

Éco-conception de services web

Anne-Laure Ligozat

ENSIIE

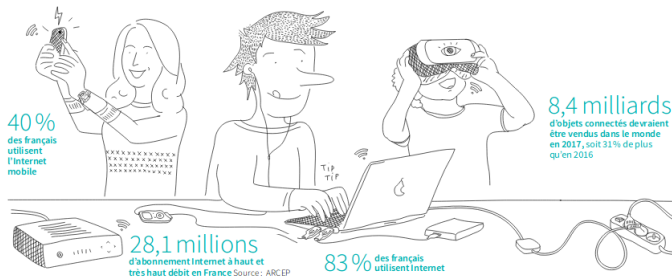
dernière mäj: février 2019

- 1 Impacts environnementaux du numérique
 - Présentation générale des impacts
 - Analyse du cycle de vie des produits

Le numérique est partout !

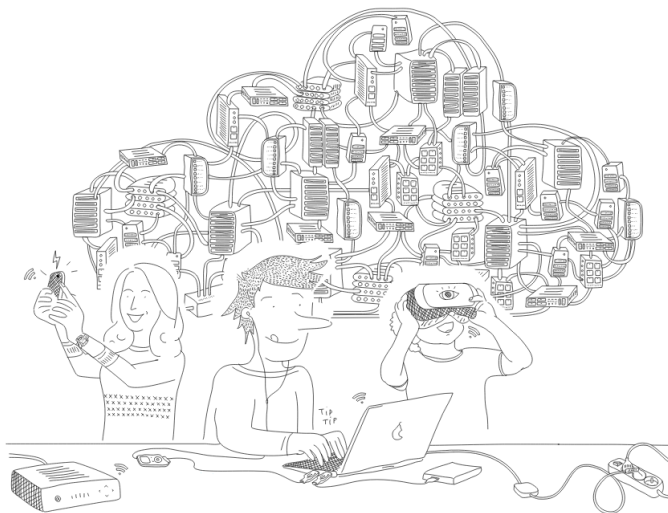


source : Ademe



Le numérique, industrie non polluante ?

La galaxie numérique



La galaxie numérique : bienvenue dans le réel

Qu'est-ce qui se cache derrière le numérique, devenu indispensable et évident à l'usage, mais dont le fonctionnement reste souvent obscur ? Ce qui est certain, c'est qu'il n'a rien d'immatériel ! Et que ses impacts environnementaux sont bien réels !

INTERNET AU NIVEAU MONDIAL

- ▶ **9 milliards** d'appareils
- 2 milliards de smartphones
- 1 milliard d'ordinateurs
- 5 à 7 milliards d'objets connectés
- ▶ **45 milliards** de serveurs
- ▶ **800 millions** d'équipements réseaux (routeurs, box ADSL...)

En 1 heure

- ▶ **8 à 10 milliards** de mails échangés (hors spam)
- ▶ **180 millions** de recherches Google

Prévision 2020

- ▶ **50 milliards** d'objets connectés

LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE GÉNÉRÉES PAR LE NUMÉRIQUE

- 25 %** dues aux data centers
- 28 %** dues aux infrastructures réseau
- 47 %** dues aux équipements des consommateurs (ordinateurs, smartphones, tablettes, objets connectés, GPS...)

15 000 km

c'est la distance moyenne parcourue par une donnée numérique (mail, téléchargement, vidéo, requête web...)

40 % des français utilisent l'Internet mobile

8,4 milliards d'objets connectés devraient être vendus dans le monde en 2017, soit 31% de plus qu'en 2016

28,1 millions d'abonnement Internet à haut et très haut débit en France Source : ARCEP

83 % des français utilisent Internet

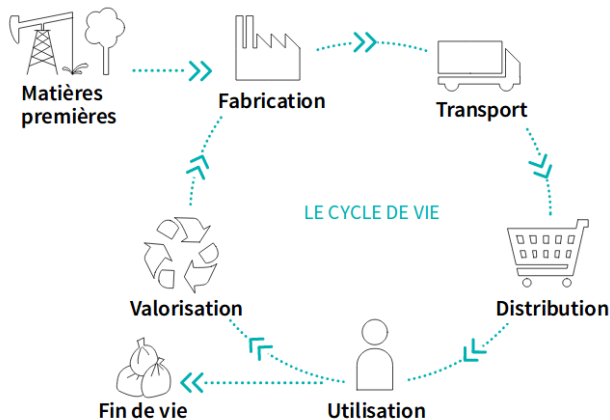
Le numérique, solution aux problèmes environnementaux ?

