

# Achat, maintenance, fin de vie du matériel: les bonnes pratiques

Romaric David  
[david@unistra.fr](mailto:david@unistra.fr)

Centre de Calcul Université de Strasbourg et GdS Ecoinfo  
21 Janvier 2016

*Avec l'aide de Françoise Berthoud et d'Éric Drezet*

changes  
spiritualidad  
insertion  
perspectives  
mutualisation  
reussite  
ouverture  
fondation  
CHEMISTRY  
spatium  
biology  
 $E = mc^2$   
RECHERCHE  
SYNERGIES  
COMPETENCES  
pi  
TECHNOLOGY  
doctorat  
cosmopolite  
ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
biotechnologies  
axiome  
mécanique  
management  
capitale  
droit  
excellence  
savoirs  
wissenschaft  
bibliothèques  
médecine  
tesis  
théologie  
gravitation  
idéaux  
connaissances  
musica  
langage  
INTERNATIONAL  
solution  
HEURISTIQUE  
partenariats  
HISTOIRE  
physique  
mécanique quantique  
insertion  
PLURIDISCIPLINARITÉ  
sciences  
gravitation  
humain  
mollécule  
ambition  
quantique  
MASTER  
cultures  
NETWORK

- ▶ Introduction
- ▶ Le cycle de vie de nos ordinateurs
- ▶ Bien acheter
- ▶ Bien utiliser
- ▶ Bien recycler
- ▶ Conclusion

- ▶ Responsable du centre de calcul de l'Université de Strasbourg.  
<http://hpc.unistra.fr>
- ▶ Membre du bureau du réseau Calcul  
<http://calcul.math.cnrs.fr>
- ▶ Membre du GdS Ecoinfo  
<http://ecoinfo.cnrs.fr>
- ▶ Membre du comité de suivi du marché informatique National Matinfo3  
<http://www.matinfo-esr.fr>

- ▶ Membre du Groupement de Service Ecoinfo
- ▶ <http://ecoinfo.cnrs.fr>
- ▶ EcoInfo s'intéresse à la réduction des impacts écologiques et sociétaux des TIC
- ▶ Expériences et conseils sur :
  - la gestion des DEEE,
  - les Analyses de Cycle de Vie (un produit vu sous l'angle des ses composants en entrée et sortie)
  - les Datacenters

- ▶ Nous sommes tous ici technophiles !
  - Vous êtes 30 participants inscrits à cette école
  - Combien d'ordinateurs dans cette salle ?
  - À vous tous réunis, combien d'ordinateurs gérez-vous ?
  - Combien de MO avez-vous transférés depuis votre départ du domicile lundi ? (cf présentation de Bernard Bouterin sur <http://ecoinfo.cnrs.fr/article345.html>)
- ▶ Nous avons forcément des leviers d'action pour réduire les impacts environnementaux de nos chers ordinateurs !

- ▶ « *Comment ça des impacts environnementaux ?* »
- ▶ Rien n'est virtuel dans le monde des TIC :
  - Nous achetons des machines → Merci Père Noël mais le Père Noël se fournit en Chine....
  - Nous utilisons du courant électrique pour les faire fonctionner → Mais au fait, d'où vient cette électricité ?
  - Nous sortons des machines de l'inventaire → Qu'en advient-il ensuite ?
- ▶ Où pouvons-nous agir ?

- ▶ Introduction
- ▶ Le cycle de vie de nos ordinateurs
- ▶ Bien acheter
- ▶ Bien utiliser
- ▶ Bien recycler
- ▶ Conclusion

- ▶ Nous allons approcher 3 étapes du cycle de vie d'un ordinateur
- ▶ Il ne s'agit que d'éléments d'une ACV (Analyse de Cycle de Vie), qui serait bien plus complète





# Le cycle de vie de nos ordinateurs

Achat, maintenance, fin de vie du matériel: les bonnes pratiques  
Lyon – 21 Janvier 2016



- ▶ Qu'achetons-nous quand nous achetons un ordinateur ?
- ▶ Avez-vous une idée du nombre de métaux (Aluminium, Fer, ....) présents dans un PC ?

