
ACV du parc informatique de l'ENSEIRB-MATMECA

Pedro Henrique Rodriguez Russo - João Pedro Neto de Abreu

Janvier 2025

I Ordinateur Dell de type tour T1700/3620

L'ordinateur que nous avons représenté dans ce TP est un ordinateur de type tour Dell T1700/3620.

I.1 La carte mère

La carte mère utilisée dans cet ordinateur (figure 1a) a été fabriquée en Chine et elle est composée de :

- 54,18 g de condensateur, type électrolyte
- 91,5 g de condensateur, pour montage en surface
- 81,2 g de connecteur électrique, bus d'interconnexion de composants périphériques
- 182 g de connecteur électrique, bus de type périphérique
- 17 g d'inducteur, puce multicouche de faible valeur
- 50 g de circuit intégré, type logique
- $6,71 \times 10^4 \text{ mm}^2$ de montage, technologie de montage en surface, soudure sans Pb
- $6,71 \times 10^4 \text{ mm}^2$ de carte de câblage imprimée, pour montage en surface, surface sans Pb
- 64 mm^2 Plaquette, fabriquée, pour circuit intégré



(a) Carte mère de l'ordinateur Dell T1700/3620



(b) Chassis de l'ordinateur Dell T1700/3620

FIGURE 1 – Carte mère et chassis de l'ordinateur Dell T1700/3620

Le problème de cette modélisation est la limitation aux composants principaux de la carte mère sans prendre en compte les autres composants qui la compose comme par exemple les dissipateurs thermiques et les composants de base comme le substrat FR4 et le cuivre dans les pistes.

De plus, le boîtier de la carte mère n'est pas pris en compte ni son emballage.

I.2 Le chassis de l'ordinateur

- 0,15 kg de copolymère acrylonitrile-butadiène-styrène
- 1,8 m de câble, connecteur pour ordinateur, sans fiches
- 3,0 m de câble, câble réseau, catégorie 5, sans fiches
- 0,05 kg de câble, câble plat, 20 broches, avec fiches
- 1 fiche, entrée et sortie, pour câble d'ordinateur
- 1 fiche, entrée et sortie, pour câble réseau
- $0,53 \text{ m}^2$ de peinture en poudre, acier
- 5 kg de laminage de tôles, acier
- 5 kg de acier, faiblement allié, laminé à chaud
- 0,15 kg de moulage par étirage-soufflage
- 1 ventilateur de 120 mm
- 1 ventilateur pour la tour

La modélisation du chassis (figure 1b) est très simpliste car elle ne prend pas en compte les autres composants de la tour comme les vis, les entretoises, les plastiques de protection, le carton d'emballage et

la colle. De plus, il n'y a pas de prise en compte des autres composants de la tour comme le lecteur/graveur CD/DVD et l'alimentation et 3 mètres de câble de réseau est beaucoup trop pour un ordinateur de bureau.

Néanmoins, la modélisation a aussi des points positifs comme la distinction de câble, les matériaux qui sont bien représentés et l'utilisation cohérente des unités.

Assemblage de l'ordinateur

Dans [2], il est décrit le processus de fabrication de l'ordinateur ainsi que les déchets provoqués par la fabrication de l'ordinateur.

Le processus d'assemblage de l'ordinateur consomme en moyenne 0,245 Kwh et 1,6 m³ d'eau pour un ordinateur de type tour.

I.3 Comparaison du bilan carbone

Après avoir modélisé l'ordinateur, pris en compte l'emballage et le transport depuis Chine jusqu'à en France, nous avons pu calculer le bilan carbone de l'ordinateur Dell T1700/3620 et nous avons obtenu un bilan carbone de 290,36 kgCO₂ eq.

Dans l'étude fournie par DELL dans le document [1], il est indiqué que le bilan carbone de l'ordinateur est de 340,26 kgCO₂ eq.

Cette différence peut être expliquée par le fait que nous n'avons pas pris en compte les autres composants de l'ordinateur comme le lecteur/graveur CD/DVD, l'alimentation et les autres composants de la carte mère. De plus, nous n'avons pas pris en compte les autres composants de la tour comme les vis, les entretoises, les plastiques de protection, le carton d'emballage et la colle. Mais aussi sur le fait que le transport des ordinateurs ne se fasse pas vers la même destination.

II Utilisation de DELL T1700/3620 à l'école

Dans cette section, nous évaluons le bilan carbone lié à l'utilisation de 600 ordinateurs DELL T1700/3620 à l'ENSEIRB-MATMECA sur une période de 5 ans, correspondant à leur cycle de vie.

Pour ce faire, nous avons modélisé dans *openLCA* les 600 ordinateurs, en utilisant les *flows* créés précédemment. Nous avons également pris en compte l'électricité consommée pour leur fonctionnement.

