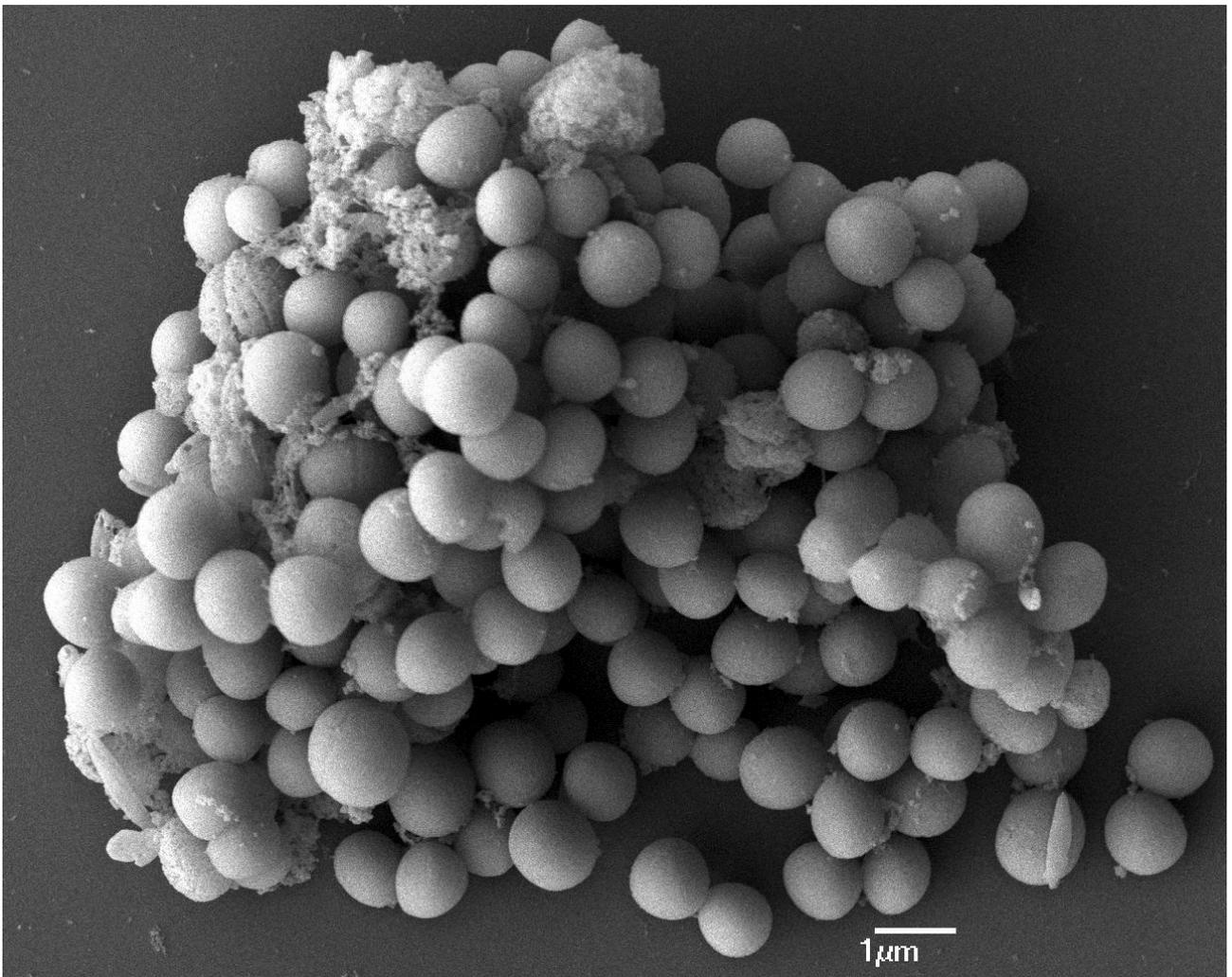


Projet de thèse

Matthieu Savary



Staphylocoque doré (Staphylococcus aureus) au MEB, Institut Pasteur

Framework de design des interactions tripartites du partenariat Soignants-Patients-Chercheurs

Framework for the Design of Tripartite Interactions
in the Caregiver-Patient-Researcher Partnership

Contexte et financement

IHU Prometheus – FHU Sepsis

Université Paris-Saclay, Ecole Doctorale Sciences Sociales et Humanités (SSH)

Coordination (Université Paris-Saclay) : Virginia Branco et Edouard de Saint-Exupéry

Encadrement

Directeur (50%) : Roland Cahen (HDR), Centre de Recherche en Design (CRD ENSCi les Ateliers - ENS Paris-Saclay)

Co-directeurs (50%) : Michel Beaudouin-Lafon (LISN, Professeur) et Wendy Mackay (LISN, Directrice de Recherche)

Discipline

Thèse en Design

Résumé du sujet de la thèse

Le partenariat soignant-patient a démontré sa valeur dans de nombreux contextes thérapeutiques, au profit du bien-être du patient et de la réussite des soins. De la collaboration entre analysant et analyste à l'observance du traitement médicamenteux, cette alliance thérapeutique permet d'augmenter la performance et la robustesse des stratégies mises en place par les soignants.

Dans le contexte de l'IHU Prometheus, un troisième protagoniste entre en jeu, primordial dans le processus de recherche et développement à l'œuvre dans la lutte contre les ravages du sepsis : le chercheur. Dans ce cadre, il travaille à la recherche du protocole de diagnostic et de soin le plus efficace dans l'approche de cette maladie, mais aussi le plus facile à diffuser et à expliquer auprès des patients, dans les contextes les plus divers, et encore le plus soutenable à produire sur les plans économique et écologique.

Pour lutter contre le sepsis, l'accélération du diagnostic, l'identification et l'optimisation du traitement, la personnalisation du protocole thérapeutique et la pertinence des interfaces humain-machine qui permettent d'opérer ce protocole représentent des composantes déterminantes dans le pronostic vital.

