L'exploration d'un espace de conception pour la visualisation des dossiers patients

I. Belkacem
LCOMS, Université de Lorraine
57073 Metz, France
ilyasse.belkacem@univ-lorraine.fr

I. Pecci
LCOMS, Université de Lorraine
57073 Metz, France
isabelle.pecci@univ-lorraine.fr

B. Martin
LCOMS, Université de Lorraine
57073 Metz, France
benoit.martin@univ-lorraine.fr

RÉSUMÉ

Dans ce papier, nous proposons un espace de conception à huit dimensions afin de fournir un cadre pour guider les futurs concepteurs d'applications permettant d'accéder au dossier d'un patient. Les dimensions de notre espace de conception sont tirées de la méthode 5W1H utilisée pour la collecte des informations. Quelques systèmes existants sont ensuite analysés à travers notre espace de conception afin de montrer les manques dans la visualisation des dossiers des patients comme potentiel de nos futurs travaux.

Permission to make digital or hard copies of part or all 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 third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the Owner/Author.
IHM'17, August 29-September 1, 2017, Poitiers, France
© 2017 Copyright is held by the owner/author(s).
ACM ISBN 978-1-4503-5109-6/17/08. https://doi.org/10.1145/3132129.3132165

MOTS CLÉS

Espace de conception, visualisation de l'information, dossier patient électronique, interaction humain-machine

ABSTRACT

In this paper, we propose an eight-dimensional design space to provide a framework for guiding future application designers to access a patient's health record. The dimensions of our design space came from the 5W1H method used to collect information. Then, we situate a few existing systems compared to the dimensions of our design space to identify the lacks in electronic health record visualization as potential for our future work.

KEYWORDS

Design space; information visualization; electronic health record; human-computer interaction.

ACM CLASSIFICATION FORMAT

• **Human-centered computing** → *HCI theory, concepts and models*

ACM Reference format:

I. Belkacem, I. Pecci, and B. Martin. 2017. L'exploration d'un espace de conception pour la visualisation des dossiers patients. In *Proceedings of 29eme Conference Francophone sur l'Interaction Homme-Machine , Poitiers-Futuroscope, FR, Août 2017 (IHM 2017),* 9 pages.
DOI: 10.1145/3132129.3132165

1 INTRODUCTION

Durant les dernières années, la plupart des hôpitaux ont introduit des systèmes EHR (Electronic Health Record) pour remplacer leurs dossiers patients sur papier. Le dossier patient électronique permet aux différents utilisateurs (professionnels de santé, patients, etc.) d'accéder aux informations utiles qui contribuent au suivi du patient : antécédents, allergies, etc. L'interface de visualisation d'un dossier patient est un facteur clé parmi les facteurs qui permettent une adoption rapide d'un système de dossiers patient électroniques par rapport à un autre. L'interaction est dans le cœur de la visualisation de l'information [1] mais manque d'utilisabilité lors de l'interaction avec leurs interfaces [2]. "La visualisation de l'information n'est pas aussi avancée dans certaines parties de la médecine clinique que dans d'autres disciplines scientifiques" [3]. Visualiser le dossier patient demeure encore un problème délicat à traiter. L'interface de visualisation doit aider les professionnels de santé à trouver facilement l'information souhaitée et pertinente au bon moment. Les besoins d'utilisateurs de systèmes EHR rendent la tâche des concepteurs très complexe. Il y a beaucoup de défis lors de la conception parce qu'il est nécessaire d'explorer les différentes possibilités par le concepteur avant de sélectionner les plus intéressantes pour sa solution.

Dans cet article, nous présentons un espace de conception qui explore les différentes possibilités organisées dans des dimensions pour la visualisation d'un dossier patient. Cette structuration peut répondre aux différentes questions du concepteur pour satisfaire les besoins des utilisateurs finaux.

