

Soumis le : 11/04/2020

Forme révisée acceptée le : 03/09/2020

Auteur correspondant : [badr\\_merad@yahoo.com](mailto:badr_merad@yahoo.com)



**Revue  
Nature et Technologie**

<http://www.univ-chlef.dz/revuenatec>

ISSN : 1112-9778 – E-ISSN : 2437-0312

# Vers un système peer-to-peer d'aide à la décision en périodes d'épidémies. COVID-19 comme exemple

Badr MERAD<sup>a,b</sup>, Khaled BELKADI<sup>a,c</sup>, Abderrahmane MESSOUS<sup>d,e</sup>

<sup>a</sup> Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, Oran, Algérie

<sup>b</sup> LABGEM Laboratory, Higher School of Electrical Engineering and Energetic (ESG2E), Oran, Algeria

<sup>c</sup> Laboratoire SIMPA (Signal-Image-Parole), Département d'Informatique, Faculté de Mathématiques et Informatique, USTO-MB, Oran, Algérie

<sup>d</sup> Université Hassiba Benbouali de Chlef, Chlef, Algérie

<sup>e</sup> Laboratoire d'Informatique d'Oran (LIO), Faculté des sciences exactes et appliquées, Université d'Oran 1, Oran, Algérie

## Résumé

Lors d'une épidémie/pandémie causée par un virus inconnu comme le SRAS-CoV-2, agent responsable du COVID-19, les praticiens de la santé ne peuvent pas prédire le comportement du virus et donc l'évolution de la maladie. Ils ne peuvent pas aussi prédire la réaction des patients face aux différents traitements. Dans cet article on propose une architecture d'un système distribué de prédiction de l'évolution de la maladie et des réactions des patients pour les traitements, et ce en exploitant les données temps réel de patients atteints du même virus de partout dans le monde. Le système utilise une classification des patients basée sur les données géographiques et les questions dites « Patient, Intervention, Comparison, Outcome/s » (PICO). Il s'inspire des systèmes de téléchargement peer-to-peer pour le partage des informations et utilise un modèle sémantique pour la sauvegarde et la comparaison des questions cliniques. Le système propose aussi de générer des auto-tests personnalisés qu'on peut mettre à la disposition de la population pour diminuer la panique causée par l'épidémie. Un Le fonctionnement du système est illustré par un exemple d'un patient atteint du COVID-19.

Mots-clés : Aide à la décision médicale ; Classification ; COVID-19 ; Epidémie ; Peer-to-peer ; Question PICO.

## Abstract

During an epidemic/pandemic caused by an unknown virus such as SRAS-CoV-2, the aetiological agent of COVID-19, health practitioners cannot predict the behavior of the virus and therefore the course of the disease. They also cannot predict how patients will react to different treatments. In this paper, authors propose a distributed system's architecture for predicting the course of the disease and patient reactions for treatments, using real-time data of patients with the same disease from all over the world. The system uses geographic and the "Patient, Intervention, Comparison, Outcome/s" (PICO) questions classification of patients. It shares information with inspiration from peer-to-peer download model and uses a semantic model to save and compare clinical questions. The system also proposes to generate personalized self-tests that can be made available to the population to reduce the panic caused by the epidemic. The operation of the system is illustrated by an example of a patient with COVID-19.

Keywords: Clinical decision support; Classification; COVID-19; Epidemic; Peer-to-peer; PICO question.

## 1. Introduction

L'épidémie est une propagation rapide et étendue de maladies infectieuses menaçant de nombreuses vies humaines et engendrant des dommages économiques [1].