Ainsi la thèse entend investiguer les apports du design d'interaction dans la collaboration tripartite entre soignants, patients et chercheurs qui émerge dans le projet de l'IHU, au travers de la conception de dispositifs interactifs et serviciels contribuant à l'amélioration et l'accélération du diagnostic et du traitement du sepsis :

- dans un premier temps, par la réalisation d'un état de l'art des systèmes, protocoles, services et outils de décision et d'interaction qui propulsent ou peuvent accélérer cette collaboration tripartite;
- dans un second temps, par la recherche en design et par le design qui aura pour objectif d'outiller la collaboration — la modéliser, la prototyper, l'expérimenter, l'évaluer et anticiper sa mise en œuvre.

Enfin, par l'observation du processus de développement du projet, la thèse aura pour méta-objet de positionner les modalités propres de cette "recherche projet" dans le champ théorique de la recherche en design des interactions humain-humain (IHH) et humain-machine (IHM).

Sujet de la thèse

1. Terrain d'application

Le sepsis, terme anglo-saxon retenu internationalement, ou septicémie en français, désigne le choc septique résultant d'une grave infection survenue localement chez le patient (ex: pneumonie, péritonite), parfois en milieu hospitalier (infection nosocomiale dont par exemple une infection par cathéter) et souvent chez des personnes au système immunitaire déprimé. Cette complication est responsable de 25% des décès dans le monde, soit 1 décès sur 4. Elle touche une majorité d'enfants de moins d'un an et de personnes de plus de 75 ans et provoque, lorsqu'elle ne cause pas la mort, des handicaps moteurs et/ou psychiques dans 50% des cas¹.

Le sepsis se caractérise notamment par une insuffisance de la production de cortisol par les glandes surrénales, laissant libre court à une inflammation généralisée. Le cortisol est en effet une hormone qui joue un rôle modérateur de la réaction provoquée par la réponse immunitaire. Ainsi privé de son régulateur naturel, l'organisme du patient est soumis à une inflammation incontrôlée qui atteint ses fonctions vitales, provoque la défaillance de ses organes en cascade et peut entraîner la mort.

Pour traiter cette complication, l'administration modérée de corticoïdes de synthèse dès les premières 24 heures du choc septique, puis pendant les 7 jours suivants a démontré son efficacité lors d'une étude de 2002 (équipe du professeur Djillali Annane, UVSQ/UPSaclay/Inserm, AP-HP) – pourvu que les structures à même de faire bénéficier les patients de ce protocole soient disponibles dans la région du monde considérée. Pourvu également qu'un test à très large spectre soit disponible, ultra-rapide si possible², afin d'identifier que l'inflammation immunitaire en cours est effectivement issue d'une infection bactérienne, et de quelle souche il s'agit. La création de ce test constitue justement le premier des trois objectifs de l'IHU Prometheus – structure lauréate de l'appel à projets IHU 3 du plan France 2030³, dont Djillali Annane est le principal instigateur. Et pourvu que ce test soit traduisible dans une stratégie thérapeutique, via par exemple sa confrontation avec un jumeau numérique du patient qui constitue le second objectif de l'IHU.

¹ Sepsis / septicémie : informations et traitements. Institut Pasteur.

<https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/sepsis-septicemie>

² Rapid sepsis test identifies bacteria that spark life-threatening infection. Nature Podcast.

<https://shows.acast.com/0185cea5-9e3b-4b82-a887-26f91f92765f/episodes/66a108f52f6990a4dbaa9e23?>

³ Premier centre mondial intégrant recherche, formation et soins pour vaincre le sepsis, l'IHU PROMETHEUS est lauréat de l'AAP IHU 3. AP-HP.

<https://www.aphp.fr/contenu/premier-centre-mondial-integrant-recherche-formation-et-soins-pour-vaincre-le-sepsis-lihu>

Enfin, le traitement de l'infection elle-même constitue un autre défi : d'une part, la détermination de l'origine virale ou bactérienne est clef dans l'élaboration d'une stratégie; d'autre part, à l'heure où la résistance de nombreuses souches bactériennes aux antibiotiques préoccupe l'Organisation Mondiale de la Santé⁴, la recherche de nouveaux antibiotiques voire de nouvelles stratégies de lutte anti-bactérienne émancipée — autant que possible — des antibiotiques à large spectre existants représente une autre clef, qu'il faut mesurer à l'aune de la liste impressionnante de bactéries potentiellement responsables d'un sepsis. La personnalisation de ce traitement constitue le troisième objectif de l'IHU Prometheus, dont l'émergence découle nécessairement de la réussite des deux premiers.

C'est autour de ces trois objectifs que des équipes de chercheurs se sont fédérées, coordonnées par l'Université Paris-Saclay sous la direction de Djillali Annane, Olivier Lambotte (Hôpital Bicêtre, AP-HP) et Roger Le Grand (Idmit, CEA). Et c'est dans ce contexte que l'ENS Paris-Saclay, par l'entremise de Virginia Branco, Directrice de l'appui à la Recherche et à l'Innovation, a proposé au CRD (ENSCi - les Ateliers et ENS Paris-Saclay) qu'un travail de thèse de recherche en design soit mené.

2. Discipline : design d'interaction

a. Définition

Le *design d'interaction* (*Interaction Design, IxD*), expression inventée par Bill Moggridge et Bill Verplank dans le contexte de la mise au point des premiers paradigmes d'interface graphique (la métaphore de la fenêtre, des fichiers et des dossiers chez Xerox, Apple, Microsoft) et de la mise au point concomitante des premiers pointeurs déportés (souris) dans les années 80⁵, caractérise l'activité de création des formes des dispositifs matériels, visuels ou sonores — les *interfaces utilisateur*, ou *user interfaces, UI* en anglais — dont l'objet est de permettre à des humains de moduler tout ou partie des paramètres, physiques ou logiciels, d'artefacts électromécaniques, électroniques et numériques dont ils ne maîtrisent pas le fonctionnement intime, et qui leur renvoient typiquement un *feedback*.

Le *feedback*, c'est à dire la rétroaction suite à une stimulation telle qu'évoquée notamment dans la théorie de l'information de Claude Shannon et la cybernétique de

⁴ WHO Bacterial Priority Pathogens List, 2024: bacterial pathogens of public health importance to guide research, development and strategies to prevent and control antimicrobial resistance. Geneva: World Health Organization; 2024. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO

⁵ Quito, Anne (2015-06-01). "Google's moronic portrayal of designers is no laughing matter". qz.com.

