2. Principe d'exécution d'un programme informatique

Bonjour à tous, bienvenue dans cette 2ème séquence de l'architecture des ordinateurs et des réseaux. Nous avons vu ce qui composait un ordinateur, maintenant nous allons regarder comment concrètement l'ordinateur exécute un programme informatique.

Alors tout d'abord, il faut se rappeler que le cœur de l'ordinateur, c'est le processeur. C'est vraiment lui qui fait tous les traitements, et le processeur il n'a pas d'intelligence, il a vraiment une liste d'instructions à exécuter comme une recette de cuisine, et il va suivre cette recette de cuisine sans réfléchir, simplement en exécutant bêtement les instructions.

Par contre, cette recette de cuisine, il faut qu'elle soit extrêmement détaillée. L'ordinateur il n'est pas capable de deviner ce qui va manquer donc si on lui donne une recette de cuisine en lui disant qu'il faut monter des blancs en neige, il faudra aussi lui expliquer qu'il faut casser des œufs et séparer les blancs des jaunes. Donc si le processeur traitait une recette de cuisine, qu'est-ce qu'il ferait concrètement ?

D'abord il ira chercher le livre de recettes dans le placard et il l'ouvrirait à la bonne page pour trouver le programme, la recette qu'il doit exécuter. Ensuite, il irait dans le frigo ou dans le placard pour trouver les ingrédients et les ramener près de lui, dans la mémoire en gros. Et ensuite il va prendre chaque ligne de la recette et il va l'exécuter, donc d'abord il va essayer de lire et de comprendre la ligne, ensuite il va aller chercher les ingrédients utiles pour les mettre dans le saladier ou l'instrument qu'il utilise pour préparer la recette, donc il va les mélanger, leur appliquer ce que dit la ligne de la recette, et enfin le résultat, donc le mélange par exemple, soit il va le mettre de côté pour plus tard, soit il va le garder et le réutiliser pour l'instruction suivante dans la recette. Et donc il exécute toutes les instructions comme ça, à la suite jusqu'à la fin de la recette et à ce moment-là, il va ranger le livre dans le placard, ranger les ingrédients dans le frigo ou dans le placard et ranger le gâteau là où il voulait le ranger.

Donc ça c'est une recette de cuisine, maintenant on va regarder ce qui se passe concrètement dans un ordinateur. Donc je n'ai pas mis les périphériques, j'ai mis simplement le disque dur, la mémoire et le processeur, après si les données venaient du réseau, ça serait le même principe, simplement dans le cas général, les données viennent du disque dur donc on va faire comme ça.

Donc on commence avec des données qui sont sur le disque dur, c'est là que se trouvent les programmes notamment, et leurs données, quand on démarre la machine, le processeur ne sait pas quoi faire, il va aller chercher des instructions sur le disque dur. Donc il va charger le programme en mémoire pour ensuite commencer à l'exécuter. En plus de charger le programme, il va charger également en mémoire des données dont il a besoin, par exemple si on lui a demandé d'afficher une image, il va charger cette image en mémoire avant d'essayer de l'afficher. Donc une fois qu'il a tout ça dans sa mémoire, le processeur va commencer à travailler. Concrètement, il va aller regarder dans le programme, qui est la recette, donc la suite d'instructions qu'il doit exécuter, il va charger la première instruction et il va commencer à travailler dessus. Donc une instruction, il va recevoir un paquet de données binaires qui en fait décrivent ce qu'il doit faire pour cette étape de la recette, donc ça en fait c'est du langage machine comme Sylvie vous en a parlé précédemment. Donc c'est en fait du binaire qui va expliquer dans la première partie, quel est le type d'opérations qu'on doit faire,

par exemple une addition et une multiplication, et dans la 2ème partie, les bits 0 ou 1 vont expliquer sur quelle donnée on doit appliquer cette opération. Donc par exemple si on doit faire une addition, où se trouvent les données qu'on doit additionner et où on doit mettre le résultat de cette addition ? Donc en fait, il décode l'instruction pour comprendre ce qu'il doit faire et ensuite il le fait.

Pour le faire, il va aller chercher des données en entrée qui peuvent se trouver en mémoire et il va ensuite appliquer l'opération, donc faire le calcul ou la comparaison ou quelque chose. Une fois qu'il a fait cette opération, il génère un résultat et il va aller le stocker par exemple en mémoire. Alors en pratique il peut le stocker aussi dans des petites cases spéciales du processeur qui s'appellent des registres, mais qui sont grosso modo de la mémoire, un peu particulière. Et donc ça c'est en fait le déroulement d'une instruction dans la recette, et donc il va recommencer pour les instructions suivantes jusqu'à la fin de la recette. Donc il va chercher l'instruction, il la décode et il recommence. A la fin de la recette, il aura exécuté tout ce qu'il faut, il aura mis le résultat dans la mémoire et donc à la fin, ce qu'il va faire simplement, c'est qu'il va prendre le résultat qu'il a stocké en mémoire et il va le renvoyer sur le disque dur pour sauvegarder par exemple une image qu'on aurait modifiée ou un document qu'on aurait également modifié.

