



Architectures Matérielles et Systèmes d'Exploitation

Architecture d'un réseau et transmission de données

Cette activité est réalisée avec le simulateur de réseau Filius.

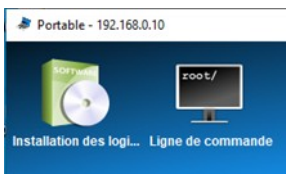
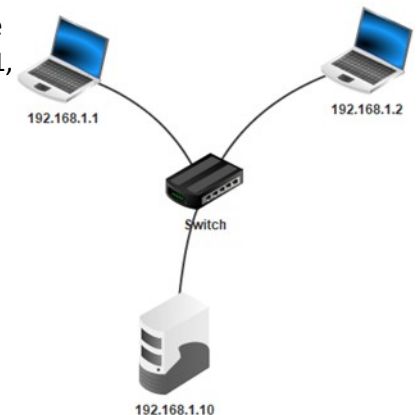
Le logiciel dispose de deux modes ; on passe d'un mode à l'autre en cliquant sur l'icône correspondante :


- le mode conception, activé par l'icône « marteau » : 
- le mode simulation, activé par l'icône « flèche verte » : 

1. Ouvrez le fichier sauvegardé à la fin de l'activité précédente ou recréez le même réseau constitué de 3 ordinateurs avec les noms et adresses IP 192.168.1.1, 192.168.1.2 et 192.168.1.10 et un masque 255.255.255.0, reliés par un switch.

Ce réseau est appelé 192.168.1.0/24.

Rappels : Une adresse IP doit toujours être accompagnée d'un **masque**. L'adresse IP 192.168.1.1 / masque 255.255.255.0 peut aussi s'écrire en **notation CIDR** 192.168.1.1/24 pour indiquer que le masque est sur 24 bits. **La première adresse disponible désigne l'ensemble du réseau**, ici 192.168.1.0 ; **la dernière, est l'adresse de diffusion (broadcast) qui permet d'envoyer un message à toutes les machines du réseau**, ici 192.168.1.255.



2. Passez en mode simulation  et installez la Ligne de commande sur le premier ordinateur. Vérifiez qu'il est connecté aux deux autres (commande ping 192.168.1.2 et ping 192.168.1.10).

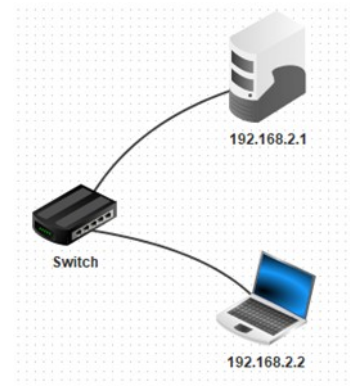
Connecter plusieurs réseaux avec un routeur

3. Installez deux nouveaux ordinateurs portant les noms et adresses IP 192.168.2.1 et 192.168.2.2.
4. Toujours en mode conception, créez un second réseau constitué d'un switch reliant ces deux nouveaux ordinateurs. L'adresse de ce réseau est 192.168.2.0/24.

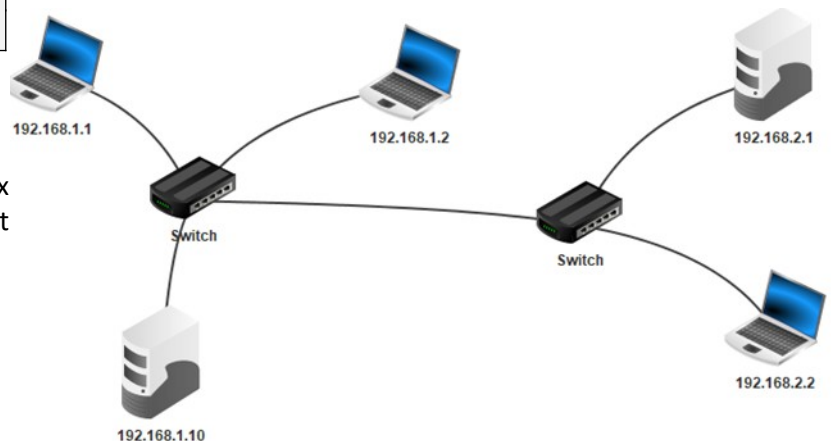
Avec les masques utilisés 255.255.255.0, ces deux nouveaux ordinateurs dont l'adresse IP commence par 192.168.2.x appartiennent donc à un réseau différent du premier 192.168.1.0/24.

