

# Interface d'Aide à la Décision pour Prédire l'Hospitalisation de Patients et planifier les Actions Préventives pour Prévenir cet Événement

Raphaël Gazzotti<sup>1,4</sup>

Elisa Noual<sup>4</sup>

Catherine Faron-Zucker<sup>1</sup>

Fabien Gandon<sup>2</sup>

Alain Giboin<sup>2</sup>

Virginie Lacroix-Hugues<sup>3</sup>

David Darmon<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Université Côte d'Azur, Inria, CNRS, I3S  
nom@i3s.unice.fr

<sup>2</sup> Inria, Université Côte d'Azur, CNRS, I3S  
prénom.nom@inria.fr

<sup>3</sup> Université Côte d'Azur, Département de Médecine Générale  
vhugues@outlook.fr, david.darmon@unice.fr

<sup>4</sup> SynchronNext  
prénom@synchronext.com

## Résumé

*Les médecins sont confrontés à une augmentation constante du nombre de leurs patients compte tenu du *numerus clausus* imposé aux études médicales en France. De plus, le vieillissement global de la population les oblige à traiter des patients atteints de nombreuses maladies chroniques (comorbidité), ce qui complique la prise en charge des patients puisque la polymédication implique l'apparition d'effets indésirables.*

*Dans cet article, nous présentons l'interface d'un algorithme développé pour aider à la prise de décision des médecins généralistes qui leur permet d'identifier les premiers signes qui mènent les patients à l'hospitalisation et les problèmes médicaux à traiter en priorité.*

## Mots Clef

Interface homme-machine, Dossier médical électronique, Modèle prédictif.

## Abstract

*Physicians are confronted with a constant increase in the number of their patients given the *numerus clausus* imposed on medical studies in France. In addition, the overall aging of the population requires them to treat patients with many diseases (comorbidity), which complicates the management of patients since polypharmacy implies the appearance of unexpected adverse drug's effects.*

*In this paper, we present the interface of an algorithm developed to assist in the decision-making process of general practitioners (GPs) that allows them to identify in patients*

*the first signs that lead to hospitalization and medical problems to be treated as a priority.*

## Keywords

Human-machine interface, Electronic medical record, Predictive model.

## 1 Introduction

Chaque année en France, le taux d'hospitalisation est 191 pour 1000 habitants (12,7 millions de patients pour plus de 3300 établissements de santé), aussi, une hospitalisation complète dans le secteur public dure en moyenne 6,4 jours en médecine, chirurgie, obstétrique, 36,4 jours en suivi et réadaptation, 44,5 jours en hospitalisation à domicile et 57,0 jours en psychiatrie.<sup>1</sup>

Les médecins généralistes sont responsables des soins de 90% des problèmes de santé de la population et la multitude d'informations et la constante augmentation des patients rencontrés compliquent leurs tâches, c'est pourquoi il est nécessaire de leur offrir un résumé des dossiers patients incluant tous les points essentiels dans ce dernier et d'indiquer les actions thérapeutiques à choisir en priorité.

La base de données PRIMEGE PACA [1] qui contient plus de 440 000 consultations en français réalisées par 17 médecins généralistes nous sert de champ d'expérimentation pour construire une application qui aide un généraliste dans l'exercice de ses fonctions. Dans cette base de données, les descriptions textuelles rédigées par les médecins généralistes sont disponibles avec les codes de classification in-

1. <https://www.atih.sante.fr/analyse-de-l-activite-hospitaliere-2017>

ternationaux des médicaments prescrits, pathologies et raisons de consultation, ainsi que les valeurs numériques des différents résultats d'examens médicaux obtenus par un patient.

L'objectif d'une telle application est double puisqu'elle permet à la fois d'améliorer l'état de santé des patients en identifiant d'abord les patients à haut risque et potentiellement d'éviter leurs hospitalisations en affichant les facteurs de risque classés en fonction de leur participation à la décision de l'algorithme.

