightarrow \begin{cases} \mu(M) = \mu(M) \vee \mu_{\bar{M}}(A) \\ \mu(T) = \mu(T) \vee \mu_{\bar{T}}(A) \end{cases}$$

$$R5: E \rightarrow \begin{cases} \mu(M) = \mu(M) \vee \mu_{\bar{M}}(E) \\ \mu(T) = \mu(T) \vee \mu_{\bar{T}}(E) \end{cases}$$

$$R6: F \rightarrow \begin{cases} \mu(M) = \mu(M) \vee \mu_{\bar{M}}(F) \\ \mu(T) = \mu(T) \vee \mu_{\bar{T}}(F) \end{cases}$$

$$R7: G \rightarrow \begin{cases} \mu(M) = \mu(M) \vee \mu_{\bar{M}}(G) \\ \mu(T) = \mu(T) \vee \mu_{\bar{T}}(G) \end{cases}$$

Nous n'avons pas placé les règles concernant la lecture des symptômes et l'affichage des décisions, vu leur trivialité.

6 EXPÉRIENCES COMPUTATIONNELLES

Nous avons implémenté le système expert en attribuant aux symptômes les degrés d'appartenance tels que repris dans les tableaux suivants:

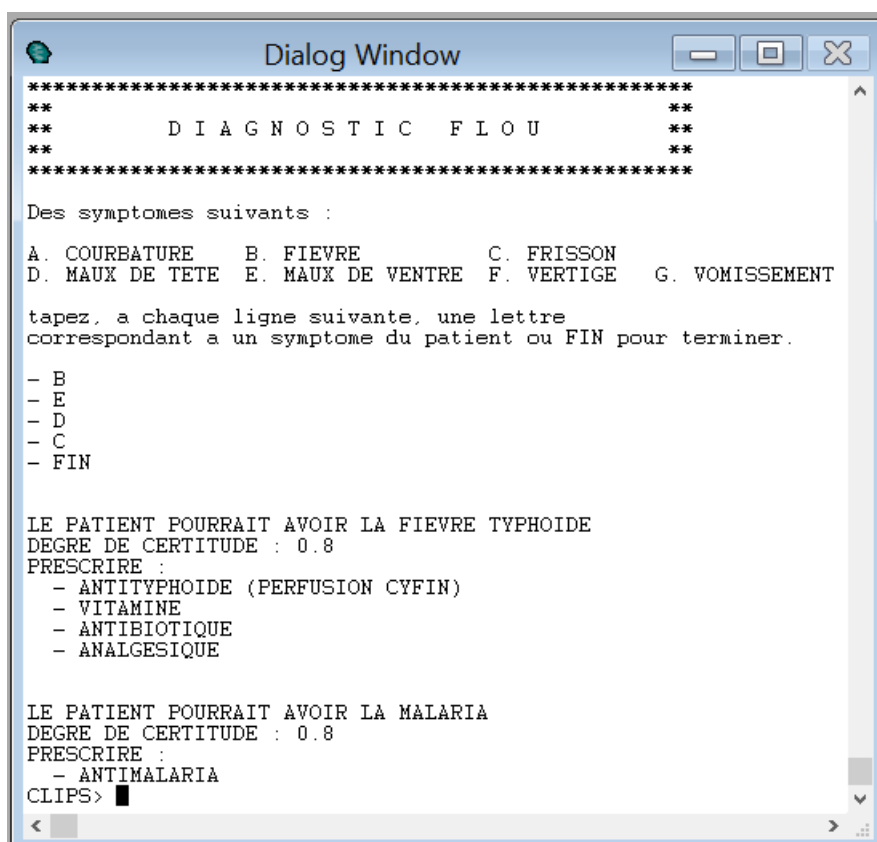
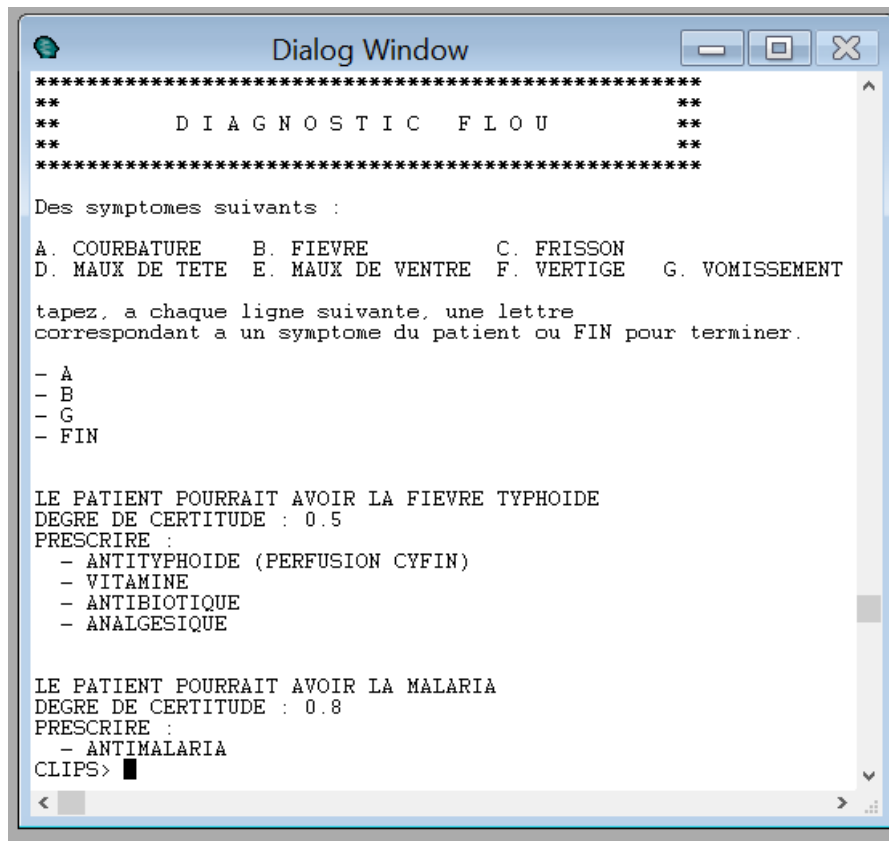
1. Sous-ensemble flou des symptômes de la malaria