Quelques ordres de grandeur pour détailler tout ceci, comment ça se passe. Alors déjà, un processeur actuel ça exécute de l'ordre d'un milliard d'opérations par seconde, alors c'est des opérations qui sont assez simples, des multiplications, des additions. Par contre, c'est des opérations qui peuvent être sur des nombres énormes. Un humain, ça sait faire des opérations sur des nombres à quelques chiffres, un peu plus si on travaille sur papier, mais ça ne sait en faire que quelques-unes par seconde s'il n'y a pas beaucoup de chiffres et très peu s'il y a beaucoup de chiffres. Un ordinateur il fait un milliard d'opérations par seconde sur des nombres très grands, jusqu'à 64 bits. Donc 64 bits, c'est 16 milliards de milliards, donc il sait faire des opérations sur des milliards de milliards très vite. Il va également manipuler énormément de données pour faire toutes ces opérations, donc potentiellement aller lire et écrire en mémoire des milliards d'octets qu'il va manipuler pour faire des calculs et ensuite pour stocker le résultat dans la mémoire. Il va également accéder au disque dur s'il a besoin, donc là le disque dur est plus lent que la mémoire, donc il va plutôt manipuler des dizaines de mégaoctets ou des centaines de mégaoctets, donc des dizaines ou des centaines de millions d'octets qu'il va aller lire et écrire sur le disque dur si nécessaire. Donc la plupart des transferts se font vers la mémoire, mais un petit peu vers le disque dur si nécessaire.

Par contre, le processeur est capable de faire énormément de calculs, en pratique la performance de la machine va en être loin. La raison c'est que le processeur, il sait faire beaucoup d'opérations, mais il faut quand même qu'on lui donne les données à traiter, et le disque dur est très lent, la mémoire est plus rapide, mais elle n'est quand même pas assez rapide pour que le processeur ait suffisamment de données à traiter. Donc en fait, souvent le processeur il va attendre que la mémoire lui envoie les données avant de pouvoir les traiter, donc en fait il y a beaucoup d'instructions que le processeur devrait exécuter, mais qui en fait vont attendre avant de pouvoir s'exécuter concrètement, donc on n'est pas vraiment toujours à un milliard d'opérations par seconde, ça va dépendre énormément de ce qu'on demande à l'ordinateur de faire. Et surtout il n'y a pas d'intelligence dans l'ordinateur, il sait faire des opérations très simples, mais il faut que la recette soit très précise, vraiment complète et pas erronée évidemment, s'il y a un bug ça ne va pas marcher.

Maintenant quelques nombres concernant ce que l'ordinateur va manipuler. Tout d'abord, le système d'exploitation, donc par exemple Linux ou Windows ou Mac OS X, alors ça c'est un programme qui va contenir on va dire à la louche, une dizaine de millions d'instructions. C'est un énorme programme qui va contenir des instructions relativement classiques que le processeur va exécuter. Cest très grand, 10 millions d'instructions, c'est parce que le système d'exploitation a beaucoup de choses à faire pour gérer l'ordinateur, et notamment il doit gérer énormément de pilotes de périphériques, parce que ces systèmes marchent sur des ordinateurs avec différentes cartes réseau, différentes cartes graphiques, différents claviers, différentes souris, etc. Il va y avoir beaucoup de code pour gérer tous ces différents modèles.

Une suite bureautique comme Libre Office ou d'autres, ça va être plusieurs centaines de mégaoctets. Là, il y a également beaucoup de millions d'instructions, après il y en a beaucoup qui sont utilisées pour l'interface graphique, c'est-à-dire réagir quand on clique dans une fenêtre, etc., afficher tout ce qu'il faut, et aussi beaucoup de données dans cette suite de bureautique qui vont servir à afficher justement les images comme les icônes des boutons, etc. Donc c'est des logiciels qui sont plus petits qu'un système d'exploitation, mais qui en fait sont plus gros parce qu'ils viennent avec beaucoup de choses liées aux graphismes et au fait que c'est une interface qu'il faut qu'on manipule à l'écran.

Et enfin, si on prend un jeu vidéo, alors là c'est très variable, mais on peut considérer que c'est de l'ordre de la dizaine de gigaoctets ou que quelques dizaines de gigaoctets, alors c'est essentiellement des graphismes et des vidéos et quand même un petit peu de code, mais beaucoup moins qu'une suite bureautique ou qu'un système d'exploitation.

Ce qu'il faut retenir de cette séquence, c'est tout d'abord que le processeur exécute le programme comme une recette de cuisine : il prend toutes les instructions à la suite, il prend les ingrédients dont il a besoin, il les traite et ensuite il range le résultat. Il le fait bêtement donc il faut vraiment lui mâcher le travail en lui fournissant une recette très détaillée, il ne pourra pas deviner ce qui manque. Par contre, il va le faire extrêmement rapidement, des milliards d'opérations par seconde, et en manipulant énormément de données, beaucoup plus qu'un humain pourrait faire, mais il le fait encore une fois bêtement, sans intelligence.