D'après nos recherches, chaque ordinateur consomme en moyenne 290 W. Sur 5 ans, cela correspond à une consommation énergétique totale de :

$$E_{\text{totale}} = 600 \times 290 \text{ W} \times 24 \text{ h/j} \times 365 \text{ j/an} \times 5 \text{ ans} = 8,17 \times 10^8 \text{ Wh}$$

Ce qui nous donne, selon les résultats obtenus dans *openLCA*, un bilan carbone estimé à :

$$\text{Bilan carbone total} \approx 2,22 \times 10^5 \text{ kgCO}_2 \text{ eq}$$

II.1 Analyse des phases du cycle de vie

Le cycle de vie d'un ordinateur se divise principalement en deux grandes phases :

- **Phase de fabrication** : extraction des matières premières, fabrication des composants, assemblage, et transport.
- **Phase d'usage** : consommation énergétique, maintenance, et mise à niveau des logiciels.

Selon l'étude de DELL [1], la phase de fabrication comprend les contributions des matériaux, de la fabrication proprement dite, ainsi que de la distribution. La phase d'usage, quant à elle, regroupe l'utilisation ainsi que la gestion de la fin de vie du matériel.

D'après cette étude et notre propre modélisation, les composants les plus impactants en termes d'émissions sont la carte mère et la carte graphique.

II.2 Bilan carbone par étudiant

Nous cherchons maintenant à estimer l'empreinte carbone associée à l'usage informatique d'un étudiant sur ses trois années de formation à l'ENSEIRB-MATMECA. Pour cela, nous procédons aux calculs suivants :

$$\frac{2,22 \times 10^5 \text{ kgCO}_2 \text{ eq}}{600} = 370 \text{ kgCO}_2 \text{ eq par étudiant pour 5 ans}$$

$$\frac{3}{5} \times 370 = 222 \text{ kgCO}_2 \text{ eq sur 3 ans}$$

Ainsi, l'impact carbone moyen associé à l'usage informatique d'un étudiant sur l'ensemble de sa scolarité est estimé à 174 kgCO₂ eq.

III Utilisation des ordinateurs Raspberry Pi et serveurs à l'école

Dans cette troisième phase, nous remplaçons les 600 ordinateurs DELL T1700/3620 par des Raspberry Pi, reliés à 6 serveurs, et nous réitérons les manipulations dans *openLCA* afin d'évaluer l'empreinte carbone de cette nouvelle configuration. L'objectif est de comparer les deux approches pour déterminer la solution la plus durable.

La consommation électrique totale de l'infrastructure composée des 600 Raspberry Pi et des 6 serveurs s'élève à :

$$E_{\text{totale}} = 1,76 \times 10^4 \text{ Wh}$$

Cette consommation se répartit comme suit :

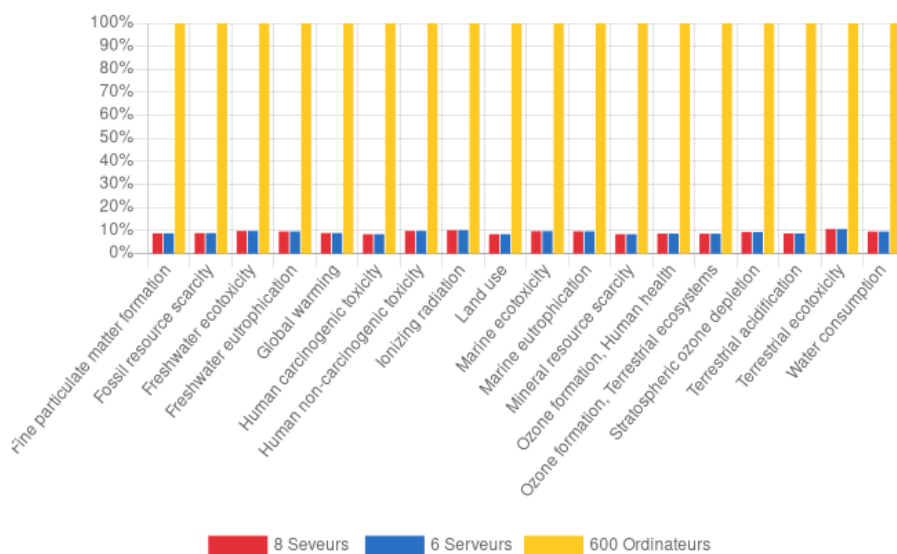
- **48 %** provient des 600 Raspberry Pi, soit environ 8 608 Wh.
- **26 %** est due aux 6 serveurs, soit environ 4 705 Wh.
- Le reste de la consommation est attribué à l'électricité consommée indirectement en France pour le fonctionnement global du réseau et de l'infrastructure.

