

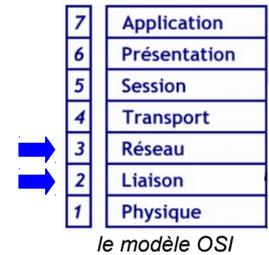
Nous avons vu dans le TD précédent la couche 1, *Physique*, du modèle OSI. Nous allons voir ici comment deux machines distinctes peuvent échanger des informations sur un réseau informatique.

## 1. La couche liaison de données

La **couche liaison** s'occupe de la gestion des trames dans un réseau informatique : elle récupère des paquets de la couche réseau. Pour chaque paquet, elle construit une (ou plusieurs) **trame(s)**. Elle envoie chaque trame à la couche physique. La couche 2 possède un autre rôle important qui est la **détection des erreurs de transmission**.

Un identifiant particulier à la couche 2 qui permet de distinguer les machines entre elle s'appelle l'**adresse MAC** pour **Medium Access Control**, encore appelée **adresse physique**. L'adresse MAC identifie de manière unique un nœud dans le monde. Elle est physiquement liée au matériel (écrite sur la PROM), c'est-à-dire à la carte réseau. Le **protocole Ethernet**, qui concerne les couches 1 et 2 du modèle OSI, est le plus utilisé pour les réseaux locaux et l'accès à Internet.

Pour Ethernet, la longueur de l'adresse physique est de 48 bits soit 6 octets. Elle est définie par le constructeur de la carte : 3 octets sont attribués par l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) à chaque constructeur de matériel réseau et 3 autres sont définis par le constructeur. Le lien suivant permet de retrouver le nom du constructeur de toutes les cartes réseau : <http://standards.ieee.org/regauth/oui/index.shtml>.



8 bits	8 bits	8 bits	8 bits	8 bits	8 bits
00	22	15	3A	15	3E
Id constructeur			Affecté par le constructeur		
Adresse MAC Ethernet					

**Q1** Démarrez votre poste sous Ubuntu. Retrouvez l'adresse MAC de la carte réseau de votre machine. Rappel : la commande **ifconfig** (de l'anglais interface **config**urator) sous Linux ou **ipconfig** sous Windows fournit des informations sur les interfaces réseaux de la machine utilisée.

adresse MAC

**Q2** Retrouvez le fabricant de cette carte en identifiant son préfixe.

**Q3** On capture la trame Ethernet ci-dessous sur le réseau (ni le préambule, ni le FCS ne sont représentés). Repérez en vous aidant de l'annexe 1 la partie en-tête, et le paquet transporté.

```

0000  00 12 17 41 c2 c7 00 1a 73 24 44 89 08 00 45 00  ...A... s$D...E.
0010  00 3c 27 30 00 00 80 01 8f d6 c0 a8 01 69 c0 a8  <'0... ..i..
0020  01 01 08 00 4d 56 00 01 00 05 61 62 63 64 65 66  ....MV.. ..abcdef
0030  67 68 69 6a 6b 6c 6d 6e 6f 70 71 72 73 74 75 76  ghijklmn opqrstuv
0040  77 61 62 63 64 65 66 67 68 69                    wbcdefg hi

```

**Q4** Quelle est l'adresse MAC du destinataire de cette trame ? idem pour l'émetteur.

adresse MAC destinataire

adresse MAC émetteur

**Q5** Quel est le contenu du champ type de protocole ? En déduire le type de la donnée encapsulée dans cette trame.

## 2. La couche Réseau

La couche **réseau** permet de gérer l'adressage et le routage des données, c'est-à-dire leur acheminement via le réseau.

L'adresse MAC d'une carte réseau correspond à l'adresse d'un poste et d'un seul. Or les postes sont généralement regroupés en réseaux. Il faut une **adresse logique** qui soit indépendante de l'adresse physique, c'est le rôle d'**IP** (Internet Protocol), le protocole le plus utilisé de la couche 3.

