

# Interfaces Tangibles comme Aide à la Maîtrise de l'Énergie

Maxime Daniel

ESTIA, LaBRI, Université de Bordeaux  
64210, Bidart, France  
m.daniel@estia.fr

## RÉSUMÉ

Maîtriser la demande en énergie implique d'améliorer l'efficacité énergétique mais également de promouvoir la sobriété énergétique. Depuis 10 ans, des systèmes interactifs et persuasifs sont conçus pour promouvoir la sobriété énergétique sur les espaces domestiques. Comment peut-on utiliser la tangibilité pour persuader et, notamment, pour promouvoir la sobriété énergétique au-delà des espaces domestiques ? Pour trouver des réponses à cette question, notre projet de thèse étudie les effets de l'interaction tangible sur la capacité des systèmes interactifs persuasifs à promouvoir la sobriété énergétique sur les espaces collectifs et/ou publics. Une première hypothèse que nous essayerons de vérifier est que les interfaces tangibles ambiantes fixes attirent plus l'attention des utilisateurs sur la durée que les interfaces graphiques ambiantes fixes, permettant ainsi aux SIPs de maintenir plus facilement les utilisateurs conscients des conséquences de leur comportement sur la durée. Cet article présente le contexte, la problématique, l'avancement et les perspectives du projet.

## Mots Clés

Persuasion Technologique; Interfaces Utilisateurs Tangibles; Interaction Tangible; Énergie.

## ABSTRACT

Mastering energy demand requires improving energy efficiency as much as promoting energy sufficiency. Over the last decade, interactive persuasive systems have been designed to promote energy sufficiency in domestic spaces. How can we use tangibility to persuade and, more particularly, to promote energy sufficiency beyond domestic spaces ? To find answers to this question, our thesis project studies the effects of tangible interaction on the ability of interactive persuasive systems to promote energy sufficiency in collective and/or public spaces. A first hypothesis to verify is that fixed ambient tangible interfaces draw in users' attention more often than does fixed ambient graphical interfaces. Draw in users' attention more often helps interactive persuasive systems to maintain users aware of their behavior consequences over time. This paper presents the project's context, problematic, progress and perspectives.

## Author Keywords

Persuasive Technology; Tangible User Interfaces; Tangible Interaction; Energy.

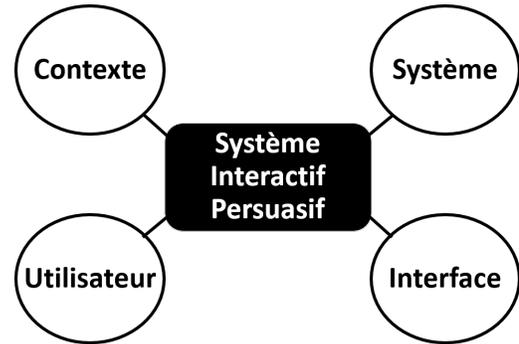


Figure 1: Cadre d'analyse pour les systèmes interactifs (et persuasifs).

## ACM Classification Keywords

H.5.2 [Information Systems] Information Interfaces and Presentation (I.7) - *User Interfaces (D.2.2, H.1.2, I.3.6) - Theory and methods.*

## INTRODUCTION

Selon des perspectives économiques et historiques [8], orienter le développement durable uniquement vers l'amélioration de l'*efficacité énergétique* (c.-à-d. réduction de la consommation d'énergie par des équipements ayant un meilleur rendement et moins de pertes dans la production ou la consommation d'énergie [10]) restera infructueux (paradoxe de Jevons, ou effet rebond), à moins qu'elle ne soit combinée avec des stratégies de *sobriété énergétique* (c.-à-d. réduction de la consommation d'énergie par un usage approprié, sans excès et mutualisé des équipements consommateurs d'énergie [10]). Dans ce contexte, depuis plus de dix ans, le domaine de la persuasion technologique propose des systèmes interactifs et persuasifs destinés à promouvoir la sobriété énergétique sur les espaces domestiques [11]. Comment peut-on utiliser la tangibilité pour persuader et, notamment, pour promouvoir la sobriété énergétique au-delà des espaces domestiques ? Pour trouver des réponses à cette question. Mon projet de thèse "Interfaces tangibles comme aide à la maîtrise de l'énergie" étudie les effets de l'interaction tangible sur la capacité des systèmes interactifs persuasifs à promouvoir la sobriété énergétique sur les espaces collectifs et/ou publics.

