

L'Interaction Homme-Machine contre le changement climatique : retour sur une controverse

Guillaume RIVIÈRE

Univ. Bordeaux, ESTIA, LaBRI,
UMR 5800

F-64210 Bidart, France

g.riviere@estia.fr

Human-Computer Interaction against Climate Change: Review of a Controversy

Abstract. Human-Computer Interaction (HCI) is a means for Information and Communication Technologies to help facing the climate-change challenge. Researchers have conducted work on this way for two decades. They followed the track of progressive change through persuasion for individual consumption reduction. This track is however seriously discussed which leads the community to retarget coming research. This paper reviews the main criticisms of the controversy that takes place in the community, and considers a possible track to overcome the problems: a radical change through new social practices.

Key words: Information and Communication Technologies (ICT), Human-Computer Interaction (HCI), climate change, sustainability, controversy, criticisms.

Résumé. Un des moyens par lesquels les Technologies de l'Information et de la Communication peuvent contribuer à faire face au défi du changement climatique est par l'Interaction Homme-Machine. Des travaux de recherche ont déjà été conduits en ce sens depuis deux décennies. La voie empruntée, d'un changement progressif par réduction de la consommation individuelle, est cependant remise en cause sur certains points, ce qui doit amener la communauté à réorienter les prochains travaux de recherche. Cet article assemble les principales critiques issues de la controverse qui animent la communauté et envisage une voie ouverte pour remédier à cette remise en question : un changement radical par de nouvelles pratiques sociales.

Mots-clés : Technologies de l'Information et de la Communication (TIC), Interaction Homme-Machine (IHM), changement climatique, soutenabilité, développement durable, controverse, critiques.

Édité par Pr. J.M.C. Bastien (Université de Lorraine) & Pr. G. Calvary (Univ. Grenoble Alpes)

1 INTRODUCTION

La gestion durable des ressources et le dérèglement climatique deviennent de plus en plus alarmants : 25 ans après le premier avertissement de plus d'un millier de scientifiques (Kendall & 1,575 scientist signatories, 1992), c'est plus d'une dizaine de milliers qui vient de signer un deuxième avertissement à l'humanité (Ripple et al., 2017). Cet enjeu a commencé à soucier le domaine de l'Interaction Homme-Machine (IHM) depuis deux décennies. L'Interaction Homme-Machine est une discipline qui « a pour mission l'élaboration de théories, de modèles, de méthodes et de solutions techniques pour la conception et la mise en œuvre de systèmes interactifs utiles, utilisables et plaisants, et ceci en toute circonstance » (Coutaz, 2013). Les chercheurs en Interaction Homme-Machine souhaitent (trouver un moyen de) mettre à contribution les systèmes interactifs pour aider à relever ce défi environnemental rencontré par l'humanité.

La première approche de la cause environnementale par l'Interaction Homme-Machine est de réduire la consommation énergétique en utilisant la « persuasion technologique » (Fogg, 1998). Dans cette approche, la technologie est intentionnellement conçue pour « tenter de changer les attitudes, les comportements, ou les deux (sans contraindre ni tromper) » (Fogg, 2003, p. 15). La persuasion est déjà un thème de recherche en psychologie sociale (Joule & Beauvois, 1987). Le concept de la persuasion technologique est d'en reproduire les mécanismes au sein des interfaces homme-machine. Elle y trouve des applications, par exemple, dans le commerce en ligne (Negri & Senach, 2015), la santé (Fenicio & Calvary, 2015) et les loisirs (Fenicio et al., 2017). Cette approche visant à agir sur les comportements grâce aux ordinateurs a également ouvert la voie à de nombreux travaux de recherche en Interaction Homme-Machine pour la cause environnementale en ciblant la consommation de ressources comme l'eau (Arroyo et al., 2005 ; Froehlich et al., 2012 ; Kuznetsov & Paulos, 2010) ou l'énergie (Cano et al., 2015 ; Daniel et al., 2016).

Cette approche originale de la cause environnementale en Interaction Homme-Machine a inspiré un sous-ensemble d'autres approches. L'objectif de l'approche « eco-feedback », basée sur le principe d'auto-surveillance, est de fournir des « retours d'information sur des comportements individuels ou collectifs afin de réduire l'impact environnemental » (Froehlich et al., 2010). Dans cette lignée, une approche est de fournir ces informations de manière ambiante (Ham & Midden, 2010 ; Heller & Borchers, 2011 ; Piccolo et al., 2017 ; Rodgers & Bartram, 2011 ; Valkanova et al., 2013), c'est-à-dire au sein de l'environnement de l'utilisateur, perçu par son attention périphérique (Weiser & Brown, 1996). Requérir l'attention centrale de l'utilisateur peut alors devenir facultatif sans perdre le potentiel de persuasion (Ham & Midden, 2010 ; Ham et al., 2009). Une autre approche est d'utiliser « l'informatique ubiquitaire » (Intille, 2002) ou « l'intelligence ambiante » (Aarts et al., 2007) afin de persuader l'utilisateur, de manière personnalisée, au bon moment et au bon endroit. Une autre approche encore est de recourir à des fonctions de ludification, basée sur les principes de conditionnement, de coopération, ou de compétition, afin d'augmenter l'efficacité du système persuasif (Gustafsson et al., 2010 ; Hamari et al., 2014 ; Negri & Senach, 2015). La ludification ajoute des mécanismes de jeu à des contextes non-récréatifs (Deterding et al., 2011).

