

On entend de plus en plus parler de l'ordinateur quantique dans les médias mais sans vraiment comprendre de quoi il s'agit car l'informatique quantique est un domaine complexe réservé aux spécialistes.

Cette Newsletter tente de faire le point sur cette technique prometteuse.

Denis GELIN

L'ordinateur quantique

Un calcul fait en trois minutes au lieu de... 10 000 ans. Cette opération quantique réussie par Google fin septembre 2019 a fait frémir le monde informatique en quête de son Graal : l'ordinateur quantique universel.

En quoi consiste-t-il ? À quoi servirait-il ? Va-t-il « cracker » tous nos codes ? Décryptage d'une technologie scientifique qui défie l'entendement.

Le fonctionnement d'un ordinateur traditionnel

Même si on a l'impression qu'un ordinateur fait plein de choses, en réalité, il n'a qu'une seule mission : il traite de l'information (d'où le mot « informatique »).

Votre ordinateur stocke de l'information sur votre disque dur, il traite des infos avec son processeur et il transforme cette information en un son (dans vos haut-parleurs) ou en image (sur votre écran).

Cette information que manipule l'ordinateur a la caractéristique d'être codée en binaire, c'est-à-dire avec des 0 et des 1. Une mémoire d'ordinateur est ainsi constituée de milliards de cases contenant soit un 0, soit un 1.

```
01110011 01100101 01110010 01
01100101 01110010 00100000 01
01101000 01100001 01110100 00
01100100 01101001 01110011 01
01110010 01101001 01100010 01
01110100 01100101 01110011 00
01100001 01101110 01111001 00
01101001 01101110 01100011 01
01101101 01101001 01101110 01
00100000 01101101 01100101 01
01110011 01100001 01100111 01
01110011 00100000 01110100 01
00100000 01100001 01101100 01
00001101 00001010 00100000 00
```

Une telle case s'appelle un bit. Pour manipuler ces bits, votre ordinateur est rempli de petits composants électroniques qui travaillent ensemble.



Un supercalculateur chez IBM

Le 4^{ème} Salon de l'Image Numérique

Programmé du 24 au 26 avril, le 4^{ème} Salon de l'Image Numérique a été annulé par le Conseil d'Administration du Club au regard de la situation sanitaire en France.

Au programme, étaient prévus :

- une exposition de 340 photos,
- des démonstrations d'impression 3D,
- des projections de diaporamas, d'images numériques et de vidéos,
- des conférences sur la photographie, la photo sous-marine et l'impression 3D,
- un gala de clôture de diaporamas d'humour.

Nous espérons vivement le retour rapide à la normale pour reprogrammer prochainement cette manifestation d'envergure.

Mais, malgré la puissance et l'efficacité du matériel, les chercheurs rencontrent souvent des problèmes que leurs ordinateurs ne peuvent pas résoudre. Alors, ils cherchent des moyens de rendre leurs ordinateurs plus puissants en augmentant :

- sa mémoire (pour stocker plus d'informations),
- le nombre de transistors dont il dispose (pour traiter plus d'informations).

Malheureusement, il arrive un moment où ajouter de la mémoire et du processeur ne suffit plus à rendre l'ordinateur satisfaisant.

Même les meilleurs supercalculateurs (des ordinateurs géants utilisés par les chercheurs) peuvent être surmenés par certains problèmes résolument trop compliqués. Ces ordinateurs classiques ne sont pas faits pour résoudre ces problèmes complexes. Ils ne « pensent » tout simplement pas de la bonne manière.

D'où l'idée d'un ordinateur quantique qui aurait un fonctionnement tout à fait différent.

L'ordinateur quantique

Les premières théories de l'informatique quantique sont nées dans les années 80 et utilisent des propriétés étonnantes de la physique quantique dont les deux principales sont détaillées dans l'encadré ci-après.

L'ordinateur quantique (suite)

Pour les forts en physique...

la superposition quantique

Dans le monde quantique, toutes les caractéristiques des particules peuvent être sujettes à une indétermination. Par exemple, la position d'une particule quantique est incertaine : elle n'est pas à un point A ou un point B, mais a seulement une probabilité d'être ici ou là lors d'une mesure. Avant la mesure, la particule n'est ni au point A, ni au point B. Par contre, après la mesure, l'état de la particule est bien défini : elle est au point A ou au point B.

On peut faire une analogie avec un ticket de loterie : un ticket de loterie est soit gagnant, soit perdant. Une fois qu'on regarde le résultat du tirage à la télé, on a la réponse. Mais avant le tirage, ce ticket n'était ni gagnant, ni perdant. Il avait simplement une certaine probabilité d'être gagnant et une certaine probabilité d'être perdant.