A : 15

B : 25

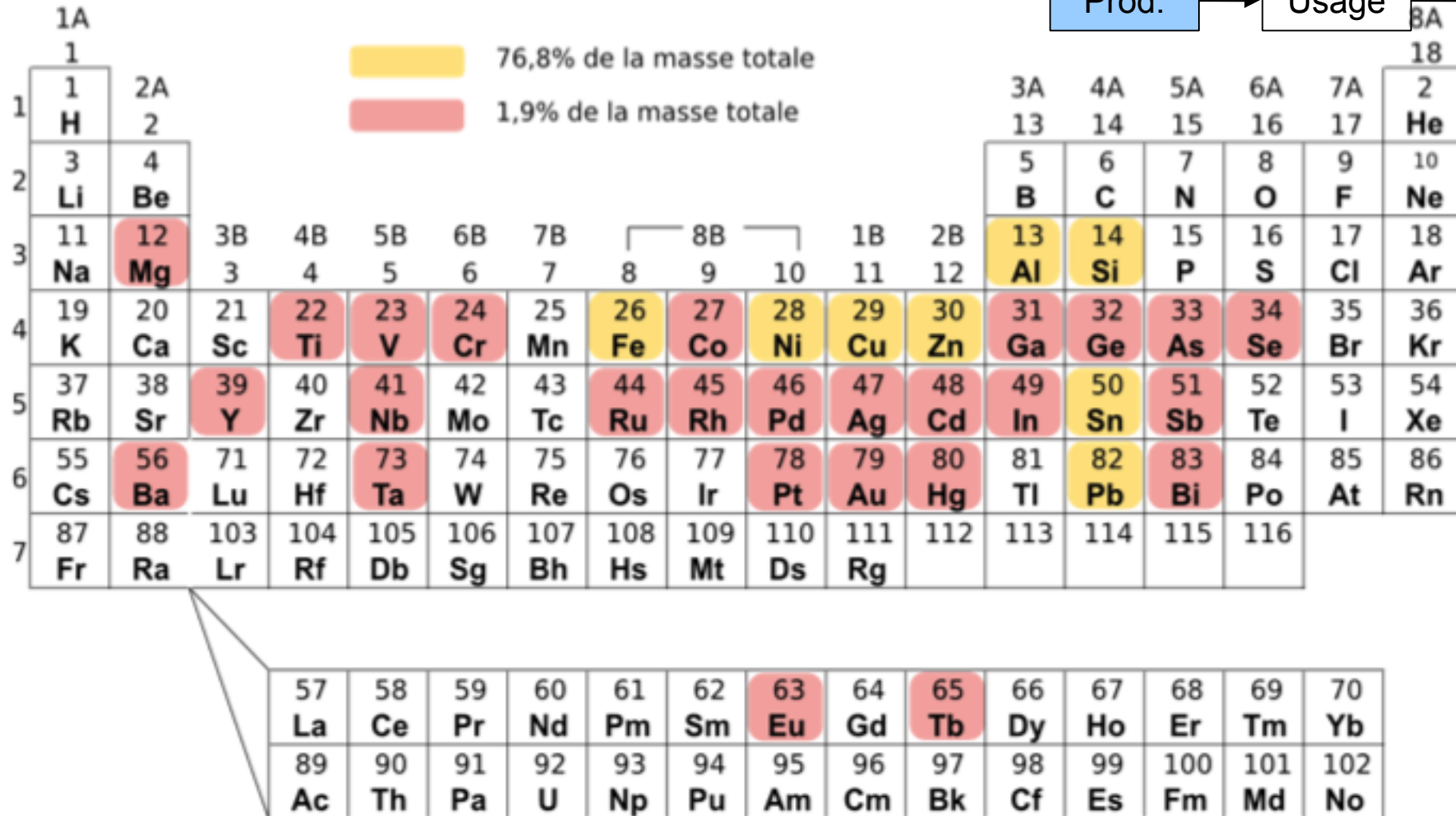
C : 35

D : 45

# Le cycle de vie de nos ordinateurs

Achat, maintenance, fin de vie du matériel: les bonnes pratiques

Lyon – 21 Janvier 2016



Source : (UNEP, 2013) Metal Recycling Opportunities, Limits, Infrastructure

## ▶ D'où viennent ces matériaux ?



- Principalement de mines = extraction de matériau neuf, parfois dans des conditions sociales et environnementales difficiles

⇒ Ressources non renouvelables et **très peu recyclées**

- Dans un PC neuf : très peu de matériaux issus du recyclage

## ▶ L'Informatique n'est donc pas du tout une industrie verte, ni dématérialisée !!!

## ▶ Construire un ordinateur consomme également de l'eau + traitements chimiques

# Le cycle de vie de nos ordinateurs

Achat, maintenance, fin de vie du matériel: les bonnes pratiques  
Lyon – 21 Janvier 2016



- ▶ La pression sur les ressources naturelles vient aussi de l'industrie IT. Exemple de l'Indium
- ▶ Masse par appareil : 39mg pour un ordinateur portable, 254mg pour un écran LCD
- ▶ Coût : 70\$/kg en 2001, **700\$/kg** en 2010
- ▶ Production : x 2.5 10 ans
- ▶ Recyclage : < 1%



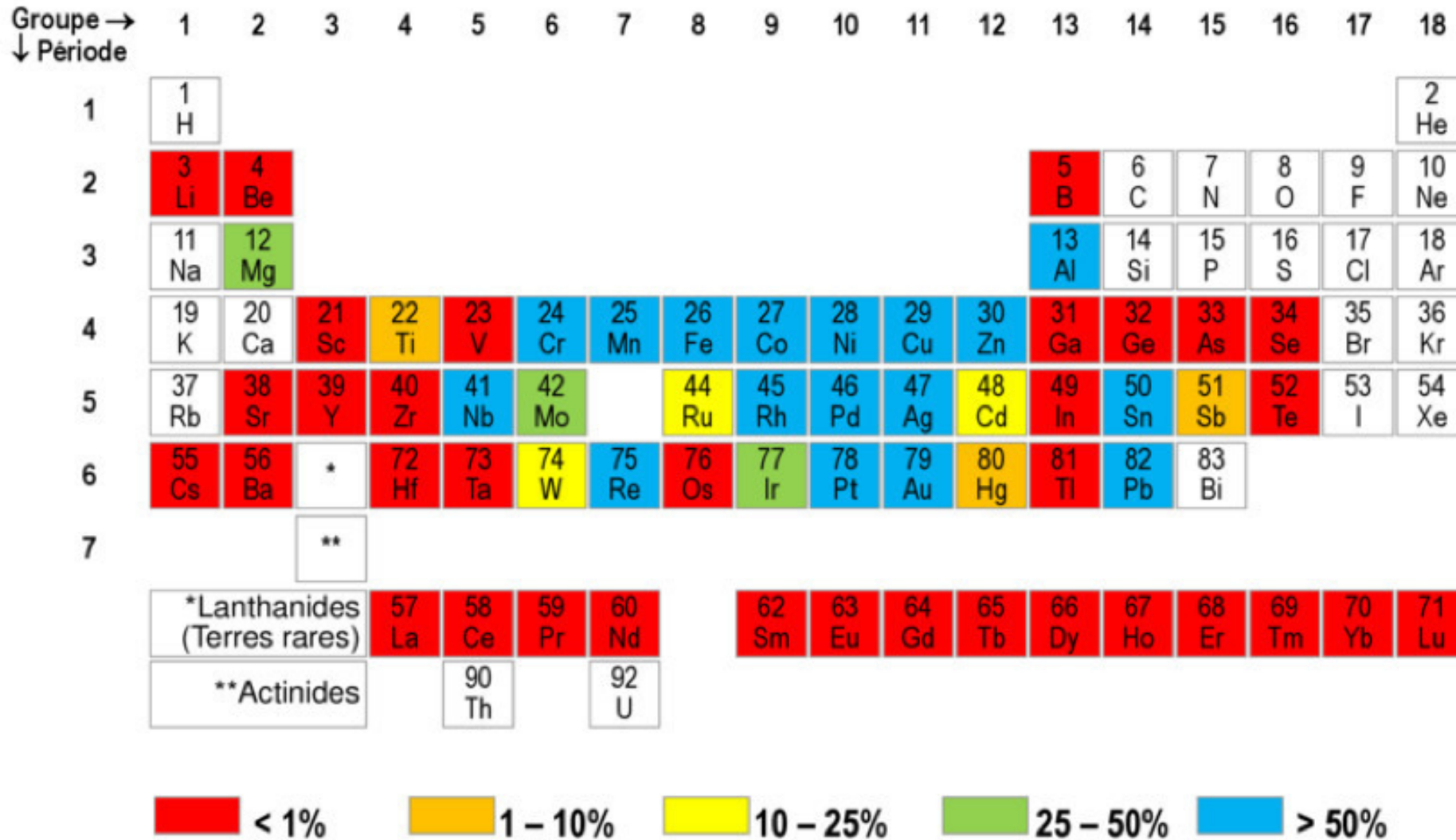
Source : (Berthoud 2015) Cours TICs et environnement, Besançon, 2015

# Le cycle de vie de nos ordinateurs

Achat, maintenance, fin de vie du matériel: les bonnes pratiques

Lyon – 21 Janvier 2016

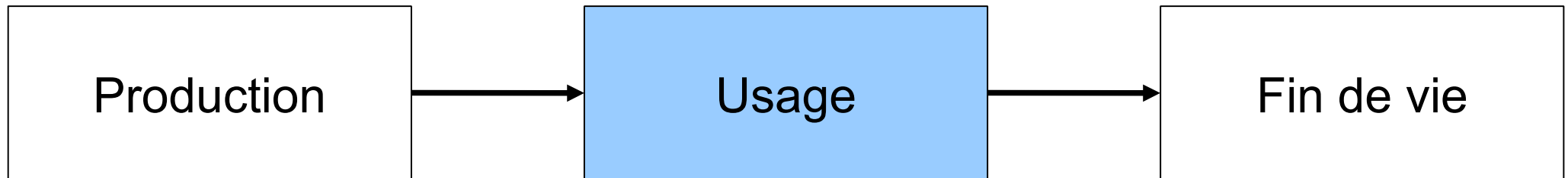
Taux de recyclage des métaux



Source : UNEP via Philippe Bihoux, 10 ans Ecoinfo, Avril 2015

- ▶ En terme d'impacts environnementaux, la phase de fabrication est prédominante pour les serveurs informatiques et les postes de travail
- ▶ Pour les seuls gaz à effets de serre, la phase de fabrication domine pour les petits objets. La phase d'usage peut dominer pour les serveurs.

