

Le protocole de communication TCP/IP

Objectif(s)

- Distinguer le rôle des protocoles IP et TCP
- Caractériser les principes de routage et ses limites
- Distinguer la fiabilité de la transmission et l'absence de garantie temporelle

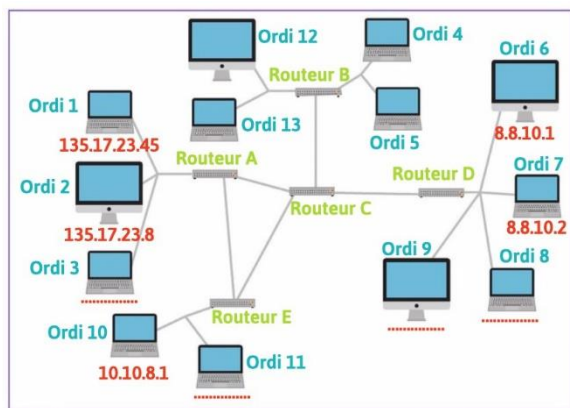
Problématique(s)

Échanges de courriels, mises en ligne d'articles, partages d'images ou encore téléchargement de vidéos : tous les jours, des milliards de données circulent sur Internet. Comment toutes ces données sont-elles acheminées ?

Les dessous d'internet

1. Quelques principes à retenir

Utiliser les documents ci-dessous pour répondre aux questions.



DOC 1 Version simplifiée d'un réseau de réseaux d'ordinateurs

AIDE 1

À quoi sert l'encapsulation ?

L'**encapsulation** dans les réseaux informatiques est un procédé qui consiste à ajouter au message toutes les indications lui permettant d'arriver à bon port.

Dans le réseau Internet, au message initial découpé en **paquets** sont ajoutées toutes les indications nécessaires pour sa transmission :

- Les règles de communication (adresses de l'émetteur et du destinataire), sont de l'ordre du **protocole IP** (Internet Protocol).
- Le **protocole TCP** (Transmission Control Protocol) ajoute les informations nécessaires à la transmission des contenus : numéros des paquets et nombre total de paquets, délai avant destruction, demande de renvoi de paquets manquants ou détruits, accusé de réception du message.



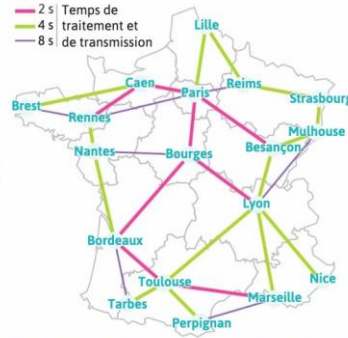
AIDE 2

Quel est le principe du routage sur Internet ?

Sur un réseau, chaque **routeur** a sa propre table de routage. Il ne connaît pas le plan global du réseau mais juste ce qu'il doit faire localement des messages qui lui arrivent.

La **table de routage**, ou **algorithme de routage**, est un programme informatique basé sur la recherche du meilleur chemin entre l'émetteur et le destinataire du message en fonction de plusieurs critères comme la vitesse de transmission, la qualité du service et la disponibilité des routeurs. Les trajets les plus courts ne sont pas toujours les plus rapides !

Dans le cas d'une **saturation du trafic** entre deux routeurs ou d'attaque d'un routeur par exemple, la prévision d'un autre chemin peut permettre à deux ordinateurs de continuer à communiquer.



AIDE 3

Comment un routeur sait-il à quel réseau appartient le destinataire d'un message ?

Pour aiguiller le paquet dans la bonne direction, les routeurs analysent l'**adresse IP** du destinataire du message contenue dans le paquet. Cette adresse IP (unique à un instant donné) est composée de plusieurs parties : une partie permet d'identifier le réseau auquel appartient le destinataire, l'autre partie permet de l'identifier sur le réseau.

Par exemple, dans le **DOC 1**, Ordi 1 a pour adresse IP **135.17.23.45** :

- **135.17.23** permet d'identifier le réseau : Ordi 1 appartient au réseau ayant pour adresse **135.17.23.0** (le chiffre 0 dans l'adresse IP permet de désigner un réseau et non une machine).
- **45** permet d'identifier l'ordinateur sur le réseau **135.17.23.0**.

