



ETUDE DE CAS : Cartes électroniques

Pascal XAVIER
CROMA - Grenoble

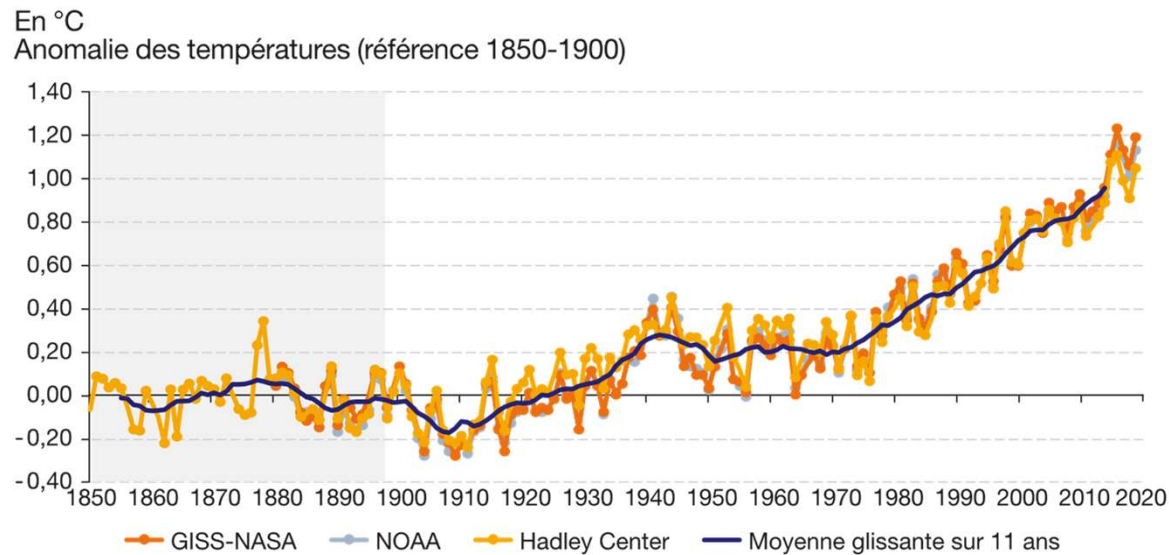
Sommaire

- 1 Contexte général : impact global de l'électronique
- 2 Outils d'évaluation des impacts
- 3 Outil de sensibilisation : Bilan produit de l'ADEME
- 4 Atelier de mise en œuvre (1^{ère} partie)

1

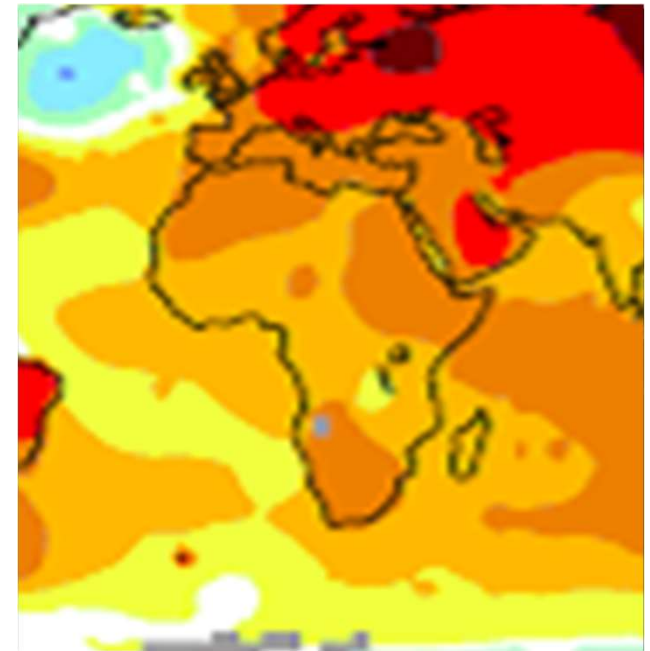
Contexte général : impact de l'électronique dans le monde