Effet	TIC = solution	TIC = problème
1er ordre (directs)	Traitement de l'information relative à l'environnement	Cycle de vie des TIC production, utilisation, fin de vie
2e ordre (indirects)	Effets d'optimisation et de substitution	Effets induits surconsommation, consommations supplémentaires
3e ordre (systémiques)	Transition numérique production et consommation durables	Interdépendance accrue Effets rebond

(Berkhout and Hertin, 2001 ; Hilty, 2008)

Effets du premier ordre

Analyse du cycle de vie (source : Ademe)



Effets du deuxième ordre

- ☺ optimisation : réduit la consommation d'une ressource
 - chauffage intelligent
- ☺ substitution : remplace une autre ressource
 - liseuse remplace livres papier, positif si remplace l'impression de nombreux livres
- ☹ induction : stimule la consommation d'une ressource
 - imprimante : consomme plus de papier que machine à écrire
- ☹ obsolescence : raccourcit cycle de vie d'une autre ressource
 - ex de l'obsolescence logicielle sur les smartphones

Effets du troisième ordre

- ☺ société et économie dématérialisées
- ☹ effets rebonds
 - meilleure efficacité énergétique → consommation accrue
- ☹ risques d'effondrement
 - dépendance aux TIC de la société et l'économie

Exemple des écrans

Consommation d'un écran plat \ll consommation écran cathodique
à surface égale

mais

- écran plat \Rightarrow diagonale ↗
- écran plat \Rightarrow nombre écrans ↗
- écran plat \Rightarrow bilan carbone ↗

source : Olivier Ridoux

Quels impacts ?



Consommation d'énergie primaire

- Consommation des ressources énergétiques



Changement climatique

- Émission de gaz à effet de serre



Destruction de la couche d'ozone

- Dommages causés à la couche d'ozone



Toxicité humaine

- Émissions dans l'air, l'eau et le sol de substances toxiques présentant un risque potentiel pour l'homme



Ecotoxicité aquatique

- Émissions dans l'air, l'eau et le sol de substances toxiques présentant un risque potentiel pour la faune et la flore aquatique



