Dix élèves, possédant tous et toutes un ordinateur, se retrouvent pour jouer à un jeu vidéo en réseau, en connectant leurs ordinateurs les uns aux autres avec des câbles. Leurs contraintes sont :

— utiliser le moins de câbles possibles ;
— si un câble est coupé par accident, les ordinateurs peuvent toujours communiquer ensemble ;
— si un ordinateur cesse de fonctionner, les autres ordinateurs peuvent toujours communiquer ensemble ;
— aucun joueur ou joueuse ne peut tricher en bloquant, en écoutant ou en modifiant les communications qui passent par son ordinateur.

Dans toute la suite, on représente le réseau par un graphe, où les sommets sont les ordinateurs, et les arêtes les câbles.
On étudie différentes manières de connecter les ordinateurs entre eux.

1. Dans chacun des cas, on répondra aux questions suivantes.
   (a) Représenter cette configuration par un graphe.
   (b) Combien de câbles sont nécessaires ?
   (c) Si un câble ou un ordinateur cesse de fonctionner, les autres ordinateurs peuvent-ils continuer à communiquer ?
   (d) Un ordinateur peut-il bloquer, espionner ou modifier les communications entre les autres ordinateurs ?

   (A) *Réseau décentralisé :* un ordinateur est au centre, et trois ordinateurs sont connectés à lui. Deux autres ordinateurs sont connectés à chacun de ces trois ordinateurs.
   (B) *Réseau centré :* un ordinateur au centre est connecté par un câble à chacun des autres.
   (C) *Graphe complet :* chaque ordinateur est relié par un câble à chacun des autres ordinateurs.
   (D) *Réseau distribué :* les ordinateurs sont placés au hasard dans la salle, et chacun est directement relié à trois ordinateurs parmi les plus proches.

2. Bilan
   (a) Les contraintes sont-elles compatibles ?
   (b) Pour vérifier au mieux les trois conditions, quel semble être le meilleur réseau ?

1 Réseau fixe

Dans le réseau projeté au tableau, chaque routeur dispose d'une *table de routage* pour transmettre un message : $A \to C$ signifie : « Si j'ai un message à envoyer à A, je transmets ce message à C. ».

1. Le routeur E doit transmettre un message à D. En utilisant exclusivement les tables de routage, par quel chemin va passer le message ? .....
2. Le routeur D répond à E. Avec la même contrainte, par quel chemin va passer la réponse ? .....

2 Réseau mouvant

La connexion entre les routeurs E et F est perdue.

1. Sachant que chaque routeur ne peut dialoguer qu'avec les routeurs auxquels il est directement connecté, comment est-il possible de mettre à jour l'ensemble des tables de routage, pour que D puisse à nouveau envoyer un message à E ?
2. Selon quels critères le routeur D pourrait-il choisir s'il doit envoyer les paquets pour E en passant par B ou par F ?

Les données qui transitent sur Internet sont découpées en petits morceaux, transmis séparément.

Préparation (protocole TCP) : Les données sont découpées en *paquets*, qui contiennent : les données, et le numéro du paquet.

Transmission (protocole IP) : Ces paquets sont envoyés au destinataire, séparément : les différents paquets peuvent emprunter des chemins différents, arriver dans le désordre, être perdus et ré-envoyés, etc.
Le destinataire est identifié par son *adresse IP*, de la forme :

— pour l'IPv4 : `185.75.143.24` (quatre nombres entre 0 et 255) ;

— pour l'IPv6 : `2a02:ec80:600:ed1a::1` (huit groupes de 16 bits, représentés en hexadécimal).

Réception (protocole TCP) : Les paquets sont reçus, remis dans le bon ordre (grâce aux numéros contenus dans les paquets), et assemblés pour reconstituer les données d'origine.