2 CONTEXTE ET TRAVAUX CONNEXES

Durant les dernières années, MacLean et al. [4] définissent un espace de conception comme un «espace de possibilités» dans le but de cadrer et éclaircir le fil des idées et de raisonnement. Vu la difficulté de concevoir une solution, les concepteurs ont besoin d'un outil «qui limite les possibilités de conception selon certaines dimensions, tout en laissant les autres ouvertes à l'exploration créative» [5]. Plusieurs espaces de conception ont été développés dans les différents domaines de l'IHM pour normaliser et faciliter le rôle du concepteur [6-8] mais nous n'avons

Les travaux liés à notre travail sont les standards et les recommandations comme : Electronic Health Record Usability Evaluation and Use Case Framework [9]. Ils fournissent des principes de conception bien adaptés à la visualisation du dossier patient, mais n'aident pas l'utilisateur en lui offrant un large espace de possibilités. Ils citent juste des considérations à prendre en compte. Nous retrouvons aussi des études, comme [10-12] qui analysent les systèmes existants. Elles se concentrent sur ce qui était déjà développé et ne fournit pas un soutien pour de nouvelles idées. Face à la complexité des données à visualiser et à l'enjeu qu'elles véhiculent, il manque un réel soutien aux concepteurs de systèmes EHR pour créer des interfaces de visualisation innovantes.

3 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

3.1 Littérature

Nous avons effectué une recherche approfondie dans la littérature : des papiers de recherches, des brevets et des rapports. Pour assurer la qualité de notre travail, nous avons utilisé la méthode PRISMA [13] (Preffered Reporting Items for Systematic reviews ans Meta-Analysis). Aussi, nous avons sélectionné soigneusement nos mots clés, nous avons utilisé en premier des termes générales pour couvrir le champ d'études : «visualisation d'information» et «dossier patient». Plus que 150 références ont été extraite de notre recherche initiale à travers les bases de données électroniques et les moteurs de recherches tels que Google Scholar, ReearchGate, ACM Digital Library, IEEE Xplore et Web of science. Cela a été complété par la recherche des articles pertinents cités dans la bibliographie de ces articles. Beaucoup d'articles étaient exclus parce qu'ils ne décrivent pas une technique de visualisation spécifique et l'interface de visualisation n'est pas interactive. Douze systèmes identifiés dans les articles ont été inclus dans notre étude. Le (Tab. 2) résume ces systèmes.

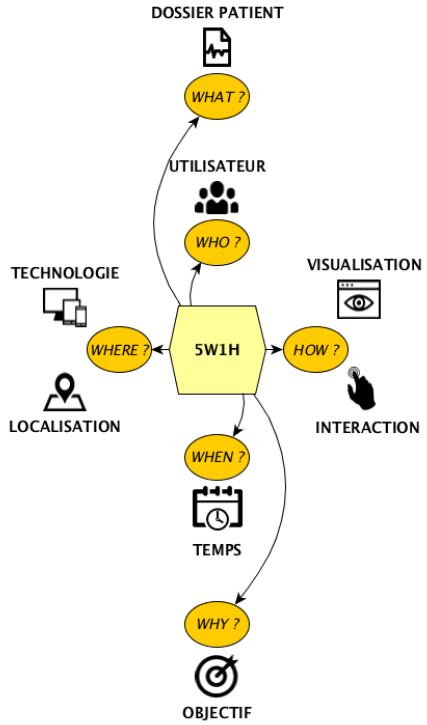


Figure 1: Les dimensions de l'espace de conception pour la visualisation des dossiers patients

3.2 L'avis des professionnels de santé

Nous voulons compléter notre étude par la récolte des avis des professionnels de santé qui utilisent des interfaces de visualisation des dossiers patients. Nous avons préparé un questionnaire et des réunions avec eux pour étudier leurs besoins et leurs attentes pour la réussite de la visualisation de tels systèmes.

