



**HAL**  
open science

## **Association des réseaux de Petri et des critères d'ergonomie des logiciels pour la modélisation et la réingénierie de systèmes interactifs, cas de la prescription thérapeutique en milieu hospitalier**

Stéphanie Bernonville, Nicolas Leroy, Christophe Kolski, Marie-Catherine Beuscart-Zephir

### ► To cite this version:

Stéphanie Bernonville, Nicolas Leroy, Christophe Kolski, Marie-Catherine Beuscart-Zephir. Association des réseaux de Petri et des critères d'ergonomie des logiciels pour la modélisation et la réingénierie de systèmes interactifs, cas de la prescription thérapeutique en milieu hospitalier. ErgoIA 2006, "L'humain comme facteur de performance des systèmes complexes", Oct 2006, Biarritz, France. pp.55-62. <hal-03474095>

**HAL Id: hal-03474095**

**<https://uphf.hal.science/hal-03474095v1>**

Submitted on 13 Apr 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

# Association des Réseaux de Petri et des critères d'ergonomie des logiciels pour la modélisation et la réingénierie de systèmes interactifs, cas de la prescription thérapeutique en milieu hospitalier

Stéphanie Bernonville<sup>1,2</sup>, Nicolas Leroy<sup>2</sup>

(1) LAMIH-UMR 8530  
Le Mont Houy  
F-50313 Valenciennes cedex 9  
[steph.bernon@wanadoo.fr](mailto:steph.bernon@wanadoo.fr)

Christophe Kolski<sup>1</sup>, Marie-Catherine Beuscart<sup>2</sup>

(2) EVALAB-EA 2694  
Faculté de Médecine, 1 place de Verdun  
F-59045 Lille  
[mcbeuscart@univ-lille2.fr](mailto:mcbeuscart@univ-lille2.fr)

## RESUME

L'objectif de la méthode proposée dans cet article, est d'aider à la réingénierie de logiciel interactif en proposant un support commun de travail entre spécialistes du Génie Logiciel et spécialistes des facteurs humains et de l'ergonomie. La méthode proposée combine explicitement réseaux de Petri et critères d'ergonomie des logiciels. Des cas d'étude dans le domaine de la prescription thérapeutique en milieu hospitalier illustrent l'utilisation de cette méthode.

**MOTS CLES :** interaction homme-machine, réseaux de Petri (RdP), critères ergonomiques, réingénierie

## ABSTRACT

The objective of the method proposed in this article is to help existing interactive software reengineering by proposing a common work support between Software Engineering and Human Factors specialists. The method combines explicitly Petri Nets and ergonomic criteria. Case studies illustrating the method concern medication ordering in healthcare domain.

**KEYWORDS:** human-computer interaction, Petri nets (PN), ergonomic criteria, reengineering.

## INTRODUCTION

De nombreuses études ont démontré l'importance de l'ergonomie dans les projets informatiques, notamment en terme de retour sur investissement [21]. Les ergonomes peuvent intervenir dans différentes phases d'un cycle de développement d'un projet, notamment la définition des besoins, la conception et l'évaluation. Pour notre part, nous nous intéressons aux projets dans lesquels il s'agit principalement, pour les spécialistes des facteurs humains et de l'ergonomie, d'analyser et de modéliser la situation de travail, de fournir des recommandations pour la création et la réingénierie des systèmes interactifs.

Dans ce contexte, les spécialistes des facteurs humains et de l'ergonomie doivent travailler en

étroite collaboration avec les concepteurs et développeurs de logiciel. Néanmoins, les spécialistes de l'ingénierie logiciel utilisent leur propre langage, en l'occurrence les méthodes et modèles du Génie Logiciel définies par P. Jaulent [16], comme « un ensemble de procédures, méthodes, langages, ateliers, imposés ou préconisés par les normes adaptées à l'environnement d'utilisation, afin de favoriser la production et la maintenance de composants logiciels de qualité ». Ces différents intervenants proviennent de disciplines aux vocabulaires et méthodes très spécifiques. Des difficultés de dialogue et de compréhension rendent souvent difficile leur coopération [10]. Pour reprendre les propos de Scapin et Bastien dans [8], on peut estimer que la recherche en ergonomie et en IHM devrait conserver l'objectif de concevoir des outils pouvant être utilisés à la fois par des spécialistes et des non spécialistes en spécifications formelle et semi-formelle, le problème crucial étant de faciliter les échanges entre les différents intervenants (ergonomes, concepteurs, développeurs), dans un projet de conception de système interactif complexe.

L'objectif de la méthode proposée dans cet article, est justement d'aider à la réingénierie de logiciel interactif existant en proposant un support commun de travail entre spécialistes du Génie Logiciel et spécialistes des facteurs humains et de l'ergonomie (Figure 1). La méthode proposée vise à contribuer à ce support commun en combinant réseaux de Pétri et critères d'ergonomie des logiciels. Dans la première partie, nous fournissons des éléments bibliographiques en rapport avec l'utilisation des réseaux de Petri en IHM. Puis nous décrivons la méthode proposée, en l'illustrant ensuite de cas réels provenant du domaine de la prescription thérapeutique en milieu hospitalier.