Déplétion des métaux

- Épuisement des métaux en provenance de la croûte terrestre



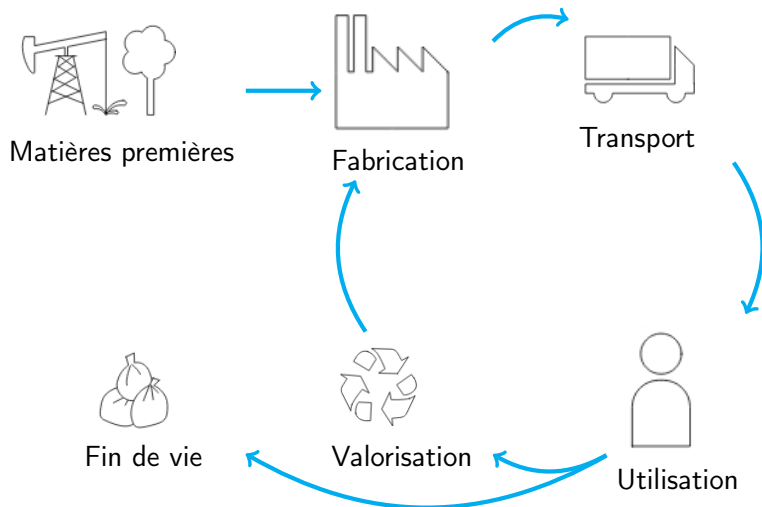
Consommation d'eau

- Consommation d'eau tout au long du cycle de vie

source : Françoise Berthoud, Ecoinfo

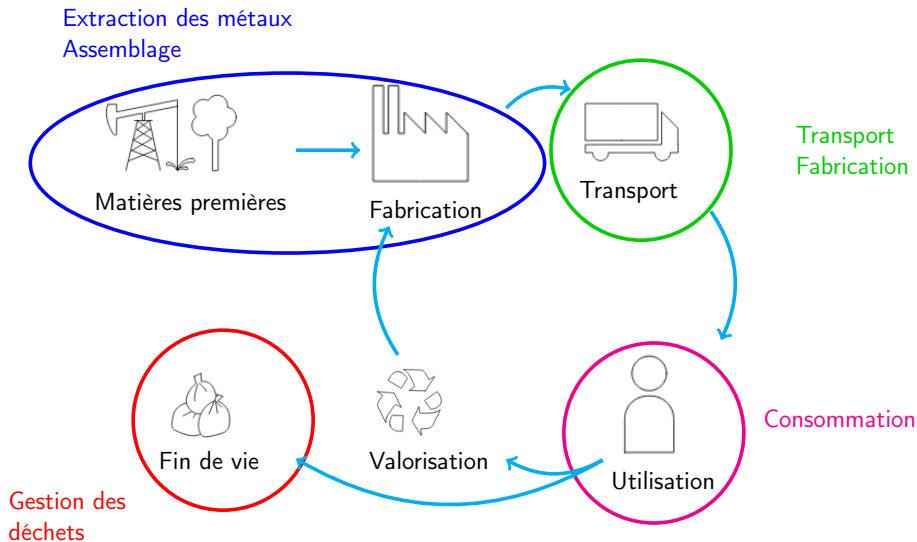
- 1 Impacts environnementaux du numérique
 - Présentation générale des impacts
 - Analyse du cycle de vie des produits

Cycle de vie



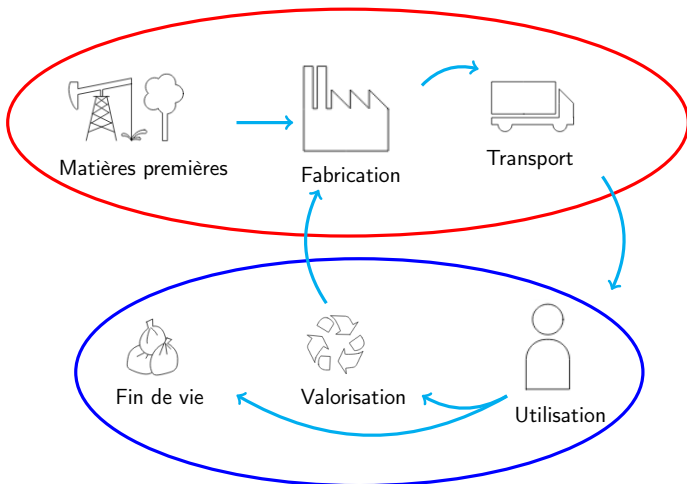
voir [ACV et numérique: enjeux, principes et limites](#) de Carole Charbuillet pour plus d'informations

Cycle de vie

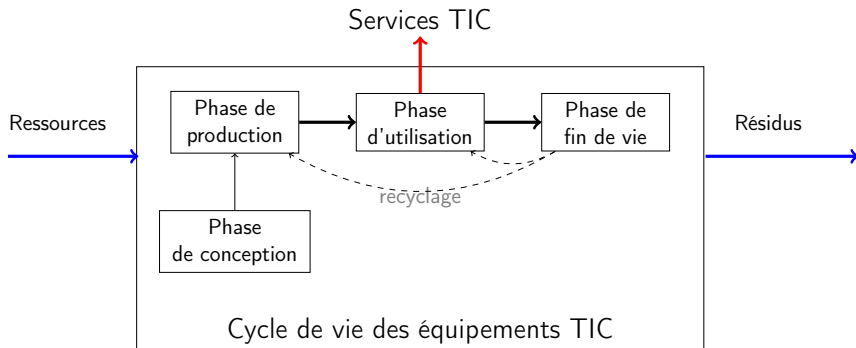


Cycle de vie

L'affaire du fabricant, l'influence du consommateur



L'affaire du consommateur, l'influence du fabricant



Dans mon smartphone il y a...

ELEMENTS OF A SMARTPHONE

ELEMENTS COLOUR KEY: ● ALKALI METAL ● ALKALINE EARTH METAL ● TRANSITION METAL ● GROUP 13 ● GROUP 14 ● GROUP 15 ● GROUP 16 ● HALOGEN ● LANTHANIDE

SCREEN



Indium tin oxide is a mixture of indium oxide and tin oxide, used in a transparent film in the screen that conducts electricity. This allows the screen to function as a touch screen.



