Concours CUBE2020 et réduction de l'impact environnemental du laboratoire IMS

Corinne Dejous[1], Benoît Alquier[2], Guillaume Ferré[1], Lionel Hirsch[1], Jean-Marc Salotti[1], Patrick Villesuzanne[1], Thomas Zimmer[1]
Auteurs correspondants : corinne.dejous@ims-bordeaux.fr, thomas.zimmer@ims-bordeaux.fr
[1] Univ. Bordeaux, Laboratoire IMS, CNRS, Bordeaux INP, A31, 351 Cours de la Libération, 33405 Talence cedex
[2] Univ. Bordeaux, PILPSE/DPI, 351 Cours de la Libération, 33405 Talence cedex

RESUME : Nous proposons une voie originale impliquant nos activités de recherche et d'enseignement pour réduire notre impact environnemental, par la participation du laboratoire IMS au concours national CUBE2020 (Concours Usages Bâtiment Efficace). Après une présentation générale du contexte, les travaux préparatoires menés en 2019 sont décrits, comportant l'instrumentation et une analyse technique et humaine, puis un plan d'action est proposé pour mener à bien ce projet au cours de l'année 2020.

Mots clés : projet pédagogique et de recherche, stage, interdisciplinarité, retour d'expérience.

1 INTRODUCTION

Réduire l'empreinte de nos activités de recherche et d'enseignement sur l'environnement est devenu un combat quotidien face à l'urgence climatique. Le collectif « Labos1.5 » [1], issu du monde académique, s'est créé pour faire face à ce défi avec trois objectifs : (i) construire une dynamique de réflexion documentée sur les voies de transition écologique de la recherche, (ii) répertorier et valoriser les initiatives des laboratoires en France et (iii) permettre d'échanger des idées et des outils, des ressources et des retours d'expérience.

Dans ce contexte, la direction du laboratoire IMS de l'Université de Bordeaux a décidé d'inscrire le bâtiment central de l'IMS (Bat A31) au Challenge CUBE2020 (Concours Usages Bâtiment Efficace) porté par l'IFPEB [2]. Ce challenge met en lice les utilisateurs de bâtiments tertiaires ou d'habitations collectifs afin de diminuer efficacement leurs consommations en agissant sur les leviers de l'usage, un meilleur pilotage et exploitation. Le mode d'emploi est simple : Pendant une période d'un an, les utilisateurs devront, grâce à l'amélioration de leur exploitation, des actions techniques légères et leur mobilisation sur des éco-gestes, réaliser des économies d'énergie par rapport à une consommation de référence déterminée à partir des consommations des années antérieures. Les économies d'énergie donneront lieu à un classement et à des prix. (Médailles - bronze, argent, or ou platine - en fonction de l'atteinte de seuils absolus d'économies d'énergie).

Parallèlement, l'Université de Bordeaux a pris des engagements internes de réduction de son empreinte carbone à hauteur de -40% en 2030 par rapport à 2012-2014, formalisé dans son Schéma Directeur Energie Eau adopté en 2017. L'Université compte plusieurs campus situés dans divers endroits de la métropole et dans la région Nouvelle Aquitaine : 250 bâtiments avec une surface bâtie totale de 560.000 m^2, accueillent environ 78.000 utilisateurs (étudiants et personnels). La consommation en énergies en 2019 est de 54 GWh d'énergie électrique et 53 GWh d'énergies thermiques.

L'Initiative d'Excellence de l'Université de Bordeaux a financé le cluster SysNum pour développer une recherche de haut niveau allant de la conception des capteurs aux processus de décision. Ainsi, le campus intelligent, ou « Smart Campus », est l'un des axes du cluster SysNum.

