

Revue systématique de la littérature sur les domaines de travail représentés par la hiérarchie d'abstraction

Systematic Literature Review on Work Domains Represented by the Abstraction Hierarchy

Alexandre Moïse

PRISME, École de gestion
Université de Sherbrooke
Sherbrooke, Québec, Canada
Alexandre.Moise@USherbrooke.ca

Vanessa Thomaidis

PRISME, École de gestion
Université de Sherbrooke
Sherbrooke, Québec, Canada
Vanessa.Thomaidis@USherbrooke.ca

Manon G. Guillemette

PRISME, École de gestion
Université de Sherbrooke
Sherbrooke, Québec, Canada
Manon.Guillemette@USherbrooke.ca

ABSTRACT

Ecological interface design allows the user to cope with three types of events: (a) familiar, (b) occasional, but anticipated and (c) unexpected. To cope with unexpected events, this theoretical framework recommends starting with an analysis of the work domain and the main technique is the abstraction hierarchy (AH). However, the time and effort required to produce one remains a challenge. One solution is to develop AHs for specific work domains in order to be reused. This article presents an analysis of 32 work domains that have been represented by an AH that were selected from a systematic literature review. The results show that 11 represent industrial domains, 22 have 5 levels of abstraction and 21 represent causal systems. The results allow researchers to reuse entirely or adapt AHs from these work domains and to direct HA development towards work domains that are not covered.

CCS CONCEPTS

• **Human-centered computing** → **Human computer interaction (HCI)** → **HCI theory, concepts and models.**

KEYWORDS

Abstraction hierarchy, work domains, systematic literature review, cognitive engineering

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than the author(s) must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from permissions@acm.org.
IHM '19, December 10–13, 2019, Grenoble, France
© 2019 Copyright is held by the owner/author(s). Publication rights licensed to ACM.
ACM ISBN 978-1-4503-7026-4/19/12...\$15.00
<https://doi.org/10.1145/3366550.3372256>

RÉSUMÉ

La conception écologique d'interfaces permet de s'adapter à trois types d'événements : (a) familiers, (b) occasionnels, mais anticipés et (c) imprévus. Pour s'adapter aux événements imprévus, ce cadre théorique préconise de débiter par une analyse du domaine du travail et la principale technique est la hiérarchie d'abstraction (HA). Or, le temps et l'effort nécessaire à son élaboration restent un défi. Une piste de solution est d'élaborer des HA pour des domaines spécifiques afin d'être réutilisées. Cet article présente une analyse de 32 domaines de travail représentés par une HA qui ont été sélectionnés à partir d'une revue systématique de la littérature. Les résultats démontrent que 11 représentent des domaines industriels, 22 ont 5 niveaux d'abstraction et 21 représentent des systèmes causaux. Les résultats permettent aux chercheurs de réutiliser intégralement ou d'adapter les HA de ces domaines de travail et d'orienter leur élaboration vers des domaines qui ne sont pas couverts.

MOTS CLÉS

Hiérarchie d'abstraction, domaines de travail, revue systématique de la littérature, ingénierie cognitive

1 INTRODUCTION

La conception écologique d'interfaces est un cadre théorique de conception d'interfaces utilisateurs permettant de faire face à trois types d'événements : (a) familiers, (b) occasionnels, mais anticipés et (c) imprévus [42]. Elle a fait l'objet de plus de 150 publications [8], intéresse toujours la communauté scientifique même après 25 ans [5, 26] et a été appliquée à plusieurs domaines de travail, notamment le contrôle de processus industriel, l'aviation, la gestion de réseaux informatiques et la médecine [5, 8, 26, 41]. La conception écologique d'interfaces s'appuie principalement sur deux outils

conceptuels qui sont la taxonomie SRK [33] et la hiérarchie d'abstraction [34].

La taxonomie SRK divise le traitement d'informations perçues en trois niveaux de contrôle cognitif : comportement fondé sur les habiletés (CFH), comportement fondé sur les règles (CFR) et comportement fondé sur les connaissances (CFC). Les niveaux CFH et CFR sont associés à des événements familiers ainsi qu'occasionnels, mais anticipés. Or, la particularité de la conception écologique d'interfaces vient de sa capacité à soutenir le niveau CFC qui est associé aux événements imprévus. Afin de répondre simultanément aux trois niveaux de contrôle cognitif, ce cadre s'appuie sur trois principes :

- l'utilisateur doit pouvoir manipuler les objets du domaine de travail directement sur l'interface utilisateur (niveau CFH) ;
- une correspondance un à un doit exister entre les contraintes du domaine de travail et les informations présentées par l'interface utilisateur (niveau CFR) ;
- l'interface utilisateur doit présenter la hiérarchie fonctionnelle du domaine de travail (niveau CFC).