- ▶ Une fois construits, nous utilisons les ordinateurs = phase d'usage

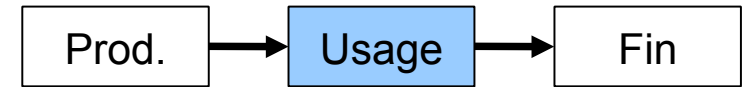


- ▶ Quelle énergie consommons-nous durant la phase d'usage ?
- ▶ Est-elle renouvelable ?
- ▶ Quelle est la source primaire de cette énergie ?



# Le cycle de vie de nos ordinateurs

Achat, maintenance, fin de vie du matériel: les bonnes pratiques  
Lyon – 21 Janvier 2016



- ▶ Quelques chiffres...
- ▶ 1 *box* ADSL : consomme 20 Watts, allumée en permanence (pour *attendre...*)  
⇒ Sur la facture EDF : 25€
- ▶ Il y a 23 Millions de *box* en France  
4 TWh / an
- ▶ 0.8% de la consommation électrique totale (pour une fonction qui consiste à *attendre*)
- ▶ 1 PC consomme entre 100 et 200 Watts





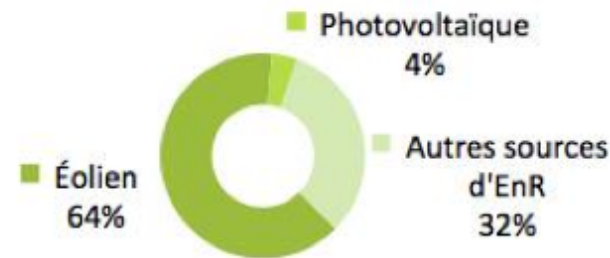
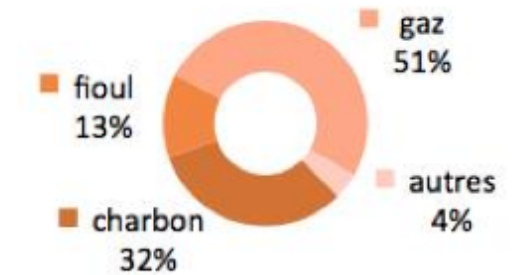
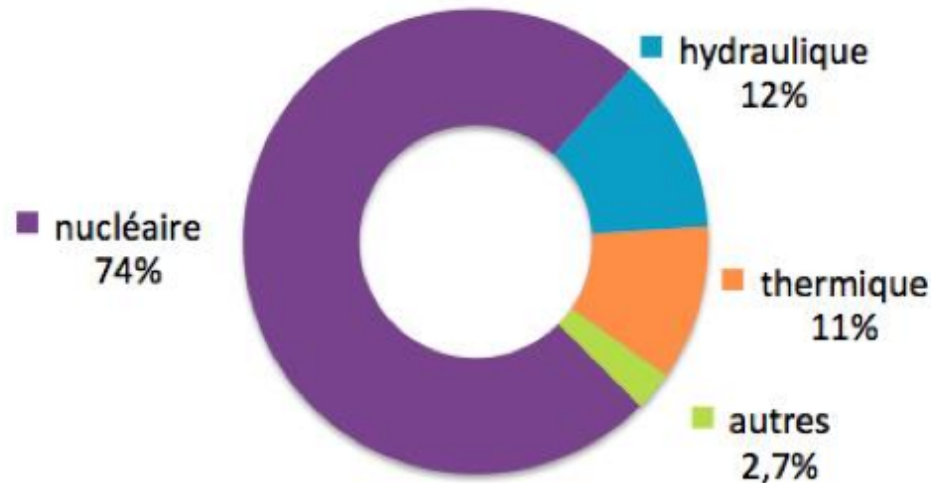
# Le cycle de vie de nos ordinateurs

Achat, maintenance, fin de vie du matériel: les bonnes pratiques  
Lyon – 21 Janvier 2016



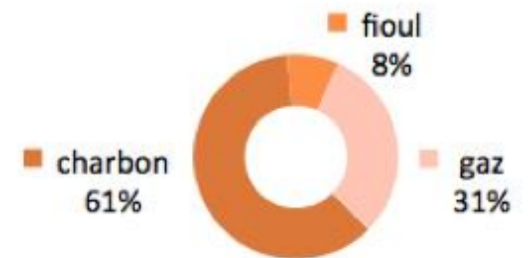
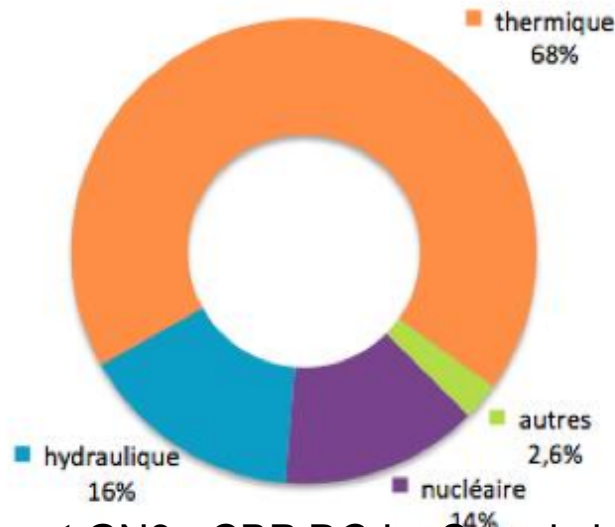
## ► D'où vient notre électricité ?

**550 TWh**  
France<sup>(1)</sup>



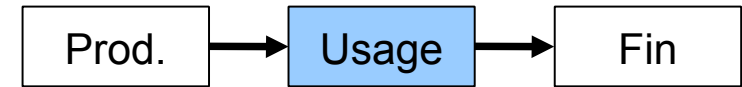
Atlante & Cie  
atlante.fr

**19800 TWh**  
Monde<sup>(2)</sup>



# Le cycle de vie de nos ordinateurs

Achat, maintenance, fin de vie du matériel: les bonnes pratiques  
Lyon – 21 Janvier 2016



- ▶ La phase d'usage consomme aussi des ressources fossiles !
- ▶ Attention à la consommation en mode veille
- ▶ En phase d'usage, il est important de consommer mieux (cf plus loin dans cet exposé)

- ▶ Enfin, nous procédons au recyclage des ordinateurs




- ▶ Pour quel bénéfice sur les ressources ?
- ▶ Quelles garanties ?

# Le cycle de vie de nos ordinateurs

Achat, maintenance, fin de vie du matériel: les bonnes pratiques  
Lyon – 21 Janvier 2016



- ▶ Selon votre expérience, quels sont les motifs de fin de vie d'un ordinateur ?
- ▶ Les DEEE (Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques) sont signalés par le sigle . Il en existe 10 catégories (7 à partir de 2018). Seuls 7% des DEEE d'origine professionnelle sont collectés (cf [site ecoinfo](#))
- ▶ De 17 à 23 kg de DEEE/an/habitant en France
- ▶ Ces DEEE contiennent des ressources difficilement valorisables. Pourquoi ?
- ▶ Selon vous, quels sont les éléments recherchés ?