Par ailleurs, l'absence de recommandations spécifiques pour le traitement des patients polypathologiques<sup>2</sup> complique la prise en charge des patients avec le risque d'appliquer les recommandations pour les maladies isolées [2, 3], ce qui confirme l'intérêt pour le médecin généraliste de pouvoir identifier les éléments à prendre en charge en priorité.

## 2 Contexte et travaux connexes

Les auteurs de [4] expriment que l'adoption des systèmes exploitant les dossiers médicaux électroniques (DME) peut réduire considérablement les coûts dans le domaine des soins de santé, de plus, ces systèmes peuvent être utilisés afin de superviser le suivi des maladies et à diriger plus facilement les patients à risque élevé vers un spécialiste.

Dans [5], nous avons montré que la prédiction de l'hospitalisation peut être améliorée en injectant les connaissances métier, qu'elles soient spécialisées ou généralistes dans la représentation vectorielle des dossiers médicaux électroniques.

Nous avons entraîné à partir de données extraites de la base de données PRIMEGE PACA un algorithme d'apprentissage machine capable de prédire l'hospitalisation des patients. Nous avons choisi par conception un algorithme interprétable, car il est crucial pour les médecins de connaître les critères impliqués dans le processus décisionnel de l'algorithme. Des textes ainsi que des analyses biomédicales contenus dans le dossier du patient sont utilisés pour prédire son risque d'hospitalisation et les facteurs impliqués dans cette décision.

La difficulté majeure que l'on a rencontrée était de développer une interface ergonomique qui fournisse toutes les informations nécessaires au médecin généraliste pour l'aider dans sa prise de décision et lui permettre de gagner du temps puisqu'un généraliste sur 5 voit plus de 50 patients par jour (soit le double du nombre recommandé par les directives européennes de sécurité), alors que la moyenne actuelle est supérieure à 40 patients par jour.<sup>3</sup> Dans [6], les auteurs ont reporté que des données sur-structurées provoquent la perte de l'attention des médecins, tout comme le fait de devoir naviguer entre de nombreux écrans dans leur système de consultation médicale, ce qui a même pour

2. [https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2015-04/note\\_methodologique\\_polypathologie\\_de\\_la\\_personne\\_agee.pdf](https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2015-04/note_methodologique_polypathologie_de_la_personne_agee.pdf)

3. <https://collegeofmedicine.org.uk/complementary-medicine-round-up-march-2018/>



FIGURE 1 – Vue sur le panneau de sélection, existant dans la version prototype, qui permet de sélectionner un patient selon différents critères. Les patients recherchés ici sont atteints d'hypercholestérolémie, âgés de 70 à 88 ans et fumeurs.

effet de les perturber pour identifier des problèmes de santé émergents.

Ainsi, nous avons conçu une interface destinée à des médecins de différentes tranches d'âge, puisqu'en effet, les médecins étant en exercice depuis de nombreuses années sont moins sensibilisés aux nouvelles technologies, et présentent les points essentiels du dossier du patient avec la mise en avant des résultats de l'algorithme de façon visuelle en un nombre réduit d'écrans. De même, pour éviter de surcharger l'interface, les informations complémentaires relatives aux composants graphiques ou le détail sur la fiabilité des méthodes mises en œuvres sont accessibles par le biais de relevés puisqu'une fois connue une aide devient redondante si cette dernière doit s'afficher à chaque utilisation du logiciel.

## 3 Aperçu du système

### 3.1 Aperçu de l'interface

L'interface a été déclinée sous deux versions différentes afin d'atteindre des objectifs différents, l'une doit servir de démonstrateur pour montrer les capacités du produit et l'autre doit servir en condition réelle pour aider le médecin généraliste dans son processus décisionnel pour traiter son patient. La principale différence entre les deux versions de l'interface reste la possibilité de sélectionner un patient à partir d'un ensemble de patients (Figure 1) et de lui ajouter une nouvelle analyse biologique ou une nouvelle pathologie, dans l'objectif pour un médecin généraliste de se rapporter à un patient de sa connaissance.