Consommation énergétique : dérèglement climatique



NASA ; NOAA ; Hadley Center

Our world in data

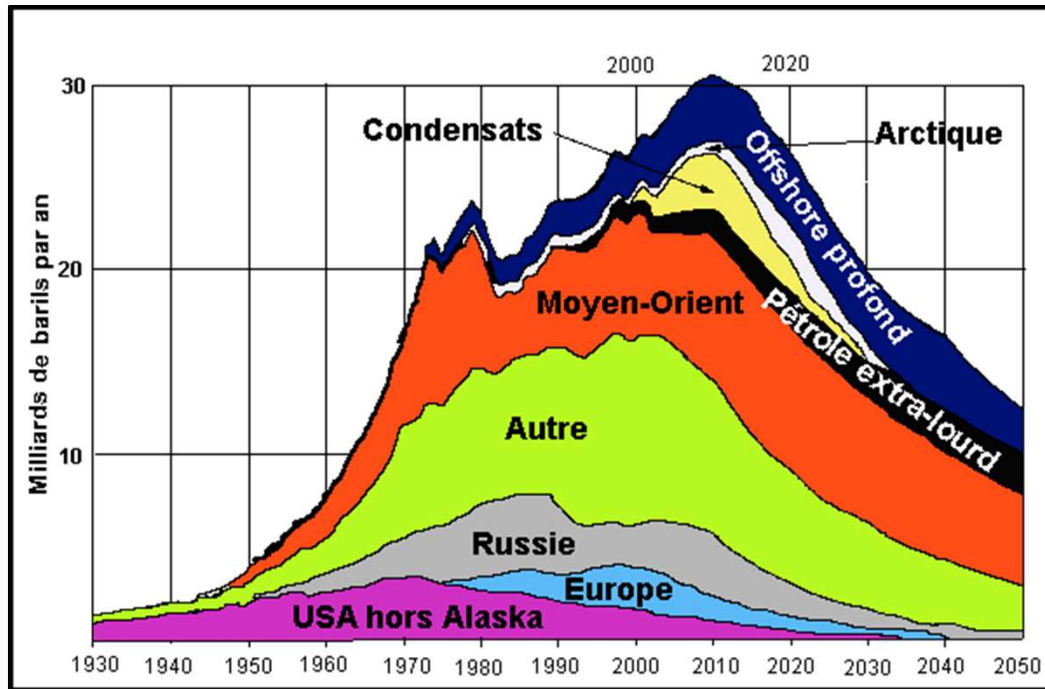


Geology.com

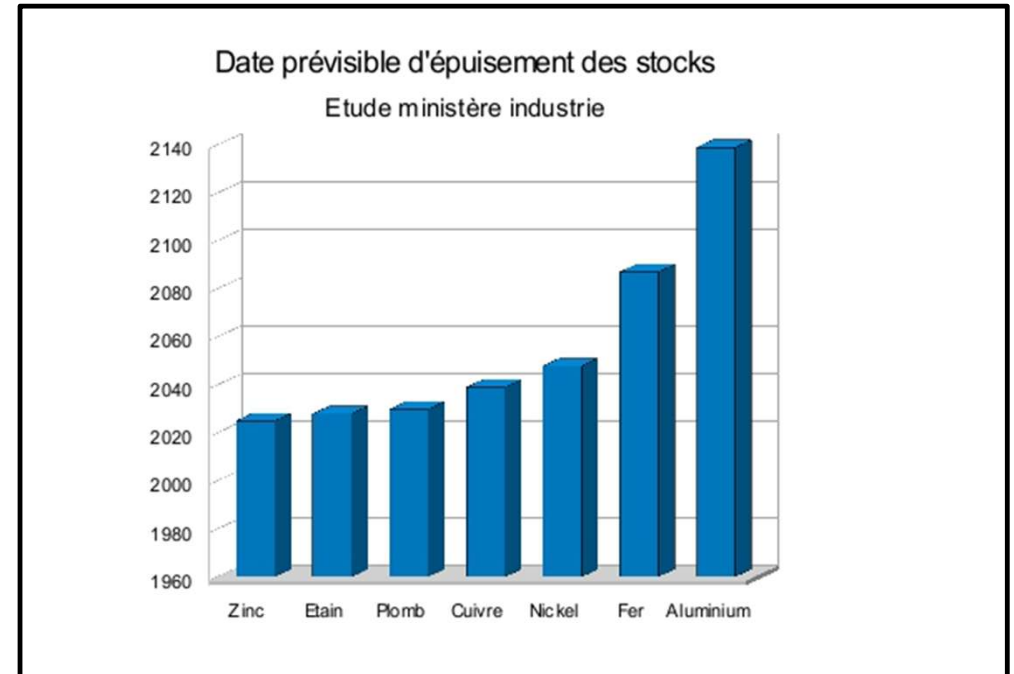
csas.ei.columbia.edu

corrélation / causalité

Consommation énergétique : non durabilité



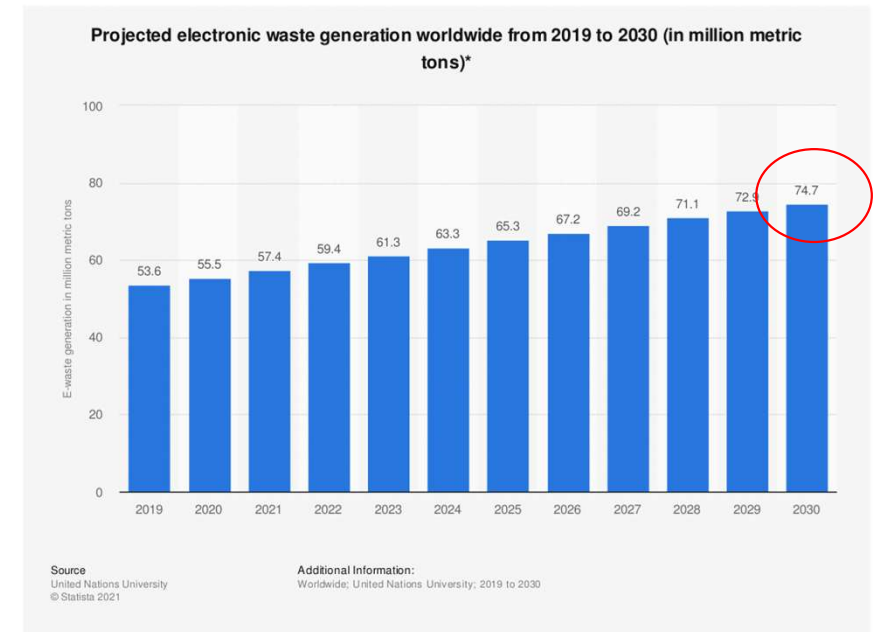
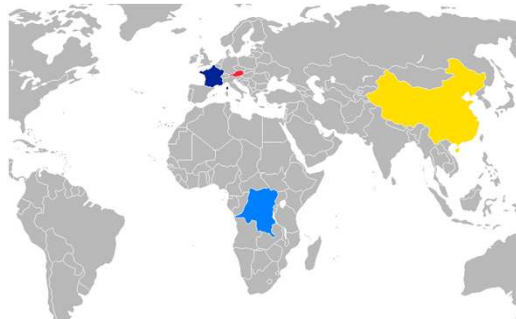
Wikimedia



Encyclo-ecole.com

Contribution du secteur de l'électronique

- ❑ Emissions carbone : ~4% des émissions mondiales, la majorité étant due à la phase de fabrication (signal) / d'usage (puissance)
- ❑ Autres impacts (eau...)
- ❑ DEEE



Contribution du secteur de l'électronique

Pression sur les matériaux en microélectronique

		I	II																
												III	IV	V	VI	VII	O		
1		H																	He
2		Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3		Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4		K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5		Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6		Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7		Fr	Ra	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr				