## UTILISATION DES RDP EN IHM

Les réseaux de Pétri sont utilisés depuis près d'une vingtaine d'années en IHM ; par manque de place il n'est pas possible d'être exhaustif quant à la

description de leur exploitation en IHM, ni concernant les différentes variantes de RdP.

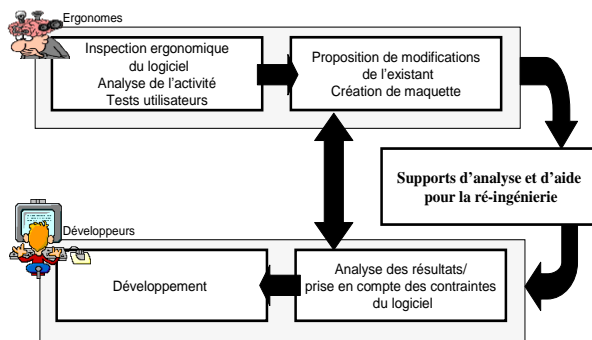


Figure 1. Intégration des supports d'analyse et d'aide pour la réingénierie.

Notons qu'ils ont été utilisés dans un premier temps pour la modélisation des tâches humaines [2, 4, 19, 22, 25], puis ont été exploitées progressivement pour la spécification et la conception du système interactif visé, sous l'angle particulièrement de sa dynamique [14, 24, 25] ; cf. par exemple les ICO (Interactive Cooperative Objects) [24]. Couplés aux concepts objets, ils servent d'outil de modélisation dans TOOD (Task Object Oriented Design [20, 27] visant à disposer d'une méthode allant de la modélisation des tâches jusqu'à la génération de parties de l'IHM. Dans [13], les RdP ont servi de moyen d'étude des tâches sous l'angle des situations normales et anormales de fonctionnement du système technique dans un but de spécification du système interactif. Les RdP peuvent servir aussi d'outil de comparaison formelle entre tâche humaine prescrite (théorique) et tâche réelle [1, 3, 4]. Ainsi, selon le même état d'esprit que les recherches sur les modèles prédictifs de tâches [15, 18], les RdP nous semblent présenter des potentialités pour contribuer à faciliter des évaluations prédictives, moyennant éventuellement des aménagements pour qu'ils soient plus facilement compréhensibles et exploitables par des spécialistes des sciences cognitives. Nous nous situons dans cet état d'esprit.

Dans [26], Palanque et al. proposent des règles pour effectuer une vérification automatique de modèles du système interactif. Pour notre part, notre proposition consiste en la démarche suivante : après des évaluations, des ergonomes positionnent manuellement (grâce à un éditeur dédié) des problèmes ergonomiques sur un modèle du système interactif, puis expliquent aux informaticiens sur un nouveau modèle comment ce problème pourrait être résolu, avec une visée de réingénierie.

### CRITERES D'ERGONOMIE DES LOGICIELS

L'inspection ergonomique est une méthode couramment utilisée par les ergonomes [5, 23, 17]. Elle consiste pour un petit panel d'évaluateurs à

examiner les interfaces et juger de leur respect des principes de l'utilisabilité. Même si certains évaluateurs ne se basent que sur leur expérience et intuitions, il est recommandé de se baser sur certaines règles, compilées dans des guidelines. Parmi les structurations (de règles) les plus couramment utilisées lors des inspections ergonomiques, on retrouve celle sous l'angle des critères ergonomiques provenant de Bastien et Scapin. Ils sont issus d'une synthèse de résultats expérimentaux et de recommandations qui ont été traduites en règles et ensuite regroupés en 8 critères et 13 sous critères [7] (voir figure 2). Une étude expérimentale a notamment montré que les critères ergonomiques étaient plus efficaces que les normes de dialogue ISO/DIS 9241-10 pour détecter les problèmes ergonomiques sur une IHM [6, 9].

1. Guidage	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.1 Incitation</li> <li>1.2 Groupement/distinction entre items <ul style="list-style-type: none"> <li>1.2.1 Groupement/distinction par la localisation</li> <li>1.2.2 Groupement/distinction par le format</li> </ul> </li> <li>1.3 Feed-back immédiat</li> <li>1.4 Lisibilité</li> </ul>
2. Charge de travail	<ul style="list-style-type: none"> <li>2.1 Brièveté <ul style="list-style-type: none"> <li>2.1.1 Concision</li> <li>2.1.2 Actions minimales</li> </ul> </li> <li>2.2 Densité informationnelle</li> </ul>
3. Contrôle explicite	<ul style="list-style-type: none"> <li>3.1 Actions explicites</li> <li>3.2 Contrôle utilisateur</li> </ul>
4. Adaptabilité	<ul style="list-style-type: none"> <li>4.1 Flexibilité</li> <li>4.2 Prise en compte de l'expérience de l'utilisateur</li> </ul>
5. Gestion des erreurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>5.1 Protection contre les erreurs</li> <li>5.2 Qualité des messages d'erreur</li> <li>5.3 Correction des erreurs</li> </ul>
6. Homogénéité/cohérence	
7. Signification des codes et dénominations	
8. Compatibilité	

Tableau 1 : Liste des critères et sous-critères ergonomiques.