5. Vérifiez si les deux ordinateurs sont connectés en exécutant une commande ping depuis la machine 192.168.2.1 vers la 192.168.2.2. Les deux ordinateurs sont-ils connectés ?

Oui



6. On veut maintenant connecter les deux réseaux ensemble. Placez un câble Ethernet reliant les deux switches.



7. En mode simulation, vérifiez si les ordinateurs des deux réseaux sont bien connectés entre eux en exécutant une commande ping depuis la machine 192.168.1.1 sur le réseau 192.168.1.0/24 vers la machine 192.168.2.1 sur l'autre réseau 192.168.2.0/24. Les deux réseaux sont-ils connectés ?

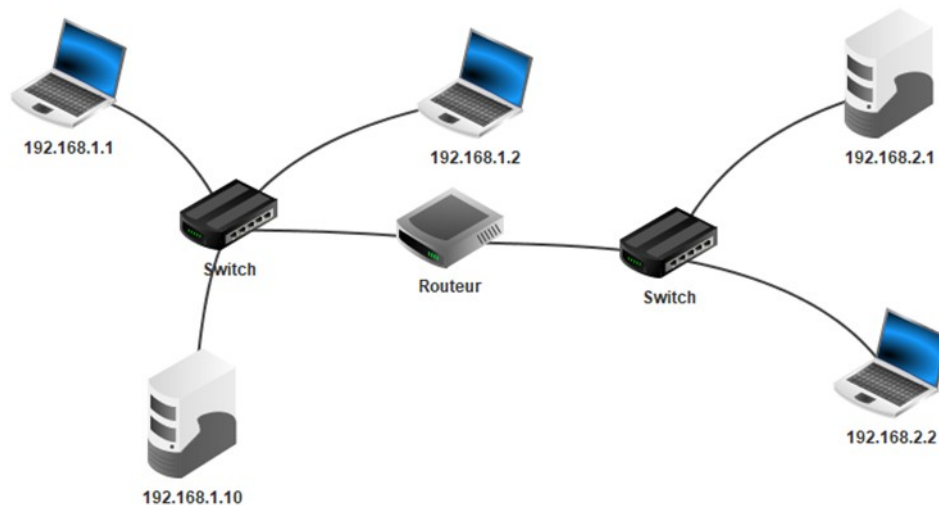
Non

Les deux machines sont sur des réseaux différents, elles ne peuvent pas communiquer. Il faut utiliser un **routeur**.

Les **routeurs** sont des équipements informatiques dont le rôle est de relayer (on dit « commuter ») les paquets d'un réseau à l'autre en suivant le protocole IP. Les paquets sont transmis de routeur en routeur jusqu'à ce qu'ils arrivent à leur destinataire final. C'est le **routing**.

À la maison, la **box Internet** joue le rôle de **routeur** en connectant le réseau local à l'Internet.

8. En mode conception, ajoutez un routeur (sélectionnez 2 interfaces, c'est à dire 2 cartes réseau, par exemple Ethernet) pour établir la connexion entre les switches des deux réseaux.



9. En mode simulation, vérifiez si les ordinateurs des deux réseaux sont bien connectés entre eux en exécutant une commande ping depuis la machine 192.168.1.1 sur le réseau 192.168.1.0/24 vers la machine 192.168.2.1 sur l'autre réseau 192.168.2.0/24. Les deux réseaux sont-ils maintenant connectés ?

Non

Il reste à configurer le routeur pour qu'il interprète les adresses IP des paquets qui lui sont transmis et les transmette sur le bon réseau. Chaque port du routeur qui est connecté à un réseau local doit avoir une adresse IP appartenant à ce réseau. Ce sont les **interfaces** réseau du routeur.

En informatique et en électronique, une **interface** est un dispositif qui permet des échanges et interactions entre deux entités différentes, comme des éléments de logiciel, des composants de matériel informatique, ou même un utilisateur.

