



Vers une analyse de cycle de vie d'un service de type *IT for green*

ENV 4101 -TD

Chantal Taconet, Hind Castel, Sophie
Chabridon, Paul Gibson

Télécom SudParis

April 2024

Outline

1. *IT for green*
2. Quelques définitions pour ce TD
3. Modèle STERM pour analyse de la pertinence énergétique/émission GES d'un système intelligent

Outline

1. *IT for green*
2. Quelques définitions pour ce TD
3. Modèle STERM pour analyse de la pertinence énergétique/émission GES d'un système intelligent



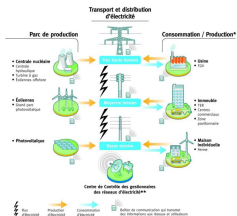
IT for green

Systèmes numériques contribuant à :

- Réduire l'empreinte environnementale d'un système dans un domaine donné

IT for green - Exemples

Smart Grid



<https://www.cre.fr/content/download/7050/file/RA2009.pdf#p77>

Objectif

- Ajuster les flux d'électricité entre les productions et les consommations
- Particulièrement important en présence d'énergies renouvelables intermittentes

Bâtiments intelligents

- Système d'éclairage
- Système de chauffage



©MOES

Objectif

- Réduire la consommation d'énergie

IT for Green - Impact positif ?

- Le système permet-il vraiment de réduire l'impact environnemental ?
- Dans ce TP, nous allons nous demander si les systèmes intelligents permettent de réduire la consommation énergétique globale.

**Production
consommation
en utilisation**



**Gains direct
consommation**



Pertinence énergétique : gains nets

©Shift Project 2019 Déployer la sobriété numérique

Objectifs de la séance

- Utilisation d'un modèle pour analyser la pertinence énergétique d'un système de type *IT for green* avant sa mise en place
 - Smart city, bâtiment intelligent, Smart Grid (réseau électrique intelligent) ...
 - Utilisation du modèle STERM¹ (*Smart Technologies Energy Relevance Model*) proposé par le Shift project

1. <https://theshiftproject.org/article/deployer-la-sobriete-numerique-rapport-shift/>

Outline

1. *IT for green*

2. Quelques définitions pour ce TD

2.1 Énergie grise ou énergie cachée

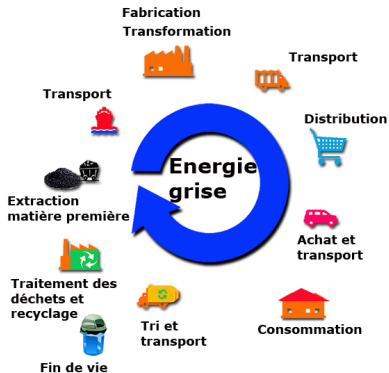
2.2 Analyse de cycle de vie (ACV)

3. Modèle STERM pour analyse de la pertinence énergétique/émission GES d'un système intelligent

Énergie grise (ou énergie cachée ou embodied energy)

Définition

- L'énergie grise : **somme des énergies nécessaires au cycle de vie d'un objet** (hors utilisation)
 - la production, l'extraction, la transformation, la fabrication, le transport, la mise en œuvre, l'entretien et enfin le recyclage.
- S'exprime en joules, souvent rapportée à une unité de masse (kilogramme) pour un matériau produit



<https://www.picbleu.fr/page/energie-grise-utilisee-cycle-vie-materiau-produit>

Analyse de cycle de vie

- **Analyse du cycle de vie** : Méthode normalisée d'évaluation globale et **multicritère** des impacts environnementaux d'un système (ISO14040, ISO14044, numérique [L.1410](#))
- **Cycle de vie** : extraction et transport des matières premières, fabrication, transport, utilisation, fin de vie

Multicritère



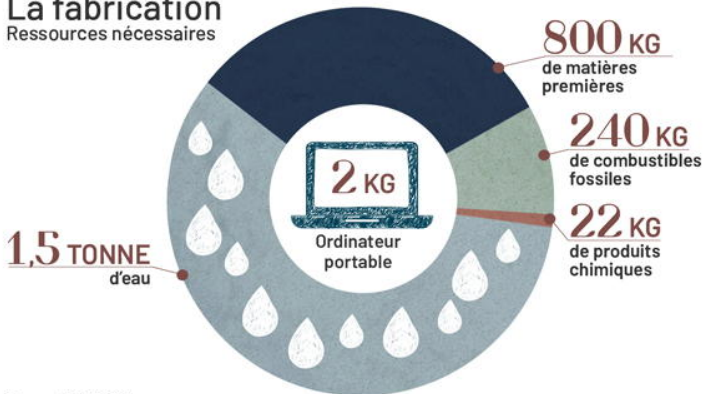
Catégories d'impacts	Enjeux environnementaux	Indicateurs d'impact
Épuisement des ressources	Épuisement des ressources NR	Consommation d'énergie Non Renouvelable (NR)
		Consommation de Ressources abiotiques
		Consommation d'eau
Effets nocifs	Réchauffement climatique	Effet de serre additionnel
	Diminution de la couche d'ozone	Concentration d'ozone stratosphérique
	Pollution de l'air	Acidification
		Pollution photochimique
	Pollution de l'eau	Eutrophisation
	Toxicité	Ecotoxicité aquatique
		Toxicité humaine
	écotoxicité terrestre	
	Production de déchets	Déchets solides