1980's

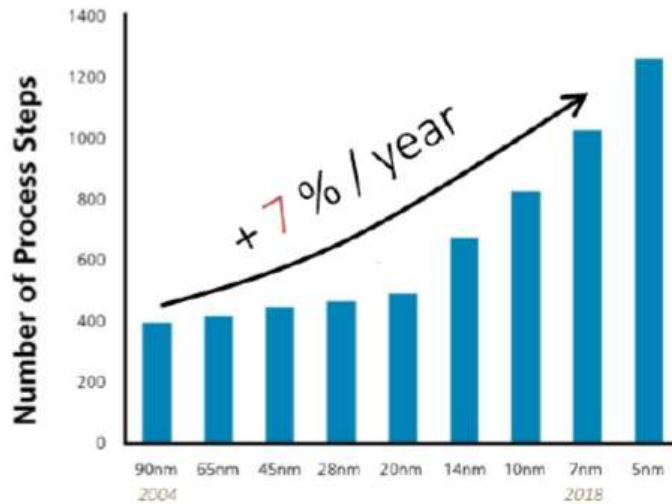
1990's

2000's

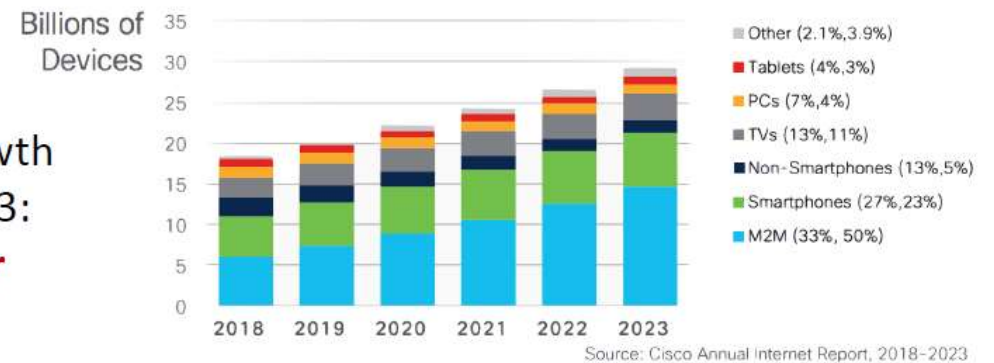
Source : Jean-Pierre Raskin (UCL) – MNE2024

Contribution du secteur de l'électronique

Croissance de la complexité et des marchés



ICT Global Growth
rate 2018-2023:
+ 10 % / year



Source : Jean-Pierre Raskin (UCL) – MNE2024

Contribution du secteur de l'électronique

Risques économiques associés

- ❑ Pénuries dans la chaîne de production
- ❑ Volatilité des prix dans le secteur minier
- ❑ Protectionnisme et manque de coopération

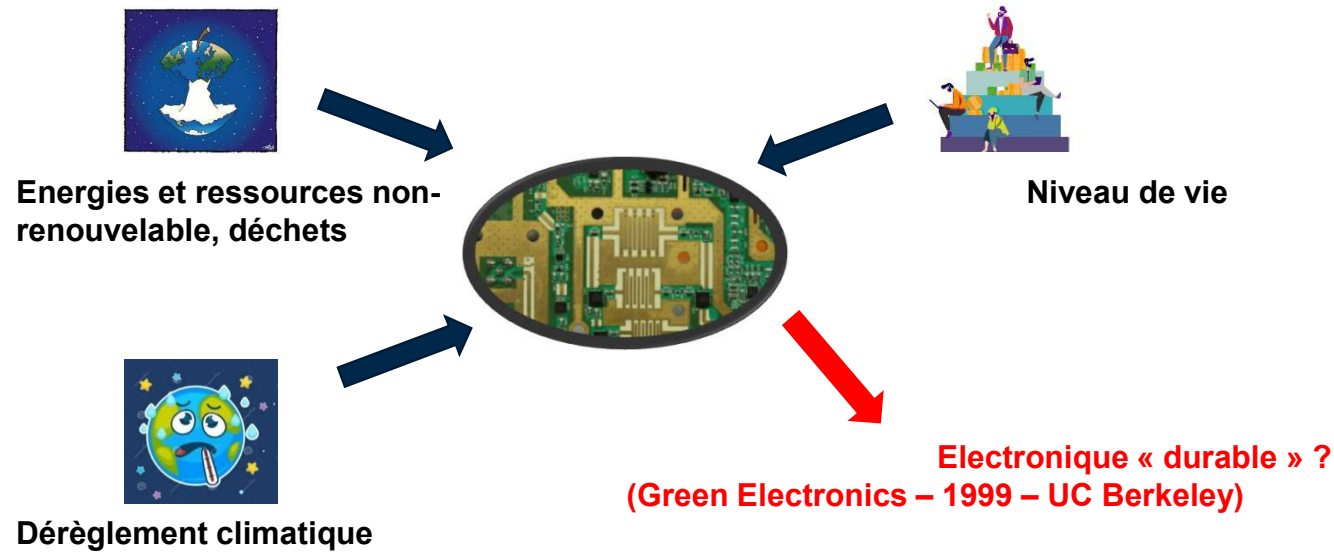


- **Approches circulaires** : éco-conception, réemploi, recyclage (voir partie 2)



