

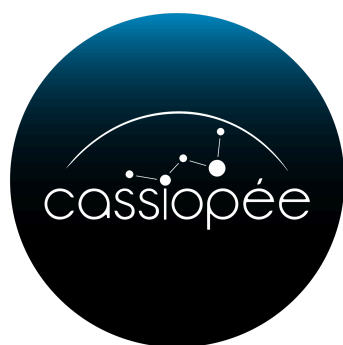
Rapport de synthèse

Projet 21 - WattFor

Expériences pour estimer la consommation en KWh de jeux
multijoueurs comme Fortnite

Mathieu COUTANT, Léo GIZARD, Margot PELLEGRIN

Encadré par Michel SIMATIC



8 Juin 2023

Table des matières

Table des matières	2
Introduction	3
I - Evaluation de la consommation côté client	4
Problème de la consommation énergétique	4
Expérience	5
Interprétations	6
II - Statistiques pour évaluer la consommation totale	8
Statistiques concernant les joueurs Fornite	8
Statistique concernant les joueurs PC	9
III - Evaluation de la consommation côté serveur	10
Avec un jeu SFML	10
Analyse du trafic réseau de Fortnite	10
Simulation du trafic réseau de Fortnite	11
Consommation du réseau	13
Conclusion	13
IV - Résultats finaux des mesures	14
Hypothèses préliminaires aux calculs	14
Estimation de la consommation des joueurs PC	14
Estimation de la consommation des joueurs consoles	15
Estimation de la consommation côté serveur	16
V - Extension du problème	17
Conclusion	17
Remerciements	18
Annexe	18
Bibliographie	18

Introduction

Le monde étant menacé par le réchauffement climatique et l'augmentation incessante de la consommation électrique mondiale, la question de réduction de la consommation énergétique est devenue cruciale pour le futur de notre planète.

Dans ce contexte, le projet Wattfor a pour but premier l'évaluation de la consommation électrique des jeux vidéo multijoueurs regroupant un grand nombre de joueurs. Ces jeux-vidéos ont gagné en popularité ces dernières années notamment via le genre du *Battle Royale*. De plus en plus de joueurs jouent régulièrement à ce genre de jeux vidéo. La conséquence directe est que la consommation énergétique de tels jeux augmente elle aussi. Un jeu représentatif de cette tendance est Fortnite qui a monopolisé l'attention du monde du jeu vidéo multijoueur dès sa publication en 2017. Nous allons donc prendre nos mesures sur ce jeu et essayer d'estimer sa consommation électrique.

La question qui vient après est de se demander si une telle consommation électrique est vraiment nécessaire. Ce qui explique le nom du projet "Wattfor". Cette énergie pourrait-elle être plus utile ailleurs ? Quel est le rôle du divertissement au final ?

Pour nous conseiller nous avons fait appel à Stéphane Randanne, un expert du milieu du jeu vidéo avec lequel nous avons tenté d'apporter des réponses sur la consommation des jeux, et leur nécessité.

I - Evaluation de la consommation côté client

Problème de la consommation énergétique

Fortnite va principalement consommer chez le client, c'est-à-dire chez le joueur, de par le matériel informatique qui va exécuter les calculs et faire l'affichage. Cependant la consommation électrique côté client est très compliquée à estimer pour plusieurs raisons.

La première et la plus significative est que chaque personne possède une configuration différente qui va consommer différemment.

Le jeu *Fortnite* est jouable sur plusieurs plateformes ; PS4, PS5, Nintendo Switch, Xbox One, PC fixes et portable. Chacune de ses plateformes consomment différemment. Pour les consoles, on peut considérer que la consommation est la même d'une console à l'autre. Mais en ce qui concerne les PC, les choses sont plus compliquées puisque chaque PC a une configuration et une puissance différente et donc va consommer différemment. On peut aussi ajouter le fait que les PC portables sont eux aussi différents dans leur manière de consommer.

La deuxième raison concerne les sources de consommation d'énergie liée au jeu qui sont multiples.

En effet la principale source de consommation va être pendant l'utilisation du jeu mais on peut trouver de multiples sources de consommations. Ces sources sont pour la plupart ponctuelles. On y retrouve le téléchargement du jeu ainsi que ses mises à jour régulières qui vont consommer de l'électricité chez le clients et dans le réseau. On peut aussi prendre en compte les différents achats liés au jeu qui vont nécessiter des transactions avec les banques et consommer de l'énergie. Ainsi que les activités du studio après la publication du jeu : le support technique via des forums ou des mails mais aussi le tracking du jeu, c'est-à-dire toutes les données que recueille et stocke le studio pour faire des statistiques sur ses joueurs. Encore une fois, ces nombreuses sources dépendent de nombreux facteurs qui sont difficiles à évaluer.

On peut également noter que la consommation électrique du jeu en direct va varier en fonction de ce qui se passe dans le jeu. Dans le lobby, le jeu nécessite normalement moins de calculs qu'en jeu et donc la consommation en attente dans le lobby est différente de celle en jeu.

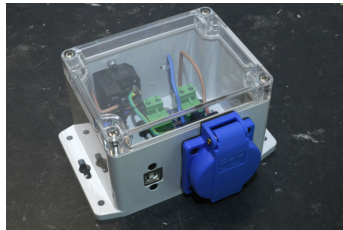
Face à tous ces problèmes, nous avons décidé de rechercher une idée de la consommation globale de Fortnite et non pas une mesure précise. Le but va surtout être de trouver un ordre de grandeur de cette consommation.

De manière assez évidente, la plus grande consommation électrique nous semblait être celle de la plateforme côté client, hypothèse qui nous a aussi été confirmée par Stéphane Randanne. Nous avons donc décidé de nous concentrer sur la consommation électrique de la plateforme quand le jeu est lancé côté client. Par contrainte matérielle, nous avons été obligés d'effectuer nos mesures uniquement sur des PC portables. Elles ne seront donc uniquement représentatives que de la consommation des joueurs sur PC portable. Mais nous pouvons sans trop de problème étendre nos mesures aux PC fixes, ce qui représente beaucoup plus de joueurs.

