

## TD : Réseaux de télécommunications fixes et mobiles

### Exercice 1 : Questions diverses

- a- À quoi sert un nœud au sein d'un réseau ?
- b- Qu'est ce qu'un LAN ? un WAN ? un MAN ?
- c- Quels supports de transmission trouve-t-on dans un LAN ? dans un WAN ?
- d- Pour les 4 schémas suivants, associer une architecture physique et une architecture logique.

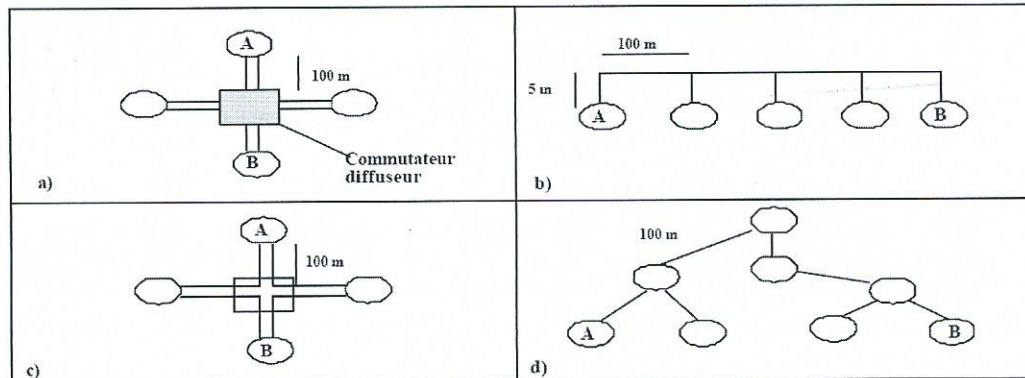


Figure 1 : Exemples de réseaux

- e- Quelle est la longueur totale du circuit présenté sur la figure 1-c) ?
- f- Dans un réseau téléphonique, quels sont les éléments qui sont interconnectés de bout en bout de la communication ?
- g- Citer différents types d'informations transmises par les réseaux.
- h- Quels sont les principaux types d'émetteurs dans les réseaux ?
- i- Pourquoi un système cellulaire permet-il de couvrir le monde entier sachant que le problème principal est le nombre limité des fréquences ? Faire un schéma explicatif.
- j- La technique TDMA offre à chaque utilisateur un intervalle de temps pour sa communication. Que se passe-t-il si l'utilisateur ne transmet rien ?
- k- Parmi les réseaux Wi-Fi ci-dessous (figure 2), indiquer celui qui est en mode infrastructure et celui qui est en mode ad hoc. Expliquer.

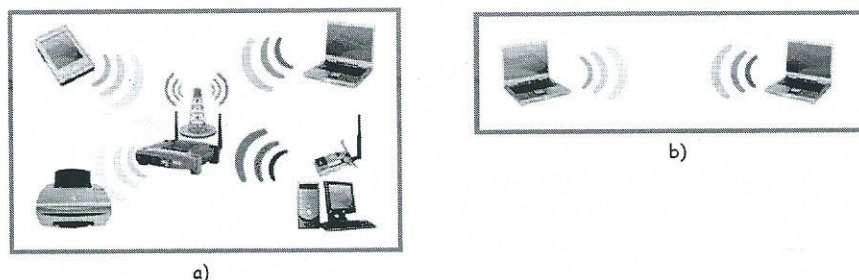


Figure 2 : Infrastructure Wi-Fi

**Exercice 2 : Débits et types de réseaux**

Une fibre optique a un débit  $D=500$  Mbits/s.

- a- Combien de temps faut-il pour recevoir un fichier de 700 Mo ?

On utilise à présent une paire torsadée de débit  $D=2$  Mbits/s.

- b- Combien de temps faut-il cette fois-ci ?

Conclure sur la pertinence du réseau FTTH par rapport à l'ADSL.

**Exercice 3 : Débit et canal de transmission**

On considère la transmission sur un canal d'une largeur de 20 kHz.