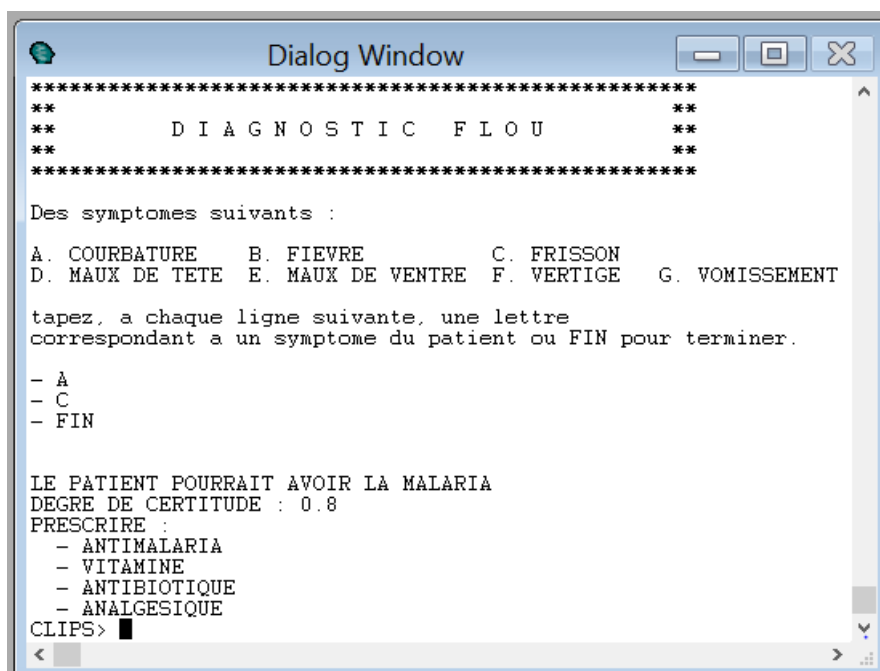
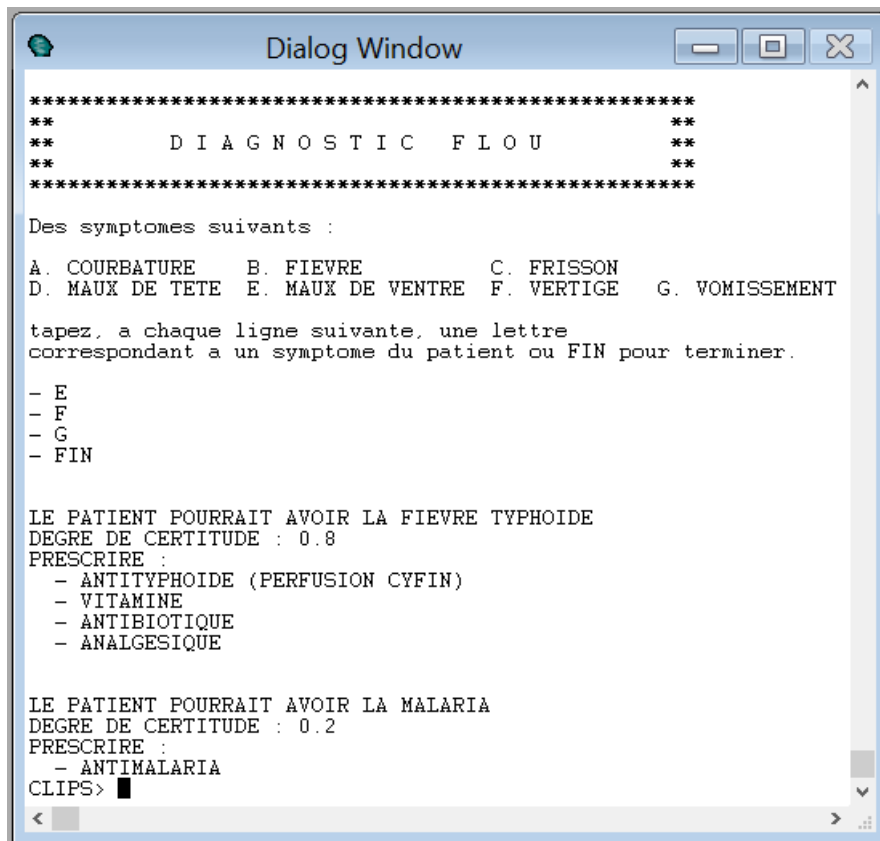
Symptôme	Degré d'appartenance
A	0.8
B	0.3
C	0.8
D	0.5
E	0.0
F	0.2
G	0.3