<https://www.youtube.com/watch?v=5AVY6E-7yCc>

Question(s) :

1. Reproduire le Doc 1 et entourer chacun des réseaux en précisant le rôle de A, B, C, D et E.
2. Déterminer un chemin permettant à Ordi 4 et Ordi 12 de communiquer.
3. Déterminer deux chemins possibles permettant à Ordi 5 et Ordi 10 de communiquer.
4. Quel peut être, selon vous, l'intérêt de l'existence de plusieurs chemins de communication entre deux ordinateurs?
5. Regarder la vidéo puis donner une adresse IP possible pour les ordinateurs du Doc 1 qui n'en ont pas.

2. Partie « branchée »

a. Des adresses Ethernet

En salle informatique, les ordinateurs ont habituellement des adresses spécifiques liées au réseau local auquel ils sont connectés.

L'objectif de cette activité est d'observer les adresses IP des ordinateurs puis comparer avec l'adresse annoncée quand un ordinateur local se connecte à un site distant. Cela permet de mettre en évidence la notion de réseau local avec des adresses privées, inconnues depuis le réseau internet, et la notion d'adresse publique.

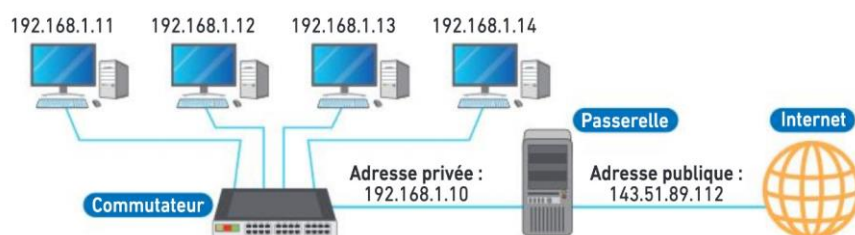
Faire des groupes de 3 personnes, et placer vous devant un ordinateur.

Connecter l'ordinateur avec vos identifiants

Question(s) :

1. Rechercher les paramètres de la connexion réseau de l'ordinateur.
Utiliser le lien suivant : <http://www.mon-ip.com/adresse-ip-locale.php>. Noter l'adresse IP.
2. Comparer les adresses obtenues sur plusieurs ordinateurs.
3. Vérifier si cette adresse est de la forme 192.168.x.y ou 10.x.y.z ou encore 172.x.y.z avec x compris entre 16 et 31. Si oui, il s'agit d'une adresse locale à ce réseau. Quand l'adresse est locale, ce n'est pas une adresse unique au niveau mondial sur internet : ça signifie que cette machine ne peut pas être consultée depuis une autre machine hors de son réseau local.
4. Pour confirmer qu'une adresse est privée, se connecter via internet à un site révélant l'adresse IP des machines qui s'y connectent (<https://fr.infobyip.com/>). C'est une adresse publique qui est révélée : identique pour toutes les machines du réseau privé. Noter cette adresse : elle doit être différente de celle obtenue à la question 1.

La machine servant de passerelle entre le réseau local et internet a une adresse côté réseau local et une adresse côté internet (voir document). Quand la passerelle fait suivre un message au nom d'une des machines du réseau local, elle remplace l'adresse locale d'expéditeur par sa propre adresse. Au retour de la réponse, la passerelle la réachemine vers la machine locale qui avait demandé quelque chose. Faire un schéma sur le même modèle où figureront les bonnes adresses IP.



b. Des adresses WI-FI ou 4G ?

Tout mobile connecté à internet dispose nécessairement d'une adresse IP pour pouvoir recevoir les informations demandées à un serveur.

L'objectif de cette activité est d'observer que l'obtention d'une adresse IP par une machine est indispensable pour être connecté à internet et obtenir des informations d'un serveur. Les smartphones disposent en général de plusieurs liaisons possibles, ce qui leur permet d'obtenir des adresses IP différentes.

Question(s) :

1. De quelles liaisons peut disposer un smartphone ?
2. Rechercher sur un smartphone le menu Réglages ou Paramètres dans lequel figurent les informations sur la connexion de l'appareil à internet. Un champ Adresse IP doit figurer dans un des menus.

Sinon connectez-vous au site <https://fr.infobyip.com/>

Ne pas faire les questions 3 et 4.