Expérience

Notre première expérience a pour but d'évaluer la consommation électrique de Fortnite sur nos machines de tests.

Nous avons utilisé un appareil appelé Yocto-Watt (figure I.a). Il suffit de le brancher à une prise, de brancher notre appareil dessus et d'observer la consommation en direct.



I.a - Yocto-Watt (<https://www.yoctopuce.com/FR/products/capteurs-electriques-usb/yocto-watt>)

Pour que la consommation électrique mesurée par le Yocto-Watt soit représentative de la consommation énergétique due au jeu, nous avons pris plusieurs précautions. Premièrement il faut que l'ordinateur portable soit totalement chargé. Dans le cas contraire, le PC consommerait davantage pour recharger sa batterie. De plus, il faut aussi faire attention à ce que le jeu soit la seule activité de l'ordinateur. Cela implique que toutes les mises à jour soient faites et que le jeu soit la seule application ouverte sur l'ordinateur.

Nous avons effectué nos mesures sur des ordinateurs portables aux spécificités différentes afin de pouvoir comparer les consommation en fonction de ce que peuvent posséder les joueurs.

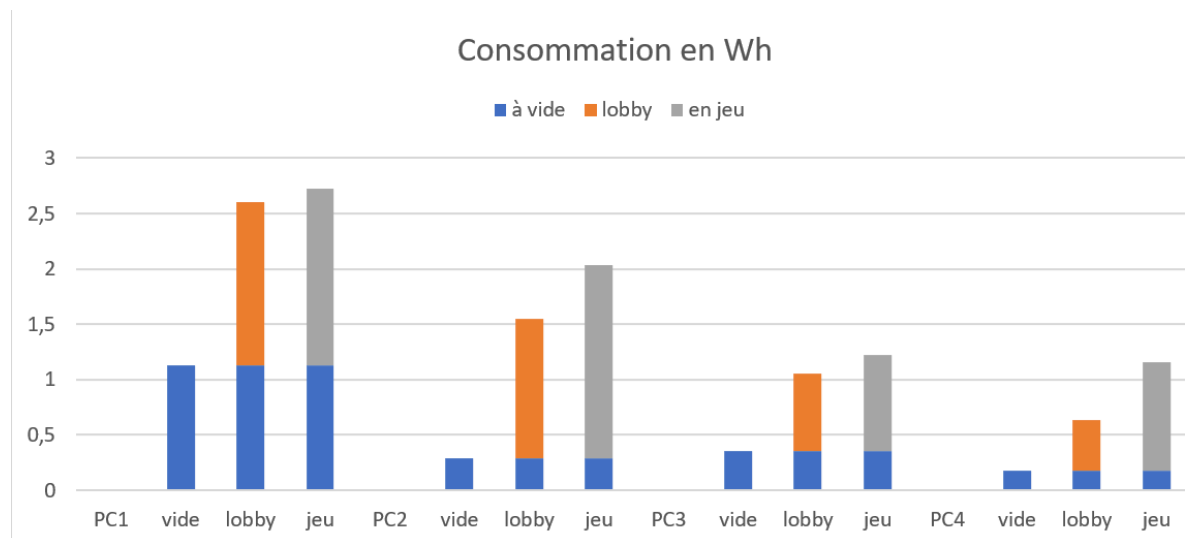
- PC1
 - processeur : Intel(R) XEON(R) E-2186M, 2.90Ghz
 - RAM : 64.0 Go
 - carte graphique : NVIDIA Quadro P5200 (1Go RAM)
- PC2
 - processeur : AMD Ryzen 5 5600H, 3301Mhz, 6 coeurs
 - RAM : 16.0 Go
 - carte graphique : NVIDIA GeForce RTX 3060 Laptop (1Go RAM)
- PC3
 - processeur : AMD Ryzen 7 5800H avec Radeon Graphics, 3.20Ghz
 - RAM : 16.0 Go avec 13.9 utilisable
 - carte graphique : intégrée au processeur
- PC4
 - processeur : AMD Ryzen 5 2500U with Radeon Vega Mobile Gfx, 2.00 GHz
 - RAM : 8.0 Go
 - carte graphique : NVIDIA GeForce GTX 1050

Les différentes mesures visibles sur la figure I.b et I.c relevées grâce au Yocto-Watt nous ont permis de ramener les différents types de consommation en consommation de Wh par minute. En ce qui concerne les mesures du lobby et en jeu, nous avons soustrait la

mesure à vide pour chaque PC afin de se rendre compte de la consommation de la tâche en elle-même.

	PC1	PC2	PC3	PC4
Mesures à vides	1.129	0.288	0.350	0.177
Mesures dans le lobby	1.473	1.261	0.705	0.458
Mesures en jeu	1.594	1.749	0.874	0.975