Herbert Wiener⁶ s'inscrit nécessairement, en matière de design d'interaction, dans le temps réel (moins de 200 millisecondes). L'absence de feedback provoque en effet la confusion chez les utilisateurs quant à la bonne réception d'une de leurs actions sur le système. Le feedback différé quant à lui, s'il n'est pas accompagné d'une forme de feedback immédiat même si l'opération déclenchée est encore en cours, risque de provoquer le même niveau de confusion.

Ainsi les designers d'interaction interviennent sur la maniabilité, la lisibilité, l'utilité, le plaisir d'usage de ces interfaces qui mettent en relation humains et outils. Leur réassurance, la précision et la clarté de leurs feedbacks en fonction des situations, la richesse et l'attention donnée aux moindres gestes reçus de la part de leurs utilisateurs déterminent leur qualité.

Gillian Crampton Smith, pionnière sur le plan théorique de la discipline qu'elle nommait à l'origine *Computer-Related Design*, annonce justement dès 2002 dans la "bible" de la discipline — *Designing Interactions* de Bill Moggridge⁷ — que c'est bien cette logique relationnelle, comportementale, interactive des systèmes que l'on conçoit pour le meilleur ou pour le pire :

When we design a computer-based system or device, we're designing not just what it looks like but how it behaves. We're designing the quality of how we and it interact. This is the skill of the interaction designer. [...] We can design those qualities of interaction, relating what we see to what we hear or feel with the same refinement with which typographers adjust the spacing of type, or product designers the radius of a curve.

Le design des comportements d'action-réaction entre humains et machines, à l'ère des technologies numériques.

b. Incarnations

Concrètement, on peut déceler une manifestation de cette spécialité du design dans les *interfaces graphiques* (*Graphical User Interfaces, GUI*) de nos diverses applications pour smartphones ou tablettes, comme dans celles de nos logiciels de traitement de texte, tableurs ou navigateurs web sur ordinateur... Les *formes* de ces interfaces graphiques, interfaces utilisateur composées de formes qui apparaissent à la surface d'un écran, tactile ou non, constituent un produit typique du travail des designers d'interaction. Au moyen de textes, de pictogrammes, de cinématiques, elles donnent aux humains qui les

⁶ Wiener, Norbert, *Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine*. MIT Press, 1948.

https://en.m.wikipedia.org/wiki/Cybernetics:_Or_Control_and_Communication_in_the_Animal_and_the_Machine

⁷ Crampton Smith, Gillian, Moggridge, Bill, *Designing interactions*, 2002

emploient des indications quant aux actions disponibles et quant à la manière de les déclencher. Enfin, au travers des *comportements* qui leur ont été conférés par les designers et développeurs qui les ont créées et réalisées, elles réagissent au moyen de changements d'état visuel, d'animations, typiquement accompagnées d'événements sonores ou de vibrations haptiques.

Une autre incarnation de l'exercice de cette discipline du design concerne les *interactions tangibles* qui permettent au corps humain d'entrer en contact, d'avoir prise sur les interfaces graphiques citées plus haut : l'écran tactile des smartphones et en particulier les interactions digitales susceptibles d'être perçues par cet écran — taper, pincer, déployer les doigts ou promener un stylet avec plus ou moins d'énergie — pour engendrer des réactions logicielles sont également issues d'un travail de design d'interaction. Et ainsi de suite pour les actions permises par les souris, trackpads et claviers qui sollicitent notre avant-bras, notre main et nos doigts pour cliquer, double-cliquer, glisser, presser, pour engendrer les réactions logicielles correspondantes, programmées et installées dans nos ordinateurs de bureau. Et ainsi de suite pour les boutons, potentiomètres, cadrans rotatifs, volants de voiture, leviers de vitesse, touches de piano, cordes de guitare, pédales d'effets, microphones d'assistants vocaux, casque à visée oculaire, joysticks, gamepads, accéléromètres, bras à retour de force et tout autre *game controller*... qui sollicitent la main, le pied ou la voix, ou encore l'œil, voire le corps tout entier et engendrent mouvement, son, lumière, vibrations, dégagement de chaleur, odeurs, accélération, direction, tir...

En outre lorsque, parce qu'elle n'existe pas, le designer d'interaction crée l'interface tangible elle-même en amont, son activité déborde sur un travail de design de produits industriels dont l'objet est littéralement de concevoir un artefact tangible susceptible d'être employé pour interagir avec d'autres artefacts. Un exemple relativement récent qui a connu un succès retentissant est celui de la fameuse Wiimote de la société Nintendo, véritable révolution dans l'univers du *gaming* tant elle a rendu accessible à des non-virtuose de la manette le plaisir de jouer aux jeux vidéo.

Ainsi, qu'ils s'incarnent de manière visuelle ou tangible, ces dispositifs remplissent le même rôle : "interfacer", mettre en relation humains et machines pour que les premiers dirigent les seconds à l'aide de leurs comportements humains, et que les seconds exécutent une opération selon un comportement programmé, et leur renvoient éventuellement un *feedback*, typiquement visuel, sonore ou encore haptique. Et in fine dans nombre de cas, mettre en relation les humains entre eux. Le design d'interaction est d'ailleurs de toute évidence une discipline "centrée utilisateur" (*user centered*) comme le rappelle Crampton Smith, toujours citée par Moggridge :

In the past, those who built interactive systems tended to focus on the technology that makes them possible rather than on the interfaces that allow people to use

them. But a system isn't complete without the people who use it. Like it or not, people [...] and their goals are the point of our systems, and we must design for them.