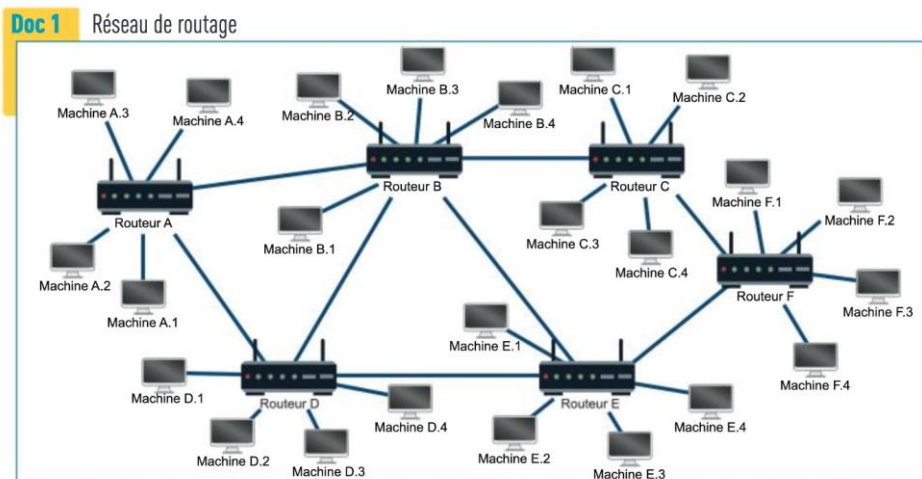
3. Déconnecter le mobile en le mettant en mode avion. Vérifier qu'il n'y a pas d'adresse IP enregistrée.
4. Connecter le service de données si disponible. Si la connexion a pu être réalisée, noter l'adresse IP.
5. Connecter le WI-FI si disponible (partage de connexion éventuellement). Si la connexion a pu être réalisée, noter l'adresse IP.
6. Que pouvez-vous en déduire ?

3. Partie « débranchée »

a. Le routage débranché

L'objectif ici est de simuler en classe le routage de message IP dans un réseau, chaque élève prenant le rôle soit d'une machine, soit d'un routeur. L'activité consiste à envoyer des messages d'une machine à une autre.

Chaque message doit comporter l'adresse de son destinataire. Le réseau dessiné Doc. 1 contient 24 machines réparties en six sous-réseaux nommés chacun par une lettre de A à F. Chaque machine envoie ses paquets au routeur de son réseau.



Chaque routeur exécute l'algorithme suivant pour sélectionner le routeur vers lequel acheminer le paquet en fonction de l'adresse du destinataire.

regarder sur le message l'adresse du destinataire

Si le destinataire est dans le même sous-réseau

lui donner le message

Sinon

regarder dans la table de routage le nom du routeur à utiliser

envoyer le message à ce routeur

Question(s) :

1. Construire pour chaque routeur une table de routage sur le modèle ci-contre, indiquant pour chaque réseau destinataire, vers quel routeur acheminer le message.

Doc. 2 Table de routage de A

Pour :	Envoyer à :
C	B
F	B
...	...

2. Tester le bon fonctionnement du réseau en envoyant, depuis chaque machine, un message vers une autre machine.
Pour cela, chaque élève qui simule une machine écrit un message sur une feuille, la plie et écrit dessus l'adresse du destinataire, puis confie son message au routeur auquel il est connecté. Les élèves qui simulent un routeur doivent utiliser leur table de routage pour savoir à qui transmettre les messages qui leur sont remis. Que se passe-t-il quand un grand nombre de messages arrivent sur un routeur ?
3. Un des élèves qui simule un routeur arrête soudainement de travailler. Que se passe-t-il ?
Quelles sont les conséquences possibles d'une panne d'un routeur ?

b. Transmission TCP

En reprenant le réseau de l'activité précédente, l'objectif est de simuler la transmission de longs messages avec le protocole TCP. Pour écrire un long message, on doit le répartir sur plusieurs feuilles. Chaque élève de la classe, qui simule une machine doit donc préparer un message, en plusieurs parties et écrire sur chaque feuille l'adresse du destinataire.