# Le cycle de vie de nos ordinateurs

Achat, maintenance, fin de vie du matériel: les bonnes pratiques  
Lyon – 21 Janvier 2016



## ► Les bons côtés du recyclage (film)





# Le cycle de vie de nos ordinateurs

Achat, maintenance, fin de vie du matériel: les bonnes pratiques  
Lyon – 21 Janvier 2016



## ► Les (toujours) bons côtés du recyclage



Stock dans une filière contrôlée, en France

# Le cycle de vie de nos ordinateurs

Achat, maintenance, fin de vie du matériel: les bonnes pratiques  
Lyon – 21 Janvier 2016



## ► Les mauvais côté du recyclage



Filière illégale, Accra (Ghana)

- ▶ Et maintenant, que fait-on pour....
  - Réduire les impacts (au moins en relatif) de la phase de production → Augmenter la durée de vie, choisir les bons labels
  - Réduire les impacts de la phase d'usage → consommer moins / consommer mieux
  - Réduire les impacts de la fin de vie → Utiliser des filières de recyclage maîtrisées



- ▶ Introduction
- ▶ Le cycle de vie de nos ordinateurs
- ▶ Bien acheter
- ▶ Bien utiliser
- ▶ Bien recycler
- ▶ Conclusion

- ▶ Les caractéristiques environnementales des équipements IT se retrouvent sur des labels :
  - Quoi : Une reconnaissance de certaines qualités / caractéristiques d'un produit
  - Qui : défini par un groupe identifié
  - Comment : qui maintient un cahier des charges plus ou moins en concertation avec d'autres groupes
- ▶ Ces labels peuvent accordés de manière temporaire (renouvelée régulièrement) sur une base volontaire et payante

# Introduction

Achat, maintenance, fin de vie du matériel: les bonnes pratiques  
Lyon – 21 Janvier 2016

- ▶ Exemple de labels (cf <http://www.ecolabelindex.com/ecolabels/>)



- ▶ Objet du label : promouvoir les appareils électriques/électroniques économes en énergie
  - rendement élevé (consomme, mais bien...)
  - s'appuie sur des mesures de consommation typique
- ▶ Programme initialement américain (1992) puis adapté en Europe (2001)
- ▶ Certification payante
- ▶ Plus d'informations : <http://ecoinfo.cnrs.fr/spip.php?article43>



- ▶ Objet du label : promouvoir les équipements informatiques dont les alimentations ont un rendement élevé
  - rendement élevé (consomme, mais bien...)
  - Dépend de la charge de l'alimentation

▶ Initié en 2004

▶ Plus d'informations :

<http://ecoinfo.cnrs.fr/spip.php?article44>

[http://fr.wikipedia.org/wiki/80\\_PLUS](http://fr.wikipedia.org/wiki/80_PLUS)

<http://www.plugloadsolutions.com/> (le certificateur)

▶ 80Plus implique Energy Star



# 80Plus - Exemples

Achat, maintenance, fin de vie du matériel: les bonnes pratiques  
Lyon – 21 Janvier 2016

## ▶ Alimentation bas de gamme typique : non certifiée

Alimentation 350W PFC (ventilateur 12 cm)



Note client : ★★★★★ 39 avis - [Donnez votre avis](#)

Une alimentation 300 Watts à petit prix, performante et fiable. Idéale pour les machines peu onéreuses et pour bénéficier d'un excellent rapport qualité /prix, cette alimentation 300 Watts PFC au format ATX vous permettra de booster votre machine en toute simplicité. Au regard de son prix ...

[LIRE LA SUITE](#) ▶▶

18€<sup>95</sup>

Quantité : 1

COMMANDE

Disponibilité site :

**EN STOCK** Disponible en immédiat

## ▶ Alimentation moins bas de gamme

Alimentation 300 W 80PLUS

Alimentation 300W ATX 12V 2.3 - 80PLUS



Note client : [Soyez le premier à donner votre avis](#)

Silencieuse, fiable et délivrant des tensions stables, cette alimentation à haut rendement est idéale pour l'intégration. Une puissance de 300W, une certification 80PLUS et la compatibilité ATX 12V 2.3 en font un composant de base pour les configurations Multimédia et bureautique.

[LIRE LA SUITE](#) ▶▶

25€<sup>95</sup>

Quantité : 1

COMMANDE

Disponibilité site :

**EN STOCK** Disponible en immédiat

- ▶ Mais la 80Plus gold est plus chère !
  - Différence de prix : 7 €
- ▶ Au bout de combien de temps sera-t-elle rentabilisée ?
  - À l'Université de Strasbourg, nous payons notre kWh (1000W pendant 1 heure) 0.07 €
  - Rentabilisée au bout de 100 kWh de **différence de consommation**

- ▶ Supposons que l'alimentation soit utilisée dans un PC consommant 200W :

Alimentation	Taux de charge	Rendement	Coût 1 heure à 7 cts / kWh
Bas de gamme	57%	70%	2 cts
80Plus	66%	80%	1.75 cts
<b>Différence</b>			<b>0.25 cts</b>

- ▶ Chaque heure, 0.25 cents sont économisés
- ▶ Au bout de  $700/0.25 = \mathbf{2800}$  heures de fonctionnement, l'alimentation 80Plus est rentabilisée
- ▶ Il y a **8760** heures dans une année !



- ▶ La certification distingue les équipements :
  - économes en consommation d'énergie
  - TCO commence à s'intéresser aux conditions de production des équipements
  - Périmètre : écrans, potables, tablettes, smartphones, PC/All-in-one, projecteurs, casques
- ▶ La certification est attribuée par une société privée Suédoise (TCO development)
- ▶ Certification payante
- ▶ Plus d'informations : <http://tcodevelopment.com/>



- ▶ Standard de notation des équipements électroniques (fixes, portables, tablettes, **bientôt serveurs**), à destination des acheteurs, en fonction de critères environnementaux :

Choix des matériaux, gestion de la durée de vie du produit, emballage, conception du produit en fonction de sa fin de vie

- ▶ La notation s'applique produit par produit
- ▶ Système déclaratif, sujet à vérifications
- ▶ 3 certifications epeat existent :
  - bronze : tous les critères obligatoires sont satisfaits
  - argent, or : en fonction du nombre de critères optionnels satisfaits



# Labels - Epeat

**PRODUCT:** HP ProBook 440 G1 Notebook PC

**PRE:** EPEAT, Inc.

**COUNTRY:** France

**PRODUCT TYPE:** Notebooks

**MANUFACTURER:** Hewlett-Packard

**URL:** <http://www.hp.com>

**RATING:**



**REGISTRATION DATE:** 10/1/2013

**MONITOR TYPE:** NA

**MONITOR SIZE:** NA

**PRODUCT STATUS:**  Active

**EXCEPTIONS:** Except FreeDOS and Linux configurations

**MANUFACTURER PART #:**

**UPC:**

**EAN:**

**CONSUMER OR INSTITUTIONAL:** Not Indicated

## Criteria Category Summary

4.1 Reduction/elimination of environmentally sensitive materials

Optional Points

8/8

4.2 Materials selection

0/3

4.3 Design for end of life

5/5

4.4 Product longevity/life cycle extension

2/2

4.5 Energy conservation

1/2

4.6 End of life management

1/1

4.7 Corporate performance

2/2

4.8 Packaging

2/4

**Total Optional Points:**

21/27

- ▶ **Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment**
- ▶ Directive européenne de 2002 listant des substances dont l'utilisation doit être limitée dans certains équipements
  - 6 substances concernées en 2002 (plomb, mercure, cadmium, chrome hexavalent, PBB, PBDE)
  - Équipements concernés : électroménager, IT, jouets,...
- ▶ Conformité **obligatoire** depuis 2006
- ▶ Directive mise à jour en 2012