### PROPOSITION D'UNE ASSOCIATION DES RESEAUX DE PETRI ET DES CRITERES D'ERGONOMIE DES LOGICIELS

#### Buts de la méthode

La méthode que nous proposons, combine les RdP aux critères d'ergonomie des logiciels. Elle a pour vocation de servir de supports d'aide et d'analyse, communs aux informaticiens et aux ergonomes. Nous avons choisi de l'intituler ErgoPNets (Ergonomic criteria associated with Petri Nets).

#### Justification des choix et intérêts de la méthode

Nous avons choisi d'utiliser les réseaux de Pétri car ils permettent de représenter graphiquement la description de la dynamique de la tâche et dans notre contexte, de modéliser les procédures prévues par les logiciels et les recommandations données

par les ergonomes. Les critères ont été créés dans le but d'aider les évaluateurs à détecter les problèmes lors d'inspections ergonomiques. Ils représentent également les dimensions ergonomiques majeures selon lesquelles un logiciel interactif peut être spécifié ou évalué [5]. Nous les utilisons donc pour catégoriser les problèmes détectés à l'aide d'autres méthodes, telles que les observations ou les tests utilisateurs. En effet, ces critères ont été conçus de manière à pouvoir être utilisés, aussi bien par des spécialistes que par des non spécialistes des facteurs humains [6]. La création de ces supports permet aux ergonomes de décrire de façon standardisée les problèmes d'utilisabilité qu'ils ont détectés, ainsi que les recommandations qui leur sont associées.

### Explications des différentes étapes de la méthode ErgoPNets

La première étape consiste à définir l'objectif principal que doit atteindre l'utilisateur du logiciel. Ensuite, il s'agit de décrire la procédure prévue par le logiciel et correspondant à cet objectif, à l'aide des réseaux de Pétri. Pour cela, le formalisme de base est appliqué, c'est-à-dire l'utilisation des places et des transitions, auxquelles ont été ajoutées quelques adaptations pour une meilleure compréhension de tous les acteurs d'un projet. Ainsi, les états du système ou places (représentés par de petits cercles) sont les actions des utilisateurs ou de la machine et les transitions (représentées par de petits rectangles) sont les événements de changement permettant de passer d'un état à un autre. Chaque place et chaque transition est décrite textuellement et l'utilisation des mots « et », « ou » et « puis » permet la représentation de plusieurs actions ou plusieurs événements. Le mot « et » n'impose pas d'ordre tandis que le « puis » signifie qu'il y a un ordre. L'étape suivante consiste à associer chacun des 8 critères d'ergonomie des logiciels issus directement des travaux de Bastien et Scapin (Tab. 2), représentés chacun par une icône.

Ainsi, l'association des réseaux de Pétri et de ces huit icônes permet de modéliser les problèmes ergonomiques identifiés lors des inspections d'utilisabilité. Pour cela, après avoir décrit les procédures correspondant à l'objectif fixé, il s'agit d'encadrer chaque problème identifié et d'y associer une ou plusieurs des huit icônes. Le niveau de détail dans la description des procédures a été adapté à chaque situation. Ainsi, certains événements ont été simplifiés car ils ne sont pas nécessaires à l'identification des problèmes ergonomiques. Cependant, ils sont présents pour une représentation complète et logique des procédures répondant à l'objectif de départ. Un code supplémentaire est rajouté lorsqu'il s'agit d'un problème lié au choix de l'utilisateur du logiciel et que ces choix engendrent différents chemins possibles, dont certains ne permettent pas à

l'utilisateur d'atteindre son objectif. On distingue donc les procédures correctes (trait noir) et incorrectes (trait gris). Enfin, une explication textuelle des problèmes identifiés, reprenant le nom du critère et éventuellement du sous-critère (au sens du tableau 1), justifie l'emploi des critères d'ergonomie du logiciel.









Icônes	Critères
	Guidage
	Charge de travail
	Contrôle explicite
	Adaptabilité
	Gestion des erreurs
	Homogénéité
	Signifiante des codes
	Compatibilité

Tableau 2. Icônes représentatives de critères ergonomiques.

A la suite des inspections d'utilisabilité, les ergonomes proposent des solutions aux problèmes identifiés dont certaines peuvent être illustrées par des maquettes. Par conséquent, pour expliquer ces solutions, la prochaine étape consiste à appliquer notre méthode en intégrant les recommandations des ergonomes. Ainsi, nous obtenons deux procédures, l'une concernant l'application existante et l'autre concernant les recommandations. Cette dernière illustre le même objectif que la procédure de l'application existante. Les solutions proposées sont encadrées en trait gras et les icônes précédemment employée(s) pour identifier les problèmes, sont ré-utilisées et cochées à l'aide d'un signe de validation. Une explication textuelle complémentaire est également ajoutée. Tous ces éléments de représentation seront illustrés plus loin dans les figures 3 et 4.

En conclusion, la modélisation des procédures prévues par le logiciel et des recommandations illustrées par les maquettes, constitue un support d'aide et d'analyse. Les ergonomes peuvent donc utiliser ErgoPNets pour formaliser leurs recommandations de façon plus utilisable par les développeurs.