La mise en œuvre de CUBE2020 au sein de l'IMS s'appuie sur « Smart Campus » et est porté par les GPU (Grands Projets d'Unité) [3], notamment les GPU IoT et EnvironnementS. Les activités du GPU IoT ont permis d'équiper le laboratoire IMS avec un grand nombre de capteurs permettant de suivre en continu l'évolution de certains paramètres tels que la température et la luminosité dans des bureaux [4]. De plus, la consommation énergétique des grandes plateformes (animalerie, salle blanche, service informatique, etc.) peut être surveillée en continu grâce à l'installation de compteurs par la Direction du Patrimoine Immobilier (DPI) [5]. Grâce au GPU EnvironnementS, un sondage a été réalisé afin d'étudier les comportements, les usages, et de manière générale les interactions entre les usagers et le bâtiment (habitudes de travail, équipements utilisés, sensibilisation à l'environnement...). Dans cet article, nous allons dans un premier temps présenter les capteurs/actionneurs mis en place ; ensuite nous allons analyser les résultats du sondage avant de présenter le plan d'action qui nous permettra atteindre notre objective : la médaille d'or !

2 SMART CAMPUS

Un campus universitaire, véritable ville dans la ville, offre un terrain de jeu fantastique pour la recherche, le test et le déploiement de solutions IoT. Dans [6], les auteurs expliquent comment la qualité de vie sur un campus peut être améliorée en introduisant des applications facilitant la gestion intelligente d'un bâtiment, d'une salle de cours, d'une bibliothèque, du stationnement, etc.
Notre premier travail dans le projet « Smart Campus » a été le déploiement d'un réseau propriétaire de capteurs/actionneurs dans les bâtiments utilisant la technologie LoRa afin de créer un environnement de recherche et d'expérimentation pour les chercheurs (voir

fig. 1). Nous avons ensuite créé un centre de supervision, nous permettant de monitorer l'ensemble du réseau : le Smart Campus Supervision center $(SC)^2$ (voir fig. 2).

Grace à ce réseau, nous sommes en mesure de collecter de l'information et de la mettre à disposition, mais aussi de déclencher des actions. Ainsi, dans le cadre du concours CUBE2020, nous proposons d'équiper les bureaux de l'IMS d'un ensemble d'objets connectés développés au laboratoire :

1. Mesure de paramètres permettant de donner une indication sur la qualité de l'environnement de travail (température, bruit ambiant, humidité, luminosité) (voir fig. 3),
2. Mesure de consommation d'électricité du bureau (voir fig. 4),
3. Régulation automatique des robinets thermostatiques (voir fig. 5).

Les données mesurées dans un bureau sont accessibles en lecture par ses occupants. Par exemple, la figure 6 montre l'évolution de la température dans un bureau en fonction du temps (durée une semaine). Nous pouvons constater qu'elle est proche de 20°C, et peut atteindre jusqu'à 25°C. Une question se pose : pour un enseignant/chercheur, est-il nécessaire d'avoir dans son bureau au moins 20°C 7j/7, 24h/24, alors que ses activités l'amènent souvent à ne pas y être présent (enseignements, activités de recherche expérimentales, réunions et comités, déplacements – congrès, thèses, meetings etc.). La réponse est évidente, une meilleure régulation s'impose pour limiter ce gaspillage. Ainsi, des robinets thermostatiques (voir fig. 5) permettront de piloter le thermostat à distance via son smartphone pour adapter la température en fonction des besoins réels. Des solutions commerciales sont également déjà disponibles. Une installation de cette solution dans nos bureaux est à l'étude.

Nous avons également accès aux mesures de consommations électrique et thermique globales de l'IMS, nous proposons aux utilisateurs du bâtiment une tendance de consommation globale jour après jour par l'intermédiaire d'un affichage dynamique à plusieurs endroits dans les couloirs du laboratoire (voir fig. 7).

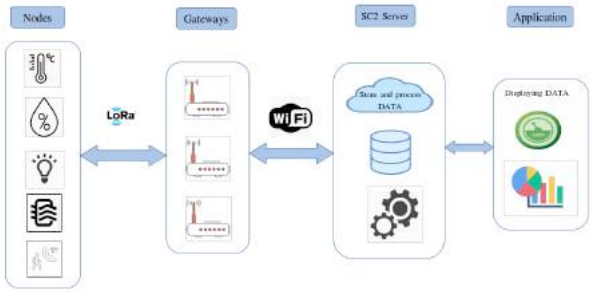

fig 1 : Réseau déployé sur le campus

fig 2 : Smart Campus Supervision Center

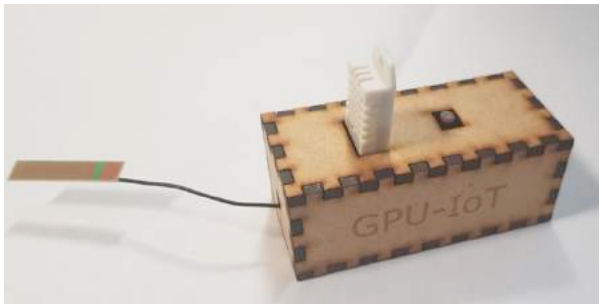

fig 3 : Objet connecté permettant de mesurer la qualité de l'environnement de travail