- a- Donner l'affaiblissement en dB, lorsque le signal à la sortie de la voie de communication est de : 50 %, 10 % et 1% par rapport au signal d'entrée.
- b- Cette ligne est perturbée par un bruit électromagnétique. Le rapport signal sur bruit qui en résulte s'exprime par le SNR. Si ce  $SNR = 15$  dB, quelle est la capacité (le débit) de transmission maximale de ce câble ?
- c- Afin de transmettre le signal, on appliquera une technique de modulation, d'une rapidité maximale de modulation de 20 kbauds. Dans ces conditions, déterminer la valence de la modulation à appliquer.

**Exercice 4 : Qualité de canal**

On veut exploiter une liaison entre un serveur et un terminal à un débit total de 10 Mbit/s.

Le rapport signal sur bruit prend les valeurs : 10 ou 20 dB. Quelle est la bande passante minimale nécessaire pour cette liaison ?

**Exercice 5 : Codage musique et image****Musique**

L'oreille humaine est capable d'entendre les sons entre 20 à 20 000 Hz. On souhaite numériser de la musique sur un CD, en stéréo, sur la base de l'échantillonnage de Shannon.

- a- Quelle est la fréquence minimale à utiliser pour réaliser cet échantillonnage ?

On choisit de travailler à une fréquence d'échantillonnage de 44 100 Hz. Chaque échantillon est codé. Dans notre cas, on considérera les codages sur : 8 bits, 16 bits et 32 bits.

- b- Calculer, dans chaque cas, le volume de données générées en une heure dans ces conditions. Un CD de 700 Mo de capacité est-il suffisant ?

Le format MP3 est une technologie de compression du son par pertes de données et dégradation de signal sonore.

- L'oreille humaine n'étant pas parfaite, il est possible de décider de supprimer tous les sons en dehors de la bande 20-20 000 Hz, et même de réduire cette bande à 20-15 000 HZ ou plus encore. Mais la qualité s'en fera peut-être ressentir !



- Il est possible également d'utiliser l'**algorithme de Huffman** qui dresse un tableau des fréquences apparaissant et le nombre de fois où elles apparaissent et d'obtenir ainsi un code approprié. Cette phase finale de la compression correspond à un codage non destructeur.
- Divers types de compression existent donc en MP3, comme l'indique le tableau ci-dessous :

Bitrate MP3 (Kb/s) <i>≈ Débit</i>	Qualité	Compression
CD audio référence	CD Audio	Aucune
192 kbit/s	CD Audio	1 : 7 (compression = 7)
128 kbit/s	Très proche du CD Audio	1 : 11 (compression = 11)
96 kbit/s	Acceptable	1 : 15 (compression = 15)
64 kbit/s	Médiocre	1 : 22 (compression = 22)

- c- Si vous utilisez le débit MP3 de 128 kbit/s (qui est déjà en stéréo), quelle durée de musique pouvez-vous mettre dans un CD de 700 Mo ?

### Image

Cette fois, on souhaite envoyer une image de 800 par 600 pixels sur un canal à 10 Mbit/s.

- Combien faut-il de bits pour coder cette image en supposant qu'elle est en noir et blanc ?
- Combien faut-il de bits pour coder cette image si elle est codée en RGB (c'est-à-dire 256 niveaux de rouge, 256 niveaux de vert et 256 niveaux de bleu) ?
- Quel est le temps de transmission de l'image couleur sur le canal décrit plus haut ?

### **Exercice 6 : Transmission –Réseau câblé**

On veut étudier la possibilité de multiplexage d'accès sur un câble opérateur. On suppose que le câble CATV utilisé possède une largeur de bande de 800 MHz.

- La bande passante TV occupe 500 MHz. Quel débit peut-on atteindre pour les applications autres que la TV, sachant que le rapport signal sur bruit est de 15 dB ?
- Si 1000 clients sont connectés à Internet, quel est le débit maximal alloué à chaque client ? On examinera le cas d'un service symétrique, puis d'un service asymétrique avec un rapport down/up de 3/2.
- Si l'on remplace le câble opérateur par un réseau de distribution d'un opérateur télécom et que l'on utilise des modems ADSL sur les paires de cuivre, rencontre-t-on les mêmes problèmes de multiplexage ?

