

Thème A Internet

Séquence 2 Plongée au cœur d'Internet

Le thème A (*Internet*) correspond aux deux séquences suivantes :

- Séquence 1 : À la découverte d'Internet
- **Séquence 2 : Au cœur d'Internet**

Cette séquence nécessite d'avoir traité la séquence 1 au préalable.

A. Le programme

Les capacités exigibles du BO pour cette séquence sont données ci-dessous. Les autres contenus du thème *Internet* ont été traités dans la séquence 1.

Contenus	Capacités attendues du BO traitées dans la séquence 2	Activités / Exercices
Adresses symboliques et serveurs DNS	Sur des exemples réels, retrouver une adresse IP à partir d'une adresse symbolique et inversement.	Activité 2 p. 14 Exercice 2 p. 19
Réseaux pair-à-pair	Décrire l'intérêt des réseaux pair-à-pair ainsi que les usages illicites qu'on peut en faire.	Activité 3 p. 15 Exercice 3 p. 19
Indépendance d'internet par rapport au réseau physique	Caractériser l'ordre de grandeur du trafic de données sur internet et son évolution.	Activité 1 p. 13 Exercice 1 p. 18

B. QCM diagnostic d'ouverture

Ces questions vont instaurer le débat, ou la discussion. Ce sont des questions ouvertes et il y a une question d'amorçage pour chaque activité et pour l'exercice 1.

Elles sont destinées à faire une évaluation diagnostic en début de séquence et sont disponibles sur QCMCam et aux formats PDF, PPT et ODP sur le site web : <https://cahier-snt.fr/#!/diagnostic/seq2>.

Activité 1	Plus de $\frac{3}{4}$ du trafic internet est réservé à la vidéo. <i>Réponses :</i> A. Vrai (bonne réponse) B. Faux
Activité 2	Un site web est associé à une adresse IP. <i>Réponses :</i> A. Vrai (bonne réponse) B. Faux
Activité 3	L'utilisation des réseaux pair-à-pair est illégale. <i>Réponses :</i> A. Vrai B. Faux (bonne réponse)
Exercice 1	Le nombre d' <i>e-mails</i> envoyés dans le monde chaque jour est de l'ordre de : <i>Réponses :</i> A. 2,5 milliards B. 25 milliards C. 250 milliards (bonne réponse)
	Dans le monde, chaque heure, le nombre de recherches effectuées sur le Web est de l'ordre de : <i>Réponses :</i> A. 1,4 million B. 14 millions C. 140 millions (bonne réponse)

C. Description des activités

Activité 1 p. 13 (voir la correction à la fin du paragraphe)

Capacité attendue :

- Caractériser l'ordre de grandeur du trafic de données sur internet et son évolution.

L'activité permet d'aborder les évolutions du trafic de données sur Internet en l'introduisant avec un principe fondateur d'Internet qui est la neutralité du Net. Ce principe fondamental permet de garantir qu'Internet reste un espace « libre » où chacun peut inventer de nouveaux usages, sans restriction. Internet sans neutralité pourrait vouloir dire, par exemple, l'apparition de forfaits qui ne permettent d'accéder qu'à certains sites ou services, et privent leurs utilisateurs de leur liberté de choix. Autre exemple, des accords entre fournisseur d'accès et fournisseurs de média pourraient de facto interdire la diffusion de certains médias. Ex : Orange s'associe avec Disney et bloque les autres services de *streaming* (Netflix, ...).

Concernant le trafic vidéo sur Internet, les élèves sont impressionnés par la part du trafic prise par les vidéos. En parlant de la taille des fichiers vidéo par rapport aux données pour naviguer sur le Web par exemple, ils se rendent bien compte de la différence de volume de données. Écouter de la musique ou regarder une vidéo en *streaming* était impensable il y a 20 ans. Il est également intéressant de souligner que l'efficacité des protocoles de compression vidéo a beaucoup évolué, et cette amélioration a aussi permis de proposer une meilleure qualité de vidéo, pour un débit constant.