Crampton Smith ne s'en tient d'ailleurs pas là, projetant l'enjeu potentiel du design d'interaction jusque dans sa capacité à engendrer du lien social (*sociability*) :

To designing for usability, utility, satisfaction, and communicative qualities, we should add a fifth imperative: designing for sociability. [...] The technologies we design can erode or enhance [the] social web, so we must design for this explicitly, because technologically driven social changes can be creative.

c. Domaines connexes

Pratique

Malgré son demi-siècle d'existence conceptuelle, le *design d'interaction* est une activité encore pratiquée de manière largement empirique, dont l'exercice s'appuie tant sur l'expérience de ses praticiens et les exemples de productions de pairs que sur des itérations de phases de conception et de tests, ou encore sur des kits de composants d'interface graphique prêts à être utilisés par les développeurs *front-end*. On en trouve une littérature "grise", souvent publiée en ligne ou dans des ouvrages à vocation pratique par des associations professionnelles⁸ — même si elle aborde peut-être plus souvent le sujet selon le prisme de l'expérience utilisateur ou expérience client (*UX, CX*), approche englobante revendiquée tant par le marketing que par le design dans son ensemble, et qui fait un usage important de principes issus du design d'interaction.

Sciences

On en trouve aussi une littérature scientifique, qui relève plus des sciences humaines que du design, et qui fournit un certain nombre de règles, d'outils de conception fondamentaux et de bonnes pratiques (*best practices*) issus ou inspirés des sciences de l'information et de la communication, des sciences cognitives, de la psychologie, de l'anthropologie, de l'ergonomie en matière d'enquête de terrain (*field research*), d'enquête utilisateur et de tests utilisateur (*user research, user tests*), de conception (accessibilité, proportions, préhension...), de modalités conversationnelles.

Une autre littérature scientifique, abondante, explore quant à elle le domaine de l'Interaction Humain-Machine (IHM, ou *Human-Computer Interaction, HCI* en anglais), champ de recherche à l'origine de la conceptualisation des dispositifs d'interaction entre humains et machines, sur lesquels s'appuie naturellement la discipline du design

⁸ Interaction Design Foundation. <https://www.interaction-design.org>

d'interaction. Sans parler des domaines de la programmation informatique (ex: approche agile), ou des disciplines connexes que sont le graphisme, la typographie, la signalétique, l'animation, le design de produits, le design sonore.

En somme, le design d'interaction représente une spécialité du design qui, comme le design dans son ensemble, tire parti de l'établissement et de la maturation préalable de domaines particulièrement variés. C'est aussi une spécialité qui embarque des enjeux contemporains : d'une part la recherche de l'accessibilité et de l'inclusivité des formes et des textes — tant en matière de lisibilité pour les personnes atteintes de déficience visuelle qu'en matière d'intelligibilité pour les personnes atteintes de déficience cognitive. D'autre part, la nécessité de prendre en compte la transition écologique s'impose petit à petit dans le paysage de cette activité professionnelle qui, au travers de ses bras armés la programmation informatique et l'électronique, génère une consommation de terres rares, de métaux, d'eau et d'énergie considérable.

d. Racines

La main

Il y a dans le design d'interaction le travail de prolongement de la main, entamé il y a plusieurs millions d'années quand les premiers hominidés sont apparus. Ainsi qu'André Leroi-Gourhan l'introduit dans son magistral *Le geste et la parole*⁹, la main, libérée de son implication dans la locomotion grâce à la station debout et à la bipédie, prend un rôle d'organe préhenseur hyper-diversifié, à l'arrêt comme en mouvement :

La liberté de la main implique presque forcément une activité technique différente de celle des singes et sa liberté pendant la locomotion, alliée à une face courte et sans canines offensives, commande l'utilisation des organes artificiels que sont les outils. En effet, l'hominidé privé de ses canines offensives pour se défendre comme pour chasser a recours aux armes. Et Leroi-Gourhan de poursuivre :

Station debout, face courte, main libre pendant la locomotion et possession d'outils amovibles sont vraiment les critères fondamentaux de l'humanité.

Ainsi la main libre, organe de l'interaction avec l'environnement par excellence, d'une finesse préhensile remarquable, contribue à définir l'humanité, et ouvre la voie au design d'interaction.

Lutherie

Quelques temps avant l'émergence et la conceptualisation du design d'interaction, naturellement quelques péripéties auront eu lieu... dont le développement du cerveau,

⁹ Leroi-Gourhan, André, *Le geste et la parole*, tome 1 : technique et langage. 1964

de la pensée et de la parole — eux aussi *in fine* autorisés par la station debout et l’alignement vertical du trou occipital, la libération de la main et le raccourcissement de la denture et de la face.

Plus proche de nous, la lutherie constitue un exemple significatif de l’art de concevoir ces “organes artificiels que sont les outils”, pour reprendre Leroi-Gourhan, particulièrement inspirante voire préfiguratrice du design d’interaction à plusieurs égards : elle implique la fabrication minutieuse d’un artefact qui, manipulé de manière bien précise, va produire une vibration correspondante. En somme, la transformation d’une action qui appartient à une classe de mouvements (ex: souffler dans un tube en os) dans un prolongement qui n’est pas trivial (ex: la vibration de l’air, qui engendre le son dans le tube en os), c’est-à-dire qui n’apparaît pas immédiatement comme le prolongement de l’action initiale. Une forme de *comportement* d’artefact très élaboré, dont l’origine remonterait au moins à 40 000 ans et les Néandertaliens, selon le dernier consensus scientifique en date¹⁰.

La lutherie repose ainsi sur l’action délibérée du musicien sur un artefact qui produit du son parce qu’on le fait vibrer d’une manière ou d’une autre. La manière dont on sollicite l’artefact représente ce que Claude Cadoz nomme *geste instrumental* en 1988¹¹, dans son analyse de la synthèse sonore par les instruments de musique électronique. Une lutherie électromécanique puis électronique a en effet émergé à la toute fin du 19e siècle¹², allant du Theremin et des Ondes Martenot aux séquenceurs temps réel pour OSX ou Windows comme Ableton Live¹³, en passant par les synthétiseurs de tous les encombrements et générations capables de produire du son en temps réel. Cadoz insiste sur la nécessité du temps réel, seule modalité temporelle susceptible de délivrer un feedback satisfaisant, caractéristique du geste instrumental.