### OUTIL SUPPORTANT LA METHODE ERGOPNETS

Les modèles ErgoPNets sont réalisés à l'aide du logiciel VISIO®, qui permet la création de

diagrammes organisationnels ainsi que de schémas techniques et informatiques. Nous avons créé un gabarit ErgoPNets regroupant les icônes présentées dans le tableau 2 ainsi que les formes figurant dans le tableau 3. La figure 2 montre un exemple d'application de notre méthode au sein du logiciel Visio.

Formes	Signification
○	Place (État du système)
▭	Transition (Événement)
→	Arc (lien entre état du système et événement)
□	cadre (identification des problèmes et recommandations sur le réseau de Pétri)
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">           Critère ergonomique / sous-critère ergonomique            description         </div>	Zone de texte (description des problèmes et recommandations)
---	Lien (association d'une icône et d'une zone de texte)
✓	Signe de validation (à placer sur l'icône critère lors de l'identification des recommandations sur le réseau de Pétri)

Tableau 3. Liste des formes contenues dans le Gabarit Visio supportant ErgoPNets.

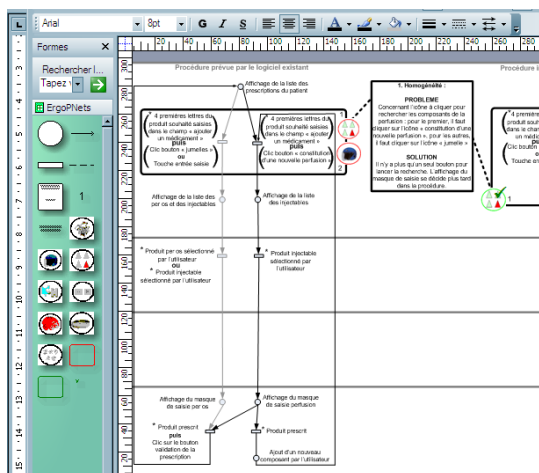


Figure 2. Exemple de modélisation avec la méthode ErgoPNets (extrait de l'outil Visio).

### CAS D'ETUDE DANS LE DOMAINE DE LA PRESCRIPTION THERAPEUTIQUE

Nous avons testé notre méthode, dans le cadre d'un projet de réingénierie d'un logiciel de prescription thérapeutique, utilisé dans les hôpitaux par le personnel hospitalier (médecin, infirmière, pharmacien) [11, 28]. Pour la description des procédures, nous avons simulé des scénarios montrant les cas d'utilisation de l'application informatique qui nous intéresse. Le scénario que nous avons

choisi pour illustrer la méthode est présenté en tableau 4.

Pour l'application d'ErgoPNets, nous nous sommes intéressés à la prescription des médicaments par le médecin à l'aide d'un logiciel de prescription. Plusieurs cas ont été traités, illustrant l'exploitation de 4 critères d'ergonomie des logiciels, parmi les 8 proposés par la méthode. Pour illustrer notre démarche, nous avons choisi, dans cette partie, de montrer deux cas particuliers du logiciel de prescription : la recherche d'un produit et la constitution d'une perfusion.

SYSTEME INFORMATIQUE	UTILISATEUR DU SYSTEME
1. Affichage de la liste des prescriptions du patient	
	2. Recherche d'un produit
3. Affichage de la liste des produits correspondant à la recherche	
	4. Sélection d'un produit
5. Affichage du masque de saisie pour la prescription du produit	
	6. Saisie de la prescription
	7. Validation de la prescription
8. Affichage de la liste des prescriptions du patient modifiée	

Tableau 4. Scénario pour la prescription à l'aide du logiciel.

### Exemples d'application : la recherche d'un produit et la constitution d'une perfusion

La constitution des supports d'aide se présente en quatre parties (figures 3 et 4) : (1) la description des procédures prévues par le logiciel existant, (2) l'analyse ergonomique des procédures prévues par le logiciel existant, (3) la description des procédures intégrant les recommandations des ergonomes et (4) l'analyse ergonomique des procédures intégrant les recommandations des ergonomes.

### Description de la procédure prévue par le logiciel

Pour commencer, nous avons défini un objectif à atteindre pour l'utilisateur. Dans nos deux cas (figure 3 et 4), il s'agit : (1) pour le médecin, de constituer une perfusion et pour cela, de commencer par la recherche du produit qu'il désire prescrire et (2) de prescrire un ou plusieurs composant(s) pour constituer une perfusion.

Nous avons, pour chacun des cas, d'abord modélisé les procédures « recherche d'un produit » pour le premier cas et « constitution d'une perfusion » pour le deuxième, prévues par le logiciel (réseau de Pétri à gauche sur les figures). Nous avons utilisé les places pour décrire les actions de l'utilisateur ou du système informatique (ex : affichage de la liste des prescriptions du patient, ajout d'un nouveau

composant par l'utilisateur, déblocage de la saisie de la durée d'écoulement...) et les transitions qui correspondent aux événements permettant de passer d'une place à une autre (ex : clic sur bouton « jumelles », produit par voie orale sélectionné par l'utilisateur, quantité de produit saisie...).