I.b - Résultats des mesures côté client en Wh/min

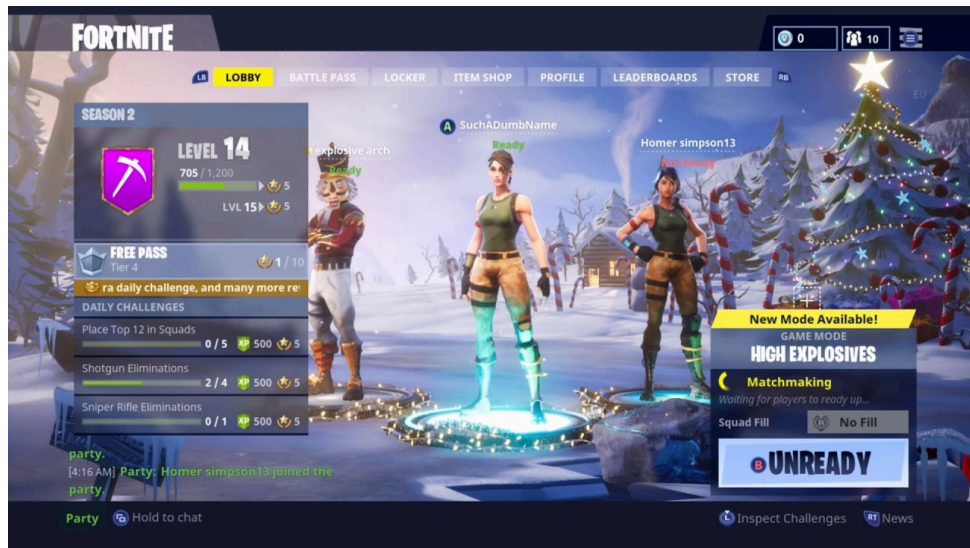


I.c - Consommation en Wh de la tâche ramenée sur une minute

Interprétations

On constate que de manière générale, plus l'ordinateur est puissant avec sa carte graphique ou son processeur ou sa RAM, plus ce dernier consomme de Wh à la minute. Cela s'explique en grande partie par la demande énergétique des différents composants de l'ordinateur, plus on a de la performance machine, plus la consommation va être élevée, c'est ce qui explique notamment la consommation à vide. D'autre part, les jeux vidéos cherchent à faire vivre une expérience au joueur qui soit la meilleure possible, c'est-à-dire que le jeu va toujours pousser l'ordinateur à ses performances maximales pour donner au joueur les meilleurs graphismes, le meilleur framerate (image par seconde), etc. Si l'ordinateur ne permet pas de telles performances car le jeu serait beaucoup trop lent, ce dernier va consommer beaucoup moins.

Un aspect intéressant de nos mesures est la consommation dans le lobby. En effet, celle-ci est assez élevée, comparée à la mesure à vide et en jeu. Pour certains PC, nous sommes assez proches de la consommation en jeu. En sachant que le lobby n'est utile qu'à la communication des joueurs dans une même équipe avant de lancer une partie, au choix des visuels pour notre personnage. L'affichage des rendus dans le lobby n'est pas particulièrement dynamique (cf. figure I.d) : la consommation paraît excessive pour la nature de la tâche.



I.d - Exemple de lobby Fortnite pendant la période de Noël

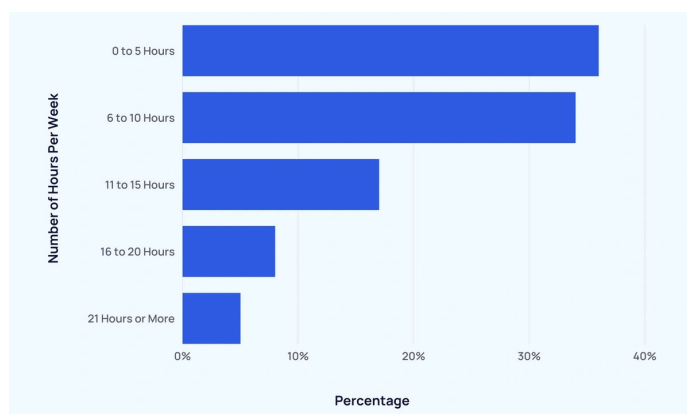
L'explication de cela vient du code du jeu. En effet, comme précisé précédemment, l'objectif du jeu est de rendre l'expérience utilisateur la meilleure qui soit. Le code optimise donc un maximum du côté processeur et carte graphique lors de la phase de jeu (donc optimisé d'un point de vue énergétique) afin d'éviter un maximum les bugs, les ralentissements et tout ce qui peut nuire au plaisir du joueur. Cependant, dans le lobby, le joueur n'a pas besoin de cette optimisation et donc le code est assez brutal avec le processeur et la carte graphique. Le framerate n'est pas limité dans le lobby dans la plupart des jeux, ce qui entraîne un excès de travail pour la carte graphique, qui n'est absolument pas utile ni nécessaire.

Si les développeurs cherchent à optimiser un code de jeu vidéo d'un point de vue énergétique, il serait donc intéressant pour eux de se pencher sur l'optimisation des lobbys, surtout que c'est une fenêtre qui peut rester ouverte assez longtemps sur les PC sans que le joueur ne cherche forcément une partie.

II - Statistiques pour évaluer la consommation totale

Statistiques concernant les joueurs Fornite

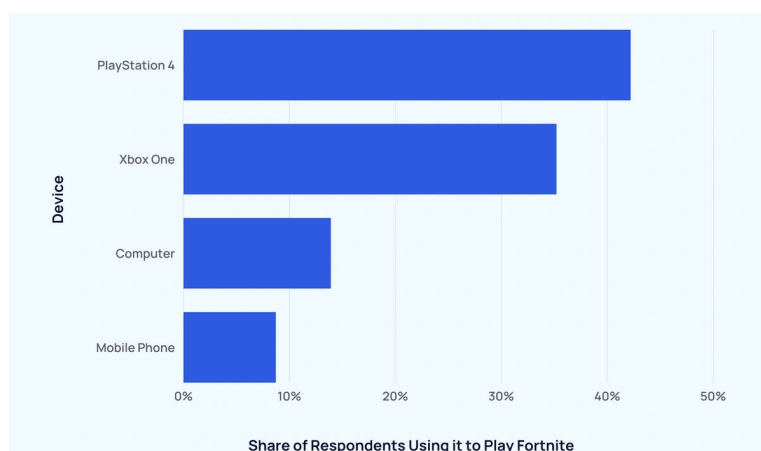
D'après une enquête financière réalisée par [LendEdu, 2023] sur un échantillon de 1000 joueurs fortnite (figure II.a), 36% des joueurs jouent moins de 5h par semaine, 34% jouent entre 6 et 10h par semaine, 17% entre 11 et 15h par semaine, 8% de 16 à 20h par semaine, et les 5% restants jouent plus de 21h.