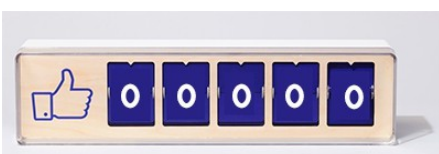
l'intrication quantique

L'intrication est une autre propriété étonnante de la physique quantique. On peut lier deux objets quantiques a priori indépendants : par exemple, on peut les forcer à être dans des états opposés au moment d'une mesure.

Pour illustrer cela, imaginez deux ampoules, chacune dans deux maisons différentes. En les intriquant, il deviendrait possible de connaître l'état d'une ampoule (allumée ou éteinte) en observant simplement la seconde, car les deux seraient liées, intriquées.

Au lieu d'utiliser des bits qui ne peuvent prendre comme valeur que 0 ou 1, l'ordinateur quantique utilise des bits quantiques, ou qbits, qui ne prennent pas comme valeur 0 ou 1, mais une superposition de 0 et de 1.

Imaginez un défi : utilisez le compteur ci-dessous pour afficher tous les nombres qui existent entre 0 et 99999 :



Vous n'aurez pas d'autres choix que de passer par toutes les combinaisons pour réussir ce défi :



...



C'est exactement comme ça que fonctionne un ordinateur classique pour compter. Il doit traiter chaque information (chaque nombre dans notre exemple) une à une.

Un ordinateur quantique va raisonner autrement.

Le principe est celui de la superposition quantique qu'on a vu plus haut. Une case du compteur, autrement dit 1 bit, ne représente plus une seule valeur comme on en a l'habitude, mais une superposition de plusieurs valeurs (9 dans notre exemple).



Que cet exemple du compteur ne vous trompe pas : en informatique quantique, un ordinateur continue à travailler avec des 0 et des 1 mais il les combine de façon différente que l'ordinateur classique.

Concrètement, cela veut dire qu'un ordinateur quantique peut calculer beaucoup plus rapidement qu'un ordinateur classique, puisqu'il peut traiter tous ses états possibles en même temps (pour reprendre l'analogie du compteur : il a compté en 1 fois au lieu de compter 99 999 fois).

Un ordinateur quantique à 4 qbits va calculer 16 fois plus rapidement qu'un ordinateur classique à 4 bits, et ainsi

de suite. On double la puissance d'un ordinateur quantique à chaque fois qu'on lui ajoute un qbit ! Ce qui n'est pas le cas pour un ordinateur classique.

Un ordinateur quantique peut en théorie avoir accès à la totalité des résultats possibles d'un calcul en une seule étape, là où un ordinateur classique doit traiter l'information de façon séquentielle, un résultat après l'autre.

L'ordinateur quantique a des limites

L'ordinateur quantique va effectuer ses calculs en utilisant les spécificités de la physique quantique (superposition, intrication) ce qui permet des calculs complexes.

Mais lorsqu'on lit le résultat d'un calcul quantique, il se passe ce qu'on appelle un effondrement quantique. Autrement dit, le système perd son caractère quantique lorsqu'on effectue une mesure.

Pour reprendre l'analogie du ticket de loterie : le ticket devient soit gagnant, soit perdant lorsqu'on découvre le résultat. Il perd sa faculté à être l'un et l'autre à la fois. Et les qbits deviennent des bits classiques qui ne peuvent valoir que 0 ou 1.

L'ordinateur quantique connaît d'autres limites.

Une opération classique en informatique est la copie. Lorsque vous copiez un fichier de votre ordinateur vers une clé USB, l'ordinateur lit la suite de bits correspondant au fichier sur votre disque dur en mesurant leur valeur (0 ou 1), et écrit sur la clé USB une suite de 0 et de 1 strictement identique.

On ne peut pas faire la même chose en informatique quantique, où la copie de qbits est impossible.

Pourquoi ? Tout simplement parce que l'une des étapes de la copie est une mesure, et faire une mesure sur un qbit pour déterminer son état détruirait sa nature quantique. On perd l'information contenue dans le qbit initial qui devient un bit classique, et la copie échoue.

L'ordinateur quantique *(suite et fin)*

L'ordinateur quantique pour demain ?

Sur le papier, tout se passe bien, mais il faut comprendre que l'implémentation de circuits quantiques est très délicate.

Tout d'abord, il faut que les qbits soient stables, c'est-à-dire que l'environnement les entourant ne modifie pas leur valeur par accident.

Pour cela, les ordinateurs quantiques sont souvent refroidis à des températures très proches du zéro absolu (-273,15° !). Ainsi, les qbits sont presque totalement isolés du monde extérieur.

Le rêve des chercheurs est de créer un

ordinateur quantique universel, sur lequel on pourrait faire fonctionner n'importe quel algorithme. En attendant, certaines sociétés se concentrent sur des objectifs plus précis, en fabriquant des prototypes d'ordinateurs quantiques destinés à ne résoudre qu'un seul type de problème.