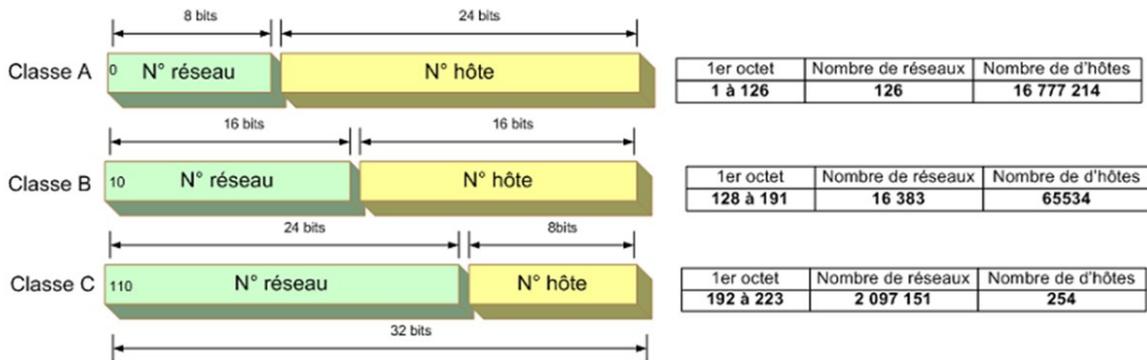
L'unité d'information de la couche réseau est le **paquet**.

L'adresse IP en version 4 est constituée de 4 octets et est découpée en 2 parties :

- Le numéro de réseau (*netid*)
- Le numéro de l'hôte sur ce réseau (*hostid*)

La taille du *netid* dépend de la classe d'adresse IP utilisée. Il existe plusieurs classes d'adresses IP dédiées à des usages différents. Plus le numéro de réseau est grand et plus le nombre d'hôtes sur ce réseau sera petit.

Les principales classes sont les suivantes :



Les **adresses publiques** sont celles qu'il est possible d'utiliser pour une connexion à l'Internet. Elles sont attribuées par l'IANA (Internet Assigned Numbers Authority, <http://www.iana.org>) auprès de qui il faut s'enregistrer.

A moins de disposer d'un PROXY (serveur Mandataire) ou d'un service NAT (Network Adress Traduction), tout ordinateur d'un réseau local voulant se connecter à Internet doit disposer de sa propre adresse IP publique.

Grâce au service NAT, une seule adresse IP publique est nécessaire (elle est attribuée à l'ordinateur ou routeur disposant de la connexion directe à Internet). Les autres ordinateurs du réseau doivent cependant disposer de leurs propres adresses IP privées pour communiquer entre eux et avec le serveur NAT.

L'IANA a spécifié, pour chaque classe d'adresses, une plage d'ID réseau qui n'est pas employée sur l'Internet. Ces **adresses privées** peuvent être utilisées sans risque sur un réseau local.

Classe d'adresses privées	Plage d'adresses privées
Réseau privé de classe A	de 10.0.0.1 à 10.255.255.254
Réseau privé de classe B	de 172.16.0.1 à 172.31.255.254
Réseau privé de classe C	de 192.168.0.1 à 192.168.255.254

Lorsque l'on annule la partie *host-id* (si l'on remplace les bits réservés aux machines du réseau par des zéros), on obtient ce que l'on appelle l'**adresse réseau**. Cette adresse ne peut être attribuée à aucun des ordinateurs.

Lorsque la partie *netid* est annulée on obtient l'**adresse machine**. Cette adresse représente la machine spécifiée par le host-ID qui se trouve sur le réseau courant.

Lorsque tous les bits de la partie *host-id* sont à 1, l'adresse obtenue est appelée l'**adresse de diffusion** (en anglais **broadcast**). Il s'agit d'une adresse spécifique, permettant d'envoyer un message à **toutes les machines situées sur le réseau spécifié par le netID**.

L'adresse **127.0.0.1** est réservée à l'adresse de bouclage (loopback) de la machine elle-même.

L'adresse **0.0.0.0** est réservée.