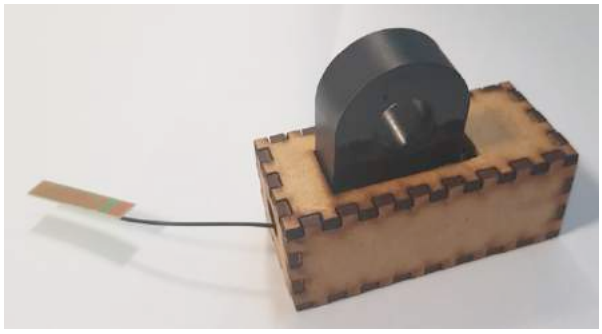

fig 4 : Objet connecté permettant de mesurer la consommation d'électricité

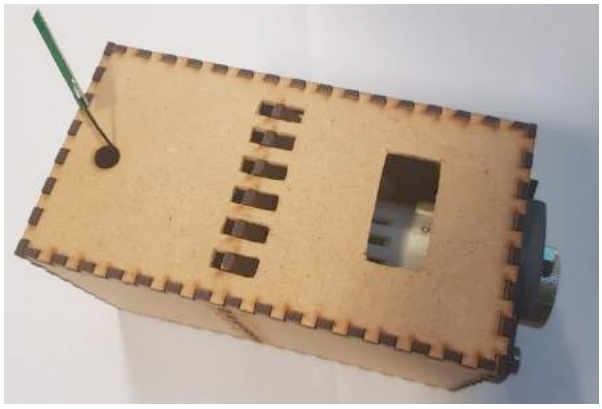

fig 5 : Objet connecté permettant d'actionner la vanne thermostatique automatiquement

fig 6 : Variation sur une semaine de la température dans un bureau, et température extérieure

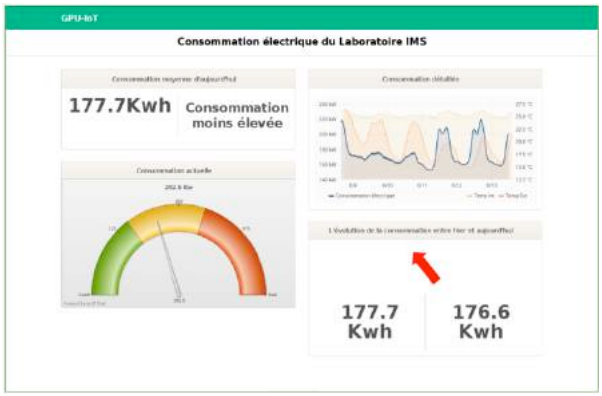

fig 7 : Affichage dynamique permettant de montrer la tendance de consommation jour après jour

3 ENQUETE

3.1 Objectifs de l'enquête

Une enquête a été menée auprès des utilisateurs pour mieux comprendre les usages en lien avec la consommation ainsi que la conscience écologique et les comportements qui ont un impact sur celle-ci, qu'ils soient positifs ou négatifs. Nous avons collecté 38 réponses exploitables, ce qui représente environ 10% de la population de l'IMS.

3.2 Equipements impactant la consommation

L'équipement le plus utilisé est l'ordinateur : l'ensemble des sondés en utilise un avec un usage quotidien. De nombreux outils de laboratoires sont également exploités, appareils de mesure, alimentation électrique, postes de soudure, enceintes de vieillissement, fours, salle blanche. Enfin, il faut également mentionner les appareils tels que les machines à café, les téléphones, les imprimantes et photocopieuses.
Au niveau de la consommation partagée, il faut ajouter les serveurs informatiques, l'éclairage et la climatisation.

