

# CairnFORM

Maxime Daniel<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ESTIA, Estia-Recherche  
F-64210, Bidart, France  
m.daniel@estia.fr

Guillaume Rivière<sup>1,2</sup>

<sup>2</sup>Univ. Bordeaux, CNRS, LaBRI, UMR 5800  
F-33405, Talence, France  
g.riviere@estia.fr

Nadine Couture<sup>1,2</sup>

n.couture@estia.fr

## ABSTRACT

We describe CairnFORM, a shape-changing cylindrical display that physicalizes forecasts of renewable energy availability. CairnFORM is 360°-readable, and as a dynamic physical ring chart, it can change its cylindrical symmetry with quiet motion. This paper presents the fabrication and the functioning of our prototype.

## CCS CONCEPTS

• **Human-centered computing** → **Interaction devices**;

## KEYWORDS

Tangible User Interface, Shape-Changing Interfaces, Data Physicalization, Renewable Energy, Demand-Side Management, Energy Shifting

## RÉSUMÉ

Nous décrivons CairnFORM, conçu comme un afficheur cylindrique à changement de forme permettant de physicaliser les prévisions de disponibilités d'énergie renouvelable. CairnFORM est lisible à 360° et peut, entant qu'histogramme circulaire animé, changer sa symétrie cylindrique de manière douce. Cet article présente la réalisation et le fonctionnement de notre prototype.

## MOTS-CLEFS

Interface utilisateur tangible, interface à changement de forme, physicalisation de données, énergies renouvelables, gestion de la demande, décalage de la demande

## 1 INTRODUCTION

La gestion de la demande est un moyen d'augmenter la consommation d'énergie renouvelable. Cependant, l'ajustement entre la production et la demande devient de plus en plus difficile à mesure que le taux de pénétration des énergies renouvelables dans le mix énergétique augmente, comme avec les micro-réseaux<sup>1</sup>. Des problèmes critiques comme les pics de demande peuvent

1. Les micro-réseaux produisent de l'énergie à une échelle locale par des particuliers, des entreprises, ou des communautés pour couvrir leur propres besoins.

survenir et conduire à un effondrement du réseau électrique. Ces difficultés sont accrues par l'intermittence de la production d'énergie renouvelable qui dépend des conditions météorologiques (p. ex., ensoleillement, vent, vagues, marée). Stocker les excédents de production d'énergie renouvelable contribuerait à la solution. Mais à moins que les capacités de stockage augmentent et que les moyens de stockage deviennent viables d'un point de vue économique et environnemental, il sera nécessaire de synchroniser la demande avec la disponibilité de l'énergie.

De nombreux travaux de recherche en Interaction Homme-Machine ciblent la réduction de la consommation d'énergie ou le décalage de la demande à des moments où les énergies renouvelables sont disponibles [1, 3]. Dans ce cadre, nous avons développé le prototype CairnFORM, un afficheur cylindrique à changement de forme pouvant changer sa symétrie cylindrique (voir figure 1). CairnFORM est utilisé comme un histogramme circulaire permettant de physicaliser les prévisions de disponibilités d'énergie renouvelable sur des lieux publics, comme des espaces publics ou le lieu de travail. Cet affichage est conçu comme la révolution circulaire d'un histogramme qui devient alors lisible à 360° et peut être installé sans contrainte de placement au sein d'un lieu public. Chaque anneau de l'histogramme représente une heure. Un affichage heure par heure est préférable car les prévisions de disponibilité des énergies renouvelables manquent de précision et des créneaux de 1 heure sont plus fiables. Aussi, des créneaux horaires simples seront plus faciles à retenir et à appliquer pour mettre en œuvre des consignes simples de décalage de la consommation d'énergie, déjà décrites dans un précédent article [4].

Dans le présent article, nous décrivons la réalisation et le fonctionnement de notre prototype de CairnFORM.

## 2 TRAVAUX RELATIFS

Deux structures mécaniques animées sont proches de notre besoin. La structure mécanique d'Amphorm [5] est une tour de cinq anneaux extensibles faisant 55 centimètres de hauteur. Seulement, cette tour n'est pas conçue pour afficher des données ordinales lisibles à 360° et les anneaux se déforment en des étoiles de 11 branches. La conception de Wu [6] permet d'obtenir un anneau extensible qui conserve sa forme circulaire. Cette conception à six arcs laisse cependant apparaître des espaces entre les arcs qui s'accroissent au fil de l'expansion de l'anneau. Notre conception d'un anneau extensible illuminé à huit arcs superposés permet de maintenir une forme proche d'un cercle tout en ne laissant pas paraître d'espace entre les anneaux. La conception de cet anneau empilable servant de brique de base à la construction de CairnFORM est déjà décrite dans un précédent article [2].

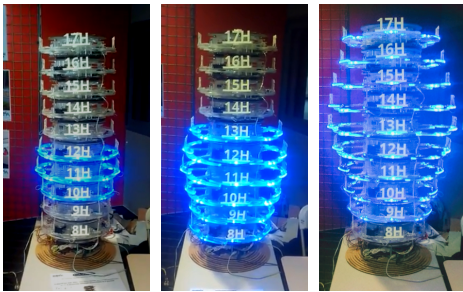


FIGURE 1: Prototypé d'un CairnFORM à 10 anneaux.