L'impact carbone total estimé pour un serveur est de 784,25 kgCO₂ eq. La répartition de cet impact entre les différents composants est la suivante :

- **2 GPU** : 7 %
- **3 disques durs (HDD)** : 6 %
- **2 cartes mères** : 30 %
- **8 barrettes de RAM** : 6 %

En ce qui concerne les Raspberry Pi, l'impact carbone moyen d'un seul appareil est estimé à 14 kgCO₂ eq.

Comparaison avec les ordinateurs DELL T1700/3620



Pour rappel, la configuration initiale avec les 600 DELL T1700/3620 présentait une consommation énergétique de $8,17 \times 10^8$ Wh et un bilan carbone global estimé à $2,22 \times 10^5$ kgCO₂ eq sur cinq ans.

En comparaison, la nouvelle solution composée de Raspberry Pi et de serveurs montre des résultats nettement plus favorables :

- **Impact carbone des 600 Raspberry Pi** : $600 \times 14 = 8,400$ kgCO₂ eq
- **Impact carbone des 6 serveurs** : $6 \times 784,25 = 4,705,5$ kgCO₂ eq

$$\text{Total (nouvelle solution)} = 8,400 + 4,705,5 = 13,105,5 \text{ kgCO}_2 \text{ eq}$$

Cette solution alternative permettrait donc de réduire l'empreinte carbone d'un facteur supérieur à 16, en passant de plus de 222 000 kgCO₂ eq à environ 13 100 kgCO₂ eq. Cette réduction significative démontre l'intérêt environnemental d'une architecture informatique distribuée et légère, centrée sur des terminaux peu énergivores associés à des serveurs centralisés.

Limites de l'étude

Cependant, cette étude présente certaines limitations qu'il convient de souligner. Tout d'abord, la composition exacte des ordinateurs utilisés (DELL T1700/3620, serveurs, Raspberry Pi) n'est peut-être pas parfaitement représentée dans notre modélisation, ce qui peut introduire des imprécisions dans les résultats.

Enfin, nous avons supposé que les pays producteurs des composants électroniques utilisaient une source d'électricité équivalente à celle de la France, notamment en matière de mix énergétique. Cette hypothèse, bien que pratique pour la modélisation, ne reflète pas nécessairement la réalité, certains pays pouvant recourir à des énergies plus carbonées, ce qui impacterait significativement le bilan final.

Avantages et inconvénients de chaque stratégie

La stratégie consistant à équiper l'école de 600 ordinateurs DELL T1700/3620 présente un avantage certain en matière de confort pour les étudiants. En effet, chaque utilisateur dispose d'un poste de travail, disponible à tout moment, sans dépendance vis-à-vis d'une infrastructure réseau. Cette configuration garantit une puissance de calcul locale élevée et une réactivité optimale, ce qui est particulièrement appréciable pour les applications exigeantes.

Cependant, cette solution se révèle extrêmement énergivore et engendre une empreinte carbone très élevée, tant au niveau de la phase de fabrication que de la consommation électrique durant le cycle de vie des machines. Elle s'inscrit donc difficilement dans une démarche de développement durable.

La seconde stratégie, basée sur des terminaux légers (Raspberry Pi) couplés à des serveurs centraux, permet de réduire considérablement l'impact environnemental, aussi bien en termes d'énergie consommée que d'émissions de gaz à effet de serre. Elle est également plus flexible et plus économique à long terme.

Néanmoins, cette configuration repose fortement sur une infrastructure réseau performante et une gestion efficace des ressources serveur. En cas de forte affluence, si un grand nombre d'étudiants se connectent simultanément, des ralentissements peuvent survenir, affectant le confort d'utilisation et la fluidité du travail. De plus, la maintenance de cette architecture centralisée requiert une expertise technique spécifique.

Passage a 8 serveurs

La conclusion finale reste inchangée, bien que l'augmentation de la consommation énergétique totale soit d'environ 12 %, car l'impact carbone global demeure environ 10 % inférieur à celui des ordinateurs DELL T1700/3620.

Références

- [1] Dell precision tower 3620 : Estimated product carbon footprint. Technical report, Dell Inc., August 2018. URL https://i.dell.com/sites/csdocuments/CorpComm_Docs/en/carbon-footprint-precision-3620.pdf. Consulté le 6 avril 2025.
- [2] Roland Hischier, Marlen Classen, Martin Lehmann, and Wolfram Scharnhorst. Life cycle inventories of electric and electronic equipment : Production, use and disposal. Technical Report Ecoinvent report No. 18, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, Switzerland, 2007. URL https://moodle.bordeaux-inp.fr/pluginfile.php/288479/mod_resource/content/5/18_III_Electronics_devices_ACVecoinvent0rdi.pdf. Part III : Electronic Devices, Version 2.0.