En 2007, sans se référer aux travaux de recherche initiaux de la persuasion technologique, les approches en Interaction Homme-Machine pour la cause environnementale sont distinguées selon deux orientations distinctes : la soutenabilité *par* la conception et la soutenabilité *dans* la conception (Mankoff et al., 2007). D'un côté, la soutenabilité *dans* la conception cherche à minimiser l'empreinte environnementale des interfaces elles-mêmes : par exemple, en termes de déchets matériels et de consommation d'énergie des interfaces de l'informatique ubiquitaire (Jain & Wullert, 2002) ; ou encore, par la « conception d'interaction soutenable » en prenant en compte les implications environnementales au moment de la conception des interfaces (Blevins, 2007). Cette voie interroge de manière plus radicale une vision alternative déviant du système économique en

vigueur, en soulevant notamment le problème du cycle d'obsolescence mutuelle entre matériel et logiciel, se rendant, l'un et l'autre, prématurément obsolètes (Blevis, 2007). De l'autre côté, la soutenabilité *par* la conception cherche à encourager des modes de vie plus vertueux et à aider à prendre de meilleures décisions. L'« approche persuasive » entre dans cette deuxième orientation. En 2010, les approches sont cartographiées sous l'appellation de l'« Interaction Homme-Machine soutenable » (DiSalvo et al., 2010) et une analyse comparative souligne les défauts d'ambition des travaux initiaux, se restreignant au maintien du système économique actuel sous assistance de capteurs, tentant de rectifier et de normaliser les comportements individuels de consommation des ressources, ce qui conduit à de nombreuses critiques de l'approche originale.

Ces critiques de l'approche originale des travaux de l'Interaction Homme-Machine pour la soutenabilité sont disséminées au travers de nombreux articles et restent encore mal connues au sein de la communauté. Les arguments décriant l'approche originale sont encore peu répandus. Sans y avoir participé ou en avoir été informé, ce qui a pris la tournure d'une controverse, passe encore inaperçu par la simple lecture des articles, comme (Silberman et al., 2014). Nous proposons par cet article de rendre compte de cette controverse en reprenant les critiques les plus saillantes qui l'ont animée ces dernières années.

LES APPORTS DE CETTE RECHERCHE :

- ✓ Discerner deux approches de la soutenabilité en Interaction Homme-Machine.
- ✓ Assembler les critiques de la controverse entre ces deux approches.
- ✓ Envisager une nouvelle direction à prendre par les travaux de recherche futurs.

2 LES CRITIQUES EMISES PAR LA CONTROVERSE

Dès 2010, une critique dénonce la vision trop étroite et moderniste (Dourish, 2010 ; Strengers, 2011 ; Brynjarsdóttir et al., 2012) des premiers travaux de recherche conduits en Interaction Homme-Machine pour la cause environnementale. Cette critique initiale trouve écho dans d'autres travaux de recherche (Knowles, 2013 ; Knowles et al., 2014a,b) et plusieurs limites résultent de ces observations. Beaucoup des arguments développés sont basés sur le raisonnement, et ne résultent pas forcément d'une expérimentation, mais sont néanmoins convaincants. Nous reprenons l'essence de ces arguments en les structurant en quatre composantes principales.

2.1 Une conception experte et moderniste

L'analyse de Brynjarsdóttir et al. (2012) critique comment la persuasion technologique a façonné l'Interaction Homme-Machine pour la soutenabilité. Notamment, ils reprochent le caractère « moderniste » des travaux de recherche. Ils réfèrent au « modernisme » comme un large courant culturel trouvant son apogée au début du XX^e siècle. Les sociétés modernistes pensent pouvoir calculer, prédire, améliorer et contrôler la vie grâce à la science et à la technique. Un exemple manifeste de limitation des approches modernistes fut la gestion de l'exploitation forestière à la fin du XVIII^e siècle en Allemagne: celle-ci optimisa les rendements et remplaçât la végétation non rentable. « À court terme, la production augmenta, mais après 80 ans (c.-à-d., un cycle de vie) la forêt commença à dépérir. » Dans cet exemple, l'échec réside dans l'ignorance de la complexité du fonctionnement de l'écosystème forestier dans son ensemble. Ce constat reste d'actualité dans la qualification de « solutionnisme technologique » qui critique l'ambition des entrepreneurs de la Silicon Valley de vouloir résoudre les problèmes du monde par la technologie : l'obésité, l'insomnie, les embouteillages, ou encore le changement climatique (Morozov, 2014). Plus globalement, ce sont les approches voulant tout résoudre par la technologie qui sont critiquées : tant le « design d'interaction soutenable » que la « persuasion technologique » sont donc concernés par ces critiques.

