

Novembre 2022

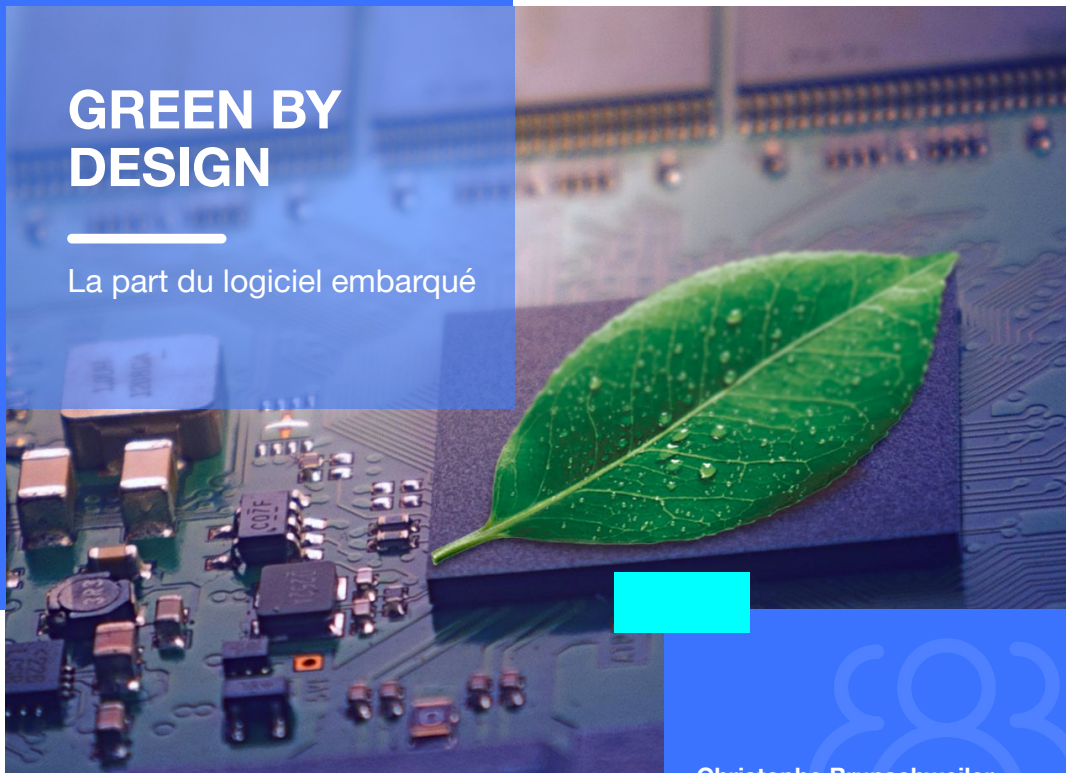
Mini book



I.T IS OPEN

# GREEN BY DESIGN

La part du logiciel embarqué



**Christophe Brunschweiler**  
*Directeur de Business Unit  
Smile Embedded & Connected  
Systems*



[www.smile.eu](http://www.smile.eu)



# Sommaire

---

Edito .....	4
En guise d'introduction .....	5
<b>01</b> - La nécessaire lutte contre le changement climatique .....	8
<b>02</b> - L'empreinte environnementale de la Tech .....	12
<b>03</b> - Green by Design, quèsaco ? .....	18
<b>04</b> - Et le logiciel embarqué dans tout ça ? .....	21
4.1. Méthode .....	25
4.2. Codage .....	30
4.3. Fonctionnalités .....	33
<b>05</b> - En conclusion .....	36
<b>06</b> - Le pôle Embedded & Connected Systems Smile .....	39
<b>07</b> - À propos de Smile .....	42

# Edito

## Le Numérique Responsable & Smile

“ Bousculés par les crises et les scandales, **le Numérique et plus largement le monde des Technologies** sont entrés ces dernières années dans une nouvelle ère, celle de **la responsabilité pour lutter contre ses biais et valoriser avec raison ses potentiels.**

Mais qu'entend t-on par **Numérique Responsable** ?

Le Numérique Responsable est un numérique qui s'inscrit dans une **trajectoire d'impact positif sur le plan économique, social, sociétal et environnemental.**

C'est un numérique qui concilie des objectifs business avec des **ambitions RSE.**

Cette démarche est indispensable car le Numérique et plus largement le monde des Technologies sont **des leviers pour réussir les transitions à venir.**”

Planet  
Tech'Care



“En ce qui concerne le sujet environnemental, il n'y aura pas de **transition écologique**, il n'y aura pas de solution à la crise climatique sans technologie.

La seule voie envisageable est de **proposer des technologies qui contribuent plus que ce qu'elles ne polluent et d'en avoir un usage raisonné.**

**Les systèmes embarqués sont amenés à jouer un rôle grandissant dans cette grande aventure** qui va concilier **IT4Green, GreenIt et GreenByDesign.**”



**Véronique Torner,**

Sponsor du programme Numérique Responsable @Groupe Smile,

Co-fondatrice et Directrice Générale [@Alter Way](#),

Membre du conseil d'administration et du comex [@Numeum](#),

En charge de l'initiative [Planet Tech'Care](#)



En guise  
d'introduction

# En guise d'introduction

---

Le secteur de la Tech (extension du numérique à l'ensemble des systèmes électriques / électroniques à forte dominante logiciel) n'est pas le domaine qui vient tout de suite à l'esprit lorsque l'on évoque impact environnemental et émissions de gaz à effet de serre. Pourtant, le numérique est plus émetteur que le secteur aérien et connaît une augmentation notable depuis une quinzaine d'années. La part du numérique dans les émissions de GES est ainsi en croissance non linéaire.

De façon générale, on distingue trois démarches "Green" dans le numérique<sup>1</sup>: l'"IT/Tech for Green", qui désigne l'ensemble des solutions techniques conçues pour réduire un problème environnemental (ex: GTB<sup>2</sup> permettant de réduire la clim ou le chauffage d'un bâtiment), le "Green IT", qui est la démarche d'amélioration continue visant à réduire les impacts environnementaux d'un système numérique et l'éco-conception, qui consiste à intégrer les enjeux environnementaux dès la phase de conception.

## Numérique: vous avez dit "Green" ?



<sup>1</sup> <https://www.eco-conception.fr/static/eco-conception-de-service-numerique.html>

<sup>2</sup> GTB: Gestion Technique du Bâtiment

Le présent document se focalise sur cette démarche (que nous appellerons “Green by Design”), tout en s’intéressant particulièrement aux systèmes embarqués et à sa partie immatérielle qu’est le logiciel embarqué. Sujet jusqu’ici peu abordé.

Et pourtant, on peut légitimement se poser des questions telles que :

- Le langage de programmation a-t-il une quelconque influence ?
- La façon de coder peut-elle aider à une frugalité énergétique ?
- Une bonne maîtrise de la dette technique ne serait-elle pas, à terme, un bon moyen ?
- L’open source peut également être un facteur favorable: oui mais dans quelles proportions ?



**Smart Energy**



**Smart Mobility**



**Smart Industry**



**Smart City**



**Smart Health**



**Smart Agri**

01

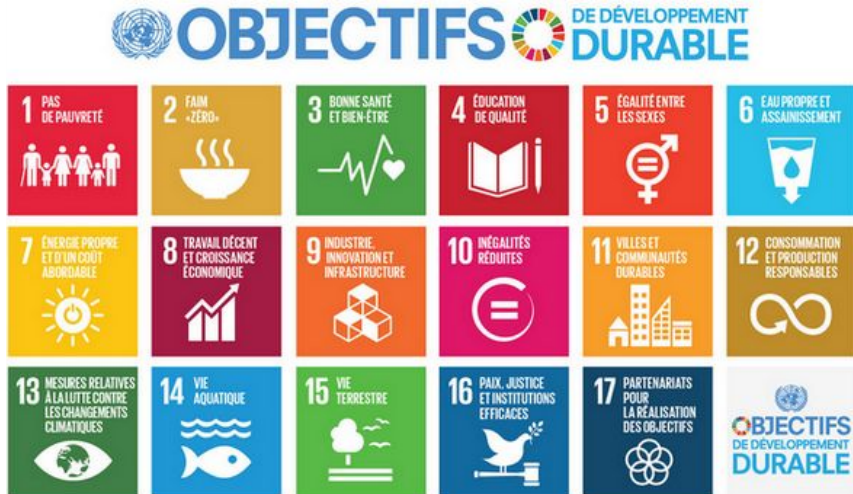
# La nécessaire lutte contre le changement climatique





# La nécessaire lutte contre le changement climatique

La lutte contre le changement climatique est un des 17 objectifs de développement durable des Nations Unies<sup>3</sup>.



*Les 17 objectifs de développement durable des Nations Unies*

L'histoire de notre terre a de tout temps été ponctuée par des modifications du climat. Mais ce qui caractérise la période actuelle, c'est l'échelle de temps: la température moyenne de surface a ainsi augmenté de 1,2°C depuis l'ère préindustrielle (~1850): c'est très court par rapport à la périodicité naturelle des évolutions antérieures qui étaient de l'ordre de 100 000 ans !

Auparavant d'origines naturelles, ces variations résultent aujourd'hui principalement de l'activité humaine, notamment des gaz à effet de serre (GES) rejetés dans l'atmosphère : le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) d'origine humaine étant responsable d'un peu moins de 65% de l'effet de serre additionnel dû à l'homme<sup>4</sup>. Il est par ailleurs avéré que le réchauffement climatique est presque linéairement proportionnel à la quantité totale de CO<sub>2</sub> que nous émettons<sup>5</sup>.