10. En mode conception, faites un clic droit sur le routeur puis configurez ses deux interfaces en leur assignant une adresse du réseau concerné : 192.168.1.11 pour le premier réseau et 192.168.2.3 pour le second.
11. En mode simulation, testez à nouveau la connexion entre les ordinateurs des deux réseaux en exécutant une commande ping depuis 192.168.1.1 vers 192.168.2.2. Les deux réseaux sont-ils maintenant connectés ?

non

Les ordinateurs appartenant à un réseau doivent savoir à quelle machine sur ce réseau envoyer les paquets destinés à l'extérieur de ce réseau C'est la **passerelle** vers l'extérieur du réseau

Pour transmettre les paquets à l'extérieur du réseau local vers un autre réseau, le routeur joue ici le rôle de **passerelle** (ou **gateway** en anglais). Une **passerelle permet de relier deux réseaux**, par exemple pour relier un réseau local (intranet) à l'Internet.

12. Pour finaliser la configuration des deux réseaux, renseignez le champ Passerelle de chaque ordinateur. Attention, chaque réseau possède sa propre passerelle : 192.168.1.11 pour les ordinateurs du réseau 192.168.1.0/24 et 192.168.2.3 pour les ordinateurs du réseau 192.168.2.0/24.

Adresse MAC	4C:65:4D:B1:92:5B
Adresse IP	192.168.1.1
Masque	255.255.255.240
Passerelle	192.168.1.11

13. En mode simulation, testez à nouveau la connexion entre les ordinateurs des deux réseaux en exécutant une commande ping depuis 192.168.1.1 vers 192.168.2.2. Les deux réseaux sont-ils maintenant connectés ?

OUI, finalement !

Toutes les machines peuvent désormais être atteintes depuis 192.168.1.1 avec la commande ping.

14. Effectuez une commande traceroute (utilitaire qui permet de suivre les chemins d'un paquet de données) depuis la machine 192.168.1.1 vers la machine 192.168.2.2 : traceroute 192.168.2.2. Quelles sont les adresses IP des machines traversées ? A quoi correspondent-elles ?

192.168.1.11 (le routeur)
192.168.2.2 (l'ordinateur de destination)

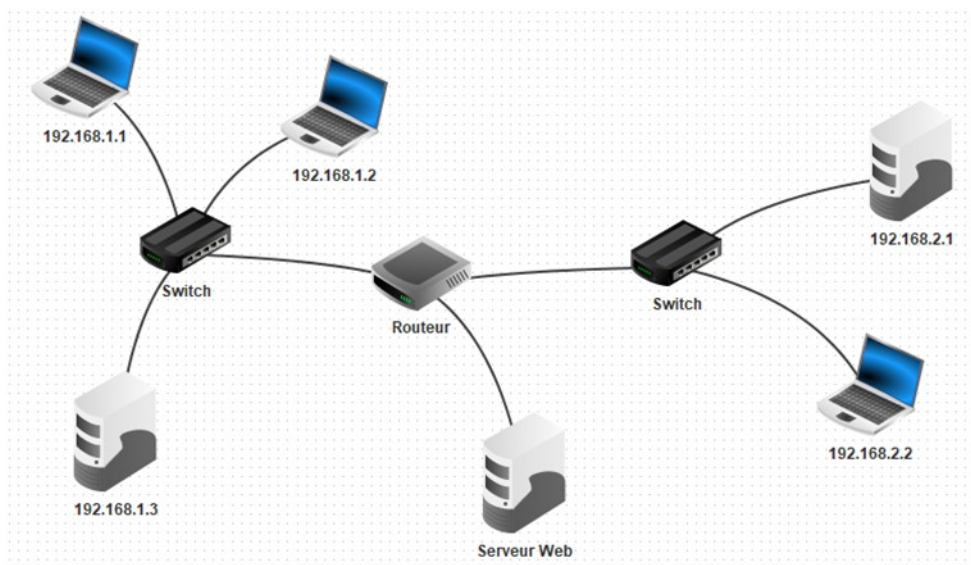
Afficher une page Web

15. Toujours en mode conception, ajoutez un nouvel ordinateur renommé Serveur Web avec l'adresse IP 188.8.8.2 et le masque 255.255.255.252.

Ici on utilise un masque 255.255.255.252 sur 30 bits ($252_{10} = 1111\ 1100_2$), seuls les deux derniers bits sont utilisés pour brancher deux machines.



16. S'il n'y a plus de connecteur disponible, vous pouvez en ajouter un en double cliquant sur le routeur puis menu Gérer les connexions dans l'onglet Général. En cliquant sur **+**, ajoutez une interface locale 188.8.8.1 avec le masque 255.255.255.252.