Le document sur fond bleu fait réfléchir les élèves qui ont l'impression que les usages qu'ils connaissent d'Internet sont plus anciens. Ils ne se rendent pas forcément compte de l'explosion des usages des dix dernières années, et de la récente généralisation de l'utilisation de smartphones.

Les questions 4 et 5 leur permettent de réfléchir sur l'avenir d'Internet qui est devenu presque indispensable tant dans le quotidien que dans le milieu professionnel. L'évolution du trafic va encore augmenter avec la généralisation de la 5G et les usages qui sont de plus en plus gourmands en volume de données.

Activité 2 p. 14 (voir la correction à la fin du paragraphe)

Capacité attendue :

- Sur des exemples réels, retrouver une adresse IP à partir d'une adresse symbolique et inversement.

Cette activité a pour objectif de faire comprendre la nécessité du principe du DNS. C'est l'occasion de faire le lien avec la séquence 1, en leur rappelant que toute machine est identifiée sur le réseau par une adresse IP. Lorsque l'on veut consulter un site web, on ne saisit pas l'IP dans la barre d'adresse du navigateur mais une adresse symbolique ou nom de domaine.

En allant sur le site <https://lycee.editions-bordas.fr/cahier-SNT>, l'élève peut demander l'adresse IP d'un serveur web de son choix en saisissant l'adresse symbolique et inversement. L'interface permet de faire cette correspondance pour tous les noms de domaines existants sur le web et celle-ci est mise à jour en permanence. Ce qui explique que suivant la période de l'année, 2 ou 4 adresses IP peuvent correspondre au nom de domaine du site web de Parcoursup. Les choix des noms de domaines à tester

permettent de montrer à l'élève qu'un nom de domaine peut correspondre à plusieurs serveurs web pour répartir la charge et qu'un serveur web peut héberger plusieurs noms de domaines.

Pour la question 5., en cliquant le bouton « Quelle est mon adresse IP ? », la réponse affichée est la ou les adresses IP utilisées sur Internet. Ce n'est pas celle du réseau local sur lequel la machine est connectée, qui est en général différente en Ipv4.

Historiquement, la correspondance entre adresse symbolique ou nom de domaine et adresse IP était stockée dans un fichier directement sur l'ordinateur. Ce fichier est encore présent et utilisable de nos jours : /etc/hosts pour linux et c:\windows\system32\drivers\etc\hosts pour Windows.

On peut noter la similarité des chemins (partie etc/hosts). Celle-ci s'explique par le fait que l'implémentation des protocoles réseaux TCP/IP de Windows ont initialement été copiés (légalement) d'une ancienne version d'UNIX.

Pour aller plus loin, le système DNS possède en fait une structure récursive, chaque sous domaine étant géré par une autorité différente. En « coulisses », pour par exemple www.google.com, le serveur DNS peut demander aux serveurs racines quel est le serveur gérant le « .fr ». Ensuite, il va demander à ce serveur qui gère « Google », et enfin demander au serveur de Google quelle est l'adresse du serveur www.

Le DNS n'a pas été pensé pour la sécurité (comme la majorité des protocoles de son époque) et possède certaines faiblesses (<https://blog.nameshield.com/fr/2017/09/06/3-attaques-dns-plus-communes-combattre/>). De nouveaux protocoles sont en cours d'élaboration pour le remplacer. Le DNS est, pour l'instant, un élément clé d'Internet.

Comme beaucoup d'autres concepts d'Internet, le système DNS est décentralisé : la gestion de chaque sous domaine est de la responsabilité de son propriétaire. Par exemple, tous les noms se terminant par « .fr » sont gérés par l'AFNIC <https://www.afnic.fr/>.

Activité 3 p. 15 (voir la correction à la fin du paragraphe)

Capacité attendue :

- Décrire l'intérêt des réseaux pair-à-pair ainsi que les usages illicites qu'on peut en faire.

Cette activité montre sur un exemple concret une utilisation licite d'un réseau pair-à-pair. La question 2. est volontairement simple pour permettre à l'élève de faire un calcul de temps de téléchargement.