<sup>3</sup> <https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/climate-change-2/>

<sup>4</sup> <https://iancovici.com/changement-climatique/gaz-a-effet-de-serre-et-cycle-du-carbone/quels-sont-les-gaz-a-effet-de-serre-quels-sont-leurs-contribution-a-leffet-de-serre/>

<sup>5</sup> Figure 10 du Summary for Policymakers -

[https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SPM\\_final.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf)

Global surface temperature increase since 1850–1900 (°C) as a function of cumulative CO<sub>2</sub> emissions (GtCO<sub>2</sub>)

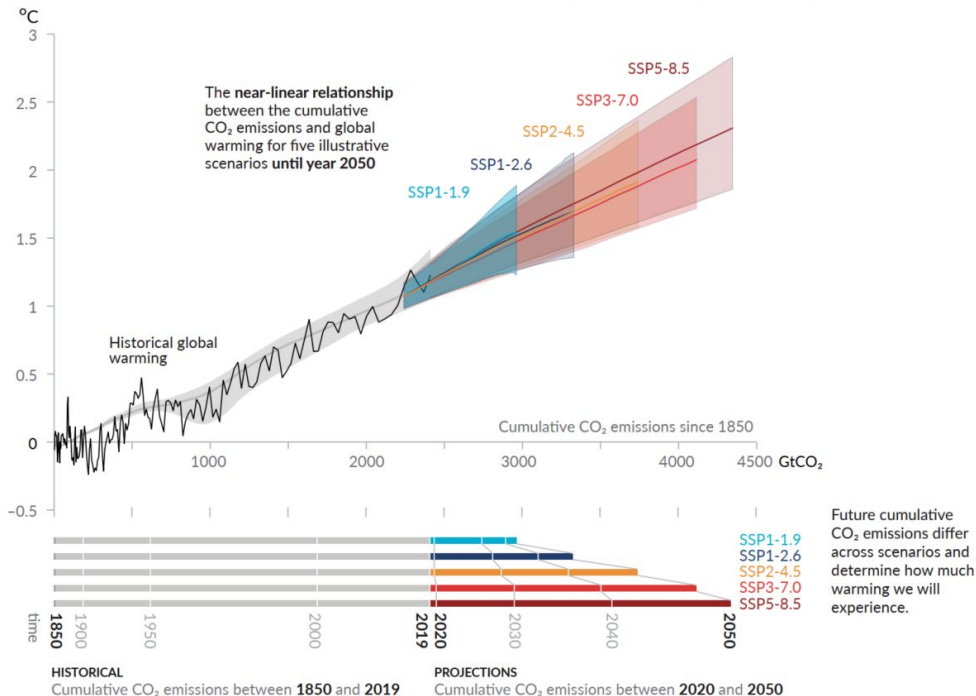


Figure SPM.10 | Near-linear relationship between cumulative CO<sub>2</sub> emissions and the increase in global surface temperature

Créé en 1988, le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) dépend de l'Organisation météorologique mondiale et du Programme des Nations unies pour l'environnement. Connu pour ces différents rapports, le GIEC a pour mission d'évaluer et de synthétiser l'état des connaissances scientifiques, techniques et socio-économiques disponibles, de façon neutre et objective, en rapport avec la question du réchauffement climatique. Il a été pour beaucoup dans l'élaboration de l'Accord de Paris sur le changement climatique<sup>6</sup> visant à combattre le réchauffement planétaire.

Adopté en 2015 par 195 signataires, l'engagement est pris de réduire les émissions de GES dès que possible pour atteindre le niveau net zéro dans la seconde moitié du XXI<sup>e</sup> siècle: chacun a sa propre feuille de route (= Contributions Déterminées au niveau National - CDN) pour y arriver. L'union européenne s'est ainsi donnée l'objectif ambitieux de devenir la première économie et société neutre pour le climat en 2050<sup>7</sup>: la première étape étant de réduire ses émissions d'ici 2030 d'au moins 55 % par rapport aux niveaux de 1990.

La décarbonation apparaît ainsi comme un enjeu majeur de notre société.

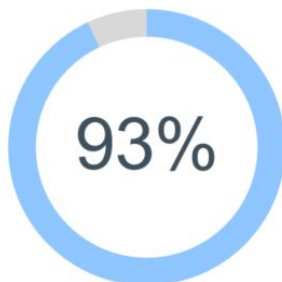
<sup>6</sup> <https://www.vie-publique.fr/fiches/274836-quest-ce-que-le-giec>

<sup>7</sup> <https://www.consilium.europa.eu/fr/policies/climate-change/paris-agreement/>

**Les chefs d'entreprise européens considèrent la décarbonisation comme une question de vie ou de mort**



des chefs d'entreprise européens estiment qu'elle sera essentielle à la survie de leur activité.



déclarent qu'elle sera déterminante pour leur aptitude à attirer les meilleurs talents.

*Source: PAC Horizons 2022 - Palais Brongniart, Paris*

02

# L'empreinte environnementale de la Tech



# L'empreinte environnementale de la Tech

Quand on parle rejet de CO<sub>2</sub>, le secteur du transport vient tout de suite à l'esprit. Pas étonnant dans la mesure où les déplacements de marchandises ou de personnes (pour raisons professionnelles ou personnelles), tous modes confondus (Aérien, Terrestre, Maritime et Fluvial) représentent entre 20 et 25% des émissions de GES à l'échelle mondiale (31% à l'échelle de la France selon l'ADEME<sup>8</sup>). Et c'est donc assez naturellement que ce secteur a été ciblé dans les premières actions de lutte contre le réchauffement climatique. En France, par exemple, les entreprises du secteur du transport de marchandises ou de personnes ont l'obligation de communiquer leurs émissions de GES, cette obligation d'information est une disposition issue du Grenelle de l'environnement, codifiée à l'article L1431-3 du code des transports<sup>9</sup>. Le bonus-malus écologique en vigueur côté automobile en est un autre exemple. Et pour refermer la parenthèse à propos des transports, vous pouvez évaluer l'impact de vos déplacements selon le mode choisi grâce à un outil mis en ligne par l'ADEME<sup>10</sup> : <https://monimpacttransport.fr/>

## Quid de la Tech?



Selon une étude de GreenIT<sup>11</sup>, les émissions de GES du numérique représentaient 3,8% des émissions mondiales en 2019. Le numérique est ainsi plus émetteur de CO<sub>2</sub> que l'aviation qui, avant Covid, représentait 2% des émissions globales<sup>12</sup>.

Selon cette même étude, si le numérique était un pays, il aurait environ 2 à 3 fois l'empreinte de la France. A l'échelle individuelle, les impacts moyens annuels de l'utilisation du numérique sur le changement climatique sont similaires à 2 259 km en voiture / habitant<sup>13</sup>.

<sup>8</sup> <https://datagir.ademe.fr/blog/impact-carbone-mobilite-eco-deplacement/>

<sup>9</sup> [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000031066016/](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000031066016/)

<sup>10</sup> Pour un calcul plus global, il y a cet autre site mis à disposition: <https://nosgestesclimat.fr/>

<sup>11</sup> <https://www.greenit.fr/etude-empreinte-environnementale-du-numerique-mondial/>

<sup>12</sup> <https://france3-regions.francetvinfo.fr/bretagne/ille-et-vilaine/rennes/le-numerique-plus-emetteur-d-e-co2-que-l-aviation-selon-une-chercheuse-de-l-ehesp-de-rennes-2068717.html>

<sup>13</sup> [https://presse.ademe.fr/wp-content/uploads/2022/01/DP\\_Numerique-responsable-190122.pdf](https://presse.ademe.fr/wp-content/uploads/2022/01/DP_Numerique-responsable-190122.pdf)

4,2 %



Consommation d'énergie primaire

3,8 %



Emissions de gaz à effet de serre

0,2 %



Consommation d'eau (eau)

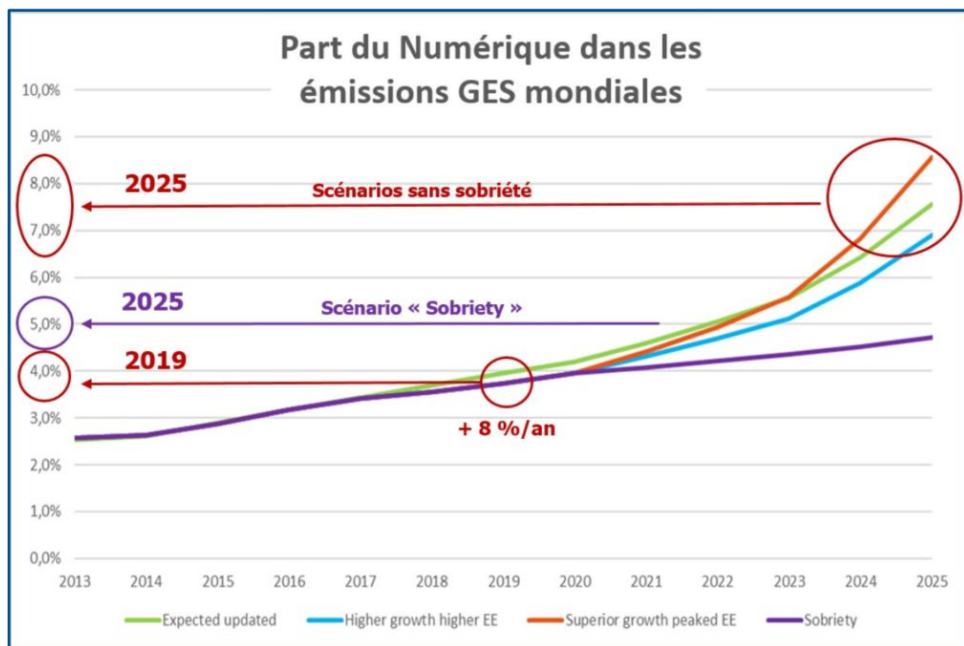
5,6 %



Consommation d'électricité (Elec.)

**Contribution du numérique à l'empreinte de l'humanité (2019) - Source: GreenIT**

Et cela ne va pas en s'arrangeant. Les émissions en GES du numérique pourraient augmenter de manière significative si rien n'est fait pour en réduire l'empreinte : + 60 % d'ici à 2040, soit 6,7 % des émissions de GES nationales<sup>14</sup>. Nous sommes actuellement à une croissance de 8% par an<sup>15</sup>. Et même si la prise de conscience ne date pas d'hier et que des efforts ont été faits pour réduire les impacts par système, l'effet rebond<sup>16</sup> fait que la courbe augmente au global.



**Part du numérique dans les émissions GES mondiales - Source: The Shift Project**

<sup>14</sup> [https://www.senat.fr/commission/dvpt\\_durable/mission\\_dinformaton\\_sur\\_lempreinte\\_environnementale\\_du\\_numerique.html](https://www.senat.fr/commission/dvpt_durable/mission_dinformaton_sur_lempreinte_environnementale_du_numerique.html)

<sup>15</sup> [https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2020/10/Deployer-la-sobriete-numerique\\_Rapport-complet\\_ShiftProject.pdf](https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2020/10/Deployer-la-sobriete-numerique_Rapport-complet_ShiftProject.pdf)

<sup>16</sup> [https://www.google.com/url?q=https://fr.wikipedia.org/wiki/Effet\\_rebond\\_\(%25C3%25A9conomie\)&sa=D&source=docs&ust=1665481963513297&usq=AOvVaw22Fos28viPqYbi3ALKGPs7](https://www.google.com/url?q=https://fr.wikipedia.org/wiki/Effet_rebond_(%25C3%25A9conomie)&sa=D&source=docs&ust=1665481963513297&usq=AOvVaw22Fos28viPqYbi3ALKGPs7)



**Evolution de l’empreinte du numérique (2010-2025) - Source: GreenIT**

L’impact environnemental du numérique, c’est en réalité l’impact de l’ensemble des composantes qui permettent aux outils numériques de fonctionner.