# Labels - RoHS

Achat, maintenance, fin de vie du matériel: les bonnes pratiques

Lyon – 21 Janvier 2016

- ▶ Documentation commutateur Cisco (équipementier réseau informatique)

**Table 12.** Safety and Compliance Information for Cisco Catalyst 3650 Series

Description	Specification
<b>Safety Certifications</b>	UL 60950-1 Second Edition CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1 Second Edition EN 60950-1 Second Edition IEC 60950-1 Second Edition GOST NOM (obtained by partners and distributors)
<b>Electromagnetic Emissions Certifications</b>	47CFR Part 15 (CFR 47) Class A (FCC Part 15 Class A) AS/NZS CISPR22 Class A CISPR22 Class A EN55022 Class A ICES003 Class A VCCI Class A EN61000-3-2 EN61000-3-3 KN22 Class A KCC CNS13438 Class A EN55024 CISPR24 KN24
<b>Environmental</b>	Reduction of Hazardous Substances (ROHS) 5
<b>Noise Specifications</b>	Office Product Spec: 48dBA at 25°C (refer to ISO 7779)
<b>Telco</b>	Common Language Equipment Identifier (CLEI) Code

- ▶ Il est très facile de vérifier ou d'exiger des caractéristiques selon les 3 labels ou standards présentés.
- ▶ De manière facile il est au minimum souhaitable d'acquérir des équipements labellisés :
  - Energy Star / TCO
  - Epeat Silver / Gold
  - **80Plus Platinum**
- ▶ D'autres normes sont obligatoires : RoHS

- ▶ Comment choisir du matériel qui durera longtemps ?
- ▶ Choisir du matériel évolutif :
  - Pour un **serveur**, en 2015, **X** GO par coeur représentent un minimum.  
Quelle valeur donneriez-vous à **X** ?  
Comment déterminer cette valeur ?
  - Possibilité d'ajouter des disques durs
  - Possibilité de mettre à jour les cartes graphiques / accélératrices



- ▶ Choisir du matériel professionnel. C'est le cas dans les marchés informatiques nationaux (Matinfo3)
- ▶ Acquérir une garantie longue. **Au moins 5 ans.**  
Dans Matinfo3, des garanties de 7 ans sont proposées pour les serveurs/stockage.
- ▶ Rappel : la garantie du serveur / baie de disque s'applique aux composants / disques qui y sont intégrés
- ▶ Dans Matinfo3, le prix de la garantie dépend uniquement du prix de la configuration de base
- ▶ Dans vos pratiques, garantie ou parc de rechange ?

- ▶ Introduction
- ▶ Le cycle de vie de nos ordinateurs
- ▶ Bien acheter
- ▶ Bien utiliser
- ▶ Bien recycler
- ▶ Conclusion

- ▶ American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, organisme américain à but non lucratif
- ▶ <https://www.ashrae.org/>
- ▶ Pour l'IT, émet des recommandations pour les salles hébergeant des équipements informatiques. Les constructeurs IT participent à la mise au point de ces recommandations (mesure à l'entrée des serveurs)
  - Température
  - Hygrométrie

- ▶ Actuellement, les équipements informatiques se conforment aisément aux températures définies pour les centres de données classiques
  - A1 : 15 à 32°C
  - **A2 : 10 à 35°C**
  - A3 : 5 à 40°C
  - A4 : 5 à 45°C
- ▶ Cela signifie qu'un serveur peut parfaitement fonctionner avec de l'air en face avant à 30°C
- ▶ Le 20°C est une légende urbaine

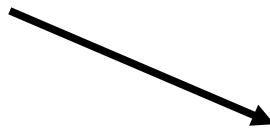
**System Inlet Temperature**

Operating

HP DL 380 G8



Dell R420



10° to 35°C (50° to 95°F) at sea level with an altitude derating of 1.0°C per every 304.8 m (1.8°F per every 1000 ft) above sea level to a maximum of 3048 m (10,000 ft), no direct sustained sunlight. Maximum rate of change is 10°C/hr (18°F/hr). The upper limit may be limited by the type and number of options installed. System performance may be reduced if operating with a fan fault or above 30°C (86°F).

## Dell Fresh Air: temperature, humidity, altitude de-rating

**Continuous operation**

10°C to 35°C (50°F to 95°F) at 10% to 80% relative humidity with 26°C (78.8°F) maximum dew point (maximum wet bulb temperature). De-rate maximum allowable dry bulb temperature at 1°C per 300m above 950m (1°F per 547 ft above 3117 ft).

**Expanded operation**

When operating in the expanded temperature range, system performance may be impacted, and ambient temperature warnings may be reported on the LCD and in the System Event Log.

**≤ 10% of annual operating hours:** 5°C to 10°C and 35°C to 40°C (with no direct sunlight on the equipment) at 5% to 85% relative humidity with 26°C dew point (maximum wet bulb temperature). Outside the standard operating temperature (10°C to 35°C), the system can operate down to 5°C or up to 40°C for a maximum of 10% of its annual operating hours. For temperatures between 35°C and 40°C (95°F to 104°F), de-rate maximum allowable dry bulb temperature by 1°C per 175m above 950m (1°F per 319 ft above 3117 ft).

**≤ 1% of annual operating hours:** -5°C to 5°C and 40°C to 45°C (with no direct sunlight on

- ▶ Le European Code of Conduct of Datacenters est une initiative de la commission européenne
- ▶ Cette initiative s'adresse aux propriétaires ou opérateurs de datacentres, dans le but de faire baisser la consommation énergétique de ces structures
- ▶ Pour cela, une démarche d'audit et de très nombreuses bonnes pratiques sont proposées
- ▶ Une entité peut être participante à la définition du Code of Conduct ou simplement adopter et mettre en pratiques ses recommandations



- ▶ **Référence :**  
<http://iet.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/ict-codes-conduct/data-cent>
- ▶ **Bonnes pratiques 2013 :**  
<http://iet.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/sites/energyefficiency/files/b>
- ▶ **Exemple de pratiques mises à jour en 2013 :**
  - Ne pas contrôler l'humidité au niveau des centrales de traitement d'air dans la salle mais uniquement au niveau de l'entrée d'air dans la salle
  - Utiliser des équipements réseaux pour lesquels le flux d'air est de même sens que celui des serveurs
- ▶ **Lien avec Ashrae A3 :** les équipements IT doivent supporter des températures d'entrée d'air de 10°