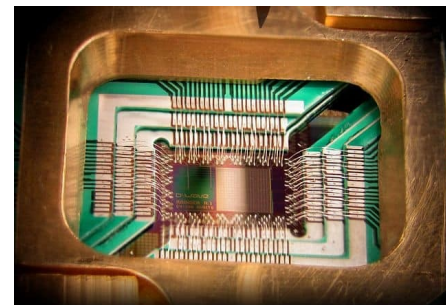
Pour conclure

Les ordinateurs quantiques sont d'une telle complexité qu'ils ne sont pas destinés au grand public. Ils seraient seulement utiles pour des applications très spécifiques, là où les ordinateurs classiques sont impuissants.

Pour regarder un film ou aller sur in-

ternet, les bits classiques suffisent amplement !

Mais, les retombées pour le grand public devraient être extrêmement prometteuses.



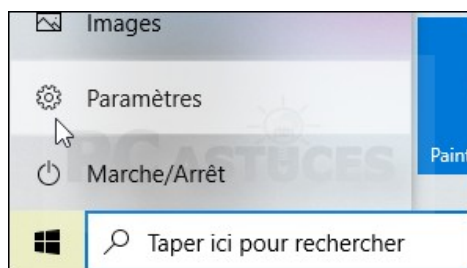
Une puce quantique

Conseils et astuces

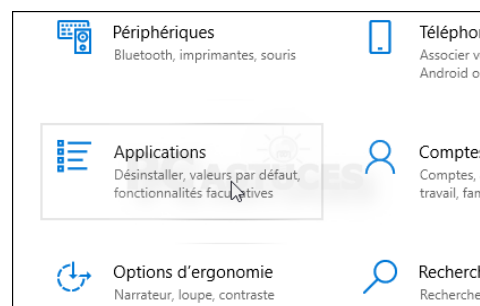
Windows 10 - Choisir un lecteur vidéo par défaut

Par défaut, Windows 10 lit vos vidéos avec l'application **Films et TV**. Si vous préférez utiliser un autre logiciel installé sur votre ordinateur, comme VLC par exemple, vous devez modifier les paramètres des applications.

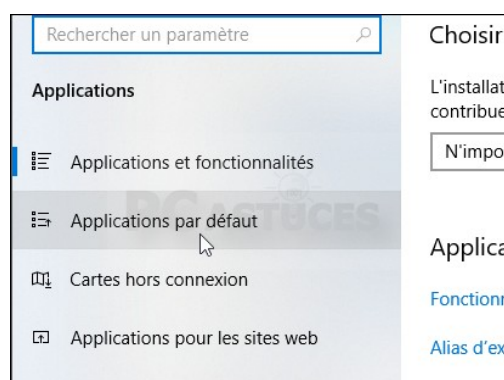
1) Cliquez sur le bouton **Démarrer** puis sur **Paramètres**.



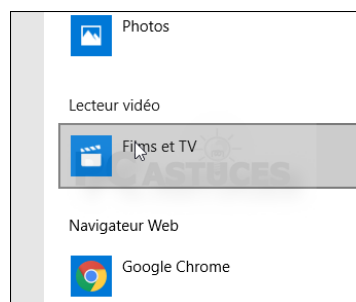
2) Cliquez sur **Applications**.



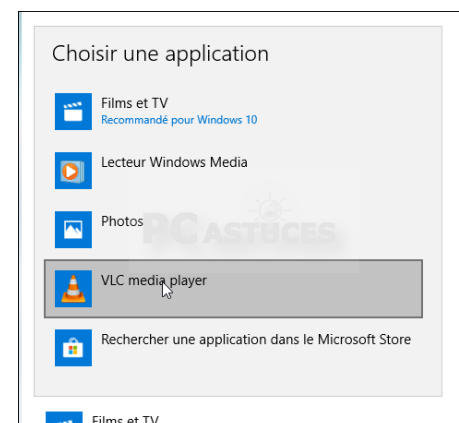
3) Dans la colonne de gauche, cliquez sur **Applications par défaut**.



4) Dans la rubrique **Lecteur vidéo**, cliquez sur **Films et TV**.



5) Cliquez alors sur le logiciel installé que vous souhaitez utiliser pour lire vos vidéos.



La modification est immédiate. Si vous ouvrez une vidéo depuis l'explorateur, elle sera lue dans le logiciel choisi, ici VLC.

ATTENTION !

Pour des raisons d'ordre sanitaire, toutes les activités du club continuent d'être provisoirement suspendues. Vous serez informés sans délai de leur reprise dès que la situation redeviendra normale.

Réagissez au contenu de cette Newsletter : newslettercim0@gmail.com.

Ses colonnes vous sont ouvertes : faites-nous parvenir les articles que vous souhaitez voir publiés.