4 LES DIMENSIONS DE NOTRE ESPACE DE CONCEPTION

Pour extraire les dimensions de notre espace de conception pour les systèmes EHR, il faut se poser les bonnes questions. Nous utilisons la méthode des 5W1H ou plus généralement 5W qui permet de poser un ensemble de questions relatives à une problématique [14]. Elle fournit des axes de classification et des clés faciles à comprendre à partir de ses angles les plus pertinents. Les solutions après peuvent être trouvées plus rapidement. 5Ws est une abréviation des questions: « Who? What? Where? When? Why ? » et le 1H est ajouté parfois pour le « How ? ». Cette méthode nous permet de cerner, structurer et identifier les aspects essentiels qui constituent les dimensions de notre espace de conception. Elle constitue une formule pour obtenir l'histoire complète sur un sujet [14]. Elle est très répandue en Journalisme, mais elle est utilisée aussi dans d'autres domaines comme la gestion [15] ou pour construire un espace de conception [6]. La Fig. 1 montre les dimensions de notre espace de conception. Les questions que nous avons posées pour obtenir ses dimensions sont les suivantes :

- *Who?* « Qui a besoin de visualiser ou d'interagir avec le dossier patient ? ». La réponse à la question posée fait référence à l'UTILISATEUR qui est la dimension clé de la visualisation du dossier patient.
- *What?* « Qu'a besoin de voir l'utilisateur ? ». Cette question permet de savoir de quoi il s'agit. Plus précisément, la matière à visualiser pour l'utilisateur. Une réponse pour désigner la deuxième dimension est DOSSIER PATIENT.
- *Where?* C'est une question qui permet de situer le What et le Who, donc nous avons posé deux questions. La première concerne le dossier patient : « Où devrait être hébergée la visualization du dossier patient ? ». Cela définit l'espace d'affichage du dossier patient qui correspond à l'outil de visualisation i.e. TECHNOLOGIE. La deuxième question concerne l'utilisateur : « Où l'utilisateur visualise-t-il le dossier patient ? ». Elle nous permet de savoir où se passera la visualisation et de décrire le lieu ou LOCALISATION.
- *When?* « Quand l'utilisateur visualise-t-il le dossier patient ». La question When nous permet de définir le TEMPS et savoir quand la visualisation du dossier patient se produira.
- *Why?* « Pourquoi la visualisation est-elle utilisée ? ». Cette question nous permet de bien analyser la situation et demander l'objectif ou la raison de notre tâche de visualisation. La réponse constitue la dimension OBJECTIF.

Tableau 1: Tableau récapitulatif de l'espace de conception avec les sous dimensions

Who?	Type d'utilisateur
UTILISATEUR	Cible
	Usage
What?	Cardinalité
DOSSIER	Dimension
PATIENT	Type de données
	Nombres de variables
	Degré
Where?	Taille de l'écran
TECHNOLOGIE	Angle d'affichage
	Nombre d'écrans
	Qualité d'image
	Type de dispositif
Where?	Environnement
LOCALISATION	
When?	Rencontre
TEMPS	
Why?	But
OBJECTIF	Cas d'utilisation
	Fonctionnalité
How?	Entrée
INTERACTION	Intention
How?	Variables visuelles
VISUALISATION	Représentation
	Technique
	Adaptation
	Sensibilité au contexte

- *How?* Nous avons pu poser deux questions pour décrire la situation d'une façon suffisante et la manière dont se produira la visualisation. La première est « Comment l'utilisateur visualise le dossier patient ? » et « Comment l'utilisateur interagit-il avec le dossier patient ? ». Les réponses sont deux axes importants : VISUALISATION et INTERACTION.

Nous avons tiré des sous catégories des différentes dimensions existantes dans notre espace de conception (Tab.1)

5 LES APPLICATIONS DE VISUALISATION DE DOSSIERS PATIENTS

Il y a plusieurs approches de visualisation des dossiers patients dans la littérature. Notre premier objectif est de montrer que ces approches peuvent être plongées dans notre espace. Cela nous permettra de les analyser plus finement et de détecter les manques dans ce domaine afin de pouvoir créer de nouveaux systèmes innovants dans de futurs travaux. Nous avons étudié 12 systèmes de visualisation de dossiers patients (Tab. 2).