L'approche initiée par la persuasion technologique recèle en effet de nombreux caractères du modernisme (Brynjarsdóttir et al., 2012) :

« Vouloir surveiller et superviser, le comportement humain, avec des capteurs, réside en une croyance dans les calculs à pouvoir modéliser la soutenabilité. L'intention de changer le comportement est un exemple de tentative de contrôle des aléas pour conduire au résultat prédit et souhaitable. La sélection amont d'indicateurs révèle la grande importance donnée à la connaissance des experts comme étant la force motrice pouvant trouver des solutions. »

Une principale faiblesse de cette approche est de vouloir piloter la vie quotidienne des utilisateurs en les considérant comme des gestionnaires de ressources. Cette approche repose sur des principes d'optimisation de comportements de consommation, comme la régulation entre l'offre et la demande (Strengers, 2011), et de prises de décisions rationnelles basées sur des indicateurs, comme dans le pilotage d'une entreprise ou la balance bénéfico-risque d'acteurs économiques de marchés (Dourish, 2010). Or, l'observation et l'analyse de la vie quotidienne, plutôt que du point de vue de la gestion de ressources (Strengers, 2014), devraient s'aborder par des théories sur les pratiques sociales (Strengers, 2011). Certaines pratiques sociales sont non négociables et d'autres évoluent selon les époques sans que cela puisse s'expliquer rationnellement (Strengers, 2011) : une entropie plafonne ainsi les gains possibles (environ 20% au plus) et la seule volonté des concepteurs est insuffisante. Le changement climatique est finalement juste une raison parmi d'autres entrant dans les prises de décision : le confort de la vie moderne, la nécessité de travailler, sans se marginaliser, en sont autant d'autres qui limitent l'adoption massive de comportements vertueux. Constater l'impact limité des alarmes répétées lancées par les scientifiques sur le changement climatique (Kendall & 1,575 scientist signatories, 1992 ; Ripple et al., 2017) suffit à s'en rendre compte.

2.2 Qui produit des effets de bord

L'effet observé sur le comportement est parfois contraire à l'intention initiale du concepteur. La comparaison sociale, par exemple, est une fonction de persuasion qui peut encourager des personnes déjà impliquées dans un comportement pro-environnemental à faire encore plus (Erickson et al., 2013), mais la comparaison sociale peut aussi déculpabiliser des personnes qui consomment moins que la moyenne et qui se mettent alors à consommer davantage (c'est-à-dire, comme un effet de boomerang (Schultz et al., 2007)). La comparaison sociale devrait donc intervenir qu'après adhésion préalable à des valeurs pro-environnementales.

Donner de l'information sur ce que les gens ne *doivent* pas faire (mais qui sont des pratiques sociales nécessaires qu'ils font quand même, pour des raisons culturelles ou de commodité), peut se révéler inefficace : les gens culpabilisent, ressentent de ne pas avoir de contrôle, et deviennent moins enclins à adopter un comportement pro-environnemental (Blackmore et al., 2013, p. 35 ; Knowles et al., 2014b). Des systèmes persuasifs qui poussent les gens à réfléchir s'ils *peuvent* aider est une stratégie plus probante (Weinstein et al., 2010).

Quantifier les conséquences du changement de comportement est une stratégie pour encourager les personnes engagées et maintenir leur engagement. Rendre compte des efforts et fixer des objectifs aident aussi à réguler le comportement pro-environnemental et à progresser. Seulement, lorsque la quantification et les objectifs fixés sont pécuniaires, rien ne garantit que les économies réalisées ne soient pas dépensées dans des activités ou des achats encore plus polluants (Knowles et al., 2014b).

2.3 Qui s'affranchit de convaincre

Les systèmes persuasifs conçus dans le domaine de l'Interaction Homme-Machine contre le changement climatique manquent d'éléments de réflexion forts (Knowles et al., 2014b) pour convaincre de l'importance de protéger l'environnement :

« Le défi de la persuasion ne doit pas être d'engager des personnes dans des comportements pro-environnementaux alors qu'ils ne se préoccupent pas vraiment de l'environnement, mais plutôt de faire que les gens se préoccupent vraiment de l'environnement. »

Il serait bénéfique de faire vivre des expériences (faire une activité, lire un texte, explorer des fictions, ...) pour adhérer aux valeurs pro-environnementales (Knowles, 2013) et à un futur ambitieux (Knowles et al., 2014a). Même si parfois convaincre ne suffit pas, comme lorsque les idées de l'individu s'alignent sur son comportement (Fointiat et al., 2013), changer d'attitude ou rendre une attitude plus résistante peut tout de même être un préalable nécessaire pour consentir à des efforts et que le comportement s'aligne sur les attitudes.

