

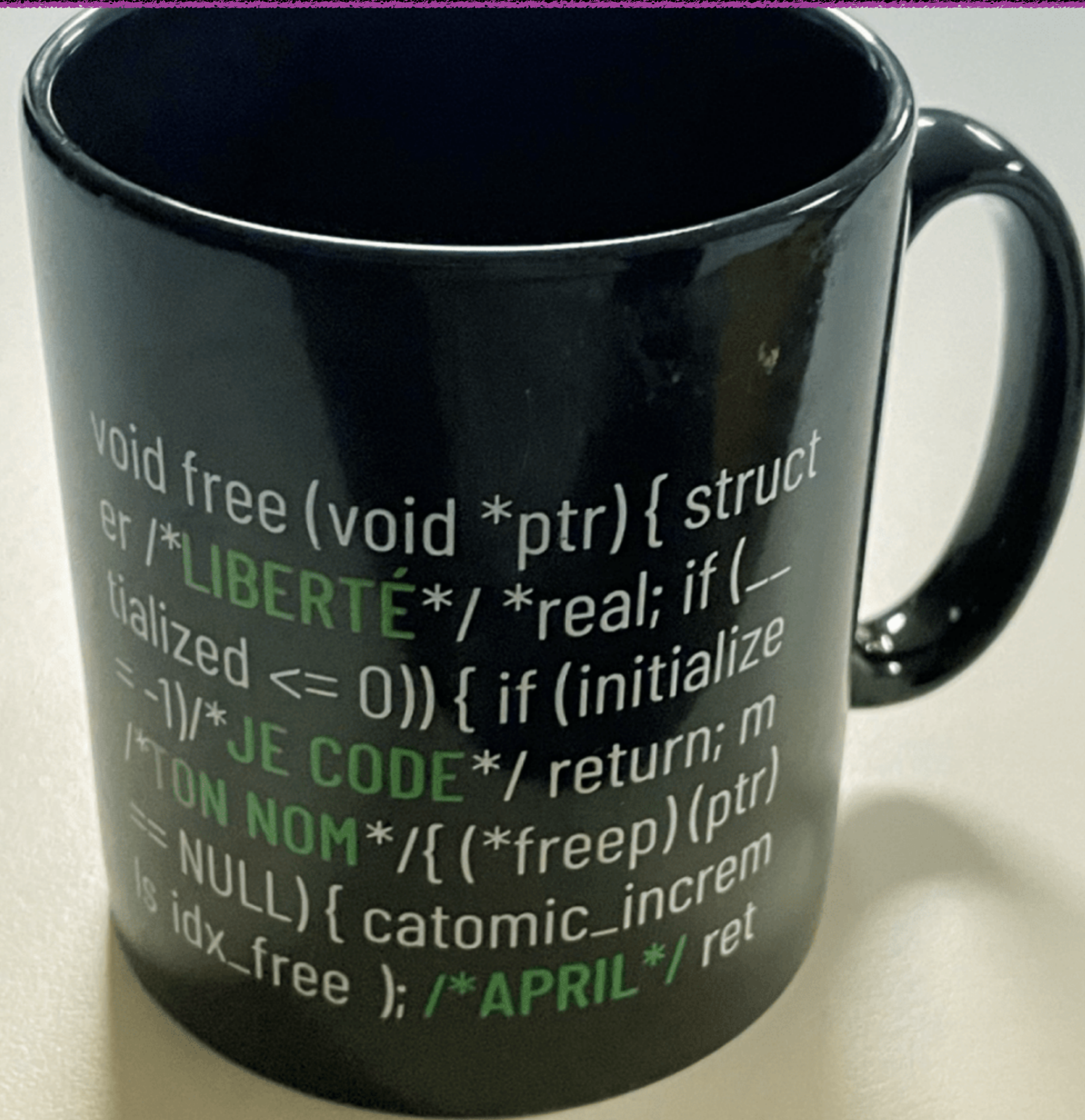
Écoconception logicielle

Pourquoi et comment « coder *green* » ?



Pierre-Yves
Lapersonne

Ingénieur logiciel



Qu'est-ce que l'écoconception logicielle, pourquoi et comment s'y mettre ?

Sachant qu'en 2025 ça commence vraiment à chauffer !

Sommaire

Plein de choses à dire !

1. Contexte
2. Analyse du Cycle de Vie
3. Écoconception
 - Android, iOS
 - Frontend web
 - Backend web
4. Outillage
5. Au delà du code

1 - Contexte

Chiffres

~ 2 milliards

Nombre de *smartphones* dans le monde en 2013

~ 6 milliards

Nombre de *smartphones* dans le monde en 2020

34 milliards

Nombre d'équipements en 2019

223 millions

Estimation en tonnes de la masse de ces équipements en 2019

250 EB / mois

Consommation réseaux pour la VOD, les vidéos et le web

1 400 millions kg eqC02

Empreinte mondiale du numérique en 2019

7,8 millions

Nombre de mètres cubes d'eau douce consommés par le numérique à l'échelle mondiale

~6 000 TWh

Consommation électrique mondiale pour 2025

4%

Part du numérique dans les émissions mondiales de gaz à effet de serre

80%

Part des énergies fossiles dans le mix énergétique mondial en 2020

29,5 Mt

Empreinte carbone en eqCO₂ du numérique en France en 2025

39 TWh

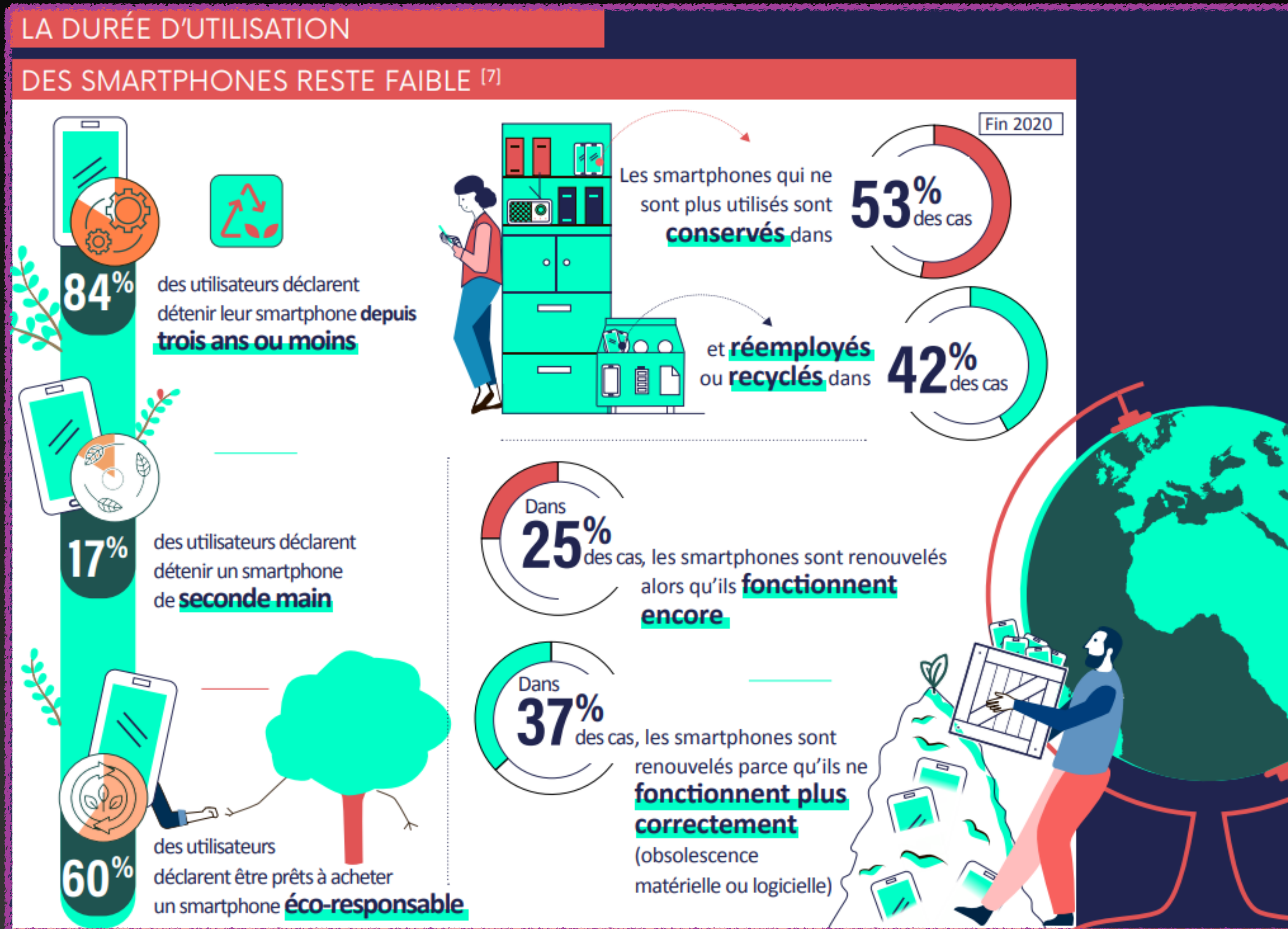
Consommation électrique estimée des terminaux en France en 2030

14,5 °C

Température moyenne en France en 2022 (~12 °C en 1900, ~13°C en 1990)

