



# ETUDE DE CAS :

## Cartes électroniques

Pascal XAVIER  
CROMA - Grenoble

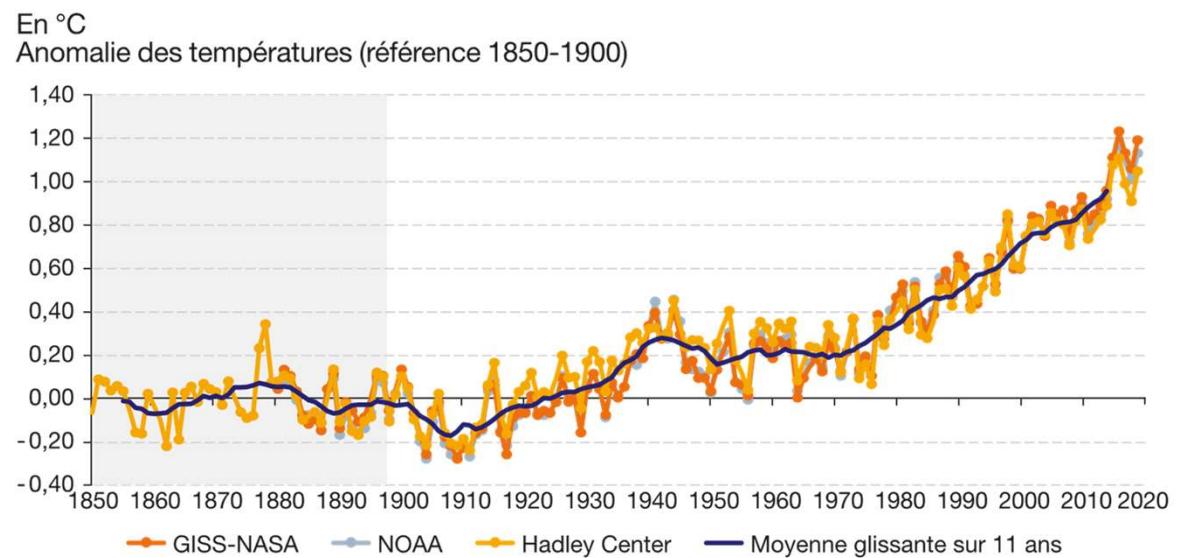
# Sommaire

- 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<sup>ère</sup> partie)**

1

# Contexte général : impact de l'électronique dans le monde

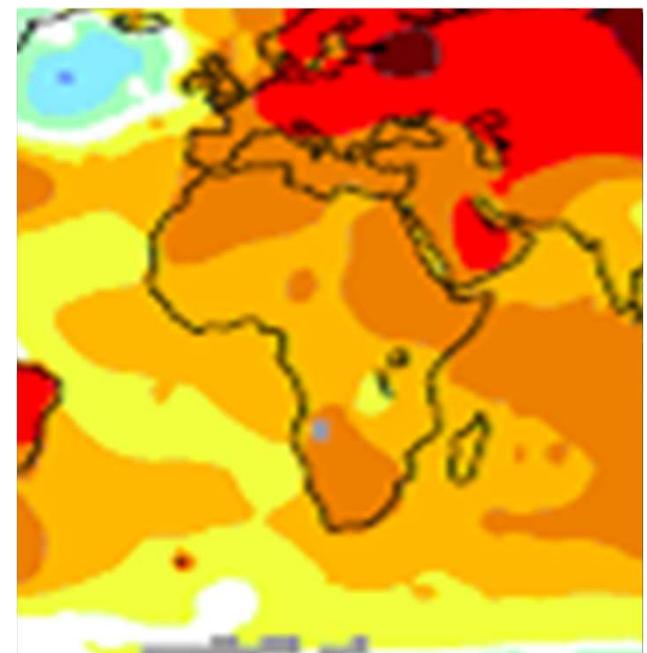
# Consommation énergétique : dérèglement climatique