Les différentes stratégies de production instrumentée de son, électronique ou non, par leur variété et leur précision sont particulièrement inspirantes pour saisir le champ d’intervention du design d’interaction. Elles constituent aussi un puits de références dans lequel, depuis plusieurs siècles, les chercheurs et inventeurs puisent pour instrumenter leurs expériences. Il suffit pour s’en convaincre de faire un tour au Musée des Arts et Métiers à Paris, en particulier dans la collection consacrée à la mesure du monde, où les interrupteurs dévolus au déclenchement des dispositifs sont bien souvent des touches de claviers de clavecins ou de pianos : l’interrupteur tel que nous le connaissons ne va pas de soi. La fabrication des claviers de piano représente en revanche certainement l’une des industries les plus fiables des siècles passés, idéale pour la réalisation

¹⁰ Adler, Daniel, The Earliest Musical Tradition, Nature, vol. 460, 2009, p. 695-696

¹¹ Cadoz, Claude, Instrumental gesture and musical composition in Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'88), pp. 1-12, 1988

¹² Telharmonium, 1897. Premier instrument électromécanique dédié à la diffusion de musique via le téléphone. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Telharmonium>

¹³ https://fr.wikipedia.org/wiki/Ableton_Live

d'expériences rigoureusement reproductibles qui nécessitent un déclencheur discret comme celui de la touche de piano.

Art interactif

Plus proche de nous encore, il est largement admis que le travail de design d'interaction a commencé avec l'art interactif, dont l'objet est de permettre au visiteur de devenir acteur de l'œuvre, pour l'influencer, la compléter.

Le travail de recensement des dispositifs interactifs existants, qu'ils appartiennent à la lutherie, aux débuts de l'art interactif comme aux familles d'artefacts contemporains, sera l'un des objets de la thèse.

3. Problématique retenue pour la thèse

Le partenariat soignant-patient a démontré sa valeur dans les contextes thérapeutiques tant psychanalytique que somatique, au profit du bien-être du patient et de la réussite des soins¹⁴. De l'observance du traitement médicamenteux à la collaboration entre analysant et analyste, cette alliance thérapeutique permet d'augmenter la performance des stratégies de soins mises en place par les soignants, notamment par l'*empowerment* de patients qui sont invités à prendre part à leur propre thérapie¹⁵. Cette (re)prise en main partagée appelle des méthodes et des outils interactifs spécifiques, accessibles, fiables et efficaces.

Dans le contexte de l'IHU Prometheus, et par extension dans le contexte des laboratoires hospitaliers de biologie médicale, un troisième protagoniste entre en jeu, primordial dans les processus de recherche et développement émergents notamment à l'œuvre dans la lutte contre les ravages du sepsis : le chercheur, depuis son laboratoire. Chercheur en biologie moléculaire, en génétique, en immunologie, en virologie, de formation vétérinaire, médicale... Dans le cadre de l'IHU, il travaille à la recherche du protocole de diagnostic et de soin le plus efficace dans l'approche de cette maladie, mais aussi le plus facile à diffuser et à expliquer auprès des patients, dans les contextes les plus divers, et encore le plus soutenable à produire sur les plans économique et écologique. Enfin, ces évolutions de la recherche de diagnostics personnalisés et spécifiques donnent une place de plus en plus importante au chercheur au sein du *flow* thérapeutique, en tout cas dans une phase amont de la recherche. Nous l'avons vu plus haut, dans le cas d'un

¹⁴ BIOY, Antoine, BACHELART, Maximilien, "L'alliance thérapeutique : historique, recherches et perspectives cliniques", *Perspectives Psy*, 2010/4 (Vol. 49), p. 317-326.

<https://www.cairn.info/revue-perspectives-psy-2010-4-page-317.htm>

¹⁵ FAYN, Marie-Georges, DES GARETS, Véronique, RIVIÈRE, Arnaud, " Mieux comprendre le processus d'empowerment du patient ", *Recherches en Sciences de Gestion*, 2017/2 (N° 119), p. 55-73. DOI :

10.3917/resg.119.0055. <https://www.cairn.info/revue-recherches-en-sciences-de-gestion-2017-2-page-55.htm>

sepsis l'accélération du diagnostic, l'identification et l'optimisation du traitement, la personnalisation du protocole et l'adéquation des interfaces humain-machine qui permettent d'opérer ce protocole sont autant de composantes essentielles du pronostic vital.

Nous identifions plusieurs nœuds d'usage que nous pourrions qualifier de “verrous de design”, qui méritent d'être levés ou tout du moins aplanis pour contribuer à la réussite du processus de recherche et développement du protocole de diagnostic et de soin. En voici quelques-uns en particulier qui retiennent notre attention :

- la mise en réseau de 60 équipes, de 275 chercheurs aux spécialités particulièrement variées (chimie, physique, mathématiques, sciences de l'ingénierie, biologie, médecine, sciences sociales et humaines, économie), de 94 médecins-cliniciens, qui ont tous leurs enjeux et intérêts propres, parfois concurrents;
- la qualité de la transmission des données et informations entre les parties prenantes, notamment dans le retour des résultats cliniques et dans le retour d'expérience de la part des soignants et patients vers les chercheurs qui développent les outils de diagnostic et de soin;
- le maintien au long cours d'une relation tripartite chercheur-patient-soignant productrice de valeur alors que les inévitables itérations, revers et obstacles peuvent émousser le désir de contribuer;
- la simplicité de mise à disposition des dispositifs de diagnostic et des dispositifs de soin entre chercheurs et soignants;
- l'affordance, l'accessibilité, l'adaptation aux patients et à leurs conditions de vie des dispositifs mis à disposition, notamment “au pied du lit”;

Nous identifions d'autre part plusieurs opportunités technologiques contemporaines dont l'exploitation pourrait contribuer au design des dispositifs interactifs :

- les nouveaux modèles statistiques ouvrent la voie à des outils particulièrement puissants dans la recherche d'informations au sein de grands corpus de données : d'une part dans l'analyse par apprentissage au sein du corpus considéré;
- d'autre part dans les méthodes de formulation des requêtes de recherche;
- les dispositifs *no-code* de création d'applications web et mobiles personnalisées;
- les dispositifs de réalité augmentée, de réalité virtuelle comme de réalité mixte proposent de nouvelles modalités d'interaction dans lesquelles le visage, et l'œil en particulier prennent une nouvelle place, accessible au plus grand nombre;
- les dispositifs de fabrication décentralisés qui permettent, en un temps jamais égalé auparavant, de réaliser des pièces tridimensionnelles adaptées à des morphologies et des contextes;