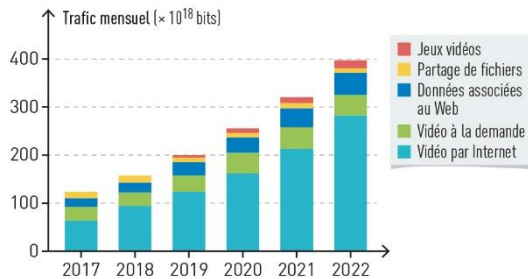
On peut donner un autre exemple légal d'utilisation d'un réseau pair-à-pair comme Microsoft qui diffuse les mises à jour de Windows : <https://docs.microsoft.com/fr-fr/windows/deployment/update/waas-optimize-windows-10-updates>.

On peut aussi parler d'autres moyens de télécharger illicitement des contenus sans accord des ayants droit, qui sont d'ailleurs actuellement plus utilisés que le pair-à-pair.

Activité 1 / Les évolutions du trafic de données sur Internet

30 min

Fanny a lu que certains fournisseurs d'accès envisageraient de facturer les services de vidéo sur Internet. Pourtant, elle a étudié en SNT que sur Internet, toutes les données transitent découpées en « paquets » que rien ne distingue a priori... Le traitement « égal » de ces paquets est à la base de la **neutralité du Net**, un principe fondateur d'Internet qui garantit que les réseaux sur lesquels les données transitent ne les discriminent pas en fonction de leur contenu. Ce qui signifie que quelle que soit l'activité de Fanny, qu'elle regarde une vidéo sur Internet ou qu'elle envoie un *e-mail*, le fournisseur d'accès ne limite pas le débit, ni ne lui facture de coût supplémentaire. Comment expliquer la remise en question de la neutralité du Net ?

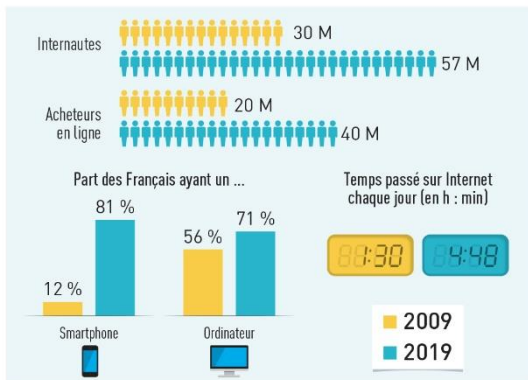


1. a. Commenter l'évolution entre 2017 et 2022 de la quantité de données transitant sur Internet.

La quantité de données échangées entre 2017 et 2022 est presque multipliée par 4.

b. Quelle est l'activité responsable de la plus grande part du trafic mondial de données ? Évaluer la proportion que cette activité a pris au cours des trois dernières années.

Plus de 3/4 du trafic est réservé à la vidéo (vidéo à la demande et vidéos sur Internet).



2. À partir du document ci-contre, comparer l'utilisation d'Internet en France en 2009 et en 2019.

Le nombre d'internautes a quasiment doublé, le nombre d'utilisateurs de smartphone a quasiment été multiplié par 7, et le temps passé presque par 3.

3. Comment justifier que le temps passé sur Internet a été multiplié par trois en une décennie ?

Certaines activités sont de plus en plus courantes : la vidéo à la demande, la musique en ligne, le jeu en réseau, le travail à distance, les achats en ligne, etc.

4. Le déploiement de la 5G multiplie par dix le débit d'Internet sur les smartphones par rapport à la 4G. Formuler une hypothèse sur l'évolution du trafic dans les années à venir.

Comme les internautes utilisent de plus en plus le smartphone et que la généralisation de ce débit accru permettra l'amélioration et le développement des services, on peut imaginer que la quantité de données échangées va continuer à croître très fortement.