3.3 Sensibilité aux éco-comportements

Le graphique de la figure 8 présente l'importance qu'accordent les usagers de l'IMS aux problématiques environnementales au sein de leur travail, selon une échelle arbitraire allant de 1 (peu d'importance) à 5 (beaucoup d'importance) :

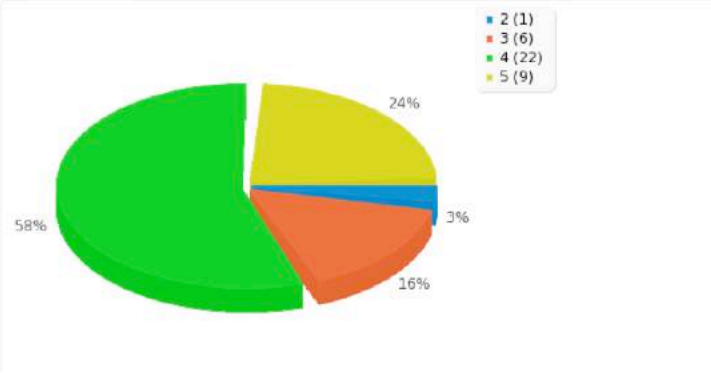

fig 8 : Importance accordée à l'environnement au sein du travail

Globalement, le personnel de l'IMS est donc relativement sensible aux problématiques écologiques et environnementales.
Il a ensuite été demandé quels étaient les gestes qu'ils avaient l'habitude de faire. Les résultats sont présentés figure 9.

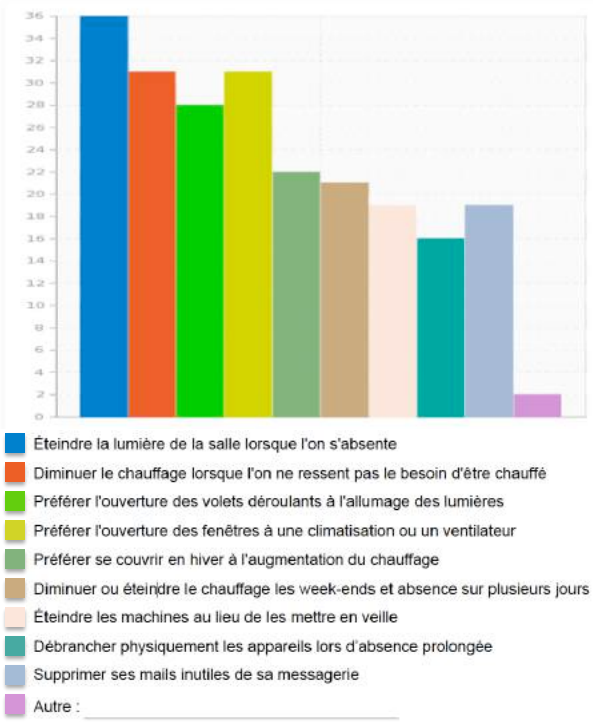

fig 9 : Eco-comportements mis en œuvre

Le geste le plus naturellement et fréquemment adopté, est l'extinction des lumières en sortant d'une salle. La réduction du chauffage est également souvent indiquée, mais il s'agit en général d'un usage domestique, hors du laboratoire, car le bâtiment dispose d'un chauffage centralisé.

4 PLAN D'ACTION

4.1 Les aspects techniques

Les consommations électriques et thermiques d'un bâtiment dépendent de plusieurs facteurs :

- Les qualités intrinsèques du bâtiment : le niveau de performance thermique de son enveloppe (murs, fenêtres, toit…) et de ses systèmes de chauffage, ventilation et climatisation (CVC)
- L'exploitation de ses systèmes de CVC : réglages des nombreuses régulations électroniques qui permettent de maintenir la température, la ventilation et parfois l'hygrométrie des différents types de locaux dans les limites prévues en conception
- L'utilisation du bâtiment par ses occupants avec un impact fort sur les consommations d'électricité spécifique (hors CVC) : éclairage, informatique, activité de recherche dans le cas de l'IMS, etc. mais aussi sur les consommations d'énergie thermique en fonction du confort ressenti.