5.1 Utilisateur

Les systèmes identifiés sont destinés généralement à l'ensemble des cliniciens qu'ils utilisent tous de la même manière. Par contre, il y a des systèmes qui sont destinés à une catégorie bien précise comme WBIVS qui est destiné aux pneumologues ou PhiP qui est un outil conçu pour les neurologistes pour le traitement de l'épilepsie. Aussi, nous pouvons trouver les systèmes destinés aux chercheurs comme PatternFinder ou IPBC. Concernant l'*usage*, les travaux n'ont pas spécifié s'il est individuel ou collectif. Aucun article ne soutient l'approche de collaboration d'une façon explicite.

5.2 Dossier patient

La principale sous-catégorie est la *cardinalité*, qui différencie entre les différents systèmes et influence beaucoup les choix des possibilités des autres dimensions : LifeLine, PhiP, WBIVS, VisuExplore, AnamneVis et MIVA affichent un seul dossier patient à la fois. Ces systèmes sont destinés aux cliniciens. Par contre IPBC, Caregiver, PatternFinder, Similian, LifeLine2 et Visitors affichent plusieurs dossiers patients à la fois et ils sont destinés aux chercheurs ou aux responsables de la santé publique.

Ensuite, la *dimension* la plus répandue est la dimension temporelle qui est utilisée pratiquement dans tous les systèmes. Par contre, nous n'avons pas trouvé de dossiers patients structurés sous format d'arbre ou de réseau.

Mis à part LifeLines2 et Similian qui n'utilisent que les données qualitatives, tous les systèmes étudiés utilisent aussi bien des données qualitatives que quantitatives. Mais la façon de les représenter est différente. Pour le nombre de variables, la plupart affichent plusieurs variables mais

Tableau 2: Liste des systèmes de visualisation des dossiers patients étudiés.

LifeLine[20]
IPBC[21]
Caregiver[22]
PhiP[23]
PatternFinder[24]
WBIVS[25]
LifeLine2[26]
Similian[27]
Visitors[28]
VisuExplore[29]
MIVA[30]
AnamneVis[31]

il y a des systèmes qui affichent un nombre très limité spécialement les systèmes qui supportent plusieurs dossiers patients comme Caregiver, PatternFinder et Visitors.

Concernant *le degré* de données, l'utilisateur a une information résumée et quand il zoome sur une partie, les informations sont détaillées.

5.3 Technologie

La dimension technologique n'est pas spécifiée dans les systèmes étudiés sauf pour PhiP qui est conçu pour des dispositifs mobiles. Les autres sont principalement conçus pour être utilisés sur des ordinateurs de bureau. Même PhiP n'a pas une approche spécifique pour les dispositifs mobiles.

Nous n'avons trouvé aucun autre système qui s'adresse aux petits écrans. Les autres sous catégories (*angle de vue, nombre d'écrans, qualité d'image*) ne sont pas considérées lors de la conception alors qu'elles jouent un rôle important et ont un fort impact sur l'interaction de l'utilisateur [16,17].

5.4 Localisation

L'environnement d'utilisation de la visualisation du dossier patient dans ces systèmes n'est pas spécifié mais il peut être déduit. Comme les interfaces sont conçues pour des ordinateurs de bureau, elles sont forcément utilisées dans un bureau du professionnel de santé. Et pourtant la visualisation d'un dossier patient peut être nécessaire dans différents endroits ou dans une situation de mobilité.