Le point de départ d'une conception écologique d'interfaces n'est pas une analyse de la tâche, mais l'analyse du domaine du travail¹. C'est d'ailleurs le résultat de cette analyse qui permet de soutenir le niveau CFC. La principale technique utilisée à cette fin est la hiérarchie d'abstraction (HA) [4, 27, 30, 33–35, 40, 42]. Sa particularité est qu'elle rend explicites les relations de buts-moyens entre les éléments du domaine qui sont répartis à travers, habituellement, cinq niveaux d'abstraction. Ces niveaux sont, du plus élevé au plus bas : finalité fonctionnelle (*functional purpose*), fonction abstraite (*abstract function*), fonction généralisée (*generalized function*), fonction physique (*physical function*) et forme physique (*physical form*). Le niveau le plus élevé porte sur les buts du système, tandis que le niveau le plus bas porte sur les éléments physiques qui composent le système. La HA a été utilisée pour représenter des domaines de travail autant de nature causale, c'est-à-dire dirigé par les lois de la nature, que de

nature intentionnelle, c'est-à-dire dirigé par l'intention humaine [30, 35]. La représentation d'un domaine de travail en différents niveaux d'abstraction permet d'en dégager une hiérarchie fonctionnelle. Celle-ci consiste en une structure mettant en relation, à différents niveaux d'abstraction, les éléments qui composent un domaine de travail particulier. Elle représente les contraintes qui doivent être respectées dans les possibilités d'action pour atteindre les buts.

Malgré les progrès réalisés depuis son introduction il y a plus de deux décennies, l'application du cadre théorique qu'est la conception écologique d'interfaces n'est pas sans son lot de défis, notamment en ce qui concerne le temps et l'effort nécessaires à élaborer une HA [41]. Une des options proposées pour répondre à ce défi est d'élaborer des HA pour des domaines de travail spécifiques afin d'être réutilisées, ce qui permettrait de réduire les efforts et délais d'analyse. Les premières publications sur la conception écologique d'interfaces, et probablement les plus citées sur le sujet, ont présenté des HA représentant le domaine de travail du contrôle de processus industriel, notamment avec le système de simulation de processus thermohydraulique nommé DURESS (*Dual REservoir System Simulation*) [4]. Qu'en est-il des autres domaines de travail? Lesquels ont fait l'objet d'une représentation sous la forme d'une HA?

À partir d'une revue systématique de la littérature (RSL), l'objectif de cet article est de faire une recension des domaines de travail qui ont été représentés par une HA. Spécifiquement, il s'agit de recenser les différents domaines de travail, d'identifier les niveaux d'abstraction utilisés et de connaître la nature des domaines de travail (causale ou intentionnelle).

Les résultats permettront aux chercheurs qui désirent réaliser une conception écologique d'interfaces d'éviter de créer une HA pour un domaine de travail qui a déjà fait l'objet d'une représentation par une HA. Dans ce cas, les chercheurs pourront soit utiliser intégralement la HA existante, soit l'adapter. D'autre part, les résultats permettront d'orienter l'élaboration de HA pour des domaines de travail qui n'ont pas encore été couverts.

La section 2 présente la RSL comme méthode de recherche. Ensuite, la section 3 présente les résultats de la RSL. Les sections 4 et 5 présentent respectivement une discussion et une conclusion.

¹ Bien que le résultat de la conception écologique d'interface soit nommé une interface écologique, c'est la démarche de conception qui est écologique. Ce terme provient d'une école de pensée en psychologie, nommée psychologie écologique [13] qui constitue une des principales fondations théoriques de la conception écologique d'interface [40, 42]. Elle postule que le comportement de tout être vivant est façonné par les propriétés de l'environnement dans lequel celui-ci doit agir. Sa perception de l'environnement est constituée de contraintes qui circonscrivent les actions pouvant être réalisées pour atteindre un but.

2 MÉTHODE DE RECHERCHE

Une revue de la littérature permet de présenter l'état de la connaissance sur un thème précis pouvant servir de toile de fond à une étude empirique ou constituer un document indépendant et autonome qui apporte une contribution en soi [38, 39]. Elle peut prendre plusieurs formes : narrative, développementale, cumulative et agrégative [38]. Tirant ses origines du domaine médical, la RSL, une forme de revue agrégative, suit une méthode explicite et systématique choisie en vue de réduire au minimum les biais, ce qui permet d'obtenir des résultats plus fiables à partir desquels des conclusions peuvent être tirées. Sa particularité par rapport aux autres formes est dans sa nature reproductible étant donné la spécification rigoureuse de la méthode employée et des raisons d'inclure ou d'exclure les éléments de la littérature trouvés [38, 39].

Une RSL peut être réalisée en trois étapes [39]. La première porte sur la planification. Elle consiste à définir les éléments qui orienteront la revue. La deuxième étape consiste à réaliser la revue. En s'appuyant sur les éléments de la première étape, les articles sont inclus ou exclus des résultats. Finalement, la troisième étape porte sur la présentation des résultats. Les deux premières étapes, c'est-à-dire la planification et la réalisation, sont présentées dans cette section, tandis que les résultats font l'objet de la section 3.

2.1 Planification de la RSL

Le Tableau 1 présente les paramètres de planification de la RSL. La recherche a été réalisée dans diverses banques de publications scientifiques avec les mots clés « abstraction hierarchy » et « abstraction decomposition space » dans le résumé des articles. Le second terme a été utilisé puisqu'il s'agit d'un synonyme de la HA dans l'index de livres sur l'ingénierie des systèmes cognitifs, l'analyse cognitive du travail et sa première phase qui est l'analyse du domaine de travail (*Work Domain Analysis*) [30, 35, 40].

La recherche s'est limitée au résumé des articles afin de cibler les articles qui proposent une HA et d'éviter ceux qui réfèrent simplement au concept, par exemple dans une revue de la littérature.