Quand ces épidémies concernent des virus inconnus, la prédiction du comportement du virus devient une tâche difficile. Une solution pour anticiper les actions et prédire les symptômes et les réactions aux différents traitements, est d'utiliser les données d'autres patients qui sont plus avancés dans la maladie. Dans cet article on propose une

architecture d'un système d'aide à la décision médicale en temps réel qui s'inspire des systèmes de téléchargement peer-to-peer (P2P). « Epidemic Peer-to-Peer Support System » (EP2PSS) est un système de partage de décisions et de données par les praticiens de la santé en période d'épidémie/pandémie par des virus dont le comportement est inconnu comme c'est le cas du COVID-19. Le manuscrit décrit d'une façon détaillée, la méthode de classification des patients en utilisant les données géographiques et la question clinique PICO, l'utilisation d'un modèle sémantique pour la sauvegarde



Ceci est un document en libre accès selon les termes de [Creative Commons Attribution License CC-BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), ce qui permet de le partager, copier, reproduire, distribuer, communiquer, réutiliser ou de l'adapter avec l'obligation de créditer son auteur.

et la comparaison de ces questions et le principe de partage de données exploitant la métaphore peer-to-peer.

On décrit aussi comment le système propose automatiquement des auto-tests personnalisés à partir des données P de la question PICO, ce qui permet d'apaiser le stress de la population et de diminuer les fausses alertes laissant ainsi la place aux cas sérieux nécessitant une prise en charge réelle.

Dans ce qui suit on propose une brève présentation des questions PICO (Section 2), une présentation de l'architecture EP2PSS (Section 3), et on termine par une conclusion.

## 2. Questions PICO

« Evidence-Based Medicine » (EBM), ou médecine basée sur les faits, est le processus de recherche, d'évaluation et d'utilisation des résultats de recherche comme base des décisions cliniques [2]. Sackett et Rosenberg [3] divisent ce processus en 5 étapes :

- Formuler une question clinique claire et précise ;
- Rechercher les preuves ;
- Evaluer la validité des sources de preuves ;
- Intégrer les preuves trouvées dans la pratique clinique ;
- Evaluer la pratique.

Dans ce travail on utilise le concept de question clinique, qui est la première et la plus importante étape de l'EBM, pour classifier les patients.

Formuler la question clinique consiste à convertir un problème clinique en une question claire, précise et à laquelle on peut répondre [4]. Pour réussir à en formuler une qui vérifie les critères cités plus haut, Sackett *et al.* [5] proposent de la décomposer en 4 éléments :

- Les caractéristiques du problème du patient ou de la population ;
- L'Intervention proposée ;
- Les interventions Comparées à celle proposée ;
- L'issue clinique (Outcome/s).

Cette méthode fournit un cadre conceptuel pour une recherche efficace [6].

## 3. Architecture du système EP2PSS

EP2PSS est un système qui emprunte la notion du peer-to-peer, utilisée dans les systèmes de

téléchargement, pour l'exploiter dans des systèmes d'assistance électronique dans les périodes d'épidémie.

Le système propose de classifier les patients en groupes. Cette division est basée sur la zone géographique puisqu'il peut exister, pour le même virus, des souches différentes qui se manifestent différemment comme c'est le cas du SRAS-CoV-2, virus responsable du COVID-19.

Généralement les zones géographiques proches sont concernées par la même souche, ce qui a amené des chercheurs, tel Kumar R. *et al.* [7], Merad B. et Belkadi K. [8] ainsi que Lohmann *et al.*, a étudié les différentes souches du virus SRAS-CoV-2 classées par zones. Kumar *et al.* [7] ont étudié 95 souches, chacune d'elles liée à une zone géographique donnée. Les questions PICO des patients sont aussi utilisées pour cette classification.

Dans les systèmes de téléchargement P2P, une partie téléchargée d'un fichier peut être mise à disposition des clients de téléchargement même si celui-ci n'est pas complètement téléchargé. Cette métaphore est utilisée dans EP2PSS en mettant à la disposition des praticiens les informations de chaque patient en temps réel même si le patient est encore hospitalisé. On partage toutes ses informations (symptômes, traitements, réactions aux traitements, ...etc.) tout en précisant la chronologie de chacune d'elle depuis le début de la maladie afin qu'on puisse prédire ces mêmes informations pour des cas proches. Le système est utile dans les périodes d'épidémie par des virus nouveaux dont on ignore le comportement et le traitement ; c'est pour cela que l'information en temps réel permet d'anticiper les traitements et la prise en charge des patients

Après authentification, le système propose au médecin d'intégrer une zone géographique par rapport à sa position GPS. Pour prendre en charge un nouveau patient dans cette zone au moment de sa réception  $T_0$ , le système demande dans un premier temps de partager une question clinique PICO. Cette question permet d'un côté de définir les informations P du patient, ce qui permet de le classer dans une catégorie de patients, et d'un autre côté de permettre, par le biais des éléments I, C et O, de partager des propositions concernant les interventions et les interventions comparées. Ces questions permettent aussi de prédire les issues cliniques (Outcome/s) des patients.

