

Réseaux : IP, Protocoles et Communications

HAI404I : Licence 2 Informatique

Anne-Elisabeth Baert – baert@lirmm.fr

2021-2022

Table des matières

1	Chapitre 4 – Configuration de Réseaux et Adressage Sans Classes	2
1.1	Le Besoin	2
1.2	Retour sur l’Adressage	2
1.3	Notion de masque	4
1.4	Généralistions	7
2	Chapitre 5- Grande Traversée des Paquets	8
2.1	Retour à l’Enfer des Couches	8
2.2	Encore un problème de couches ?	8
2.3	Recherche de l’Adresse Physique	9

1 Chapitre 4 – Configuration de Réseaux et Adressage Sans Classes

1.1 Le Besoin

Problème

On peut imaginer un réseau de Classe C sans répartition en sous-réseaux, sans trop de difficultés. Quoique, si l'on en a besoin, serait-ce possible à réaliser ?

Il est absurde de construire un réseau de classe B ou (pire) A sans le répartir en sous-réseaux.

Mais est-ce que la seule solution serait de répartir un réseau de classe A en sous-réseaux de classe B et un (sous-)réseau de classe B en sous-réseaux de classe C ?

On devrait pouvoir plutôt adapter l'organisation du réseau aux services demandés.

Organisation d'un réseau

Partager un réseau en sous-réseaux permet :

- de faire correspondre l'organisation du réseau avec l'organisation administrative en services :
 - les personnes d'un même service S_0 ont besoin de correspondre entre eux plus souvent qu'avec d'autres services (est-ce vrai ?) ;
 - ils ont alors besoin de **leur** sous-réseau ;
 - bien sûr, ceci ne doit pas empêcher les communications entre différents services, donc entre les sous-réseaux.
- d'améliorer le fonctionnement global du réseau :
 - lorsque tous les hôtes d'un réseau sont sur une seule liaison physique, alors toute communication entre deux hôtes bloque la ressource réseau globale (pas de parallélisme possible) ;
 - la séparation en sous-réseaux permettra de n'affecter qu'un sous-réseau lorsque deux hôtes d'un même sous-réseau communiquent entre eux ; le parallélisme devient possible : deux hôtes H_1 et H_2 peuvent communiquer sur leur sous-réseau SR_1 sans perturber la communication entre H_3 et H_4 sur SR_2 .

1.2 Retour sur l'Adressage

Principe de l'Adresse Réseau

Une adresse réseau est de la forme :

partie réseau	partie hôte
---------------	-------------

La partie *hôte* est à disposition de l'administrateur local. Qui peut en profiter pour créer des sous-réseaux.

réseau	sous-réseau	hôte
--------	-------------	------

La longueur attribuée à la partie *sous-réseau* va déterminer le nombre de sous-réseaux possibles et par conséquent le nombre d'hôtes dans ce sous-réseau.

Exemple de Partage

Deux bits de sous-réseaux permettent de configurer au plus 4 sous-réseaux, avec 64 hôtes au plus par sous-réseau, sans oublier que deux adresses d'hôte sont réservées : celle désignant *le réseau* (adresse hôte entière à 0 binaire) et celle désignant *tous* (adresse hôte entière à 1 binaire).

Supposons que l'adresse 192.36.125.0 ait été attribuée à une institution. Si l'administrateur eut en faire 4 sous-réseaux, on aura la répartition suivante, écrite volontairement en binaire :

réseau	sous-réseau	hôte
11000000 00100100 01111101	00	000000 à 111111
11000000 00100100 01111101	01	000000 à 111111
11000000 00100100 01111101	10	000000 à 111111
11000000 00100100 01111101	11	000000 à 111111

En Décimal - Surprise

On peut maintenant écrire l'ensemble de la distribution des adresses en décimal, ainsi :

SR n^o	adresse réseau	adresse tous	adresses hôtes
1	192.36.125.0	192.36.125.63	192.36.125.1 à 192.36.125.62
2	192.36.125.64	192.36.125.127	192.36.125.65 à 192.36.125.126
3	192.36.125.128	192.36.125.191	192.36.125.129 à 192.36.125.190
4	192.36.125.192	192.36.125.255	192.36.125.193 à 192.36.125.254

Pourquoi avoir fait ce cirque ? Pour montrer que les suffixes 0 et 255 n'étaient pas les seuls représentants des adresses *réseau* et *tous* respectivement.