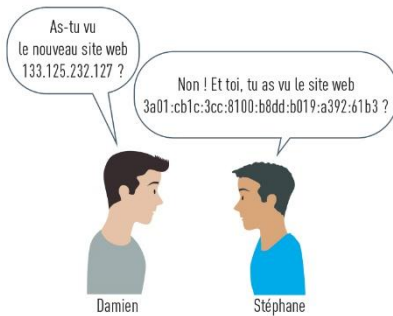
5. Expliquer pourquoi certains craignent l'apparition d'un Internet « à différentes vitesses » en cas d'abandon de la neutralité du Net.

La vidéo est une grande consommatrice de bande passante, et les fournisseurs d'accès pourraient facturer différemment les internautes selon le volume et le type de données pour refléter cette situation ; ou encore prioriser, bloquer ou limiter l'accès à certains sites et applications.

Activité 2 / Adresses IP et serveurs DNS



30 min



Voici un exemple de dialogue qui aurait pu se tenir si le principe du DNS (Domain Name System) n'avait pas été mis en place dès 1983 ! Pour discuter de leurs sites web favoris, Damien et Stéphane mentionnent des **adresses IP** (version IPv4 comme le site de Damien, ou version IPv6 comme celui de Stéphane) plutôt que des **adresses symboliques**, également appelées **noms de domaine**.

En 2020, il y avait plus de 1 750 000 000 noms de domaine, et la liste ne cesse d'évoluer.

Découvrons le principe du DNS et l'utilité de ces adresses symboliques.

1. À partir du schéma ci-dessous, expliquer le rôle joué par un serveur DNS.



Quand on saisit une adresse symbolique dans un navigateur, comme lycee.editions-bordas.fr, ce dernier interroge un serveur DNS qui la convertit en adresse IP et la renvoie au navigateur. Grâce à cette information, celui-ci peut ensuite consulter le serveur qui héberge le site web voulu.

2. Aller sur le site lycee.editions-bordas.fr/cahier-SNT puis cliquer sur « Séquence 2 » et « Interface réseau ». Saisir l'adresse symbolique : cahier-snt.fr dans la barre de recherche et lancer la recherche. Puis faire de même avec cqfd-maths.fr et lancer la recherche. Que remarquez-vous ? Expliquer ce résultat.

Les deux adresses symboliques renvoient la même adresse IP. Un même serveur web, identifié par une seule adresse IP, peut donc répondre à plusieurs adresses symboliques.

3. Saisir parcoursup.fr dans la barre de recherche. Que remarquez-vous ? Expliquer l'intérêt de ce procédé pour gérer l'affluence.

L'adresse symbolique parcoursup.fr est liée à deux adresses IP. Un site web peut être dupliqué sur plusieurs serveurs web, ce qui permet de répondre aux différents internautes en répartissant la charge. Ici, chaque serveur ne gère que la moitié des internautes désirant consulter le site web de Parcoursup.

4. Saisir dans le champ IP l'adresse 8.8.8.8 et cliquer sur chercher. À quoi correspond-il ?

Cette adresse IP correspond à un serveur DNS appartenant à Google.

5. Cliquer sur le bouton « Quelle est mon adresse IP ? ». La comparer à celle de votre voisin.

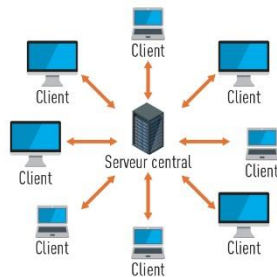
En IPv4, il y a de fortes chances que l'adresse soit identique, ce qui n'est plus le cas en IPv6.

Activité 3 / Télécharger sur des réseaux pair-à-pair



40 min

Paul a participé à une sortie scolaire avec toutes les classes de son lycée. Il a récupéré les nombreuses photos prises lors de la sortie et demande à l'administrateur réseau de son lycée de les mettre sur le site web de l'établissement, protégées par un mot de passe. La taille du dossier de photos est de 10 Go (1 octet correspond à 8 bits, et 1 Go à 1 000 Mo).



À la sortie des cours, tous les élèves tentent de récupérer les photos, et le serveur est fortement sollicité. Le serveur du lycée permet de télécharger à un débit binaire maximal (aussi appelé « bande passante ») de 100 Mbit/s, qui est partagé entre tous les clients. Les élèves disposent également d'une connexion à 100 Mbit/s à leur domicile. Le schéma ci-contre représente les échanges entre le serveur du lycée et les ordinateurs des élèves, considérés comme des clients.