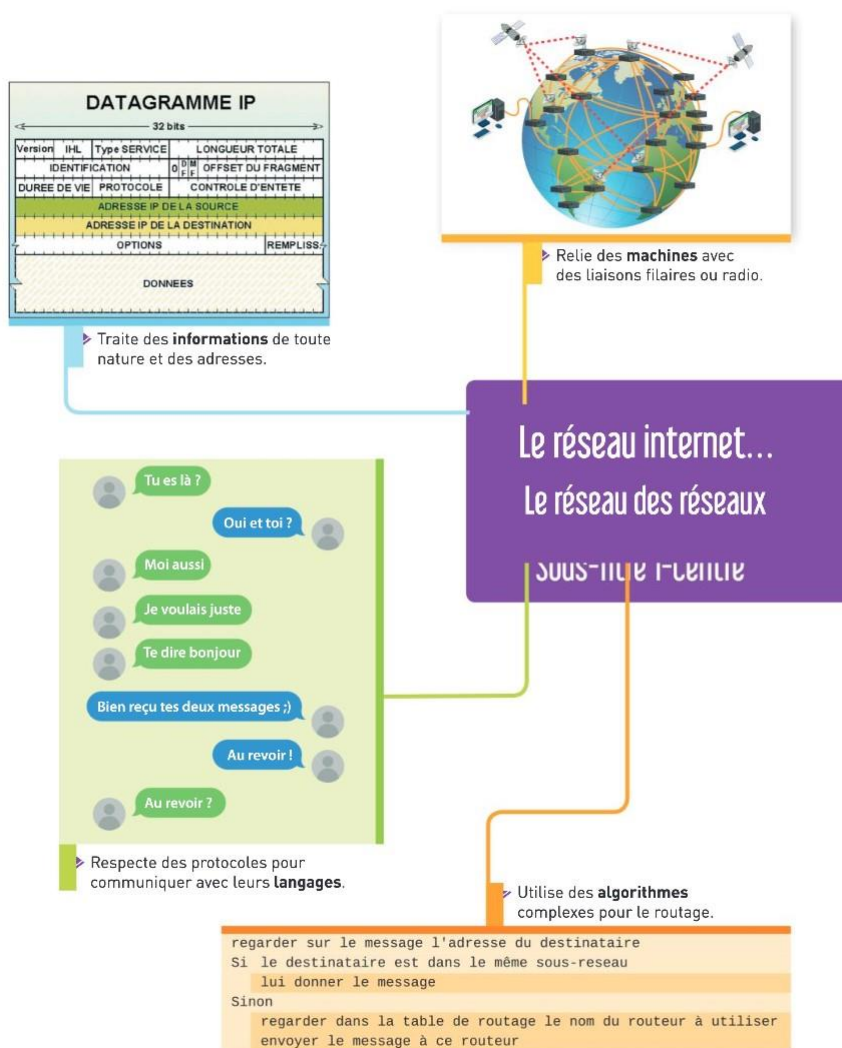
On suppose d'abord que tous les routeurs fonctionnent bien et que tous les morceaux de message arrivent à destination, au bout d'un certain temps, mais pas nécessairement dans le même ordre.

Question(s) :

1. Quelles informations l'expéditeur doit-il ajouter sur chaque feuille pour que le destinataire puisse remettre les feuilles dans l'ordre ?
2. Tester le bon acheminement d'un message et sa réception par le destinataire. Chaque expéditeur envoie ses feuilles une par une à son routeur.
3. On suppose maintenant qu'il peut y avoir des pertes de feuilles pendant l'acheminement.
On décide donc de mettre en place des accusés de réception pour chaque feuille reçue.
Quelle information doit être ajoutée sur chaque feuille contenant un morceau du message ?
4. Décrire l'algorithme de l'expéditeur d'un message en cinq feuilles pour expliquer ce qu'il doit faire au fur et à mesure des réceptions d'accusés de réception.
5. Rechercher les informations nécessaires au bon cheminement, dans le format réel, d'un message IP (voir doc ci-contre).

Doc. 1 Datagramme IP

Conclusion



Le réseau internet relie au niveau mondial de nombreux réseaux locaux connectés entre eux par des liaisons. Les réseaux locaux sont organisés de manière à permettre à chaque machine de communiquer avec les autres et d'accéder à des ressources partagées.

La manière la plus efficace de connecter l'ensemble des machines entre elles est de toutes les connecter à un commutateur (*switch* en anglais).