5.5 Temps

Le moment de la visualisation du dossier patient est caractérisé par la rencontre du patient. Il peut être avant, durant ou après la rencontre. Avant, le médecin peut préparer la visite en explorant le dossier patient et regarder l'historique, il peut être accompagné ou seul. Durant la rencontre, le médecin est avec son patient, donc l'interface ne doit pas distraire le médecin et rompre sa relation avec son patient. Enfin, après la rencontre, le dossier peut être visualisé pour une évaluation de la qualité des soins. Le moment de consultation n'est pas pris en considération dans les applications étudiées, mais nous sommes convaincus que cette dimension est très importante parce qu'elle définit les objectifs et influence aussi la manière d'interagir.

5.6 Objectif

L'objectif de la visualisation dans les systèmes étudiés dépend beaucoup de la sous-catégorie *cardinalité* de la dimension Dossier Patient. Les systèmes qui affichent un seul dossier patient (LifeLine, PhiP, WBIVS, VisuExplore, AnamneVis et Miva) sont conçus pour la prise de décision, l'analyse exploratoire et l'évaluation des soins. Les autres qui supportent plusieurs dossiers patients sont conçus pour des buts statistiques et économiques.

Certains traitent la visualisation du dossier patient pour n'importe quel *cas d'utilisation* mais d'autres sont conçus pour des cas d'utilisation précis comme WBIVS, VisuExplore, PhIP et IPBC qui sont conçus pour des maladies chroniques, ou encore MIVA qui est conçu pour les soins intensifs.

Parmi *les fonctionnalités*, nous trouvons le contenu multimédia pour l'imagerie médicale ou les alertes et les notifications (comme à LifeLine). Aussi, nous trouvons des statistiques pour les systèmes qui supportent plusieurs dossiers patients. Aucun système ne fournit des recommandations de diagnostics sur l'interface de visualisation, ne donne des informations complémentaires ou permet à l'utilisateur de communiquer avec une autre personne via l'interface. En plus, l'utilisation des standards et nomenclatures n'est pas spécifiée.

5.7 Interaction

Comme nous n'avons sélectionné que les systèmes interactifs, ils soutiennent tous *les intentions d'interaction* du modèle proposé par [18] (sélectionner, explorer, reconfigurer, encoder, résumer, filtrer et connecter), mais la différence est la manière et le degré de soutien. Nous soulignons que l'intention « Connecter » est la moins soutenue comme la liaison entre les données médicales en mettant l'accent sur beaucoup de relations implicites qui peuvent aider l'utilisateur dans sa tâche. Par exemple, nous ne trouvons pas la navigation à l'aide d'une ontologie.

Pour naviguer dans l'interface de ces systèmes, seul le mouvement de la main est utilisé avec des claviers ou des souris ou même le toucher quand on dispose d'une interface tactile. Les *autres modalités* (mouvement (gestes), audio, visuel, ...) ne sont pas prises en charge lors de la conception. Nous considérons que cette sous-catégorie d'interaction est très importante pour la visualisation d'un dossier patient surtout dans le milieu clinique, mais reste encore inexploitée dans les systèmes étudiées. Les gestes peuvent être utilisés comme dans [19] qui décrit un système pour naviguer dans une structure anatomique à la base d'une Kinect.

5.8 Visualisation

Pour *les variables visuelles*, seules la couleur, la taille et la position sont utilisées pour les encoder. La position est présente dans tous les systèmes qui organisent les informations sur un axe temporel (LifeLines, VisuExplore, WBIVS, etc). La taille est utilisée beaucoup plus dans les données numériques sur des graphes comme IPBC. Ainsi, la couleur est très répandue, Medigard l'utilise pour représenter des caractéristiques qualitatives différentes.

Pour *la représentation*, la métaphore du timeline est la plus répandue, elle est présente pratiquement dans tous les systèmes étudiés. Tous les systèmes utilisent pratiquement les graphiques pour représenter les variables numériques et parfois des images pour l'imagerie médicale. AnamneVis utilise une représentation différente : le corps du patient est comme une carte sur laquelle on peut zoomer pour avoir plus de détails.