Le **masque de sous-réseau** (en anglais *netmask*) permet d'identifier simplement le réseau associé à une adresse IP. Il se présente sous la forme de 4 octets séparés par des points (comme une adresse IP), il comprend (dans sa notation binaire) des zéros aux niveaux des bits de l'adresse IP que l'on veut annuler et des 1 au niveau de ceux que l'on désire conserver.

Il suffit de faire un ET logique entre l'adresse IP d'une machine et le masque afin d'obtenir l'adresse du sous-réseau auquel appartient cette machine.

Adresse réseau = (Adresse IP) ET (masque)

**Q6** Relevez l'adresse IP et le masque de sous-réseau de votre machine. S'agit-il d'une adresse publique ou d'une adresse privée ?

adresse IP

masque

**Q7** En déduire l'adresse du réseau de nos salles de SIN, ainsi que l'adresse de Broadcast ou de diffusion.

adresse du réseau

adresse de broadcast

**Q8** Quelle est la classe du réseau STI2D ? Combien de machines au total peuvent y être y connectées ?

**Q9** Dans la trame de la question 3, retrouvez les adresses IP de l'émetteur et du destinataire de la trame. Notez ces adresses en décimal pointé.

adresse IP émetteur

adresse IP destinataire

**Q10** Quel est le contenu du champ protocole dans le paquet IP ? En déduire le type de la donnée encapsulée dans ce paquet.

**Q11** A l'aide des outils réseaux disponibles sur les ordinateurs, sur la tablette, les imprimantes, complétez en annexe 3 le plan d'adressage de la section STI2D SIN.

### 3. Exercices sur les couches liaison et réseau

#### Exercice 1 :

L'adresse 74.125.230.80 fait-elle partie du réseau 74.0.0.0/8 ?

Quelle adresse réseau possède la machine 194.45.67.98/26 ?

#### Exercice 2 :

Quelles sont les classes des adresses réseaux suivantes ? Combien d'adresses machines peuvent être utilisées par chacune ?

réseau 1 : 204.160.241.93

réseau 2 : 138.96.32.3

réseau 3 : 18.181.0.31

#### Exercice 3 :

A et B sont deux utilisateurs de la même entreprise. L'utilisateur A a pour adresse 143.27.102.101 et lit dans le fichier de configuration de son poste (commande ipconfig ou ifconfig , par exemple) :

masque de sous-réseau : 255.255.192.0

adresse routeur par défaut : 143.27.105.1

1. Quelle est l'adresse du sous-réseau auquel appartient A ?
2. Quelle est l'adresse de diffusion sur ce sous-réseau ?

L'utilisateur B a pour adresse 143.27.172.101 et lit de même : masque de sous-réseau : 255.255.192.0.

3. B est-il sur le même sous-réseau que A ?
4. Peut-il utiliser la même adresse de routeur par défaut que A ?

**Exercice 4 :**

Supposez qu'au lieu d'utiliser 16 bits pour la partie réseau d'une adresse IP de classe B on utilise 22.