Nous avons également procédé à des simplifications, identifiées sur les réseaux de Pétri par des astérisques (ex : produit par voie orale sélectionné par l'utilisateur, produit prescrit, heure de début sélectionnée par l'utilisateur...). Ainsi, on obtient une description focalisée sur les actions et événements pertinents à l'analyse ergonomique.

#### **Analyse ergonomique de la procédure prévue par logiciel existant (modélisation des problèmes ergonomiques identifiés par les ergonomes)**

Dans cette partie, il s'agit de modéliser les problèmes ergonomiques concernant la recherche d'un produit (figure 3) et la prescription de composants d'une perfusion (figure 4), mis en évidence lors de l'inspection d'utilisabilité du logiciel. Dans nos exemples d'application, les problèmes identifiés ont été catégorisés respectivement selon les critères d'ergonomie des logiciels suivants : « homogénéité » et « gestion des erreurs » pour la recherche d'un produit (figure 3) et selon les critères « compatibilité » et « charge de travail » pour la prescription de composants d'une perfusion (figure 4). Sur les RdP, la modélisation est la suivante : les problèmes sont encadrés, numérotés et une ou plusieurs icônes (voir tableau 2) leur sont associées. Enfin, des cadres où figure le nom du critère (éventuellement du sous-critère en respectant la classification initiale de Bastien et Scapin), le numéro du problème et une explication textuelle du problème, sont reliés aux icônes. Par exemple, sur la figure 3, on a identifié deux problèmes pour un même ensemble de transitions. Cet ensemble est encadré et deux icônes correspondant aux critères « homogénéité » et « gestion des erreurs » lui sont associés ainsi que des numéros près de chaque icône. Deux cadres portant chacun le numéro du problème et le critère associé (éventuellement le sous-critère, « protection contre les erreurs » pour le critère « gestion des erreurs »), donnent respectivement une explication du problème d'homogénéité et du problème de gestion des erreurs. Enfin, on voit également sur le réseau de Pétri de la figure 3, que les deux chemins proposés sont distingués. Celui en gris correspond au mauvais choix de procédure par rapport à l'objectif de départ. Tandis que celui en noir correspond au choix qui convient. Cette distribution a été rajoutée pour insister sur le fait qu'un problème identifié, est lié au choix de procédure, en l'occurrence pour le problème de gestion des erreurs dans notre exemple.

#### **Description de la procédure intégrant les recommandations des ergonomes**

Suite aux problèmes identifiés dans la partie précédente, les ergonomes ont proposé des solutions. Le second réseau de Pétri répond au même objectif de départ et intègre ces recommandations (réseau de Pétri à droite sur les figures 3 et 4). Pour mieux comprendre la correspondance entre les deux réseaux de Pétri ainsi que les changements liés aux recommandations, nous avons placé les réseaux de Pétri dans un tableau (à gauche la procédure prévue par le logiciel, à droite le réseau de Pétri intégrant les recommandations). Chaque ligne du tableau correspond au découpage des réseaux de Pétri en parties, celles-ci traitant les mêmes étapes pour atteindre l'objectif. Sur la figure 3, on voit qu'une partie a été rajoutée par rapport à la procédure prévue. Tandis que sur la figure 4, on remarque qu'une partie présente des changements importants dans la procédure intégrant les recommandations.

#### **Analyse ergonomique de la procédure intégrant les recommandations (modélisation des solutions proposées par les ergonomes)**

Pour modéliser les solutions prises en compte dans les réseaux de Pétri que nous venons de voir dans la partie précédente, les ensembles d'actions et d'événements rajoutés ou modifiés sont encadrés, portent le même numéro que le problème auquel ils correspondent dans le réseau de Pétri situé à gauche. Les icônes correspondant aux critères tels que « homogénéité », « gestion des erreurs », « charge de travail » et « compatibilité » que nous avons utilisés dans la partie analyse ergonomique de la procédure prévue par le logiciel existant, sont à nouveau employés et cochés par un signe de validation (✓). Enfin, une explication textuelle de la solution apportée est ajoutée dans le cadre correspondant au problème traité. Par exemple, sur la figure 2, un problème de compatibilité a été identifié et modélisé. Une solution est proposée par les ergonomes et modélisée dans le réseau de Pétri de droite. Un même cadre, relié aux icônes « homogénéité » et « homogénéité » coché d'un signe de validation, portant le numéro 1 et le critère « compatibilité », comporte les explications du problème et de la solution.

#### **RESULTATS PRELIMINAIRES**

Dans le cadre de projets de réingénierie de logiciel de prescription thérapeutique, ErgoPNets a fait l'objet de premiers tests auprès d'une équipe de 5 ergonomes. Au cours de l'utilisation de la méthode, plusieurs types d'utilisation sont ressortis : (1) les ergonomes pouvaient vérifier en permanence la validité de leurs recommandations au cours de la construction de maquettes. En effet, la modélisation des recommandations a souvent permis de détecter d'éventuelles incohérences dans la procédure proposée.