Tous les systèmes utilisent également *la technique* de présentation de non distorsion. Pour accéder à la partie non visible de l'interface, ils utilisent soit un défilement, soit une nouvelle

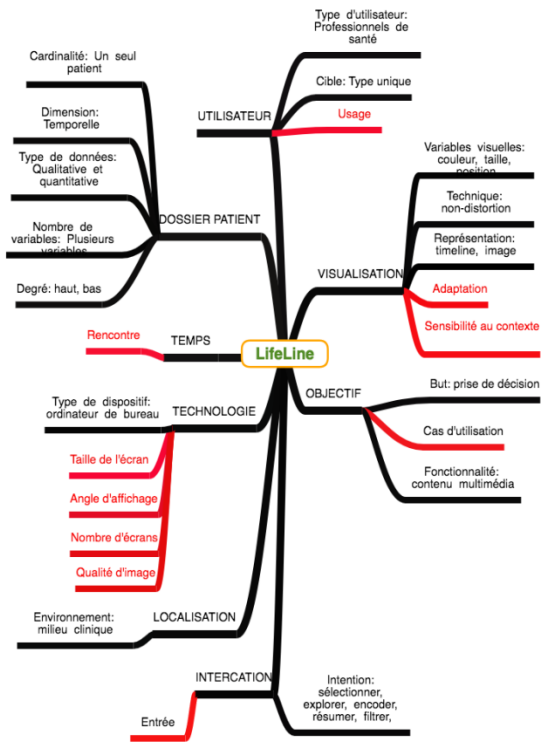


Figure 2: Illustration de la description du système Lifeline [20] plongé dans notre espace de conception

fenêtre qui s'affiche. La déformation ou la distorsion n'est pas explorée. Par exemple, sur un petit écran dans une situation de mobilité, si le concepteur utilise des fenêtres avec pagination, le médecin sera perdu avec la navigation dans le dossier patient qui contient énormément d'informations. À propos de l'*adaptation* et *la sensibilité au contexte*, aucun système cité ne prend en considération un paramètre contextuel pour présenter ou pour naviguer dans le dossier patient, pourtant l'adaptation peut être utile pour améliorer l'expérience utilisateur.

6 DISCUSSION ET LIMITATIONS

Nous avons pu constater que les applications de visualisation des dossiers patients peuvent être décrites à l'aide de notre espace de conception. La Fig. 2 montre une illustration de la description du système Lifeline plongé dans les dimensions de notre espace de conception. Les branches rouges représentent les dimensions inexplorées ou non décrites par le système.

Par contre, nous avons remarqué plusieurs manques dans les systèmes étudiés. La plupart des systèmes de visualisation des dossiers patients reprennent la métaphore du timeline utilisée par LifeLine, mais on peut se demander s'il s'agit de la meilleure approche. Nous ne trouvons pas une représentation sous forme d'un réseau où les informations sont liées en mettant l'accent sur des relations implicites pouvant aider l'utilisateur dans sa tâche.

La technologie n'est pas mise au centre de la visualisation dans les systèmes étudiés bien qu'elle représente une dimension importante. Ces systèmes n'ont pas défini de techniques dédiées aux dispositifs en situation de mobilité comme les smartphones ou même les lunettes électroniques. De plus, l'adaptation et la sensibilité de contexte sont absentes. Fournir des informations et des interactions conformes à la situation de l'utilisateur en utilisant les paramètres contextuels peut être une solution pour améliorer l'expérience utilisateur.

Le problème de la visualisation des dossiers patients est à ce jour loin d'être résolue et nécessite beaucoup d'intérêt. Le concepteur peut s'appuyer sur notre espace de conception pour trouver des solutions aux problèmes et manques soulevés. Nous avons essayé d'être exhaustifs et complet. Notre espace de conception est cohérent parce qu'il répond à des questions différentes de la visualisation à l'aide de la méthode 5W1H. Mais nous sommes conscients que d'autres aspects peuvent être introduits avec l'évolution de la recherche et la technologie en trouvant de nouvelles idées, par conséquent, notre espace de conception peut être extensible.