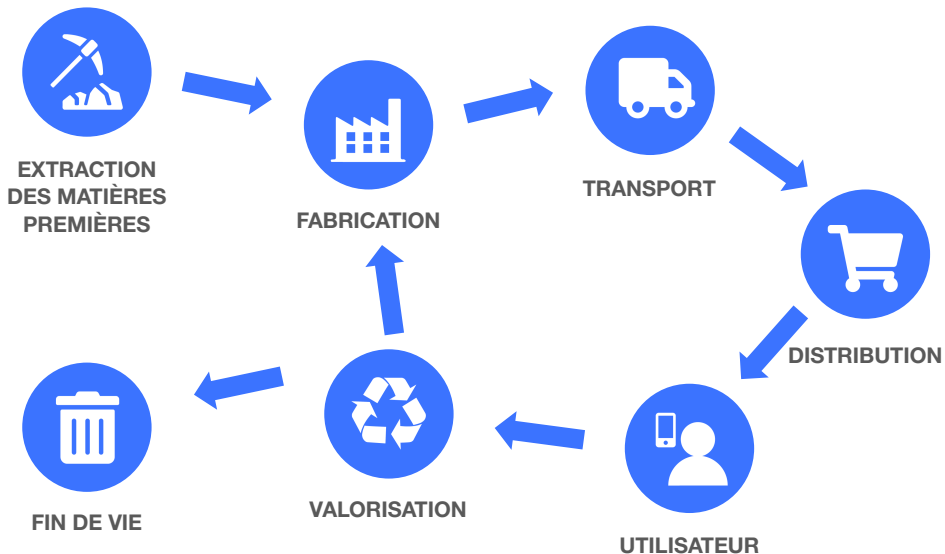


**Les outils numériques fonctionnent grâce à des systèmes complexes... - Source: NUMEUM - FAQ : NUMÉRIQUE & ENVIRONNEMENT <sup>17</sup>**

Pour qu’un produit ou service numérique fonctionne, plusieurs composants interviennent. Or, chacun de ces composants génère des impacts environnementaux à chaque étape de son cycle de vie.

<sup>17</sup> [https://numeum.fr/sites/default/files/2021\\_FAQ\\_Numerique\\_et\\_Environnement\\_1.pdf](https://numeum.fr/sites/default/files/2021_FAQ_Numerique_et_Environnement_1.pdf)

*...et chacun de ces composants ou "tier" génère des émissions de GES à chaque étape de son cycle de vie.*



## Bon à savoir

La fabrication des équipements concentre la majeure partie de l'impact environnemental du numérique. Selon les indicateurs, la phase de fabrication représente entre 59 % à 84 % du total des impacts environnementaux. En France, elle est par exemple responsable de 83 % des émissions de GES.

Source : [numnum.fr](https://numnum.fr)  
 FAO - NUMÉRIQUE & ENVIRONNEMENT

Les usages numériques constituent une part moindre de l'impact environnemental du numérique. Ils ont toutefois un impact sur la durée de vie des équipements et peuvent contribuer à leur obsolescence.

13

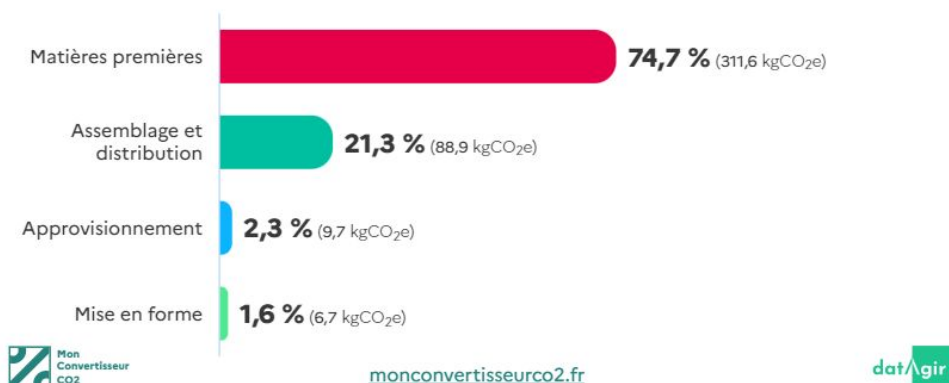
On apprend ainsi sur le convertisseur CO<sub>2</sub> de l'ADEME<sup>18</sup> que la fabrication et la distribution d'un ordinateur fixe rejette en moyenne 417 kg CO<sub>2</sub>e<sup>19</sup>.

<sup>18</sup> <https://datagir.ademe.fr/apps/mon-convertisseur-co2/>

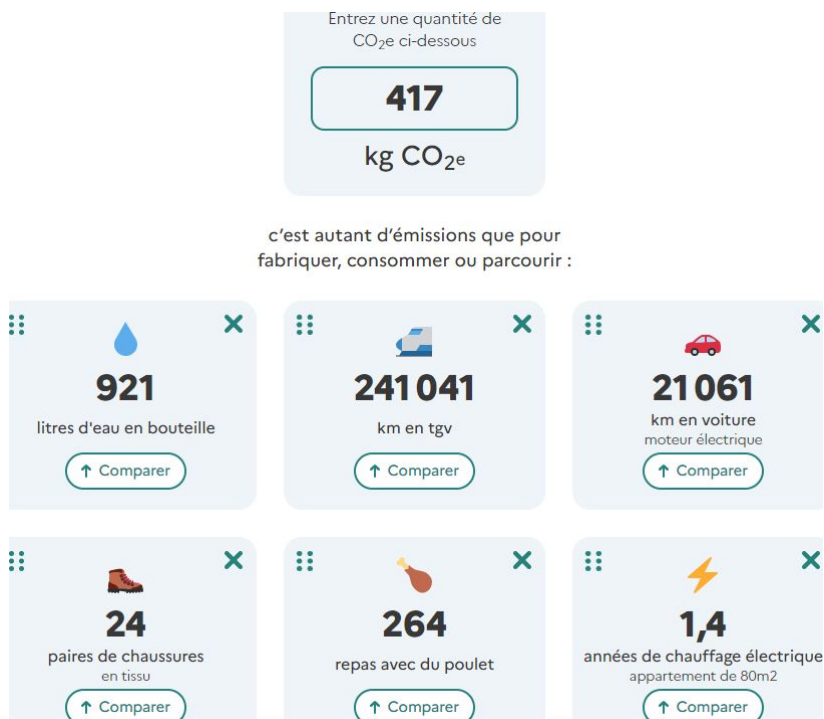
<sup>19</sup> (Wikipédia) L'équivalent CO<sub>2</sub> (abréviations : eqCO<sub>2</sub>, éq. CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>e ou CO<sub>2</sub>-eq) d'une émission de gaz à effet de serre est la quantité de (CO<sub>2</sub>) qui (...) aurait la même capacité à retenir le rayonnement solaire.



## Détail de l'empreinte de 1 ordinateur fixe (416,9 kgCO<sub>2</sub>e)



Le même site donne des équivalences. La fabrication et la distribution d'un ordinateur fixe correspond ainsi à :



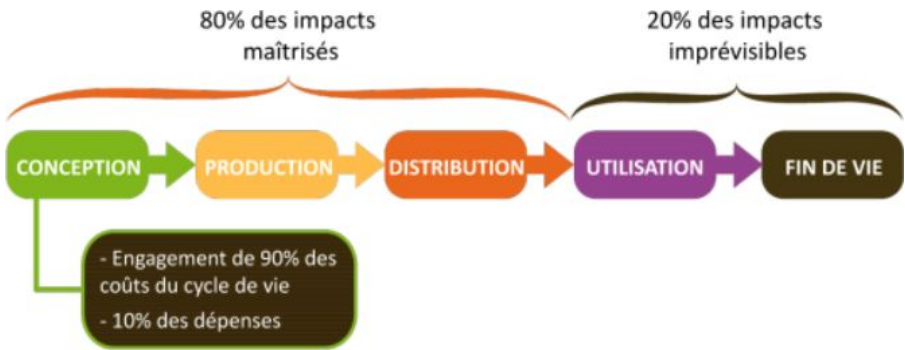
03

# Green by Design, quèsaco ?



# Green by Design, quèsaco ?

“Conçu en minimisant son impact environnemental” : telle pourrait-être la définition d’un produit ou d’un service “Green by Design”, le Green by Design étant à l’impact environnemental ce qu’est le “Secure by Design” à la cybersécurité. En bon français, on parle d’éco-conception.



## *Approches financière et environnementale du cycle de vie d'un produit*<sup>20</sup>

La démarche consiste à intégrer la protection de l’environnement dès la conception des biens ou services. L’objectif est de réduire les impacts environnementaux des produits tout au long de leur cycle de vie : extraction des matières premières, production, distribution, utilisation et fin de vie. Envie d’en savoir plus sur l’histoire de l’éco-conception ? Une série de trois articles à lire sur le sujet a été publiée sur LinkedIn<sup>21</sup>. Le site Pôle Eco-conception<sup>22</sup> est également riche d’informations.

On parle donc d’une vision globale des impacts environnementaux : c’est une approche multi-étapes (prenant en compte les diverses étapes du cycle de vie) et multi-critères (prenant en compte les consommations de matière et d’énergie, les rejets dans les milieux naturels, les effets sur le climat et la biodiversité).

<sup>20</sup> [http://stockage.univ-valenciennes.fr/MenetACVBAT20120704/acvbat/chap02/co/ch02\\_060\\_1-4-0.html](http://stockage.univ-valenciennes.fr/MenetACVBAT20120704/acvbat/chap02/co/ch02_060_1-4-0.html) - Jean-Luc MENET

<sup>21</sup> <https://www.linkedin.com/pulse/lhistoire-de-l%C3%A9co-conception-13-1970-la-q%C3%A9n%C3%A8se-ferrari/> + <https://www.linkedin.com/pulse/lhistoire-de-l%C3%A9co-conception-23-1990-2000-la-french-ecoto uch-ferrari/> + <https://www.linkedin.com/pulse/lhistoire-de-l%C3%A9co-conception-33-2021-la-n%C3%A9cessit%C3%A9-dune-ferrari/?originalSubdomain=fr>

<sup>22</sup> <https://www.eco-conception.fr/>

Selon l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie), l'ACV (Analyse du Cycle de Vie) est l'outil le plus abouti en matière d'évaluation globale et multicritère des impacts environnementaux<sup>23</sup>. L'ACV est une méthodologie normée au niveau français et à l'international. Un inventaire de ces normes est disponible sur le site avnir<sup>24</sup>.

Parmi les différentes normes ISO 140XX sur l'environnement, l'ISO 14062 de 2003 traite particulièrement de l'intégration des aspects environnementaux dans la conception et le développement de produits. Bien qu'elle ait été retirée depuis, elle fait référence dans le domaine en termes d'éco-conception.

Vous souhaitez en savoir plus sur les principes et les outils de l'éco-conception ? Jean Luc Menet, maître de conférences (entre autres) a publié ses supports de cours à l'Université Virtuelle Environnement & Développement Durable sur le sujet<sup>25</sup>.

<sup>23</sup> [https://expertises.ademe.fr/economie-circulaire/consommer-autrement/passer-a-l'action/dossier/la-nalyse-cycle-vie/quest-lacv#::-:text=L 'analyse%20du%20cycle%20de%20vie%20est%20l%20outil%20le%20de%20services%20sur%20l%20environnement](https://expertises.ademe.fr/economie-circulaire/consommer-autrement/passer-a-l'action/dossier/la-nalyse-cycle-vie/quest-lacv#::-:text=L%27analyse%20du%20cycle%20de%20vie%20est%20l%20outil%20le%20de%20services%20sur%20l%20environnement).

<sup>24</sup> <https://www.avnir.org/FR/Normes-et-guides-133.html>

<sup>25</sup> [http://stockage.univ-valenciennes.fr/MenetACVBAT20120704/acvbat/chap02/co/ch02\\_020\\_acv\\_web.html](http://stockage.univ-valenciennes.fr/MenetACVBAT20120704/acvbat/chap02/co/ch02_020_acv_web.html)

04

Et le logiciel  
embarqué  
dans tout ça ?