## CONTEXTE

### Interfaces Utilisateurs Tangibles

En 1997, Ishii et Ullmer [9] introduisent les *interfaces utilisateur tangibles* (TUIs) comme des interfaces qui utilisent

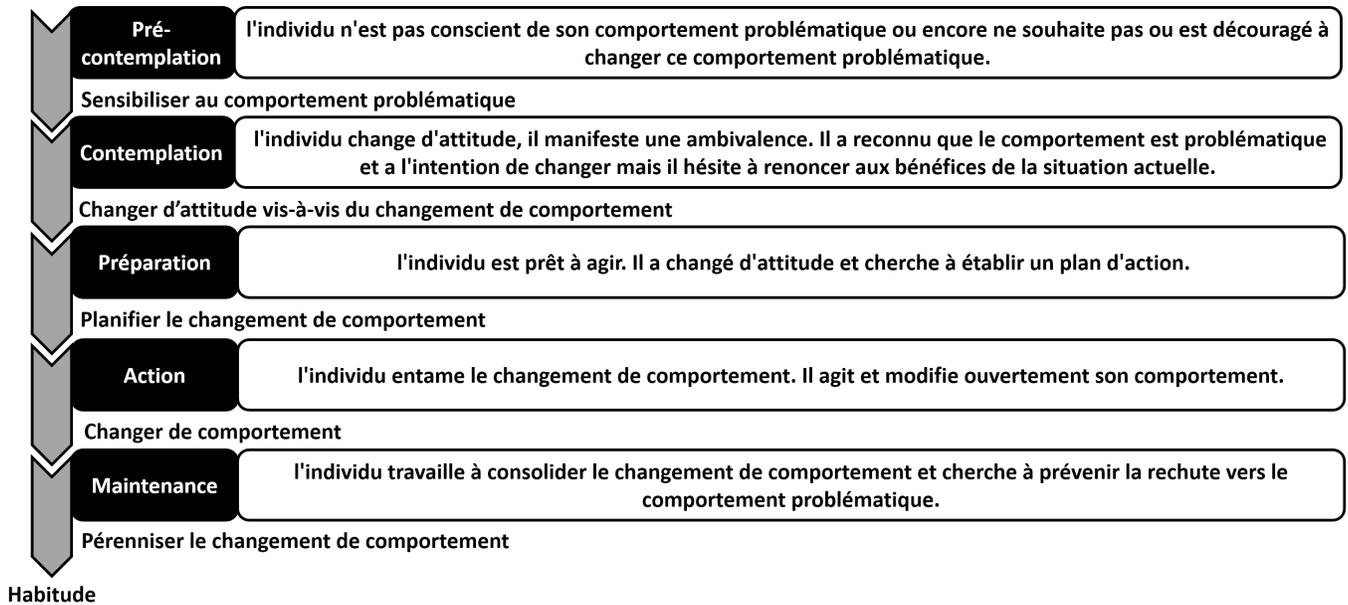


Figure 2: Modèle transthéorique du changement de comportement [12].

des artefacts physiques pour représenter et/ou manipuler des informations numériques.

### Systèmes Interactifs Persuasifs

En 1998, Fogg [5][6] introduit la *Persuasion Technologique* (ou captologie) comme une tentative de changement d'attitude (c.-à-d. prédispositions d'un individu à répondre à une personne, un objet ou une idée de manière favorable ou défavorable [2]) et/ou de comportement (c.-à-d. les actions d'un individu) par l'interaction Homme-Machine sans utiliser la tromperie ou la contrainte. Dans la suite, est appelé un Système Interactif et Persuasif (SIP) tout système interactif issu de la Persuasion Technologique. En 2013, Coutaz [3] indique qu'un système interactif peut être mesuré en termes de conformité fonctionnelle (relative au système), interactionnelle (relative à l'interface), hédonique (relative à l'utilisateur) et contextuelle (relative au contexte). À partir de cette définition, nous décrivons un SIP comme la composition de quatre entités interdépendantes que sont : le système (les données et les fonctions), l'interface, l'utilisateur et le contexte (voir Figure 1).

### PROBLÉMATIQUE

Nous cherchons à identifier et évaluer les propriétés des interfaces tangibles rendant les SIPs plus efficaces pour persuader et, notamment, pour promouvoir la sobriété énergétique sur les espaces collectifs et/ou publics.