1. a. On considère que 100 élèves se connectent simultanément au serveur du lycée, et qu'ils partagent équitablement la bande passante.

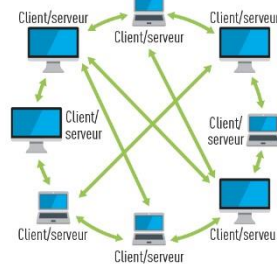
Quel sera le débit binaire moyen du téléchargement ? $\frac{100}{100} = 1 \text{ Mbit/s par élève connecté.}$

b. Calculer alors la durée de téléchargement, en heure, de l'ensemble des photos par un élève.

10 Go correspondent à 10 000 Mo, soit $10\,000 \times 8 = 80\,000 \text{ Mbits.}$

La durée de téléchargement est lors de $\frac{80\,000}{1} = 80\,000 \text{ secondes, soit } \frac{80\,000}{3\,600} \approx 22,2 \text{ heures.}$

Paul, qui est impatient, a alors l'idée de déposer les photos sur un **réseau pair-à-pair** ou *p2p* (*peer-to-peer* en anglais). Dans ce cas, chaque ordinateur ayant déjà téléchargé les photos peut devenir un serveur à son tour, et transférer les données aux autres internautes. Paul installe un logiciel de pair-à-pair sur son ordinateur et conseille à ses camarades d'en faire autant.



2. a. Au bout d'un certain temps, 50 élèves ont récupéré toutes les photos. Que devient alors la bande passante disponible pour les 50 autres élèves ?

Il y a alors 50 clients pour 50 serveurs, donc chacun des 50 élèves

a alors un débit moyen de 100 Mbit/s pour le téléchargement.

b. Calculer la nouvelle durée de téléchargement, en minute.

$\frac{80\,000}{100} = 800 \text{ secondes soit } \frac{800}{60} \approx 13,3 \text{ minutes environ.}$

3. À partir de vos réponses aux questions 1 et 2, décrire l'intérêt du réseau pair-à-pair.

Le temps de téléchargement des élèves est divisé par 100. Cette architecture réseau permet d'éviter l'engorgement en répartissant la charge.

4. Rechercher sur le Web trois exemples de réseau pair-à-pair.

Réseau.BitTorrent, Gnutella, Napster, FastTrack, eDonkey2000, MP2P (Manolito.P2P), Direct Connect

5. Pourquoi les réseaux pair-à-pair facilitent-ils le téléchargement des fichiers populaires ?

Les fichiers populaires sont disponibles sur les ordinateurs d'un grand nombre d'internautes qui agissent comme autant de serveurs, donc la vitesse de téléchargement est plus importante.

6. Les logiciels pair-à-pair sont-ils légaux ? Donner des exemples d'utilisations illégales.

Transférer des fichiers en pair-à-pair est légal. C'est le contenu transféré qui rend la pratique illégale. Les contenus illégaux sont ceux mis à disposition sans accord des ayants droit, comme la plupart des films et de la musique, les logiciels sous licence payante, les jeux vidéo.

D. Description des exercices

Exercice 1 p. 18 (voir la correction à la fin du paragraphe)

Capacité attendue :

- Caractériser l'ordre de grandeur du trafic de données sur internet et son évolution.

Cet exercice a pour objectif de faire manipuler des données liées au trafic sur Internet avec un contexte écologique. L'ordre de grandeur du trafic des *e-mails* a tendance à impressionner les élèves. Pour comparer le bilan carbone, le choix de comparer à un aller-retour de Paris à New York est très utilisé et parlant pour les élèves. La dernière question a pour objectif de faire réfléchir les élèves sur les bonnes pratiques à adopter pour limiter son empreinte carbone.

Exercice 2 p. 19 (voir la correction à la fin du paragraphe)

Capacité attendue :

- Sur des exemples réels, retrouver une adresse IP à partir d'une adresse symbolique et inversement.