# Et le logiciel embarqué dans tout ça ?

Logiciel embarqué, logiciel enfoui, firmware, embedded software (peu importe le nom qu'on lui donne) : on parle bien de ce logiciel qui s'exécute sur autre chose qu'un serveur, un ordinateur, une tablette ou un smartphone. Étonnant de définir quelque chose en illustrant ce qu'il n'est pas ? Pas tant que ça dans la mesure où le logiciel embarqué est devenu tellement omniprésent et multisectoriel qu'il est plus commode d'exclure les domaines où il n'est pas que l'inverse.

## Au cœur des systèmes embarqués...



Smart Energy



Smart Mobility



Smart Industry



Smart City



Smart Health



Smart Agri

... quelque soit le domaine d'application

**Le logiciel embarqué est devenu omniprésent et multi sectoriel**

Systèmes embarqués: de quoi parle t'on exactement?

• Un système embarqué n'est **pas** forcément:

- mobile,
- petit,
- caché,
- puissant (ou non puissant),
- complexe,
- alimenté par batterie,
- économe en énergie,
- cher (ou bon marché),
- spécifique,
- industriel,
- ...



10 Cours architecture des systèmes embarqués

C. Brunschweiler

Définition « Embedded System »

- Tout système conçu **pour résoudre un problème ou une tâche spécifique / dédié** mais n'est pas un ordinateur d'usage général.
- Les **parties matérielle et logicielle sont intimement liées** et noyées dans le matériel et ne sont pas discernables comme un environnement de travail classique de type PC.
- Système électronique et informatique **autonome** possédant des **entrées-sorties spécifiques** (pour la plupart, liées à des grandeurs ou des phénomènes **physiques**).
- Composante primordiale d'un système plus large ou une machine dont l'objectif est de **commander, contrôler et superviser** ce système.

11 Cours architecture des systèmes embarqués

C. Brunschweiler

**Système/Logiciel embarqué : de quoi parle t'on ?**

Fortement lié au produit, dont on peut dire qu'il apporte l'intelligence, le logiciel embarqué en constitue la partie immatérielle.

A l'opposé, on trouve tout ce qui va venir composer la partie matérielle de ce même produit: packaging, boîtier, composants électroniques, PCB (Printed Circuit Board)... C'est bien au niveau de cette partie matérielle que l'on pense assez naturellement lorsque l'on évoque les différents piliers d'une démarche d'éco-conception. C'est en effet cette partie matérielle qui entre principalement en considération lorsque l'on va s'intéresser, dans la phase de conception, à toutes les étapes du cycle de vie d'un système embarqué.



### Alors ? Goutte d'eau dans l'océan ?

Oui, probablement, mais d'une part le proverbe dit que ce sont les petits ruisseaux qui font les grandes rivières et une citation célèbre<sup>26</sup> ne fait qu'appuyer le fait qu'agir est plus impactant que l'inaction.

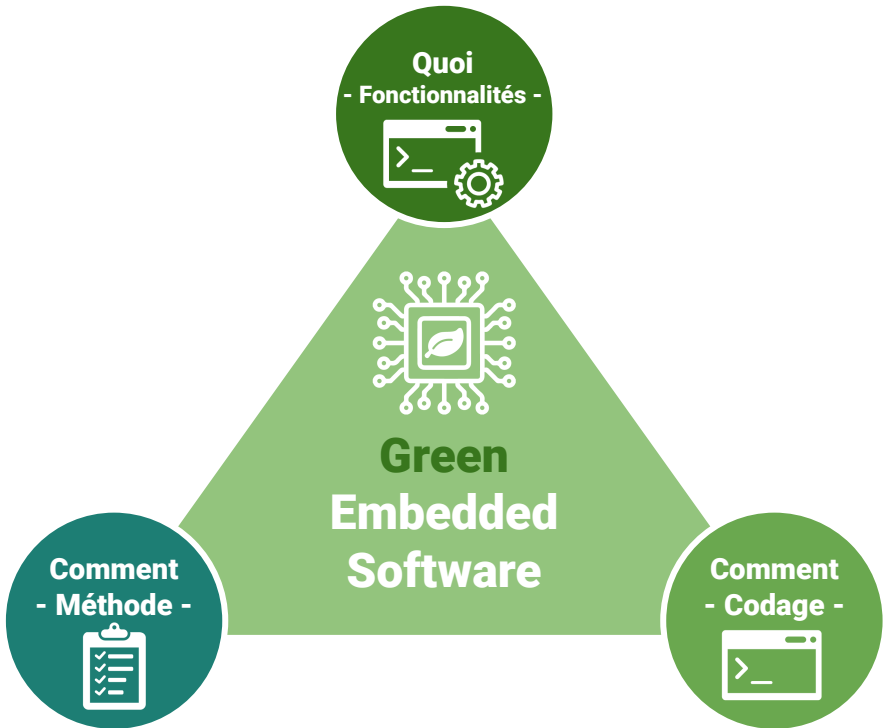
Alors bien sûr, certaines étapes du cycle de vie ne vont pas s'appliquer (difficile, par exemple, de parler extraction et approvisionnement en matières premières pour du logiciel) et ce sera également le cas pour certains critères (difficile, là aussi, d'envisager une corrélation entre l'amincissement de la couche d'ozone et le logiciel).

Mais si l'on en croit le document "Prêt à voter" de la fondation Solar Impulse, "C'est bien le logiciel qui provoque la consommation d'énergie du matériel et souvent l'obsolescence d'un matériel old-tech ou low-tech plus assez puissant." Ce même document n'hésite pas à aller jusqu'à affirmer que "les acteurs qui mettent à disposition des services numériques pour le plus grand nombre doivent donc intégrer cette dimension de sobriété dans la fabrication des logiciels". Sans le nommer, nous sommes bien au cœur du Green by Design.

<sup>26</sup> "Nous réalisons que ce que nous accomplissons n'est qu'une goutte dans l'océan. Mais si cette goutte n'existait pas dans l'océan, elle manquerait." - Mère Teresa.

<sup>27</sup> <https://solarimpulse.com/pret-a-voter> - Proposition n° 50: "Sobriété des services numériques"

À bien y regarder, certains leviers se révèlent pertinents. Il seront classés par la suite en trois catégories, selon qu'ils s'appliquent à comment le logiciel est développé en terme de méthodologie (Comment - Méthodologie), comment le logiciel est codé lui-même (Comment - Codage) et, enfin, qu'est-ce que le logiciel peut apporter en terme de fonctionnalités "durables et responsables" (Quoi - Fonctionnel).





## 4.1. Méthode

### Maîtriser la dette technique

Selon Wikipédia, “le terme [dette technique] vient d'une métaphore, inspirée du concept existant de dette dans le domaine des finances et des entreprises, appliquée au domaine du développement logiciel.”

Il ne s'agira pas ici de développer ce concept (la documentation ne manque pas sur le sujet, y compris sur les outils à mettre en oeuvre), mais bien de mettre en avant le fait qu'une dette technique maîtrisée est tout aussi bon en terme d'€ ou de \$, qu'en terme de réduction des impacts environnementaux.

Schématiquement, l'idée veut que quand on développe du code au plus vite sans maîtrise, on crée de la dette technique que l'on va nécessairement devoir rembourser plus tard sous forme de temps de développement de plus en plus long et de bugs de plus en plus fréquents.

Oui mais voilà: qui dit temps de développement, dit nécessairement impact environnemental lié à l'activité de développement. Et même si le type d'impact est peu ou prou le même en anticipation qu'en réaction, l'ampleur (et surtout, la non maîtrise) peut venir à faire exploser les compteurs.



Besoin d'être convaincu ? Celui qui a déjà connu la délicate mission de résoudre un bug sporadique sait de quoi il s'agit : une occurrence aléatoire va nécessiter de déployer des moyens qui peuvent devenir considérables, sans avoir aucunement l'assurance de, non seulement reproduire plus systématiquement le dit bug, et encore moins de trouver la solution / correction.

#### Top-6-worst-bugs-ever<sup>28</sup>

A tous les égards, mieux vaut donc faire en sorte de maîtriser et réduire la dette technique.

<sup>28</sup> <https://www.commitstrip.com/fr/2014/07/15/top-6-worst-bugs-ever/>

## Permettre le test à distance

Le code embarqué est très fortement lié au matériel spécifique sur lequel il va s'exécuter.

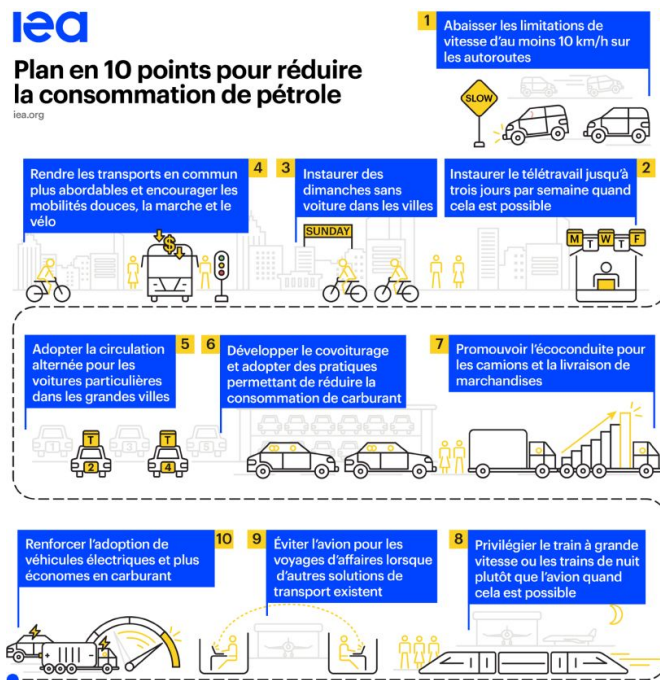
Son développement se fait bien souvent en parallèle de ce matériel, avec des plannings pas forcément totalement synchronisés.

Les environnements de développement permettent alors de développer sans attendre le système électronique finalisé : compilation croisée, kits de développement, maquettes, prototypes permettent d'avancer le développement en attendant la sacro sainte carte finale sur laquelle, enfin, les vrais tests vont pouvoir se faire.

Oui mais comme il s'agit bien souvent de s'insérer dans un système mécatronique plus ou moins volumineux et transportable, pas d'autre choix que de se trouver au plus proche du matériel pour tester et finaliser les développements.

Point de télétravail dans ces conditions et une nécessité d'être sur place pour les équipes de développement (qui, dans certains cas, peuvent se trouver éloignées des équipements).

C'est dommage car le télétravail est présenté comme un des leviers de réduction des émissions de GES.



L'impact est différent selon les habitudes et les territoires<sup>29</sup>, mais, globalement, libérer les développeurs de la contrainte d'être physiquement présent à côté des équipements sur lesquels ils interviennent va dans le bon sens.