Schémas et diagrammes

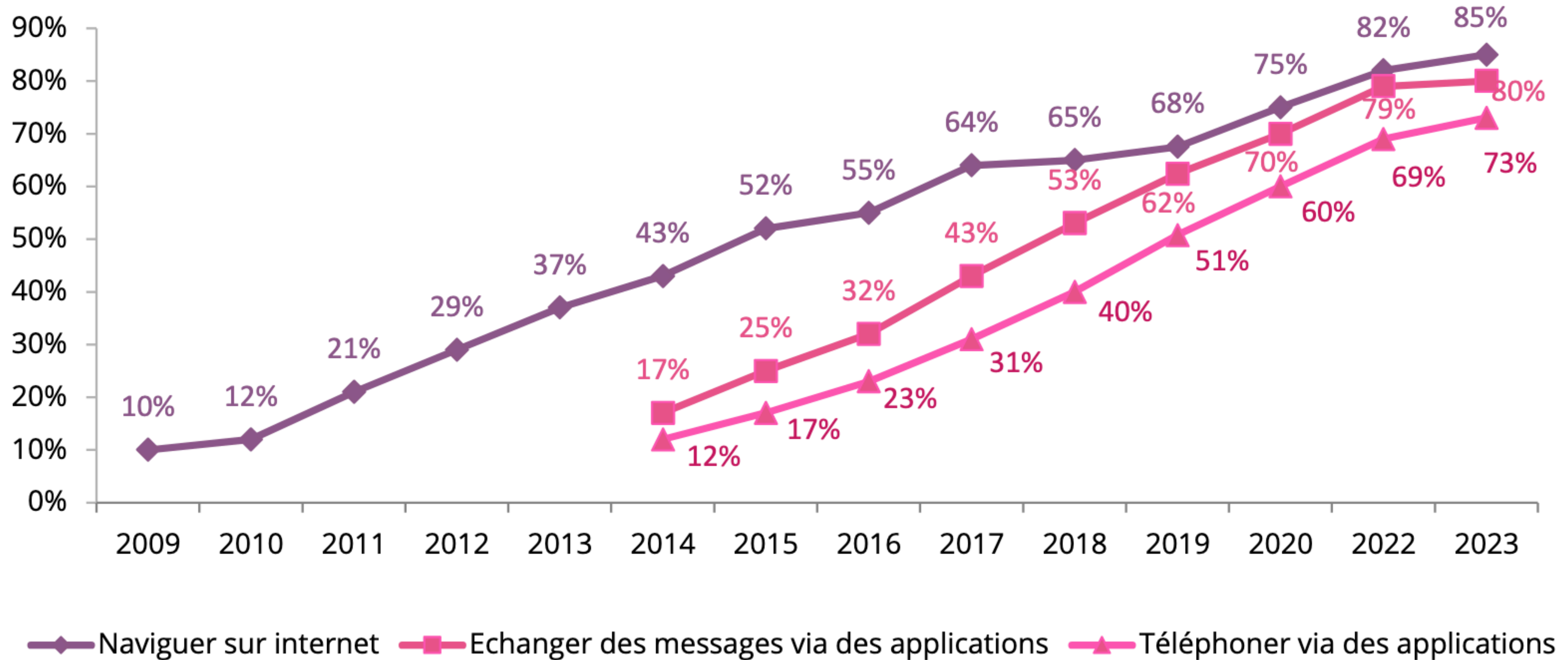
Concernant les *smartphones*



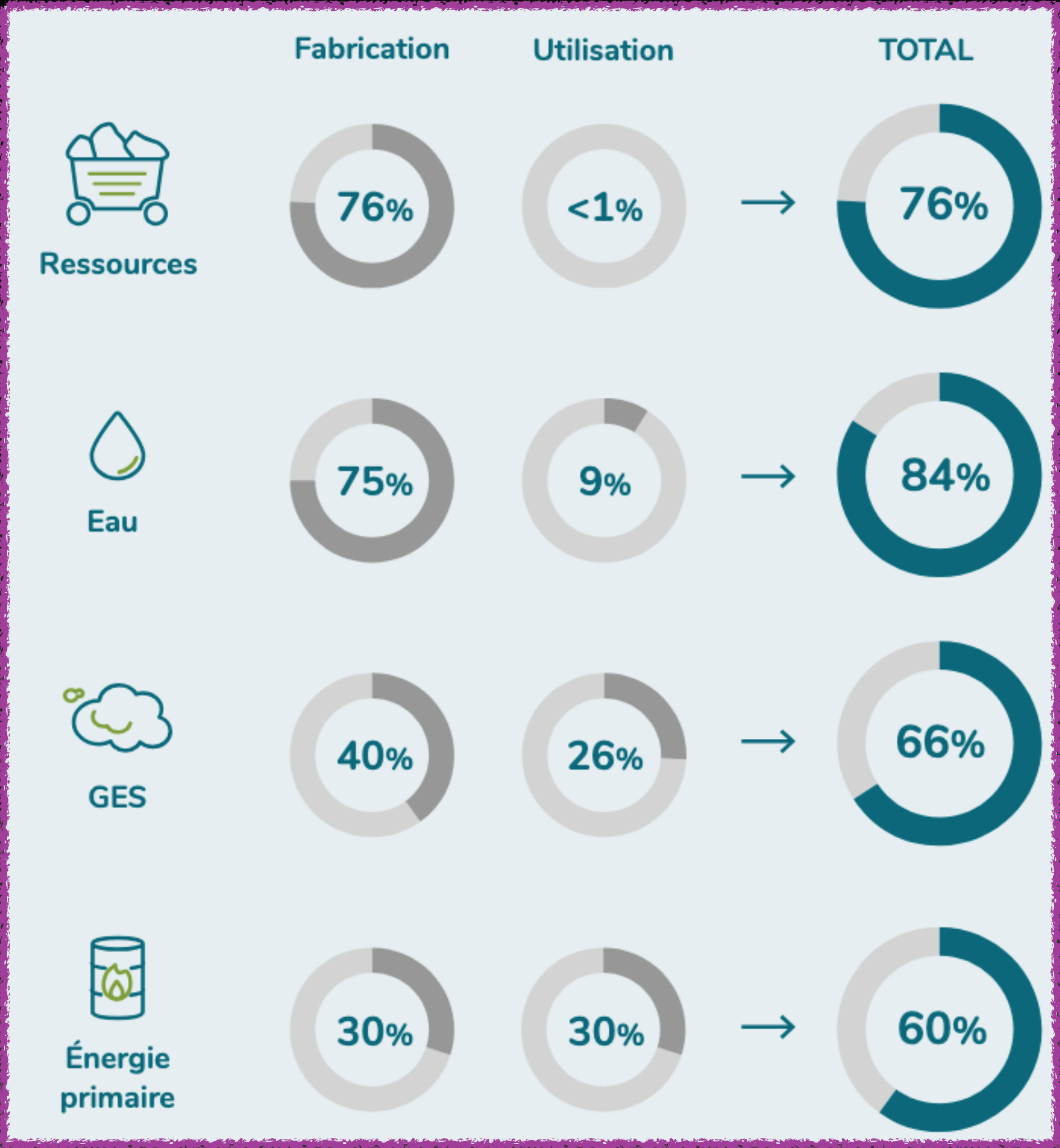
Usage des *smartphones*

Proportion de la population utilisant un téléphone mobile pour ...

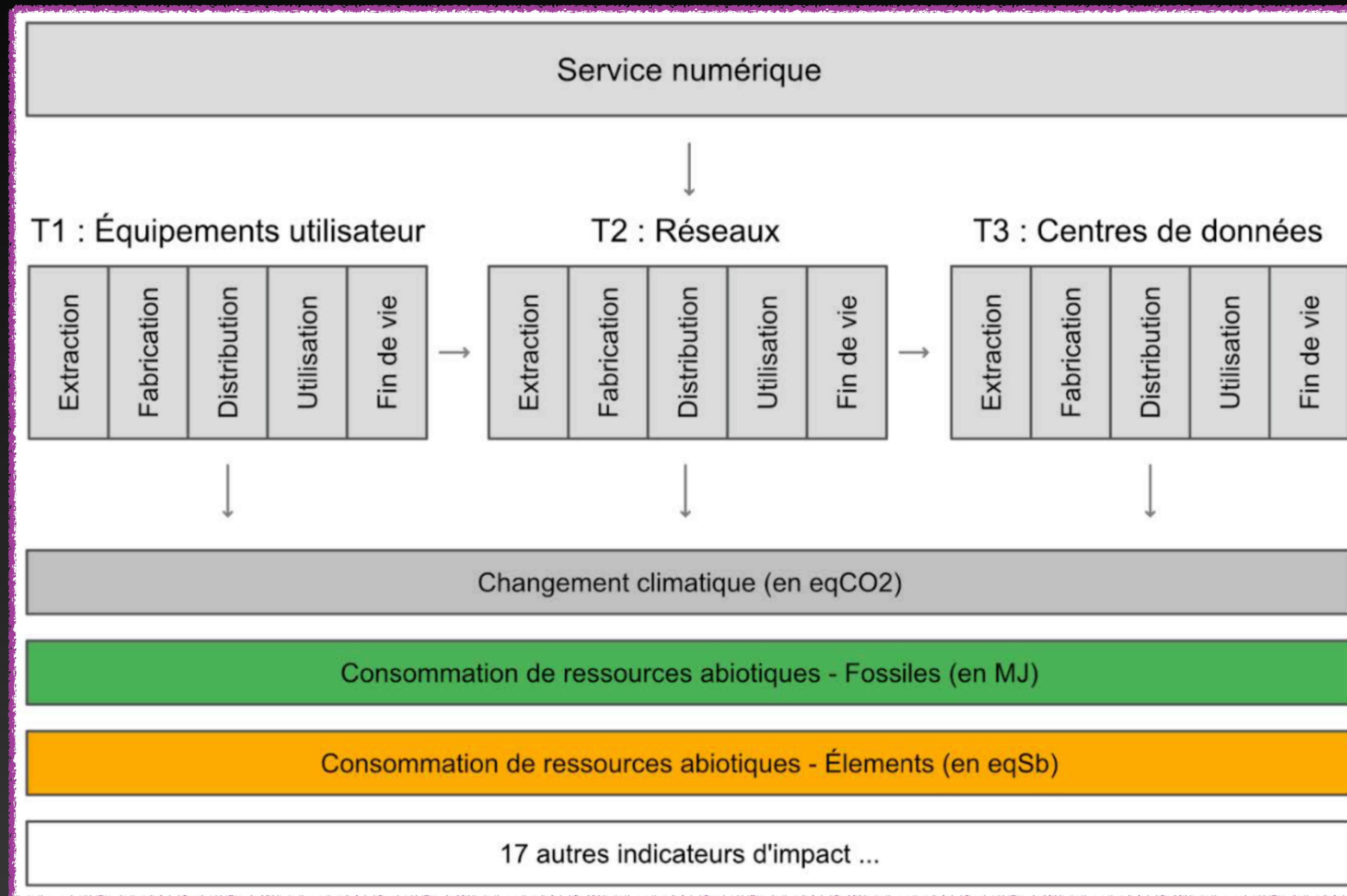
Ensemble de la population de 12 ans et plus, en %



Équipements et empreinte numérique mondiale en 2019



Effets directs du numérique



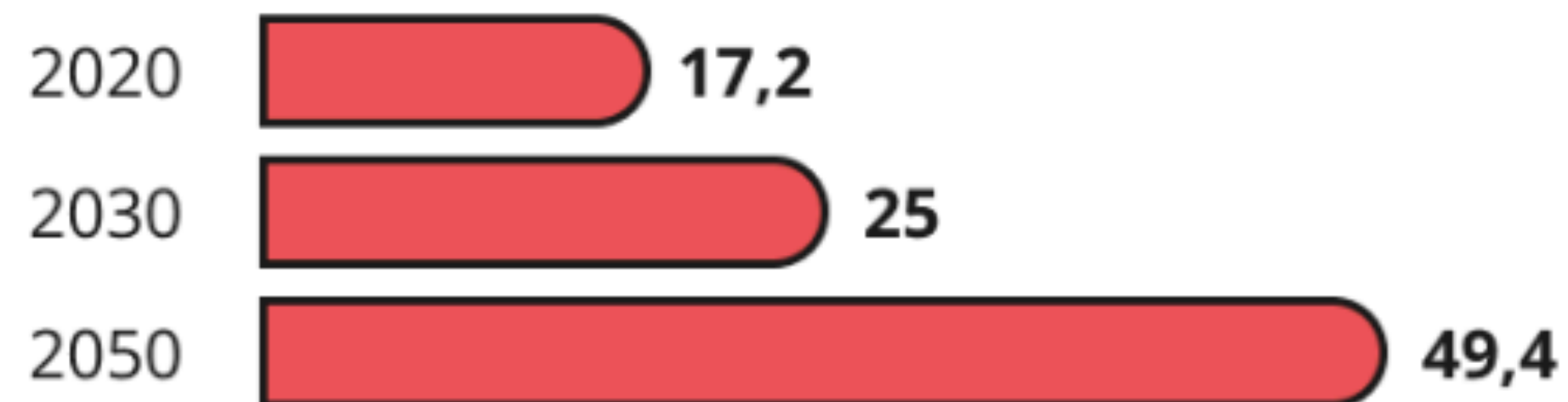
Des métaux recyclables ?

Recyclage performant	Recyclage partiel	Absence de recyclage ou recyclage en voie de développement
 Le recyclage de ces métaux est assuré à l'échelle industrielle en France et/ou dans le reste de l'UE. Des technologies permettant de les récupérer ont été déployées par plusieurs acteurs, qui y trouvent un équilibre économique.	 Des boucles de recyclage existent à l'échelle industrielle pour ces métaux, mais sont peu nombreuses en raison d'un manque de rentabilité économique à leur récupération et/ou de complexités techniques pour les récupérer.	 Le recyclage de ces métaux du numérique est peu ou pas déployé, notamment pour des raisons techniques (faible contenu du métal par équipement), technologiques (absence de procédé performant) ou économiques (faible rentabilité). Plusieurs projets pilotes sont en cours pour certains métaux.
• Aluminium • Argent • Cuivre • Cobalt • Nickel • Or • Palladium • Platine	• Antimoine • Etain • Lithium • Ruthénium • Zinc	• Dysprosium • Gallium • Germanium • Indium • Magnésium • Manganèse • Néodyme • Praséodyme • Silicium • Tantale • Tungstène • Yttrium

Projections concernant le numérique

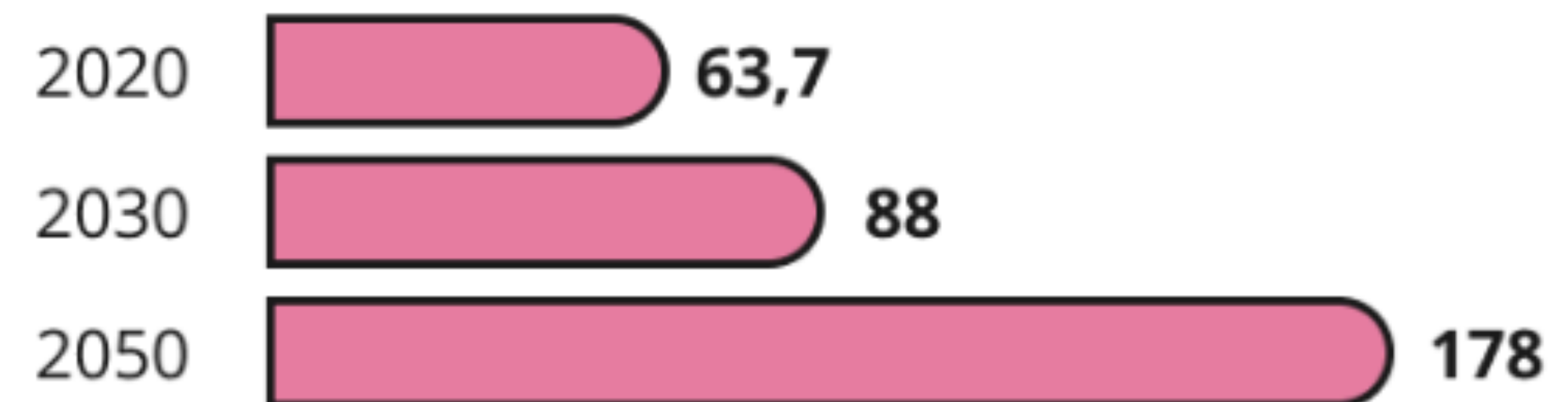
Empreinte carbone

(en millions de tonnes de CO₂ éq.)



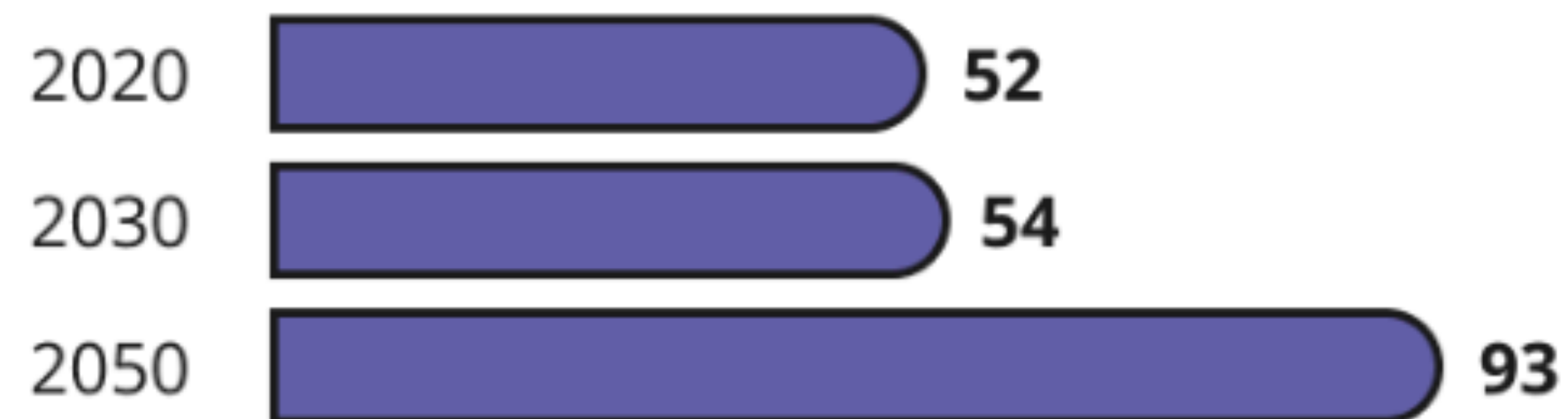
Ressources utilisées

(en millions de tonnes)



Consommation d'énergie

(en TWh)



Conso. de métaux et minéraux

(en tonnes Sb éq.)