à 40°



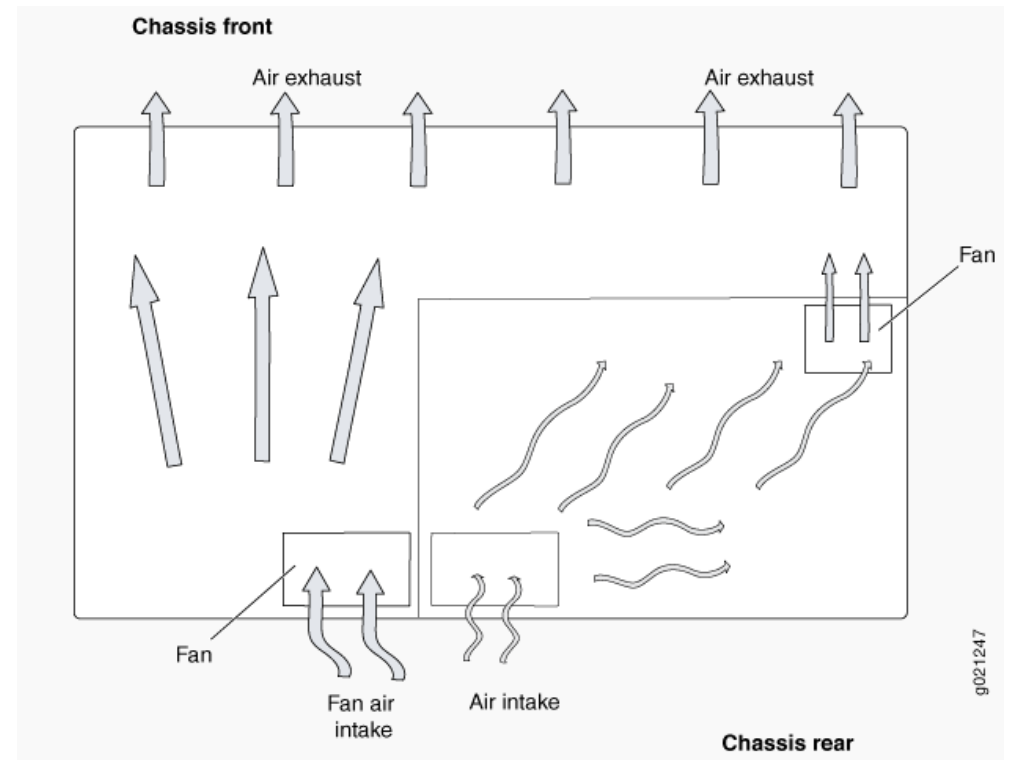
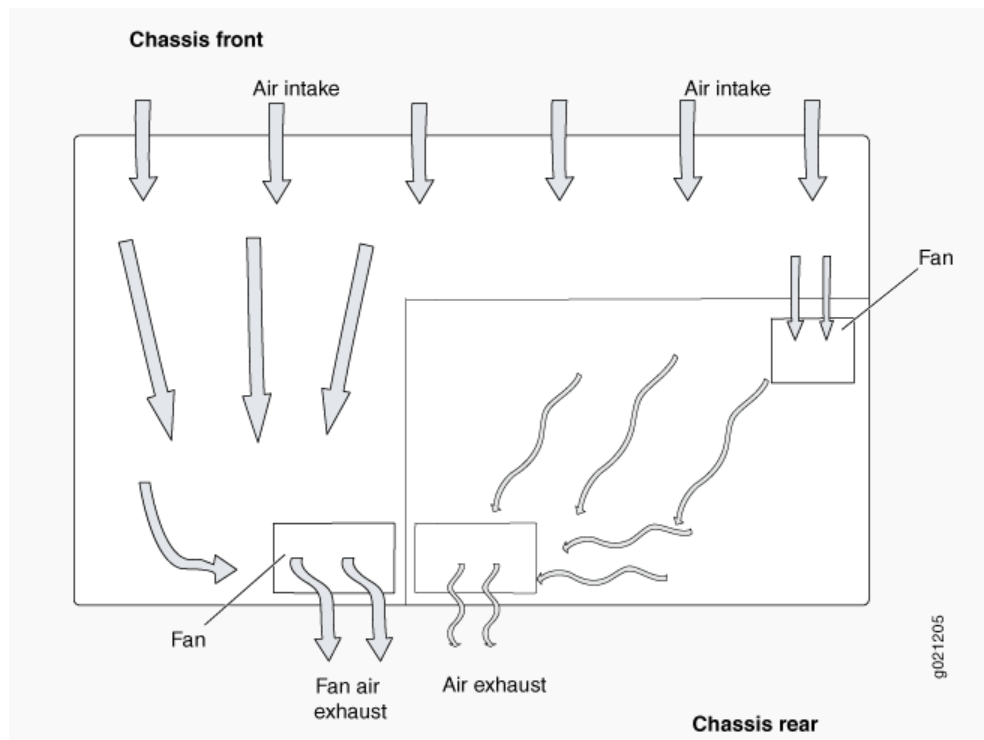
## ▶ Exemple : Juniper Ex 3300

▶ [http://www.juniper.net/documentation/en\\_US/release-independent/junos/topics/reference/specifications/cooling-system-ex3300.1](http://www.juniper.net/documentation/en_US/release-independent/junos/topics/reference/specifications/cooling-system-ex3300.1)

Model	Direction of Airflow
EX3300-24T	Front-to-back
EX3300-24P	Front-to-back
EX3300-24T-DC	Front-to-back
EX3300-48T	Front-to-back
EX3300-48T-BF	Back-to-front
EX3300-48P	Front-to-back

Sur ce modèle simple, prix supérieur de 10% au prix des modèles FTB

## Où sont les ports Ethernet ? Où sont les serveurs ?

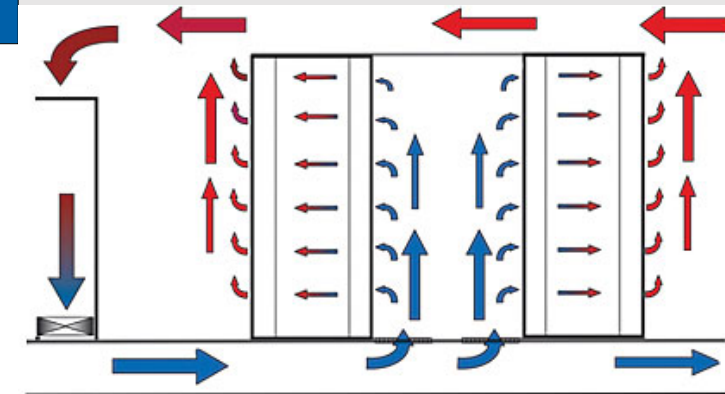


- ▶ La consommation électrique n'est pas virtuelle
- ▶ En 2013, 40 GW pour la consommation globale des DC dans le monde (source : Intervention de Laurent Lefevre, [10 ans d'Ecoinfo, 23 Avril 2015](#))
- ▶ Soit 40 tranches de centrale nucléaire
- ▶ Pour amener l'information vers les Datacenters, les réseaux informatiques consomment environ 69 GW
- ▶ La consommation en phase d'usage est énorme !

- ▶ Il y a 2 pistes principales pour la réduction de consommation électrique totale des Datacentres :
  - Consommer moins pour le refroidissement
  - Consommer moins dans les serveurs informatique
- ▶ Pour consommer moins pour refroidir, il faut :
  - organiser son Datacentre en allées
  - essayer de ré-utiliser les calories produites (pré-chauffage d'air, pré-chauffage d'eau, ...)
  - jeter l'air chaud par la fenêtre et ne pas dépenser d'énergie pour le refroidir !