<sup>29</sup> [https://iea.blob.core.windows.net/assets/5cea3960-fce2-42ce-8cfb-a92eb6ddd9a9/A10-PointPlanToCutOilUse\\_French.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/5cea3960-fce2-42ce-8cfb-a92eb6ddd9a9/A10-PointPlanToCutOilUse_French.pdf)

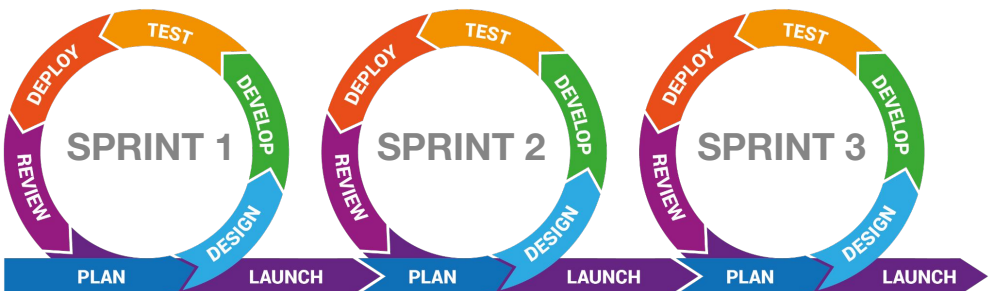
## Privilégier le juste nécessaire

L'idée ici est d'éviter tout développement inutile en se concentrant sur le juste nécessaire. A la fois tellement évident et facile à dire, les choses peuvent bien souvent s'avérer différentes dans la pratique. Pourquoi ? Deux raisons principales peuvent être identifiées.

La première vient du raisonnement assez courant du "qui peut le plus, peut le moins". Autrement dit, au niveau marketing produit, le risque est moindre de développer des fonctions qui, in fine, ne seront pas utilisées que l'inverse. A ce niveau, [heureusement], la démarche d'analyse de la valeur vise depuis longtemps à analyser les différents composants/fonctions d'un produit par rapport à leur impact sur la satisfaction du consommateur/utilisateur: globalement, une fonctionnalité coûteuse mais peu valorisable a toutes les chances d'être abandonnée. Tout à fait compatible avec une démarche d'éco-conception, finalement: à quoi bon développer des fonctionnalités (qui, nécessairement auront un impact environnemental certain), si elles n'ont pas (ou peu) d'utilité?

La seconde raison concerne la méthodologie de développement. Par exemple, plaçons-nous dans le classique cycle en V, selon lequel les différentes étapes de spécification, de conception et de codage s'enchaînent, et qu'idéalement une étape ne commence pas avant que la précédente ne se termine... Qui n'a alors pas connu dans ses projets des spécifications changeantes en cours de route, imposant de modifier (voire de redévelopper) ce qui a déjà été codé? Pourquoi ces modifications? Parce qu'une fois le produit développé, on se rend bien souvent compte que ce qui a été imaginé en amont n'est finalement pas la meilleure réponse au besoin... Il est ainsi bien plus intéressant (et potentiellement permettrait d'éviter du développement inutile) d'adopter une méthodologie de développement itératif telle que les méthodes AGILE.

## AGILE



## Plébisciter l'open source

Un récent article de TechTalks<sup>30</sup> (Numeum) citait "l'open source [en tant que] relai de la transition écologique". Également, en septembre 2021, une étude de l'Union européenne sur l'impact des logiciels open source et du matériel libres sur l'indépendance, la compétitivité et l'innovation allait clairement dans ce sens<sup>31</sup> (Yocto y est d'ailleurs présenté comme un "Success Case"). Inscrit dans notre ADN, nous en sommes farouchement convaincus.

“

OSSH contributes to sustainability by extending the life cycle of devices, enabling reuse of components and reducing duplicate development effort.

“

L'open source contribue à la durabilité des appareils en prolongeant leur durée de vie, en permettant la réutilisation des composants et en évitant de dupliquer les efforts de développement. ”

*Rapport d'étude de l'union européenne (29)*

On peut y voir (au moins) trois raisons.

Tout d'abord, en mutualisant les développements, l'Open Source permet un taux de réutilisation optimal au niveau des composants logiciels les plus communs (tel que l'Operating System, les piles de communication, etc...). Schématiquement, le firmware d'un produit se compose alors d'une partie importante de composants existants et éprouvés, qui vont être intégrés à des développements spécifiques (que l'on réduira au maximum).

<sup>30</sup> <https://www.techtalks.fr/transition-ecologique-les-6-tendances-technologiques/>

<sup>31</sup> Blind, K.; Böhm, M., Grzegorzewska, P., Katz, A., Muto, S., Pättsch, S., Schubert, T. (2021). The impact of Open Source Software and Hardware on technological independence, competitiveness and innovation in the EU economy, Final Study Report. Brussels. :

<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/study-about-impact-open-source-software-and-hardware-technological-independence-competitiveness-and>

L'open source est également un très bon remède contre l'obsolescence du matériel<sup>32</sup>. Par exemple, c'est un des aspects de la démarche de Fairphone : plus le logiciel est maintenable longtemps, plus le matériel a des chances de durer longtemps. Plus précisément : la fin de vie du matériel proviendra uniquement de causes matérielles (casse, fin de vie de la batterie, etc.), mais pas de l'obsolescence du logiciel. Or le logiciel open source est plus facile à maintenir sur de longues durées.

Enfin, comme il est évoqué dans l'article de TechTalks, l'open source facilite la standardisation et favorise l'interopérabilité des systèmes entre eux.



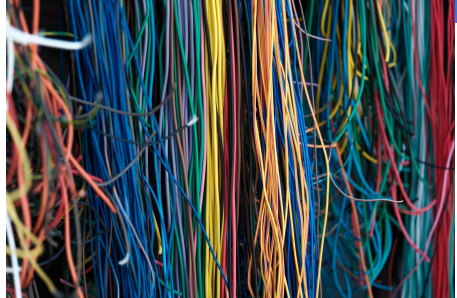
<sup>32</sup> <https://www.halteobsolescence.org/obsolescence-dans-le-numerique/> (même si libre et Open Source sont des notions différentes, mais nous ne rentrerons pas dans le débat ici...)

## 4.2. Codage (comment ?)

### Bannir la programmation spaghetti

Pourquoi parle-t-on de programmation spaghetti ?

L'analogie culinaire vient du fait que si vous tentez de tirer un "fil" d'un côté, l'enchevêtrement provoque des mouvements jusqu'au côté opposé. Tout vient en bloc ! Côté logiciel, cela revient à dire qu'il est impossible d'appréhender simplement les dépendances et les couplages entre les différents composants / modules / couches.



Là où la dette technique (voir le § "Maîtriser la dette technique) peut s'installer de façon pernicieuse au fur et à mesure des développements et des évolutions fonctionnelles, la "programmation spaghetti" concerne l'architecture même du logiciel. Comme toute architecture, c'est toute la suite de la "construction" qui peut être impactée si les bases ne sont pas solides (la tour de Pise en est un excellent [contre]-exemple).

Nous nous intéressons donc ici à la phase de conception générale: privilégier une architecture modulaire à une architecture monolithique va faciliter la réutilisation, la maintenabilité, l'évolution fonctionnelle, etc.

En bannissant la programmation spaghetti, on cherche in fine les mêmes impacts vertueux que ceux recherchés dans la maîtrise de la dette technique.

## Utiliser un langage efficient

Six chercheurs de trois universités portugaises ont mené une étude intitulée “Energy Efficiency Across Programming Languages”. Temps d'exécution, utilisation de la mémoire, mais surtout consommation d'énergie de 27 langages de programmation bien connus ont ainsi été passés au crible, grâce à la méthodologie CLBG (Computer Language Benchmarks Game). Depuis la publication des résultats<sup>33</sup>, on ne compte plus les posts LinkedIn et autres à propos des conclusions: non seulement, il y a [bien] une différence entre langages (on s'en doutait), mais celle-ci peut-être très significative d'un langage à un autre.

	Energy
(c) C	1.00
(c) Rust	1.03
(c) C++	1.34
(c) Ada	1.70
(v) Java	1.98
(c) Pascal	2.14
(c) Chapel	2.18
(v) Lisp	2.27
(c) Ocaml	2.40
(c) Fortran	2.52
(c) Swift	2.79
(c) Haskell	3.10
(v) C#	3.14
(c) Go	3.23
(i) Dart	3.83
(v) F#	4.13
(i) JavaScript	4.45
(v) Racket	7.91
(i) TypeScript	21.50
(i) Hack	24.02
(i) PHP	29.30
(v) Erlang	42.23
(i) Lua	45.98
(i) Jruby	46.54
(i) Ruby	69.91
(i) Python	75.88
(i) Perl	79.58

Le top 3 des langages qui consomment le moins d'énergie est donc C (1,00), Rust (1,03), et C++ (1,34). À l'opposé, les langages les plus voraces en énergie sont Perl (79,58), Python (75,88) et Ruby (69,91). Un facteur **75** sépare donc le langage C du Python !

Faut-il pour autant bannir complètement les derniers de la classe ? Pas nécessairement. Mais au moment de choisir tel ou tel langage, il sera bon d'avoir ces éléments en tête. Utile pour déterminer l'impact vertueux (ou non) du choix fait. Le facteur multiplicateur de l'utilisation sera bien évidemment à prendre en compte. Ainsi, utiliser un langage comme le python pour développer des scripts de tests peut tout à fait être pertinent dans la mesure où l'exécution n'aura que peu d'impact sur le choix du hardware (scripts s'exécutant sur un PC) et ne sera que très peu dupliqué. En revanche, développer dans ce même langage une fonctionnalité qui sera embarquée dans un système produit à des X milliers (millions?) d'exemplaires n'est probablement pas la meilleure des solutions: à la fois en termes d'énergie (voir tableau) mais aussi au niveau de l'impact sur le hardware nécessaire : la note risque d'être salée de ce côté là !

<sup>33</sup> <http://greenlab.di.uminho.pt/wp-content/uploads/2017/10/sleFinal.pdf>

## Mener une optimisation du code

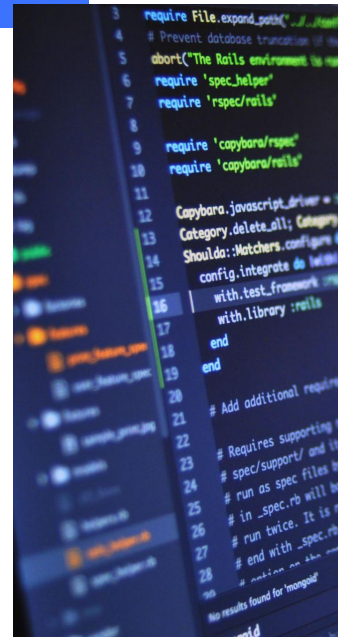
Et si on mettait un core i-ryzen 9 dans tous les systèmes électroniques ? Voilà qui réglerait les problématiques de bon nombre d'équipes de développement, non ?

Bien entendu, ce raisonnement par l'absurde a ses limites mais permet d'illustrer que les systèmes embarqués se définissent habituellement spécifiquement par rapport aux fonctions qu'ils réalisent. Cela n'a que des avantages en termes d'encombrement, de coûts et de consommation énergétique. Question logiciel, nous savons qu'une implémentation n'en vaut pas une autre : par exemple, le codage d'un algorithme pourra être plus ou moins efficace selon la façon dont il aura été implémenté. Optimiser va permettre de dimensionner au plus juste le matériel sur lequel s'exécute le code.