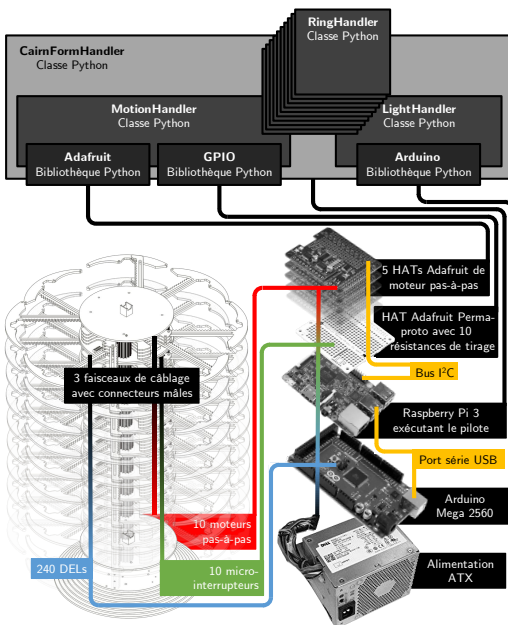


FIGURE 2: Matériel et logiciel de pilotage de CairnFORM.

### 3 LE PROTOTYPE DE CAIRNFORM

CairnFORM réutilise notre conception d'un anneau extensible illuminé et empilable [2]. Jusqu'à environ 24 anneaux peuvent être empilés, le diamètre de la colonne centrale par laquelle passe la gaine électronique limitant le nombre de fils. Assembler douze anneaux serait plus intuitif pour représenter des données horaires, mais afficher des journées de travail de dix heures (déjeuner inclus) est suffisant pour nos expérimentations en cours. Nous avons donc fabriqué dix anneaux et construit un CairnFORM de 10 anneaux faisant 105 centimètres de hauteur (voir figure 1). Chaque anneau pèse 2,3 kg et nécessite deux jours de fabrication par une personne : 4 heures de découpe laser, 5 heures d'impression 3D, 4 heures de câblage électronique et 4 heures d'assemblage. En incluant le coût du socle et de l'électronique pour contrôler dix anneaux, le prototype de CairnFORM coûte ~2350€ de matériel. Les éléments matériels et logiciels pour contrôler un CairnFORM à 10 anneaux sont illustrés figure 2.

Le pilote de CairnFORM permet de contrôler les anneaux en série ou en parallèle. Ce pilote est écrit en Python 2.7, s'exécute

sur le Raspberry Pi 3, implémente quatre classes Python et utilise des processus légers et des files d'événements. Le pilote utilise également un serveur MQTT qui permet de transformer CairnFORM en objet connecté recevant des requêtes sur IP depuis le réseau wifi.

Notre prototype de CairnFORM possède six dimensions de visualisation, comme la couleur et la luminosité des arcs (3 octets RVB), le diamètre des anneaux (de 35 cm à 62 cm), et les mouvements des anneaux selon trois profils de vitesse (constante, exponentielle et logarithmique), selon leur durée (2 s en séquentiel ou 3 s en parallèle, au plus rapide) et selon le nombre de pas (250 pas de 1,08 mm). Nous avons corrélé le diamètre des anneaux avec leur luminosité pour afficher la disponibilité de l'énergie renouvelable. Pour une capacité de production allant de 0 W à  $max$  W, un anneau rétracté non illuminé représente une disponibilité nulle, alors qu'un anneau en expansion complète aura une luminosité maximale et représentera une disponibilité de  $max$  W. Nous avons imprimé en 3D des étiquettes afin d'indiquer les heures représentées par les anneaux de CairnFORM (de 8 h 00 à 17 h 59). Quatre étiquettes sont fixées sur chaque anneau (une sur chaque quart de cercle). Chaque étiquette étant lisible selon un angle d'environ  $140^\circ$ , la combinaison des quatre étiquettes permet de lire les heures tout autour de CairnFORM.

### 4 CONCLUSION

Nous avons décrit le prototype CairnFORM, conçu comme un afficheur cylindrique à changement de forme pouvant servir d'histogramme circulaire permettant de physicaliser les prévisions de disponibilités d'énergie renouvelable sur des lieux publics. Trois études utilisateurs sont en cours pour valider l'utilisabilité de CairnFORM dans un espace public, pour déterminer la meilleure vitesse d'ouverture des anneaux pour notifier sans agacer, et pour vérifier l'efficacité de CairnFORM à informer au quotidien dans des bureaux.

### RÉFÉRENCES

- [1] Grégory Cano, Yann Laurillau, and Gaëlle Calvary. 2015. Persuasive Technology and Energy : critical analysis of the state of the art. *Journal d'Interaction Personne-Système* 4, 1 (October 2015), 48–68. Issue on Persuasive Interaction for SusTainabLLity. <http://jjips.episciences.org/1292>
- [2] Maxime Daniel, Guillaume Rivière, and Nadine Couture. 2018. Designing an Expandable Illuminated Ring to Build an Actuated Ring Chart. In *Proceedings of the Twelfth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction (TEI '18)*. ACM, New York, NY, USA, 140–147. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/3173225.3173294>
- [3] Maxime Daniel, Guillaume Rivière, Nadine Couture, and Stéphane Kreckelbergh. 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*. ACM Press, Fribourg, Switzerland, 197–210. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/3004107.3004111>
- [4] Maxime Daniel, Guillaume Rivière, and Nadine Couture. 2017. Études préliminaires à la conception de CAIRNS : une Interface Tangible Ambiante pour Décaler la Demande en Énergie au Travail. In *29e conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine*, AFIHM (Ed.). 12 p. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/3132129.3132152> TEC - Travaux en Cours.
- [5] David Lakatods. 2012. *AMPFORM : Form Giving through Gestural Interaction to Shape Changing Objects*. Master's thesis. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA.
- [6] Andy Wu. 2010. Tangible Visualization. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction (TEI '10)*. ACM, New York, NY, USA, 317–318. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/1709886.1709961>