The glass used on the majority of smartphones is an aluminosilicate glass, composed of a mix of alumina (Al_2O_3) and silica (SiO_2). This glass also contains potassium ions, which help to strengthen it.



A variety of Rare Earth Element compounds are used in small quantities to produce the colours in the smartphone's screen. Some compounds are also used to reduce UV light penetration into the phone.

BATTERY



The majority of phones use lithium ion batteries, which are composed of lithium cobalt oxide as a positive electrode and graphite (carbon) as the negative electrode. Some batteries use other metals, such as manganese, in place of cobalt. The battery's casing is made of aluminium.

ELECTRONICS

Copper is used for wiring in the phone, whilst copper, gold and silver are the major metals from which microelectrical components are fashioned. Tantalum is the major component of micro-capacitors.



Nickel is used in the microphone as well as for other electrical connections. Alloys including the elements praseodymium, gadolinium and neodymium are used in the magnets in the speaker and microphone. Neodymium, terbium and dysprosium are used in the vibration unit.



Pure silicon is used to manufacture the chip in the phone. It is oxidised to produce non-conducting regions, then other elements are added in order to allow the chip to conduct electricity.



Tin & lead are used to solder electronics in the phone. Newer lead-free solders use a mix of tin, copper and silver.



CASING



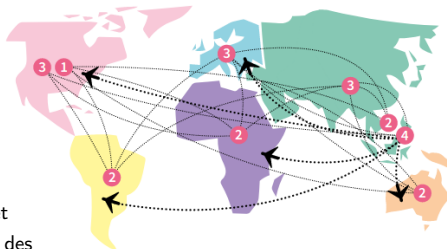
Magnesium compounds are alloyed to make some phone cases, whilst many are made of plastics. Plastics will also include flame retardant compounds, some of which contain bromine, whilst nickel can be included to reduce electromagnetic interference.

Pour cela, il a fait plusieurs fois le tour du monde

3. Fabrication des principaux composants en Asie, aux Etats-Unis et en Europe

1. Conception le plus souvent aux Etats-Unis

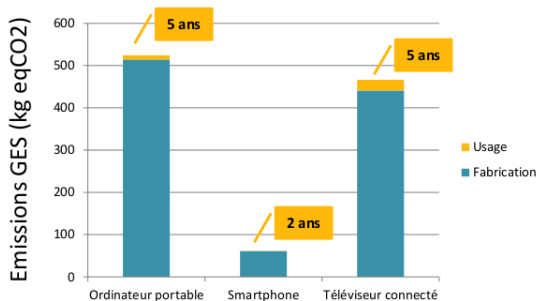
2. Extraction et transformation des matières premières en Asie du Sud-Est, en Australie, en Afrique centrale et en Amérique du sud



Distribution vers le reste du monde, souvent en avion

4. Assemblage en Asie du Sud-Est

Et tout cela émet beaucoup de GES...

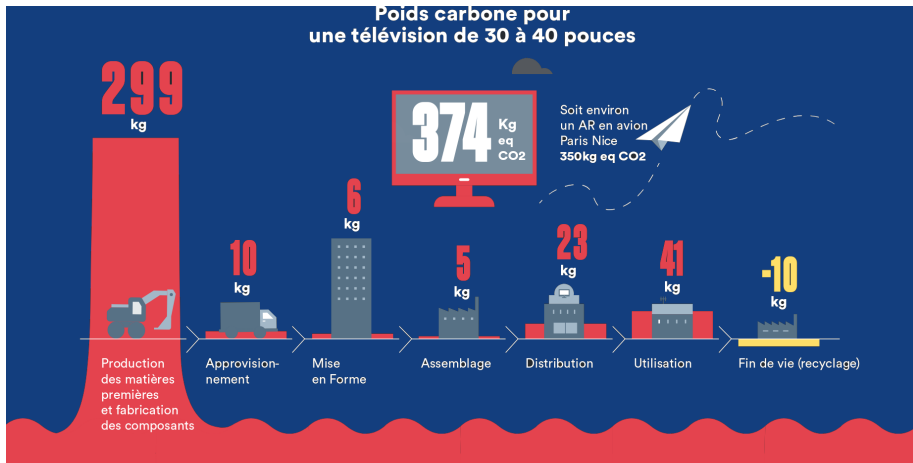


**Fabrication en Chine,
Usage en France, hors internet**

Produits numériques

fabrication >> utilisation

Exemple de la télévision



source : <http://multimedia.ademe.fr/infographies/infographie-poids-carbone/>

Fin de vie (DEEE)