Dimensionner au plus juste sera alors bénéfique pour la consommation énergétique mais aussi aussi au niveau de la fabrication des puces électroniques elles-mêmes (32kg de matières premières pour une puce électronique de 2g<sup>34</sup>...). Classiquement, il est d'usage d'aborder l'optimisation dans un second temps. C'est donc une étape à prendre en compte dans les plannings.

Et question méthodologie, on peut distinguer au moins quatre voies possibles :

- Optimisation algorithmique: c'est au niveau de l'algorithme même que l'optimisation se situe et non au niveau de l'implémentation elle-même.
- Optimisation par changement du langage utilisé (voir le § précédent "Utiliser un langage efficient")
- Optimisation par les outils de compilation : le paramétrage du compilateur a une influence sur le code généré. Faire une vérification (optimisation) des paramètres choisis peut ainsi avoir un impact positif sur l'efficacité de l'exécution
- Optimisation SW-HW: certaines fonctions peuvent avantageusement être confiées à du HW. On gagne ainsi en temps CPU et, au passage, on peut dans certains cas envisager de recourir à une puce moins énergivore. C'est typiquement le cas dans le domaine du traitement de signal ou des étages de compression - décompression de données.





## 4.3. Fonctionnalités (quoi ?)

### Permettre les mises à jour

Parmi les fonctionnalités intéressantes du point de vue impact écologique global, la capacité de pouvoir effectuer des mises à jour du système est sans doute la plus importante.

Alors bien sûr, cela fait maintenant longtemps que le flashage “one shot” pur et simple n'existe plus et c'est tant mieux : avant cela, aucune mise à jour possible et c'est tout le système qui était bon au rebut en cas de dysfonctionnement logiciel ou de volonté de faire évoluer les fonctionnalités.



Donc, oui permettre les mises à jour de logiciel est indispensable dans un souci de durabilité des équipements.

En y regardant de plus près, les fonctionnalités de mise à jour ne se valent pas tout à fait: mettre à jour, OK, mais comment exactement ?

Une mise à jour par support de stockage externe (ex : clef USB ou carte [micro]SD) ou encore par connexion avec un équipement externe (ex : PC relié en USB) n'est certainement pas équivalente en terme d'impact écologique qu'un système de mise à jour à distance (FOTA - Firmware update Over The Air).

Certes, la mise à jour à distance impose toute une gestion automatisée de déploiement et repose sur une infrastructure de communication ayant un impact non négligeable, mais sans aucune mesure avec la nécessaire intervention au plus proche des systèmes dans le cas où une connexion physique est nécessaire.

Comme souvent lorsque l'on parle d'impact écologique, la problématique est néanmoins systémique et le concepteur d'un système embarqué saura appréhender quelle solution est la plus vertueuse en fonction du nombre de systèmes et de la future disparité géographique d'implantation.

Que ce soit dans l'une ou l'autre, il est certain qu'une solution de mise à jour modulaire et incrémentale est à privilégier. L'impact sera certainement plus important dans le cas FOTA (la quantité de données transportées ayant un lien direct avec l'impact environnemental). Mais on comprendra aisément malgré tout que moins il y a de données par mises à jour à faire, moins longtemps va durer cette mise à jour quel que soit le système utilisé : en général, cela va dans le bon sens question impact environnemental.

## Implémenter une maintenance à distance

Le paragraphe précédent abordait la possibilité de mettre à jour le logiciel embarqué, et notamment la possibilité de le faire à distance. Ceci constitue finalement une des fonctionnalités de maintenance possible. Car il peut y avoir d'autres fonctionnalités de maintenance qu'il est préférable de faire à distance: cela sera autant de déplacements inutiles... et donc autant de rejet de CO<sup>2</sup> évité.

Les restrictions de déplacement pendant la crise Covid a d'ailleurs été plutôt bénéfique de ce point de vue<sup>35</sup>: en cherchant à réduire les déplacements, les entreprises ont cherché des solutions pour pouvoir opérer à distance.

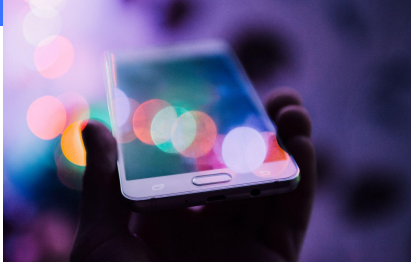
Espérons que la tendance perdure et que la motivation à réduire nos déplacements par souci de réduction des émissions de CO<sup>2</sup> vienne remplacer les restrictions dues au Covid.



<sup>35</sup><https://www.journaldunet.com/ebusiness/internet-mobile/1496035-la-crise-accelere-le-deploiement-de-solution-de-maintenance-a-distance/>

## Se focaliser sur la frugalité énergétique

On pourrait croire que la consommation énergétique d'un système est du ressort de sa partie matérielle. Même si c'est principalement le cas, le logiciel joue un rôle et ce rôle peut même être essentiel dans certains cas.



Un bon exemple pour l'illustrer c'est le cas de certains smartphones qui voient leur autonomie complètement chuter après une mise à jour logicielle. Matériel inchangé, c'est donc bien le logiciel qui vient impacter la consommation, notamment par une plus ou moins bonne gestion du matériel sous-jacent et de ses différentes phases de vie.

La vie des systèmes embarqués est en effet bien souvent loin d'être un long fleuve tranquille et monotone... Plusieurs phases se succèdent, certaines permettant de réduire considérablement la consommation d'énergie. Pousser à l'extrême, on parle même de systèmes "Normally Off, Instantly Off".

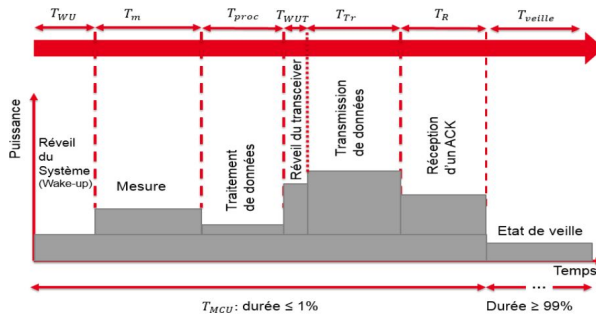


Figure 2.2 – Scénario de fonctionnement du capteur.

Source: <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-02092386/document>

Des solutions hardware ont été implémentées pour cela. On peut citer notamment certains modes de fonctionnement des CPU ou MPU. Les mémoires RAM non volatiles (NVRAM) sont également particulièrement utiles pour arrêter un système et pouvoir reprendre là où il en était au moment de son extinction. On pourrait également citer les processeurs à cœurs asymétriques comme les Cortex-A/Cortex-M de l'iMX8 par exemple.

Mais encore faut-il que le logiciel exploite correctement toutes les possibilités offertes, et c'est parfois loin d'être trivial<sup>36 37</sup>.

<sup>36</sup> <https://archive.fosdem.org/2020/schedule/event/iotcheckpointpower/>

<sup>37</sup> <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01954979>

05

# En conclusion

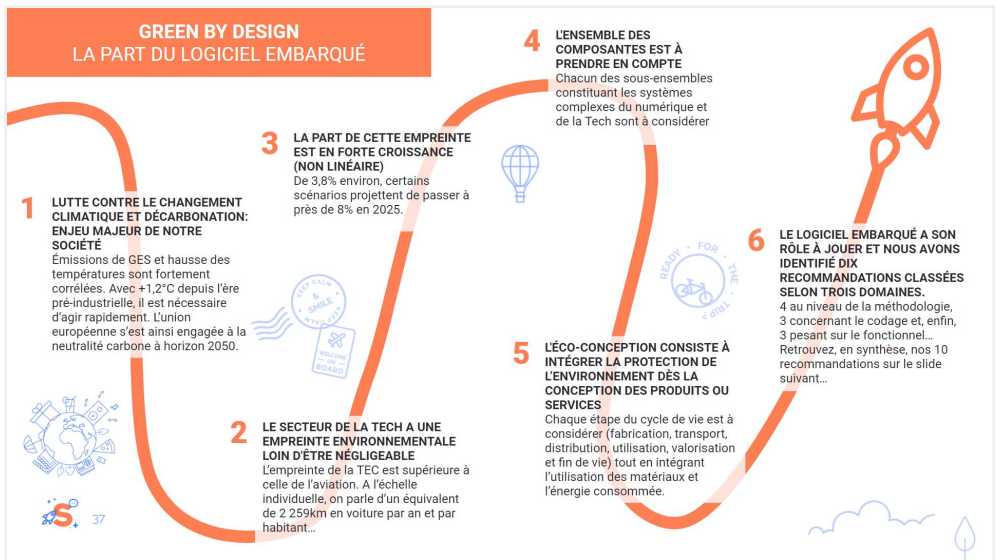


# En conclusion

Pour tenir les engagements pris en termes de réduction des émissions de GES, « chacun » a un rôle à jouer. « Chacun » désignant une entité au sein d'un ensemble. Et selon l'ensemble que l'on prend en compte, le « chacun » devient différent.

Ainsi à l'échelle planétaire, le chacun pourra désigner chacun des Etats. Le parti pris de ce document est de considérer que chaque métier / corps de métier peut à son niveau avoir un rôle à jouer: en tant que concepteur/développeur/intégrateur de logiciel embarqué, quels sont les leviers à ma disposition pour inscrire le fruit de mon travail dans une démarche de réduction d'impact environnemental et, ainsi, participer à l'atteinte des objectifs fixés ?

C'est ce que nous avons pu identifier au travers de 10 recommandations réparties dans 3 catégories.



## Green By Design - La part du logiciel embarqué

*Nos dix recommandations*

### Méthodologie

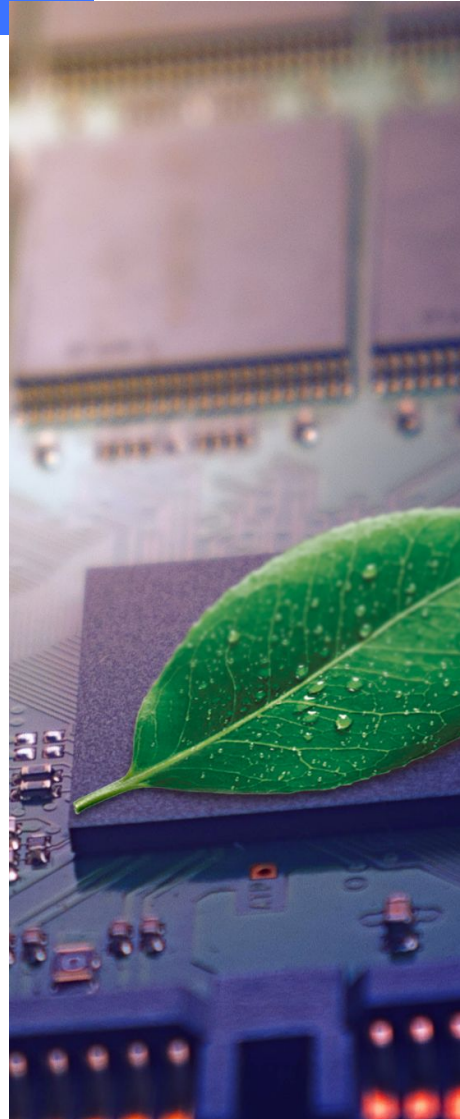
- Maîtriser la dette technique
- Permettre le test à distance
- Privilégier le juste nécessaire
- Plébisciter l'open source

### Codage

- Bannir la programmation spaghetti
- Utiliser un langage efficient
- mener une optimisation du code

### Fonctionnalités

- Permettre les mises à jour
- Implémenter une maintenance à distance
- Se focaliser sur la frugalité énergétique



06

# Le pôle Embedded & Connected Systems Smile



# Le pôle Embedded & Connected Systems Smile

---

Smile est le leader du **numérique ouvert**. Enthousiastes, agiles et performants, les Smiliens ont pour vocation de libérer le potentiel d'innovation des entreprises grâce au logiciel libre, et les accompagnent dans des domaines aussi variés que le Digital, les Business Apps, l'Embarqué & l'IoT et l'Infrastructure.