### AVANCEMENT

Nous présentons ici un résumé des travaux que nous avons réalisés vers la résolution de la problématique énoncée.

### Domaines scientifiques et travaux relatifs

Dans un premier temps, nous avons effectué des recherches bibliographiques pour appréhender la persuasion technologique

(p. ex., définitions, modèles, théories, méthodes de conception, méthodes d'évaluation, applications) et les interfaces tangibles (p. ex., définitions, propriétés, modèles, théories, méthodes de conception, applications). Dans un second temps, nous avons recherché des travaux traitant l'application des interfaces tangibles à la persuasion technologique. Peu de travaux sont sortis de cette recherche. Un seul de ces travaux [14] évoque des propriétés de l'interaction tangible pour la persuasion technologique mais sans évoquer de méthodes pour évaluer leurs effets sur l'efficacité des SIPs.

### Analyse d'un ensemble de travaux sur la persuasion technologique pour la maîtrise de l'énergie

Par la suite, nous nous sommes intéressés à notre champ d'application, la maîtrise de l'énergie. En février 2016, nous avons effectué une revue systématique de la littérature pour comprendre la conception et la mise en œuvre des SIPs produits par le domaine de la persuasion technologique pour la maîtrise de l'énergie. Pour cela, nous avons utilisé et combiné les mots-clés *energy*, *persuasive technology*, *eco-feedback*, *gamification* et *ambient awareness* dans les bases bibliographiques de *Google Scholar* et *ACM Digital Library*. Les articles cités par les articles identifiés ont également été parcourus. En résultat, un corpus de 44 SIPs dédiés à la maîtrise de l'énergie a été assemblé. La majorité des systèmes interactifs identifiés sont intentionnellement conçus pour changer le comportement d'individus inconscients d'un problème avec leur comportement ou d'individus exprimant déjà une attitude favorable envers un changement de comportement. On notera cependant que certains systèmes interactifs du corpus sont intentionnellement conçus pour sensibiliser ou changer les attitudes et que, au regard du modèle transthéorique du changement décrivant le processus de persuasion, nous considérons tous ces SIs comme des SIPs.

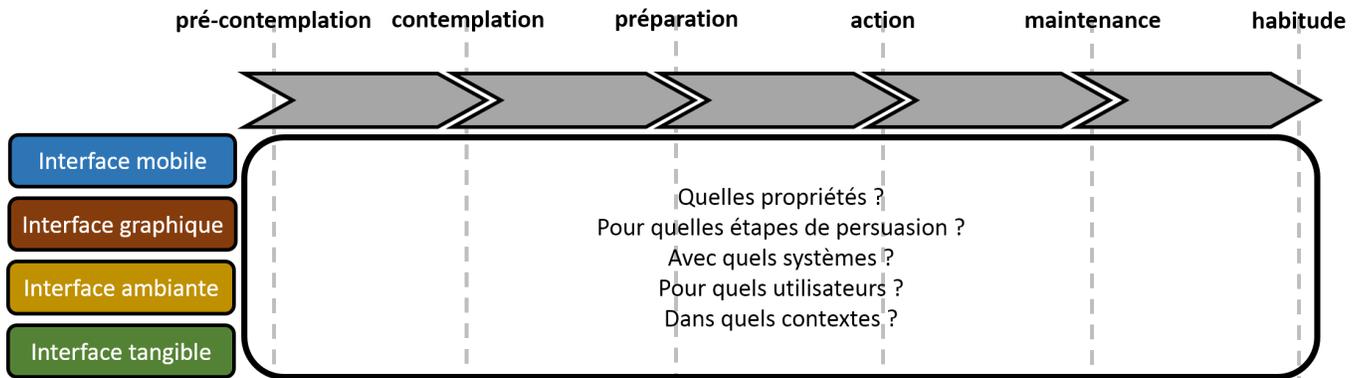


Figure 3: Cadre de recherche pour la persuasion technologique visant à fournir des recommandations de choix d'interfaces et d'interactions, pour chaque étape de persuasion, dans la conception de SIPs.