NASA ; NOAA ; Hadley Center

*Our world in data*

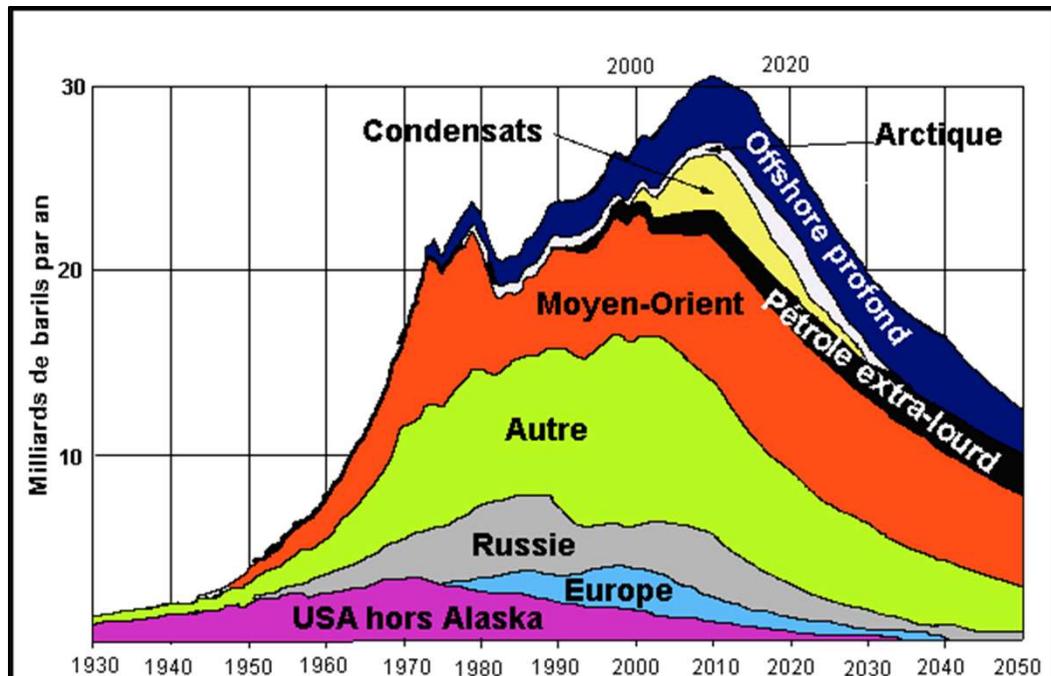
*corrélation / causalité*



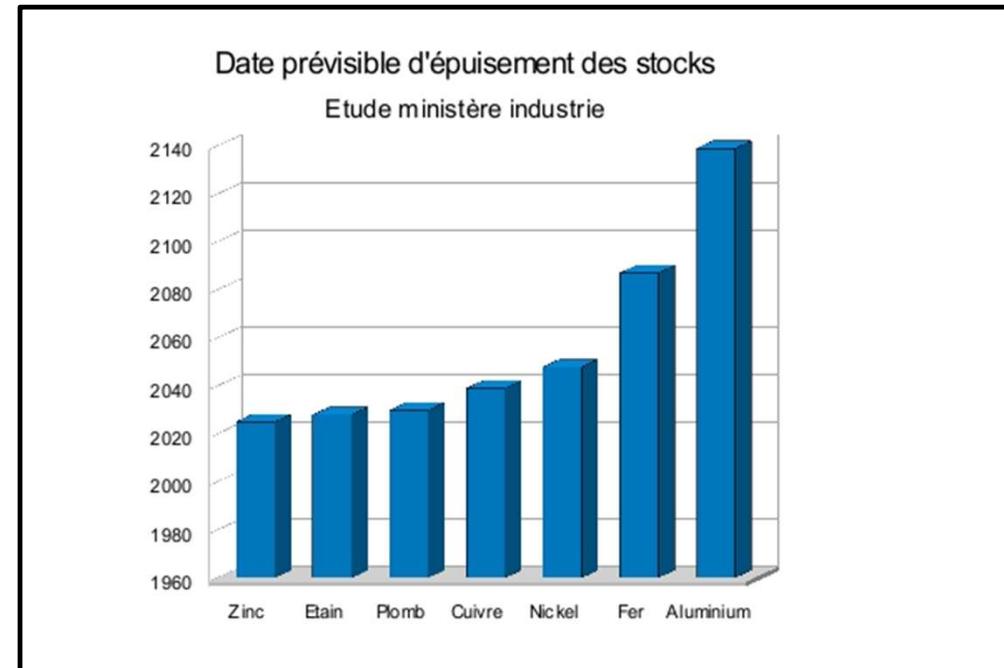
Geology.com

[csas.ei.columbia.edu](http://csas.ei.columbia.edu)