II.a - Répartition des joueurs en fonction du nombre d'heures jouées

En Mai 2020, Epic Games a annoncé avoir dépassé les 350 millions de joueurs "inscrits" et en 2023 Epic Games annonce avoir eu 70 millions de joueurs actifs durant le mois de Mars. C'est ce nombre de 70 millions de joueurs actifs que nous utiliserons pour nos calculs.

En ce qui concerne la répartition des joueurs Fornite sur les différentes plateformes, nous remarquons sur la figure II.b que la majorité des joueurs jouent sur console : 42,2% sur PlayStation 4, 35,2% sur Xbox One, 13,9% sur PC, et 8,7% sur smartphone [LendEdu 2023].



II.b - Répartition des joueurs de Fortnite en fonction des plateformes

Nos mesures ayant été réalisées uniquement sur PC, nous nous intéresserons uniquement à la consommation des joueurs PC.

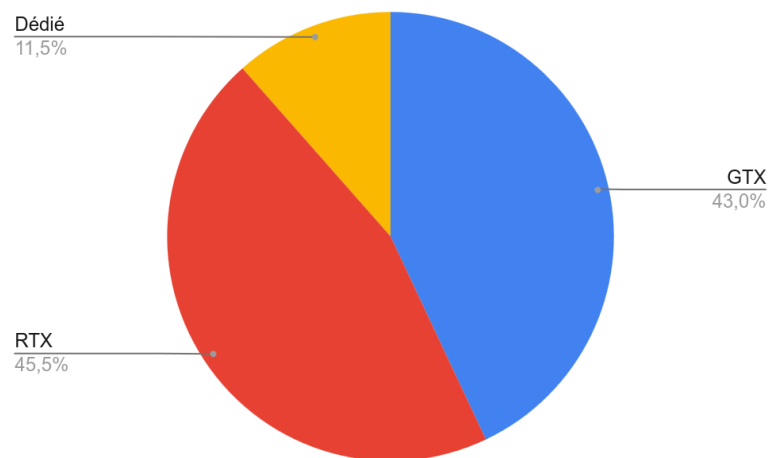
Statistique concernant les joueurs PC

Afin d'estimer plus finement la consommation des joueurs PC, il faut estimer leur configuration matérielle. Sur le site d'Epic Games [Epic Games, 2023], différentes configurations matérielles sont mises en avant. La configuration minimum, qui ne nécessite pas de GPU dédiée. La configuration recommandée, qui nécessite une carte graphique Nvidia GTX 960 ou une carte graphique équivalente. Enfin la configuration "Epic" nécessite une carte graphique Nvidia RTX 3070 ou une carte graphique équivalente. Ces trois configurations correspondent respectivement aux PC3, PC4 et PC2 sur lesquels les mesures de consommations énergétiques en jeu ont été réalisées.

A l'aide du sondage hardware mensuel conduit par [Steam 2023], nous pouvons estimer les configurations des joueurs :

- 43% des joueurs possèdent une carte graphique GTX ou équivalente
- 45,5% des joueurs possèdent une carte graphique RTX ou équivalente
- 11,5% des joueurs ne possèdent pas de carte graphique dédiée, et utilisent la carte graphique intégrée avec leur CPU.

Ces résultats sont visibles sur la figure II.c.



II.c - Répartition des cartes graphiques équivalentes parmi les ,joueurs

III - Evaluation de la consommation côté serveur

Les serveurs des jeux multijoueurs sont situés dans des data centers. La consommation électrique de ce genre d'infrastructure est considérable. Cependant ces centres de données sont utilisés par de nombreuses entreprises et font de multiples tâches. Il est donc difficile d'isoler la consommation réservée à une tâche de l'extérieur. Certaines données doivent être accessibles à l'entreprise louant des machines mais elles ne sont pas transmises car confidentielles. Pour Fortnite en particulier, ce sont des serveurs chez AWS répartis dans de nombreux data center dans le monde.

Pour avoir une idée de la consommation énergétique d'un serveur, il a alors fallu en héberger un sur une de nos machines et mesurer sa consommation.

Avec un jeu SFML

Dans un premier temps, il nous a fallu comprendre le fonctionnement des jeux multijoueur compétitifs pour pouvoir manipuler un code de jeu en ligne. En effet, dans un jeu compétitif, les joueurs sont tentés de tricher. C'est pour cela que l'architecture du code est différente, afin d'éviter aux joueurs de transmettre leur position ou leurs statistiques de façon erronée.

Afin de se rendre compte de la différence entre la consommation du serveur et celle des joueurs, nous avons utilisé le jeu proposé par le livre *SFML Game Development*, qui permet de connecter via un IP différents joueurs. Cependant, le code originel ne permettait que de créer un serveur qui soit aussi joueur. Or nous ne voulions pas que le serveur joue, les serveurs des jeux multijoueurs ne jouent pas au jeu et n'affichent pas de graphismes.

Pour remédier à ce problème, nous avons modifié le code du jeu SFML, permettant ainsi de créer un serveur non joueur.

Après avoir pris différentes mesures, nous constatons que la consommation du serveur est dérisoire comparé à celle des joueurs. Cependant, cette expérience ne rend compte que de manière globale, comment se comporte le serveur en comparaison avec le client mais ici, nous avons 3 joueurs connectés au serveur, ce qui est éloigné du nombre de joueurs connectés lors d'une partie Fortnite. C'est pourquoi, nous avons besoin d'une expérience plus fidèle au jeu Fortnite, d'un point de vue trafic réseau.