Pour réduire ces consommations, on dispose donc de 3 leviers principaux (voir fig.10) : (i) les investissements lourds de rénovation de l'enveloppe et des systèmes énergétiques des bâtiments, (ii) les actions de réglages et d'optimisation des systèmes CVC existants et (iii) la sensibilisation des occupants sur l'impact énergétique de leur mode d'utilisation du bâtiment et de ses équipements.

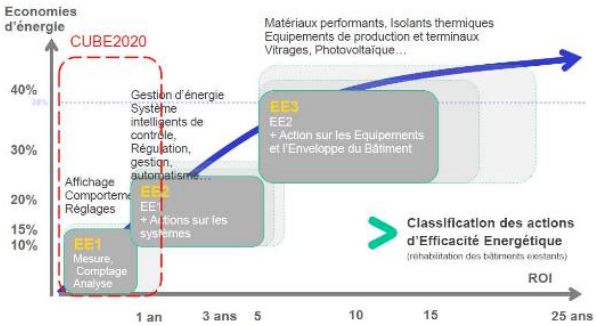

fig 10 : Classification des Actions d'Efficacité Energétique [7]

Le concours CUBE2020 dure un an et il est centré sur l'optimisation de l'exploitation, on n'utilisera donc pas le levier des investissements lourds mais on mettra l'accent sur l'implication des utilisateurs dans la réduction des consommations, à la fois dans leur utilisation du bâtiment et dans leur participation au diagnostic global de l'énergie pour améliorer son exploitation.

Il faut noter que le confort des occupants fait partie intégrante du diagnostic du bâtiment. Contrairement à une idée reçue, il n'est pas nécessairement antinomique avec les économies d'énergies. Par exemple, si certains bureaux sont mal chauffés par les radiateurs du chauffage central, l'occupant aura tendance à compléter par un chauffage d'appoint électrique avec 2 impacts :

- Dépenses énergétiques nettement supérieures (1 kWh d'électricité coûte environ 2 fois le prix d'un kWh de gaz ou autre énergie thermique)
- Dérèglement du système de régulation central qui n'a pas été prévu pour gérer la présence de chauffage d'appoint avec pour conséquence l'inconfort dans d'autres zones du bâtiment.

A partir des retours des occupants et de l'analyse de l'exploitation des systèmes CVC, *l'Energy Manager* de la DPI initialise un plan d'action (voir Tableau 1) qui sera ensuite mis en œuvre par les parties prenantes au concours : exploitant, occupants, DPI. Le plan d'action porte sur les aspects suivants :

- Usages et éco-gestes
- Communication et sensibilisation
- Réglages et consignes
- Optimisations techniques.

Tableau. 1 : Extrait du plan d'action IMS

Problème	Action	Responsable de l'action	Quand	€
L'inconfort est souvent lié à la ventilation / la diffusion ou à la température	Analyser les retours au questionnaire	DPI	Février 2020	
Objectiver l'inconfort	Pose capteurs températures/HR supplémentaires (15 à 20)	Groupe IOT	Mars 2020	
Pas de retour de AST	Contact direct par la DPI	Benoit Alquier	Février 2020	
Ventilation ressentie faible	Revoir doc de conception + régul pour vérifier débits	DPI	Mars 2020	

4.2 Interactions avec l'usager

Afin d'aller plus loin dans l'accompagnement du projet, et en particulier de faciliter l'implication au quotidien des membres du laboratoire, les actions suivantes seront menées :

1. Approfondir l'analyse et exploiter les résultats de l'enquête précédente, afin d'étudier les comportements, les usages, et de manière générale les interactions entre les usagers et le bâtiment (habitudes de travail, équipements utilisés, sensibilisation à l'environnement...).
2. Renforcer le déploiement des objets connectés présentés plus haut pour une couverture optimale du bâtiment. Ces localisations pourront être issues de l'identification de personnes ressources volontaires sensibles à l'enjeu, et de l'analyse des usages très diverses du bâtiment et de sa consommation (voir point suivant).
3. Exploiter les bases de données issues de mesures générales sur la consommation électrique depuis des années et de mesures réparties sur le bâtiment depuis plusieurs mois. Faciliter un suivi de consommation par les usagers, par exemple avec une synthèse hebdomadaire comparative, pour situer le bâtiment en terme de réduction de consommation et inciter aux bonnes pratiques.
4. Elaborer et mettre en œuvre une communication visant à sensibiliser les usagers du bâtiment et les impliquer à court-terme puis de manière durable dans la réduction de son impact environnemental. Des idées ont été proposées, tels des flyers de sensibilisation aux éco-gestes, par affiches ou/et pages web ou autre format numérique ; newsletter d'information ; challenge interne via une application téléphonique de suivi de consommation « personnelle ». Elles seront affinées et mises en œuvre tout ou partie au cours de l'année.