1. Combien de sous-réseaux est-il alors possible de définir ?
2. Donnez le masque de sous-réseaux correspondant.

**Exercice 5 : Analyse de paquet IP**

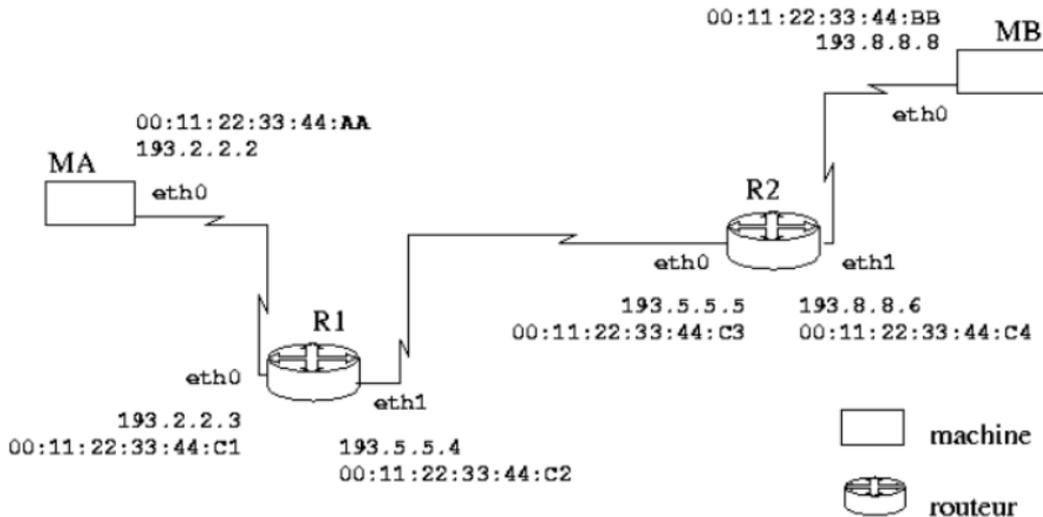
Décoder l'en-tête du paquet IPv4 suivant (en hexadécimal) et en extraire toutes les informations possibles.

```
45 00 00 50 20 61 00 00 80 01 C5 64 C7 F5 B4 0A C7 F5 B4 09
08 00 00 1C 01 02 03 04 05 06 07 08 09 0A 0B 0C 0D 0E 0F 10
11 12 13 14 15 16 17 18 19 1A 1B 1C 1D 1E 1F 20 21 22 23 24
25 26 27 28 29 2A 2B 2C 2D 2E 2F 30 31 32 33 34 35 36 37 38
```

**Exercice 6 :**

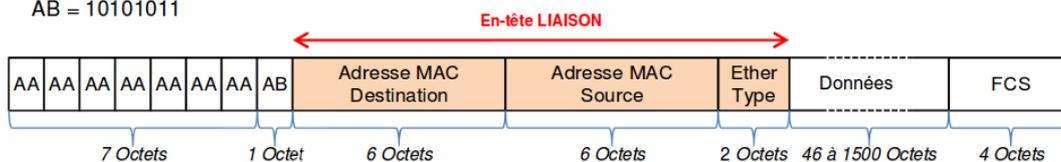
On considère le réseau, représenté par la figure 1, où la machine MA souhaite envoyer un datagramme à la machine MB. Les deux machines n'étant pas sur le même sous-réseau, le datagramme va donc devoir être routé via les deux routeurs R1 et R2. Ce réseau Internet est supporté par trois réseaux physiques Ethernet dont les adresses Internet, de classe C et de masque 255.255.255.0, sont 193.2.2.0, 193.5.5.0 et 193.8.8.0.

1. Donnez les adresses source et destination du paquet IP prêt à être envoyé de MA vers MB.
2. Donnez les tables de routage initiales les plus simples (minimales), sur chaque machine (MA, R1, R2 et MB), permettant l'acheminement du paquet de MA vers MB.
3. Donnez les étapes successives nécessaires à cet acheminement, en précisant les adresses utilisées dans les en-têtes des trames Ethernet envoyées pour transporter le paquet ci-dessus.



## ANNEXE 1 : contenu d'une trame ETHERNET

AA = 10101010  
AB = 10101011



**Préambule :** (7 octets) Permet la synchronisation des horloges de transmission. Il s'agit d'une suite de 1 et de 0 soit 7 octets à la valeur 0xAA

**SFD :** (1 octets) "Starting Frame Delimiter". Il s'agit d'un octet à la valeur 0xAB. Il doit être reçu en entier pour valider le début de la trame.