Remarques et Exercices

Remarques

- En affectant 2 bits aux sous-réseaux, on pourrait aussi construire 1 sous-réseau de 128 adresses d'hôtes et 2 sous-réseaux de 64.
- Évidemment, ce n'est pas parce que le total fait 256 qu'on peut faire n'importe quelle combinaison, même si le nombre total d'hôtes est une puissance de 2.

Exercices

- Écrire la répartition des adresses relatives à la première remarque.
- Comment répartir un réseau de classe B en sous-réseaux de 256 adresses chacun (i.e. de type classe C chacun) ?
- Comment répartir un réseau de classe B en sous-réseaux de 128 adresses chacun ?

1.3 Notion de masque

Généralités sur les Masques

Un masque est une donnée numérique (binaire), permettant d'extraire une partie d'une donnée numérique par une opération logique (un *et* pour ce qui nous intéresse ici).

Cette opération est nettement plus rapide qu'une suite de décalages.

Exemple : On prend un réseau de classe C, sans sous-réseaux, par exemple 192.34.38.0. Le masque 255.255.255.0 permet d'extraire l'adresse réseau à partir de l'adresse de tout hôte. Soit un hôte *H* d'adresse 192.34.38.212 ;

		192	34	38	212
	<i>et</i>	255	255	255	0
s'écrit		11000000	00100010	00100110	11010100
	<i>et</i>	11111111	11111111	11111111	00000000
résultat		11000000	00100010	00100110	00000000
soit		192	34	38	0

Remarques, Exercices

Remarques :

- Un masque n'est pas nécessairement constitué d'une suite consécutive de 1, suivie d'une liste de 0. Voir par exemple le masque relatif aux droits de création de fichiers pour s'en convaincre.
- En fait, dans la configuration des réseaux il est très commode d'utiliser des masques constitués d'une suite de 1 suivie d'une suite de 0, parce que les parties réseaux et sous-réseaux sont « à gauche ».

Exercices :

- Quel est le masque nécessaire pour extraire la partie réseau seule de l'adresse d'un hôte quelconque, dans un réseau de classe C, avec quatre sous-réseaux ?
- Quel est le masque nécessaire pour extraire les deux parties, réseau et sous-réseau dans ce même réseau ?

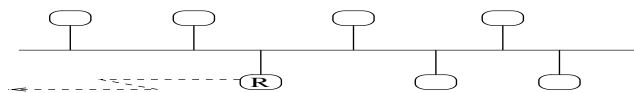
Pourquoi le Routage a Besoin de Masques

On utilise des masques dans l'algorithme de routage (cf. couche réseau) pour répondre lors du traitement d'un paquet à la question :

Est-ce que le destinataire du paquet est sur le même (sous-)réseau que moi-même ?

On verra qu'en fait la question est un peu différente, mais elle se généralise facilement.

Considérons un réseau de classe C, par exemple 192.34.38.0 sans sous-réseaux, connecté au monde extérieur par un routeur R. Le schéma suivant représente le cas d'un réseau à diffusion (par exemple, ethernet).



Étudions le routage dans ce cas.

Table de Routage Simple

La table de routage classique, simplifiée, d'un hôte quelconque H_0 se présente ainsi :

Destination	Contact	Interface
192.34.38.0	direct	eth0
autre (<i>défaut</i>)	192.34.38.1	eth0

où **eth0** désigne le périphérique « carte réseau » et 192.34.38.1 est l'adresse réseau du routeur. Cette table dit que :

- pour tout paquet destiné à un hôte local, H_1 par exemple, il faut expédier le paquet directement à H_1 ; ceci veut dire que la couche liaison de H_0 mettra dans l'adresse de destination l'adresse liaison (dite aussi adresse physique) de H_1 ;
- pour tout paquet destiné à un hôte **non** local, H_{ext} , il faut expédier le paquet à 192.34.38.1, ici le routeur ; ceci veut dire que la couche liaison de H_0 mettra dans l'adresse de destination l'adresse liaison du routeur.