Les facteurs responsables dans la prédiction de l'hospitalisation des patients sont définis sous deux catégories : les facteurs fortement impliqués dans la prévision de l'hospita-

lisation d'un patient et sur lesquels le médecin généraliste peut intervenir, appelés 'Facteurs de risques modifiables' que nous avons représentés dans une pyramide inversée, et ceux qui ont un moindre impact ou sur lesquels le médecin ne peut pas intervenir, appelés 'Autres facteurs' (Figure 4), tous ces facteurs sont classés selon leur importance dans la décision prise par l'algorithme. L'affichage de facteurs ayant un moindre impact peut permettre au médecin généraliste de prendre en compte les différents critères qui figurent dans le dossier d'un patient, en effet, il est possible que le choix d'un traitement soit contre-indiqué pour certaines pathologies ou conditions physiques. Sur le côté sont représentés les pourcentages évalués par l'algorithme d'apprentissage avant la correction d'un facteur de risque et le nouveau pourcentage après la prise en charge d'un problème de santé (Figure 2), afin d'éviter toute confusion quant à la diminution du risque d'hospitalisation, un symbole négatif a été ajouté en face du pourcentage gagné après prise en charge de différents problèmes de santé. En haut de chaque fenêtre, des informations plus génériques sur le patient avec le sexe, l'âge, si le patient a des affections de longue durée (ALD), l'assistance médicale de l'État (AME)<sup>4</sup> ou la couverture maladie universelle complémentaire (CMU-C)<sup>5</sup> sont incluses dans un volet (pour ce patient, aucune affection de longue durée, AME ou CMU-C n'est enregistrée).

Sur la vue d'ensemble du dossier du patient, les facteurs de risque sont classés sous différents onglets tels que 'Antécédents', 'Examens biologiques', 'Comportements à risque', d'autres informations complètent la section sommaire du dossier du patient avec 'Allergies / Intolérances' et ses 'Antécédents familiaux'. Sur cet élément (Figure 3), les facteurs déterminés comme modifiables par le médecin sont représentés par un pictogramme symbolisant une loupe afin de signaler qu'il faut s'intéresser de près au problème médical mis en évidence, et seules les analyses en dehors de la norme sont affichées sous l'onglet 'Examens biologiques'. Une spécificité de la version de démonstration est de pouvoir ajouter un nouveau problème de santé et une nouvelle analyse biologique sur cette série d'écrans présentant la vue d'ensemble du dossier du patient, permettant ainsi au médecin généraliste de modifier un cas parmi la présélection de patients qui lui sont proposés, et de se rapporter à un patient qu'il connaît.

### 3.2 Retour d'expérience

10 médecins généralistes du milieu universitaire ont été consultés au cours d'un groupe de discussion organisé pour obtenir des commentaires sur la conception de l'interface et leurs suggestions sur les éléments à inclure.

Parmi tous les points soulevés<sup>6</sup>, il a été signalé qu'un écran moins alarmiste serait efficace pour rallier le patient à l'avis du médecin généraliste (observance thérapeutique). Ainsi,

4. <https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F3079>

5. <https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F10027>

6. <https://tinyurl.com/y4w5umue>

## Evaluation du risque d'hospitalisation i

Diminution du risque d'hospitalisation après la prise en charge :

**-17%**

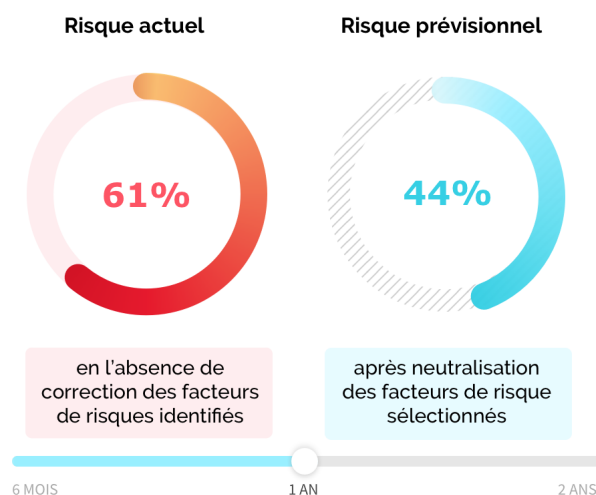


FIGURE 2 – Vue du médecin généraliste avec le risque prévisionnel d'hospitalisation après correction des facteurs 'Tabagisme' et 'Dépression'.