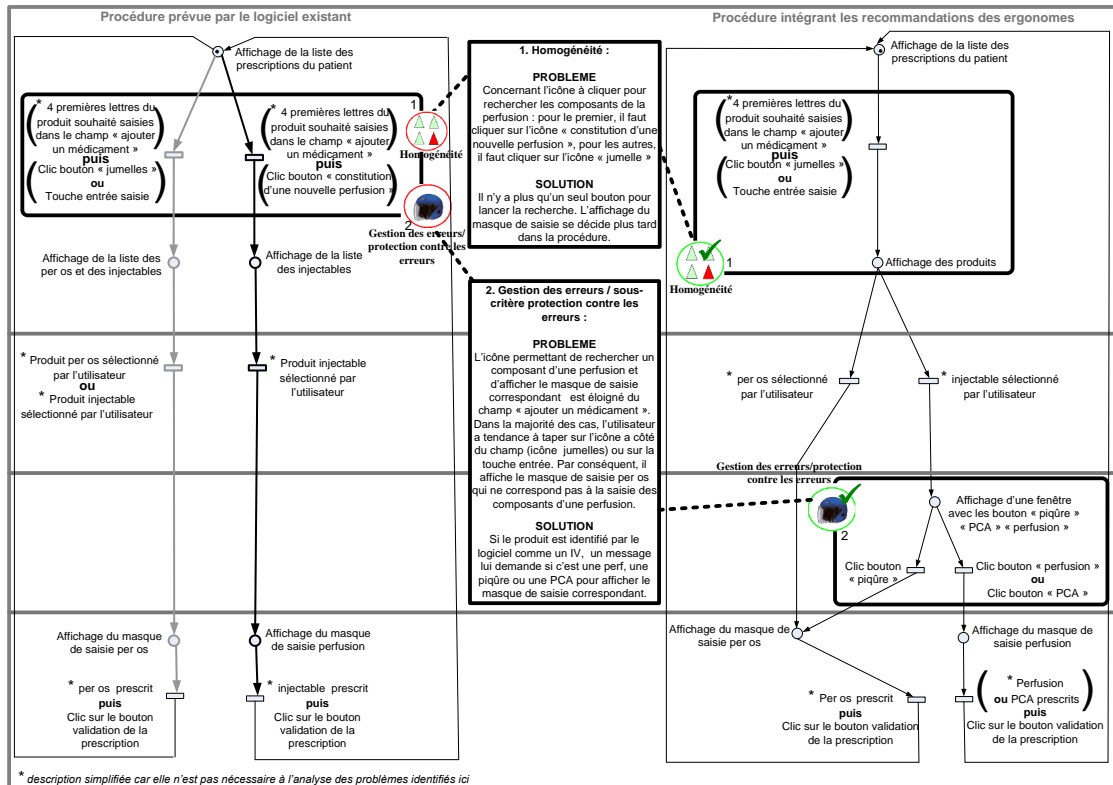


Figure 3. Support d'aide à l'analyse et à la modélisation des problèmes et recommandations ergonomiques, cas de la recherche d'un produit pour la prescription thérapeutique.