Contribution du secteur de l'électronique

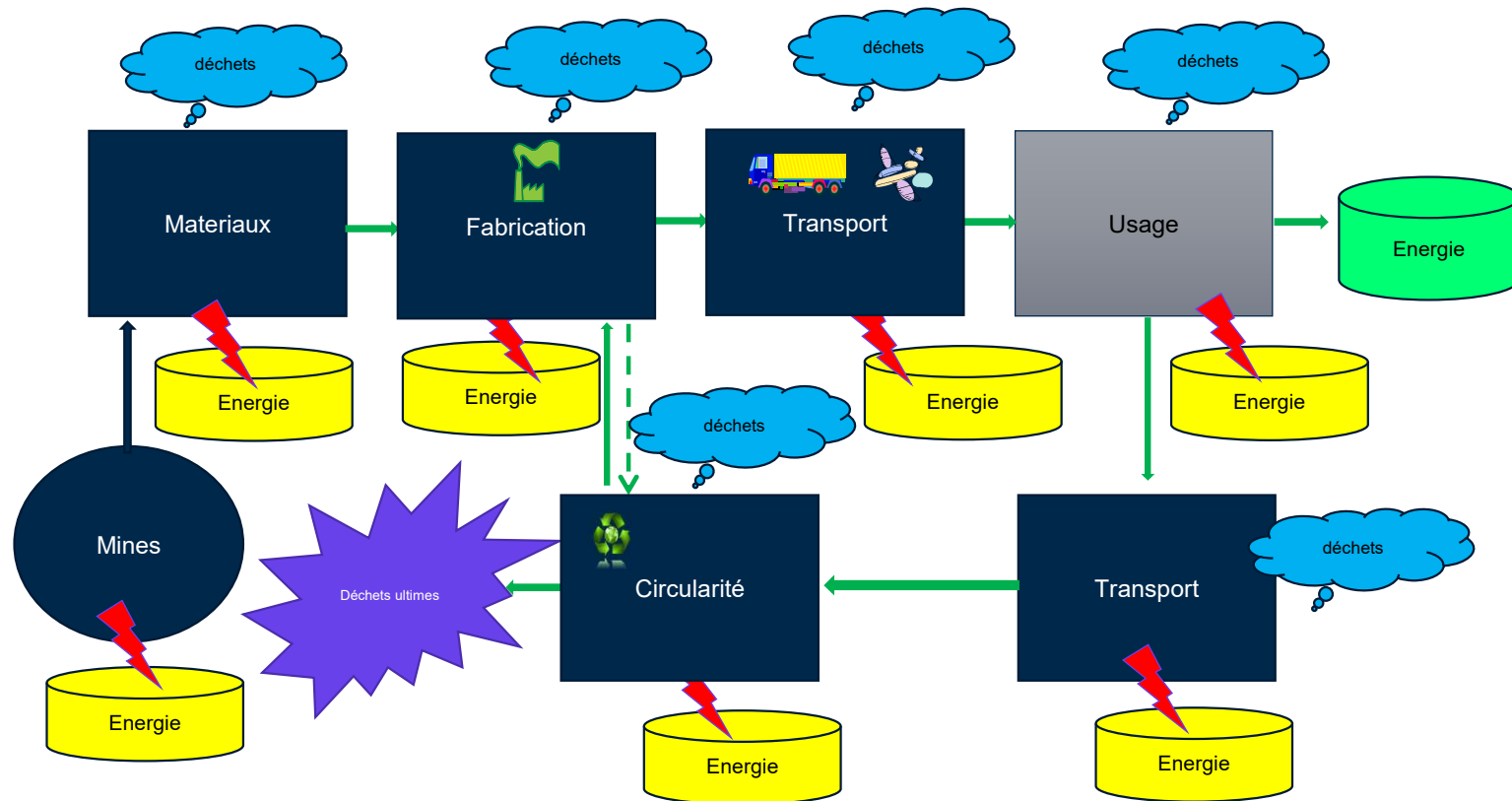
Electronique « durable » ??