Le *débit* d'une transmission de données est la vitesse à laquelle ces données sont transmises sur le réseau. Il est exprimé en *octets par seconde*, noté o/s (ou ko/s, Mo/s, Go/s…). En anglais « octet » se dit « byte », donc on trouvera aussi la notations Mb/s (pour « megabyte per second », ou « mégaoctets par seconde »). Le débit se calcule avec la formule :

$$\text{débit} = \frac{\text{quantité de données}}{\text{durée}}$$

1. (a) Exprimer en français, puis convertir en octets : 1 ko, 1 Mo, 1 Go, 1 To.
   (b) Convertir en gigaoctets : 2 345,6 ko.
2. (a) Pendant une vidéo *live* de deux minutes avec un débit de 1,5 Mo/s, quelle quantité de données a été transmise ?
   (b) Dans les années 90, la plupart des foyers se connectaient à Internet avec des « modems 56 k », qui avaient un débit théorique maximum de 56 ko/s. Combien de temps fallait-il pour télécharger une photo de 2 Mo ?

Sébastien Gavois. *TAT-14 : le câble transatlantique qui a fait toussoter internet cette nuit.* Next Impact, 20 mai 2014.

Cette nuit, plusieurs sites et services comme Amazon, CloudFlare, Dropbox ou encore Twitter ont connu des difficultés. En cause, un problème sur un câble sous-marin qui relie les États-Unis à une partie de l'Europe du Nord, dont la France. […]
Afin de desservir les différents pays à travers les cinq continents, internet passe bien souvent par des câbles sous-marins. Ces derniers transportent les données via un réseau de fibres optiques, assurant à la fois rapidité et très haut débit. L'un d'entre eux, TAT-14, qui revendique une bande passante de 3,2 Tb/s, a été victime d'un incident provoquant quelques ralentissements de ce côté de l'Atlantique. […] Parmi les services touchés, on peut notamment citer Twitter (qui a publié une alerte), Amazon, CloudFlare […], Dropbox, etc. Pour autant, la situation n'était pas catastrophique, car fort heureusement ce n'est pas le seul câble transatlantique de disponible, et il était donc possible de passer par une autre route afin que tout rentre dans l'ordre.

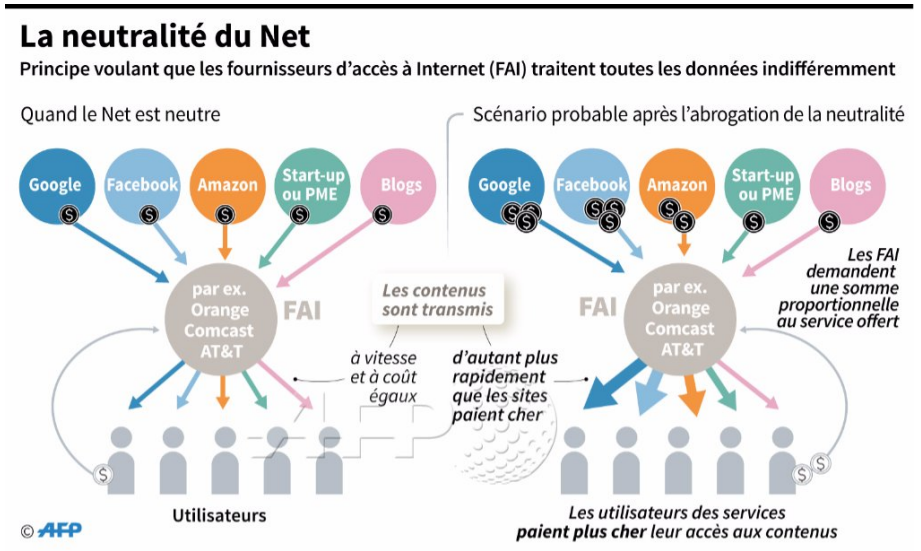
Traffic Internet mondial par année, CISCO VNI, 2018.

1992	100 Go/jour	2007	2000 Go/s
1997	100 Go/h	2017	46600 Go/s
2002	100 Go/s	2022	150700 Go/s

Répondre aux questions suivantes à partir du document ou de vos connaissances personnelles.

1. Comment sont transmises physiquement plus de 99 % du traffic Internet et téléphone ?
2. Pourquoi y a-t-il davantage de câbles sous-marins entre les États-Unis et l'Europe, qu'entre l'Amérique du Sud et l'Afrique ?
3. Citez d'autres moyens de communication utilisés pour les communications par Internet.
4. Par combien a été multiplié le traffic Internet mondial entre 1992 et 2002 ? Entre 2002 et 2022 ?
5. Si la progression de 2002 à 2022 reste la même, quelle sera le traffic Internet mondial en 2042 ?