# Consommation énergétique : non durabilité



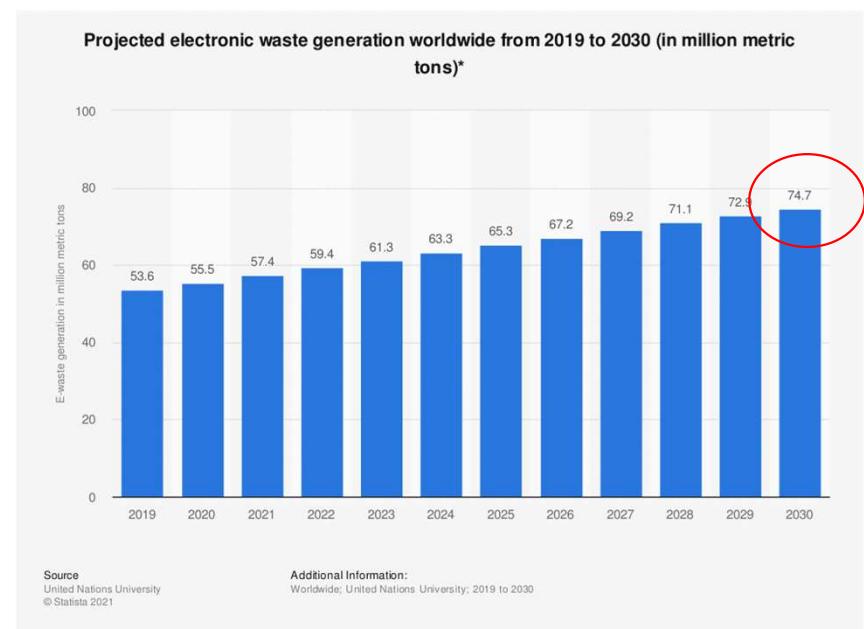
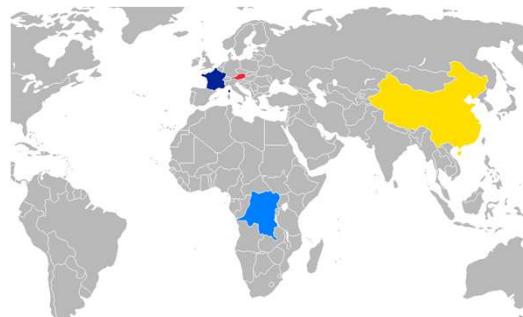
Wikimedia



Encyclo-ecole.com

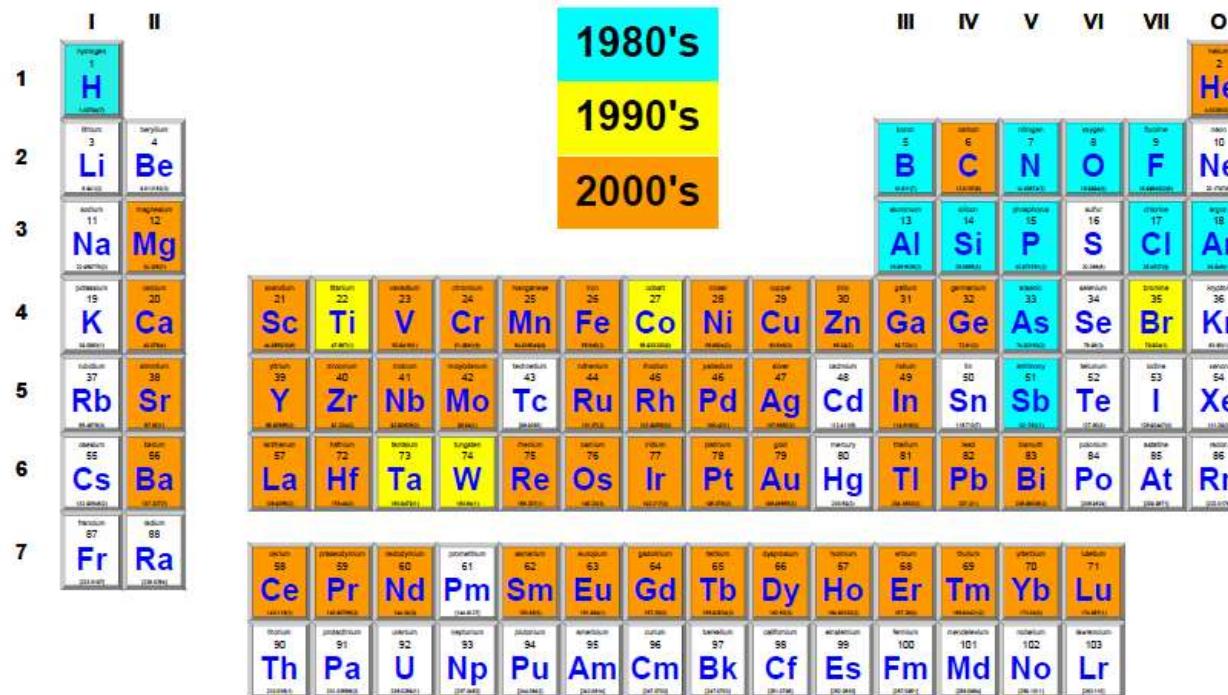
# Contribution du secteur de l'électronique