Routage avec Masque

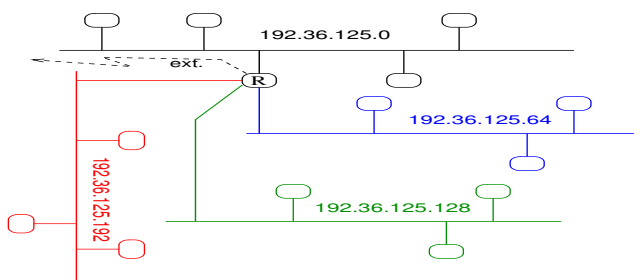
Question : Comment peut-on savoir qu'une adresse de destination fait partie du réseau local ou non ?

Réponse : en utilisant un masque appliqué aux adresses source et destination. Si le résultat est identique, alors les deux hôtes sont sur le même réseau.

Question : Quel masque faut-il appliquer pour que le routage se passe correctement dans tous les cas, quelle que soit la répartition en sous-réseaux ? C'est l'objet de la suite.

Masques de Sous-Réseaux

On reprend l'exemple du réseau 192.36.125 divisé en quatre sous-réseaux. Supposons que les quatre sous-réseaux créés SR_1, SR_2, SR_3, SR_4 soient interconnectés par un routeur R.



Problème : Un routage correct doit permettre à tout hôte d'acheminer directement un paquet destiné au même sous-réseau et de passer par le routeur pour toute autre adresse, extérieure ou appartenant à un des autres sous-réseaux. Le routeur doit pouvoir distinguer les divers sous-réseaux.

Solution

On ajoute un masque pour chaque destination dans la table de routage :

Sur un hôte quelconque, dans le sous-réseau 192.36.125.0

Destination	Contact	Masque	Interface
192.36.125.0	direct	255.255.255.192	eth0
autre (<i>défaut</i>)	192.36.125.1	???	eth0

Sur un hôte quelconque, dans le sous-réseau 192.36.125.64

Destination	Contact	Masque	Interface
192.36.125.64	direct	255.255.255.192	eth0
autre (<i>défaut</i>)	192.36.125.65	???	eth0

Remarque : On s'occupera bien plus tard des ???

Question : À quoi correspondent les adresses 192.36.125.1, 192.36.125.65 ?

Exercice : écrire la table de routage d'un hôte quelconque dans les deux autres sous-réseaux.

Table du Routeur

Destination	Contact	Masque	Interface
192.36.125.0	direct	255.255.255.192	xxx0
192.36.125.64	direct	255.255.255.192	xxx1
192.36.125.128	direct	255.255.255.192	xxx2
192.36.125.192	direct	255.255.255.192	xxx3
autre (<i>défaut</i>)	<i>x.y.z.t</i>	???	xxx4

Questions :

- À quoi correspond *x.y.z.t* ?
- Que représentent les interfaces xxx1 à xxx4 ?

Exercices :

- Prendre un paquet partant d'un hôte à destination d'un autre dans un autre sous-réseau local et montrer que cette table est correcte.
- Prendre d'autres valeurs de masques, par exemple 255.255.255.0 puis 255.255.255.128 et analyser ce qui se passe (attention, cette dernière valeur est *traître*).

Notation

On peut constater qu'une adresse IP est insuffisante pour déterminer la taille du réseau correspondant. Par exemple, 192.36.125.0 ne dit pas s'il s'agit d'un réseau découpé ou non.

Afin d'éviter toute ambiguïté, on associe aux adresses de réseau le masque correspondant, par la notation :

adresse/masque

où *masque* désigne la longueur de la chaîne de bits à 1.

Exemple : 192.36.125.0/26 désigne le réseau d'adresse 192.36.125.0 avec un masque contenant 26 bits à 1, c'est-à-dire le masque 255.255.255.192.

On pourra constater que toutes les valeurs de masque sont possibles, de /1 à /32.

1.4 Généralisations

Réseaux de Taille Intermédiaire

Le problème : Que doit faire une organisation ayant besoin d'un réseau de plus de 254 hôtes, tout en ne justifiant pas d'un réseau de classe B ?

Ce problème est d'autant plus important que la classe B est saturée et qu'il y a actuellement peu de chances d'obtenir une telle adresse.

Solution : Se faire attribuer plusieurs réseaux de classe C et jouer sur les masques et le routage afin de rendre cette attribution acceptable.