en France en 2017

- 835 millions d'équipements mis sur le marché
- taux de collecte \sim 45%
 - plus de 750 tonnes de DEEE soit \sim 13,6 millions de réfrigérateurs...
- DEEE professionnels recyclés à 85% et préparés à réutilisation à 3% (en tonnage)



source : [Rapport annuel Ademe sur les équipements électriques et électroniques 2017](#)

- 2 Éco-conception logicielle
 - Bonnes pratiques
 - Eco-conception

Réduire l'impact environnemental du numérique

Bonnes pratiques en tant qu'ingénieur

- limiter les achats et les rendre responsables
- réduire l'utilisation, matérielle, logicielle, y compris datacenters
- gérer la fin de vie

Notion de sobriété numérique

Refuser

Réduire

Réutiliser

Recycler

Rendre à la terre

2 Éco-conception logicielle

- Bonnes pratiques
- Eco-conception

Éco-conception

Définition AFNOR, 2004

« L'éco-conception consiste à intégrer l'environnement dès la conception d'un produit ou service, et lors de toutes les étapes de son cycle de vie »

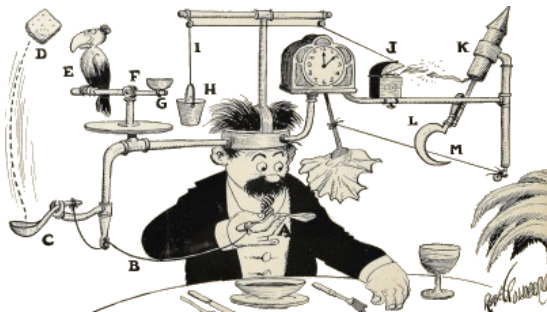
Éco-conception

En informatique, souvent (Ecoinfo) :

- éco-conception matérielle : réduire l'impact négatif d'un produit physique
 - ex : smartphone, imprimante
 - considérant tout le cycle de vie et tous impacts : déplétion des métaux, pollution, émissions de GES...
- éco-conception logicielle : améliorer la conception des services logiciels en réduisant leur impact pendant la phase d'usage essentiellement
 - «chaque octet a un impact dans le monde réel» (GreenIT)
- éco-conception d'un service numérique : prendre en compte l'ensemble des phases du cycle de vie de chacun des équipements impliqués dans la mise en œuvre du service

Éco-conception logicielle

Notion d'**efficience** : consommer le moins possible de ressources physiques
 \neq **efficacité** = capacité à atteindre un objectif, quelle que soit la quantité de moyens mis en oeuvre



Rube Goldberg's "self-operating napkin" machine

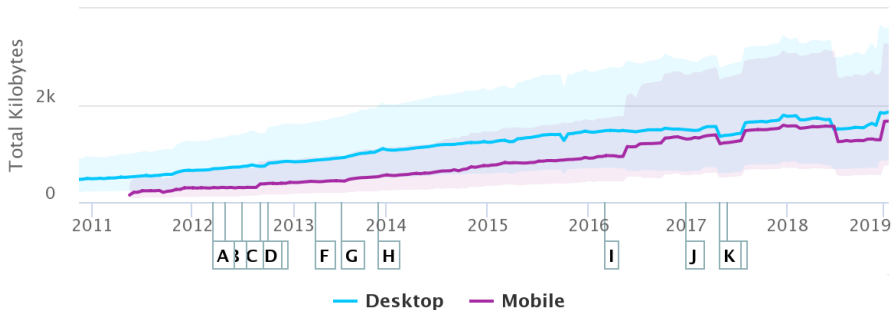
- 3 Éco-conception de services web
 - Pourquoi les services web ?
 - Éco-conception de services web
 - Bonnes pratiques

Pourquoi éco-concevoir les sites web ?