2. Sous-ensemble flou des symptômes de la fièvre typhoïde

Symptôme	Degré d'appartenance
A	0
B	0.4
C	0
D	0.6
E	0.8
F	0.1
G	0.5

Nos différentes expériences computationnelles sont présentées à travers les captures d'écran suivantes:







```

*****
**          D I A G N O S T I C   F L O U          **
**          *****
Des symptomes suivants :
A. COURBATURE      B. FIEVRE          C. FRISSON
D. MAUX DE TETE    E. MAUX DE VENTRE  F. VERTIGE        G. VOMISSEMENT
tapez, a chaque ligne suivante, une lettre
correspondant a un symptome du patient ou FIN pour terminer.
- A
- B
- C
- D
- E
- FIN

LE PATIENT POURRAIT AVOIR LA FIEVRE TYPHOIDE
DEGRE DE CERTITUDE : 0.8
PRESCRIRE :
- ANTITYPHOIDE (PERFUSION CYFIN)
- VITAMINE
- ANTIBIOTIQUE
- ANALGESIQUE

LE PATIENT POURRAIT AVOIR LA MALARIA
DEGRE DE CERTITUDE : 0.8
PRESCRIRE :
- ANTIMALARIA
CLIPS> █

```

7 CONCLUSION

Dans ce papier, nous avons tenté de répondre à la question de savoir comment l'Intelligence Artificielle pouvait contribuer au diagnostic médical ainsi que le degré de certitude de cette solution.

Tout au long du papier, nous avons présenté la base théorique de notre recherche, les symptômes des maladies sous étude tels qu'obtenus des médecins interviewés, les règles d'inférence découlant de cette connaissance, et les expériences computationnelles avec leurs résultats.

Pour y arriver, nous avons fait recours au processus d'ingénierie de connaissance qui nous a permis de réaliser des interviews auprès des médecins afin d'extraire la connaissance et l'expertise suffisante concernant le diagnostic de la malaria et de la fièvre typhoïde, ensuite d'explicitier cette connaissance en règles d'inférence que nous avons implémentées en langage CLIPS.

Aux vu des résultats obtenus, nous pouvons confirmer notre hypothèse de départ.

Toutefois, nous admettons que les résultats obtenus dépendent purement et simplement de la fonction d'appartenance et que des résultats encore meilleurs pourraient être obtenus avec une fonction d'appartenance plus réaliste sur un nombre plus ou moins exhaustif des symptômes.

Loin de nous la prétention d'avoir parfaitement achevé cette recherche, nous espérons que des recherches et travaux ultérieurs y apporteront un gain de perfection.

REFERENCES

- [1] Giarratano, « Expert systems, principles and programming, PWS Publishing Company, 1998.
- [2] Kauffman, « Introduction à la théorie des sous-ensembles flous », Masson et Cie, vol. 1, 1973.
- [3] Kaseka, « Système Expert Flou pour le diagnostic de la malaria basé sur la fièvre » in revue de l'Université Notre Dame du Kasayi (UKA), 2017.
- [4] Kutangila Mayoya D., « Modelos basados en softcomputing para resolver problemas de localizacion », Thèse doctorale défendue à l'Université de Granada (Espagne), 2005.
- [5] Kutangila Mayoya D., « Système expert stochastique de diagnostic médical. Cas de la fièvre typhoïde et de la malaria », Journées Scientifiques de l'Université William Booth à Kinshasa, 2018 [sous presse].
- [6] Russell S. et Norvig P., « Artificial Intelligence, the modern approach », Pearson Printice Hall, 2000.