2

2. Ressources abiotiques : les ressources naturelles non vivantes, telles que les minerais

Ressources nécessaires à la fabrication

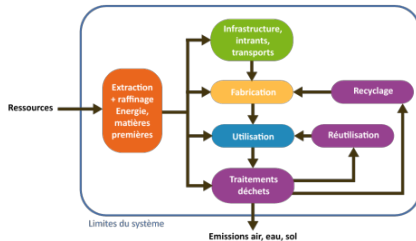
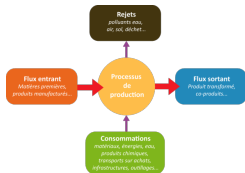
La fabrication Ressources nécessaires



Source : ADEME 2017

<https://www.inoxia.com/entreprise-rse/le-numerique-responsable>

Périmètre du système



http://stockage.univ-valenciennes.fr/MenetACVBAT20120704/acvbat/chap03/co/ch03_170_3-2-2_1.html

Où trouver les chiffres pour réaliser une ACV dans le numérique ?

- Base Négaoctet spécialisée dans le numérique (payante) negaoctet.org
 - Environ 500 entrées dont 50 en accès libre via l'ADEME [Extrait libre NegaOctet1.4.xlsx](#)
- Base Empreinte®ADEME base-empreinte.ademe.fr
 - Fusion de deux bases gérées par l'ADEME
 - Base Carbone® pour réaliser les bilans carbone [BaseCarbone23.1.xlsx](#) ([documentation de la base carbone](#))
 - Base Impacts® (pour réaliser des ACV multicritères)
- Base dataviz de Boavizta (impact CO_2eq des équipements informatiques, données extraites à partir de la base négaocet) dataviz.boavizta.org
- Fiche produit : exemple ACV du Dell R740 www.delltechnologies.com
- D'autres bases payantes : exemple Base ecoinvent ecoinvent.org

Outline

1. *IT for green*
2. Quelques définitions pour ce TD
3. Modèle STERM pour analyse de la pertinence énergétique/émission GES d'un système intelligent
 - 3.1 Énergie primaire / énergie finale

Le TP

Outil : Modèle STERM³

- Objectif : évaluer **la durée de vie minimum** d'un système de type *IT for green* pour qu'il soit effectivement pertinent
- 2 critères de réduction peuvent être évalués :
 - **consommation d'énergie**
 - OU **émissions GES**
- Le modèle prend en compte :
 - **L'énergie consommée** (resp. émission GES) par la couche intelligente à l'utilisation ;
 - **L'énergie grise** nécessaire (resp. émission GES) à la fabrication de la couche connectée ;

3. *STERM (Smart Technologies Energy Relevance Model)* : Proposé par le Shift Project, ce modèle a été adapté pour prendre en compte le critère de l'énergie ET le critère des émissions de GES

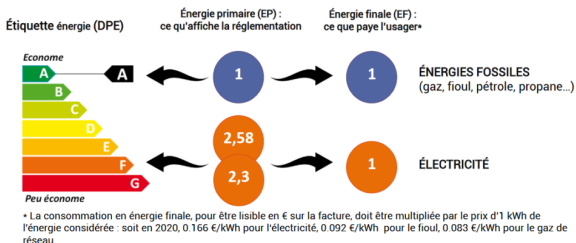
■ Systèmes *IT for green* étudiés

- Évaluation de deux **systemes**
 - Éclairage d'une habitation
 - Chauffage d'une habitation

Énergie primaire / énergie finale

Définition

- **Énergie primaire** : énergie « potentielle » contenue dans les ressources naturelles (bois, gaz, pétrole, vent, soleil, etc) avant transformation
- **Énergie finale** : énergie consommée et facturée



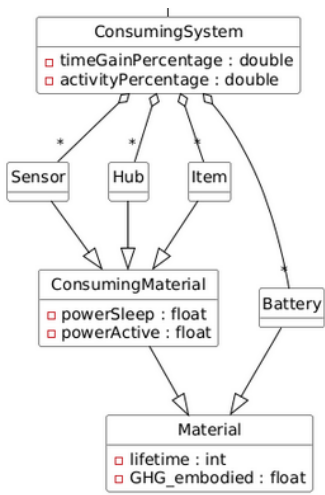
<https://www.precarite-energie.org/energie-primaire-et-energie-finale-le-coefficient-energetique-ou-facteur-d/>

Énergie primaire / énergie finale (cont.)