Cet exercice a pour objectif de montrer aux élèves que, lorsqu'un site n'est pas accessible, ce n'est pas forcément le serveur ou le réseau (exercice 4 p. 11) qui est en cause.

Exercice 3 p. 19 (voir la correction à la fin du paragraphe)

Capacité attendue :

- Décrire l'intérêt des réseaux pair-à-pair ainsi que les usages illicites qu'on peut en faire.

Cet exercice a pour objectif de montrer un autre exemple d'utilisation légale de réseaux pair-à-pair. Le bitcoin repose sur un principe de confiance collective, car il n'y a pas d'autorité centrale (la banque) pour la fournir.

Cette confiance est donc une propriété intrinsèque du réseau, et elle est fournie par la puissance de calcul considérable du réseau, qu'aucune organisation unique ne peut espérer dépasser pour falsifier une transaction. C'est l'occasion de parler des recherches par exemple dans le milieu médical : <https://foldingathome.org/> qui utilisent des algorithmes distribués sur un grand nombre d'ordinateurs afin d'obtenir une grande puissance de calcul.

EXERCICE 1 / Et si on parlait bilan carbone ?



30 min

Nos pratiques quotidiennes comme l'envoi de courriers électroniques et l'utilisation de moteurs de recherche ne sont pas anodines.

Quelques chiffres sur le courrier électronique

En 2019, 3,9 milliards de personnes dans le monde utilisent le courrier électronique (ou *e-mail*) pour communiquer, ce qui représente 250 milliards de courriers électroniques échangés chaque jour. L'envoi et le stockage de ces *e-mails* utilisent les infrastructures du réseau internet et des serveurs informatiques, qui consomment de l'électricité en permanence.



– Le bilan carbone de l'envoi d'un *e-mail* dépend de la taille des pièces jointes, et il est proportionnel au nombre de destinataires. L'envoi d'un courrier électronique d'une taille de 1 Mo a un bilan carbone de 19 g de CO₂.

– Le bilan carbone moyen du stockage d'un *e-mail* sur Internet pendant un an est de 10 g de CO₂.

1. Cocher les principales raisons du remplacement du courrier postal par le courrier électronique :

rapidité sécurisation des échanges fonctionnalités supplémentaires écologique

2. a. On suppose que les courriers électroniques échangés au niveau mondial font 1 Mo en moyenne. Quel est le bilan carbone annuel, en tonne de CO₂, des échanges par *e-mails* dans le monde ?

$250 \cdot 10^9 \times 365 \times 19 \approx 1,73 \cdot 10^{15}$ g soit $1,73 \cdot 10^9$ tonnes de CO₂.

b. Comparer ce bilan carbone à celui d'un aller-retour en avion de Paris à New York, dont le bilan carbone est de 1 tonne par voyageur.

Avec le même bilan carbone, on pourrait faire voyager 1,73 milliards de personnes entre Paris et New York.

3. En moyenne, combien d'*e-mails* reçoit un utilisateur chaque année ?

$\frac{250 \times 365}{3,9} \approx 23\,397$ *e-mails* par an et par utilisateur.

4. En considérant que les utilisateurs conservent un an ces *e-mails* après consultation, quel est le bilan carbone par utilisateur, en kilogramme de CO₂ ?

$23\,397 \times 10 = 233\,970$ g soit environ 234 kg.

Une recherche sur le Web présente une empreinte carbone de 5 grammes de CO₂.

Dans le monde, chaque heure, 140 millions de recherches sont effectuées en moyenne sur le Web.

5. Calculer le bilan carbone annuel des recherches sur les moteurs de recherche, en tonne.

$140 \cdot 10^6 \times 24 \times 5 \times 365 = 6,132 \cdot 10^{12}$ g soit 6 132 000 tonnes de CO₂ par an.