### **Exercice 7 : Analyse d'une trame SDH**

On souhaite analyser le comportement d'un multiplexeur SDH. Ce multiplexeur, fonctionnant au niveau STM-1, est chargé de gérer le trafic en provenance de N terminaux équipés d'interfaces de ligne E1. Une trame STM-1 est constituée de 81 octets de gestion et 2349 octets de charge utile.

- Calculer le débit en ligne de cette trame.
- En déduire la capacité de la charge utile exprimée en bit/s.



- c- Sachant que ces terminaux E1 occupent 86 % de la charge utile, quel est le nombre de terminaux qu'il est possible de multiplexer ?
- d- On a observé la transmission du flux STM-1 pendant 12 heures et nous avons constaté 42 erreurs. Calculer le taux d'erreur binaire.

### **Exercice 8 : Réseau mobile**

Un site radio-mobile est composé d'une antenne et de différents éléments électroniques afin de gérer les communications.

Le réseau GSM européen fonctionne autour de deux bandes de fréquences : 900 MHz et 1800 MHz. Le premier groupe se divise en deux blocs de fréquences : de 890 à 915 MHz et de 935 à 960 MHz. Le premier bloc assure l'émission (du client vers le réseau), le second assure la réception (du réseau vers le client). De même, la bande supérieure est aussi divisée en deux groupes : de 1710 à 1785 MHz (émission) et de 1805 à 1880 MHz (réception). Pour chacun des blocs, la largeur de chaque canal est de 200 kHz.

En plus du multiplexage fréquentiel, le GSM utilise un multiplexage temporel. De ce fait, chaque canal fréquentiel de 200 kHz peut acheminer jusqu'à 8 émissions (7 communications + 1 canal de contrôle).

- a- Faire un schéma de transmission du canal de transmission mobile.
- b- Quelle est la nature des informations transmises par le réseau GSM ?
- c- Déterminer le nombre de communications que peut transporter chaque groupe de fréquences sans utiliser de multiplexage temporel.
- d- Combien de communications simultanées, au maximum, peuvent être traitées sans multiplexage temporel ?
- e- Combien de communications simultanées, au maximum, peuvent être traitées avec multiplexage temporel ?

### **Exercice 9 : Réseau ADSL**

Le schéma ci-dessous (figure 3) représente l'installation classique chez un particulier pour le téléphone et Internet. Cet abonné dispose d'une offre ADSL triple play mais a conservé sa ligne téléphonique classique (RTC) avec le numéro 02 97 63 24 57 (en dégroupage partiel).

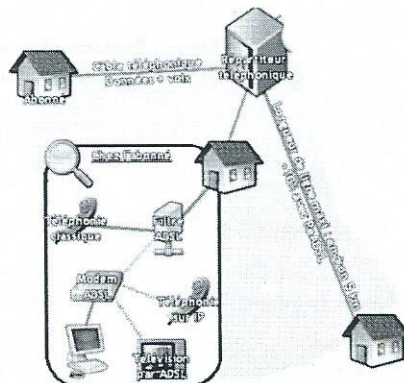


Figure 3 : Schéma ADSL

- a- Quel est le rôle de la box ADSL ?
- b- Quel est le rôle du filtre ADSL ?
- c- Que se passe-t-il si on branche directement le téléphone RTC sans utiliser de filtre ADSL ?
- d- En quoi consiste l'offre triple play ? Peut-on y être éligible avec une paire de cuivre de plus de 5 km de long ?
- e- Quelle est la différence entre la téléphonie classique et la téléphonie sur IP ?
  - Au niveau du câblage
  - Au niveau du fonctionnement

### **Exercice 10 : Numérisation**

On veut multiplexer trois sons de qualité haute fidélité (hi-fi) ayant une bande passante de 25 kHz, sur la base d'une technique de multiplexage temporel.