nous proposons de répondre à cette demande par un écran ne montrant que le gain total sur le risque d'hospitalisation représenté dans un demi-cadrant, gain calculé en pourcentage relatif. Un bouton en haut à droite de la Figure 2 permet de passer facilement de la vue du médecin à celle du patient. Par défaut nous avons opté pour le calcul du risque d'hospitalisation sur une durée de 1 an, mais un curseur permet de pouvoir ajuster la marge de temps souhaitée pour la prédiction.

Un autre point important soulevé concerne l'importance des explications, en particulier celle relative à un indice de fiabilité sur les résultats obtenus par l'algorithme d'apprentissage. Pour répondre à cette demande, nous avons ajouté plusieurs releveurs qui apparaissent après avoir passé la souris sur l'icône 'i'. L'icône 'i' sur la Figure 2 en particulier, présente des informations sur les méthodes, les métriques utilisées et les publications liées à ce travail, les autres releveurs ont davantage un rôle explicatif sur les éléments de l'interface.

## 4 Démonstration

Au cours de la session, nous présenterons un poster et une maquette interactive à travers un moniteur, qui montre l'in-

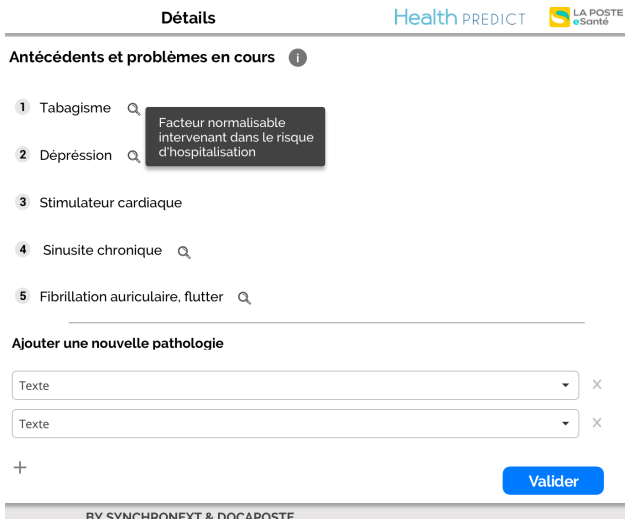


FIGURE 3 – Panneau d’aperçu global sur le dossier du patient, ‘Détails’, sous l’onglet ‘Antécédents’. La version prototype permet d’ajouter de nouvelles pathologies.

terface que nous avons développée sur laquelle un médecin généraliste est capable de réduire significativement le risque d’hospitalisation d’un patient.

Le scénario de notre démonstration comprend les étapes suivantes : (1) nous sélectionnons une pathologie principale, une tranche d’âge ainsi qu’un comportement à risque associés à des patients, (2) dans la liste des patients qui s’affiche nous sélectionnons un patient qui répond aux critères précédemment choisis afin d’obtenir un profil proche d’un patient cible et nous montrons son risque initial d’hospitalisation, (3) nous verrons les différents leviers d’action proposés au médecin généraliste et l’affichage du risque estimé après la prise en charge de certains problèmes de santé du patient, (4) nous nous dirigerons vers l’écran résumant le dossier du patient et nous verrons comment un médecin peut ajouter des pathologies au patient sélectionné dans l’interface de la version prototype dans le but de se rattacher à partir de ce cas à un patient qu’il connaît.

## 5 Conclusion et travaux futurs

Il est crucial d’explorer, d’analyser et de planifier les facteurs de risque responsables dans l’hospitalisation pour prévenir l’apparition de cet événement et améliorer l’état de santé global du patient. Nous proposons une interface qui répond à ces exigences et qui peut être connectée au produit que nous développons.