Analyse du trafic réseau de Fortnite

Les résultats de l'expérience avec le jeu SFML ne suffisant pas à tirer des mesures significatives pour la consommation du serveur nous avons aussi réalisé une expérience de simulation d'un serveur de Fortnite.

Pour ce faire, il nous a fallu tout d'abord savoir comment Fortnite communiquait avec les joueurs. Nous avons donc lancé une partie en faisant tourner le logiciel Wireshark qui a intercepté tous les échanges avec les serveurs. Nous avons donc pu observer ces échanges (cf. figure III.a) :

- Les échanges sont tous réalisés en utilisant le protocole UDP.
- Ils sont répartis sur 2 ports.
- Sur le premier port, le serveur et le client communiquent en envoyant chacun des datagrammes de 40 octets à la fréquence de 20 paquets par seconde.

- Sur le second, le client et le serveur communiquent aussi à la fréquence de 20 paquets par seconde mais la taille de ces paquets est variable avec pour moyenne 114 octets. On note aussi que la taille de ses paquets est la plus grande en début de partie avec une taille maximale de paquets atteignant 1045 octets.
- En moyenne, 0.9Mo sont échangés entre clients et serveurs chaque minute.

24131	232.296393	18.170.205.104	157.159.196.125	UDP	83 15006 → 49225 Len=41
24132	232.296698	18.170.205.104	157.159.196.125	UDP	132 9006 → 49220 Len=90
24133	232.309923	157.159.196.125	18.170.205.104	UDP	82 49225 → 15006 Len=40
24134	232.309957	157.159.196.125	18.170.205.104	UDP	82 49220 → 9006 Len=40
24135	232.326775	18.170.205.104	157.159.196.125	UDP	104 9006 → 49220 Len=62
24136	232.343445	157.159.196.125	18.170.205.104	UDP	82 49220 → 9006 Len=40
24137	232.361361	18.170.205.104	157.159.196.125	UDP	83 15006 → 49225 Len=41
24138	232.361361	18.170.205.104	157.159.196.125	UDP	135 9006 → 49220 Len=93
24139	232.376852	157.159.196.125	18.170.205.104	UDP	82 49225 → 15006 Len=40
24140	232.376892	157.159.196.125	18.170.205.104	UDP	115 49220 → 9006 Len=73
24141	232.397292	18.170.205.104	157.159.196.125	UDP	143 9006 → 49220 Len=101

III.a - Extrait de trace Wireshark montrant les échanges avec les serveurs de Fortnite

Analyse des échanges

Nous avons tenté, avec les conseils de notre expert jeu vidéo, de comprendre à quoi correspondaient ces messages, en particulier pourquoi les séparer sur deux ports.

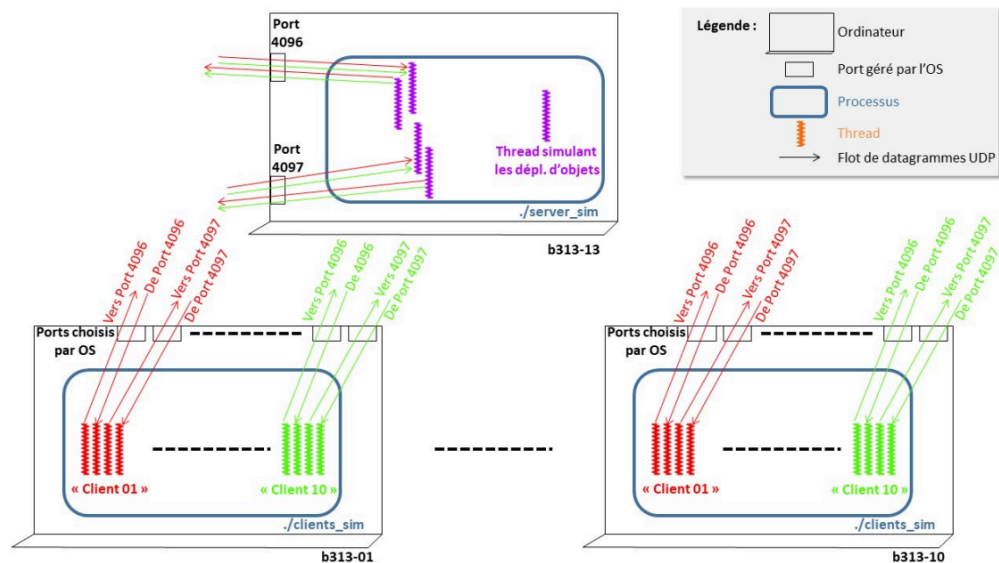
Notre hypothèse est que les messages de taille variable correspondent aux événements de gameplay qui se produisent dans le jeu. Cela permet d'expliquer la différence de taille des messages. Plus il y a d'événements, plus la longueur des datagrammes UDP sera importante. Les messages de taille fixe sont supposément destinés à assurer que la connexion entre le joueur et le serveur est toujours en place. Une absence de réponse du joueur sur ce port entraînerait donc la déconnexion du joueur.

De plus, la taille plus importante des paquets en début de partie est vraisemblablement due au fait que le serveur doit alors transmettre toutes les informations concernant les autres joueurs (pseudonymes, personnage personnalisé, etc.). De plus, un moment avant le début de la partie pendant lequel les joueurs peuvent se voir et interagir est réservé à ces échanges d'information pour éviter d'avoir à les faire plus tard dans la partie ce qui pourrait entraîner des baisses de performances.

Simulation du trafic réseau de Fortnite

L'objectif de cette simulation est de reproduire les échanges réseau et les calculs qui ont lieu dans les serveurs de Fortnite dans le but de mesurer la consommation électrique d'une telle activité pour le serveur.

Pour cela nous avons créé une architecture reproduisant une partie de Fortnite standard avec 100 joueurs. La figure III.b schématise cette architecture.