Formule

- $EnergiePrimaire = EnergieFinale * C$
- Coefficient C tient compte des pertes lors de la production, du transport et de la transformation du combustible
- Dans le modèle STERM, par défaut, $C = 3$

Définition du système



Données en entrée du modèle

- **Puissance** à l'utilisation des éléments du système, issue de campagnes de mesures \rightsquigarrow énergie $E(t)$
- Énergie grise (resp. émissions GES) de la production
- β **pourcentage d'utilisation** des équipements (sans le système *IT for green*)
(par exemple 8h/jour 7j/7 $\rightsquigarrow \beta = 0,33$)
- **Durée de vie** des équipements
- α coefficient d'économie attendue en utilisant le système IT for green (en termes de **réduction de temps d'utilisation**)

Ne sont pas considérés dans le modèle

- Échange/stockage avec un cloud externe
- Recyclage des équipements

Formalisation mathématique

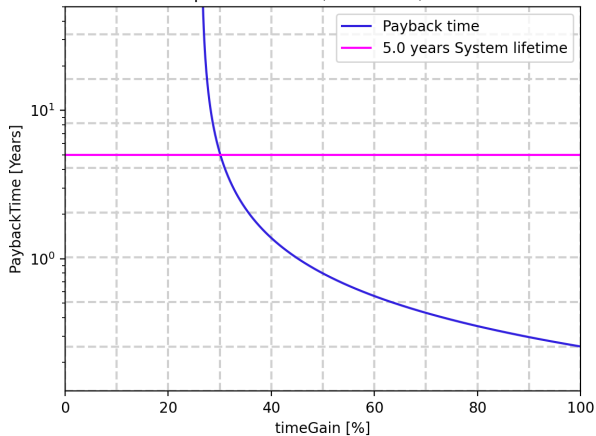
- Gain : $G(t) = C * E_{savings}(t) - E_{smart}(t)$
 - C , coefficient énergie finale \rightsquigarrow énergie primaire
 - $E_{savings}$ énergie économisée à l'utilisation
 - E_{smart} énergie nécessaire au système intelligent (utilisation et énergie grise)
- $E_{savings}(t) = E_{initial}(t) * \alpha$
 - $E_{initial}$: énergie consommée en fonctionnement \rightsquigarrow sans la couche smart
- $E_{smart}(t) = E_{smart,embodied} + C * E_{smart,funct}(t)$
- Point de neutralité énergétique (payback time) T_{PB} tel que $G(T_{PB}) = 0$

$$T_{BT} = f(\alpha)$$

System residential-lighting-system: Payback time by gain for greyEnergy

Activity percentage = 33.0%

Setup = 8#sensors, 10#items, 1#hubs



$$T_{BT} = f(\alpha) \text{ (cont.)}$$

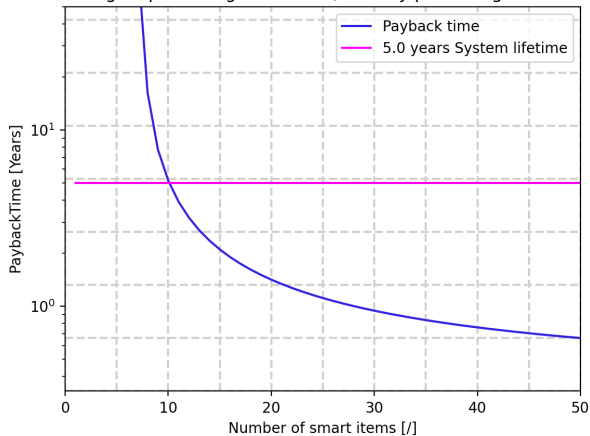
Read the graph, for a fixed number of items (10)

- timeGain 20% the system provides no energy benefit even for big system lifetime
- for a system lifetime of 5 years the energy benefit begins only over a timeGain of 30%
- timeGain 60% the system provides some energy benefit after 6 month

$$T_{BT} = f(NBITEM)$$

Item residential-lighting-system: Payback time by number of items for greyEr

Time gain percentage = 30.0% ; Activity percentage = 33.0%




$$T_{BT} = f(NBITEM) \text{ (cont.)}$$

Read the graph, for a fixed timeGain (30%)

- for 5 items, the system provides no energy benefit even for big system lifetime
- for a system lifetime of 5 years the energy benefit begins only over 10 items
- for 20 items, the system provides some energy benefit after 2 years

Bon TP !