17. Reliez le Serveur Web au routeur par un câble et renseignez la passerelle du Serveur Web avec l'adresse de l'interface du routeur 188.8.8.1.
18. En mode simulation, exécutez une commande ping depuis 192.168.1.1 vers 188.8.8.2 pour vérifier la connexion.
19. En mode simulation, installez sur le Serveur Web un logiciel de serveur web puis lancez cette application et appuyez sur « Démarrer » pour démarrer le serveur.

20. Sur l'ordinateur 192.168.1.1 installez un navigateur web. Ouvrez-le et essayez de vous connecter au Serveur Web en saisissant `http://188.8.8.2` dans la barre d'adresse du navigateur puis cliquez sur **Afficher**.
Une page web s'affiche !

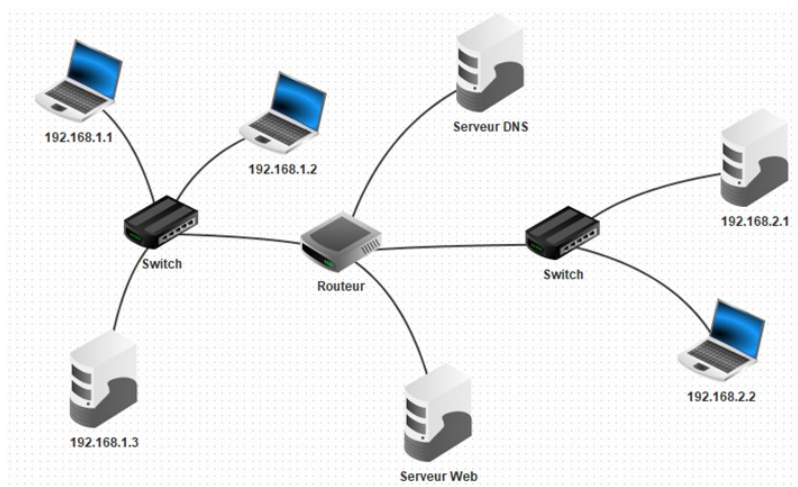


Connecter un serveur DNS


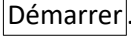
Les adresses IP sont difficiles à retenir pour un humain. En pratique on utilise des noms de domaines sous forme d'URL (Uniform Resource Locator), tels que `https://www.wikipedia.org`. Ceux-ci doivent alors être convertis en adresse IP pour être reconnus par le protocole IP. C'est le rôle du DNS.

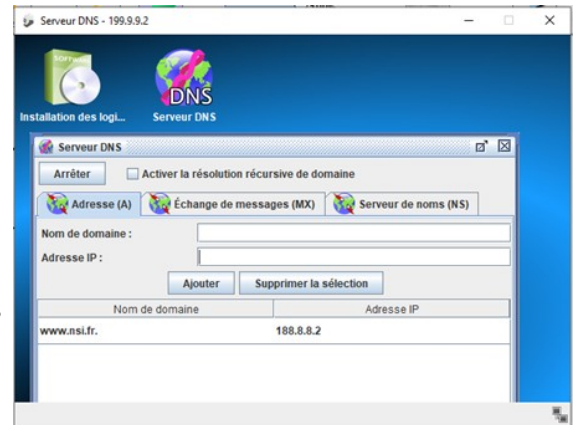
Le **DNS**, pour **Domain Name System** (Système de noms de domaine en français) permet de **traduire un nom de domaine ou URL en adresse IP**, comme un annuaire téléphonique permet d'associer un numéro de téléphone à un nom d'abonné.

21. Toujours en mode conception, ajoutez un ordinateur appelé Serveur DNS avec l'adresse IP 199.9.9.2 et un masque 255.255.255.252
22. Double-cliquez sur le routeur et Gérer les connexions dans l'onglet Général. En cliquant sur **+**, ajoutez une Interface locale 199.9.9.1 avec le masque 255.255.255.252.
23. Reliez le serveur DNS au routeur par un câble et renseignez la passerelle du serveur DNS avec l'adresse de l'interface du routeur 199.9.9.1.