Donc ?

Donc ?

Ce que l'on doit retenir

- Les **usages du numérique explosent**
- Toujours **plus de consommation de ressource rares**
- Toujours **plus de consommation d'énergies**
- Toujours **pas de durée de vie longue** pour les objets
- Toujours **difficile de recycler** les objets
- Le réchauffement climatique est une **dramatique réalité galopante**

2 - Analyse du Cycle de Vie

« Méthode d'évaluation normalisée utilisée pour quantifier l'impact environnemental d'un système sur l'ensemble de son cycle de vie : de sa conception jusqu'à sa fin de vie »

D'après *Bureau Veritas*

« Compilation et évaluation des entrants et des sortants, ainsi que des impacts potentiels environnementaux d'un système de produits au cours de son cycle de vie »

D'après l'Organisation Internationale de l'Environnement

Analyse du Cycle de Vie

ISO 14040, ISO 14044

- Approche **multi-systèmes et multi-critères**
- À faire par un organisme indépendant si possible
- **Complémentaire du bilan carbone**
- Plusieurs méthodes dont :
 - *Ecopoints97*
 - *EPS2000*
 - *EDIP96*
 - *Eco-indicator 99*

Analyse du Cycle de Vie

Objectifs

- Analyser l'**origine des problèmes** relatifs à un produit ou service
- Observer **les points faibles durant le cycle de vie** pour améliorer ensuite
- Concevoir de meilleurs produits et services
- Aider au choix d'un produit au service en fonction du **critère environnemental**

Analyse du Cycle de Vie

Plusieurs étapes

- 4 phases :
 - Définition des **objets et limites** du système
 - Inventaire des **entrants et sortants**
 - Analyse des **impacts environnementaux**
 - **Interprétation** des résultats

Analyse du Cycle de Vie

Limitations

- Nécessite **énormément de moyens** temporels et humains
- Possibles **problèmes de biais et d'objectivité** dans l'étude
- Les **espaces sociaux et économiques ne sont pas abordés**
- Seuls les impacts potentiels sont pris en compte, **pas les impacts réels** sur le terrain comme les nuisances

Donc ?

Donc ?

Ce que l'on doit retenir

- Il existe des normes ISO pour **mesurer les impacts** environnementaux
- Mais l'Analyse de Cycle de Vie ne se fait qu'**a posteriori**
- La démarche étant coûteuse, il est **nécessaire d'agir a priori**
- Mais elle peut être considérée comme complémentaire à l'**écoconception**

3 - Écoconception

Définitions

« Démarche préventive permettant de réduire les impacts négatifs sur l'environnement des produits, procédés ou services sur l'ensemble de leur cycle de vie, tout en conservant leurs qualités d'usage »

ADEME

(info.ademe.fr)

« Consiste à intégrer la protection de l'environnement dès la conception des biens ou services. Elle a pour objectif 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 »

Ministère de l'Écologie

« L'écoconception logicielle est une approche qui vise à réduire l'impact environnemental des logiciels en mettant l'accent sur la qualité logicielle. Cela inclut l'optimisation pour l'efficacité énergétique, la durabilité et la minimisation des ressources utilisées, tout en garantissant des performances élevées et la qualité de service dans le temps »

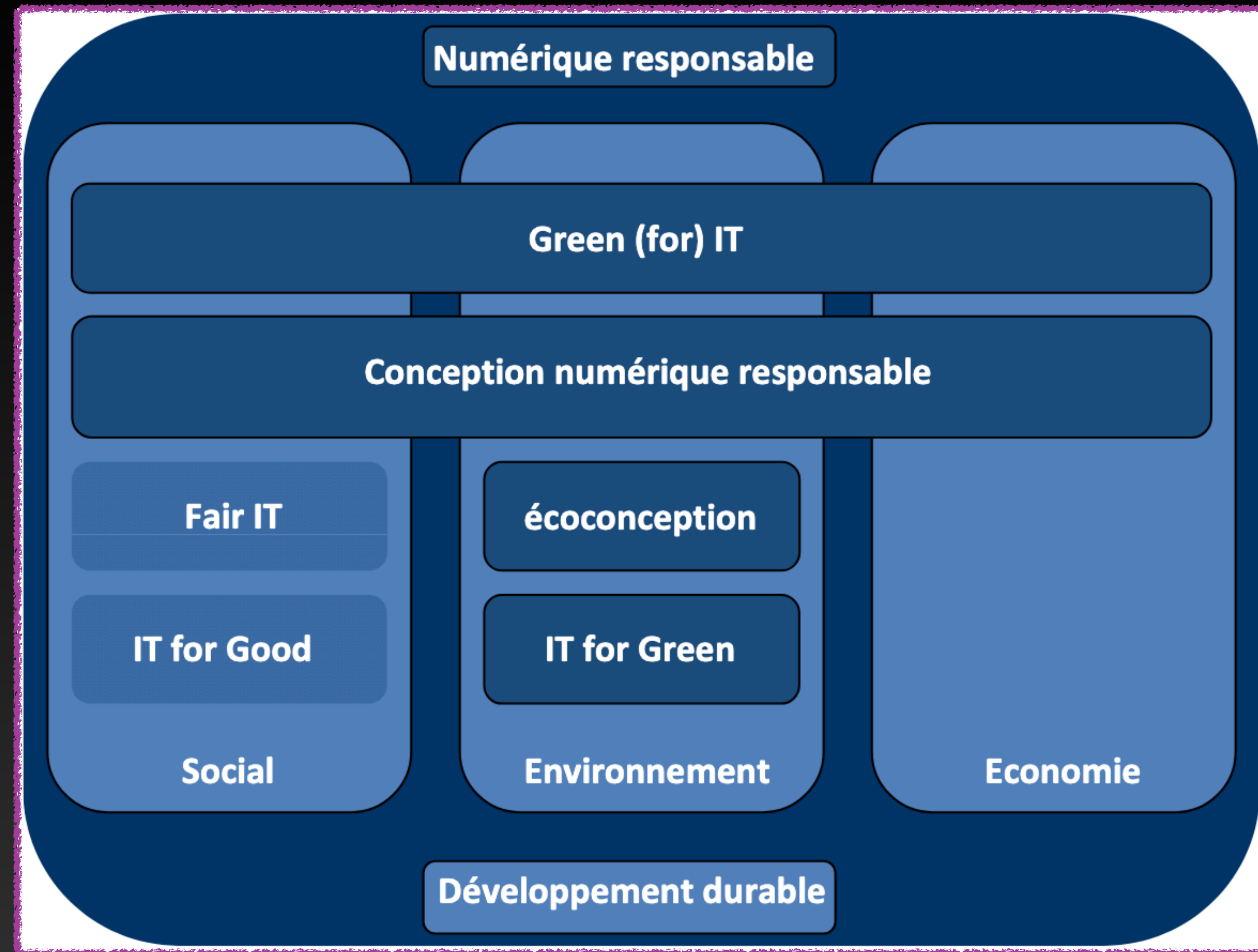
GPT-4o-mini

« L'éco-conception porte avant tout sur la conception – fonctionnelle, graphique, ergonomique, technique, etc. – et vise en priorité à réduire la quantité de ressources informatiques nécessaires au fonctionnement du logiciel / site web / service en ligne. Cette démarche s'intègre dans une démarche plus large d'écoconception numérique qui s'intéresse aussi à l'infrastructure matérielle sous-jacente »

Green IT

« Une démarche d'amélioration continue qui vise à réduire les impacts sur l'environnement, sociaux et économiques du numérique »

À propos du « *green IT* »



On s'y perd un peu, non ?

Écoconception logicielle

Les grandes idées

- On s'y met **dès la phase de conception**
- On ne **se concentre pas que sur le code**
- La phase d'utilisation du logiciel concentre le plus gros des impacts
- On cherche à **réduire la quantité de ressources informatiques** plus qu'à se concentrer uniquement sur l'énergie consommée
- On cherche à **créer des logiciels plus sobres et frugaux**, centrés sur l'essentiel

Écoconception logicielle

Quelques références

- Évoqué dans la feuille de route de décarbonation de la filière numérique
- Référentiel général d'écoconception de services numériques (RGESN) :
 - **Réduire les consommations** de ressources
 - **Lutter contre l'obsolescence** des équipements
 - Ensemble de questions, priorités et mises en oeuvre
 - 9 grands thèmes, 79 critères
 - NumÉcoDiag pour aider

Écoconception logicielle

Quelques ressources

- Règles Green Code Label
- Outils du collectif Green IT / Conception Numérique Responsable
- Association Designer Éthiques
- GR491, guide de conception responsable de services numériques
- Creedengo (ex ecoCode) / Green Code Initiative
- altimpact

En pratique

Android, iOS

Versions d'OS

Versions d'OS

Règles générales

- Un **OS « obsolète » est source de remplacement du terminal**
- Les appareils **restent pourtant fonctionnels**
- Outre la sécurité, les OS apportent surtout de nouvelles fonctionnalités
- Les appareils bas de gamme sont les moins maintenus à jour
- **Ne pas supporter un « vieil OS » c'est forcer l'utilisateur à changer d'appareil ou à ne plus utiliser le service**

Versions d'OS

Android

- Android 5 sorti en 2014
- Android 15 sorti en 2024
- *minSdk* de 21 pour *Jetpack / AndroidX, Jetpack Compose*
- **Android 5 au moins permet d'atteindre a priori 99.7% du parc**
- Questionner la méthode de calcul (e.g.: connexions *Google Play* ?)

ANDROID PLATFORM VERSION		API LEVEL	CUMULATIVE DISTRIBUTION
4.4	KitKat	19	
5	Lollipop	21	99,7%
5.1	Lollipop	22	99,6%
6	Marshmallow	23	98,8%
7	Nougat	24	97,4%
7.1	Nougat	25	96,4%
8	Oreo	26	95,4%
8.1	Oreo	27	93,9%
9	Pie	28	89,6%
10	Q	29	81,2%
11	R	30	67,6%
12	S	31	48,6%
13	T	33	33,9%
14	U	34	13,0%

Last updated: May 1, 2024

Versions d'OS

iOS

- iOS 17 sorti en 2023, iOS 18 sorti en 2024
- iOS 17 couvre *a priori* au moins permet d'atteindre *a priori* 95% du parc
- **Mais ceci exclut des appareils sortis en 2017 comme l'iPhone X bloqué à iOS 16 !**
- **Supporter iOS 12 couvre jusqu'à +10 ans d'appareils (iPhone 5C, iPhones 6), mais SwiftUI nécessite iOS 13 !**
- Vigilance sur les chiffres !

(iosref.com)

iOS and iPadOS usage

As measured by devices that transacted on the App Store on January 21, 2025.

iPhone



76% of all devices introduced in the last four years use iOS 18.



iOS 18

● 76% iOS 18

● 19% iOS 17

● 5% Earlier

68% of all devices use iOS 18.



iOS 18

● 68% iOS 18

● 19% iOS 17

● 13% Earlier

Connexions réseaux

Connexions réseaux

Règles générales

- **Privilégier les connexions filaires et WiFi** aux connexions cellulaires
- Si connexion cellulaire, **regrouper un maximum les requêtes** pour éviter que l'appareil ne soit toujours accroché à l'antenne
- **Mise en cache** les données, et **compression** Gzip
- **Éviter le *periodic polling*** pour ne pas vider la batterie rapidement
- **Éviter de maintenir les connexions**, les services comme *Apple Push Notifications* et *Firebase Cloud Messaging* peuvent aider

(Optimiser l'accès au réseau et mode Doze pour Android)

Énergie et batterie

Énergie et batterie

Libérer le CPU

- Le SoC est un gros consommateur d'énergie
- **Tant qu'il est actif, il consomme**
- L'idée est de faire en sorte qu'il soit actif le moins longtemps possible pour faire le plus de choses
- **Répartir les tâches sur des *threads* différents afin de le libérer au plus tôt**
- **Ne pas l'occuper pour rien**

(Quelques concepts fondamentaux chez Apple)

Énergie et batterie

Tâches en fond

- Les apps finissent par être mise en arrière plan, quasiment inactives...
- **... sauf s'il existe des tâches en fond qui travaillent encore, qui consommeront de l'énergie !**
- Utiliser le cycle de vie de l'app pour couper ce qu'il faut à la mise en arrière plan
- **Passer par les API dédiées pour les tâches de fond**

(Exemples du WorkManager, des Services et des Coroutines sur Android)

Énergie et batterie

Mode économie d'énergie

- **Ne jamais l'ignorer**
- **Désactiver ce qui consomme du CPU ou de l'énergie** dont :
 - animations
 - couleurs vives
 - tâches intensives
 - affichage d'images et vidéos
 - connexions réseaux
 - fonctionnalités HD / 4K
 - ...