2.4 Et qui cible des gestes individuels

Une dernière critique est de cibler de « petits gestes » environnementaux. Focaliser sur les individus et sur les comportements est trop restreint : le gain possible sera faible car les individus s'inscrivent dans un contexte socio-culturel et politique (Brynjarsdóttir et al., 2012). Dévier de la norme en vigueur reviendrait à se marginaliser. La cible devrait plutôt être d'instaurer ou d'accompagner des pratiques partagées socialement (Pierce et al., 2013) et de persuader les utilisateurs qu'ils partagent tous les mêmes intérêts (Dourish, 2010).

Exiger de petits gestes est un aveuglement. Rien n'indique dans la définition de la persuasion technologique que les gestes doivent être petits ou conséquents. Éteindre la lumière est important. Refermer le robinet l'est aussi. Néanmoins, ces gestes simples, que chacun peut certes faire individuellement (sans attendre le reste de la société), esquivent les vrais choix de mode de vie plus difficiles à faire pour aller vers une société soutenable (Brynjarsdóttir et al., 2012). De plus, l'impact de ces petits gestes restera limité : « les conséquences d'améliorations marginales au niveau individuel seront des améliorations marginales au niveau collectif » (Knowles et al., 2014b). Enfin, faire penser que de petits gestes suffisent amoindrit la réalité de l'ampleur et de l'importance du problème environnemental à venir. La stratégie des mini-habitudes (*tiny habits*) de Fogg (2019) propose d'opérer le changement de comportement en le découpant en plus petites étapes (*baby steps*). Les systèmes persuasifs conçus dans le domaine de l'Interaction Homme-Machine pour la soutenabilité n'incluent cependant pas de mécanisme amenant vers des gestes plus conséquents.

Enfin, les gestes individuels font peser une lourde responsabilité. Demander à chacun de faire un petit geste individuel fait reposer la responsabilité du changement climatique sur les épaules des consommateurs (Knowles et al., 2014a). Mieux attribuer les responsabilités aiderait à mieux déterminer les objectifs à atteindre par l'ensemble des acteurs sociaux, comme les entreprises ou les états (Dourish, 2010).

3 DISCUSSION

Les défauts précédemment mis en exergue sont causés par un cadrage trop étroit du défi environnemental, comme s'il s'agissait d'un ensemble de petits problèmes à résoudre en optimisant le comportement des consommateurs. Cette démarche de « changement progressif (incrémental, pas à pas) » s'oppose à un « changement systémique » plus radical (Brynjarsdóttir et al., 2012 ; Knowles et al., 2018). C'est-à-dire que plutôt que d'optimiser les comportements individuels, l'objectif devrait être de faire adopter de nouvelles pratiques partagées au niveau social (Blevis, 2007 ; Brynjarsdóttir et al., 2012 ; Pierce et al., 2013) et de relier et de connecter les gens au niveau où les bénéfices de leurs pratiques communes seront visibles et opérants (Dourish, 2010).

De telles nouvelles pratiques restent à imaginer. Laver son linge les jours ensoleillés et fabriquer son pain les jours de vent sont par exemple des propositions pour profiter de l'énergie locale (Pierce & Paulos, 2012). Surtout, le rôle de l'Interaction Homme-Machine dans ces nouvelles pratiques, ou dans leur création, leur promotion ou leur adoption, reste à

établir. L'évolution des pratiques partagées socialement s'explique parfois autrement que par des actions rationnelles, comme par exemple la succession de différentes périodes de la toilette corporelle depuis le XVII^e siècle (Strengers, 2011).

Mais les interfaces homme-machine pour la soutenabilité sont potentiellement autres que celles imaginées spécifiquement comme telles. Ces interfaces pourraient prendre la forme d'interfaces homme-machine favorisant la mise en relation de personnes pour, par exemple, le partage systématique des véhicules ou la location à grande échelle de biens de consommation entre particuliers.