4.3 Les bonnes pratiques

4.3.1 La pollution informatique

Ignorée pendant des années, la pollution informatique est aujourd'hui un fait avéré. De la fabrication au démantèlement, les équipements IT polluent et consomment des ressources naturelles. Quelques bonnes pratiques (Green IT) permettent de réduire l'impact environnemental.

Salle serveurs :

- Virtualiser les serveurs physiques pour les regrouper (division par 10 du nombre de serveurs)
- Éteindre les serveurs et systèmes qui ne sont pas en production
- Augmenter le cycle de vie des serveurs et systèmes de 5 à 10 ans (*Upgrade*)
- Activer les fonctions d'économie d'énergie des équipements actifs réseau (*switch*, etc.)
- Relever la température de consigne dans la salle serveur de 1 ou 2°C
- Supprimer les imprimantes individuelles au profit de copieurs multifonction mutualisés

Utilisateurs :

- Éteindre son poste de travail (écrans, imprimantes, ordinateurs) en fin de journées et les weekends
- Augmenter le cycle de vie de son poste de travail de 3 à 7 ans (*Upgrade*)
- Pas de pièces jointes dans les mails : utiliser des liens *cloud*
- Limiter les impressions
- Privilégier une police économique en encre (Century Gothic, Times New Roman…)
- Laptop : préférer le réseau filaire au réseau wifi, le réseau filaire est plus économique pour transférer de la donnée
- Smartphone : limiter l'usage de la 4G
- Privilégier l'utilisation de la visioconférence pour limiter les déplacements
- Opter pour le télétravail pour limiter les déplacements

4.3.2 D'autres éco-gestes au quotidien

Le « numérique » n'est pas seul en cause, de nombreux autres gestes peuvent diminuer notre impact environnemental global, au-delà même de la consommation d'énergie. Certains d'entre eux font l'objet d'une campagne de communication par affiche (dernière page). Ainsi, l'affichette « Je prends l'escalier plutôt que l'ascenseur » est mise en évidence à l'entrée de chaque ascenseur du laboratoire !
Le lecteur désireux de se documenter sur tous ces aspects et bien d'autres, trouvera de nombreuses sources d'informations en ligne, notamment sur le site de l'ADEME (https://www.ademe.fr/).

5 CONCLUSION

Nous avons ainsi proposé une voie originale impliquant nos activités de recherche et d'enseignement pour réduire notre impact environnemental. Des aspects énergétique, capteurs connectés, cognitique, big data, sont notamment associés. Après une étape de préparation avec une phase d'instrumentation et d'analyse technique et humaine, un plan d'action a été proposé pour mener à bien ce projet au cours de l'année 2020.

Cette démarche est menée en étroite collaboration entre les intervenants des GPU IoT et EnvironnementS de l'IMS, des services de l'Université impliqués dans la réduction de la consommation sur le campus, qui nous fait bénéficier de son expérience fructueuse menée précédemment sur d'autres bâtiments, et bien sûr des usagers du bâtiment. Il s'agit ainsi d'une action fortement transversale à tous points de vue, scientifiques et humains, au sein d'un laboratoire de plus de 300 usagers aux profils variés.

Remerciements

Ce travail a bénéficié de la contribution de nombreux projets et stages étudiants au cours des années 2019 et 2020, nous souhaitons les remercier vivement pour leur implication, ainsi que l'IdEx Bordeaux et le Laboratoire IMS pour le support financier.