L'utilisation des mots clés « abstraction hierarchy » dans le résumé a permis de trouver plus de 1000 articles, ce qui incluait des articles présentant d'autres types de HA qui n'avaient rien à voir avec le type ciblé. Pour résoudre ce problème, le mot clé « Rasmussen » dans tout le texte a été ajouté à la recherche en conjonction avec « abstraction hierarchy » dans le résumé afin de limiter aux articles qui

référaient à la HA telle que proposée initialement par Rasmussen [33, 34]. Le problème ne s'est pas posé avec les mots clés « abstraction decomposition space ».

Tableau 1: Planification de la RSL.

Objectif de la recherche	Avoir une connaissance des domaines de travail pour lesquels une HA a été élaborée.
Banques de publications	<ul style="list-style-type: none"> - EBSCO - SCOPUS - Science direct - ProQuest ABI Inform
Mots clés	<ul style="list-style-type: none"> - « abstraction hierarchy » dans le résumé de l'article et « Rasmussen » dans tout le texte. - « abstraction decomposition space » dans le résumé de l'article.
Critères d'inclusion	<ul style="list-style-type: none"> - La HA correspond à celle proposée initialement par Rasmussen [33, 34]. - Présente un ou plusieurs domaines de travail représentés par une HA. - Publié dans une revue scientifique révisée par les pairs.
Critères d'exclusion	<ul style="list-style-type: none"> - Ne mentionne que la HA. - Présente un domaine de travail déjà présenté dans un autre article. - Publiés dans des livres ou des actes de conférence.
Stratégie d'extraction	Extraction réalisée avec l'outil de recherche du Service des bibliothèques donnant accès aux banques de publications.

Seuls les articles qui contenaient un ou plusieurs domaines de travail représentés par une HA ont été conservés. Les articles qui ne faisaient que mentionner la HA ou qui contenaient une représentation trop sommaire d'un domaine de travail ont été exclus. Lorsque plusieurs articles présentaient le même domaine de travail, seul l'article le plus vieux a été inclus, les autres ont été exclus. L'analyse des articles pour fins d'exclusion a été réalisée par un des auteurs et validée par un autre.

Les articles inclus proviennent de revues scientifiques révisées par les pairs comprises dans les quatre banques de publications. Les livres ont été exclus, car il n'aurait pas été possible de trouver tous ceux traitant de la HA; il n'existe aucune banque faisant l'inventaire des livres traitant d'un sujet particulier au même titre que les revues scientifiques. En ce qui concerne les actes de conférence, ils ont été exclus en postulant que les articles de conférence sont habituellement convertis en articles de revue. Ainsi, un domaine de travail particulier présenté dans un article de conférence devrait l'être plus tard dans un article de revue. De plus, considérant le grand nombre d'articles de revues scientifiques trouvés, il n'a pas été nécessaire de faire une recherche dans les actes de conférences.

2.2 Réalisation de la RSL

Le Tableau 2 présente les résultats de la recherche en nombres d'articles trouvés. Au total, 3556 articles ont été trouvés avec les mots clés « abstraction hierarchy » dans le résumé. Une fois le mot clé « Rasmussen » ajouté dans tout le texte, 165 articles ont été trouvés. Avec les mots clés « abstraction decomposition space », 139 articles ont été trouvés. Une fois les doublons retirés des articles des deux groupes de 165 et 139, 115 articles uniques ont été retenus. Leur lecture a permis de sélectionner 31 articles pour être analysés. De ceux-ci, 30 articles présentaient un domaine de travail distinct représenté par une HA et un article [11] présentait deux domaines de travail représentés par une HA, pour un total de 32 domaines de travail distincts représentés par une HA à analyser.

Tableau 2: Résultats de la recherche d'articles.

Banques de publications	EBSCO	SCOPUS	Science direct	ProQuest ABI Inform
« abstraction hierarchy » dans le résumé	1531	1065	880	80
Ajout de « Rasmussen » dans le texte	107	31	26	1
« Abstraction decomposition space » dans le résumé	71	46	22	0
Après retrait des doublons	115			
Sélectionnés	31			

3 RÉSULTATS

L'analyse des 32 domaines de travail représentés par une HA permet de tirer des constats sur les domaines de travail, les niveaux d'abstraction et la nature des domaines de travail.

3.1 Domaines de travail

Chaque domaine de travail a été assigné à une catégorie. La Figure 1 présente le nombre de domaines de travail par catégorie. La majorité des domaines de travail sont associés à l'industrie (34 %). La combinaison des domaines de travail associés à l'industrie et au transport couvre plus de la moitié des domaines de travail (56 %).

La catégorie de l'industrie couvre des domaines de travail qui portent sur les centrales nucléaires [9, 10, 12, 15, 16, 22], les procédés chimiques [24], une centrale électrique au charbon [7], les procédés d'une usine en aéronautique [17], les procédés de pasteurisation [36] et un procédé thermohydraulique [4]. La catégorie du transport couvre

des domaines de travail qui portent sur le transport aérien [1, 6, 31, 44] et ferroviaire [19, 32, 37]. La catégorie des technologies de l'information couvre des domaines de travail qui portent sur la cybersécurité de systèmes d'acquisition et de contrôle de données [43], les équipements de laboratoire [21], les postes informatiques [45], une tablette électronique [20] et un livre électronique [28]. La catégorie de gestion des risques couvre des domaines de travail qui portent sur la gestion des risques ferroviaires [11] et un système de gestion de crise [11]. La catégorie du médical couvre des domaines de travail qui portent sur le corps humain [14] et un système de médication à domicile [23]. Le domaine de travail de la catégorie d'automatisation est un appareil photo [25], le domaine de travail de la catégorie des désastres naturels est une ville en cas d'inondation [2], le domaine de travail de la catégorie du jeu est le football européen [18], le domaine de travail de la catégorie du militaire est un navire de guerre [3] et le domaine de travail de la catégorie des ressources humaines est la supervision d'équipes [29].