Somme toute, au-delà des comportements des consommateurs (particuliers ou employés), les pratiques économiques sont également à revoir, comme l'obsolescence prématurée (Blevis, 2007). Knowles et al. (2018) suggèrent que l'Interaction Homme-Machine pour la soutenabilité ne doit pas rester apolitique et proposent de s'appuyer sur les investigations de Klein (2015) pour réorienter et fédérer les différentes approches de la communauté. Klein (2015) démontre que le problème climatique doit être envisagé plus largement qu'au niveau technologique : le vrai blocage se situe au niveau des obstacles politiques et idéologiques. Selon Klein, le problème du changement climatique doit être résolu en amont, à la racine de ses causes : le système économique du capitalisme contemporain et de l'idéologie néolibérale du marché libre doit être remis en cause. Dès lors, les solutions à étudier en Interaction Homme-Machine doivent contribuer à faire réaliser les conséquences à venir, à comprendre qu'il est possible de vivre autrement, à construire un nouveau système économique, à favoriser les réponses locales, à aspirer à un autre avenir possible et à mobiliser les citoyens, sont autant de pistes (Knowles et al., 2018). Ce positionnement large peut effectivement être une source d'inspiration pour fonder les origines de pratiques novatrices. Ces idées suggèrent notamment que la procrastination depuis le premier avertissement des scientifiques en 1992 (Kendall & 1,575 scientist signatories, 1992) ne permet plus de se contenter d'optimisations mais d'étudier dès aujourd'hui des alternatives radicales (Knowles et al., 2018).

Les arguments de la controverse dénoncent de nombreux aspects des travaux de recherche initiaux, sans toutefois dessiner d'exemple concret représentant le devenir de l'Interaction Homme-Machine pour la soutenabilité. Ce n'est pas tant l'utilisation de la persuasion technologique qui est incriminée, que la définition des objectifs à atteindre et d'une stratégie globale, politique et sociale : les technologies persuasives sont uniquement des outils pour atteindre ces objectifs. Poser les bonnes questions est un préalable aux réponses pertinentes. L'opportunité est donc ouverte d'être force de proposition. Engager à faire de petits gestes (utiles) peut se voir comme un pied-dans-la-porte (Joule & Beauvois, 1987) pour demander des efforts plus conséquents par la suite. Mais, quelle suite ? (c'est-à-dire, quelles pratiques ?) Et surtout, quelles missions doivent assumer l'Interaction Homme-Machine et les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) ?

Le rapport spécial du GIEC¹, approuvé le 8 octobre 2018 sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5°C (Allen et al., 2018) prévient que le délai est désormais de douze ans pour limiter la hausse globale des températures à 1,5°C (par rapport aux niveaux préindustriels) et rester dans un monde proche de celui que nous connaissons², sachant que les conséquences d'un réchauffement de 2°C seront deux fois plus impactantes qu'à 1,5°C : ce délai doit être utilisé pour réduire de moitié les émissions nettes de CO₂ d'ici à 2030 (moins 45%), pour ensuite atteindre des émissions de CO₂ nulles en 2050 (moins 100%). L'atteinte de ces deux objectifs passe par un plan d'action mondial : la « nouvelle donne verte » (*Green New Deal*). Ce plan d'action doit être conduit tant sur le flanc social et politique (Klein, 2019) que sur le flanc économique et technologique (Rifkin, 2019) pour sortir

¹ GIEC : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat est un organisme créé en 1988 qui dépend de l'ONU.

² Actuellement, la hausse globale des températures est déjà de 1°C par rapport aux niveaux préindustriels. La trajectoire actuelle, si rien n'est entrepris, conduira à une hausse des températures globales estimée de 3°C à 5°C par rapport aux niveaux préindustriels.

de la « civilisation industrielle fondée sur les combustibles fossiles ». L'accompagnement des comportements durant ce plan d'action et l'assistance des nouveaux modes de vie dans le contexte résultant sont autant de pistes de recherche à ouvrir pour réorienter les travaux de l'Interaction Homme-Machine pour la soutenabilité.

Il est aujourd'hui nécessaire de cerner le contour des possibles pour l'Interaction Homme-Machine contre le changement climatique. Quelles compétences peuvent être mises à profit ? Devrions-nous en rester à ce que nous savons faire : comme recueillir le besoin, concevoir, développer, évaluer... (Strengers, 2011), plutôt que de vouloir sauver la planète en révolutionnant la société ? Les questions sont volontairement provocatrices, car les efforts consentis sont encore insuffisants alors que l'urgence est là. Si tant est que nous pensions que l'Interaction Homme-Machine peut contribuer de manière spécifique à la soutenabilité, nous devrions renforcer la mobilisation de la communauté en nous emparant de ces questions.

4 CONCLUSION

Plusieurs articles scientifiques mettent en évidence les limitations de l'approche première, à savoir la réduction individuelle de la consommation, entreprise par l'Interaction Homme-Machine pour aborder le problème du changement climatique. La controverse qui en résulte souligne une conception moderniste et experte, qui produit des effets de bord, qui s'affranchit de convaincre et qui cible des (petits) gestes individuels. Une meilleure appropriation par la communauté des arguments développés doit aider à réorienter les travaux de recherche. Plutôt que de chercher à modifier les comportements individuels, il est suggéré de s'orienter vers la création de nouvelles pratiques sociales. Cette deuxième approche, plus radicale, s'inscrit dans l'anticipation de changements systémiques plutôt que progressifs. L'Interaction Homme-Machine doit s'emparer de la question pour repenser sa contribution pour relever le défi climatique. Une direction envisagée pour concilier et aligner les deux approches autour d'un dessein commun est de s'appuyer sur les investigations, d'une part, de Naomi Klein en incluant et en ciblant les blocages politiques et idéologiques qui empêchent de répondre au problème climatique depuis plusieurs décennies et, d'autre part, de Jeremy Rifkin pour sortir de la civilisation fondée sur les énergies fossiles.