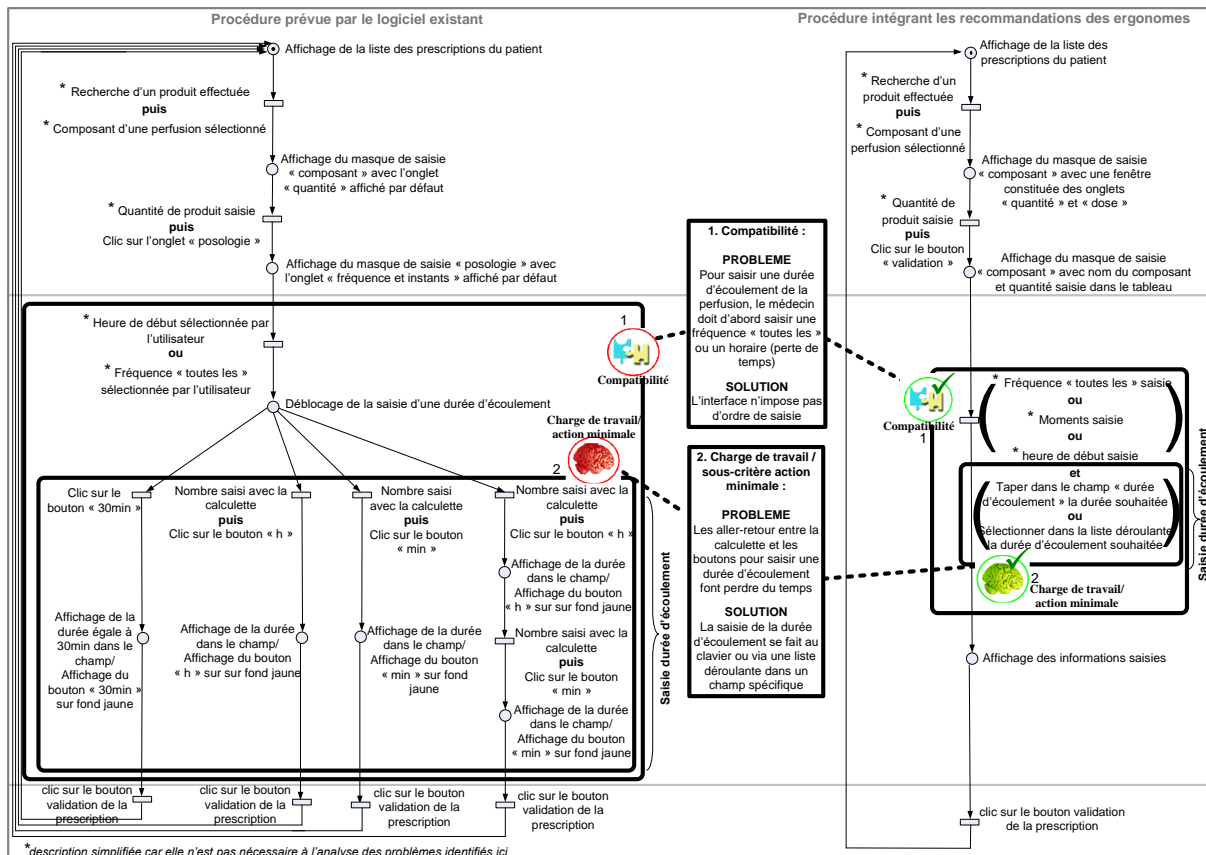


Figure 4. Support d'aide à l'analyse et à la modélisation des problèmes et recommandations ergonomiques, cas de la constitution d'une perfusion.

(2) Les modèles ErgoPNets ont constitué un support de communication entre ergonomes et informaticiens. En effet, les ergonomes ont testé ErgoPNets pour structurer et modéliser leurs résultats et les présenter aux informaticiens afin de leur rendre compte des éventuels points à considérer concernant le logiciel testé. (3) Si on compare à une description purement textuelle des problèmes et recommandations, l'utilisation des procédures précise la localisation des problèmes et recommandations et permet d'éviter des ambiguïtés d'interprétation pour les développeurs. (4) La création de ces modèles a permis d'alimenter la mémoire du projet (intégration dans la documentation du projet).

La caractéristique principale d'ErgoPNets est l'association des réseaux de Pétri et des critères ergonomiques pour l'intégration des problèmes et recommandations ergonomiques au sein des procédures. Son emploi est particulièrement adapté pour décrire les problèmes liés à la dynamique des procédures prévues par le logiciel, qui ne sont pas toujours compatibles avec l'activité réelle des utilisateurs. Ainsi, la description des problèmes relatifs à certains critères tels que « charge de travail », « adaptabilité », « gestion des erreurs », « homogénéité » et « compatibilité » se prêtent efficacement à l'application de notre méthode. En effet, le formalisme permet d'identifier graphiquement l'impact des recommandations des ergonomes sur les procédures existantes.

Les résultats préliminaires décrits dans cette partie sont issus des remarques des ergonomes, qui ont réalisé les premiers tests. A ce jour, ErgoPNets doit donc faire l'objet d'une validation plus approfondie. La mise en place d'un protocole de test est en cours de préparation.

### CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Grâce aux réseaux de Pétri et aux critères ergonomiques, ErgoPNets prend en compte, d'une part les aspects descriptifs et prescriptifs des procédures, et d'autre part l'aspect évaluatif de l'IHM. Cette méthode a fait l'objet de premières expérimentations en rapport avec la réingénierie d'un logiciel de prescription thérapeutique. De nombreuses perspectives découlent de ce travail. Nous envisageons une analyse profonde des activités des ergonomes et informaticiens utilisant la méthode ErgoPNets, afin en particulier d'étudier l'intégration de la méthode dans leurs activités, ses points forts et points faibles. L'outil peut faire l'objet d'améliorations sous l'angle de différentes aides à l'utilisateur durant la création et la modification des modèles, de même que sous l'angle de l'aide à la documentation dans un projet. Enfin, il sera important de fournir aux utilisateurs de la méthode des moyens permettant de vérifier

différentes propriétés (réseau borné, vivacité d'un réseau, réversibilité d'un réseau, réseau sans blocage) propres aux RdP [12].

### REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la Région Nord-Pas de Calais, le FEDER (projets TAC MIAOU et EUCUE) et le réseau RNTS (projet Presc'Info) qui ont contribué à financer ces recherches.

### BIBLIOGRAPHIE

1. Abed, M. *Méthodes et modèles formels et semi-formels pour la conception et l'évaluation des systèmes homme-machine*. Mémoire d'HDR, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, Mai 2001.
2. Abed, M. *Contribution à la modélisation de la tâche par outils de spécification exploitant les mouvements oculaires : application à la conception et l'évaluation des interfaces homme-machine*. Thèse de Doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, Septembre 1990.
3. Abed, M., Bernard, J.M., Angué, J.C. Method for comparing task model and activity model. *Proceedings 11th European annual conference Human Decision Making and Manual Control*, Valenciennes, France, 1992.
4. Abed, M., Ezzedine, H. *Vers une démarche intégrée de conception-évaluation des systèmes Homme-Machine*. *Journal of Decision Systems*, Vol. 7, 1998, pp. 147-175.
5. Bastien, J. M. C. L'inspection ergonomique des logiciels interactifs : intérêts et limites. In Hoc, J. M., Darses, F. (Eds), *Psychologie ergonomique : tendances actuelles*. Paris, 2004.
6. Bastien, J. M. C., Scapin, L. D. *Ergonomic Criteria for the Evaluation of Human-Computer Interfaces*. Rapport technique INRIA, n°156, 1993.
7. Bastien, J. M. C., Scapin, L. D. *Evaluating a user interface with ergonomic criteria*. Rapport de recherche INRIA n°2326, 1994.
8. Bastien, C., Scapin, L.D. Évaluation des systèmes d'information et Critères Ergonomiques. In Kolski C. (Ed.). *Environnements évolués et évaluation de l'IHM*, Paris, 2001, pp. 53-80.
9. Bastien, J. M. C., Scapin, L. D., Leulier, C. *The ergonomic criteria and the ISO/DIS 9241-10 dialogue principles : a pilot comparison in an evaluation task*. *Interacting with computers*, vol. 11, 1999, pp. 299-322.