2

Outils d'évaluation des impacts environnementaux des produits

Cycle de vie du produit



Eco-conception

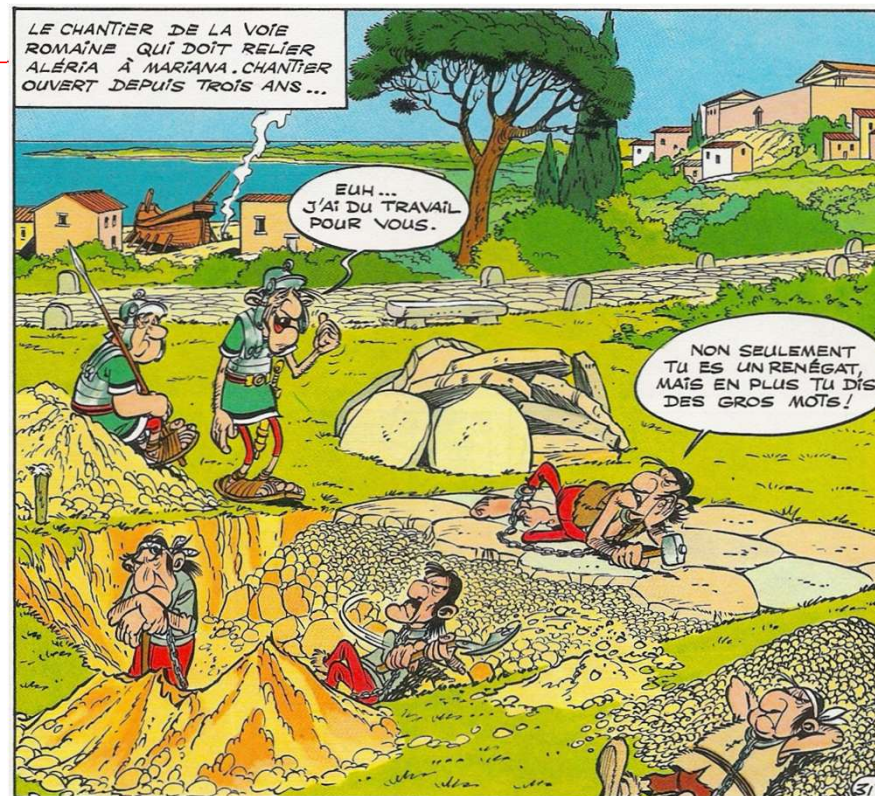
Définie par la norme ISO 14006 :

Approche méthodique prenant en considération les aspects environnementaux du processus de conception et développement dans le but de réduire les **impacts environnementaux négatifs** tout au long du **Cycle de Vie du Produit**.

- ❑ *Processus de décision **global et multicritères**.*
- ❑ ***Dès le départ** (étude/conception du produit)*
- ❑ ***Partout** dans la structure*
- ❑ *Donc aussi chez ses clients / usagers et fournisseurs !*
→ ***Plan d'actions / Stratégie***

Eco-conception

Un produit est éco-conçu si, à service rendu équivalent, il a un moindre impact



Différentes approches

- ❑ **Analyse de Cycle de Vie (ACV)**
- ❑ **Tableaux de critères (matrices)**
- ❑ **Check-lists...**

*Besoin de définir et calculer les facteurs d'impact.
Être d'accord internationalement sur les données*

ACV

Outils logiciels + bases de données :

- ☐ Basés sur de nombreux modèles (Univ. Leiden (NL), EPFL (SW)...)
- ☐ Evaluations quantitatives et **comparatives** (à service rendu au client égal) → importance du **scénario (Unité Fonctionnelle)**, **normalisation**
- ☐ Vue globale des impacts (diagrammes)
- ☐ Permet d'éviter des transferts de pollution (**effet rebond**)
- ☐ Détection de **l'obsolescence programmée**
- ☐ Oblige à faire des **compromis**



ecoinvent

SimaPro



ACV

Attention au marketing (greenwashing) !