web touché de plein fouet par le phénomène d'obésiciel

Timeseries of Total Kilobytes

Source: httparchive.org

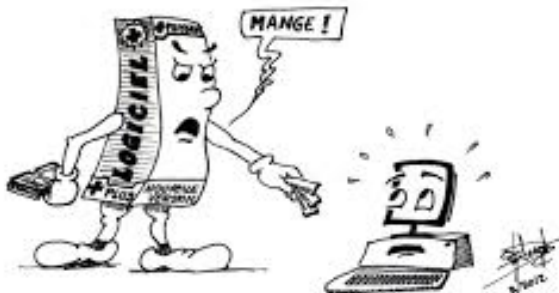


alors que l'explosion des accès mobiles devrait inciter au régime...

Pourquoi éco-concevoir les sites web ?

Problèmes

- infrastructures physiques surdimensionnées
 - centres de données
 - réseau
- obsolescence matérielle due à l'obésité des sites



dessin : Éric Drezet

Infrastructure du web

web = utilisateurs + réseau + centres de données

= réseaux aux différentes niveaux, avec câbles et éléments actifs
(commutateurs, répartiteurs...)

+ box

+ sans fil (antennes relais)

+ satellites...

empreinte annuelle du web :

- 1037 TWh d'électricité (40 à 50 centrales nucléaires, 2 x la consommation électrique de la France)
- 608 millions de tonnes équivalent GES

Conséquences de l'éco-conception de sites web

Sites éco-conçus

⇒ allongement de la durée de vue des terminaux des internautes
+ réduction du nombre de serveurs nécessaires au fonctionnement du site

(+ économies d'énergie pendant la phase d'utilisation, mais conséquence positive, pas but car très inférieures à fabrication)

- 3 Éco-conception de services web
 - Pourquoi les services web ?
 - Éco-conception de services web
 - Bonnes pratiques

Éco-conception de services web

Éco-concevoir un site web =

à niveau de qualité et de service constant, réduire la quantité de moyens informatiques et télécoms nécessaires

Éco-conception de services web

Fournir un site ou service

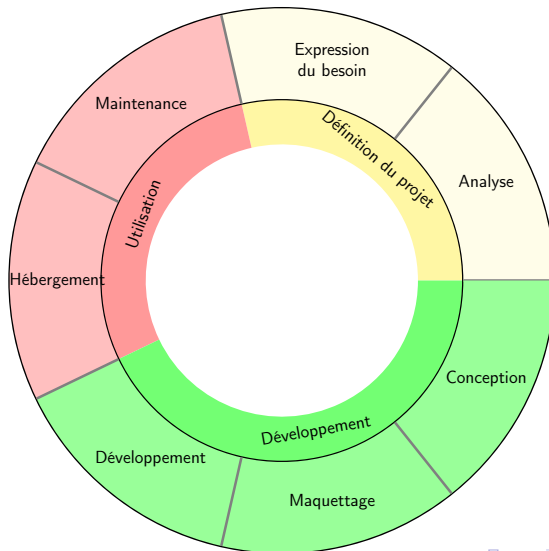
- nécessitant la plus petite configuration minimale requise côté internaute
- monopolisant le moins longtemps possible le réseau et les serveurs
- et nécessitant le moins de serveurs possible pour fabriquer les pages web

(Bordage, 2015)

Objectifs = réduire

- la puissance informatique nécessaire des deux côtés du réseau
- donc la quantité de traitements et de données tout au long de la chaîne applicative (dont la bande passante)
- et le temps passé par l'internaute devant son terminal

Cycle de vie d'un site web



Où porter l'effort ?

Impact

Travail de conception >>> optimisation des lignes de code

Voir notamment [travaux du Standish group](#) : réussite des projets informatiques et fonctionnalités utilisées

3 principes

- Simplicité : organisation simple des fonctionnalités (qualitatif)
 - découpage fonctionnel intelligent pour éviter les usines à gaz
~ usabilité
- Frugalité/sobriété : limiter le nombre d'éléments (quantitatif)
- Pertinence = utilité x rapidité x accessibilité

- 3 Éco-conception de services web
 - Pourquoi les services web ?
 - Éco-conception de services web
 - **Bonnes pratiques**

Conception

fonctionnelle + graphique + technique

- réduire les fonctionnalités
 - nombreuses fonctionnalités non utilisées
 - recentrer les besoins utilisateurs pendant conception
 - mesurer le taux d'utilisation des fonctionnalités
- quantifier précisément les besoins
- réduire le temps passé sur le site
 - si besoin de documents, le préciser dès le 1er écran
- choisir les technologies les plus adaptées
 - plus la technologie est packagée, moins le site risque d'être performant
- ...