- a- Avec un codage sur 8 bits, quel est le débit de chaque voie hi-fi une fois numérisée ?
- b- Si le rapport SNR = 10 dB, quelle est la largeur de la bande passante minimale requise pour faire transiter les sons de qualité hi-fi ?
- c- Qu'en déduire ? Pourquoi est-il intéressant de numériser la parole ?
- d- On multiplexe les trois sons hi-fi numérisés par un MUX temporel. En supposant que le transport s'effectue par une trame comprenant 10 intervalles temporels (IT) pour chacune des voies hi-fi, complétés de deux intervalles temporels de verrouillage et de signalisation, quel est le débit total nécessaire ?



# TD : Réseaux de télécommunication fixes et mobiles

## (correction)

### Exercice 1 :

a- **A quoi sert un nœud ?** Un nœud sert à interconnecter les différentes parties d'un réseau entre elles (Ex. : Hub, switch, routeur), à rediriger, à commuter, et à amplifier.

b- **Qu'est-ce qu'un LAN? WAN ? MAN ?**

Réseau	Rayon de couverture	Débit
LAN	Centaine de mètres	jusqu'à plusieurs Gb/s
MAN	quelque KM	10 Mb/s
WAN	centaines de KM	1 Mb/s

c- **Quelles sont les supports de transmissions dans un WAN, LAN ?** Les supports de transmissions diffèrent selon les échelles de réseaux. Dans un LAN on trouve du WiFi, de la paire torsadée et de la fibre (hétérogénéité) alors que dans un WAN on ne trouvera que de la fibre (homogénéité).

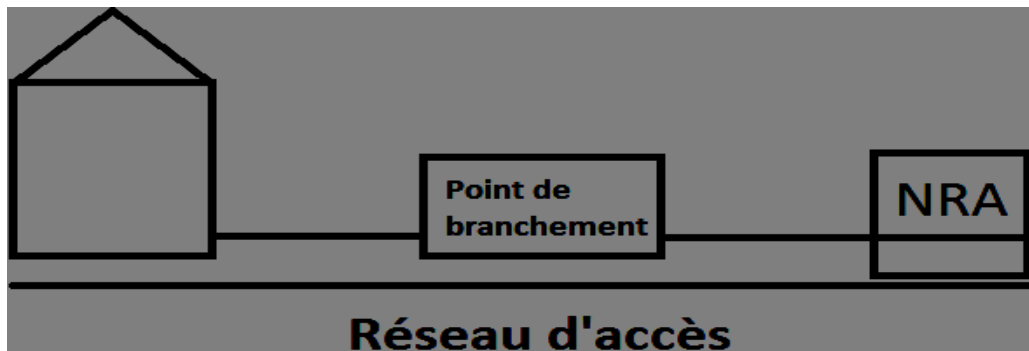
d- **Associer des architectures physique et logique dans la figure 1 (voir TD)**

(a) Physique : en étoile      (b) Physique : bus de commutation © Physique : étoile  
 Logique : en bus              Logique : bus                      Logique : anneau

(d) Physique & Logique : arborescente

e- Dans la figure 1-c on observe qu'il y a 8 branches de 100 mètres chaque une donc la longueur totale du circuit est de 800m.

f-

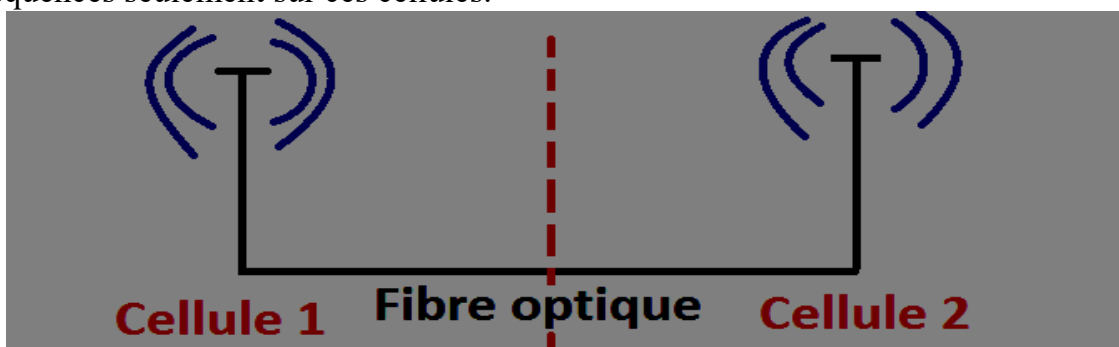


g- **Citer quelques types d'informations transmises par les réseaux informatiques.**

-Données, son, images, vidéo, code.

h- **Principaux types d'émetteurs ?** 2 types : électromagnétiques (WiFi, GSM...) & optique (fibre).