Énergie et batterie

Mode sombre

- **Attention au *greenwashing***
- Les gains en économie d'énergie sont notables sur du OLED avec du vrai noir #00000000
- Le OLED n'a pas besoin de rétro-éclairage contrairement au LCD et consomme moins de mW/cm²
- Sur du AMOLED les couleurs plus vives consomment davantage que les couleurs plus sombres
- **Bref, implémenter un vrai mode sombre pour les bons écrans**

Énergie et batterie

Affichage

- **L'affichage est un gros consommateur d'énergie**
- Ceci dit certains modes consomment *in fine* assez peu (mode « *Always-On* » avec l'OLED et 1Hz de taux de rafraîchissement de l'*iPhone 14 Pro*), ou les écrans *E-ink*
- **Éviter de bloquer l'extinction de l'écran (*wakelock*)**
- **Éviter de forcer la luminosité au maximum**

Langages et *frameworks*

Langages et *frameworks*

Les bons outils font les bons artisans

- **Se méfier du *techno push* et de la *hype* du moment**
- Les technologies natives des OEM seront par essence toujours les plus efficaces et performantes
- Outre la dette technique en puissance, les technologies tierces représentent des risques sur les performances, l'optimisation et l'accès aux API
- Les technologies natives des OEM restent les plus performantes et fiables
- **Kotlin pour Android**
- **Swift pour iOS**

Langages et *frameworks*

Les bons outils font les bons artisans

- Pour iOS, **l'usage de *SwiftUI* plutôt que *UIKit* fait perdre les OS < 13**
- Pour Android, **l'usage de *Jetpack Compose* fait perdre les OS < API 21 (Android 5.0)**

Ressources

Ressources

Images

- **Les images mal conçues peuvent occuper un espace non négligeable de stockage**
- Certains formats sont plus légers et pris en charge par les OS selon la version
- **WebP pour Android 4.2, SVG depuis Android 5.0**
- **SVG depuis iOS 13, sinon glyphs et SF Symbols**

Ressources

Vidéos et musiques

- **Les musiques et vidéos de haute qualité nécessitent beaucoup de stockage et une puissance de calcul parfois plus importante**
- Il existe des formats compressés ou de qualité moindre avec une différence imperceptible pour l'utilisateur
- **MP3 pour les sons**
- **Vidéos avec les résolutions les plus basses**
- **Pas d'autoplay**
- **Lazy loading de ces ressources**

Ressources

Animations

- **L'usage d'animations mobilise le CPU et donc la consommation d'énergie**
- L'implémentation d'animations se fait parfois avec des dépendances tierces lourdes (e.g.: Lottie)
- *Lottie* utilise du *JSON*, plus léger que des *PNG* ou des *GIF*
- **Utiliser les animations natives voire aucune**

(Animations avec Material 2, rappels de Designers Ethiques)

Ressources

Polices

- **Les polices d'écritures *customisées* embarquent des ressources externes qui peuvent être lourdes**
- Certains types de fichiers sont plus légers comme *WOFF2*
- **Utiliser les polices systèmes le plus possible**

Ressources

Du sur mesure !

- **Forcer un appareil à travailler une ressources peut être coûteuse en CPU et en énergie**
- La fragmentation du parc Android et iOS est importante, surtout sur les tailles et résolutions d'écran
- **Utiliser les ressources les plus adaptées aux appareils (tailles, codecs, formats, etc.)**

Interactions

Interactions

Bad UX, bad ecodesign

- Certains patterns impliquent un comportement de l'utilisateur ou de l'app pouvant être énergivore
- **Le *scroll infini* implique toujours plus de chargements de données et de calculs**
- **Le *pull to refresh* permet de charger à la demande les données**
- **L'autocomplétion implique des requêtes et traitements à la volée**
- **Un simple bouton pour envoyer la requête est efficace**

Interactions

Notifications

- Les *push notifications* se basent souvent sur des services tiers comme *Apple Push Notifications* et *Firebase Cloud Messaging*
- Ces services eux aussi **consommement de l'énergie et ont besoin de ressources**
- On peut aussi jouer des sons et faire vibrer l'appareil en cas de notification reçue
- **Moins on utilise de notification, moins on consomme**

Interactions

Téléchargement automatique

- **L'autodownload est à proscrire** car implique de maintenir des connexions réseaux, parfois cellulaire, en téléchargeant du contenu qui ne sera pas forcément consommé
- Laisser la possibilité à l'utilisateur de télécharger son contenu quand il veut en **favorisant les connexions WiFi**

Interactions

Les écrans

- Surtout pour Android, la fragmentation du parc est forte en terme de tailles et résolutions d'écran mais aussi de densités de pixels
- **Négliger une configuration revient à négliger des utilisateurs et provoquer un changement d'appareil**
- Pour Android, gérer **au moins le mdpi et de 350x800 à 1920x1080**
- Pour iOS, gérer **au moins le 4" (iPhone SE 2016)**

(Quelques précisions pour Android et iOS)

Web views

Web views

Non !

- Les *web views* **apportent les problèmes du web** sans rien résoudre
- Les *web views* **augmentent la surface d'attaque**
- **Régulièrement des problèmes de sécurité** avec les moteurs de rendu des *web views*
- Il faut s'assurer que les *web views* aient bien géré la mise en cache des données, le *lazy loading* et l'écoconception en général
- **Le rendu des pages web est une opération coûteuse**
- **Utiliser un minimum les *web views* voire pas du tout**

Autres leviers

Autres leviers

Extérieurs à l'app

- **Si des éléments sont coûteux à calculer, les mettre en cache** (e.g. formatage de données, cryptographie, ...)
- **Réduire son usage des composants tiers** pouvant augmenter la taille de l'app
- **Ne pas empêcher un usage de *jailbreak* iOS ou de *root* Android** pouvant permettre à l'utilisateur de garder un système à jour
- **Avoir les apps disponibles sur les boutiques « alternatives »** pour éviter que les utilisateurs ne remplacent leurs appareils (e.g. *Huawei App Gallery*, *F-Droid*)

Autres leviers

Android

- **Utiliser l'API *FusedLocation*** des *Google Play Services* pour avoir une localisation fine et moins énergivore par rapport à l'API standard
- **Privilégier le *Bluetooth Low energy*** (Android 4.3) au lieu du *Bluetooth*
- **Ne pas augmenter le *framerate*** voire plutôt le baisser (Android 11)
- **Utiliser les capteurs, la lampe, les vibrations avec parcimonie**
(e.g. TYPE_GEOMAGNETIC_ROTATION_VECTOR plutôt que TYPE_ROTATION_VECTOR)
- **Utiliser l'App Bundle** pour des APK sur mesure (obligatoire depuis 2021)

(Quelques précisions sur FusedLocation, App Bundle et les APK fins)

Frontend web

HTML

HTML

Avoir des pages légères et simples

- Moins il y a d'éléments à traiter, moins il y a de calculs à faire, moins la page est lourde, mieux c'est !
- **Éviter les balises HTML superflues et se concentrer sur l'essentiel** (*semantic web*)
- **Mettre les pages en cache** côté client (*service workers*) voire serveur (cache HTTP)

```
<!DOCTYPE html>
<html itemscope="" itemtype="http://schema.org/WebPage" lang="fr">
  <head>
  </head>
  <body jsmodel="hspDDf" data-dt="1" jsaction="xjhTIf:.CLIENT;02vyse:.CLIENT;IVKTfe:.CLIENT;Ez7VMc:.CLIENT;...T;szjOR:.CLIENT;JL9QDc:.CLIENT"
    <style>
      .L3eUgb{display:flex;flex-direction:column;height:100%}.o3j99{flex-shrink:0;box-sizing:border-box}.n1xJcf{height:60px}.LLD4me{min-height:60px}
    </style>
    <div class="L3eUgb" data-hveid="1">
      <div class="o3j99 n1xJcf Ne6nSd" role="navigation">
        <style>
          .Ne6nSd{display:flex;align-items:center;padding:6px}.MV3Tnb{display:inline-block;padding:5px;margin:0 5px;color:var(--COEmY)}a.MV3Tnb{color:var(--COEmY)}
        </style>
        <a class="MV3Tnb" href="https://about.google/?fg=1&utm_source=google-FR&utm_medium=referral&utm_campaign=hp-header" data-sb="/url?sa=...&utm_medium=referral&utm_campaign=hp-header">
        <a class="MV3Tnb" href="https://store.google.com/FR?utm_source=hp_header&utm_medium=google_ooo&utm_campaign=GS100042&hl=fr-FR" data-sb="/url?sa=...&utm_medium=google_ooo&utm_campaign=GS100042">
        <div class="LX3sZb">
          <div>
            <div id="gb" class="gb_Fa gb_Jd gb_2d gb_H gb_Lc gb_e gb_2a gb_Wc" style="background-color:rgba(32,33,36,1)">
              <div class="gb_Cd gb_Zd gb_xd" data-ogsr-up="">
                <div>
                  <div class="gb_M gb_0 gb_Mf gb_Tf" data-ogbl="">
                    <div class="gb_Z gb_0">
                      <a class="gb_X" aria-label="Gmail" data-pid="23" href="https://mail.google.com/mail/&ogbl" target="_top">Gmail</a>
                    </div>
                    <div class="gb_Z gb_0">
                      <a class="gb_X" aria-label="Rechercher des images" data-pid="2" href="https://www.google.com/imghp?hl=fr&ogbl" target="_top">Rechercher des images</a>
                    </div>
                  </div>
                </div>
              <div class="gb_Qe">
                <div class="gb_3c">
                  <div id="gbwa" class="gb_J gb_cd gb_0" data-ogsr-fb="true" data-ogsr-alt="">
                    <div class="gb_D">
                      <a class="gb_B" aria-label="Applications Google" href="https://www.google.fr/intl/fr/about/products" aria-expanded="false">
                        <div>
                          <div class="gb_F" focusable="false" viewBox="0 0 24 24">
                            <path d="M6,8c1.1,0 2,-0.9 2,-2s-0.9,-2 -2,-2-2,-2 -2,0.9 -2,2 0.9,2 2,2z M18,20c1.1,0 2,-0.9 2,-2s-0.9,-2 -2,-2-2,-2 -2,0.9 -2,2 0.9,2 2,2z" data-bbox="10 10 20 20"/>
                            <image src="https://ssl.gstatic.com/gb/images/bar/al-icon.png" alt="" height="24" width="24" style="border:none;display:block;max-width:100%;max-height:100%;"/>
                          </div>
                        </div>
                      </div>
                    </div>
                  </div>
                </div>
              <div class="gb_Ua gb_zd gb_qd gb_H gb_hd" aria-label="Connexion" href="https://accounts.google.com/ServiceLogin?hl=fr&passive=true">
                <div>
                  <div class="gb_Td">Connexion</div>
                </div>
              </div>
            </div>
          </div>
        </div>
      </div>
    </div>
  </div>
  <div class="o3j99 LLD4me yr19Zb LS80J">
    <style>
      .LS80J{display:flex;flex-direction:column;align-items:center}.k1zIA{height:100%;margin-top:auto}
    </style>
    <div class="k1zIA rSk4se">
      <style>
        .rSk4se{max-height:92px;position:relative}.lnXdpd{max-height:100%;max-width:100%;object-fit:contain;object-position:center bottom}
      </style>
      
    </div>
  </div>
</body>
</html>
```

CSS

CSS

Incontournable des pages web

- **Le CSS représente une part non négligeable du poids d'une page**
- Il faut **minifier les fichiers** pour réduire leur taille
- Les *frameworks* et feuilles de styles **inutiles sont à éliminer**
- **Mettre les fichiers en cache** côté client (*service workers*) voire côté serveur (cache HTTP)

État	Méthode	Domaine	Fichier	Initiateur	Type	Transfert	Taille
200	GET	www.lemonde.fr	home.4a04f5119708d5d1.css	stylesheet	css	125,99 Ko	589,65 Ko
200	GET	www.lemonde.fr	icons.7a47faf03f4fe763.css	stylesheet	css	121,34 Ko	431,87 Ko
🚫	GET	cmp.lemonde.fr	wall.html?css=/css/lemonde/wal	lemonde.min.js:2 (fetch)		Bloquée par uBlock Origin	
200	GET	www.lemonde.fr	fonts_last.3c2cf24391ff3f9b.cs	stylesheet	css	1,73 Ko	6,19 Ko

JavaScript

JavaScript

Tristement devenu indispensable pour le web

- **Le JS est consommateur de bande passante et de CPU, donc d'énergie**
- Il faut **minifier les fichiers** pour réduire leur taille
- **Mettre les fichiers en cache** côté client (*service workers*) voire serveur (cache HTTP)
- Des outils comme *Parcel*, *Rollup* ou *WebPack* peuvent élaguer le JavaScript (***tree shaking***)
- **Sans JavaScript c'est encore mieux !**

JavaScript

Tristement devenu indispensable pour le web

- **Éliminer les dépendances inutiles**
- Essayer de faire du **vanilla** le plus possible sans *frameworks*
- **Supporter ES5** pour les « vieux » navigateurs
- Ne pas oublier le **lazy loading**

(Disponibilités de ES5 et de ES6)