De ces deux listes qui ne sauraient être exhaustive, l'ambition de collaboration fluide entre les protagonistes nous apparaît centrale, et même première à traiter à l'aide d'un travail de recherche en design d'interaction : l'efficacité du diagnostic, le ciblage du traitement et la performance de son administration dépendent de la bonne relation établie entre le personnel médical, les patients et les labos. La mise au point et la mise à disposition d'un jumeau numérique, objectif n°2 de l'IHU, représente un bel exemple d'objet de cette collaboration tripartite. Et la personnalisation de ce "parcours patient", objectif n°3 de l'IHU implique en effet une disponibilité des trois parties et la bonne transmission, la complétude et la qualité de production des données.

Aujourd'hui, les plateformes collaboratives et les outils de gestion de données numériques présentent un "goulot d'étranglement sensoriel" de la communication humain-machine qui, incidemment, altère sévèrement la qualité et la richesse des interactions humain-humain, notamment à distance ou en hybride. En effet et à dessein dans une perspective de productivité et d'économie de moyens, nos interactions avec les dispositifs numériques n'exploitent que très peu des modalités sensorielles disponibles.

Dans ce contexte, il nous apparaît particulièrement intéressant de permettre d'augmenter la qualité et la diversité des modalités interactives, de permettre de les cibler et surtout de les choisir afin de rendre l'expérience satisfaisante et productive, voire même désirable pour les soignants, patients, chercheurs impliqués, selon leurs rôles et leurs localisations. Ainsi c'est cette problématique du design de la collaboration entre les parties prenantes, que nous nommons design des interactions du partenariat tripartite et que nous retenons dans le cadre de ce projet de thèse.

4. Objectifs

a. Objectif scientifique

L'objectif scientifique de la thèse est ainsi d'investiguer les apports du design des interactions des dispositifs de collaboration au sein du partenariat "nominal" entre soignants et patients, mais également dans la collaboration entre soignants et chercheurs et chercheurs et patients tel qu'il émerge dans le projet de l'IHU Prometheus dont l'objet est de lutter contre les ravages du sepsis, à l'hôpital et en-dehors, par la création d'un protocole de diagnostic et de soin dédié.

b. Design de services numériques

Dans le projet de l'IHU, compte tenu de la multiplicité et de la complexité des cas de sepsis répertoriés, il ressort que la circulation des informations des patients et soignants

vers les chercheurs et des chercheurs vers les soignants et patients, notamment dans la perspective d'une personnalisation des diagnostics et des thérapies, est littéralement un enjeu vital. Cette circulation peut être facilitée par une optimisation du design des services numériques, des interactions et interfaces impliquées dans la génération, l'acheminement, le partage, l'accessibilité, et le traitement des informations.

Notre expérience professionnelle de design et développement de dispositifs interactifs experts nous suggère en effet l'intérêt de la création de services et artefacts dédiés aux situations identifiées, qui permettent aux protagonistes de se concentrer sur leur objectif sans pâtir des contingences propres aux outils génériques et généralistes. En investiguant les apports des outils numériques exploités dans le contexte de recherche de l'IHU, en focalisant cette investigation sur la qualité du design de ces outils, sur le bien-fondé de leurs principes interactifs, puis en expérimentant et en mettant en œuvre des premières versions de dispositifs collaboratifs nous tenterons de produire un référentiel et une boîte à outils des services et artefacts interactifs existants ou à venir, des guidelines et modalités d'interaction adaptées, susceptibles d'être mis en œuvre dans le cadre de l'IHU — et à l'avenir dans des contextes similaires.

Ainsi, dans un premier temps, il s'agira de réaliser un état de l'art des systèmes, services, protocoles, méthodes, outils de décision et d'interaction existants qui propulsent et/ou peuvent améliorer ces collaborations bilatérales et tripartites, notamment par la rencontre et l'interview des soignants et des chercheurs de l'IHU, la découverte et l'analyse de leurs pratiques et usages professionnels.

c. Design de dispositifs interactifs

Dans un second temps, la "recherche projet en design"¹⁶ aura pour objectif de donner forme aux éléments collaboratifs emblématiques du partenariat identifié dans le cadre du projet de l'IHU, de les modéliser, de les prototyper, de les expérimenter, de les évaluer.

Concrètement, nous réaliserons le design et expérimenterons des dispositifs susceptibles de permettre de mieux travailler en équipes hybrides de soignants et chercheurs, aux rôles et expertises extrêmement variés, aux localisations aléatoires, et de mieux impliquer des patients dont la survie est évidemment l'enjeu fondamental, dont l'expertise en matière de sepsis (et de médecine) est a priori inexistante, et dont les facultés cognitives peuvent en outre se trouver altérées préalablement ou concomitamment.

À titre d'exemples voici quelques formes de dispositifs que nous anticipons, éventuellement imbriqués les uns dans les autres (liste non exhaustive) :

¹⁶ Findeli, A. (2015). La recherche-projet en design et la question de la question de recherche : essai de clarification conceptuelle. *Sciences du Design*, 1, 45-57. <https://doi.org/10.3917/sdd.001.0045> (chap 3.1)

- outils de communication synchrone/asynchrone, distancielle/hybride et multimodale;
- dispositifs d'*update* et d'*alerting* dans le suivi de constantes;
- plateforme de partage et recherche de connaissances (*knowledge management*);
- outils de configuration de dispositifs thérapeutiques personnalisés;
- outils de pronostic paramétriques;
- artefacts tangibles d'expression de l'intensité de la douleur;
- outils tutoriels d'observance du traitement et automédication;
- framework logiciel et/ou matériel susceptible de servir de socle technique pour le déploiement des outils et plateformes précédemment mentionnés

Alors que le contexte sensoriel (sonore, visuel, tactile, haptico-kinesthésique) est particulièrement restreint aujourd'hui dans les dispositifs de collaboration, nous nous attacherons à l'augmenter, quand opportun, par des interactions multimodales ayant entre autres objectifs d'affiner les données transmises aux chercheurs, de répondre de façon plus précise aux critères recherchés par les soignants pour établir les diagnostics et les thérapies subséquentes et d'assurer le suivi et l'information des patients, quelle que soit l'accès qu'ils peuvent avoir à la compréhension de leur situation médicale.

d. Méta-objectif de recherche en design

Par l'observation du processus de développement du projet, la thèse aura pour méta-objet de positionner les modalités propres de cette "recherche projet" dans le champ théorique de la recherche en design des interactions humain-humain (IHH) et humain-machine (IHM). Si l'occasion se présente, nous investirons également le domaine connexe du design de services, dont le design d'interaction est l'une des composantes naturelles.