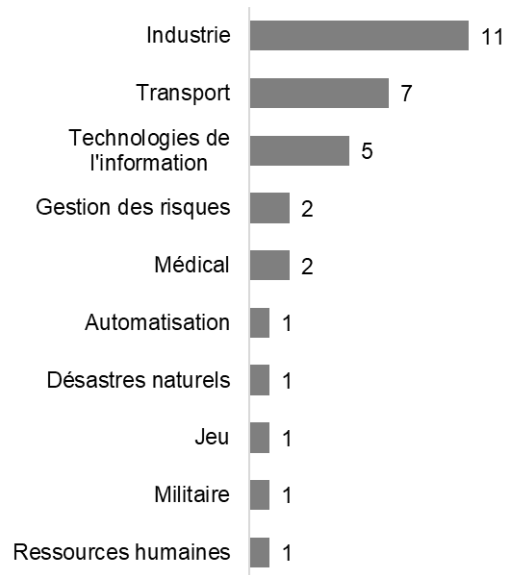


Figure 1: Nombre de domaines de travail par catégorie.

3.2 Niveaux d'abstraction

La HA comporte habituellement cinq niveaux d'abstraction qui sont, initialement, du plus élevé au plus bas : finalité fonctionnelle, fonction abstraite, fonction généralisée, fonction physique et forme physique [33–35, 40]. Or, il est possible d'adapter le nombre de niveaux et leur nom au domaine de travail [42]. La Figure 2 présente le nombre de domaines de travail par nombre de niveaux

d'abstraction de la HA qui varie entre trois et cinq. La majorité des domaines de travail sont représentés par une HA à cinq niveaux.

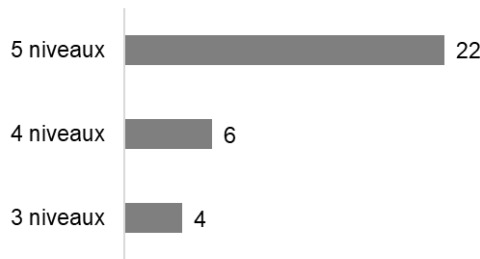


Figure 2: Nombre de domaines de travail par nombre de niveaux d'abstraction.

Plusieurs des articles ont proposé des variantes de noms aux niveaux d'abstraction de la HA. La Figure 3 présente le nombre de variantes de noms par niveau d'abstraction qui varie entre cinq et sept, excluant son nom initial. Les niveaux d'abstraction de fonction abstraite et de fonction généralisée comptent le plus de variantes de noms.

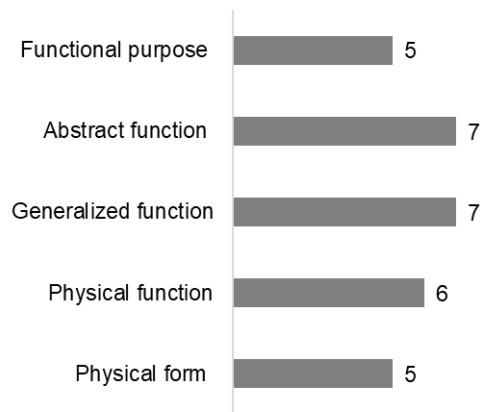


Figure 3: Nombre de variantes de noms par niveau d'abstraction.

Le Tableau 3 présente toutes les variantes de noms pour chaque niveau d'abstraction. Il est divisé en cinq sections. Chacune correspond à un des cinq niveaux du modèle initial, du plus élevé au plus bas, dont le titre est présenté en premier et en gras.

Tableau 3: Variantes de noms pour chaque niveau d'abstraction.

<p>Functional purpose [1, 2, 4, 6, 7, 10, 12, 15, 16, 18–20, 22, 23, 25, 29, 31, 36, 37, 43–45] Functional goals [17] General purposes [28] Highest level goals [3] Overall purpose [21] Purposes [14]</p>
<p>Abstract function [4, 6, 7, 10, 12, 15–17, 22, 25, 28, 29, 43–45] Abstract function and priority measures [1] Abstract purpose [19] Balances [14] Generic control functions [21] Priorities and constraints [3] Values & priority measures; Priorities/values [2, 18, 20, 23, 36, 37] Priority measures [31]</p>
<p>Generalized functions [3, 4, 6, 7, 10, 12, 15, 16, 22, 25, 29, 43–45] General functions [17, 31] General function and work activities [1] Generalised purpose [19] Generic functions [28] Processes [14] Purpose-related functions [2, 18, 20, 23, 36, 37] Software options and settings supporting functions [21]</p>
<p>Physical functions [3, 4, 6, 7, 10, 12, 15, 16, 19, 22, 25, 28, 29, 31, 43–45] Interface features and options [21] Object-related functions [2, 18] Object-related processes [20, 23, 36, 37] Physical function and processes, equipment functioning [1] Physical processes [17] Physiology [14]</p>
<p>Physical form [4, 6, 10, 15–17, 22, 25, 28, 29, 31, 43, 45] Anatomy [14] Physical devices [44] Physical form and configuration [1] Physical objects [2, 18, 20, 23, 37] Subroutines of the software [21]</p>