Une fois la question clinique partagée, un système de classification, basé sur la zone géographique, ensuite sur l'affinité de cette question par rapport aux questions PICO des autres patients, est mis en marche.

Les questions PICO dans l'architecture proposée sont sauvegardées dans le format médicale OMDF (Ontological Medical Decision Format) qui est un format ontologique utilisant OWL (Web Ontology Language) pour écrire des décisions médicales [8]. OMDF implémente les cinq étapes de l'EBM et modélise d'une

manière détaillée la question PICO. La figure 1 propose une présentation visuelle en VOWL (Visual Notation for OWL Ontologies) de la partie OMDF utilisée pour coder les questions PICO [9].

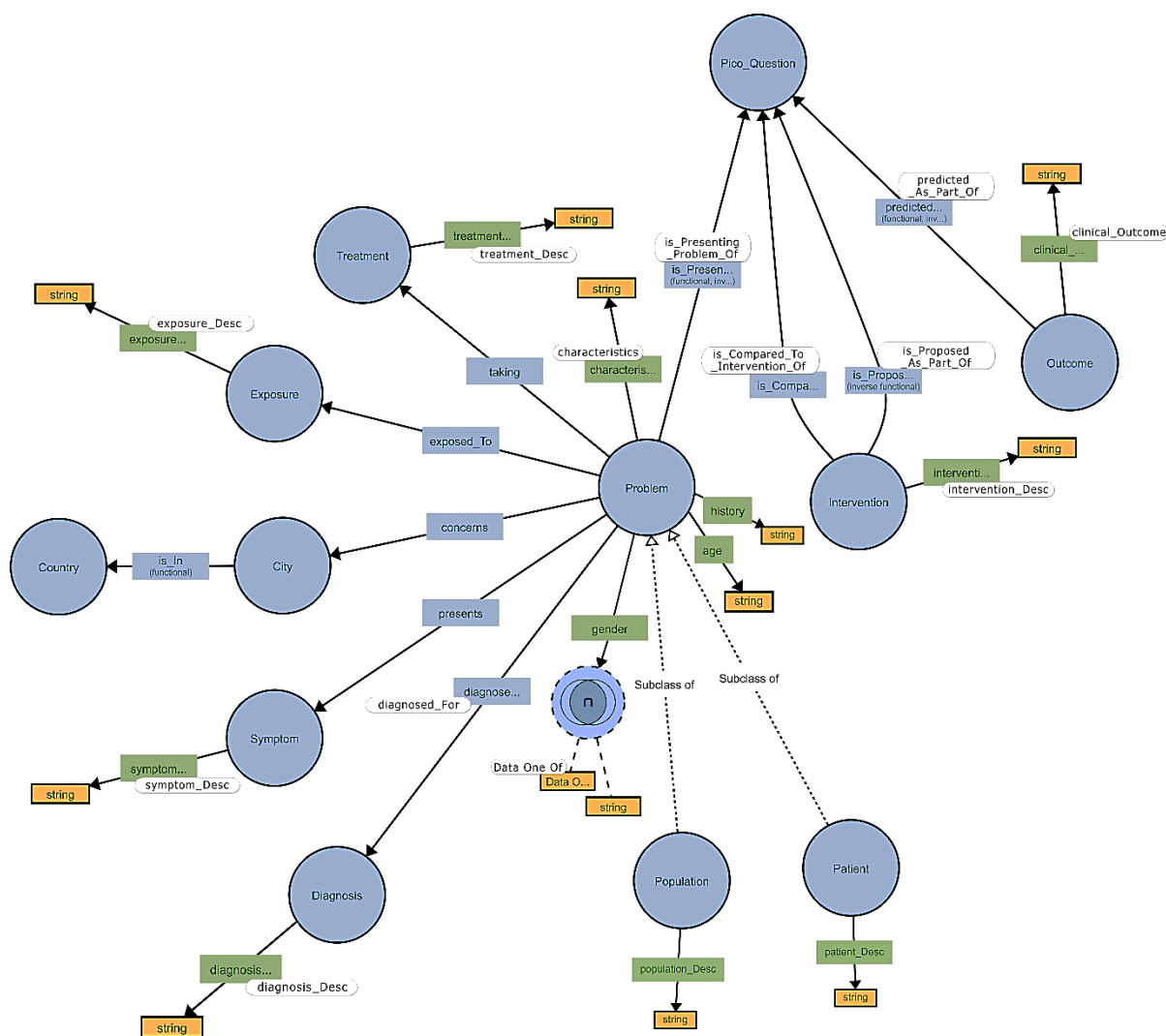


Figure 1. Représentation VOWL de la question PICO dans OMDF [8]

Un algorithme à deux étapes est utilisé pour la classification des patients par rapport à leurs questions PICO.

La première étape utilise l'algorithme développé par Merad et Belkadi [8] pour créer une liste des questions PICO les plus proches à celle utilisée en entrée. L'affinité dans cet algorithme est calculée en

utilisant le coefficient « Similarity Coefficient » (SC) qui utilise « Dice's Coefficient » (DC).

La deuxième étape utilise l'algorithme des « k-Nearest-Neighbors » (KNN) [10] pour calculer la classe du patient par rapport à la liste de sortie de la première étape.

La figure 2 montre les étapes nécessaires pour la prise en charge d'un patient via EP2PSS depuis son admission jusqu'au partage de ses données et réception des données des autres patients.

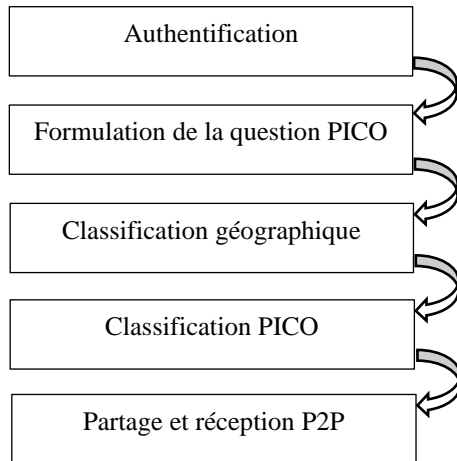


Figure 2. Etapes de prise en charge d'un patient dans EP2PSS