La production d'un carnet de bord de recherche, et la publication d'articles décrivant l'approche au fil de l'eau seront les principaux apports à ce méta-objectif.

5. Originalité de l'approche de recherche par le design d'interactions et de services numériques

En se plaçant également dans une approche de recherche "par le design", ce projet de thèse entend créer le cadre nécessaire à l'émergence de propositions. Il s'agira en effet de proposer un système d'objets intermédiaires de collaboration, de produire et d'articuler un ensemble de réponses formelles prospectives et démonstratives, dans un cadre transdisciplinaire. Les projets contribuent aux enjeux de recherche de l'IHU énoncés plus haut, et contribuent à la recherche en design elle-même.

Cette forme de recherche “par le design” (*through design*¹⁷) peut être définie comme l’art et la science de la formalisation des hypothèses du point de vue de l’usage — et du désir. Par son approche pratique “par le projet”, elle se distingue d’autres formes de recherche en design : le projet en est à la fois le sujet, le terrain et l’objet. Dans ce sens, elle se rapproche de la recherche appliquée et de l’ingénierie, si ce n’est qu’elle se concentre plutôt sur la conceptualisation et la modélisation de propositions de formes que sur la découverte et l’optimisation de solutions techniques.¹⁸

Le design d’interaction (*interaction design, IxD*) et le design de services (*service design, SD*) sont des disciplines du design qui s’attachent à projeter l’expérience potentielle “à vivre”^{19 20} et engagent les designers dans la conception et la modélisation des conditions de son émergence (comportements interactifs d’une part et mise en œuvre de dispositifs matériels et immatériels d’autre part). Là où la recherche par la mise en forme d’objets matériels est d’ores et déjà pratiquée (et notamment au CRD), la recherche par la mise en forme d’interactions et de services qui incluent des composantes immatérielles n’est, à notre connaissance, que très peu voire pas explorée.

D’autre part, et c’est certainement une originalité dans les enjeux, les interactions collaboratives dans les cas d’usages pressentis s’appliquent à un public large qui comprend tant des patients sans aucune expertise du sujet a priori (voire même dépossédés d’une part plus ou moins importante de leurs facultés cognitives) que des experts du sujet. Certains tests réalisés “au pied du lit” concernent ainsi des patients, des infirmiers, alors que leurs résultats et analyses s’adressent aux chercheurs. La collaboration entre ces publics implique une mutualisation, des échanges interpersonnels directs ou médiés, des cultures de groupe et des formes d’expressivité propres à chaque situation. De ce fait, elle pourrait fonctionner comme un langage et hériter d’une analyse générative des interactions²¹.

Enfin, et c’est certainement là encore un pas de côté : le projet propose de s’attacher à développer la recherche sur les phases amont des projets de recherche²², plutôt que de se concentrer sur l’élaboration de solutions technologiques et processus de production

¹⁷ Christopher Frayling. Research in art and design (Royal College of Art Research Papers, vol 1, no 1, 1993/4). 1994.

¹⁸ Marchal, T. Cahen, R. (2024) Sonaging the workspace: a user-centric workshop. Internoise 2024 postprint.

¹⁹ Boyer, A. & Nefzi, A. (2009). La perception de la qualité dans le domaine des services : vers une clarification des concepts. *La Revue des Sciences de Gestion*, 237-238, 43-54.

<https://doi.org/10.3917/rsg.237.0043>

²⁰ Savary, Matthieu (2022). Qu’est-ce que le design de service(s) ?

<https://user.io/future/qu-est-ce-que-le-design-de-service>

²¹ Michel Beaudouin-Lafon, Susanne Bødker, Wendy Mackay. Generative Theories of Interaction. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 2021, 28 (6), Article 45, 54 p. 10.1145/3468505. (hal-03434142)

²² Malins, J., Liapis, A., Kantorovitch, J., Markopoulous, P., Laing, R., Didaskalou, A., ... & Maciver, F. (2014). Supporting the early stages of the product design process: using an integrated collaborative environment. In *DS 78: Proceedings of the 16th International conference on Engineering and Product Design Education (E&PDE14), Design Education and Human Technology Relations*, University of Twente, The Netherlands, 04-05.09. 2014.

industrielle (pour lesquels beaucoup de méthodes opérationnelles sont déjà développées²³).

Le design est fondamentalement collaboratif et interdisciplinaire, et ne fonctionne que dans un réseau d'acteurs. Le designer joue un rôle différent à chaque projet allant de celui de provocateur d'idées et producteur de formes à celui de chef d'orchestre. Les théories collaboratives du design sont donc complexes car les modalités de fonctionnement varient beaucoup d'un sujet à l'autre. Le design "i) coïncide rarement avec les découpages en place de l'ingénierie ou d'autres acteurs; ii) en plus d'un travail sur les connaissances, elle nécessite souvent la mobilisation de plusieurs métiers et l'établissement de nouveaux modes de coordination; iii) les concepts formulés par le design ne font pas toujours "sens" immédiatement pour les autres acteurs"²⁴. Néanmoins le designer peut jouer un rôle central dans cette organisation : celui de questionner l'usage et de produire un ensemble de réponses formelles. Cette multiplicité de réponses et d'interprétations de la question de design nourrissent une approche à la fois distributive, coopérative et collaborative.