Des six domaines de travail représentés par une HA comprenant quatre niveaux d'abstraction, cinq utilisent les quatre niveaux d'abstraction les plus élevés et omettent le niveau d'abstraction de forme physique [3, 7, 12, 19, 36], tandis que l'autre domaine de travail omet le niveau d'abstraction de fonction abstraite [32]. Trois articles présentent quatre domaines de travail comprenant trois niveaux d'abstraction [9, 11, 24]. Un des articles utilise les mêmes trois niveaux d'abstraction pour deux domaines de travail [11]. Pour chaque article, le nom de chacun des trois niveaux d'abstraction et sa correspondance par rapport aux cinq niveaux de la HA initiale sont présentés au **Erreur ! Référence non valide pour un signet.** Dans les trois cas, les niveaux d'abstraction intermédiaires de la HA initiale sont intégrés pour ne faire qu'un seul niveau d'abstraction.

Tableau 4: Domaines de travail avec trois niveaux d'abstraction.

	[9]	[24]	[11]
Functional Purpose	Objectives	Goals	Purpose (Why?)
Abstract Function	Functional processes	Functions	Function (What?)
Generalized Functions			
Physical Functions	Physical component	Physical component	Form (How?)
Physical Form			

3.3 Nature du domaine de travail

Un domaine de travail peut être de nature causale ou intentionnelle [30, 35]. La catégorisation porte sur le type de contraintes qui façonnent principalement le comportement des acteurs œuvrant dans le système. Les contraintes causales sont fondées sur les lois de la nature ou de la physique. Elles sont considérées comme des contraintes fortes en ce sens qu'elles ne peuvent être violées. Les contraintes intentionnelles proviennent des lois, des conventions ou des valeurs sociales. Elles sont considérées comme des contraintes souples en ce sens qu'elles peuvent être violées, mais ce serait socialement inacceptable.

Habituellement, la nature d'un domaine de travail s'inscrit sur un continuum selon son degré de causalité et d'intentionnalité comme présenté à la Figure 4. Or, une échelle continue dans ce cas-ci rend difficile la classification de différents domaines de travail et leur comparaison. C'est pour cette raison que chacun des 32 domaines de travail représentés par une HA a été assigné à un des trois types de nature de domaine de travail suivants [30] :

- **Système causal étroitement couplé (SCEC).** Le domaine de travail est grandement structuré. On peut penser à des procédés industriels comme ceux d'une centrale nucléaire ou une usine fortement mécanisée. Les acteurs internes du système ne prennent pas part à la définition des contraintes du système qui sont majoritairement causales à tous les niveaux de la HA. Ce sont des acteurs externes du système (les concepteurs) qui définissent le domaine de travail et les mécanismes permettant aux acteurs internes du système de faire face à la plupart des situations. Le rôle principal des acteurs internes du système est donc de s'assurer que celui-ci fonctionne selon les objectifs fixés par les acteurs externes du système.

- **Système intentionnel dirigé par l'utilisateur (SIDU).** Bien que le domaine de travail comporte des éléments techniques, il s'appuie sur les objectifs, préférences et valeurs individuelles des acteurs internes du système. On peut penser au Web dont les acteurs internes du système utilisent les ressources technologiques en fonction de leurs intérêts particuliers. Le milieu et le haut de la HA sont associés à des contraintes intentionnelles puisque les acteurs internes du système peuvent déterminer eux-mêmes les buts et la manière de les atteindre en utilisant les ressources à leur disposition qui sont associées à des contraintes causales du bas de la HA.
- **Système intentionnel faiblement couplé (SIFC).** Le domaine de travail est à mi-chemin entre les deux autres. La finalité du domaine de travail est associée à des contraintes intentionnelles, généralement définie par des acteurs externes du système. Or, les acteurs internes du système ont une grande marge de manœuvre dans l'utilisation des ressources à leur disposition. On peut penser à un hôpital dont les finalités sont fixées par un cadre législatif et politique défini par des acteurs externes du système (contraintes intentionnelles au haut de la HA). Les stratégies dans l'utilisation des ressources sont en grande partie à la discrétion des acteurs internes du système (contraintes intentionnelles au milieu de la HA). Or, ces derniers sont limités par les capacités offertes par ces ressources (contraintes causales au bas de la HA).

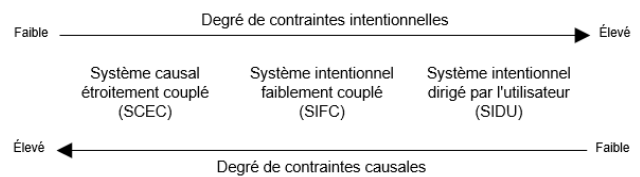


Figure 4: Nature des domaines de travail

La Figure 5 présente le nombre de domaines de travail par nature. Le SCEC, qui inclut tous les domaines de travail de la catégorie de l'industrie, est largement dominant avec les deux tiers (66 %) des domaines de travail.