LOGICIEL



Intégration

Traduire la maquette d'un site en code (HTML, JS, CSS)

HTML + polices + images + CSS

- valider les pages
 - code non valide → correction dynamique par navigateur
- favoriser les polices standard
- limiter et optimiser les images
 - pas d'images pour puces, redimensionner en-dehors du HTML, images vectorielles et optimisées, spritesheets CSS...
- factoriser le css et js
- limiter la taille et le nombre des CSS
 - compression des CSS (serveur web), regrouper déclarations similaires, utiliser notations abrégées... mais CSS de print
- ...

Code client

JavaScript + DOM + animations + échanges de données

- valider le code JS
- réduire les accès au DOM via JS
- éviter les animations JS ou CSS coûteuses
- utiliser Ajax pour les zones de contenu souvent mises à jour
- ...

Code serveur

conception + CMS + serveur d'application + base de données

- favoriser les pages statiques
- favoriser une architecture applicative modulaire
- choisir des formats de données adaptés
- éviter requêtes SQL dans boucles
- éviter connexions BD inutiles
- utiliser les procédures stockées
- ...

Hébergement

ressources et contenu + infrastructure physique + infrastructure logicielle
+ cache

- compresser JS et CSS
- choisir un hébergeur responsable
- adapter le taux de disponibilité aux besoins
- utiliser des serveurs virtualisés
- choisir des serveurs peu énergivores
- ...

Contenu

documents + courriels + sons + textes + vidéos

- compresser et découper les documents
- supprimer les doublons des mailing lists
- préférer le texte brut au HTML
- adapter la compression des sons
- adapter les textes au web
- adapter la taille des vidéos
- ...

Exemples

issus du Livre blanc L'éco-conception des services numériques

- site Environment For Europeans
 - audit initial
 - pages trop lourdes, trop de requêtes HTTP, trop d'éléments dans le DOM
 - affichage très lent et mauvaise performance environnementale
 - changements
 - action sur la conception fonctionnelle : moins d'articles en page d'accueil + améliorations techniques
 - temps d'affichage de la page d'accueil divisé par 4, empreinte GES divisée par 3 environ, empreinte eau par 2
- site pagesjaunes.fr du Solocal Group
 - sensibilisation des équipes internes à la démarche d'écoconception web
 - mise en place de bonnes pratiques et audits réguliers
 - réduit nombre de requêtes HTTP de 43%

Et en tant que consommateur ?

Éco-gestes numériques

- équipements et utilisation
 - éviter d'acheter
 - s'équiper léger
 - faire durer ses équipements
 - limiter les consommations d'énergie et autres ressources
 - s'assurer du recyclage
- transport et stockage des données
 - réduire le nombre de destinataire des courriels
 - envoyer des messages légers
 - recherche web : aller au plus court
 - faire le ménage dans les courriels et les fichiers stockés
 - préférer le stockage local au cloud



Et en tant que consommateur ?

Éco-gestes numériques

- services numériques
 - éviter livraisons urgentes et/ou en petites quantités
 - faire le ménage sur les réseaux sociaux
 - télécharger les vidéos plutôt que consulter en ligne



source informations : Ademe, dessins : Emma

Références

- Éco-conception web, les 115 bonnes pratiques, Doper son site et réduire son empreinte écologique, 2e édition, Frédéric Bordage, avec la contribution de Stéphane Bordage et Jérémy Chatard, Eyrolles, 2015
 - [Les 115 bonnes pratiques](#)
- Impacts écologiques des Technologies de l'Information et de la Communication, Les faces cachées de l'immatérialité, Groupe Écoinfo, edpsciences, 2012
- Guide Ademe La face cachée du numérique, Réduire les impacts du numérique sur l'environnement, édition novembre 2018
- [Rapport du Shift Project, 2018](#)
- [Certification écoconception web](#)