Au vu de la diversité et de la complexité dans la conception et la mise en œuvre de ces SIPs, nous avons cherché à les caractériser par un cadre d'analyse composé de 5 classes, 15 critères et 73 caractéristiques construit à partir de travaux relatifs et des SIPs du corpus. En analysant le corpus avec ce cadre, nous avons pu observer des convergences et des divergences dans la conception et la mise en œuvre de ces SIPs [4].

Un premier constat est que les SIPs du corpus cherchent à promouvoir la sobriété énergétique majoritairement sur les espaces domestiques et minoritairement sur les espaces collectifs et publics. Un deuxième constat est que les SIPs du corpus emploient majoritairement des interfaces graphiques mobiles prenant la forme d'appareils mobiles ou des interfaces ambiantes prenant la forme d'objets connectés ou du quotidien revisités et qu'elles emploient en minorité de la manipulation tangible (le seul SIP identifié est la StationENR [13]).

Les résultats de cette étude bibliographique nous ont permis de justifier le positionnement du projet de thèse en montrant que les interfaces tangibles et les espaces collectifs et publics sont peu étudiés dans le domaine de la persuasion technologique pour la maîtrise de l'énergie. Ces résultats nous ont également permis de créer des perspectives de recherche pour le projet de thèse mais également pour le domaine. En effet, plusieurs types d'interfaces sont employés pour un même objectif, persuader or, notre hypothèse est que chaque type d'interfaces possède des propriétés différentes qui rendent les SIPs plus ou moins efficaces à chaque étape de persuasion (voir Figure 2). Cette hypothèse nous a amené à créer un ensemble de perspectives de recherche pour le domaine de la persuasion technologique que nous avons représenté en Figure 3. En supposant que cette hypothèse soit vérifiée, combiner ou hybrider plusieurs types d'interfaces pour accompagner un individu tout au long du processus du changement de comportement sera alors plus efficace que d'employer un unique type d'interfaces.

## PERSPECTIVES

Pour la suite du projet de thèse nous chercherons à montrer que certaines propriétés des interfaces tangibles (p. ex.,

représentation tangible, manipulation tangible) rendent les SIPs plus efficaces pour sensibiliser (i.e. pré-contemplation) à la sobriété énergétique sur les espaces collectifs et/ou publics.

## Évaluer l'impact du type d'interfaces sur l'efficacité du SIP

En 2014, Hamari et al. [7] réalisent un état de l'art sur la persuasion technologique. Leurs travaux montrent, entre autres, que le domaine emploie des méthodes qualitatives (entretiens, questionnaires, groupes de discussion, observations), quantitatives (sondages, questionnaires, journaux de données automatiques ou manuelles, analyses statistiques) et mixtes pour évaluer l'efficacité d'un SIP en termes d'effets psychologiques (attention, encouragement, engagement, motivation, changement d'attitude, changement de comportement). À notre connaissance, aucune méthode n'a été employée dans le domaine de la persuasion technologique pour évaluer les effets de l'interface sur l'efficacité d'un SIP. Nous proposons l'idée suivante. Supposons que nous ayons à notre disposition, S1 et S2, deux SIPs avec un même Contexte (p. ex., sensibiliser à la sobriété énergétique dans une gare), un même Utilisateur (p. ex., les citoyens) et un même Système (p. ex., mesurer et évaluer la consommation d'énergie de la gare en termes d'impacts sur l'environnement). Cependant, S1 et S2 ont une Interface différente. S1 emploie une interface graphique ambiante fixe (p. ex., représentation des impacts environnementaux par la couleur et la taille d'une planète Terre dessinée sur un grand écran) et S2 emploie une interface tangible ambiante fixe (p. ex., représentation des impacts environnementaux par la couleur et la taille d'un ballon géant correspondant à la planète Terre). En utilisant les méthodes d'évaluation précédentes, il serait possible d'évaluer et comparer l'efficacité de S1 et S2 afin de montrer que les interfaces tangibles ambiantes fixes rendent les SIPs plus ou moins efficaces que les interfaces graphiques ambiantes fixes avec ce Système, pour cet Utilisateur et dans ce Contexte.