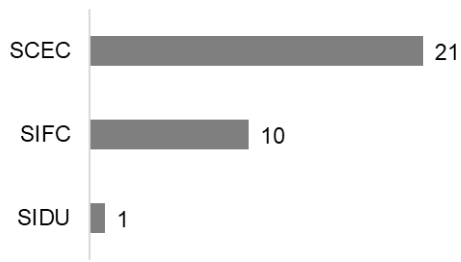


Figure 5: Nombre de domaines de travail par nature.

4 DISCUSSION

Plusieurs constats peuvent être dégagés à partir des résultats de cette recherche. Premièrement, la littérature offre un grand nombre de domaines de travail représentés par la HA. Ainsi, toute personne impliquée dans une démarche de conception écologique d'interfaces n'a pas à partir d'une page blanche lors de l'analyse de certains domaines de travail. Elle peut s'appuyer sur une HA existante ou une représentant un domaine de travail similaire. Des 32 domaines de travail représentés par une HA qui ont été analysés, 23 (72 %) relèvent des catégories de l'industrie, du transport et des technologies de l'information. Plusieurs domaines de travail restent peu exploités comme la gestion, le militaire et le médical. Ainsi, pour ces secteurs et pour d'autres, il ne semble exister aucune HA ou très peu.

Deuxièmement, il existe une grande variété de noms pour chacun des cinq niveaux d'abstraction de la HA initiale et il est possible de créer une HA avec un nombre de niveaux d'abstraction qui diffère de cinq [42]. Ceci démontre une flexibilité structurelle de la HA pour l'adapter aux spécificités d'un domaine de travail. Malgré les différences dans les noms de niveau d'abstraction, tous ont la même sémantique pour un même niveau. Par exemple, les six noms du niveau d'abstraction supérieur du Tableau 3 portent tous sur la finalité fonctionnelle, c'est-à-dire les buts ou la raison d'être du système, tandis que les six noms du niveau d'abstraction inférieur portent tous sur la forme physique, c'est-à-dire l'état des composantes du système.

Troisièmement, les systèmes de nature causale sont grandement majoritaires par rapport aux systèmes de nature intentionnels. Des 32 domaines de travail représentés par une HA analysés, 21 (66 %) sont des SCEC. Ceci n'est pas très surprenant considérant que les domaines de travail des premières HA ont porté presque exclusivement sur des procédés industriels [4, 33–35, 40,

42]. Or, les dernières années ont vu apparaître davantage de domaines de travail représentant par une HA tournées vers des domaines intentionnels, notamment les SIFC [8, 30, 35]. Des dix catégories de domaines de travail utilisées pour l'analyse des 32 domaines de travail représentés par une HA présentés à la Figure 1, seules les catégories de l'industrie et de l'automatisation ont tous leurs domaines de travail respectifs associés aux SCEC. Les autres catégories n'ont aucun domaine de travail ou en ont quelques-uns qui sont associés aux SCEC. Les autres domaines de travail de ces catégories sont associés au SIFC ou au SIDU. Afin d'évaluer la faisabilité de l'application de la HA et, le cas échéant, de voir comment l'adapter aux domaines de travail de nature intentionnelle (SIFC ou SIDU), il est pertinent pour la communauté de chercheurs de poursuivre l'élaboration de HA pour des domaines de travail de cette nature.

Malgré les contributions, cette recherche comporte plusieurs limites. Premièrement, la sélection des articles s'est limitée aux revues scientifiques révisées par les pairs. Étaient donc exclus les articles de conférences et les livres qui présentaient des domaines de travail distincts représentés par une HA. Il serait intéressant de réaliser une RSL en ciblant cette fois uniquement des articles de conférences pour voir si, effectivement, les HA qui y sont présentés se retrouvent dans des articles de revue scientifique ou non.

Deuxièmement, la recherche d'article s'est limitée aux mots clés « abstraction hierarchy » et « abstraction decomposition space » dans le résumé des articles. Le recours à d'autres mots clés comme « cognitive work analysis » ou « work domain analysis » aurait sans doute permis d'ajouter d'autres domaines de travail distincts représentés par une HA aux 32 déjà sélectionnés.

Dernièrement, 16 (50 %) des 32 domaines de travail représentés par une HA analysés avaient des niveaux de décomposition. Or, ceux-ci ont été volontairement exclus de l'analyse puisque les niveaux de décomposition sont facultatifs dans la HA. Dans l'esprit de l'objectif de cet article, l'accent a été plutôt mis sur les niveaux d'abstraction sans lesquels la HA ne peut exister. Or, il serait intéressant de réaliser une analyse des niveaux de décomposition des 32 domaines de travail représentés par une HA.

5 CONCLUSION

Afin d'avoir une meilleure connaissance des domaines de travail représentés par une HA, cet article présente une

analyse de 32 domaines de travail distincts représentés par une HA obtenus à partir d'une RSL. Les résultats démontrent qu'il existe plusieurs domaines de travail représentés par une HA, principalement ceux associés à l'industrie et aux transports. Aussi, la HA offre une flexibilité dans la manière de nommer les niveaux d'abstraction et même dans le nombre de niveaux. Même si les niveaux sont nommés différemment d'un domaine de travail à l'autre, ils conservent quand même la même sémantique. Dernièrement, la grande majorité des domaines de travail représentés par la HA analysés sont de nature causale. C'est pourquoi il est nécessaire de poursuivre la recherche dans l'application de la HA pour des domaines de travail de nature intentionnelle.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le ministère des Transports du Québec pour son soutien financier dans le cadre de cette recherche.