Bibliographie

[1] https://labos1point5.org/
[2] https://cube2020.org/le-concours/.
[3] https://www.ims-bordeaux.fr/fr/gpu/
[4] G. Ferré, F. Rivet, E. Kerhervé, P. Maton, T. Petitpied, B. Laporte-Fauret "Conception et déploiement d'un réseau d'IoT en technologie LoRa permettant de connecter l'ENSEIRB-MATMECA", *Actes du 12ème Colloque sur l'Enseignement des Technologies et des Sciences de l'Information et des Systèmes (CESTIS-EEA'2017), Le Mans, France. (hal-01552329).*
[5] https://www.u-bordeaux.fr/Universite/Organisation/Administration/Pole-Patrimoine-immobilier-logistique-prevention-securite-environnement
[6] W. Muhamad, N. B. Kurniawan, Suhardi, and S. Yazid, "Smart campus features, technologies, and applications: A systematic literature review," *in 2017 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI), Oct 2017, pp. 384–391.*
[7] G. Brisepierre, I. Garabuau-Moussaoui, "SOCIOCUBE - Etude qualitative sur la 1ère edition du concours d'économies d'énergie CUBE 2020", *Nov. 2016.*

Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système

CUBE2020

Les éco-gestes

Les éco-gestes sont des gestes simples et faciles que l'on réalise quotidiennement et qui, au final, peuvent avoir une incidence favorable sur notre empreinte écologique. Ces éco-gestes peuvent être mis en application dans la vie de tous les jours, sur votre lieu de travail ou à votre domicile.

la fabrication et le transport de bouteilles en plastique polluent et ont un lourd impact sur l'environnement

JE REMPLIS MA BOUTEILLE AVEC L'EAU DU ROBINET LORSQU'ELLE EST VIDE

ces équipements sont souvent gros consommateurs d'énergie

J'ÉTEINS LES ÉQUIPEMENTS DE LABORATOIRE

Si 1 robinet sur 10 fuit cela représente une perte d'environ 105.000 € / an (35.000 m3).
Il existe 10.000 points d'eau à l'université (224.000 m3/an).
une fuite au goutte à goutte représente 4 L/heure soit 35 m³/an

JE SIGNALE RAPIDEMENT LES FUITES D'EAU

les échanges de mails d'une entreprise de 100 pers. émettent autant de CO2 que 13 A/R Paris/New-York

JE LIMITE MES ENVOIS DE MAILS QUAND C'EST POSSIBLE

Tous les appareils électriques continuent à consommer de l'électricité tant qu'ils restent branchés à la prise
un chargeur continue de consommer de l'énergie même si aucun appareil n'y est connecté

JE PENSE À DÉBRANCHER MON PORTABLE LORSQU'IL EST CHARGÉ

pour chauffer 1m³ d'eau, environ 2kg de CO_2 sont rejetés dans la nature

JE ME LAVE LES MAINS À L'EAU FROIDE

L'éclairage (intérieur) de l'université pour un an c'est une heure de production d'un réacteur EPR.
30 minutes d'éclairage inutile par jour équivalent à 120 h d'éclairage au bout d'un an

JE PENSE À ÉTEINDRE LA LUMIÈRE DANS LES PIÈCES INOCCUPÉES

un ordinateur en veille peut coûter jusqu'à 30€/an s'il reste en veille pendant 12h/jour

JE PENSE À ÉTEINDRE MON ORDINATEUR LORSQUE JE NE L'UTILISE PAS

généralement, une différence de 6°C avec la chaleur extérieure suffit à notre confort

J'OUVRE LA FENÊTRE TÔT LE MATIN PLUTÔT QUE D'ALLUMER LE VENTILATEUR

monter un escalier permet de dépenser 7 fois plus de calories qu'un voyage en ascenseur

JE PRENDS L'ESCALIER PLUTÔT QUE L'ASCENSEUR

7% d'économie de chauffage pour l'université c'est environ 350.000 € à consacrer à d'autres choses.
au-delà de 20°C, chaque degré supplémentaire augmente la facture de chauffage de 7%

JE FERME LES PORTES ET LES FENÊTRES QUAND LE CHAUFFAGE FONCTIONNE

imprimer en recto/verso permet d'épargner des forêts de l'abattage

J'IMPRIME EN NOIR & BLANC ET EN RECTO/VERSO

www.ims-bordeaux.fr