Écolabels (déclaratif)



Scénario !



Vélo en bois !



Amélioration produit ↔ Comparaison de produits

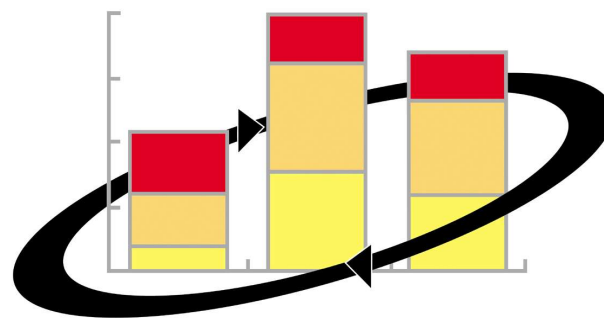


Exemples :

- papier / e-papier
- canette acier / canette aluminium
- voiture essence / voiture électrique

3

Outil de sensibilisation



BILAN PRODUIT



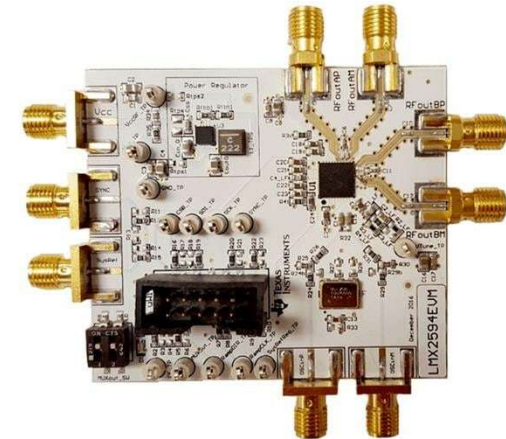
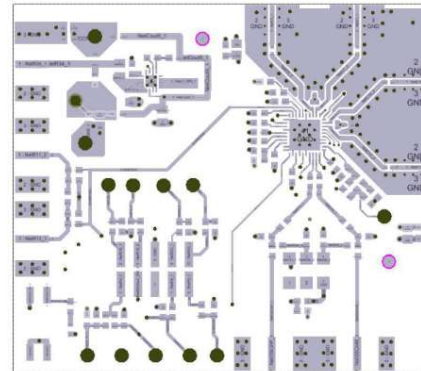
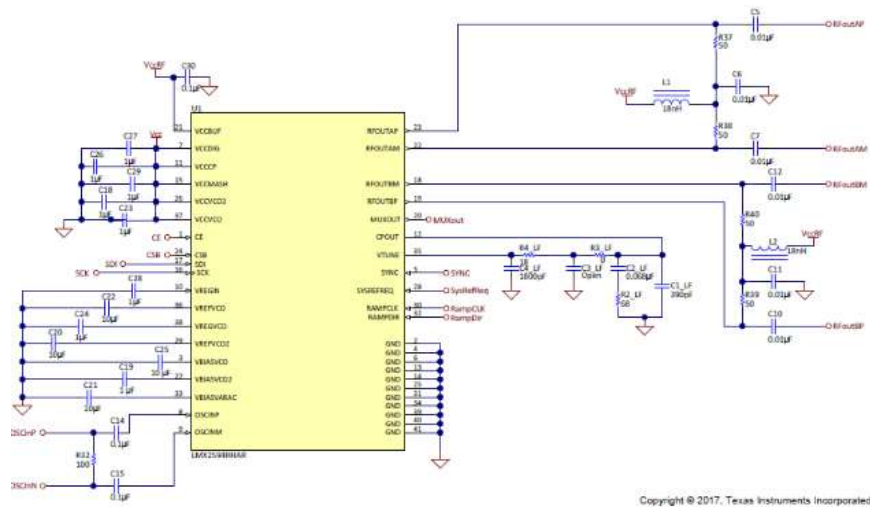
Liste impacts proposés

- ❑ RESSOURCES : consommations de ressources causées par le produit pendant son cycle de vie
 - Consommation d'énergie non-renouvelable (MJ)*
 - Consommation de ressources rares (kg of Sb equ.)*