## Vérifier une première hypothèse avec une étude *in vitro* et *in vivo*

Nous émettons l'hypothèse que les interfaces tangibles ambiantes fixes attirent plus l'attention des utilisateurs sur la

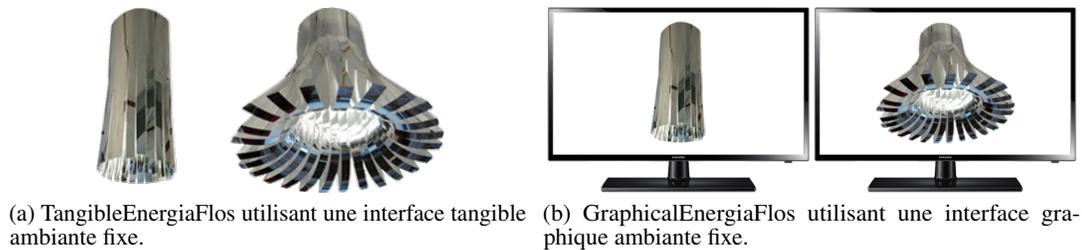


Figure 4: Deux versions de EnergiaFlos avec un type d'interfaces différent (image extraite de FlowerLamp [1]).

durée que les interfaces graphiques ambiantes fixes, permettant ainsi aux SIPs de maintenir plus facilement les utilisateurs conscients des conséquences de leur comportement sur la durée. Pour vérifier cette hypothèse, nous cherchons à identifier un cas d'application, en l'occurrence un espace collectif (p. ex., une entreprise) ou public (p. ex., un hôpital) sur lequel nous pourrions réaliser une étude *in vivo* sur 3 mois. Cependant, avant de réaliser une telle étude, nous souhaitons réaliser une étude *in vitro* sur 1 mois au sein d'un laboratoire afin de se faire une première idée de la supériorité ou l'infériorité des interfaces tangibles ambiantes fixes par rapport aux interfaces graphiques ambiantes fixes en termes d'effets sur l'attention et la conscience environnementale des utilisateurs sur la durée. Pour faire cela, nous avons à notre disposition EnergiaFlos, un SIP déployé dans le hall d'entrée du laboratoire et conçu pour sensibiliser les employés à la sobriété énergétique (i.e. Contexte et Utilisateur). Il mesure, minute par minute, la consommation d'énergie horaire du laboratoire et évalue cette consommation d'énergie en termes d'impacts environnementaux (i.e. Système). Nous disposons de deux versions de EnergiaFlos : GraphicalEnergiaFlos (voir Figure 4b) et TangibleEnergiaFlos (voir Figure 4a). GraphicalEnergiaFlos utilise une interface graphique ambiante alors que TangibleEnergiaFlos utilise une interface tangible ambiante. GraphicalEnergiaFlos représente les impacts environnementaux de la consommation d'énergie horaire du laboratoire par une fleur graphique qui s'ouvre et se ferme progressivement chaque minute et qui est dessinée sur un grand écran (i.e. Interface) alors que TangibleEnergiaFlos représente cette information par une fleur mécanique qui s'ouvre et se ferme progressivement chaque minute (i.e. Interface). Plus le laboratoire est sobre en énergie dans l'heure écoulée, plus la fleur est ouverte. À l'inverse, plus le laboratoire est énergivore dans l'heure écoulée, plus la fleur est fermée. Pour évaluer l'attention des utilisateurs sur la durée, nous pensons employer une méthode quantitative comme compter les regards vers l'interface et les personnes qui s'y rapprochent. Pour évaluer que les utilisateurs restent conscients des conséquences de leur comportement sur la durée, nous pensons employer une méthode qualitative comme interviewer les utilisateurs de manière ponctuelle (tous les 3 à 5 jours) pour leur demander quand et comment est-ce qu'ils ont évalué la consommation d'énergie horaire du laboratoire la dernière fois qu'ils ont aperçu l'interface.