7 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Alors que la visualisation des dossiers patients reste un problème complexe qui a intéressé beaucoup de groupes de recherches, à travers notre espace, nous avons construit une base solide et nous allons contribuer à la mise en place de nouveaux systèmes de visualisation des dossiers patients qui peuvent être très innovants si toutes les dimensions sont explorées et étudiées avec soins. Nous sommes convaincus que les huit dimensions identifiées seront utiles avec leurs sous catégories.

Actuellement, une étude est en cours avec les professionnels de santé à l'Hopital Mercy (Metz, France). Des questionnaires ont été distribués afin d'affiner notre espace de conception.

L'espace de conception aide les concepteurs à choisir entre les différentes possibilités disponibles. Il nous a servi d'outil pour identifier les manques dans la visualisation des dossiers des patients.

Notre objectif à terme est de proposer un système de visualisation des dossiers patients mieux adaptés à différents contextes (situation de mobilité, information contextuelle, ...).

REMERCIMENTS

Ce travail a été effectué dans le cadre du projet eGLASSES, qui est partiellement financé par NCBiR, FWF, FNS, ANR et FNR dans le cadre CHIST-ERAII ERA-NET.

RÉFÉRENCES

[1] R. Spence, Information visualization. Harlow: Pearson/Prentice Hall, 2007
[2] HIMSS EHR Usability Task Force, "Defining and Testing EMR Usability", 2009.
[3] Health IT and patient safety. Washington, D.C.: National Academies Press, 2012.
[4] A. MacLean, R. Young, V. Bellotti and T. Moran, "Questions, Options, and Criteria: Elements of Design Space Analysis", Human-Computer Interaction, vol. 6, no. 3, pp. 201-250, 1991.
[5] M. Beaudouin-Lafon and W. Mackay, "Prototyping tools and techniques", in The human-computer interaction handbook, 1st ed., J. Jacko and A. Sears, Ed. Mahwah (N.J.): Lawrence Erlbaum Associates, 2003.
[6] H. Schulz, T. Nocke, M. Heitzler and H. Schumann, "A Design Space of Visualization Tasks", IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol. 19, no. 12, pp. 2366-2375, 2013.
[7] R. Haeuslschmid, B. Pfleging and F. Alt, "A Design Space to Support the Development of Windshield Applications for the Car", Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '16, 2016.
[8] M. Nancel, S. Huot and M. Beaudouin-Lafon, "Un espace de conception fondé sur une analyse morphologique des techniques de menus", Proceedings of the 21st International Conference on Association Francophone d'Interaction Homme-Machine - IHM '09, 2009.
[9] Agency for Healthcare Research and Quality, "Electronic Health Record Usability: Evaluation and Use Case Framework", 2009.
[10] A. Rind, "Interactive Information Visualization to Explore and Query Electronic Health Records", Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction, vol. 5, no. 3, pp. 207-298, 2013.
[11] B. J. Lesselroth and D. S. Pieczkiewicz, "Data visualization strategies for the electronic health record", Advances in Medicine and Biology, vol. 11, pp. 107-140, 2011.
[12] R. Kosara and S. Miksch, "Visualization methods for data analysis and planning in medical applications", 2002.
[13] Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Prisma Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. PLoS medicine, 6(7), e1000097.
[14] O. Spencer-Thomas, "Press release : getting the facts straight", Owenspencer-thomas.com, 2012. [Online]. Available: http://www.owenspencer-thomas.com/journalism/media-tips/writing-a-press-release. [Accessed: 08- Feb- 2017].
[15] Zhiyuan Zhang, Bing Wang, F. Ahmed, I. Ramakrishnan, Rong Zhao, A. Viccellio and K. Mueller, "The Five Ws for Information Visualization with Application to Healthcare Informatics", *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 19, no. 11, pp. 1895-1910, 2013.