III.b - Schéma d'architecture montrant l'utilisation d'un processus `server_sim` et 10 processus `clients_sim` simulant chacun 10 clients

Pour faire fonctionner cette architecture, nous avons écrit deux programmes en C qui vont s'envoyer des messages (voir le code en annexe 1). Le programme `client_sim` simule un certain nombre de clients qui vont envoyer des messages au programme `server_sim` qui est unique. La fréquence et la taille des messages ont été incluses comme des paramètres modifiables pour pouvoir reproduire le plus fidèlement possible les échanges réels avec les serveurs de Fortnite. Pour réaliser la mesure nous avons séparé les 100 clients sur dix machines de salle de travaux pratiques de TSP. Chaque machine simule 10 joueurs et une autre machine héberge le serveur. La machine hébergeant le serveur fait tourner un autre thread faisant des calculs. Ce dernier sert à simuler les calculs que font les serveurs de Fortnite pour empêcher la triche.

En faisant tourner un serveur pendant 1 minute nous avons mesuré une consommation de 0,042 Wh. Si on rapporte ce chiffre au nombre de clients cela devient 0,00042 Wh/client/minute. C'est une consommation énergétique très faible et nous avons remarqué que la machine hébergeant le serveur était encore loin d'avoir atteint sa limite de puissance de calcul. Nous avons donc décidé de lancer plusieurs serveurs sur cette machine afin de tester si il est possible d'atteindre une limite.

Avec 8 serveurs nous avons mesuré une consommation de 0,121Wh par minute donc de 0,00015 Wh/client/minute. On retrouve bien le même ordre de grandeur d'environ 10^{-4} .

On note cependant que faire tourner plusieurs serveurs sur la même machine a fait diminuer la consommation par client par minute. On peut donc imaginer faire tourner un maximum de serveurs sur une machine, ce qui est certainement le cas pour les serveurs de Fortnite. En ce qui concerne les capacités de la machine, avec 8 serveurs les CPUs étaient utilisés de seulement 13,3% à 15,5%. Nous sommes donc encore loin d'atteindre la limite du processeur de notre machine. Les ordinateurs dans les centres de données peuvent donc théoriquement faire tourner un grand nombre de serveurs. Pour approcher

leur consommation ou au moins affiner nos estimations, il faudrait renouveler nos mesures en faisant tourner le plus de serveurs possible sur la même machine.

Consommation du réseau

Nous avons tenté d'évaluer la consommation du réseau pendant une partie de Fortnite. En effet, les nombreux échanges qui ont lieu entre le joueur et le serveur nécessitent des dépenses énergétiques au niveau des infrastructures réseaux comme les routeurs.

Nous avons réalisé des mesures sur ces dépenses en même temps que les mesures en jeu. Pour cela les différents PCs étaient connectés à un routeur par un câble Ethernet. Ainsi toutes les communications passaient par ce routeur qui les transférait par la suite sur le réseau. Ce routeur était branché sur un Yocto-Watt qui nous permettait de mesurer sa consommation électrique.

Malheureusement la consommation du routeur est trop faible pour donner des résultats concluants. Les quelques résultats de cette expérience donnent des valeurs d'énergie négative quand on supprime les mesures à vide. Ce qui est le cas si la consommation à vide et la consommation en fonctionnement sont trop proches.

Même si cela ne peut donc pas être prouvé par des chiffres concluant on peut néanmoins en déduire que la consommation du réseau est largement négligeable devant les autres sources de consommation.

Conclusion

En comparant les mesures que nous avons obtenues pour le serveur avec les résultats des expériences côté client, on voit une grosse différence. En effet la consommation du serveur maximale que nous avons mesuré est de 0,00042 Wh/minute/client. Le PC ayant consommé le moins en jeu est le PC3 avec une consommation de 0,874 Wh/minute. On a donc un rapport minimal d'environ 2000. Si on fait le même calcul avec la consommation du serveur la plus petite et la consommation côté client la plus grande, on trouve un rapport d'environ 11 500. A noter que ce rapport est théoriquement encore plus important si la machine fait tourner le plus de serveurs possibles.

La consommation électrique des serveurs semble donc être négligeable quand on la compare à la consommation des joueurs. Cela peut s'expliquer car le serveur ne fait que des calculs alors que les ordinateurs des joueurs doivent également gérer l'affichage qui consomme bien plus. Une explication qui va de pair concerne l'optimisation du jeu. En effet, le côté client est sûrement bien moins optimisé que le côté serveur car l'entreprise qui crée le jeu va devoir louer ses serveurs à une autre entreprise qui va donc facturer leur fonctionnement. Ainsi plus les calculs côté serveur sont optimisés, moins l'entreprise aura de dépenses liées à la location des serveurs.

Nous avons donc décidé de ne pas prendre en compte la consommation énergétique des serveurs qui est négligeable face à la consommation des ordinateurs des joueurs.

IV - Résultats finaux des mesures

Hypothèses préliminaires aux calculs

Pour pouvoir extrapoler les résultats de nos mesures, nous faisons plusieurs hypothèses simplificatrices. Dans la suite, nous allons détailler ces hypothèses, nous verrons aussi quelles conséquences ces hypothèses pourraient avoir sur nos résultats finaux.

Une première hypothèse que nous faisons est la suivante : Les joueurs ne changent en général pas les paramètres graphiques par défaut. Nous faisons cette hypothèse car la consommation énergétique de la carte graphique dépend de la quantité de travail qui lui est fournie.

Notre deuxième hypothèse est que les joueurs Fornite ont des configurations matérielles similaires aux autres joueurs PC. En prenant en compte la démographie des joueurs Fornite, cette hypothèse nous semble être la plus discutable. En effet, d'après LendEdu, 62,7% des joueurs Fornite auraient entre 18 et 24 ans. Or, à cet âge, il est plus rare d'avoir le budget nécessaire à l'acquisition d'un PC haut de gamme. Ceci pourrait aussi expliquer la part importante de joueurs console, les consoles étant moins chères.