## ► Organiser son Datacentre

- c'est maintenant le B.A.-BA.
- On ne souhaite pas que les serveurs « respirent » de l'air chaud
- Organisation en *allées* : les faces correspondantes des serveurs (avant, arrière) sont mises en regard.
- Jamais de face arrière qui souffle sur une face avant



## ► Réutiliser les calories

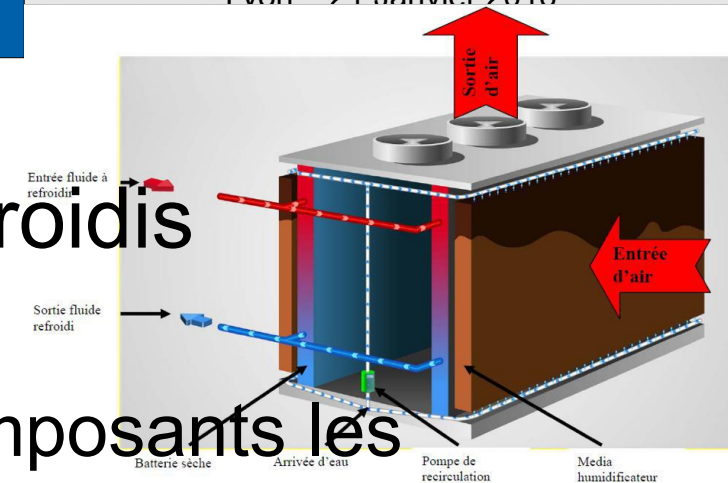
- Il faut des systèmes spécialement conçus
- Présence de besoins de chaleur sur toute l'année
- Il reste toujours des calories *fatales*

- ▶ Jeter l'air chaud par la fenêtre
  - Free-Cooling
  - Se décompose en plusieurs familles
  - Peut conduire à une excellente **efficacité**

- ▶ Ah, mais, au fait, comment mesure-t-on l'efficacité d'un Datacenter ?
- ▶ L'indicateur classique est le PUE, Power Usage Effectiveness. Il existe d'autres indicateurs plus récents et plus détaillés (DCEM par exemple)
- ▶  $PUE \text{ (toujours } > 1) = (\text{Puissance IT} + \text{Puissance refroidissement}) / \text{Puissance IT}$

- ▶ Free-Cooling : utiliser l'air froid / tiède extérieur pour refroidir le fluide caloporteur (eau, air)
- ▶ Free-Cooling à air direct :
  - Faire « respirer » aux serveurs un mélange de l'air extérieur et de l'air qu'ils soufflent
  - Volume d'air nécessaire : 20 000 m<sup>3</sup>/h pour 100 kw IT
  - Exemple : Datacentre Orange à Val de Reuil
- ▶ Free-Cooling indirect
  - Plus traditionnel (cf Dry-coolers)
  - Utiliser l'air extérieur pour refroidir le liquide de refroidissement utilisé pour les serveurs





▶ Nouvelles tendances : serveurs refroidis directement par du liquide :

- à l'eau : l'eau est dirigée vers les composants les plus chauds (processeur, mémoire)
- à l'huile : serveur complet immergé dans l'huile

▶ Avantage : le liquide de refroidissement est à des températures élevées : peut être refroidi au simple contact de l'air extérieur

▶ ⇒ se combine bien avec le Free-Cooling indirect

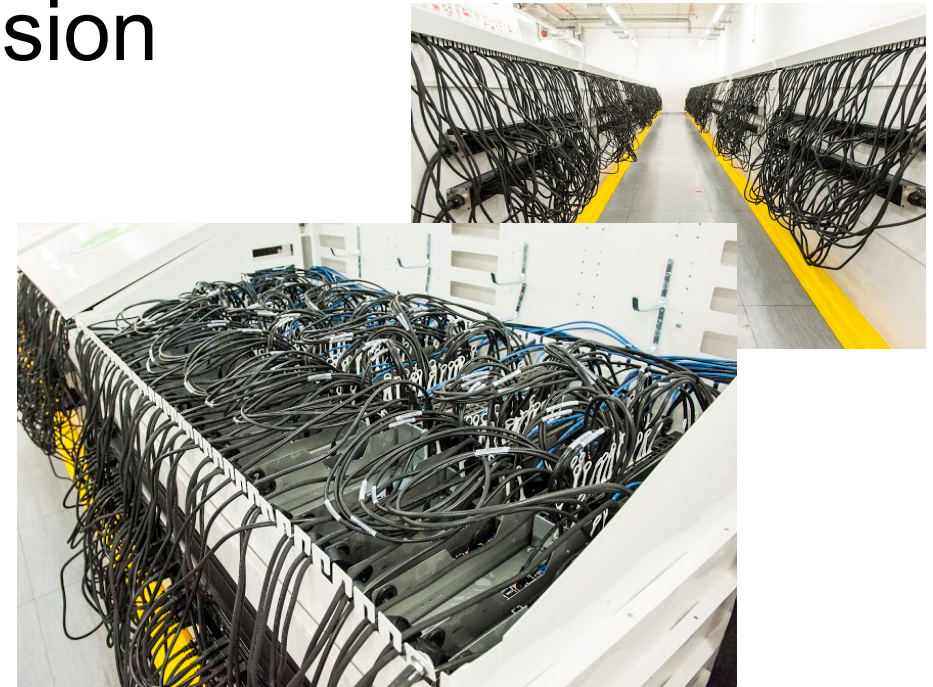
- ▶ Bull commercialise une solution de refroidissement direct à eau, déjà installée :
  - au Centre de calcul Ciment à Grenoble : environ 200 machines  
<http://ecoinfo.cnrs.fr/article335.html>
  - au centre de calcul Calmip, à Toulouse : environ 600 machines  
<http://www.calmip.univ-toulouse.fr/spip/spip.php?article385>
  - au Cines à Montpellier : 2100 serveurs  
<https://www.cines.fr/occigen-le-nouveau-supercalculateur/>
- ▶ Il s'agit déjà de matériel en production !!!
  - <http://www.bull.com/bullx/bullxDLC.html>



- ▶ Serveurs et huile : Centre de calcul Université de Vienne, société Clustervision
- ▶ Serveurs Supermicro  
(*On ne peut plus standard*)
- ▶ Installé en production à l'Université de Vienne :

<http://vsc.ac.at/systems/vsc-3/>

<http://www.grcooling.com/>



- ▶ Les racks ne sont plus des racks mais des cuves
- ▶ Le refroidissement de l'huile elle-même se fait par un simple échangeur

- ▶ Autres tendances : chauffer moins
- ▶ En utilisant des serveurs plus économes
  - Faire varier la fréquence des processeurs quand non utilisés (*cpufreq*) voire éteindre les serveurs
  - Choisir des processeurs à faible consommation (80W versus 130 W). **Impacts pour les codes de calcul ?**
  - Éteindre les composants non utilisés des processeurs : aujourd'hui
  - Écrire des programmes informatiques energy-aware
- ▶ En diminuant le nombre de serveurs : virtualisation !
  - À la marge dans le HPC ?