RÉFÉRENCES

- [1] Amelink, M.H.J., Mulder, M., van Paassen, M.M. and Flach, J. 2005. Theoretical Foundations for a Total Energy-Based Perspective Flight-Path Display. *International Journal of Aviation Psychology*. 15, 3 (Jul. 2005), 205–231.
- [2] Beevers, L., Walker, G. and Strathie, A. 2016. A systems approach to flood vulnerability. *Civil Engineering & Environmental Systems*. 33, 3 (Sep. 2016), 199–213.
- [3] Bisantz, A.M., Roth, E., Brickman, B., Gosbee, L.L., Hettinger, L. and McKinney, J. 2003. Integrating cognitive analyses in a large-scale system design process. *International Journal of Human - Computer Studies*. 58, (Jan. 2003), 177–206.
- [4] Bisantz, A.M. and Vicente, K.J. 1994. Making the abstraction hierarchy concrete. *International Journal of Human-Computer Studies*. 40, 1 (Jan. 1994), 83–117.
- [5] Borst, C., Flach, J.M. and Ellerbroek, J. 2015. Beyond Ecological Interface Design: Lessons From Concerns and Misconceptions. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*. 45, 2 (Apr. 2015), 164–175. DOI:<https://doi.org/10.1109/THMS.2014.2364984>.
- [6] Borst, C., Suijkerbuijk, H.C.H., Mulder, M. and Van Paassen, M.M. 2006. Ecological Interface Design for Terrain Awareness. *International Journal of Aviation Psychology*. 16, 4 (Oct. 2006), 375–400.
- [7] Burns, C.M. and Burns, C.M. 2000. Putting it all together: improving display integration in ecological displays. *Human Factors*. 42, 2 (2000), 226.
- [8] Burns, C.M. and Hajdukiewicz, J. 2004. *Ecological Interface Design*. CRC Press.
- [9] Burns, C.M. and Vicente, K.J. 2000. A participant-observer study of ergonomics in engineering design: how constraints drive design process. *Applied Ergonomics*. 31, (Jan. 2000), 73–82.
- [10] Burns, C.M. and Vicente, K.J. 2001. Model-Based Approaches for Analyzing Cognitive Work: A Comparison of Abstraction Hierarchy, Multilevel Flow Modeling, and Decision Ladder Modeling. *International Journal of Cognitive Ergonomics*. 5, 3 (Sep. 2001), 357–366.
- [11] Cedergren, A. and Tehler, H. 2014. Studying risk governance using a design perspective. *Safety Science*. 68, (Oct. 2014), 89–98.
- [12] Chen, K., Li, Z. and Jamieson, G.A. 2018. Influence of Information Layout on Diagnosis Performance. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems, Human-Machine Systems, IEEE Transactions on, IEEE Trans. Human-Mach. Syst.* 3 (2018), 316.
- [13] Gibson, J.J. 1986. *Ecological Approach to Visual Perception*. Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- [14] Hajdukiewicz, J.R., Vicente, K.J., Doyle, D.J., Milgram, P. and Burns, C.M. 2001. Modeling a medical environment: an ontology for integrated medical informatics design. *International Journal of Medical Informatics*. 62, (Jan. 2001), 79–99.
- [15] Ham, D.-H. 2015. Modelling work domain knowledge with the combined use of abstraction hierarchy and living systems theory. *Cognition, Technology & Work*. 17, 4 (Nov. 2015), 575.
- [16] Ham, D.-H. and Yoon, W.C. 2001. Design of Information Content and Layout for Process Control Based on Goal-Means Domain Analysis. *Cognition, Technology & Work*. 3, 4 (Dec. 2001), 205.
- [17] Hoarau, M., Charron, C. and Mars, F. 2018. Revealing misleading schemes through operator activity analysis: A factory case study. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*. (May 2018).
- [18] Hulme, A., Thompson, J., Plant, K.L., Read, G.J.M., Mclean, S., Clacy, A. and Salmon, P.M. 2018. Applying systems ergonomics methods in sport: A systematic review. *Applied Ergonomics*. (Mar. 2018).
- [19] Jansson, A., Olsson, E. and Erlandsson, M. 2006. Bridging the gap between analysis and design: improving existing driver interfaces with tools from the framework of cognitive work analysis. *Cognition, Technology & Work*. 8, 1 (Mar. 2006), 41–49.
- [20] Jenkins, D., Stanton, N., Walker, G. and Salmon, P. 2010. Using cognitive work analysis to explore system flexibility. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*. 11, 3 (May 2010), 136.
- [21] Kaber, D.B., Segall, N., Green, R.S., Entzian, K. and Junginger, S. 2006. Using multiple cognitive task analysis methods for supervisory control interface design in high-throughput biological screening processes. *Cognition, Technology & Work*. 8, 4 (Nov. 2006), 237–252.
- [22] Lau, N., Veland, Ø., Kwok, J., Jamieson, G.A., Burns, C.M., Braseth, A.O. and Welch, R. 2008. Ecological Interface Design in the Nuclear Domain: An Application to the Secondary Subsystems of a Boiling Water Reactor Plant Simulator. *IEEE Transactions on Nuclear Science*. 55, 6 (Dec. 2008), 3579.
- [23] Lim, R.H.M., Anderson, J.E. and Buckle, P.W. 2016. Work Domain Analysis for understanding medication safety in care homes in England: an exploratory study. *Ergonomics*. 59, 1 (Jan. 2016), 15.
- [24] López-Arévalo, I., Bañares-Alcántara, R., Aldea, A., Rodríguez-Martínez, A. and Jiménez, L. 2007. Generation of process alternatives using abstract models and case-based reasoning. *Computers and Chemical Engineering*. 31, (Jan. 2007), 902–918.
- [25] Mazaeva, N. and Bisantz, A.M. 2007. On the representation of automation using a work domain analysis. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*. 8, 6 (Dec. 2007), 509.
- [26] McIlroy, R.C. and Stanton, N.A. 2015. Ecological Interface Design Two Decades On: Whatever Happened to the SRK Taxonomy? *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*. 45, 2 (Apr. 2015), 145–163. DOI:<https://doi.org/10.1109/THMS.2014.2369372>.
- [27] Moïse, A. and Robert, J.-M. 2015. Évaluation de la compatibilité structurelle entre la hiérarchie d'abstraction et de décomposition et l'interface écologique. *Revue des Interactions Humaines Médiatisées*. 16, 2 (2015), 3–33.
- [28] Morineau, T., Blanche, C., Tobin, L. and Guéguen, N. 2005. The emergence of the contextual role of the e-book in cognitive processes through an ecological and functional analysis. *International Journal of Human - Computer Studies*. 62, (Jan. 2005), 329–348.
- [29] N.A. Stanton, M.J. Ashleigh, A.D. Roberts and F. Xu 2006. Levels of abstraction in human supervisory control teams. *Journal of Enterprise Information Management*. 6 (2006), 679.
- [30] Naikar, N. 2013. *Work Domain Analysis: Concepts, Guidelines, and Cases*. CRC Press.
- [31] Neal, A., Flach, J., Mooij, M., Lehmann, S., Stankovic, S. and Hasenbosch, S. 2011. Envisaging the Future Air Traffic Management System. *International Journal of Aviation Psychology*. 21, 1 (Jan. 2011), 16–34.