Notre dernière hypothèse est que les joueurs ont un temps de jeu égale peu importe le matériel de jeu utilisé. Concernant cette hypothèse, un contre argument est qu'un joueur avec un meilleur matériel serait plus enclin à jouer plus longtemps. Cependant, il est difficile d'évaluer la force de cette corrélation supposée : c'est pourquoi nous nous permettons de faire cette hypothèse.

Estimation de la consommation des joueurs PC

Avec 70 millions de joueurs actifs, et 13,9% de joueurs PC, on peut estimer qu'il y a 2,4 millions de joueurs sur PC. Parmi ces 2,4 millions de joueurs PC, 11,5% possèdent une configuration minimale, 43% possèdent une configuration recommandée, et 45,5% possèdent une configuration proche de la configuration "Epic". Un joueur joue en moyenne 8h30 par semaine. On peut donc calculer la consommation énergétique côté client pendant 1 an à l'aide de la formule suivante :

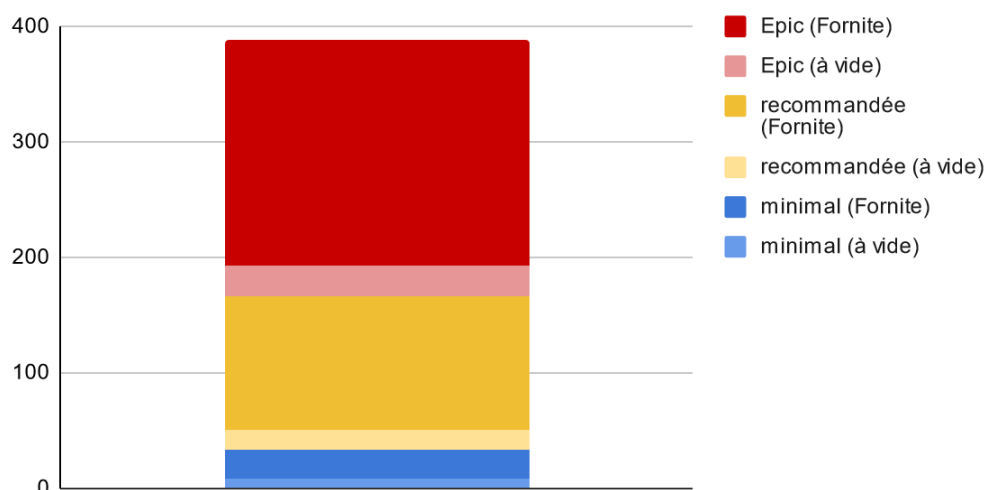
$$\text{Consommation annuelle} = \sum_{config} P_{config} n_{config} T \times 52$$

Avec :

- P_{config} la puissance moyenne consommée en jeu pour une configuration matérielle donnée (W)
- n_{config} le nombre de joueur possédant cette configuration matérielle
- T le temps moyen passé en jeu (en h par semaine)

On trouve alors une consommation d'environ 390 GWh (cf. figure IV.a). Pour comparer, un français moyen consomme 7 MWh par an. La consommation énergétique des PC des joueurs Fornite en jeu est donc équivalente à la consommation de 55 714 français.

Consommation énergétique côté client PC pendant 1 an (GWh)



IV.a - Détails des contributions des différentes configurations matérielles
La consommation est à prendre en compte, même si elle n'est pas imputable à Fornite

Cette consommation des joueurs PC est probablement sous-estimée. En effet, nos mesures ont été réalisées avec des PC portables qui sont dimensionnés pour consommer peu d'énergie (environ 120W pour le PC2). Il n'est pas rare pour ordi fixe gamer utilisé à pleine puissance de consommer 500W ou plus.

Estimation de la consommation des joueurs consoles

Jusque là, nous nous sommes intéressés uniquement aux joueurs PC. Dans la suite, nous tenterons d'estimer la consommation des joueurs consoles pour avoir une meilleure idée de la consommation dû à Fornite en général. Premièrement, il nous faut connaître la puissance utilisée par chacune des consoles en jeu. D'après la [NRDC 2014] la Xbox One consomme en jeu 112 W. Pour la PS4, la consommation s'élève à 137 W. Ces chiffres sont obtenus en faisant la moyenne de la puissance consommée sur différents titres dont Fornite ne fait pas partie. On supposera que la consommation sera similaire pour Fornite, ce qui est raisonnable en sachant que les développeurs optimisent leur jeu pour tirer pleinement profit de la puissance des différentes consoles. On peut estimer qu'il y a 29,5 millions de joueurs PS4 et 24,6 millions de joueurs Xbox One. On peut alors estimer la consommation sur un an comme fait précédemment.

On obtiendrait une consommation totale annuelle côté client de 3,4 TWh. Pour donner un ordre de comparaison, c'est un peu plus que la consommation électrique de la Jamaïque. Il est important de noter que ce chiffre n'est qu'une estimation qui est réalisée à partir de la consommation des consoles mesurée sur d'autres jeux vidéo. Pour affiner cette estimation, il faudrait mesurer la consommation des consoles en jouant à Fornite.

Estimation de la consommation côté serveur

D'après nos simulations du trafic réseau de Fornite, on sait que notre serveur consomme moins de 0,00015 Wh/client/minute. En effet, on a remarqué que plus le serveur était chargé, moins il consommait par clients. Pour connaître la puissance minimale que demande le serveur par client, il faudrait le charger au maximum de ces capacités, ce que nous n'avons pas fait lors de nos expériences. Il en découle que l'estimation qui suit est très probablement supérieure à la réalité.