LES PERSPECTIVES D'APPLICATION DE CETTE RECHERCHE :

- ✓ Remédier aux limites du changement des comportements individuels de consommation.
- ✓ Orienter les travaux de recherche vers la création de pratiques partagées socialement.
- ✓ Interroger l'Interaction Homme-Machine sur le rôle à jouer dans le défi climatique.
- ✓ Concilier les approches avec une source d'inspiration ambitieuse commune.

5 REFERENCES

- ▶ Aarts, E., Markopoulos, P., & de Ruyter, B. (2007). The Persuasiveness of Ambient Intelligence. In *Security, Privacy, and Trust in Modern Data Management*, Part V, Springer, Berlin, Germany, pp. 367–381.
- ▶ Allen, M., Babiker, M., Chen, Y., et al. (2018). *GLOBAL WARMING OF 1.5 °C – an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Technical report, IPCC/WMO, Geneva, Switzerland.
- ▶ Arroyo, E., Bonanni, L., & Selker, T. (2005). Waterbot: Exploring Feedback and Persuasive Techniques at the Sink. In *Proceedings of the 23rd SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '05, ACM, New York, NY, USA, pp. 631–639.
- ▶ Blackmore, E., Underhill, R., McQuilkin, J., & Leach, R. (2013). *Common Cause for Nature: Values and Frames in Conservation*. Technical report, Public Interest Research Centre, Machynlleth, Wales, UK.

- ▶ Blevis, E. (2007). Sustainable Interaction Design: Invention & Disposal, Renewal & Reuse. In *Proceedings of the 25th SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '07, ACM, New York, NY, USA, pp. 503–512.
- ▶ Brynjarsdóttir, H., Håkansson, M., Pierce, J., Baumer, E., DiSalvo, C., & Sengers, P. (2012). Sustainably Unpersuaded: How Persuasion Narrows Our Vision of Sustainability. In *Proceedings of the 30th SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '12, ACM, New York, NY, USA, pp. 947–956.
- ▶ Cano, G., Laurillau, Y., & Calvary, G. (2015). Persuasion technologique et Energie : revue critique de l'état de l'art. *Journal d'Interaction Personne-Système*, 4(1):48–68.
- ▶ Coutaz, J. (2013). Essai sans prétention sur l'Interaction Homme-Machine et son évolution. *1024 : Bulletin de la Société Informatique de France*, (1):15–33.
- ▶ Daniel, M., Rivière, G., Couture, N., & Kreckelbergh, S. (2016). Une analyse des Systèmes Interactifs et Persuasifs pour la maîtrise de l'énergie. In *Actes de la 28e conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine*, IHM 2016, ACM Press, pp. 197–210.
- ▶ Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From Game Design Elements to Gamefulness: Defining "Gamification". In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, MindTrek '11, ACM, New York, NY, USA, pp. 9–15.
- ▶ DiSalvo, C., Sengers, P., & Brynjarsdóttir, H. (2010). Mapping the Landscape of Sustainable HCI. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '10, ACM, New York, NY, USA, pp. 1975–1984.
- ▶ Dourish, P. (2010). HCI and Environmental Sustainability: the Politics of Design and the Design of Politics. In *Proceedings of the 8th ACM Conference on Designing Interactive Systems*, DIS '10, ACM, New York, NY, USA, pp. 1–10.
- ▶ Erickson, T., Li, M., Kim, Y., Deshpande, A., Sahu, S., Chao, T., Sukaviriya, P., & Naphade, M. (2013). The Dubuque Electricity Portal: Evaluation of a City-scale Residential Electricity Consumption Feedback System. In *Proceedings of the 31st SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '13, ACM, New York, NY, USA, pp. 1203–1212.
- ▶ Fenicio, A. & Calvary, G. (2015). Persuasion through an Ambient Device: Proof of Concept and Early Evaluation of CRegrette, a Smoking Cessation System. In *Proceedings of the 12th European Conference on Ambient Intelligence*, Aml'2015, Springer International Publishing, Cham, Switzerland, pp. 252–267.
- ▶ Fenicio, A., Laurillau, Y., & Calvary, G. (2017). Persuasive events and user's roles in mobile-based interactive solutions for nature discovery. In *Proceedings of the 14th EAI International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking and Services*, Mobiquitous'17, ACM, New York, NY, USA, pp. 511–519.
- ▶ Fointiat, V., Girandola, F., & Gosling, P. (2013). *La dissonance cognitive quand les actes changent les idées*. Armand Colin, Paris, France.
- ▶ Fogg, B. J. (1998). Persuasive Computers: Perspectives and Research Directions. In *Proceedings of the 16th SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '98, ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co, New York, NY, USA, pp. 225–232.
- ▶ Fogg, B. J. (2003). *Persuasive Technology: Using Computers to Change What We Think and Do*. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA, USA.
- ▶ Fogg, B. J. (2019). *Tiny Habits: The Small Changes That Change Everything*. Houghton Mifflin Harcourt, Boston, MA, USA.
- ▶ Froehlich, J., Findlater, L., & Landay, J. (2010). The Design of Eco-feedback Technology. In *Proceedings of the 28th SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '10, ACM, New York, NY, USA, pp. 1999–2008.
- ▶ Froehlich, J., Findlater, L., Ostergren, M., Ramanathan, S., Peterson, J., Wragg, I., Larson, E., Fu, F., Bai, M., Patel, S., & Landay, J. A. (2012). The Design and Evaluation of Prototype Eco-feedback Displays for Fixture-level Water Usage Data. In *Proceedings of the 30th SIGCHI*

Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '12, ACM, New York, NY, USA, pp. 2367–2376.

- ▶ Gustafsson, A., Katzeff, C., & Bang, M. (2010). Evaluation of a Pervasive Game for Domestic Energy Engagement among Teenagers. *Comput. Entertain.*, 7(4):54:1–54:19.
- ▶ Ham, J. & Midden, C. (2010). Ambient Persuasive Technology Needs Little Cognitive Effort: The Differential Effects of Cognitive Load on Lighting Feedback Versus Factual Feedback. In *Proceedings of the 5th International Conference on Persuasive Technology*, PERSUASIVE '10, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 132–142.
- ▶ Ham, J., Midden, C., & Beute, F. (2009). Can ambient persuasive technology persuade unconsciously?: using subliminal feedback to influence energy consumption ratings of household appliances. In *Proceedings of the 4th International Conference on Persuasive Technology*, PERSUASIVE '09, ACM, New York, NY, USA, Article 29, 6 pages.
- ▶ Hamari, J., Koivisto, J., & Pakkanen, T. (2014). Do Persuasive Technologies Persuade? – A Review of Empirical Studies. In *Proceedings of the 9th International Conference on Persuasive Technology*, PERSUASIVE '14, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 118–136.
- ▶ Heller, F. & Borchers, J. (2011). PowerSocket: Towards On-outlet Power Consumption Visualization. In *CHI '11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '11, ACM, New York, NY, USA, pp. 1981–1986.
- ▶ Intille, S.S. (2002). Designing a Home of the Future. *IEEE Pervasive Computing*, 1(2):80–86.
- ▶ Jain, R. & Wullert, J. (2002). Challenges: environmental design for pervasive computing systems. In *Proceedings of the 8th annual international conference on Mobile computing and networking*, MobiCom '02, ACM, New York, NY, USA, pp. 263–270.
- ▶ Joule, R.-V. & Beauvois, J.-L. (1987). *Petit traité de manipulation à l'usage des honnêtes gens*. Presses universitaires de Grenoble, Grenoble, France.
- ▶ Kendall, H. & 1,575 scientist signatories (1992). World Scientists' Warning to Humanity. Union of Concerned Scientists.
- ▶ Klein, N. (2015). *Tout peut changer : Capitalisme et changement climatique*. Actes Sud, Arles, France.
- ▶ Klein, N. (2019). *Plan b pour la planète: le new deal vert*. Actes Sud, Arles, France.
- ▶ Knowles, B. (2013). Re-imagining Persuasion: Designing for Self-transcendence. In *CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '13, ACM, New York, NY, USA, pp. 2713–2718.
- ▶ Knowles, B., Bates, O., & Håkansson, M. (2018). This Changes Sustainable HCI. In *Proceedings of the 36th SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '18, ACM, New York, NY, USA, Article 471, 12 pages.
- ▶ Knowles, B., Blair, L., Coulton, P., & Lochrie, M. (2014a). Rethinking Plan A for Sustainable HCI. In *Proceedings of the 32nd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '14, ACM, New York, NY, USA, pp. 3593–3596.
- ▶ Knowles, B., Blair, L., Walker, S., Coulton, P., Thomas, L., & Mullagh, L. (2014b). Patterns of Persuasion for Sustainability. In *Proceedings of the 2014 Conference on Designing Interactive Systems*, DIS '14, ACM, New York, NY, USA, pp. 1035–1044.
- ▶ Kuznetsov, S. & Paulos, E. (2010). Upstream: Motivating water conservation with low-cost water flow sensing and persuasive displays. In *Proceedings of the 28th SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '10, ACM, New York, NY, USA, pp. 1851–1860.
- ▶ Mankoff, J. C., Blevis, E., Borning, A., Friedman, B., Fussell, S. R., Hasbrouck, J., Sengers, P., & Woodruff, A. (2007). Environmental sustainability and interaction. In *CHI '07 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '07, ACM, New York, NY, USA, pp. 2121–2124.
- ▶ Morozov, E.V. (2014). *Pour tout résoudre cliquez ici: L'aberration du solutionnisme technologique*. FYP Editions, Limoges, France.