Document 1 Le principe de neutralité du net, et ce que son abrogation pourrait induire (Agence France Presse, 16 décembre 2017) [1]



Document 2 Neutralité du Net : quels sont les enjeux ? (Vie Publique, 13 octobre 2020) [2]

La neutralité du Net est un principe fondateur d'Internet qui garantit la libre circulation, sans discrimination, des contenus sur le web.

Internet a été conçu comme un réseau ouvert, reposant sur une architecture décentralisée et le principe du « meilleur effort » : chaque opérateur doit faire de son mieux pour assurer la transmission de tous les paquets de données qui transitent par son réseau, sans garantie de résultat (obligation de moyen) mais en excluant toute discrimination à l'égard de la source, de la destination ou du contenu de l'information transmise.

La loi pour une République numérique du 7 octobre 2016 a inscrit le principe de neutralité de l'Internet dans le droit français. Le principe interdit aux fournisseurs d'accès à internet (FAI) de discriminer l'accès au réseau en fonction des services (par exemple en offrant un internet plus lent à certains clients et plus rapide à d'autres pour accéder à un service identique à partir d'une même offre).

Les opérateurs de réseau qui militent en faveur de l'abandon de la neutralité justifient ces restrictions d'un point de vue financier. Elles permettraient de dégager des marges de financement supplémentaires requises pour les investissements dans les réseaux.

1. https://twitter.com/afpfr/status/942092209742106630
2. https://www.vie-publique.fr/eclairage/18846-neutralite-du-net-quels-sont-les-enjeux

De même, des gouvernements tentent de mettre en place des techniques de filtrage du réseau pour rétablir un contrôle sur l'information d'Internet, à l'image de celui dont ils jouissent sur les médias traditionnels.

Cependant, la préservation de la neutralité d'Internet est d'abord un enjeu démocratique. La neutralité du net met les citoyens sur un pied d'égalité et permet à tous de s'exprimer librement. Internet est une plateforme d'expression égalitaire qui se distingue à cet égard des moyens de communication traditionnels (radio, TV, presse) car aucun investissement n'est requis pour émettre de l'information.

L'internet ouvert présente, de plus, des enjeux économiques et apparaît comme un incubateur d'innovations. Face aux groupes commerciaux prestataires de services, n'importe quelle petite entreprise peut distribuer librement des services sur Internet et entrer en concurrence sur le marché global. Internet est propice à « l'innovation sans permis », des start-up peuvent distribuer à moindre coût et sans autorisation préalable de la part de l'opérateur toute innovation.

Questions

1. Qu'est-ce que la neutralité du net ?
2. Parmi les exemples suivant, lesquels ne respectent pas la neutralité du net ? (A) Un fournisseur d'accès à internet bloque le traffic en pair-à-pair. (B) Un fournisseur d'accès à internet diffuse Netflix plus vite que Youtube, suite à un accord commercial avec Netflix. (C) Un fournisseur d'accès à internet fait payer un accès « prioritaire » au réseau en cas de congestion du réseau. (D) Un fournisseur d'accès à internet interdit à ses utilisateurs et utilisatrices de télécharger plus de 20Go de données par mois. (E) Un fournisseur d'accès à internet pratique des prix différents pour ses abonnés en France et en Belgique. (F) Un fournisseur d'accès à internet propose une offre gratuite ne permettant de visiter que Facebook et Wikipédia. (G) Un opérateur de téléphonie mobile bloque l'utilisation de Skype en 4G ou 5G. (H) Un opérateur de téléphonie mobile compresse les images pour accélérer le débit. (I) Un opérateur de téléphonie mobile fait payer plus cher les appels vers d'autres pays. (J) À la demande d'un juge, un fournisseur d'accès à internet bloque un site web permettant de téléchargement illégal.
3. Pourquoi certains fournisseurs d'accès à internet sont-ils opposés à la neutralité du net ?
4. Comment certaines grosses entreprises comme Google ou Facebook pourraient-elles bénéficier de l'abandon de la neutralité du net ?
5. Expliquer pourquoi la neutralité du net permet « l'innovation sans permis » ?
6. Que signifie : « aucun investissement n'est requis pour émettre de l'information » ? En quoi la neutralité du net est-elle un enjeu démocratique ?