[16] *K. Inkpen, K. Hawkey, M. Kellar, R. Mandryk, K. Parker, D. Reilly, S. Scott and T. Whalen, "Exploring display factors that influence co-located collaboration: angle, size, number, and user arrangement", Proc. HCI international, vol. 2005, 2005*

[17] *Barco Healthcare, "Optimizing Image Quality in the Radiologist's Field of Vision", 2017*

[18] *J. Yi, Y. Kang and J. Stasko, "Toward a Deeper Understanding of the Role of Interaction in Information Visualization", IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol. 13, no. 6, pp. 1224-1231, 2007.*

[19] *Chen, X., Xu, L., Wang, Y., Wang, H., Wang, F., Zeng, X., ... & Egger, J. (2015). Development of a surgical navigation system based on augmented reality using an optical see-through head-mounted display. Journal of biomedical informatics, 55, 124-131.*

[20] *C. Plaisant, R. Mushlin, A. Snyder, J. Li, D. Heller and B. Shneiderman, "LifeLines: using visualization to enhance navigation and analysis of patient records", Proceedings of the AMIA Symposium, p. 76, 1998.*

[21] *L. Chittaro, C. Combi and G. Trapasso, "Data mining on temporal data: a visual approach and its clinical application to hemodialysis", Journal of Visual Languages & Computing, 14(6), 591-620. 2003.*

[22] *D. Brodbeck, R. Gasser, M. Degen, S. Reichlin and J. Luthiger, "Enabling large-scale telemedical disease management through interactive visualization", European Notes in Medical Informatics, vol. 1, pp. 1172-1177, 2005.*

[23] *C. Ardito, P. Buono, M. Costabile and R. Lanzilotti, "Two different interfaces to visualize patient histories on a PDA", Proceedings of the 8th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services - MobileHCI '06, 2006.*

[24] *J. Fails, A. Karlson, L. Shahamat and B. Shneiderman, "A Visual Interface for Multivariate Temporal Data: Finding Patterns of Events across Multiple Histories", 2006 IEEE Symposium On Visual Analytics And Technology, 2006.*

[25] *D. S. Pieczkiewicz, S. M. Finkelstein and M. I. Hertz, "Design and evaluation of a web-based interactive visualization system for lung transplant home monitoring data", AMIA Annual Symposium Proceedings, vol. 2007, p. 598, 2007.*

[26] *T. Wang, C. Plaisant, B. Shneiderman, N. Spring, D. Roseman, G. Marchand, V. Mukherjee and M. Smith, "Temporal Summaries: Supporting Temporal Categorical Searching, Aggregation and Comparison", IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol. 15, no. 6, pp. 1049-1056, 2009.*

[27] *K. Wongsuphasawat and B. Shneiderman, "Finding comparable temporal categorical records: A similarity measure with an interactive visualization", Visual Analytics Science and Technology, 2009. VAST 2009. IEEE Symposium on, pp. 27-34, 2009.*

[28] *D. Klimov, Y. Shahar and M. Taieb-Maimon, "Intelligent visualization and exploration of time-oriented data of multiple patients", Artificial Intelligence in Medicine, vol. 49, no. 1, pp. 11-31, 2010.*

[29] *A. Rind, W. Aigner, S. Miksch, S. Wiltner, M. Pohl, T. Turic and F. Drexler, "Visual Exploration of Time-Oriented Patient Data for Chronic Diseases: Design Study and Evaluation", Lecture Notes in Computer Science, pp. 301-320, 2011.*

[30] *A. Faiola and C. Newlon, "Advancing Critical Care in the ICU: A Human-Centered Biomedical Data Visualization Systems", Ergonomics and Health Aspects of Work with Computers, pp. 119-128, 2011.*

[31] *Z. Zhang, F. Ahmed, A. Mittal, R. Zhao and K. Mueller, "AnamneVis: a framework for the visualization of patient history and medical diagnostics chains", Proceedings of the IEEE visual analytics in health care (VAHC) workshop, 2011.*