Un réseau local peut être connecté au réseau internet par l'intermédiaire d'une passerelle (*gateway* en anglais). Le réseau n'est pas hiérarchique : il n'y a pas une machine « centrale » connectée à toutes les autres.

Pour connecter une machine au réseau, il suffit de la connecter à une autre qui y est déjà connectée.

L'adresse IP est un numéro attribué à une machine selon l'*internet Protocol*. C'est habituellement (pour la version 4, nommée IP V4, un numéro à quatre nombres compris entre 0 et 255. Le protocole internet (IP) précise aussi comment acheminer un message d'une adresse à une autre.

Ce n'est pas si simple car il y a souvent plusieurs chemins possibles.

Trouver un chemin c'est le routage.

Le routage sur internet implique de nombreuses machines qui exécutent, chacune, des programmes respectant le protocole internet (IP).

Un routeur est une machine qui connecte deux ou plusieurs réseaux et qui exécute un programme destiné à orienter les messages entrants vers le meilleur réseau pour atteindre la machine destinataire.

Pour comprendre le routage sur internet, on peut voir la structure du réseau comme un ensemble de routeurs interconnectés entre eux. Les machines individuelles sont connectées à un routeur directement ou indirectement (par une passerelle ou un commutateur).

Le programme du routeur contient les instructions vues précédemment pour écrire ou lire sur une liaison. Il n'y a pas d'itinéraire préétabli pour acheminer un message d'une adresse à une autre. Chaque routeur décide de la direction à prendre pour rapprocher le message de son destinataire. Si un routeur tombe en panne, les messages suivants empruntent alors un autre chemin.

Ce principe est appelé la commutation de paquets.

La commutation de paquet est une technique d'acheminement des messages sur un réseau de communication, dans laquelle la taille d'un message est limitée à une taille fixée : le paquet.

L'itinéraire choisi peut être propre à chaque paquet.

Cette technique a été nommée ainsi par opposition à la technique de « communication de circuits » utilisée auparavant en téléphonie.

La communication de circuits consiste à établir un circuit entre deux interlocuteurs en commutant les relais se trouvant sur le chemin de l'un à l'autre. Une fois le circuit établi, toute la communication à suivre se fait par le même circuit. C'était grâce à la commutation de circuits que les liaisons téléphoniques, une fois établies, avaient une qualité constante. Maintenant, avec la téléphonie IP, si un paquet se perd, la voix devient hachée...

Le protocole internet (IP) définit les règles de communication à respecter par tous les algorithmes s'exécutant sur les routeurs et les différentes machines connectées au réseau.

Sur chaque machine connectée, on peut ainsi programmer un envoi de message vers une autre machine en connaissant son adresse IP :

`envoyer message IP à l'adresse a.b.c.d` avec a,b,c,d des nombres compris entre 0 et 255.

Cet envoi n'est pas sécurisé : le message peut ne jamais arriver.

Le message est de taille limitée par le protocole IP est s'appelle « un message IP » ou un paquet.

Pour envoyer de manière plus sécurisée des messages plus longs, le protocole TCP prévoit de nombreuses améliorations.

Selon le protocole TCP, un message trop long est découpé en plusieurs morceaux.

Chacun est envoyé successivement en utilisant le programme : `envoyer message ip`.

Le récepteur envoie alors un autre message appelé `Accusé de réception` pour indiquer que le message a bien été reçu.

Si l'expéditeur ne reçoit pas d'accusé de réception au bout d'un certain temps, il renvoie le même message.

Les différents morceaux du message initial sont envoyés tour à tour et peuvent prendre des chemins différents ; ceux qui sont perdus peuvent être réexpédiés.

Tous les morceaux finiront par arriver au bout d'un certain temps, mais pas forcément dans le bon ordre. Les morceaux d'un message TCP sont numérotés et les accusés de réception aussi, ce qui permet au destinataire de tout remettre dans l'ordre.

En tout, pour envoyer un seul message avec TCP, il y a beaucoup d'envois de messages IP contenant des morceaux du message, des accusés de réception, des réexpéditions de morceaux, leurs accusés de réception...

Le protocole TCP permet ainsi de définir l'instruction `envoyer long message TCP à l'adresse a.b.c.d` avec a, b, c et d des nombres compris entre 0 et 255.

Cette instruction est fiable : le message n'est pas limité en taille et finira par arriver, mais sans garantie temporelle.