- 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

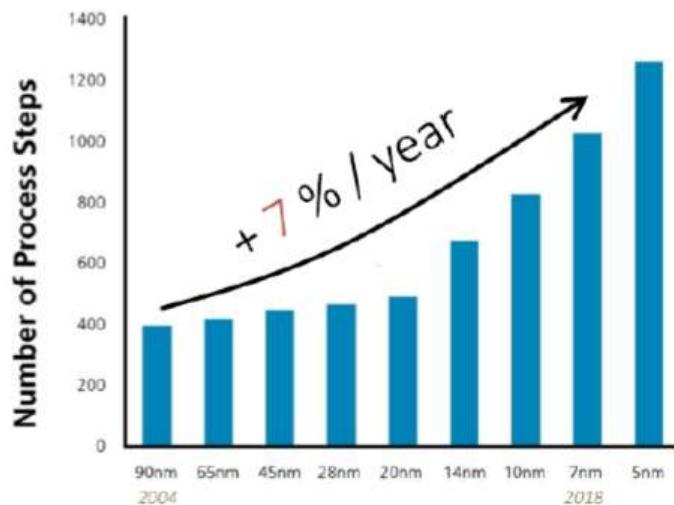
## Pression sur les matériaux en microélectronique



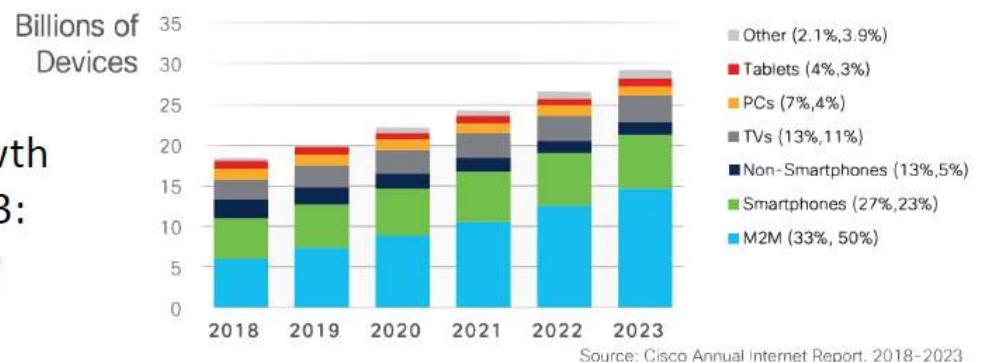
Source : Jean-Pierre Raskin (UCL) – MNE2024