- ▶ Les PC administratifs sont rarement utilisés la nuit
- ▶ Même si le démarrage est long, les éteindre la nuit
  - GPO dans Active Directory
  - Programmer allumage automatique dans le Bios ou par Wake-On-Lan. **Le PC continue à consommer...**
    - Éventuellement réglage pré-réalisé en usine (CFI), possible dans Matinfo3
    - Utiliser le PowerShell de Windows
  - Optimisation de la durée d'allumage possible en passant en *suspend* plutôt que extinction complète. **Le PC continue à consommer...**

- ▶ *Mais mon PC rame !* (trémolos dans la voix, aussi précis que « Internet ne marche plus »)
- ▶ Avant d'en acheter un nouveau :
  - Que signifie ramer ?
  - Diagnostiquer en présence de l'utilisateur
- ▶ Quelques remèdes faciles à tester :
  - Optimiser l'environnement logiciel si applicable (obésiciels, dernières versions indispensables ?)
  - Ajouter de la RAM
  - Changer le disque pour un SSD
  - Vérifier les accès réseaux dans un domaine AD



- ▶ À l'achat, les imprimantes sont aussi pourvues de labels environnementaux (dont Energy Star)
- ▶ N'imprimez que si nécessaire, et sur des imprimantes mutualisées.
  - Le coût à la page est bien inférieur (en raison du prix des consommables)
- ▶ Les imprimantes consomment du papier... et du toner, soit 2 éléments sur lesquels on peut agir !
  - Papier recyclé
  - Mode brouillon par défaut (moins de Toner)
  - Recto-Verso ou ré-utilisation de papier déjà imprimé



- ▶ La consommation des serveurs n'est que partiellement proportionnelle à leur charge
- ▶ Pour consommer plus efficacement l'énergie sur un serveur, on veillera à utiliser au maximum les ressources disponibles :
  - éviter d'utiliser le TurboBoost : + forte consommation mais dispersion statistique des performances
  - charger tous les coeurs (`parallel`, `OpenMPI`, `MPI`,...)

▶ Démonstration....



- ▶ Pour consommer moins d'énergie :
  - Faire varier la fréquence des processeurs en fonction de la charge (famille de modules `cpufreq_xxx`)
  - Éteindre les serveurs non utilisés. Ceci est programmable dans Slurm par exemple.  
Problèmes de mise en place dans notre expérience
  - N'utiliser qu'une des alimentations des serveurs  
Perte de redondance mais peut être compatible avec la classe de service du HPC
  - Laisser le choix à l'utilisateur de tolérer une baisse de performance de quelques % :

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/abstractAuthors.jsp?reload=true&arnumber=7039158>

- ▶ Lien supplémentaire :
  - <http://ecoinfo.cnrs.fr/rubrique12.html>
- ▶ Pensez à mesurer la consommation de papier et de consommables
- ▶ Utiliser des polices économes en encre :
  - Garamond, Courier, Times New Roman, Helvetica, Century Gothic
  - EcoFont Vera Sans (avec des trous dans les lettres)

Bonnes  
pratiques

- ▶ Introduction
- ▶ Le cycle de vie de nos ordinateurs
- ▶ Bien acheter
- ▶ Bien utiliser
- ▶ Bien recycler
- ▶ Conclusion

- ▶ Avant de recycler, penser à réparer
- ▶ De nombreuses sociétés proposent leurs services
- ▶ Do-it yourself :
  - <http://www.ifixit.com> Bien documenté pour le monde Apple
- ▶ Les cartes mères contiennent de plus en plus de composants
  - Si certains périphériques intégrés sont HS, pourquoi ne pas les remplacer par leurs équivalents en USB ? Ex : carte son

- ▶ Le matériel est-il réellement HS ?
- ▶ Peut-il être ré-utilisé ?
  - En interne : jouvence de matériel plus ancien encore
  - En externe : don en respectant les procédures.
  - Cf <http://ecoinfo.cnrs.fr/article66.html>
- ▶ Pour le matériel de plus de 5 ans, le passage par France Domaines n'est plus nécessaire
  - Le matériel peut être cédé gratuitement aux personnels de nos établissements
  - Mais ou finira-t-il ensuite ?

- ▶ Les équipements informatiques au au rebut font partie des DEEE. Cf début de cet exposé : 17 à 23 kg/an/habitant
- ▶ Le recyclage des déchets IT professionnels doit être gratuit pour vous, il est pris en charge par les constructeurs. Directive DEEE 2012/19/UE
- ▶ 2 interlocuteurs :
  - Service prévention, hygiène et sécurité de votre établissement
  - Constructeur informatique



- ▶ Dans le processus : se renseigner auprès du constructeur sur les conditions. Souvent :
  - Poids minimal (200 kg à 1 Tonne dans Matinfo3. Soit 50 serveurs ou 100 PC)
  - Palettisé
  - Matériel de tout constructeur
- ▶ Si applicable, pourquoi ne pas effacer les données avant de palettiser vos équipements ?
  - Trouer le disque dur à la perceuse (rapide et amusant)
  - Formater le disque à bas niveau

- ▶ Ce qui est prévu dans Matinfo3 ? **retour d'expérience**
  - Apple : seuil d'enlèvement à 200kg
  - Dell : 500 kg, cf le site <http://www.dell-weee.com>  
[https://dell.trade-in-platform.com/\\_ContentB2BFR/Landingpage.fr-FR.html](https://dell.trade-in-platform.com/_ContentB2BFR/Landingpage.fr-FR.html)
- ▶ Vous pouvez également contacter directement les éco-organismes agréés :
  - EcoLogic
  - ERP/Paprec
- ▶ Cf Guide pratique Eco-Info **disponible ici**

- ▶ Le service hygiène, prévention et sécurité de votre établissement est en charge des déchets
- ▶ N'hésitez pas à le contacter. Certains des éléments du traitement des DEEE lui sont peut-être plus familiers qu'à vous

- ▶ Introduction
- ▶ Le cycle de vie de nos ordinateurs
- ▶ Bien acheter
- ▶ Bien utiliser
- ▶ Bien recycler
- ▶ Conclusion

- ▶ L'IT est une industrie polluante
- ▶ Nous pouvons agir à tous les niveaux de la phase de vie des équipements
- ▶ La phase de conception sera éco-responsable par contrainte (légale, déplétion des ressources)

- ▶ Nous sommes tous utilisateurs de TIC, comment réduire l'impact de notre activité ?
  - Urbaniser nos datacentres si nécessaire
  - Se ranger aux normes les plus récentes (jusqu'à 35°C en face avant d'un serveur)
  - Mesurer puis diminuer la consommation électrique
  - Organiser la collecte des DEEE
  - Penser aux garanties longues (5 à 7 ans)
  - Éteindre les PC
  - Réparer les équipements

- ▶ Site Ecoinfo : <http://ecoinfo.cnrs.fr>
- ▶ Site Matinfo : <http://matinfo-esr.fr>
- ▶ Quelques documents utiles : Eco-guide établi par Ecoinfo :  
<https://seafire.unistra.fr/f/968f622842/>
- ▶ Bonnes pratiques Datacentres :  
<https://www.renater.fr/campus-best-practice-en-france>
- ▶ Merci de votre attention
- ▶ Et maintenant... à vous de jouer !