Filtrer les URL		+ 🔍 🛡		Tout	HTML	CSS	JS	XHR	Polices	Images	Médias	WS	Autre	☐ Désactiver le cache	Aucune limit
État	Méthode	Domaine	Fichier	Initiateur	Type	Transfert	Taille								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	_app-c759d2ac7ea59ca1.js	script	js	527,88 Ko	1,53 Mo								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	1042-d7bd196783e2b5b3.js	script	js	84,19 Ko	271,84 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	32343-8547747b4584558e.js	main-9197d071313c9fda.js:1 ...	js	71,73 Ko	170,24 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	framework-ba7142a34d62a465.js	script	js	70,44 Ko	181,98 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	16632-901c5f5d643be816.js	main-9197d071313c9fda.js:1 ...	js	67,00 Ko	163,54 Ko								
200	GET	🔒 www.kleinanzeigen.de	liberty.min.js	script	js	48,41 Ko	199,05 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	main-9197d071313c9fda.js	script	js	46,88 Ko	131,89 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	7dcc77f5-939a986435a4b10b.js	webpack-3806dd2ea390ff67...	js	42,47 Ko	128,06 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	57465-f67a8e67d7966a8b.js	main-9197d071313c9fda.js:1 ...	js	39,46 Ko	98,76 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	80960-fd1db8fe3b2b97a9.js	script	js	38,69 Ko	132,65 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	95229-11ad76d87a410625.js	script	js	37,46 Ko	114,25 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	46345-87072db46e43f23e.js	main-9197d071313c9fda.js:1 ...	js	35,86 Ko	103,10 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	pa.js	script	js	31,56 Ko	83,63 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	index-9811da8a104af896.js	script	js	31,07 Ko	84,83 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	7076-aa14f594f922d27c.js	main-9197d071313c9fda.js:1 ...	js	27,96 Ko	69,23 Ko								
200	GET	🔒 tags.tiqcdn.com	utag.24.js?utv=ut4.39.202402230951	utag.js:122 (script)	js	26,23 Ko	123,30 Ko								
200	GET	🔒 tags.tiqcdn.com	utag.js	_app-c759d2ac7ea59ca1.js:1...	js	24,93 Ko	98,52 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	42417-95c4bea710458f28.js	script	js	23,99 Ko	57,88 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	55525-418ad86b2066ef42.js	script	js	23,53 Ko	65,21 Ko								
200	GET	🔒 tags.tiqcdn.com	utag.27.js?utv=ut4.39.202402230951	utag.js:122 (script)	js	22,66 Ko	95,95 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	82475-c00fc3df023c6f04.js	script	js	14,32 Ko	34,10 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	_buildManifest.js	script	js	14,17 Ko	45,51 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	3627-a1b7a187aa47bbbb.js	main-9197d071313c9fda.js:1 ...	js	12,65 Ko	30,89 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	79518-f8764b7bc5ddb74.js	script	js	12,54 Ko	36,58 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	47993-98081f7f7650da54.js	main-9197d071313c9fda.js:1 ...	js	11,86 Ko	28,10 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	34170-800c2d4b47976800.js	script	js	11,50 Ko	26,04 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	42452-d6e082169aea8701.js	main-9197d071313c9fda.js:1 ...	js	10,17 Ko	28,25 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	67322-9a6c4789e9d3c1d6.js	main-9197d071313c9fda.js:1 ...	js	9,39 Ko	23,14 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	10693-e51db06c05b1c148.js	main-9197d071313c9fda.js:1 ...	js	9,34 Ko	20,12 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	52895-1f63a00c6c9a7fa6.js	script	js	8,71 Ko	20,09 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	18045-e6c11a6b05c13e5a.js	main-9197d071313c9fda.js:1 ...	js	8,30 Ko	18,24 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	20721-eeeeef449d4d2e2d9.js	script	js	8,00 Ko	19,72 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	webpack-3806dd2ea390ff67.js	script	js	7,89 Ko	14,19 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	49378-fadf7346f7291438.js	script	js	7,61 Ko	15,38 Ko								
200	GET	🔒 www.leboncoin.fr	14027-4ce6970cbfb87e6c.js	script	js	7,26 Ko	13,88 Ko								

Images

Images

À ne pas prendre à la légère !

- **Utiliser les images des bonnes dimensions** pour éviter du *resizing*
- **Réduire le poids des images** pour consommer moins de bande passante
- **Choisir un format d'image léger** (e.g. *WebP*, *AVIF* si possible) sinon *PNG*
- **Choisir l'image en fonction de l'appareil** (dimensions, résolution, formats)
- **N'embarquer que les icônes dont on a besoin**, et pas tout le catalogue

(Disponibilités de WebP et de AVIF)

Images

À ne pas prendre à la légère !

- **Utiliser les sprites CSS** pour extraire une image d'un fichier les contenant toutes
- Certaines images peuvent être *in fine* revues en CSS (e.g. ombrage, gradients, angles)
- Le **lazy loading** pour n'afficher que les images... affichées à l'écran !

(À propos des sprites CSS)

Animations

Animations

À utiliser avec parcimonie !

- **Les GIFs peuvent provoquer une consommation accrue de bande passante**
- **Le calcul des animations est couteux en CPU / GPU, donc en énergie**
- **Utiliser des images et des animations CSS que si nécessaire**
- **Ne passer par JavaScript que si vraiment nécessaire**
- **De manière générale, éviter les animations surtout celles infinies**

Polices

Polices

Éviter les coquetteries

- Les polices sont définies dans des fichiers pouvant être volumineux
- Utiliser les **polices systèmes** est préférable, sinon des polices au format **WOFF2**
- Mais trier les symboles et langues inutiles !

État	Méthode	Domaine	Fichier	Initiateur	Type	Transfert	Taille
200	GET	🔒 www.lemonde.fr	MarrSans-Medium-Web.ac7bf37b26f16e97.woff2	font	woff2	33,51 Ko	32,80 Ko
200	GET	🔒 www.lemonde.fr	MarrSansCondensed-Medium-Web.133dea79c01db68e.wo	font	woff2	40,72 Ko	40,01 Ko
200	GET	🔒 www.lemonde.fr	TheAntiquaB-LeMonde.b353d5d190089f96.woff2	font	woff2	42,14 Ko	41,44 Ko
200	GET	🔒 www.lemonde.fr	TheAntiquaB-LeMonde.b353d5d190089f96.woff2	font	woff2	42,14 Ko	41,44 Ko
200	GET	🔒 www.lemonde.fr	MarrSansCondensed-Medium-Web.133dea79c01db68e.wo	font	woff2	40,72 Ko	40,01 Ko
200	GET	🔒 www.lemonde.fr	MarrSans-Medium-Web.ac7bf37b26f16e97.woff2	font	woff2	33,51 Ko	32,80 Ko
200	GET	🔒 www.lemonde.fr	MarrSans-Regular-Web.2f89fff3877253bf.woff2	font	woff2	32,34 Ko	31,63 Ko
200	GET	🔒 www.lemonde.fr	fonts_last.3c2cf24391ff3f9b.css	stylesheet	css	1,73 Ko	6,19 Ko
200	GET	🔒 www.lemonde.fr	MarrSans-Semibold-Web.f7d5c05af8370693.woff2	font	woff2	33,24 Ko	32,53 Ko
200	GET	🔒 www.lemonde.fr	MarrSansCondensed-Semibold-Web.22ed62e40765ed70.w	font	woff2	41,04 Ko	40,33 Ko
200	GET	🔒 www.lemonde.fr	MarrSansCondensed-Bold-Web.07e8c5aa145a2514.woff2	font	woff2	40,94 Ko	40,24 Ko
200	GET	🔒 www.lemonde.fr	TheAntiquaB-LeMonde-Italic.a9ec17f6e3f905ea.woff2	font	woff2	43,33 Ko	42,62 Ko

Autres leviers

Autres leviers

À ne pas oublier !

- **Supporter le plus possible de navigateurs et de moteurs**
- **Ne pas se contenter de supporter Chrome / Blink**
- **Optimiser les cookies** pour n'envoyer que ceux nécessaires
- *Mollo* sur la publicité, les pisteurs...

	Statut	Type	Initialiséur	Taille	Durée
740887969/?random=1739275226246&cv=11&fst=17392752...ishedDate%3Dundefined%3Btheme%3Dda...	200	script	js?id=G-DBS866YTDJ&l=dataLayer&cx=c>m=45He5280v71516759za200	2,8 ko	94 ms
ad.js	200	script	index.html?cb=1266670507&ivc_click_through=https%3D...	20,1 ko	31 ms
ad.js	200	script	index.html?cb=670629964&ivc_click_through=https%3D...	20,1 ko	21 ms
analytics-browser-gtm-2.11.1-min.js.gz	200	script	analytics-browser-gtm-wrapper-3.10.1.js.br:1	36,3 ko	60 ms
analytics-browser-gtm-wrapper-3.10.1.js.br	200	script	gtm.js?id=GTM-W4J55S:191	9,5 ko	94 ms
api.js	200	script	index.html?cb=1266670507&ivc_click_through=https%3D...	8,9 ko	29 ms
api.js	304	script	index.html?cb=670629964&ivc_click_through=https%3D...	281 o	126 ms
ats.js	200	script	gtm.js?id=GTM-W4J55S:191	61,9 ko	112 ms
didomi-v39dce2c97b3f3a47de3b.js	200	script	(index):92	1,4 ko	45 ms
dv-measurements7242.js	200	script	VM53:1	88,1 ko	35 ms
dv-measurements7242.js	200	script	VM63:1	0 o	0 ms
dvtp_src.js?ctx=16043422&cmp=212212&sid=9253&plc=4...=&chnl=&unit=&pid=&uid=&tagtype=&dvtag...	200	script	VM59:1	3,6 ko	22 ms
dvtp_src.js?ctx=16043422&cmp=212212&sid=9253&plc=4...=&chnl=&unit=&pid=&uid=&tagtype=&dvtag...	200	script	VM31:1	3,6 ko	87 ms
fbevents.js	200	script	VM270:1	62,6 ko	99 ms
gpt.js	200	script	(index):3	34,0 ko	91 ms
gtm.js?id=GTM-W4J55S	200	script	(index):108	136 ko	145 ms
HallOfFame-v80fab206e943331066a.js	200	script	main-v80fab2....js:2	1,8 ko	89 ms
IVPID.min.js	200	script	1c2563?cb=1630d293-13df-54dd-4e51-1735a337dcc4	27,7 ko	50 ms
IVPID.min.js	200	script	1c2560?cb=2bffbd78-3d41-c382-7d6e-9d53a09132bf	0 o	35 ms
js?id=G-DBS866YTDJ&l=dataLayer&cx=c>m=45He5280v71516759za200	200	script	gtm.js?id=GTM-W4J55S:191	124 ko	85 ms
lib/?site=numeramav3&lib=launcher&v=5.0.15	200	script	modules/?site=numeramav3:531	47,8 ko	86 ms
loader.js?target=www.numerama.com	200	script	(index):83	14,3 ko	97 ms
main-v80fab206e943331066a.js	200	script	(index):145	25,7 ko	41 ms
modules/?site=numeramav3	200	script	(index):302	5,8 ko	196 ms
optimus-script-B_oKtglB.js	200	script	(index):4382	9,3 ko	119 ms
p.js	200	script	(index):4091	24,6 ko	74 ms
piano-analytics.js	200	script	gtm.js?id=GTM-W4J55S:191	26,2 ko	66 ms
plausible.js	200	script	(index):250	1,5 ko	33 ms
ProductsSlider-v80fab206e943331066a.js	200	script	main-v80fab2....js:2	1,3 ko	89 ms
pubads_impl.js?cb=31090292	200	script	gpt.js:11	164 ko	52 ms
sdk.0b6bd8e75341330d91fe9818b40b862a6916e635.js	200	script	loader.js?target=www.numerama.com:1	99,0 ko	66 ms
sodar2.js	200	script	pubads_impl.js?cb=31090292:33	6,9 ko	137 ms
sw.js	200	script	Autres	764 o	166 ms
ufs_web_display.js	200	script	pubads_impl.js?cb=31090292:33	68,8 ko	36 ms
ufs_web_display.js	200	script	pubads_impl.js?cb=31090292:33	0 o	36 ms
ui-web-fr-web.0b6bd8e75341330d91fe9818b40b862a6916e635.js	200	script	sdk.0b6bd8e....js:2	59,5 ko	49 ms
utiqLoader.js	200	script	VM273:1	32,2 ko	162 ms
uwt.js	200	script	gtm.js?id=GTM-W4J55S:191	16,3 ko	89 ms
vcd15cbe7772f49c399c6a5babf22c1241717689176015	200	script	(index):4431	7,1 ko	88 ms
video-v80fab206e943331066a.js	200	script	main-v80fab2....js:2	9,5 ko	83 ms
visit.js?gdpr=&gdpr_consent=&flvr=0&ttmlms=36&ttmlfr...531.135674&dvp_tuid=445873037573&jurtd=35...	200	script	dv-measurements7242.js:2	728 o	48 ms
visit.js?gdpr=&gdpr_consent=&flvr=0&ttmlms=74&ttmlfr...765.409184&dvp_tuid=1292168051984&jurtd=9...	200	script	dv-measurements7242.js:2	723 o	114 ms
wrapper.js	200	script	VM271:2	3,2 ko	114 ms
zJPz_NlsjVr7Tan_D6nX7M00k_Z0Tow_St6BDFIT7po.js	200	script	ep2.adtrafficquality.google/sodar/sodar2/232/runner...	21,0 ko	66 ms

Backend web

Communications

Communications

Incontournables !

- **N'envoyer que les données utiles**, nécessaires et utilisées
- Concevoir ses API pour que **les payloads soient les plus simples possibles**
- **Éviter de trop passer par des services tiers éloignés** (impliquant davantage de communication)
- Utiliser des **protocoles davantage efficaces** (e.g. *HTTP2*, *Protobuf*)

Communications

Incontournables !