Après classification, les médecins partagent en temps réel toutes les données du patient. Les informations les plus importantes sont les

symptômes, pour permettre aux autres praticiens de prédire le comportement du virus et du système immunitaire des patients à chaque instant, ainsi que les traitements et les réactions des patients par rapport à chaque traitement. Le système EP2PSS est basé sur les données temps/intervention/comportement.

Les traitements symptomatiques sont importants dans des pandémies pareilles tel le COVID-19. Chaque traitement/réaction est partagé pour permettre aux autres médecins de choisir ou non le même traitement.

Le système propose au médecin, et pour chaque patient, la liste des patients de la même classe. Ils sont ordonnés par rapport à l'affinité de la question PICO du patient par rapport aux autres patients de la même zone géographique. Le médecin peut voir d'autres tableaux de patients dans des zones géographiques différentes. Un exemple de tableau dans un temps  $T_X$  pour un patient fictif atteint du COVID-19 est proposé dans figure 3.  $T_X$  n'est pas calculé par rapport au temps d'admission mais par rapport au temps d'atteinte approximatif, ce qui veut dire que  $T_0$  n'est généralement pas égale à 0.

EP2PSS

**P42**
Date d'admission: 10/03/2020  
**T<sub>0</sub>: 6 jours**

**Question PICO:**  
Un homme de 48 ans, diabétique (type2), diagnostiqué pour COVID-19. L'intervention proposée est un traitement symptomatique de la fièvre par Paracétamol et placebo. Cette intervention peut être comparée à l'utilisation de l'hydroxychloroquine et de l'azithromycine. La guérison complète est attendue après 12 jours.