# Contribution du secteur de l'électronique

## Croissance de la complexité et des marchés



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



Source: Cisco Annual Internet Report, 2018-2023

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

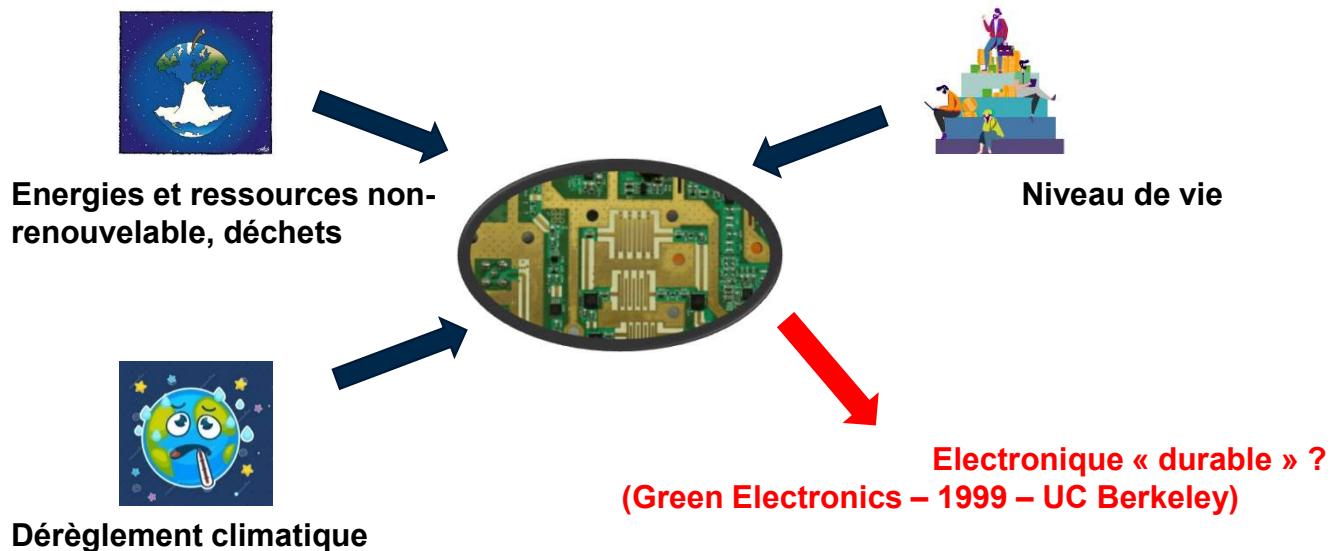


- **Approches circulaires** : éco-conception, réemploi, recyclage (voir partie 2)



# Contribution du secteur de l'électronique

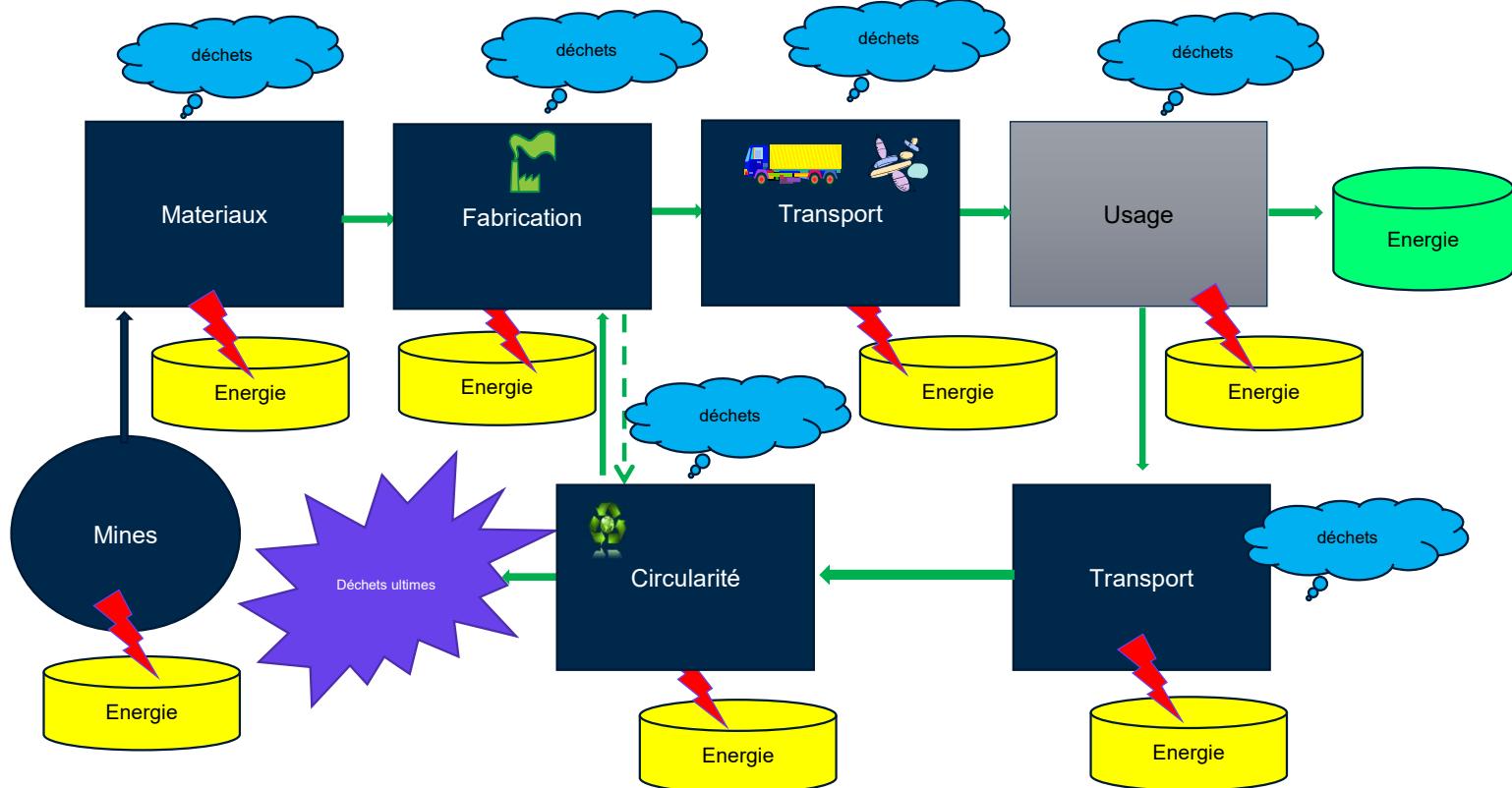
## Electronique « durable » ??