L’objectif final de cette application est de se voir directement intégrée à un logiciel de consultation médicale afin d’éviter la double saisie du dossier patient et la multiplication des outils qui menacerait l’efficacité du médecin traitant. La création d’outils aidant le médecin dans sa pratique peut également être une motivation supplémentaire pour lui de remplir avec le plus d’exactitude possible le

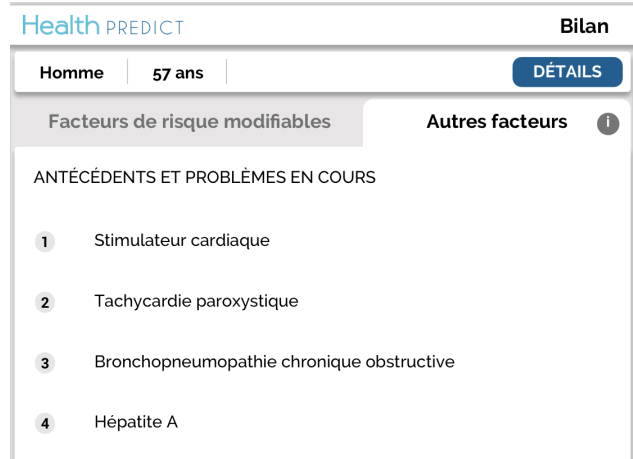


FIGURE 4 – Affichage de l’onglet ‘Autres facteurs’.

dossier de ses patients, ce qui aussi lui permettra d’obtenir des retours sur ses pratiques et celles de ses confrères. Nous prévoyons à court terme d’évaluer et d’adapter cette interface avec les entretiens utilisateurs d’un panel représentatif de médecins généralistes lorsqu’elle sera intégrée à un logiciel de consultation médicale vis-à-vis notamment de la durée passée sur l’interface pour chaque patient ainsi que de la pertinence de la restitution des informations nécessaires au médecin dans la planification d’un traitement, les aspects relatifs à l’impact lié à l’éducation thérapeutique du patient doivent être également étudiés.

## Remerciements

Ce travail est en partie financé par le gouvernement français dans le cadre de son projet IDEX UCAJEDI (ANR-15-IDEX-0001).

## Références

- [1] V. Lacroix-Hugues, D. Darmon, C. Pradier, and P. Staccini, “Creation of the first french database in primary care using the icpc2 : Feasibility study.,” *Studies in health technology and informatics*, vol. 245, pp. 462–466, 2017.
- [2] C. M. Boyd, J. Darer, C. Boulton, L. P. Fried, L. Boulton, and A. W. Wu, “Clinical practice guidelines and quality of care for older patients with multiple comorbid diseases : implications for pay for performance,” *Jama*, vol. 294, no. 6, pp. 716–724, 2005.
- [3] M. E. Tinetti, S. T. Bogardus Jr, J. V. Agostini, *et al.*, “Potential pitfalls of disease-specific guidelines for patients with multiple conditions,” *N Engl J Med*, vol. 351, no. 27, pp. 2870–4, 2004.
- [4] R. Hillestad, J. Bigelow, A. Bower, F. Girosi, R. Meili, R. Scoville, and R. Taylor, “Can electronic medical record systems transform health care? potential health benefits, savings, and costs,” *Health affairs*, vol. 24, no. 5, pp. 1103–1117, 2005.

- [5] R. Gazzotti, C. F. Zucker, F. Gandon, V. Lacroix-Hugues, and D. Darmon, “Injecting domain knowledge in electronic medical records to improve hospitalization prediction,” in *The 16th Extended Semantic Web Conference (ESWC 2019)*, vol. 11503 of *Lecture Notes in Computer Science*, (Cham), pp. 116–130, Springer International Publishing, 2019.
- [6] J. S. Ash, M. Berg, and E. Coiera, “Some unintended consequences of information technology in health care : the nature of patient care information system-related errors,” *Journal of the American Medical Informatics Association*, vol. 11, no. 2, pp. 104–112, 2004.