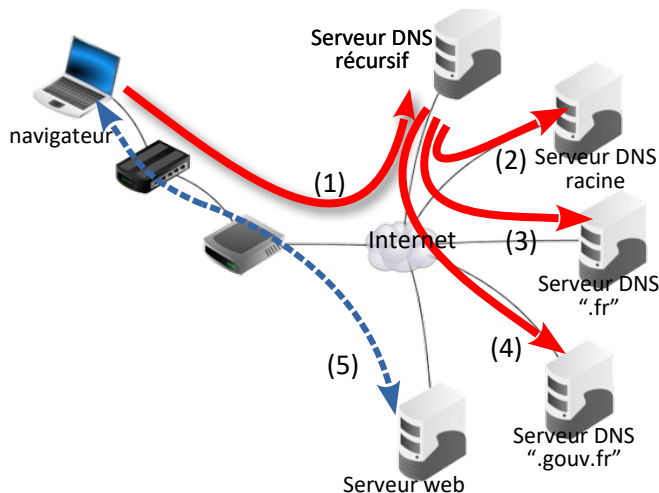
24. En mode simulation, exécutez une commande `ping` depuis 192.168.1.1 vers 199.9.9.2 pour vérifier la connexion.

25. Toujours en mode simulation, ajoutez un serveur DNS à ce nouvel ordinateur.
26. Configurez ce serveur DNS en ajoutant, dans l'onglet  Adresse (A) le nom de domaine `www.nsi.fr` à l'adresse IP `188.8.8.2` (l'adresse du Serveur Web) puis cliquez sur .
27. Renseignez le champ DNS de tous les ordinateurs des deux premiers réseaux avec l'adresse IP du serveur DNS créé `199.9.9.2`.
28. En mode simulation, exécutez une commande `ping` depuis `192.168.1.1` vers `www.nsi.fr` puis lancez le navigateur web en vous connectant au Serveur Web avec l'URL `http://www.nsi.fr` pour voir s'afficher la page web.



Ici, le serveur DNS connaît l'adresse IP de l'URL `www.nsi.fr`. En pratique, sur Internet, un seul serveur DNS ne peut pas connaître toutes les adresses IP. Pour trouver une adresse IP, le **serveur DNS, dit « récursif »** doit interroger plusieurs autres serveurs DNS jusqu'à trouver celui qui connaît l'URL recherchée. Ce serveur DNS récursif peut se trouver chez le fournisseur d'accès à Internet (FAI) ou sur le réseau local d'une entreprise ou d'une école, ou encore être un serveur DNS public (Google DNS : `188.8.8.8`, Cloudflare : `1.1.1.1`, etc.).

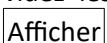
Prenons l'exemple d'un utilisateur qui accède depuis son navigateur à l'URL <https://www.nsi.gouv.fr> :



- (1) Le navigateur (un client) demande à son serveur DNS récursif l'adresse IP du domaine www.nsi.gouv.fr.
- (2) Le serveur DNS récursif ne connaît pas www.nsi.gouv.fr, il interroge un serveur DNS "racine" qui lui indique les adresses d'autres serveurs DNS couvrant les domaines en ".fr".
- (3) Le serveur DNS récursif interroge un serveur DNS ".fr" qui ne connaît pas non plus www.nsi.gouv.fr, il lui indique d'autres serveurs DNS couvrant les domaines en ".gouv.fr".
- (4) Le serveur DNS récursif interroge finalement un serveur DNS ".gouv.fr" qui lui connaît www.nsi.gouv.fr et peut indiquer son adresse IP pour la donner au navigateur.
- (5) La connexion TCP peut s'établir entre le navigateur et le serveur web qui héberge www.nsi.gouv.fr. Les échanges HTTPs peuvent commencer.

Sur Internet, un **serveur DNS récursif** permet de trouver (on dit aussi « résoudre ») l'adresse IP d'une URL en interrogeant **plusieurs serveurs DNS**. Les **URL sont découpées en « zone »** à partir d'un serveur « racine » en domaines de premier niveau (*Top Level Domain*) comme `.fr`, `.com`, `.org`, etc., puis en sous-domaines.

Observer les échanges de données

29. Faites un clic-droit sur la machine `192.168.1.1` et affichez les échanges de données. Dans le panneau échange de données, videz les tables (click droit). Ensuite, appuyez à nouveau sur  dans le navigateur pour relancer une requête.

L'affichage de cette simple page web a nécessité 27 échanges de données entre machines !

30. Observez les deux premiers échanges de données (No 1 et 2 en bleu foncé). Entre quelles machines ont-ils eu lieu ? A quoi correspondent-ils ? Quels protocoles sont utilisés ?