2

# Outils d'évaluation des impacts environnementaux des produits

# Cycle de vie du produit



# Eco-conception

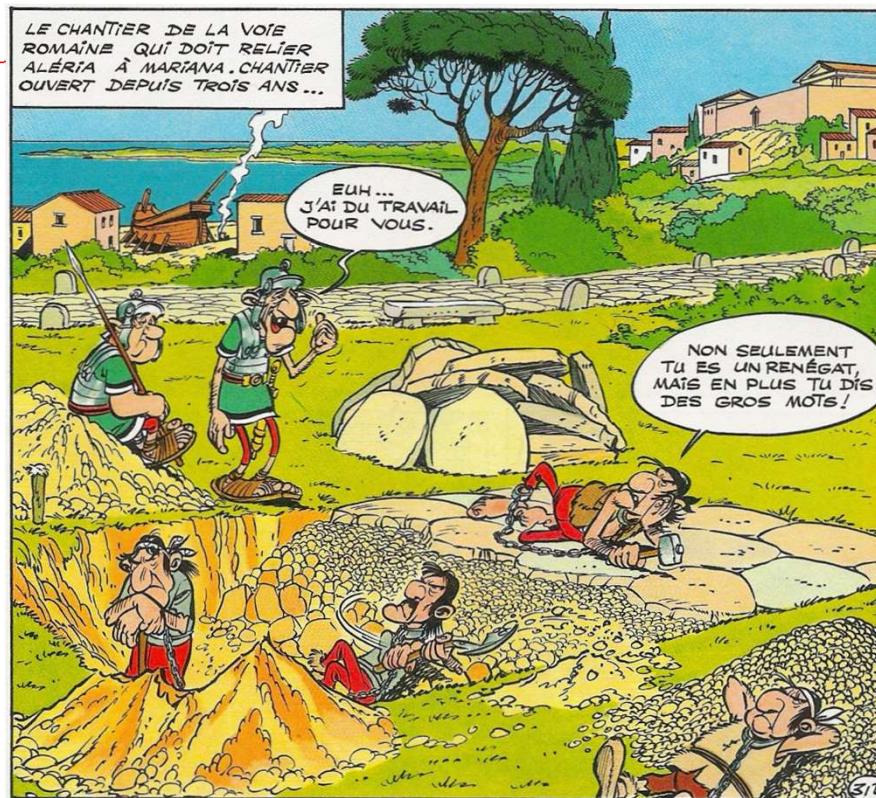
Définie par la norme ISO 14006 :

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**



## Attention au marketing (greenwashing) !



Écolabels (déclaratif)



Scénario !