10. Bernonville, S., Kolski C., Beuscart-Zéphir M. Contribution and limits of UML models for task modelling in a complex organizational context: case study in the healthcare domain. In K.S. Soliman (Ed.), *Internet and Information Technology in Modern Organizations: Challenges & Answers, Proceedings of The 5th IBIMA Conference*, December 13-15, Cairo, Egypt, 2005, pp. 119-127.
11. Beuscart-Zéphir, M.C., Pelayo, S., Guerlinger, S., Anceaux, F., Kulik, J.F., Meaux, J.J., Degoulet, P. Computerized "Physician" Order Entry (CPOE): missing the "N", standing for Nurse. Physicians and Nurses activity analysis and comparison with Paper-based and Computerized Order Entry systems, *IT in Health Care: Sociotechnical Approaches, 2nd international Conference*, 13-14 September, Portland Oregon USA, 2004.
12. Diaz, M. (Ed.). *Réseaux de Pétri, Modèles Avancés*. Hermes, Paris, 2002.
13. Ezzedine, H., Kolski, C. *Modelling of cognitive activity during normal and abnormal situations using Object Petri Nets, application to a supervision system*, *Cognitive, Technology and Work*, vol. 7, 2005, pp. 167-181.
14. Gomes, L., Barros, J.P., Coasta, A. Man-machine interface for real-time telecontrol based on Petri nets specification. In T. Bahill, F.Y. Wand (Eds.), *IEEE SMC 2001 Conference Proceedings (e-Systems, e-Man and e-Cybernetics)*, Arizona, USA: IEEE Press, 2001, pp. 1565-1570.
15. Gray, W.D., John, B.E., Atwood M.E. *Project Ernestine: a validation of GOMS for prediction and explanation of real-world task performance*, *Human-Computer Interaction*, vol. 8, 1992, pp. 237-259.
16. Jaulent, P. *Génie Logiciel, les méthodes*. Armand Colin, Paris, 1990.
17. Kahn, J., M., Prail A. Formal Usability Inspection. In Nielsen, J., and Mack R., L. *Usability inspection method*. John Willey & son, 1994, pp 141-171.
18. Kieras, D. GOMS models for task analysis. In D. Diaper and N. Stanton (Eds.), *Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction*, Lawrence Erlbaum Associates, London, 2003, pp. 83-116.
19. Kontogiannis, T. *A Petri Net-based approach for ergonomic task analysis and modeling with emphasis on adaptation to system changes*, *Safety Science*, vol. 41, n°10, 2003, pp. 803-835.
20. Mahfoudhi, A. *TOOD : une méthodologie de description orientée objet des tâches utilisateur pour la spécification et la conception des interfaces homme-machine, application au contrôle du trafic aérien*. Mémoire de Doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, janvier 1997.
21. Mayhew, D., J. *The usability engineering lifecycle*. Morgan Kaufmann Publishers, 1999.
22. Navarre, D. *Contribution à l'ingénierie en IHM. Une technique de description formelle et un environnement pour une modélisation et une exploitation synergique des tâches et du système*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse 1, juillet 2001.
23. Nielsen, J., Molich, R. Heuristic evaluation of user interfaces. *Proceeding of ACM Conf. CHI'90*, ACM Press, Seattle, 1990, pp. 249-256.
24. Palanque, P. *Modélisation par objets coopératifs interactifs d'interfaces homme-machines dirigées par l'utilisateur*. Thèse de Doctorat, Université de Toulouse 1, 1992.
25. Palanque, P., Bastide, R. *Synergistic modelling of tasks, system and users using formal specification techniques*, *Interacting With Computers*, vol. 9, n° 12, 1997, pp. 129-153.
26. Palanque P, Farenc C, Bastide R (1999) Embedding Ergonomic Rules As Generic Requirements in a formal Development Process of Interactive Software. In *Proceeding Interact'99*, Sasse A, Jonhson C (Eds). IOS Press, pp 408-416.
27. Tabary D. *Contribution à TOOD, une méthode à base de modèles pour la spécification et la conception des systèmes interactifs*. Thèse de Doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, janvier 2001.
28. Pelayo, S., Leroy, N., Guerlinger, S., Degroisse, M., Meaux, J.J., Beuscart-Zéphir, M.C. Méthodes ergonomiques pour soutenir la ré-ingénierie des applications logicielles en santé : l'exemple des fonctionnalités de prescriptions thérapeutiques. *Proceeding of ErgoIA 2004*, Biarritz, France, Novembre 2004.