**Tableau clinique du patient P42**

|   |  |   |
|---|--|---|
| <b>T<sub>0</sub></b>  | Fièvre 39°<br>Toux sèche                                   | <b>Traitement:</b> Paracetamol, Placebo                             |
| <b>T<sub>1</sub> :+5J</b>   | Fièvre 38°<br>Toux sèche<br>Dyspnée                        | <b>Traitement:</b> Paracetamol, l'hydroxychloroquine, Azithromycine |
| <b>T<sub>1</sub> :+9J</b><br><span style="color: green;">(Etat actuel)</span> | Fièvre 37,1°<br>Toux sèche atténuée<br>Respiration normale | <b>Patient sous surveillance</b>                                    |

**Liste des Patients similaires**

|                       |                                       |                                    |                   |
|-----------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------|
| <b>P<sub>12</sub></b> | <a href="#">Voir la question PICO</a> | <a href="#">Tableau du patient</a> | Affinité : 97%    |
| <b>P<sub>21</sub></b> | <a href="#">Voir la question PICO</a> | <a href="#">Tableau du patient</a> | Affinité : 82,32% |
| <b>P<sub>3</sub></b>  | <a href="#">Voir la question PICO</a> | <a href="#">Tableau du patient</a> | Affinité : 63%    |

[Voir toute la liste](#)

Figure 3. Page de présentation EP2PSS d'un patient atteint du COVID-19

Dans le cas du COVID-19, plusieurs auto-tests ont été développés par différents instituts de santé tels que l'Institut Pasteur - France [13] ou « Centers for Disease Control and Prevention du Département américain de la santé et des services sociaux » [14]. Ce sont des questionnaires qui permettent d'informer une personne sur son état de santé et de l'orienter si nécessaire. Ces auto-tests sont très utiles dans le cas de grandes paniques. A partir des informations récoltées par EP2PSS, un auto-test peut être généré automatiquement.

Le patient est invité à insérer les informations P de la question PICO. La question est traduite automatiquement en OMDF et une liste des patients qui présentent la plus grande affinité à son cas est établie. Le système affiche ensuite les symptômes des patients de cette liste et demande à l'utilisateur d'ordonner chronologiquement ceux qu'il présente. Si la personne présente une affinité supérieure à un certain seuil, avec un patient présent dans le système, on indique le même diagnostic et elle est orientée aux services concernés pour confirmation.

Pour déterminer cette affinité, on calcule un coefficient proche de DC en utilisant les symptômes présents dans les deux questions PICO. La différence avec DC est la présence d'un poids P qui renforce la similarité si les symptômes apparaissent dans le même ordre chronologique. Ce coefficient est présenté dans formule 1 suivante :

$$P = \frac{2 \text{ nb\_common\_terms}_{NO} + 2P \text{ nb\_common\_terms}_O}{\text{nb\_total\_terms}}$$

avec :

-  $\text{nb\_common\_terms}_{NO}$  : le nombre de symptômes communs qui ne respectent pas l'ordre chronologique d'apparition ;

-  $\text{nb\_common\_terms}_O$  : le nombre de symptômes communs qui respectent l'ordre chronologique d'apparition ;

- P : un poids créé pour valoriser les symptômes communs qui respectent l'ordre chronologique d'apparition, avec  $P > 1$  ;

-  $\text{nb\_total\_terms}$  : nombre total de symptômes.

Au contraire des auto-tests qui ne proposent qu'un seul questionnaire pour tous les utilisateurs, celui proposé dans ce travail prend en considération

les données de chaque patient, permettant ainsi d'adapter au cas par cas, et de manière personnalisée, le test du patient.

#### 4. Conclusion

Dans cet article on a proposé une architecture d'un système de prédiction et d'aide à la décision médicale dans les cas d'épidémies ou de pandémies causées par des virus inconnus comme le SRAS-CoV-2. Le système proposé utilise la technique peer-to-peer pour partager les informations des patients en temps réel. Les patients sont classifiés par zones géographiques et questions PICO, ce qui permet une grande précision du calcul de l'affinité des patients et donc une précision dans les prédictions. Un modèle sémantique est utilisé pour écrire et comparer les questions cliniques.