Vélo en bois !



Amélioration produit ↔ Comparaison de produits

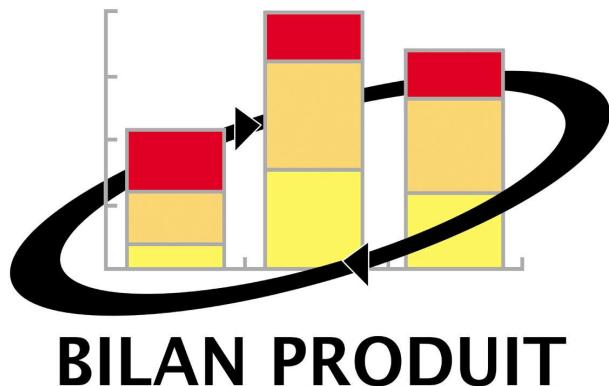
Exemples :

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



3

## Outil de sensibilisation

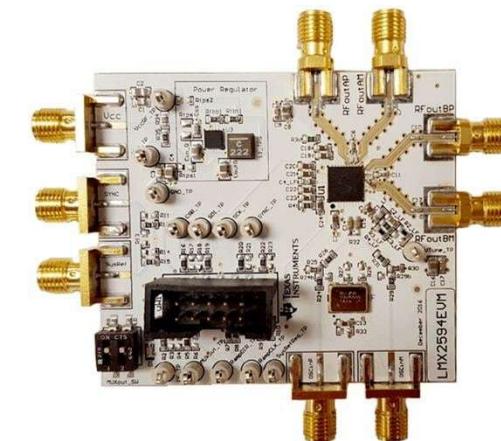
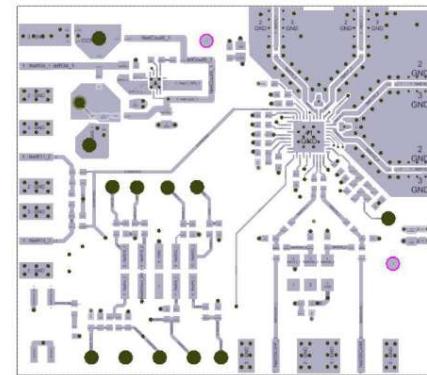
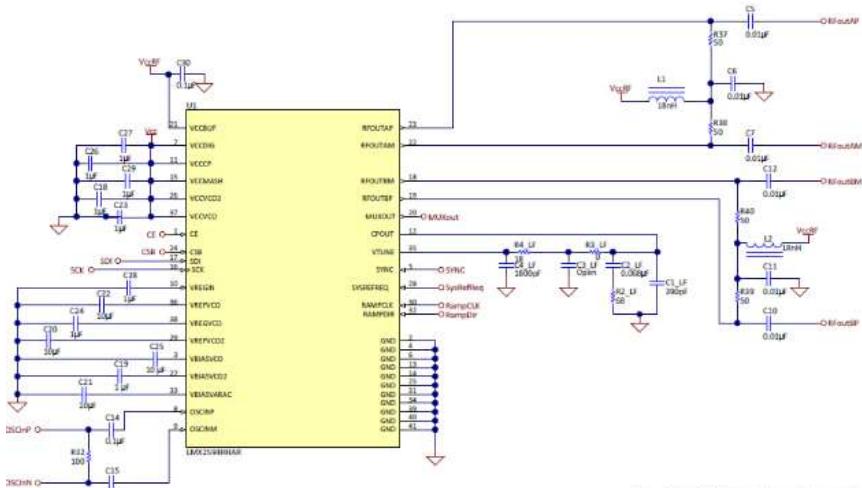


# Liste impacts proposés

- **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 CO<sub>2</sub> equ.)*
  - Acidification atmosphérique (kg of SO<sub>2</sub> equ.)*
  - Eutrophisation (kg of P<sub>4</sub>O<sub>3</sub> 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



# Atelier de mise en œuvre (1<sup>ère</sup> 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.

**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 : .....

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
Massé (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).