- ❑ EFFETS : pollutions causées par le produit pendant son cycle de vie
 - Global Warming Potential pour 100 ans, GWP 100a (kg of CO₂ equ.)*
 - Acidification atmosphérique (kg of SO₂ equ.)*
 - Eutrophisation (kg of P₄O₃ equ)*
 - Ecotoxicité aquatique (kg of dichlorobenzene equ.)*
 - Potentiel de création photochimique d'ozone (kg of C₂H₂ equ.)*
 - Toxicité humaine (kg of dichlorobenzene equ.)*

Modélisation d'une carte électronique

Synthétiseur de fréquence RF



4

Atelier de mise en œuvre (1^{ère} partie)

Modélisation du synthétiseur

- Ouvrir le fichier « Bilan Produit Logiciel » et activer les macros si nécessaire.
- Cliquer sur l'onglet « Pour commencer » puis sur le bouton « démarrer ».
- Cliquer sur le bouton « charger une base de données » et choisir la BDD « Bilan_Produit_BDD_2011 » (obsolète mais ce n'est pas grave).
- Aller dans l'onglet « unité fonctionnelle » et indiquer le CUF et la description du système modélisé.

The screenshot shows a software window titled "Calcul du coefficient d'unité fonctionnelle". It has a yellow header bar with the title and two buttons: "Aide" and "Précédent Suivant". Below the header, there is a section titled "Coefficient d'Unité Fonctionnelle (CUF)" in green. This section contains two input fields. The first field is labeled "Entrez, dans l'encadré, le coefficient d'unité fonctionnelle que vous avez déterminé :" and contains the value "0,08333333". The second field is labeled "Entrez une brève description du système modélisé :" and contains the text "Utiliser un synthétiseur de fréquence de manière cumulée pendant 1 mois par an. La durée de vie du produit est estimée à 5 ans."

Calcul du coefficient d'unité fonctionnelle

Aide Précédent Suivant

Coefficient d'Unité Fonctionnelle (CUF)

Entrez, dans l'encadré, le coefficient d'unité fonctionnelle que vous avez déterminé : 0,08333333

Entrez une brève description du système modélisé :

Utiliser un synthétiseur de fréquence de manière cumulée pendant 1 mois par an.
La durée de vie du produit est estimée à 5 ans.

Modélisation du synthétiseur

Données du produit :
liste des composants et masses

Type SMD	0402	0603	0805	SSOP (8 pins)	DFN / QFN (8 pins)	SOT-23
Masse (mg)	0,6	1,9	4,6	80	2	8,5

Désignation	Quantité	boîtier
Capacités	29	0402
Capacités	2	0805
Capacités	17	0603
Diodes	2	SBRT-DFN
J2	1	Micro-USB de masse = 1 g
J3, J4, J5, J6	4	SMA de masse = 2 g chacun
Inductances	4	RF ou EMI coils (SMD 0805)
LEDs	5	0603
MOSFET	1	SOT23
Résistances	34	0402
Circuits intégrés	7	5 en DFN / QFN et 2 en SSOP
Quartz et résonateur	3	Masse = 100 mg
Boîtier	1	ABS (masse 20g)
PCB	1	FR4, 4 couches, CMS

Modélisation du synthétiseur

Données du produit :

- *Les dimensions du circuit imprimé (PCB) sont de 70 x 75 x 1,6mm.*
- *L'ensemble des éléments de cet appareil, excepté le boîtier, est livré au client par avion depuis la Chine (8000 km) puis par messagerie sur une distance moyenne estimée à 400 km (petit camion de 3,5 tonnes). Il pèse 100g, emballage compris.*
- *En fin de vie, le produit est obsolète et doit être recyclé. Il rentre dans la catégorie des Déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) traités comme des déchets ménagers.*

Mise en œuvre

- Entrer toutes les données du process dans l'onglet « phase de production ».
- Faire de même pour les phases de transport et de fin de vie.
- Aller dans l'onglet « résultats » et cliquer sur « calcul des impacts » puis sur « résultats normés ».
- Observer le graphe des impacts et faire tous les commentaires possibles sur les résultats indiqués.
- N'oubliez pas d'enregistrer votre fichier (nom au choix).