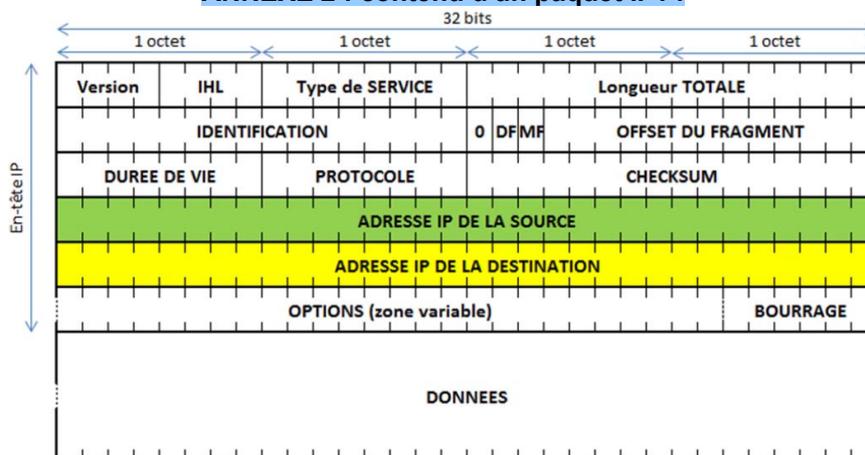
**En-tête :** (14 octets) - Adresse MAC du destinataire (6 octets)  
- Adresse MAC de l'émetteur (6 octets)  
- EtherType (Type de protocole) (2 octets)

*Exemples de valeurs du champ EtherType →*

**FCS :** (4 octets) Frame Check Sequence. Ensemble d'octets permettant de vérifier que la réception s'est effectuée sans erreur.

EtherType	Protocole
0x0800	IPv4
0x0806	ARP
0x809B	AppleTalk
0x8035	RARP
0x86DD	IPv6

## ANNEXE 2 : contenu d'un paquet IPv4



**Version :** (4 bits) Il indique le numéro de version du protocole IP utilisé (généralement 4).

**IHL :** (4 bits) Internet Header Length (Longueur d'en-tête). Spécifie la longueur de l'en-tête du Datagramme en nombre de mots de 32 bits. Ce champ ne peut prendre une valeur inférieure à 5.

**Type de service :** (8 bits) Donne une indication sur la qualité de « service » souhaitée pour l'acheminement des données.

0	1	2	3	4	5	6	7
Priorité	D	T	R	C	x		

Bits 0-2	Priorité	010 → Immédiate	001 → Normale	000 → Basse
Bit 3	D	0 = Retard standard	1 = Retard faible	
Bit 4	T	0 = Débit standard	1 = Haut débit	
Bit 5	R	0 = Taux d'erreur standard	1 = Taux d'erreur faible	
Bit 6	C	0 = Coût standard	1 = Coût faible	
Bit 7	x	Réservé		

**Longueur totale :** (16 bits) Longueur du datagramme entier y compris en-tête et données mesurée en octets.

**Identification :** (16 bits) Valeur assignée par l'émetteur pour identifier les fragments d'un même datagramme.

**Flags :** (3 bits) Commutateurs de contrôle :  
- Bit 0 Réservé, doit être laissé à 0  
- Bit 1 (DF - Don't fragment) 0 = Fragmenté 1 = Non fragmenté  
- Bit 2 (MF - More Fragment) 0 = Dernier fragment 1 = Fragment

**OFFSET :** (13 bits) Décalage du premier octet du fragment par rapport au datagramme complet non fragmenté. Cette position est mesurée en blocs de 8 octets (64 bits).

**Durée de vie :** (8 bits) Temps en secondes pendant lequel le datagramme doit rester dans le réseau. Si ce champ vaut 0, le datagramme doit être détruit. Ce temps diminue à chaque passage du datagramme d'une machine à l'autre.

**Protocole :** (8 bits) Protocole porté par le datagramme (au-dessus de la couche IP)

Valeur	Protocole
1	ICMP
6	TCP
17	UDP
Etc	etc

**Checksum :** (16 bits) (Somme de contrôle) C'est une valeur qui permet de détecter une éventuelle erreur de transmission avec une très grande probabilité.

**IP Source :** (32 bits) Adresse IP de l'émetteur.

**IP Destination :** (32 bits) Adresse IP du destinataire.

**Options :** (Variable) Le champ est de longueur variable. Un datagramme peut comporter 0 ou plusieurs options.

**Bourrage :** (Variable) Le champ Bourrage n'existe que pour assurer à l'en-tête une taille totale multiple de 4 octets. Le bourrage se fait par des octets à 0.

**ANNEXE 3 PLAN D'ADRESSAGE DE LA SECTION STI2D SIN**