Le pôle **Smile ECS (Embedded & Connected Systems)** est un centre d'excellence entièrement dédié aux **systèmes embarqués et objets connectés**. Il s'impose comme le pôle de référence des métiers de l'embarqué en environnement **open source**.

Notre offre couvre l'ensemble du cycle de vie des solutions sur lesquelles nous intervenons. En amont nous apportons du conseil et de l'expertise sur :

- L'**architecture** de la plateforme hardware cible au regard des contraintes spécifiées et des solutions logicielles préconisées ;
- La sélection des composants **logiciels bas niveau** : noyau (Linux, extension temps réel micro-noyau, OS dédié objets connectés, Android AOSP, ...) et BSP ;
- La sélection des **outils** de génération et de déploiement des **firmwares** ;
- La mise en œuvre des outils de développement, de mise au point et de gestion de la **qualité (intégration continue)** ;
- L'identification des **composants open source** existants pour répondre aux principales fonctionnalités attendues et aux contraintes de conception industrielle.

En complément du système d'exploitation, des composants spécifiques peuvent être requis (outils de compression, de traitement du signal, « streaming vidéo », bases de données, drivers cryptographiques, browsers légers...) sur lesquels nous apportons des solutions et des services d'intégration clé en main.

Au-delà de ces phases amont nous œuvrons en mode projet ou en assistance sur les phases de réalisations traditionnelles :

- Phases de **design matériel et logiciel** ;
- Phases de **développement** et de **test** (drivers et applicatif) ;
- Phases de **maintenance** et de **support**.



Nous sommes une équipe de **passionnés** de l'univers open source et participons à différents événements comme le Capitole du Libre ou le FOSDEM. Nous organisons également des Meet-Up sur différents sujets (OS temps réel, IoT, Linux Embarqué, Kernel Linux, Sécurité Linux,...).

Nous avons fondé et nous co-organisons :

- **Cloud France** : Association qui organise 4 événements annuels autour des technologies du cloud (+ de 1 000 participants et plus de 100 conférences)
- L'événement bi-annuel **Live Embedded Event** : LE rendez-vous 100% distanciel des passionnés des systèmes embarqués (+ de 3000 participants et 50 conférences)

# À PROPOS DE SMILE



# Open et digitaux par nature

Nous sommes plus de +2 000 créatifs passionnés d'open source, travaillant sur des solutions digitales créatives et innovantes, dans +7 pays. Notre approche est basée sur la compréhension des spécificités de votre marché, de votre business, de vos enjeux financiers et de vos défis présents et à venir.

Nous vous accompagnons dans les prises de décisions technologiques qui amélioreront votre business et la digitalisation de votre entreprise : e-commerce, applications métiers, data, objets connectés, solutions embarquées, services Cloud.

Nous opérons sous notre nom, Smile, mais aussi sous celui de nos filiales expertes : Neopixl pour vos stratégies mobiles, SensioLabs en créateur de Symfony, UX-Republic comme cabinet de consulting en expérience utilisateur, et alter way en expert Cloud et solutions managées.

Nous sommes funs et innovants, mais aussi pragmatiques et orientés résultat. Nous croyons profondément qu'il est de notre devoir de déployer des solutions numériques responsables et vous accompagnons dans cette voie.

Nous pensons que notre contribution est étroitement liée à vos succès car c'est ainsi que nous donnons du sens à notre travail.

Nous sommes SMILE, leader européen du digital et de l'open source.



**2000**  
collaborateurs



**15**  
Agences



**300+**  
Projets par an



**140 M€**  
de chiffre d'affaires  
en 2021



**30**  
années  
d'expérience



**4,2**

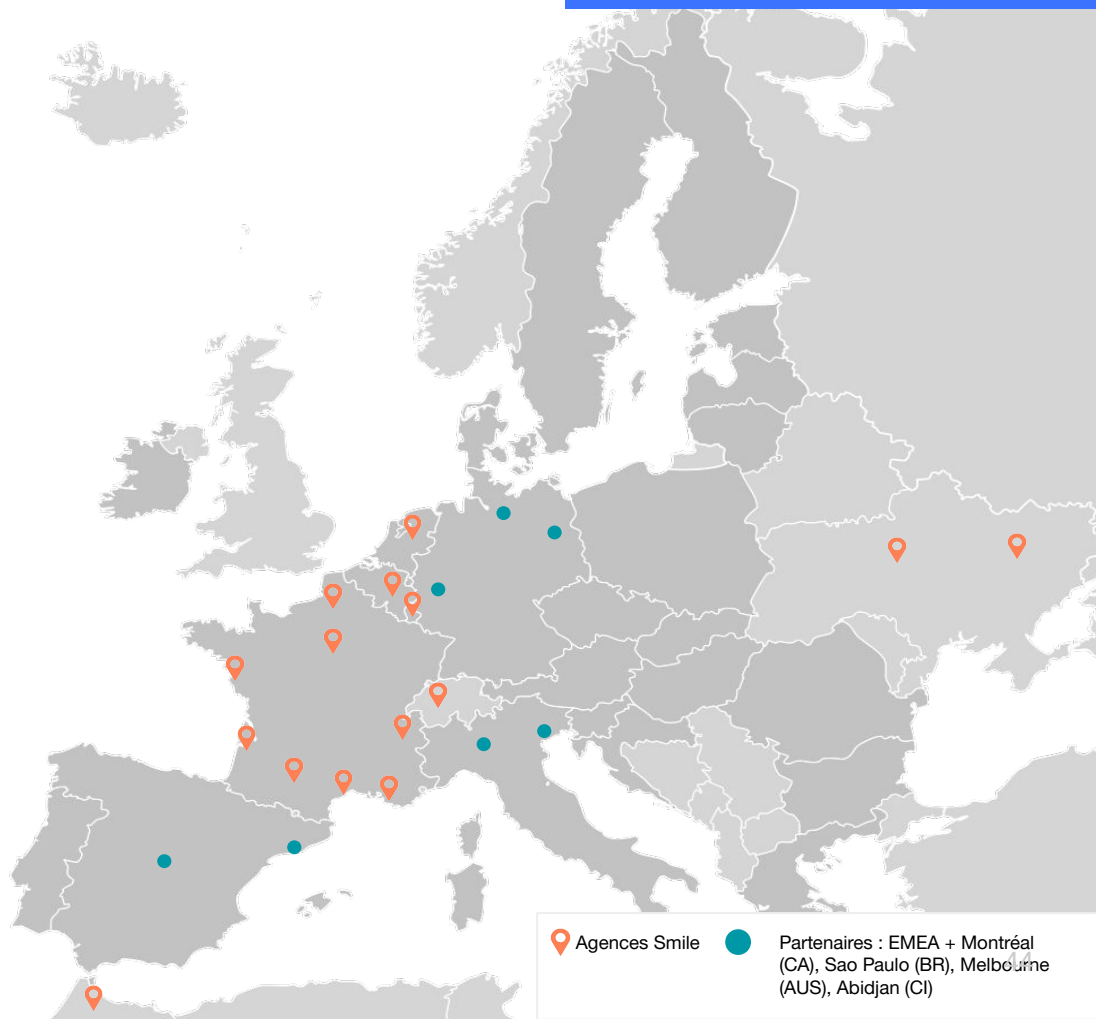
# Un rayonnement international

**15 agences à travers l'Europe  
dans 7 pays...**

Paris, Lille, Nantes, Bordeaux, Montpellier,  
Marseille, Lyon, Grenoble, Toulouse,  
Morges, Bruxelles, Luxembourg, Utrecht,  
Casablanca, Kiev

**... mais aussi plus de 120 projets  
à rayonnement mondial**

Amérique du Nord, LATAM, Asie,  
Australie, Japon, Chine ...



# Nos expertises

Pour accompagner de bout en bout VOTRE TRANSFORMATION DIGITALE

**EMBEDDED & IOT**  
100

**OBJETS CONNECTÉS**

Vous accompagner sur la mise en place de capteurs et de gateways, et assurer avec vous la conception, le prototypage et l'industrialisation de vos systèmes embarqués et connectés

**INFRA**

**HÉBERGEMENT ET CLOUD**

Optimiser vos architectures, leur industrialisation, et assurer la sécurité de vos données et applications pour offrir fiabilité et performance à tous vos enjeux digitaux

**DIGITAL**

**INTERFACES DIGITALES**

Mettre en lumière votre offre produit ou service à travers une richesse de plateformes digitales : e-commerce B2C/B2B, extranet, application mobile, PWA, ...

**BUSINESS APPS**

**APPLICATIONS MÉTIERS**

Fournir à vos équipes les applications métier dont elles ont besoin et qui vont accroître l'efficacité interne, tout en assurant leur interconnexion dans votre système d'information global

**Le Conseil et l'Expérience**  
pour vous guider dans la conception et la mise en place

# Portées par nos filiales

---

**SensioLabs**

Créateur de  Symfony

Créateur du framework Symfony, expert de tous vos projets PHP, les équipes de SensioLabs vous accompagnent sur vos projets web.

[sensiolabs.com](https://sensiolabs.com)

**neopixl.**

A SMILE GROUP COMPANY

Spécialiste des applications mobiles B2C et B2B, Neopixl est référente sur l'intégralité de vos projets mobiles.

[neopixl.com](https://neopixl.com)

**UXREPUBLIC**  
A SMILE GROUP COMPANY

UX-Republic est un cabinet de consulting UX/UI en création d'expériences centrées utilisateur pour les marques, leurs clients et leurs collaborateurs.

[ux-republic.com](https://ux-republic.com)

**alter way**  
#web #opensource #devops

Acteur du Cloud et des services managés aux actions définitivement engagées et green, alter way porte l'offre Smile Infrastructure et DevOps du groupe Smile.

[alterway.fr](https://alterway.fr)

**creativestyle**

A SMILE GROUP COMPANY

creativestyle est une agence digitale basée en Allemagne et en Pologne. Spécialiste open source et Symfony, creativestyle est le partenaire de vos projets digitaux sur ces marchés.