- Choisir un **chiffrement adapté** comme *TLS 1.3*
- **Compresser les données envoyées**
- **Attention au HTTPS qui ne fonctionnera plus avec les vieux navigateurs n'ayant plus les certificats à jour !**

Cache

Cache

Pour ne pas refaire la même chose

- **Mettre en cache les données froides entre autres**
- Ne pas hésiter à utiliser tous les types de cache à sa portée (HTTP, base de données, etc.)

Langages et *frameworks*

Langages et *frameworks*

Bien le choisir pour éviter de tout refaire

- Choisir le langage de programmation voire le *framework* en fonction de son besoin, **attention au techno push et à la hype du moment !**
- CPU first :
Rust, C/C++ sont les plus efficaces.
Go l'est dans une moindre mesure, et *Java / Scala* font le job mais sont plus gourmands
- Async, I/O intensive first :
Rust et Go par essence, aussi Node.js.
Possible aussi pour du JVM avec *GraalVM* et *Quarkus*, mais lourdeur de l'environnement !

Données

Données

Le nerf de la guerre aujourd'hui

- **Ne stocker que les données utiles**
- **Stocker intelligemment les données** (homogénéité, formalisme, format, etc.)
- **Gérer efficacement le cycle de vie des données**, i.e. ne pas les conserver plus longtemps que nécessaire (cf RGPD)
- **Limiter aussi les logs**

Hébergement

Hébergement

Indispensable aussi

- **Bien dimensionner son *hardware*** (CPU, RAM, cache, disque, etc.)
- Choisir un **hébergeur « green »**
- Ou héberger son infrastructure dans des **régions « low CO2 »**



RESULT OF GREEN WEB CHECK



WE'VE FOUND EVIDENCE
that
pylaperpersonne.info
IS HOSTED GREEN

We found evidence that this website runs on green hosting. In fact, we can match this website's IP address to a verified green host.

Hosted by: OVHcloud

▼ [View supporting evidence for this hoster's claim](#)

• [Universal Registration Document - Fiscal Year 2020](#)

Donc ?

Donc ?

Ce que l'on doit retenir

- **De nombreux points de vigilances à considérer dès le début**
- Même le **langage de programmation** est à considérer
- **Moins on utilise de ressources, mieux c'est**
- **Négliger des versions d'OS ou de navigateur c'est forcer des remplacements de terminaux**, et c'est leur fabrication qui est la plus impactante !
- C'est très facile de faire n'importe quoi, moins de s'en rendre compte, encore moins de bien faire

4 - Outillage

Outillage

Tout dépend de votre logiciel

- Des services en ligne évaluent les sites web comme ecoindex.fr, kastor.green et [PageSpeed Insights](https://developers.google.com/speed/pagespeed/insights/)
- Des entreprises spécialisées peuvent accompagner comme [Greenspector](https://www.greenspector.com/)
- Des [plugins SonarQube](https://www.sonarqube.org/) existent aussi pour trouver les *code smells*
- Et aussi (surtout ?) votre débogueur / profileur !
- **Inspecter, mesurer, quantifier, corriger**

11/02/25 15:35:07

1,82 Mo

Enregistrer

strings 79KiB 2231 éléments

other 166KiB 2988 éléments

js::BaseShape

js::Shape 6KiB 206 éléments

js::GetterSetter 33KiB 2158 éléments

js::PropMap 122KiB 450 éléments

Function 259KiB 4550 éléments

H2

#text

#document 1MiB 1 éléments

META

P

SECTION

SPAN

A

LINK

BR

HEADER

IMG

DIV

LI

Exécuter

Filtrer

Erreurs

Avertissements

Journaux

Informations

Débogage

CSS

XHR

Requêtes

1

15:35:05,083 ▶ GET https://pylapersonne.info/pictures/logo-ViteMaDose.webp [HTTP/2 200 20ms]

15:35:05,084 ▶ GET https://pylapersonne.info/pictures/logo-SmoothClicker.webp [HTTP/2 200 21ms]

15:35:05,084 ▶ GET https://pylapersonne.info/pictures/logo-BaahBox.webp [HTTP/2 200 21ms]

15:35:05,085 ▶ GET https://pylapersonne.info/styles/min/media-min.css [HTTP/2 200 21ms]

15:35:05,338 ▶ GET https://pylapersonne.info/pictures/android-chrome-512.png [HTTP/2 200 41ms]

15:35:05,339 ▶ GET https://pylapersonne.info/pictures/favicon-16.png [HTTP/2 200 21ms]

15:35:05,402 Service Worker: registration successful with scope: https://pylapersonne.info/ util-min.js:1:449

15:35:15,065 ⚠ La ressource à l'adresse « https://pylapersonne.info/styles/fonts/icons.ttf » préchargée avec le préchargement de lien n'a pas été utilisée après quelques secondes. Assurez-vous que tous les attributs de la balise de préchargement sont définis correctement. pylapersonne.info

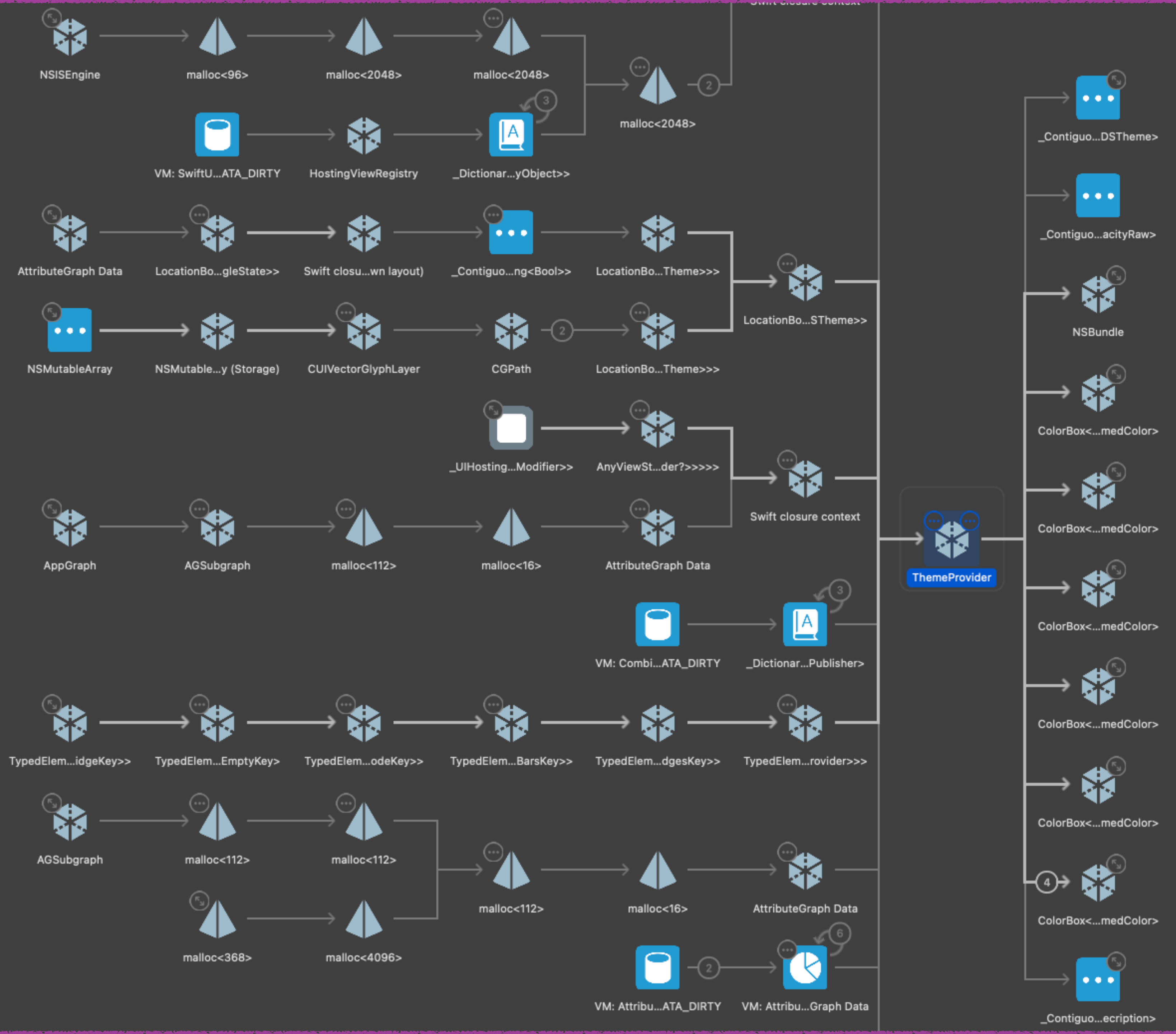
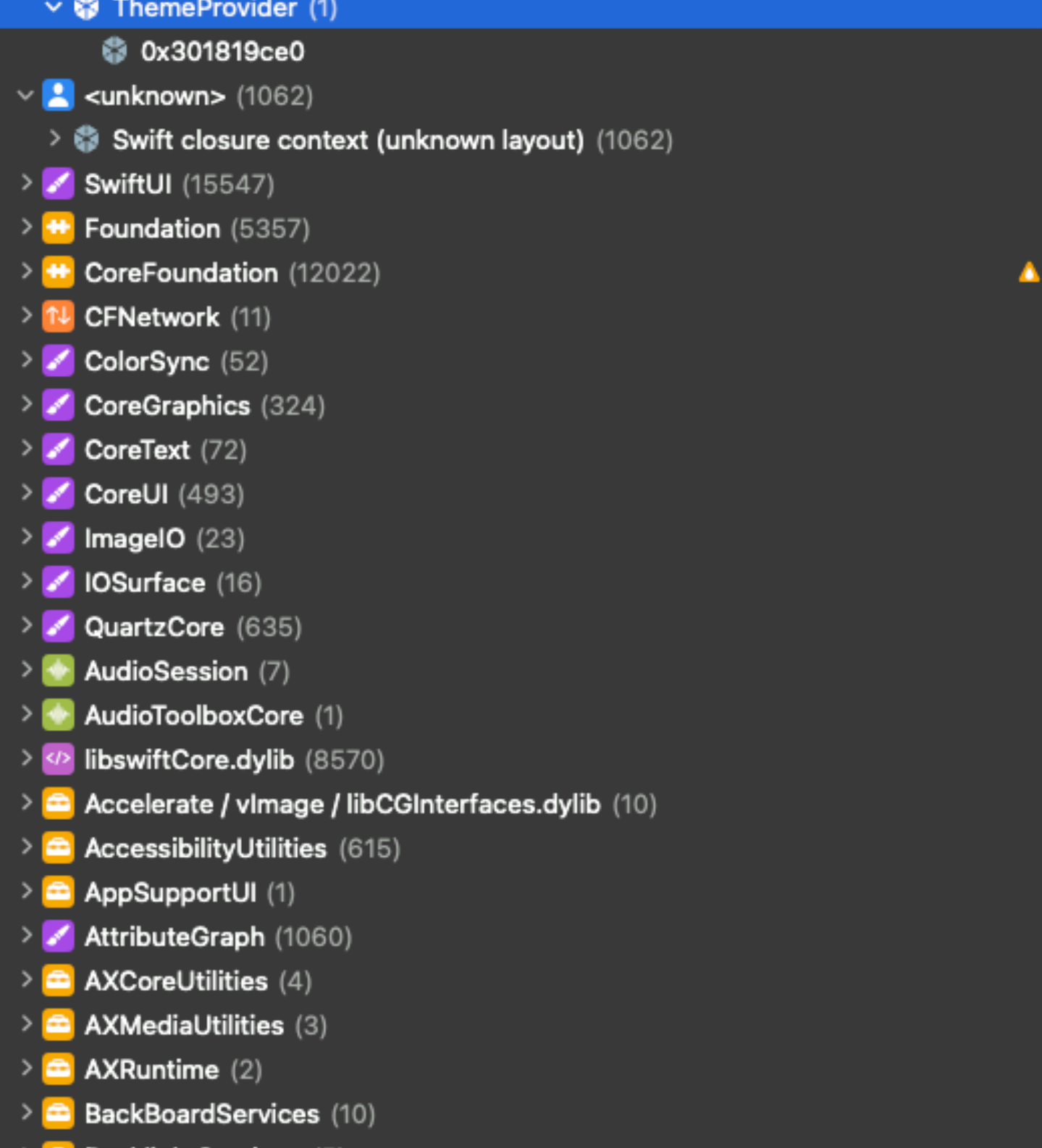
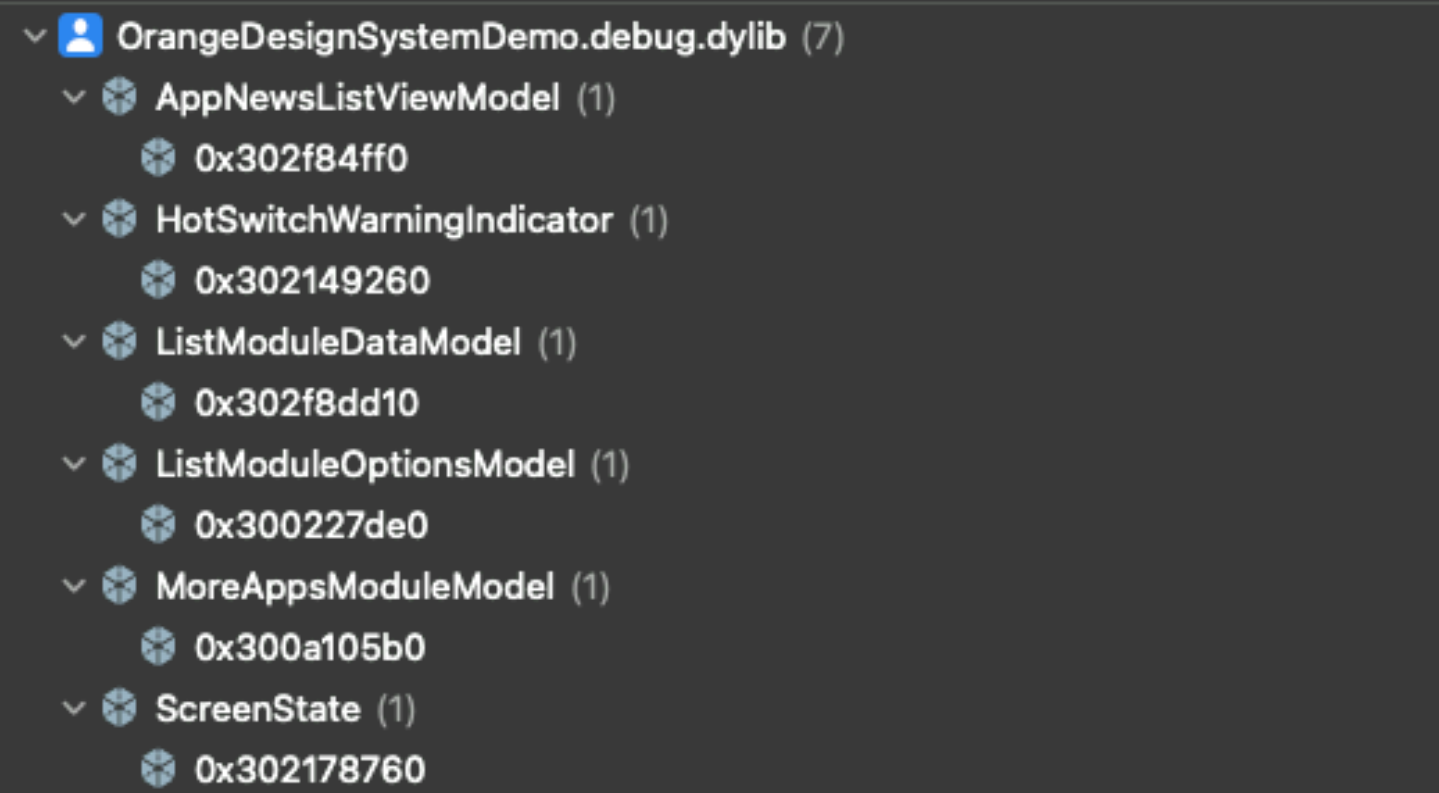
15:38:26,260 ⚠ ▶ Propriété « -moz-background-size » inconnue. Déclaration abandonnée. main-min.css:2:79