6. Cocher les gestes à adopter pour limiter notre empreinte carbone :

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Trier les <i>e-mails</i> à conserver | <input checked="" type="checkbox"/> Stocker ses <i>e-mails</i> sur son ordinateur plutôt qu'en ligne |
| <input checked="" type="checkbox"/> Se désabonner des newsletters que l'on ne lit pas | <input checked="" type="checkbox"/> Limiter la taille des pièces jointes |
| <input checked="" type="checkbox"/> Ne pas multiplier inutilement le nombre de destinataires d'un <i>e-mail</i> | <input checked="" type="checkbox"/> Supprimer les boîtes mails non utilisées |
| <input checked="" type="checkbox"/> Limiter l'envoi d' <i>e-mails</i> | <input type="checkbox"/> Ne plus faire de recherche sur les moteurs de recherche |
| <input checked="" type="checkbox"/> Compresser les pièces jointes | <input checked="" type="checkbox"/> Bien réfléchir aux mots-clés d'une recherche dans un moteur de recherche |
| <input type="checkbox"/> Ne pas envoyer de courrier électronique | <input checked="" type="checkbox"/> Ne pas utiliser la barre d'adresse comme moteur de recherche quand on connaît le nom de domaine |
| <input type="checkbox"/> Supprimer sa boîte mail | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Éviter d'envoyer des pièces jointes | |

Exercice 2 / Ce site est inaccessible !

5 min



Robin ne parvient pas à se connecter au site web : www.milleetunerecettes.com.

Expliquer pourquoi.

Le serveur DNS ne trouve pas l'adresse IP correspondante...
puisque Robin a mal saisi l'adresse symbolique :
il manque un « l » à « mille ».....

Exercice 3 / Le principe d'une monnaie virtuelle



20 min



La monnaie virtuelle Bitcoin a été créée en 2008. La liste de transactions effectuées avec cette monnaie est appelée *blockchain* (« chaîne de blocs »). En effet, chaque nouvelle transaction est incorporée dans un bloc qui est ajouté, après validation, après les blocs précédents. En parcourant la *blockchain*, il est donc possible de connaître l'état des comptes.

1. À votre avis, pourquoi le stockage de la *blockchain* est-il réalisé en pair-à-pair ?

Ce système permet d'éviter qu'une autorité tierce prenne le contrôle de la liste des transactions, ou bien décide de stopper les échanges de cette monnaie. La *blockchain* étant publique et partagée par tous, tous les utilisateurs peuvent vérifier la validité des transactions.....

Le réseau *p2p* est également exploité pour ajouter une « signature » au dernier bloc de la *blockchain*. Cette opération exige de très nombreux calculs qui sont réalisés en parallèle par tous les membres du réseau. Actuellement, 10 minutes de calculs réalisés par des millions d'ordinateurs sont nécessaires pour signer un bloc. Cette activité, appelée « minage », est récompensée par l'attribution de bitcoins.

2. Selon vous, quelle est l'utilité de ce mécanisme ?

Cette opération permet de garantir le bon enregistrement des transactions. En outre, les tentatives de falsification de la *blockchain* sont bloquées par ce processus de validation collective.....

La puissance de calcul du réseau Bitcoin a pour unité le « hash par secondes » et vaut environ $100 \cdot 10^{18}$ H/s en 2020. Une des dernières machines dédiées au minage a une puissance de calcul de $67 \cdot 10^{12}$ H/s et consomme 2 680 W.

3. Estimer la consommation électrique du réseau Bitcoin, puis comparer le résultat à la production d'un réacteur nucléaire, qui est de 1 000 MW.

$\frac{100 \cdot 10^{18}}{67 \cdot 10^{12}} \times 2\,680 = 4\,000\,000\,000 \text{ W}$ soit 4 000 MW. Cette valeur représente la production électrique d'environ quatre réacteurs nucléaires.....



Des QCM d'auto-évaluation sont disponibles pour un travail en autonomie de l'élève à l'adresse : <https://cahier-snt.fr#!/revision/seq2>.

Site web avec toutes les ressources pour les élèves : <https://lycee.editions-bordas.fr/cahier-SNT>.

Site web pour l'enseignant : <https://sciences-numeriques.editions-bordas.fr/cahier-SNT>.