Attention : s'il s'agit de partager chacune de ces adresses en sous-réseaux, le problème est simple. Par contre, si l'on veut gérer l'ensemble des adresses comme un bloc découpé en unités de tailles diverses, il faudra obtenir des adresses de classe C ayant une partie commune maximale sur un sous-ensemble des 24 premiers bits ! Voir ci-après.

Sur-adressage

On vient de voir comment découper un réseau en sous-réseaux. Mais parfois on a besoin de faire l'opération réciproque : **associer plusieurs adresses obtenues en un seul réseau**. On parle alors de *sur-réseau*.

Dans ce cas, il faudra obtenir des adresses *compatibles*, c'est-à-dire ayant une partie commune **sans trous**.

Exemples :

- 192.34.38.0 et 192.34.39.0 peuvent être associées avec un masque de 23 bits ; on dira que 192.34.38.0/23 et 192.34.39.0/23 sont compatibles.
- 192.34.38.0 et 211.56.72.0 ne sont pas compatibles : on ne pourra pas créer un réseau homogène avec ces deux adresses, tout en ayant un routage correct, à moins de créer une table de routage contenant autant de lignes que de hôtes dans le réseau.
- 192.34.38.0 et 192.34.37.0 ne sont **pas** compatibles, à moins d'avoir obtenu **aussi** 192.34.36.0 **et** 192.34.39.0 !

2 Chapitre 5- Grande Traversée des Paquets

2.1 Retour à l'Enfer des Couches

2.2 Encore un problème de couches ?

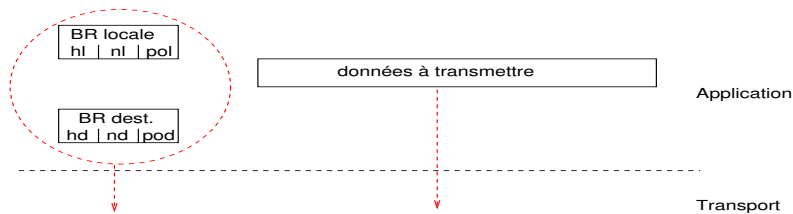
Rôle de l'application

Expédition

Lors d'une expédition, l'application expéditrice prépare et fournit à la couche en dessous (ici le transport) :

- le contenu du message (le *paquet vu par l'application*) à expédier
- les triplets des adresses des boîtes réseau *source* et *destination*.

Analyse dans l'application avant l'expédition (`send()` ou `sendto()`) : l'adresse de la BR de destination est déterminée.



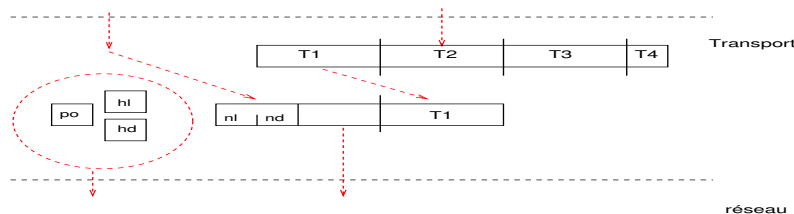
Rôle du Transport

Principe :

Chaque couche construit son paquet ; c'est ce qu'elle sait faire. Elle utilise ce qui lui est nécessaire et transmet à la suivante les éléments non utilisés jusque là.

La couche transport

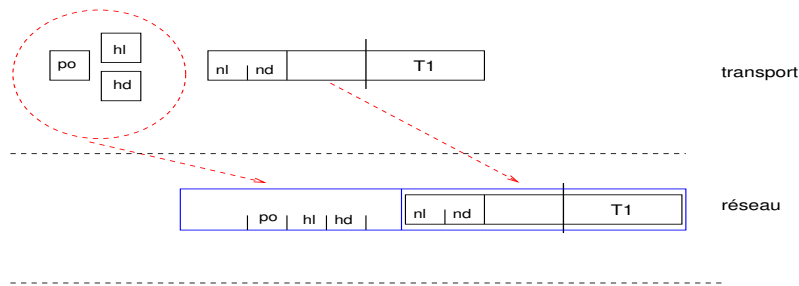
- utilise les numéros de BR inclus dans les adresses et seulement les numéros,
- découpe la données si nécessaire : déjà vu dans l'encapsulation.