[creativestyle.com](https://creativestyle.com)

**Synotis**

A SMILE GROUP COMPANY

Spécialiste Data, Synotis CH vous conseille en amont de vos projets et vous accompagne en Data Management pour devenir « Data Driven » en révélant la valeur de vos données.

[synotis.ch](https://synotis.ch)



## Interconnecter les objets

Vous accompagner sur la mise en place de capteurs et de gateway aussi bien sur la conception électronique des systèmes que sur leur interconnexion avec les systèmes.



Des box multimédia aux montres connectées en passant par les systèmes embarqués automobiles, nos équipes vous accompagnent pour trouver les meilleurs compromis entre technologie et usage.



STELLANTIS

CANAL+

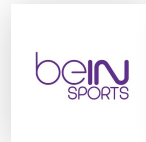
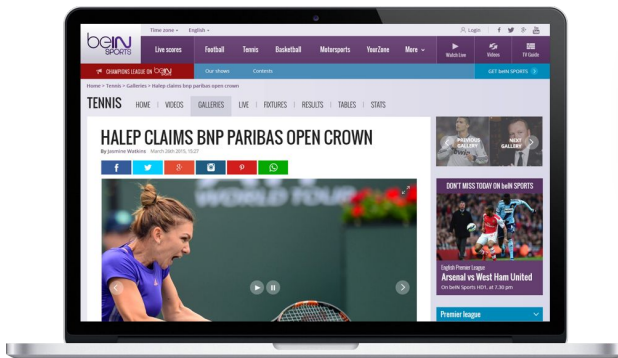
THALES



## Garantir la disponibilité

Concevoir à vos côtés la meilleure architecture technique à la fois via le conseil mais aussi la mise en place, l'hébergement et l'infogérance afin que vos services digitaux soient toujours disponibles, quelles que soient les contraintes.

Garantir la disponibilité et sécurité de vos plateformes avec des millions d'utilisateurs en simultanée grâce au Cloud et à l'expertise Devops.





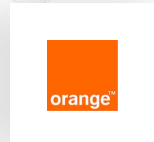
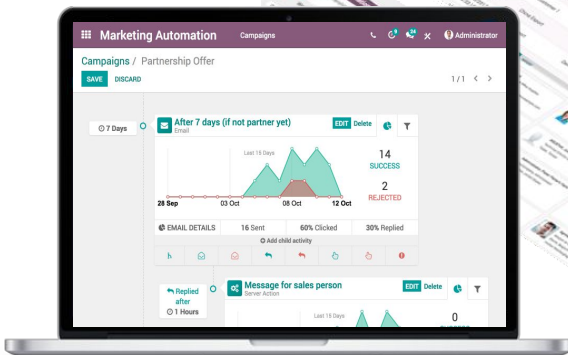
## APPLICATIONS MÉTIERS

# Fournir à vos équipes les outils pour se dépasser

Analyser vos usages métiers et apporter plus de fiabilité, de productivité et de simplicité dans le travail du quotidien via les intranets, GED, DAM, CRM et ERP.



Concevoir et réaliser un système pour archiver et stocker vos données sur des millions d'itérations pendant de nombreuses années.

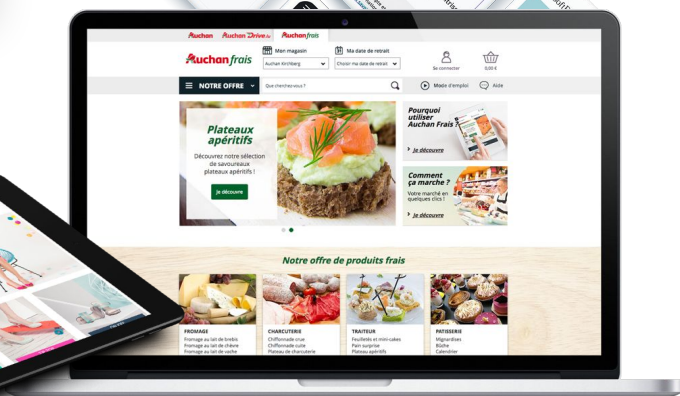


## Communiquer et vendre en omnicanal

Vous accompagner sur la transformation digitale de votre entreprise via des écosystèmes Web, eCommerce, Mobile, interfaces vocales et chatbot.

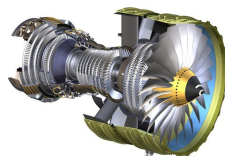


Du site de vente e-commerce à la webfactory internationale en passant par le digital in-store, nos experts vous conseillent et vous aident à toucher vos clients.



# Nos terrains de jeu

Au plus proche de vos attentes



## INDUSTRIE

Renforcer via le digital votre productivité et assurer un suivi qualité d'excellence de vos réalisations

Maintenance Prédicative - Usine 4.0 - IoT



## RETAIL

Répondre aux nouveaux usages de vos clients via l'Omnicanal et le Digital in Store

eCommerce - Marketplace - PIM - Chatbot



## BANQUE & ASSURANCE

Accompagner vos clients via des plateformes adaptées à leurs usages du quotidien

Digital Banking - Espace client - Paiement



## AGRO-ALIMENTAIRE

Digitaliser vos processus et permettre une optimisation des processus et de la chaîne logistique

eCommerce - Marketplace - Chatbot



## MOBILITÉ

Accompagnez vos voyageurs au plus proche de leurs attentes

Embarqué - Big Data - Open Data - Services



## ENERGIE

Accompagnez vos clients dans leur performance énergétique

Plateforme web - Espace client - IoT



## SERVICE PUBLIC

Apporter aux citoyens de nouvelles manières de participer à la performance des villes et collectivités

Smart City - Services citoyens - GED

# DES MÉTHODES DE COLLABORATION ADAPTÉES



## COLLABORATE DANS UN DÉLAI DÉFINI

**Renforcer vos équipes grâce à  
la présence de nos consultants  
dans vos bureaux, travaillant  
main dans la main avec vous**

NEW

ÉGALEMENT DISPONIBLE EN REMOTE



## COLLABORATION GRÂCE A UN BUDGET FIXE

**Des missions clairement  
pré-définies pour vous  
accompagner dans vos projets  
avec un engagement fort de  
livrables**



## COLLABORATE GRÂCE À NOS CENTRES DE SERVICES

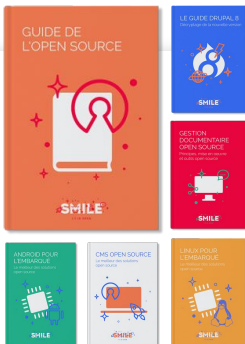
**Une équipe dédiée, aux  
multiples compétences,  
engagée à vos côtés dans la  
mise en oeuvre complète de  
vos projets de transformation  
digitale**

ET POUR CHACUNE CE CES MÉTHODES DE COLLABORATION

**CONSULTING . EXPERTISE . DÉVELOPPEMENT . UX/DESIGN . PERFORMANCE**

# Un esprit de partage

Avec un ADN très orienté open source, le partage fait partie de nos pratiques du quotidien. A travers des partage de connaissance,



## PARTAGE D'EXPERTISE LIVRES BLANCS

Notre collection de livres blancs vous accompagne pas à pas dans la mise en place de vos stratégies digitales.



## PARTAGE DE CODE DÉVELOPPEMENT OPEN SOURCE

Nous contribuons également énormément aux modules et coeur de solutions open source comme Drupal ou Magento

## RETOURS D'EXPÉRIENCE WEBINARS & MEETUPS

Plus de 100 meetups et webinars organisés chaque année par la communauté de Smile.



# Ils nous font confiance

---

Nous intervenons dans de nombreux secteurs pour des clients historiques de Smile mais aussi sur des besoins ponctuels décorrélés des activités historiques.

Dior



Optic2000



ALSTOM



ACCOR HOTELS  
Foot Welcome

NATURALIA



eram



ENGIE

Auchan

# Notre engagement long terme

Technologies et partenariats :

Développement	CMS	e-commerce	SI Métier
<ul style="list-style-type: none"><li>Symfony</li><li>ZEND FRAMEWORK</li><li>php</li><li>Java</li><li>React</li><li>ANGULAR</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Drupal</li><li>WordPress</li><li>Liferay</li><li>LeZ</li><li>jahia</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Magento</li><li>DRUPAL COMMERCE</li><li>Sylius</li><li>OROCcommerce</li><li>akeneo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Alfresco</li><li>NUXEO</li><li>odoo</li><li>OROCRM</li></ul>
Data	Infra	Mobile	Expérience
<ul style="list-style-type: none"><li>talend</li><li>WSO2</li><li>TIBCO Jaspersoft</li><li>pentaho</li><li>jedox.</li><li>elastic</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>docker</li><li>aws</li><li>ANSIBLE</li><li>kubernetes</li><li>Linux</li><li>Azure</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Xamarin</li><li>ionic</li><li>android</li><li>Objective-C</li><li>Swift</li><li>PWA</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Adobe Photoshop</li><li>axure</li><li>Sketch</li><li>Google Analytics</li></ul>

# Notre démarche numérique responsable



**Nous avons conscience de l'impact de notre industrie sur l'environnement et commençons à agir pour réduire notre empreinte.**

## Un ADN open source responsable

- Nous croyons en la sobriété fonctionnelle : Architecture basée sur des systèmes d'exploitation complétés selon les besoins fonctionnels par des modules.
- Nous privilégions la qualité à la quantité : Construire de manière pérenne, dans la durée
- Partage & Capitalisation : Valoriser, mutualiser et optimiser les développements

## Des premières initiatives éco-responsables

- Sièges locaux & généralisation du télétravail pour favoriser la proximité et réduire les déplacements
- Actions de sensibilisation : Réduction de la consommation de papier et d'électricité, recyclage des cartouches d'encre, tri des déchets, fontaines à eau, suppression des gobelets, recyclage des déchets électroniques
- Welcome pack et goodies issus du recyclage ou bio-sourcés, produits en France et Europe exclusivement
- Favorisation des modes de déplacements non polluants : 1er vélo électrique autonome open source, participation au *Sun Trip Tour 2017*, opération d'aide à l'achat "*Tous à vélo*"







GREEN IS OPEN

# Notre politique RSE

Parce que la RSE, ce n'est pas que le green, nous sommes fiers de parler de nos valeurs et de nos efforts pour contribuer à :

82%

Index d'égalité hommes/femmes ; en 2021, il y a eu autant de promotion pour les femmes que pour les hommes.

17000

C'est le nombre d'heures de formations dispensées, auprès de 79% des salariés

Mars  
2018

a été marqué par la mise en place de notre première charte de télétravail, pour apporter plus de souplesse aux Smiliens et réduire notre impact en termes de CO2



Pour la réduction de notre impact écologique, et la sensibilisation de nos parties prenantes



Participation depuis 2018 au financement de la fondation créée par le Syntec et le Cigref



Parce qu'il est nécessaire de pouvoir mesurer notre empreinte environnementale avant de pouvoir la diminuer, Smile s'engage et renouvelle le calcul de son bilan carbone en 2022.





## Nous contacter

---



[contact@smile.fr](mailto:contact@smile.fr)



[@GroupeSmile](https://twitter.com/GroupeSmile)



[linkedin.com/company/smile](https://linkedin.com/company/smile)



---

[www.smile.eu](http://www.smile.eu)