## CONCLUSION

Comment peut-on utiliser la tangibilité pour persuader et, notamment, pour promouvoir la sobriété énergétique au-delà des espaces domestiques ? Dans cet article, nous présentons l'état de nos travaux concernant l'identification et l'évaluation des propriétés des interfaces tangibles rendant les SIPs plus efficaces pour persuader et, notamment, pour promouvoir la sobriété énergétique sur les espaces collectifs et/ou publics. Pour le domaine de la persuasion technologique pour la maîtrise de l'énergie, notre analyse de la bibliographique révèle une faible présence de travaux concernant les interfaces tangibles et les espaces collectifs et publics et révèle également que l'impact probable du type d'interfaces sur l'efficacité des SIPs n'a pas été pris en considération. Suite aux résultats de l'analyse bibliographique, un cadre de recherche pour le domaine de la persuasion technologique a été défini (voir Figure 3). Ce cadre nous a permis de raffiner le positionnement du projet de thèse et d'orienter nos futurs travaux de recherche. Dans l'avenir, nous chercherons à concevoir une méthode pour évaluer l'impact du type d'interfaces sur l'efficacité d'un SIP et à vérifier, à l'aide d'une étude *in vitro* et *in vivo*, que les interfaces tangibles ambiantes fixes attirent plus l'attention des utilisateurs sur la durée que les interfaces graphiques ambiantes fixes, permettant ainsi aux SIPs de maintenir plus facilement les utilisateurs conscients des conséquences de leur comportement sur la durée.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Sara Backlund, Magnus Gyllenswärd, Anton Gustafsson, Sara Ilstedt Hjelm, Ramia Mazé, and Johan Redström. 2007. Static ! The aesthetics of energy in everyday things. In *Proceedings of Design Research Society Wonderground International Conference 2006*.
2. Steven A Beebe, Susan J Beebe, Mark V Redmond, and others. 2011. *Interpersonal communication*. Allyn & Bacon.
3. Joëlle Coutaz. 2013. Essai sans prétention sur l'Interaction Homme-Machine et son évolution. *Bulletin de la Société Informatique de France* 1 (2013), 15–33. <https://hal.inria.fr/hal-00953363>
4. Maxime Daniel, Guillaume Rivière, Nadine Couture, and Stéphane Kreckelbergh. 2016. An Analysis of Persuasive Technologies for Energy Demand Side Management. In *Actes De La 28IÈMe ConfÉrence Francophone Sur L'Interaction Homme-Machine (IHM '16)*. ACM, New

- York, NY, USA, 197–210. DOI :  
<http://dx.doi.org/10.1145/3004107.3004111>
5. Brian J. Fogg. 1998. Persuasive Computers : Perspectives and Research Directions. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '98)*. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., New York, NY, USA, 225–232. DOI :  
<http://dx.doi.org/10.1145/274644.274677>
  6. Brian J. Fogg. 2002. Persuasive Technology : Using Computers to Change What We Think and Do. *Ubiquity* 2002, December, Article 5 (dec 2002). DOI :  
<http://dx.doi.org/10.1145/764008.763957>
  7. Juho Hamari, Jonna Koivisto, and Tuomas Pakkanen. 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, 118–136. DOI :  
[http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-07127-5\\_11](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-07127-5_11)
  8. Lorenz Hilty, Wolfgang Lohmann, and Elaine M Huang. 2011. Sustainability and ICT - An overview of the field. *Notizie di Politeia* 27, 104 (2011), 13–28. DOI :  
<http://dx.doi.org/10.5167/uzh-55640>
  9. Hiroshi Ishii and Brygg Ullmer. 1997. Tangible Bits : Towards Seamless Interfaces Between People, Bits and Atoms. In *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '97)*. ACM, New York, NY, USA, 234–241. DOI :  
<http://dx.doi.org/10.1145/258549.258715>
  10. négaWatt. 2016. Scénario négaWatt. (2016). Retrieved May 14, 2016 from  
<http://www.negawatt.org/scenario/decouverte>.
  11. James Pierce and Eric Paulos. 2012. Beyond Energy Monitors : Interaction, Energy, and Emerging Energy Systems. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '12)*. ACM, New York, NY, USA, 665–674. DOI :  
<http://dx.doi.org/10.1145/2207676.2207771>
  12. James O. Prochaska, Carlo C. DiClemente, and John C. Norcross. 1992. In search of how people change : applications to addictive behaviors. *American psychologist* 47, 9 (1992), 1102–1114. DOI :  
<http://dx.doi.org/10.1037/0003-066X.47.9.1102>
  13. Guillaume Rivière and Stéphane Kreckelbergh. 2012. La StationENR pour sensibiliser aux énergies renouvelables par la modélisation de micro-réseaux. In *Ergo'IHM 12*. 63–66.
  14. Oren Zuckerman. 2015. Objects for Change : A Case Study of a Tangible User Interface for Behavior Change. In *Proceedings of the Ninth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction (TEI '15)*. ACM, New York, NY, USA, 649–654. DOI :  
<http://dx.doi.org/10.1145/2677199.2687906>