- ▶ Negri, A.-L. & Senach, B. (2015b). Systèmes ludo-persuasifs pour la consommation durable : 2 – Elaboration d'une grille de principes ludo-persuasifs. *Journal d'Interaction Personne-Système*, 4(1):141–162.
- ▶ Piccolo, L. S. G., Baranauskas, C., & Azevedo, R. (2017). A socially inspired energy feedback technology: challenges in a developing scenario. *AI & Society*, 32(3):383–399.
- ▶ Pierce, J. & Paulos, E. (2012). The local energy indicator: designing for wind and solar energy systems in the home. In *Proceedings of the Designing Interactive Systems Conference*, DIS '12, ACM, New York, NY, USA, pp. 631–634.
- ▶ Pierce, J., Strengers, Y., Sengers, P., & Bødker, S. (2013). Introduction to the Special Issue on Practice-oriented Approaches to Sustainable HCI. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, 20(4):20:1–20:8.
- ▶ Rifkin, J. (2019). *Le new deal vert mondial*. Les Liens Qui Libèrent, Paris, France.
- ▶ Ripple, W. J., Wolf, C., Newsome, T. M., Galetti, M., Alamgir, M., Crist, E., Mahmoud, M. I., Laurance, W. F., & 15,364 scientist signatories from 184 countries (2017). World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice. *BioScience*, 67(12):1026–1028.
- ▶ Rodgers, J. & Bartram, L. (2011). Exploring Ambient and Artistic Visualization for Residential Energy Use Feedback. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 17(12):2489–2497.
- ▶ Schultz, P. W., Nolan, J. M., Cialdini, R. B., Goldstein, N. J., & Griskevicius, V. (2007). The Constructive, Destructive, and Reconstructive Power of Social Norms. *Psychological science*, 18(5):429–434.
- ▶ Silberman, M.S., Nathan, L., Knowles, B., Bendor, R., Clear, A., Håkansson, M., Dillahunt, T., & Mankoff, J. (2014). Next steps for sustainable HCI. *Interactions*, 21(5):66–69.
- ▶ Strengers, Y. (2011). Designing Eco-feedback Systems for Everyday Life. In *Proceedings of the 29th SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '11, ACM, New York, NY, USA, pp. 2135–2144.
- ▶ Strengers, Y. (2014). Smart energy in everyday life: are you designing for resource man? *Interactions*, 21(4):24–31.
- ▶ Valkanova, N., Jordà, S., Tomitsch, M., & Vande Moere, A. (2013). Reveal-it!: The Impact of a Social Visualization Projection on Public Awareness and Discourse. In *Proceedings of the 31st SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '13, ACM, New York, NY, USA, pp. 3461–3470.
- ▶ Weinstein, N., Hodgins, H. S., & Ryan, R. M. (2010). Autonomy and Control in Dyads: Effects on Interaction Quality and Joint Creative Performance. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 36(12):1603–1617.
- ▶ Weiser, M. & Brown, J. S. (1996). Designing Calm Technology. *PowerGrid Journal*, 1(1):75–85.

6 BIOGRAPHIE



Guillaume RIVIÈRE

est Professeur Assistant en informatique à l'école d'ingénieurs ESTIA. Docteur en Informatique, spécialité Interaction Homme-Machine (Bordeaux, 2009). Autorisé à Diriger des Thèses (Bordeaux, 2015). Qualifié aux fonctions de Maître de Conférences (Section CNU 27). Il enseigne la programmation et les systèmes d'information aux élèves ingénieurs, et intervient sur les interfaces ubiquitaires en cycle ingénieur et en master à l'université. Son domaine de recherche est l'interaction tangible depuis 2005. Ses recherches, conduites à Estia-Recherche et au LaBRI, portent sur l'étude des propriétés des interfaces utilisateur tangibles et sur la classification des interfaces utilisateur tangibles. Il applique ses recherches à des domaines comme la géophysique, l'archéologie et, plus récemment, l'intégration des énergies renouvelables. Il a co-créé et co-animé le GT Interaction Tangible de l'AFIHM de 2011 à 2018. Depuis 2019, il co-anime le GT Interaction Persuasive pour la Soutenabilité de l'AFIHM (PISTIL). Il est membre de la Société Informatique de France (SIF), de l'Association Francophone d'Interaction Homme-Machine (AFIHM) et de l'ACM.