15:38:26,260 ⚠ ▶ Propriété « speak » inconnue. Déclaration abandonnée. main-min.css:6:323

15:38:26,260 ⚠ ▶ Propriété « speak » inconnue. Déclaration abandonnée. main-min.css:6:1203

15:38:26,260 ⚠ ▶ Propriété « -moz-border-radius » inconnue. Déclaration abandonnée. main-min.css:7:472

15:38:26,260 ⚠ ▶ Propriété « -moz-border-radius » inconnue. Déclaration abandonnée. main-min.css:7:663



app

manifests

kotlin+java

res

res (generated)

buildSrc

core

foundation

theme-contract

theme-orange

Gradle Scripts

Search E

Go to File

Recent F

Running Devices: Pixel 5 API 28

Legal information

10, 540 225 306 8, boulevard de la République, France, with offices in Orange, innovation, 40-48, Avenue de la République, 92825, Châtillon, France ("Orange Innovation")

The Service accessible via the OUDS Playground software application is accessible to any individual who wishes to use the Service for his/her own needs and for security personal, non-commercial purposes.

The Service is provided free-of-charge without any limitation territory.

Access to and use of the Service are subject to these General Conditions of Use (the "GCU"), which the User expressly accepts at registering for the Service.

ARTICLE 1 - DEFINITIONS

In these GCU, the following terms and phrases, unless otherwise stated, have the following meanings:

Application: means the software application titled "OUDS Playground" which provides access to the Service and is available for download from the Google Play Store, Google Play Store and which the User has chosen to download onto his/her Device for

Profiler com.orange.ouds.app (Google Pixel_5_API_28)

SESSIONS

15:45

app (Google Pixel_5_API_28)

1 min 20 sec

Profiling as debuggable. This does not represent app performance in production. Consider profiling as profileable.

Dismiss Learn more

ui.MainActivity

CPU

100 %

50 %

0 %

MEMORY

256 MB

128 MB

119 MB

Device Manager

App Links Assistant

Gradle

Notifications

Coverage

Device Explorer

Running Device

5 - Au delà du code

ecodesign  *enshittification*

Merdification

Présente aussi dans le monde du logiciel (surtout ?)

- *enshittification, mot de l'année de 2024 !*
- *« détérioration progressive d'un service ou d'un produit [...] provoquée par une réduction de la qualité du service fourni résultant de la recherche de profit »*
- Se manifeste par : augmentation des pisteurs et de la publicité, réduction des coûts sur les outils de développement, mauvais choix techniques, peu d'effort sur le support long terme, peu d'effort sur l'optimisation...
- **Toujours besoin de plus de RAM, de stockage et de gros CPU pour faire la même chose !**

~ 64 KB

Quantité de RAM pour l'*Apollo Guidance Computer* (Apollo 11 en 1969)

(Quelques débats ici)

128 MB

Quantité de RAM pour l'*iPhone* (2007)

[\(Un historique ici\)](#)

1 GB

Quantité de RAM pour le *Samsung Galaxy S2* (2011)

(Spécifications)

8 GB

Quantité de RAM pour l'*iPhone 16 Pro Max* (2024)

(Spécifications)

16 GB

Quantité maximale de RAM pour le *Samsung Galaxy S25 Ultra* (2025)

(Spécifications)

ecodesign ♥ *loi de erooM*

Loi de erooM

Effort Radicalement Organisé d'Optimisation en Masse

- Loi de Moore : **« on peut doubler le nombre de transistors dans les semi-conducteurs tous les 24 mois »**, soit « la puissance des ordinateurs double tous les deux ans »
- Loi de Wirth : **« le logiciel ralentit aussi vite que le matériel accélère »**
- Loi de erooM : **« optimiser le logiciel existant d'un facteur deux tous les deux ans »**

ecodesign ✨ i18n

i18n

Internationalisation des logiciels

- Internationaliser un logiciel peut impliquer :
 - De formater les données différemment
 - D'avoir des ressources (images, etc.) différentes
 - D'avoir à gérer des connexions (dont cellulaires) hétérogènes
 - D'avoir à gérer des terminaux hétérogènes
 - D'avoir des animations et une IHM différents
- **Alors on relit ce support depuis le début pour bien faire !**

(Pour en savoir plus sur l'i18n, [une présentation au DEVONXX en 2021](#))

ecodesign ✨ a11y

a11y

Accessibilité numérique

- **Nous sommes tous confrontés à des situations de handicap**
- **Ecoconcevoir son logiciel peut aider !**
 - Gestion des capteurs et de l'énergie
 - Prise en charge des polices
 - IHM légère, animations à éviter, UX simple, chasse au *bad patterns*
 - Prendre en charge le plus d'appareils possible
 - Facilité de traitement de l'IHM par les lecteurs d'écran ou les outils d'aide à la navigation
 - ...

ecodesign ✨ *FLOSES*

FLOSES

Free Libre Open Source Ethical Software

- **Le réchauffement climatique est une sinistre réalité**
- Mais une part de la communauté des artisans du logiciel s'en inquiète !
- **Arrivée de licences « éthiques » dont :**
 - Atmosphere
 - BSD 3-Clause No Nuclear
 - Hippocratic

(Pour en savoir plus, une présentation au DEVOXX, Capitole du Libre et Sunny Tech)

ecodesign ✨ ✨ *open source*

Open source

À quoi bon garder jalousement ?

- **Des logiciels pourtant fonctionnels finissent par être refaits voire abandonnés !**
- Pourtant certains ont été faits avec de l'argent public !
- Pourtant des utilisateurs ont encore besoin de ces logiciels !
- Pourtant ces logiciels fonctionnent toujours !
- **Alors pourquoi pas libérer le code en open source ou l'élever dans le domaine public ?**

(Public Money, Public Code et Software Preservation Network)

ecodesign  *obsolescence*
programmée

Obsolescence

Programmée, malheureuse ou fortuite ?

- **« Regroupe l'ensemble des pratiques qui raccourcissent délibérément la durée de vie ou l'utilisation des produits. Elle peut être technique, logicielle ou encore marketing »**
- L'obsolescence programmée est un **délit en France depuis 2014** (articles L.441-2 et L.454-6 du Code de la consommation)
- 2 ans d'emprisonnement, 300 000 € d'amende pouvant aller jusqu'à 5% du CA de l'entreprise et une interdiction d'exercer
- Pourtant on ne s'alarme pas autant des **Digital Restrictions Management**, et c'est dommage !

(Consulter [Defective By Design](#) et [Halte à l'Obsolescence Programmée](#))

ecodesign  *GenAI*

IA Générative

En 2025 ? Pas écoresponsable !

- **La hype de la GenAI persiste et s'amplifie**
- Outre le néocolonialisme en place pour créer et valider les modèles...
- ... elle nécessite énormément de puissance de calculs, d'eau et d'énergie dans les *data centers*
- ... elle occupe du stockage sur les terminaux
- ... ses agents conversationnels sont voraces en eau et produisent de manière non négligeable de l'éqCO2
- **En 2025 la GenAI est à l'opposé de ce qu'il faut faire !**

ecodesign  $\{A \mid V \mid X\} R$

Et la réalité augmentée / mixte / virtuelle ?

Même problématiques que les apps, en pire !

- Besoin le plus souvent de **modèles 3D**
- Peut **traiter les flux vidéo / audio locaux ou distants pour les enrichir**
- Peut traiter en direct des flux distants **nécessitant de la bande passante et une connectivité impeccable**
- **Il faut éviter l'usage de la réalité augmentée / mixte / virtuelle si ces sujets ne sont pas sérieusement traités !**

ecodesign  *blockchains*

Et les *blockchains* dans tout ça ?

Tous les défauts d'une mauvaise base de données !

- Les *blockchains* souvent sont **dupliquées et ont besoin de beaucoup d'espace de stockage**
- Les *blockchains* à *proof of work* à cause de l'effet de masse sont **énergivores**
- Les fermes de minage et autres *data centers* **ont de gros besoins en eau, électricité et minerais pour les ASIC**
- Sans parler des connexions réseaux entres les noeuds et les clients
- **C'est à éviter !**

Et les *blockchains* dans tout ça ?

Au 11 février 2025, bitinfocharts.com

- *Bitcoin* : **491,5 GB** et **759,93 Ehash/s**
- *Ethereum* : **345,17 GB**
- *Litecoin* : **91,10 GB** et **2,31 Phash/s**
- **Il y a même du *green washing* dans les cryptomonnaies** comme avec le [ClimateCoin](#) et le [Universal Carbon](#)

(Plus d'infos sur les *blockchains* et cryptomonnaies [ici](#), [ici](#) ou encore [là](#))

ecodesign ✨ *design circulaire*

Design circulaire

Utile mais pas suffisant

- Penser ses produits et services en transformant son organisation pour prendre en compte l'impact environnemental
- **Plusieurs axes** dont :
 - Réduire la production
 - Réduire le nombre de composants
 - Favoriser la réparabilité
 - Réutiliser les matières premières
 - Éliminer les déchets et la pollution
 - Régénérer les systèmes naturels

(The Circular Design Guide de la Fondation Ellen MacArthur)

ecodesign ✨ *low tech*

La *low tech*

Parfois dévoyée pour du *green washing*

- **Produits, services, savoir-faire, cultures et philosophies** répondant à des principes de :
 - simplicité
 - robustesse
 - efficacité
 - maintenabilité
 - résilience,
 - ...
- **La *low tech* doit être utile, accessible et durable**

(Low Tech Lab et sur la décadence technologique de Ploum)

ecodesign ✨ *humain*

Et l'humain dans tout ça ?

Il y a ceux qui utilisent, et ceux qui font !

- Les êtres humains vivent sur une seule planète, la Terre
- *A priori* il n'y a qu'une Terre, et les êtres humains y mettent le bazar
- **Le numérique a un impact non négligeable sur leur condition de vie**
- Les logiciels sont faits par des être humains
- **Alors pourquoi pas se rebiffer et imposer des logiciels écoconçus, et surtout, utiles et pérennes ?**

Conclusion

Qu'est-ce que l'écoconception logicielle,
pourquoi et comment s'y mettre ?

Avec tout ça en tête ?