- [32] Patriarca, R., Bergström, J. and Di Gravio, G. 2017. Defining the functional resonance analysis space: Combining Abstraction Hierarchy and FRAM. *Reliability Engineering and System Safety*. 165, (Sep. 2017), 34–46.
- [33] Rasmussen, J. 1983. Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. SMC-13, 3 (Jun. 1983), 257–266.
- [34] Rasmussen, J. 1985. The role of hierarchical knowledge representation in decisionmaking and system management. *IEEE Transactions on Systems, Man, & Cybernetics*. SMC-15, 2 (Mar. 1985), 234–243.
- [35] Rasmussen, J., Pejtersen, A.M. and Goodstein, L.P. 1994. *Cognitive Systems Engineering*. John Wiley & Sons, Inc.
- [36] Reising, D.V.C. and Sanderson, P.M. 2002. Work domain analysis and sensors II: Pasteurizer II case study. *International Journal of Human-Computer Studies*. 56, 6 (Jun. 2002), 597.
- [37] Stanton, N.A., Mcilroy, R.C., Harvey, C., Blainey, S., Hickford, A., Preston, J.M. and Ryan, B. 2013. Following the cognitive work analysis train of thought: exploring the constraints of modal shift to rail transport. *Ergonomics*. 56, 3 (Mar. 2013), 522.
- [38] Templier, M. and Paré, G. 2015. A Framework for Guiding and Evaluating Literature Reviews. *Communications of the Association for Information Systems*. 37, 1 (Aug. 2015).
- [39] Tranfield, D., Denyer, D. and Smart, P. 2003. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. *British Journal of Management*. 14, 3 (2003), 207–222. DOI:<https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>.
- [40] Vicente, K.J. 1999. *Cognitive Work Analysis: Toward Safe, Productive, and Healthy Computer-Based Work*. CRC Press.
- [41] Vicente, K.J. 2002. Ecological Interface Design: Progress and Challenges. *Human Factors*. 44, 1 (Mar. 2002), 62–78.
- [42] Vicente, K.J. and Rasmussen, J. 1992. Ecological interface design: theoretical foundations. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. 22, 4 (Aug. 1992), 589–606.
- [43] Wang, H., Lau, N. and Gerdes, R.M. 2018. Examining cybersecurity of cyberphysical systems for critical infrastructures through work domain analysis. *Human Factors*. 60, 5 (Aug. 2018), 699–718.
- [44] Xu, W. 2007. Identifying problems and generating recommendations for enhancing complex systems: applying the abstraction hierarchy framework as an analytical tool. *Human Factors*. 49, 6 (Dec. 2007), 975–994.
- [45] Xu, W., Dainoff, M.J. and Mark, L.S. 1999. Facilitate Complex Search Tasks in Hypertext by Externalizing Functional Properties of a Work Domain. *International Journal of Human-Computer Interaction*. 11, 3 (Jul. 1999), 201.