No	Source	Destination	Protocole	Couche	Commentaire
1	192.168.1.1	199.9.9.2	Application	Application	GET / HTTP/1.1 Host: www.nsi.fr
2	199.9.9.2	192.168.1.1	Transport	Transport	302 Found

L'ordinateur `192.168.1.1` demande au serveur DNS (`199.9.9.2`) l'adresse IP de www.nsi.fr. Le serveur DNS répond avec l'adresse IP correspondante : `188.8.8.2`. Le protocole utilisé à la couche Internet est IP. Celui à la couche Transport est UDP.

TCP n'est pas le seul protocole de la couche Transport. Il existe aussi le protocole **UDP** (*User Datagram Protocol*) qui transmet les paquets "sans connexion" (paquets non numérotés, sans renvoi si un paquet est perdu ou corrompu en chemin, etc. Plus rapide, UDP est surtout utilisé dans les cas où la vitesse prime, par exemple le streaming vidéo.

31. Observez les trois échanges de données suivant (No 3, 4 et 5 en bleu clair). Entre quelles machines ont-ils eu lieu ? A quoi correspondent-ils ? Quels protocoles ont été utilisés pour la couche Internet et la couche Transport ?

L'ordinateur 192.168.1.1 ouvre une connexion TCP avec le serveur Web (188.8.8.2). L'ouverture de la connexion se fait en trois étapes (appelée three-way handshake) : SYN, SYN-ACK et ACK.
Le protocole utilisé à la couche Internet est IP. Celui à la couche Transport est UDP.

32. Observez les deux échanges de données suivant (No 6 en bleu foncé et 7 un bleu clair). Entre quelles machines ont-ils eu lieu ? A quoi correspondent-ils ? Quel est le protocole utilisé à la couche Application ?

L'ordinateur 192.168.1.1 demande au serveur Web (188.8.8.2) la page www.nsi.fr. Le protocole de la couche Application est HTTP, c'est le protocole du web. Le serveur Web renvoie un accusé de réception (ACK).

33. Observez les deux échanges de données suivant (No 8 en bleu foncé et 9 un bleu clair). Entre quelles machines ont-ils eu lieu ? A quoi correspondent-ils ?

Le serveur Web envoie la page html à l'ordinateur.
L'ordinateur renvoie un accusé de réception de cette demande (ACK).

34. Dans les échanges de données suivant (No 10 et 11), l'ordinateur demande au serveur Web l'image splashscreen-mini.png. Il existe plusieurs méthodes d'obtenir une ressource le Web : GET et POST. Quelle méthode est utilisée ?

GET

Différents types de requêtes HTTP (ou HTTPS en version sécurisée) permettent d'obtenir un fichier ou une ressource depuis un serveur en lui transmettant des informations :

- La **méthode GET** est la méthode la plus utilisée, elle transmet des informations au serveur par l'URL. Exemple : www.example.com/register.php?name=jean&age=15. Cette méthode est donc limitée par la taille limite d'une URL et les données sont accessibles à tous.
- La **méthode POST** transmet des informations dans le corps de la requête http elle-même.

Les paramètres ne sont pas visibles pour les utilisateurs et la taille est illimitée, mais les données saisies sont perdues quand la page web est mise à jour (par exemple en cliquant sur « Précédent »).

Néanmoins si les données ne sont plus visibles dans l'URL, **elles sont toujours transmises en clair et peuvent être vues par quelqu'un qui arrive à intercepter une trame** (sur un routeur par exemple). D'où l'importance d'utiliser des protocoles sécurisés comme HTTPS, les transmissions sont alors cryptées.

35. En réponse à cette demande, le serveur Web envoie l'image splashscreen-mini.png en plusieurs parties : échanges de données (No 12 à 23). Quel est l'intérêt de découper les données en paquets ?

Eviter d'encombrer le réseau et ne renvoyer qu'une partie des données en cas d'erreur.

36. Quel est le protocole qui permet de remettre les paquets dans l'ordre s'ils arrivent dans le désordre ?

C'est le rôle du protocole TCP

Les machines et leurs interfaces disposent d'identifiants au niveau de chaque couche du modèle OSI ou TCP/IP.

Couche (modèle TCP/IP)	Identifiant	Exemple
Application	protocole et nom de domaine	http:// suivi de www.nsi.fr
Transport	Port TCP ou UDP	TCP80 comme port par défaut pour HTTP
Internet	Adresse IPv4 et/ou IPv6	192.168.150.252/24 ou 2001:db8::1/64
Accès au Réseau	adresse physique (MAC 802)	70:56:81:bf:7c:37