Nous privilégierons ainsi une approche panoramique consistant à produire un ensemble assez large de réponses formelles, structurées dans un système. Dans ce sens, on peut retenir parmi les projets du CRD (Centre de Recherche en Design de l'ENS Paris-Saclay) la thèse de Claire Richards²⁵ qui réunit les itérations de R&D dans les différents domaines scientifiques et techniques du projet; le Livre Blanc Silence Chantier²⁶ qui propose nombre d'outils et méthodes de concertation pour réduire les nuisances sonores; la thèse de Robin Lecomte²⁷ qui conçoit et modélise un outil logiciel permettant d'évaluer les impacts humains probables des choix de design et de contraindre les choix aux impacts; ou encore la thèse d'Anne-Cécile Cochet (en cours) qui propose une "matrice circulaire" structurant le réemploi des matériaux de construction.

Alors que les ingénieurs cherchent des réponses techniques à une problématique généralement déjà formulée, les designers sont souvent amenés à formuler la question ou à questionner la formulation en la confrontant aux attendus et à l'expérience potentielle des usages, existants où non. C'est la raison pour laquelle ils apportent rarement une réponse formelle unique, au moins dans les phases amont du projet. Cette

²³ Milošević, M., Lukić, D., Borojević, S., Šimunović, & Antić, A. (2017). A model of collaborative process planning system (e-CAPP).

²⁴ Olivier Hirt. La relation design - Ingénierie dans les nouvelles organisations de la conception : la démarche des fondamentaux en design de renault. Actes du GERPISA, 2004, 37, pp.19-40. <halshs-00742810>

²⁵ Claire Richards. Wearable sound : integrative design for hearing and feeling vibrations. Human-Computer Interaction [cs.HC]. Sorbonne Université, 2023. English. <NNT : 2023SORUS076>. <tel-04125241> [page 80-105]

²⁶ Roland Cahen, Gaël Hiétin, Bertrand Masson. Livre Blanc Silence Chantier. Société du Grand Paris, 2019. <hal-04376108>

²⁷ Lecomte, R. Création de scénarios d'usage pour la voiture autonome avec anticipation des impacts personnels et sociétaux à long terme. Thèse sous la direction de B. Yannou (Laboratoire de Génie Industriel, CentraleSupélec), co-encadrée par R. Cahen (CRD) et G. Thibaud, (Groupe PSA).

liberté créative sous contrainte de finalité d'expérience est essentielle. Quoiqu'a priori contradictoire avec le 'co' de la co-conception et la collectivisation de la création, le designer travaille en étroite collaboration avec les chercheurs, ingénieurs et décideurs, en co-construisant le langage commun, l'intelligence collective et des outils/supports de collaboration et représentation propres au projet.

6. Contributions concrètes de la thèse

Les contributions de la thèse de recherche en design seront de plusieurs ordres : il s'agira d'abord de cerner le contexte des usages considérés, dont l'inventaire et le recensement permettent de constituer un référentiel. Il s'agira ensuite de "faire le design", c'est-à-dire de créer les concepts et de les concevoir finement en s'appuyant sur la première phase d'inspiration. Il s'agira enfin de préparer tous les éléments susceptibles d'être utilisés pour transmettre le projet vers des phases ultérieures d'industrialisation.

a. Inspiration

La première contribution de la thèse consistera dans la mise à disposition d'un référentiel de dispositifs interactifs susceptibles de favoriser la collaboration tripartite du partenariat thérapeutique soignants-patient-chercheurs typique de l'IHU Prometheus.

b. Idéation & conception

La seconde contribution de la thèse consistera dans la mise en forme (le design) d'une boîte à outils serviciels, logiciels et matériels pour propulser/améliorer la collaboration tripartite du partenariat thérapeutique soignants-patient-chercheurs. Cette mise en forme, itérative par nature, sera ponctuée d'expérimentations, de tests, de développement d'échantillons et de *proofs of concept* dans les technologies cibles.

c. Transmission

La troisième contribution de la thèse consistera dans la création des *assets* de projet (éléments pluri-médias : visuels, sonores, tactiles, ou descriptions cinématiques et interactives) et d'un cahier des charges pour la mise en œuvre industrielle de cette boîte à outils.

De ce cahier des charges pourront alors émerger un ou plusieurs sujets d'industrialisation, dont la mise en œuvre correspondrait à la seconde moitié du projet d'IHU Prometheus dont la durée totale prévue est de 10 ans.

Mots-clefs

Collaboration bilatérale, Collaboration tripartite, Partenariat soignant-patient-chercheur, Alliance thérapeutique, Carte vitale, Dossier Médical Partagé, Résultats d'analyses, Diagnostic personnalisé, Traitement personnalisé, Accélération diagnostic-traitement-personnalisation, Circulation des données, Accessibilité, Facile à Lire et à Comprendre (FALC), Interactions et interfaces tangibles, Design d'interaction (IxD), Interactions Humain Humain (IHH), Interactions Humain Machine (IHM)

Planning

1e année — état de l'art

- Identifier les difficultés d'usages rencontrées par les parties prenantes (soignants, patients, chercheurs)
- Collecter et structurer un ensemble de scénarios d'usage types
- Cartographier les dispositifs, interactions et protocoles existants
- Évaluer pour les scénarios types les apports positifs et limites des dispositifs et des interactions existantes
- Recensement et évaluation des dispositifs existants (interactions et interfaces existantes) en santé et autres domaines, connexes ou non
- État de l'art, littérature scientifique ou grise portant sur le sujet (ex: alliance thérapeutique, partenariat soignant-patient)
- Analyse du terrain des projets potentiels

2e année — conception et modélisation

- Approfondir les projets, expérimentation, évaluation, accompagnement du développement auprès des partenaires industriels du projet IHU
- Concevoir et modéliser des réponses formelles possibles
- Réaliser une maquette logicielle/expérientielle du/des framework(s)/protocole(s)
- Réaliser un carnet de recherche-projet

3e année — finalisation des projets et rédaction de la thèse

- Appliquer le modèle sur 2 projets au moins
- Évaluer la mise en œuvre du protocole dans les 2 cas d'usage choisis
- Livrable écrit
- Soutenance