Quelques leviers d'actions et préconisations

D'après *Carbon 4*

- Logiciels ayant un **impact positif sur le climat**
- Éco-concevoir les logiciels
- Augmenter l'**efficacité énergétique** du matériel et du logiciel
- Augmenter le **recyclage et la durée de vie** du matériel
- Ne pas inciter à changer d'équipement
- Réversibilité des mises à jour

Quelques écogestes numériques responsables

D'après *francenum.gouv.fr*

- **Allonger la durée des vies** des équipements
(corollaire : ne pas brider les mises à jour ou se contenter de faire du support court-terme)
- **Limiter les flux** de données
- **Privilégier les connexions filaires et WiFi** aux connexions cellulaires
- **Frugalité** sur l'usage des données
- **Alléger les ressources, optimiser leurs usages**

Agir sur les sources d'impacts

En reprenant les travaux *Green IT*

- Réduire la consommation électrique des **appareils**
- Réduire la consommation électrique du **réseau**
- Réduire la consommation électrique des ***data centers***
- Prolonger un maximum la **durée de vie / d'utilisation** des appareils, équipements réseaux et *data centers*

Appliquer des mesures simples

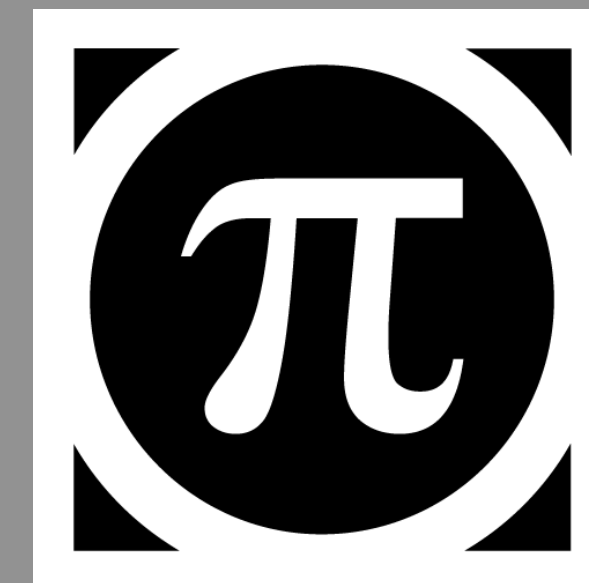
D'après les recommandations de *Green IT*

- **Réduire le nombre d'objets connectés** en favorisant leur mutualisation et leur substitution et en ouvrant leurs API
- **Réduire le nombre d'écrans**, leurs tailles et résolutions
- **Augmenter la durée de vie** des équipements
- **Réduire les besoins des services** numériques

Choses moins simples

Mais pas moins importantes

- S'interroger sur nos usages
- Être **frugal et raisonnable** sur les services
(e.g. *pas de stockage illimité, résolution 8K, DRM et autres verrous logiciels*)
- Privilégier les équipements **réparables**
- Se former, se syndiquer, et s'opposer aux décisions absconses !



Citations

« Plus que jamais il faut considérer le numérique comme une partie de la solution, un prodigieux catalyseur d'innovations durables favorisant la transition énergétique et écologique »

Ramon FERNANDEZ, *Orange*

« Véritable système nerveux central de l'économie mondiale et système social à part entière, le web engloutit des quantités considérables d'énergie »

Greenpeace

« La consommation énergétique du numérique augmente de 8% par an, la part du numérique dans la consommation finale d'énergie augmentera de 50% entre 2013 et 2020 »

Mon chouette collègue Sébastien BRAULT

« Il n'y a pas de retour en arrière possible pour
certains changements [...] »
Le climat que nous connaissons à l'avenir dépend
des décisions que nous prenons maintenant. »

Carbone 4

**« Le numérique, comme toute autre
ressource, doit être utilisé avec raison »**

The Shift Project

« Aujourd'hui l'utopie a changé de camps : est utopiste celui qui croit que tout peut continuer comme avant »

Pablo SERVIGNE

« Arrêtons de coder notre fin prématurée,
mais codons plutôt un avenir chouette »

Moi.



Merci !

@pylapp

Références

Webographie

(Liens consultés au plus tard le 11/02/2025)

- [« A Complete Guide to Android Screen Resolutions and Sizes »](#) - Gaurav PARVADIYA, twinr.dev (2024)
- [altimpact](#)
- [« Analyse du Cycle de Vie ACV »](#) - eco-conception.fr
- [« Analyse du cycle de vie selon les normes ISO 14040 et ISO 14044 »](#) - bureauveritas.fr
- [« Besoins en métaux dans le secteur numérique »](#) - ADEME (2024)
- [« Challenge ecoCode »](#) - ecocode.io
- [« Comprendre le changement climatique », notre-environnement.gouv.fr](#) (2023)
- [Creedengo / ecoCode / Green Code Initiative](#)
- [« Décryptage : l'éco-conception des logiciels »](#) - Frédéric BORDAGE, Green IT (2016)
- [« Déployer la sobriété numérique - Octobre 2020 »](#) - The Shift Project (2020)
- [« Does Dark Mode Really Save Battery on Your Phone? »](#) - ifixit.com (2019)
- [« Don't kill my app! »](#) - dontkillmyapp.com
- [« Données clés du référentiel des Usages du Numériques »](#) - Arcep, Arcrom (2024)
- [« Du Green IT au numérique responsable - Lexique des termes de références »](#) - greenit.fr (2018)
- [« Empreinte environnementale du numérique mondial »](#) - greenit.fr (2019)
- [« Evaluation environnementale des effets directs et indirects du numérique pour des cas d'usages - Etat de l'art des méthodologies existantes »](#) - ADEME (2024)
- [« Flutter vs React Native vs Native: Deep Performance Comparison »](#) - InVerita, medium.com (2020)
- [« Google: Here's why dark mode massively extends your OLED phone's battery life »](#) - Liam Tung, zdnet.com (2018)
- [« GR491, le Guide de Référence de Conception Responsable de Services Numériques »](#) - isit-europe.org
- [GreenCodeLab.github.io](#)

- [« Guide Pratique de la Mise en Place de la Démarche Analyse du Cycle de Vie - Selon la Norme ISO 14040 et ISO 14044 »](#) - CALEC
- [« Improving the Carbon Footprint of Mobile Applications: A Word on Compatibility »](#) - Julia Meyer, theodo.apps (2020)
- [« Interview Tristan Nitot, découvrez la loi d'erooM »](#) - lewebvert.fr
- [« Jeu de l'écoconception 100% anti-greenwashing »](#) - technologie.net
- [« L'empreinte environnementale du numérique »](#) - Arcep (2024)
- [« L'énergie »](#) - [notre-environnement.gouv.fr](#) (2024)
- [« Le baromètre du numérique - édition 2023 »](#) - Arcep (2024)
- [« Le numérique : un secteur déconnecté des enjeux climat ? »](#) - Charles DOWLAT, Carbon 4 Finance (2023)
- [« Le protocole Gemini, revenir à du simple et sûr pour distribuer l'information en ligne ? »](#) - Stéphane BORTZMEYER (2020)
- [« Lean ICT, pour une sobriété économique »](#) - Hugues FERREBOEUF, The Shift Project (2018)
- [« Libre Blanc D2SI sur l'écoconception logicielle - Quelles opportunités pour les entreprises ? »](#) - D2SI
- [« Lottie vs GIF: Choosing the Right Animation for You »](#) - lottiefiles.com (2021)
- [« Numérique & environnement : entre opportunités et nécessaire sobriété »](#) - ADEME (2025)
- [« "Numérique et environnement" ou "On aurait pu sauver les abeilles, on a préféré sortir un nouvel iPhone" »](#) - Sébastien BRAULT (*BreizhCamp 2019*)
- [« Numérique durable »](#) - [francenum.gouv.fr](#) (2024)
- [« Our Chat is Now 30% Smaller & 2 Times Faster »](#) - crisp.chat
- [« Planifier la décarbonation du système numérique en France : cahier des charges »](#) - The Shift Project (2023)
- [« Proposition de Feuille de route de décarbonation de la filière numérique »](#) - [ecologie.gouv.fr](#)
- [« Pros and Cons of Using Web Views Inside Native Apps »](#) - Gabrielle EARNSHAW (2021)
- [« Qu'est-ce que le design circulaire »](#) - [dthinking.academy](#)

- « [Rapport Climat 2021 : points clés](#) » - Valérie MASSON-DELMOTTE, IPCC (2021)
- « [Rapport du GIEC : rappel des points clés](#) » - carbone4.com (2021)
- « [Référentiel des usages numériques](#) » - Arcep, Arcom (2023)
- « [Référentiel des usages numériques](#) » - Arcep, Arcom (2024)
- « [Référentiel général d'écoconception de services numériques \(RGESN\) - 2024](#) » - ecoresponsable.numerique.gouv.fr
- « [Should you switch your wallpaper to affect less the battery life of your smartphone?](#) » - Olivier PHILIPPOT, Greenspector (2017)
- « [Software disenchantment](#) » - tonsky.me
- « [Sunsetting React Native](#) » - Gabriel PEAL, medium.com (2018)
- « [Swift vs Kotlin vs Flutter in App Development: What to Choose?](#) » - Anna Kvanevska, miquido.com (2024)
- « [The Carbon Footprint of LLMs – A Disaster in Waiting?](#) » - medium.com (2024)
- « [The Complete Guide to iPhone Screen Resolutions and Sizes](#) » - Gaurav PARVADIYA, twinr.dev (2024)
- « [The Cost of Javascript Frameworks](#) » - timkadlec.com (2020)
- « [Verdir le numérique](#) » - entreprises.gouv.fr (2023)
- « [What's the best lossless image format? Comparing PNG, WebP, AVIF, and JPEG XL](#) » - Johannes SILIPOLA (2021)
- « [x171 : la croissance du poids de nos logiciels](#) » - Frédéric BORDAGE, greenit.fr

Bibliographie

- « Comment tout peut s’effondrer, petit manuel de collapsologie à l’usage des générations présentes »
Pablo SERVIGNE, Raphaël STEVENS
Points
- « Écoconception web : les 115 bonnes pratiques »
Frédéric BORDAGE
Eyrolles
- « Ressources, un Défi pour l’Humanité »
Philippe BIHOUIX, Vincent PERRIOT
Casterman
- « Energy Efficiency across Programming Languages - How Does Energy, Time, and Memory Relate? »
Rui PEREIRA, Marco COUTO, Francisco RIBEIRO, Rui RUA, Jácome CUNHA, João Paulo FERNANDES, João SARAIVA
(2017)
- « Native vs Web Apps: Comparing the Energy Consumption and Performance of Android Apps and their Web Counterparts »
Ruben HORN, Abdellah LAHNAOUI, Edgardo REINOSO, Sicheng PENG, Vadim ISAKOV, Tannin ISLAM, Ivano MALAVOLTA
(2023)
- « Performance Comparison between Mini-LED Backlit LCD and OLED Display for 15.6-Inch Notebook Computers »
Zhiyong YANG, EN-Lin Hsiang, Yizhou QIAN, Shin-Tson WU
- « PWA vs the Others: A comparative Study on the UI EnergyEfficiency of Progressive Web Apps »
Stefan HUBER, Lukas DEMETZ, Michael FEDERER
- « Review of Display Technologies Focusing on Power Consumption »
Maria RODRIGUEZ FERNÁNDEZ, Eduardo ZALAMA CASANOVA, Ignacio GONZÁLEZ ALONSO

Audiographie

- « Loi de Moore et loi d'erooM »
Tristan NITOT
L'Octet Vert
(2024)



@pylapp

Visuels

- Image de fond pages 1, 169, 179, 183 - **Copyright Pierre-Yves Lapersonne** - CC-BY-SA
- Logo de l'Université Toulouse III Paul Sabatier - **Copyright Université Toulouse-III-Paul-Sabatier** - *marque déposée* ([Wikipedia](#))
- Avatar au format circulaire page 2 - **Copyright Pierre-Yves Lapersonne** - *tout droit réservé*
- Image de tasse à café page 2 - **Copyright Pierre-Yves Lapersonne** - CC-BY-SA
- Logo d'Orange page 2 - **Copyright Cbuckley, Stephantom, YaronSH** - *domain public* ([Wikipedia](#))
- Illustrations pages 21, 22 - **Copyright Arcep**
- Illustration page 23 - **Copyright Green IT**
- Illustrations pages 24, 25 - **Copyright Observatoire des Impacts Environnementaux du Numérique**
- illustration page 26 - **Copyright Arcep**
- illustration page 46 - **Copyright Club Green IT**
- Illustrations pages 53, 54, 84, 86, 90, 97, 100, 112, 117, 118, 119 - **Copyright Pierre-Yves Lapersonne** - CC-BY-SA
- Logo page 160 - **Copyright Union Syndical Solidaires** - *domaine public* ([Wikipedia](#), modifié avec GIMP)
- Logo page 160 - **Copyright April** - *marque déposée* ([Wikipedia](#))
- Logo page 160 - **Copyright Parti Pirate** - CC BY-SA 4.0 ([Wikipedia](#), modifié avec GIMP)
- Logo page 160 - **Copyright La Quadrature du Net** - CC BY-SA 4.0 ([Wikipedia](#), modifié avec GIMP)
- Logo page 160 - **Copyright Li Jiang** - CC0 ([Wikipedia](#))

Ce support a été rédigé pour présenter les principes de l'écoconception logicielle en abordant différents sujets directement ou indirectement liés au monde du logiciel et au climat, pour les personnes curieuses et voulant en savoir davantage sur le sujet, et notamment les étudiants de 1ère année de master informatique de l'Université Toulouse 3 dans le cadre d'une « master class ».

Les exemples, images, logos et photographies utilisés dans ce support ne sont ici qu'à but éducatif ou décoratif.

Les opinions exprimées sont les miennes, et ne représentent aucunement celles de tiers (employeurs, associations etc.) avec lesquels j'ai pu être, serais ou suis encore en relation.

Je rappelle à toute fin utile que ma déclaration d'intérêts est en ligne (pylapersonne.info/declaration).

Support sous licence [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