Cet article présente un exemple de patient fictif atteint du COVID-19 pour expliquer la méthode de partage des informations dans le temps. On a proposé aussi grâce au système de classification des auto-tests développés automatiquement à partir des données des patients. Ces tests sont personnalisés pour chaque patient ce qui permet une meilleure précision de l'auto-diagnostic.

#### Références

- [1] Fong S.J., Li G., Dey N., Crespo R.G., Herrera-Viedma E., Finding an accurate early forecasting model from small dataset: A case of 2019-ncov novel coronavirus outbreak, *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 6 (1) (2020): 132-140. <https://www.ijimai.org/journal/node/3841>
- [2] Rosenberg W. and Donald A., Evidence based medicine: an approach to clinical problem-solving, *BMJ: British Medical Journal* 310 (1995): 1122-1126. [Version électronique] disponible sur site. URL : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2549505/?page=1> (Consulté le 02/03/2020)
- [3] Sackett D. and Rosenberg W., The need for evidence-based medicine, *Journal of the Royal Society of Medicine* 88 (1995): 620-624. [Version électronique] disponible sur site. URL : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1295384/> (Consulté le 12/03/2020)
- [4] Lai N., Evidence Based Medicine Series: Asking Focused Answerable Clinical Questions, *Malaysian family physician: the official journal of the Academy of Family Physicians of Malaysia* 4 (1) (2009): 23-25. [Version électronique] disponible sur site URL : <https://europepmc.org/article/pmc/pmc4170378> (consulté le 20/02/2020)

- 
- [5] Sackett D., Straus S., Scott W. Richardson, Rosenberg W. and Brian Haynes R., Evidence-Based Medicine: How to Practice and Teach EBM, 2<sup>nd</sup> ed., Churchill Livingstone, Edinburgh, 2000. 250p.  
<https://isbndb.com/book/9780443062407>
- [6] Staunton M., Evidence-based radiology: steps 1 and 2— asking answerable questions and searching for evidence, *Radiology*, 242 (1) (2007): 23-31.  
<https://doi.org/10.1148/radiol.2421052135>
- [7] Kumar R., Verma H., Singhvi N., Sood U., Gupta V., Singh M., Sharma R., Hira P., Nagar S. and Talwar C., Comparative Genomic Analysis of Rapidly Evolving SARS CoV-2 Viruses Reveal Mosaic Pattern of Phylogeographical Distribution, *bioRxiv* (2020).  
<https://doi.org/10.1101/2020.03.25.006213>
- [8] Khan M. I., Khan Z. A., Baig M. H., Ahmad I., Farouk A. E., Song Y. G. and Dong J. J., Comparative genome analysis of novel coronavirus (SARS-CoV-2) from different geographical locations and the effect of mutations on major target proteins: An in silico insight, *PLoS One*, 15 (9) (2020).  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238344.t005>
- [9] Mercatelli D. and Giorgi F. M., Geographic and genomic distribution of SARS-CoV-2 mutations, *Frontiers in microbiology*, 11 (2020).  
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01800>
- [10] Merad B. and Belkadi K., Towards a Machine-Understandable Model Representing the Medical Decision, *International review on Modelling and Simulations*, Copyright Praise Worthy Prize, 13 (03) (2020): 148-158.  
<https://doi.org/10.15866/iremos.v13i3.18695>
- [11] Lohmann S., Negru S., Haag F. and Ertl T., Visualizing ontologies with VOWL, *Semantic Web* 7 (4) (2016): 399-419.
- [12] Dasarathy B., Nearest neighbor (NN) norms: NN pattern classification techniques, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, 1991.
- [13] Institut Pasteur - COVID-TELE., Maladie Coronavirus – Testez vous, URL : <https://maladiecoronavirus.fr/se-tester> (Consulté le 29/01/2021)
- [14] Centers for Disease Control and Prevention., Testing for COVID-19, URL : <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/symptoms-testing/testing.html> (Consulté le 28/01/2021).
-