Ensuite, comme Fornite permet le crossplay (pouvoir jouer avec des personnes qui ne sont pas sur la même plateforme), on sait que le protocole réseau doit être le même pour toutes les plateformes. Avec 70 millions de joueurs actifs, qui jouent en moyenne 8h30 par semaine, on obtient une consommation côté serveur de 0.28 GWh.

En réalité, les serveurs d'Epic Games ne font pas qu'héberger des parties Fornite. Ils servent aussi à l'analyse des données de jeux avec 5 Pétaoctets de données collectées par mois d'après [Amazon 2018], mais aussi à l'achat de cosmétique mais aussi au matchmaking. Il est important de noter que ce chiffre de 5 Pétaoctets de données collectés par mois date de 2018. Il doit sûrement être bien plus grand de nos jours. Pour ces raisons, la consommation côté serveur est donc plus élevée que celle qu'on a pu calculer.

V - Extension du problème

Tout au long de notre Cassiopée, l'idée de nécessité de jouer et de cette consommation importante d'énergie s'est soulevée. En effet, si les jeux vidéos n'existaient pas, la consommation énergétique associée ne poserait aucun problème. Cependant, comme beaucoup d'autres loisirs, les jeux-vidéos permettent à la société de vivre et d'apprécier la vie. Bien que de nombreuses controverses concernant leur caractère addictif, qui rendrait violent ou en isolation sociale, les jeux-vidéos peuvent aussi développer des réflexes, des aptitudes de réflexion et d'adaptation, des liens sociaux entre les joueurs. De plus, à l'heure actuelle, les jeux-vidéos représentent une grande part de marché dans le monde, créant ainsi de nombreux emplois, que ce soit au niveau des développeurs des jeux, de la communication, des fabricants de consoles, des vendeurs et même depuis quelques années, des personnes vivent à travers la diffusion de contenu de jeux vidéos, ou à travers des compétitions e-sport.

Les jeux-vidéos sont devenus une source de distraction très importante ces dernières décennies. Un domaine qui mélange beaucoup d'aspects et peut, en fonction du jeu, s'adapter à tous. La question de pourquoi nous jouons aux jeux-vidéos ne se pose plus, pourquoi nous faisons du cinéma, pourquoi nous écoutons de la musique, sont des questions similaires, l'être humain a développé des loisirs qui permettent de donner du sens à la vie. Nous pouvons aussi considérer les jeux-vidéos comme un canal de diffusion de messages, à travers lequel, les joueurs seraient encore plus impliqués car sont acteurs de ce message.

Ainsi, nous ne pouvons pas supposer réduire la consommation énergétique des jeux vidéo en réduisant le nombre et le temps de jeu. Cependant, comme nous l'a montré cette étude, nous pouvons faire des efforts pour réduire la consommation à l'échelle du consommateur. Que ce soit avec l'optimisation du code ou l'optimisation des appareils afin qu'ils consomment moins d'énergie chez le joueur. Les serveurs et le réseau ne

consomment pas significativement, ces parties qui sont payées par l'entreprise sont optimisées au maximum afin de réduire la facture.

Conclusion

Pour conclure, l'analyse de la consommation énergétique de Fornite soulève des préoccupations quant à la durabilité environnementale des jeux en ligne. Nos résultats mettent en évidence le besoin de mesures visant à réduire l'empreinte énergétique des jeux vidéo. Il est crucial d'encourager les développeurs de jeux et les joueurs à adopter des pratiques éco-responsables, telles que l'optimisation des serveurs, l'utilisation d'énergies renouvelables pour l'alimentation des data centers, et la sensibilisation à l'efficacité énergétique.

Cependant, les développeurs font déjà des efforts pour optimiser leurs jeux, surtout si cela peut réduire leur coût (on peut penser aux nombreuses optimisations des protocoles réseaux des jeux en lignes). C'est notre pratique même du jeu vidéo qu'il faut repenser.

Remerciements

Nous tenons à remercier chaleureusement Michel SIMATIC qui nous a accompagnés et beaucoup aidé tout au long du projet. Il nous a permis de mieux voir l'objectif du projet et de nous débloquer pendant nos difficultés. Nos remerciements vont aussi à Stéphane RANDANNE avec qui nos échanges ont permis de mieux comprendre les contraintes et les enjeux du monde du jeu vidéo.

Annexe

1. Git de la simulation : <https://github.com/mathcoutant/Wattfor>

Bibliographie

1. [LendEdu 2023] Finances of Fortnite (Season 2): In-Game Spending Increases by 21%, Mike Brown, <https://lendedu.com/blog/finances-of-fortnite-part-two/#survey>, 05 avril 2023
2. [Epic Games 2023] Quelle est la configuration requise pour Fortnite sur PC et sur Mac ?, <https://www.epicgames.com/help/fr/fortnite-c5719335176219/assistance-technique-c5719372265755/quelle-est-la-configuration-requise-pour-fortnite-sur-pc-et-sur-mac-a5720377103003>
3. [Steam 2023] Enquête sur le matériel et les logiciels : Avril 2023, <https://store.steampowered.com/hwsurvey/Steam-Hardware-Software-Survey-Welcome-to-Steam> , Avril 2023
4. [Amazon 2018] AWS re: Invent 2018 : Epic Games utilise AWS pour proposer Fortnite à 200 millions de joueurs, <https://aws.amazon.com/fr/solutions/case-studies/EPICGames> , 2018
5. [NRDC 2014] The Latest-Generation Video Game Consoles : How Much Energy Do They Waste When You're Not Playing https://www.ecoseven.net/wp-content/uploads/2014/05/www.nrdc_.org_energy_game-consoles_files_video-game-consoles-IP.pdf, Mai 2014
6. Jan Haller Henrik Vogelius Hansson Artur Moreira, 2013, *SFML Game Development*, Packt Publishing