Rôle de la Couche Réseau

La couche réseau

- utilise les adresses réseau (les numéros IP dans notre cas),
- redécoupe la donnée si nécessaire (penser aussi aux routeurs qui relient des réseaux de caractéristiques différentes)

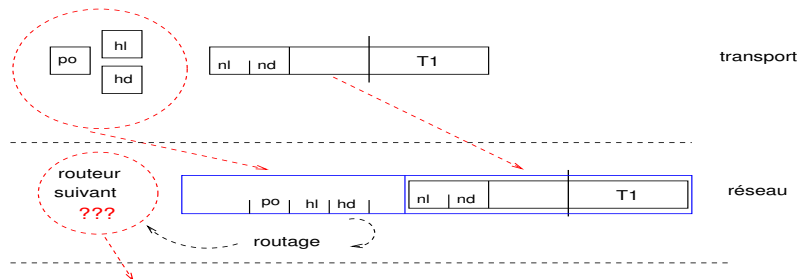


Rôle du Routage

Le paquet ?:

Le paquet de *bout en bout* est constitué, mais à qui le faire suivre ?

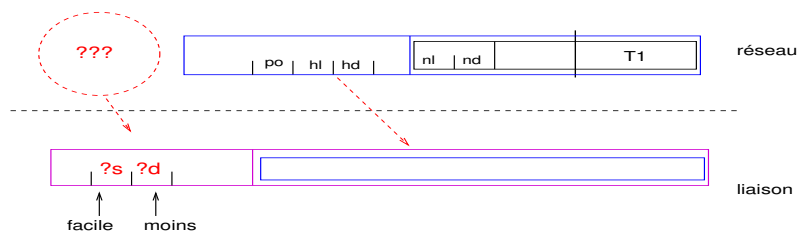
- La couche réseau résout le problème du routage ; elle trouve donc l'adresse **réseau** du destinataire suivant.



Rôle de la Couche Liaison

La couche Liaison

Le **problème** : le voisin d'en dessous aura besoin de l'adresse du niveau liaison du destinataire local pour acheminer la donnée. Connaissant l'adresse réseau, comment obtenir l'adresse liaison ?



Solution

Si le problème ci-dessus est résolu, la couche liaison pourra utiliser son propre protocole pour acheminer le paquet au destinataire suivant.

2.3 Recherche de l'Adresse Physique

Solution Statique

Correspondance d'adresse

Une solution possible consiste à avoir une table de correspondance pour l'ensemble des hôtes du réseau local, par exemple dans un réseau local type *ethernet* :

<i>adresse réseau</i>	<i>adresse physique</i>
201.202.203.1	8 : 0A : B2 : 84 : 7F : 04
201.202.203.2	0 : 12 : 34 : 8F : EE : AA

Problèmes

Une telle solution résout le problème, mais présente tous les défauts d'une table statique dès qu'une mise à jour doit être effectuée : toutes les machines doivent être mises à jour de façon coordonnée.

Ces mises à jour peuvent devenir fréquentes dans le cas d'affectation d'adresses de réseau dynamiquement (voir *dhcp*).

Solution Dynamique

Definition 1. La solution proposée actuellement est de construire la table précédente dynamiquement. Le protocole **ARP** (Address Resolution Protocol) est utilisé pour cette construction.

Principes

- Diffuser à tout le réseau local l'adresse réseau du destinataire (local) en demandant à celui qui possède cette adresse de répondre en donnant son adresse physique.
- Chaque hôte va maintenir sa propre table de correspondance dite table *ARP*, comme dans l'exemple précédent.
- Une durée de vie sera associée aux données, permettant de ne pas ignorer un hôte dont une des adresses a été modifiée. On parle de *cache ARP*.

Paquets ARP

Format des paquets ARP :

entête	type opération	adresse φ expéditeur
adresse réseau expéditeur	adresse φ cible	adresse réseau cible

type opération deux types sont possibles, *requête* (question) et *réponse*.

adresse φ adresse physique. Dans une requête ARP, l'adresse physique de la cible est évidemment absente.

Remarques :

- Ce même format de paquet peut être utilisé pour obtenir une adresse réseau à partir d'une adresse physique.
- La cible remplit le champ manquant, inverse expéditeur et cible, change le type de *requête* en *réponse* et renvoie le paquet.