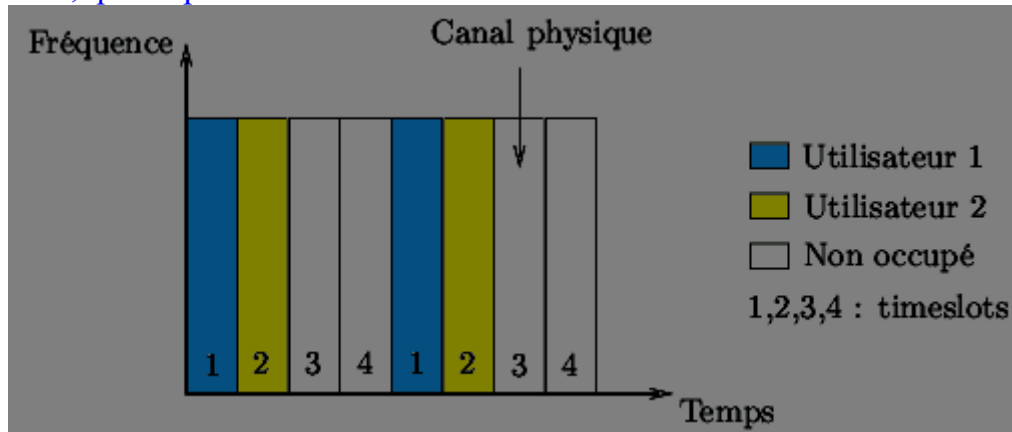
i- **Limitations fréquentielles ?** On procède à un découpage du territoire en cellules qui inter-communiquent au travers de fibre reliant les différentes antennes. Ainsi 2 antennes peuvent émettre sur la même longueur d'onde et on est limité par les fréquences seulement sur ces cellules.







j- TDMA, que se passe-t-il si l'utilisateur ne transmet rien ?



Comme on le voit, si des slots ne sont pas attribués ou si l'utilisateur n'envoie rien pendant ils sont « perdus », cela provoque une perte de BP puisque personne ne s'en sert : gaspillage.

k- **Différence entre ad hoc et infrastructure ?** La figure 2-a) est en mode infrastructure (plusieurs équipements sur une même base) car il y a un équipement centrale par le quel tous les paquets transite. En revanche la figure 2-b) est en mode ad hoc (indépendance des communications), en effet les deux PC communiquent directement.

## Exercice 2 : attention aux unités ! 8 bits = 1 octet

a- Temps pour recevoir un fichier de 700 Mo ?

$T_{\text{(fibre)}} = 11,25\text{s}$  (on divise la taille par le débit)

b-  $T_{\text{(paire torsadé)}} = 46\text{min}40\text{s}$

On en conclut que le FTTH (fiber to the home) permet des transferts de données bien plus rapide qu'avec de l'ADSL.

## Exercice 3 :

a-

Atténuation (%) <b>x</b>	Atténuation (dB) <b><math>10 \cdot \log(x)</math></b>
50,00%	-3,01
10,00%	-10
1,00%	-20

b-  **$D_{\text{max}} = \text{BP} \cdot \text{SNR} / 3$**  = 100 kbits/s (On divise par trois car on suppose qu'on utilise une BP à -3dB)

c- On sait que  $D = R \cdot \log_2(V)$  donc  **$V = 2^{D/R}$**  = 32 (R et la largeur du canal)



#### Exercice 4 :

$$D_{\max} = BP \cdot SNR / 3 \Leftrightarrow B = 3 \cdot D_{\max} / SNR$$

On obtient une BP de 3 MHz et 1,5 MHz pour les SNR de 10 et 20 respectivement.  
La BP minimale est donc de 1,5 MHz.

#### Exercice 5 :

##### Musique :

a- Grâce au critère de Shannon on sait que  $f_{\text{(échantillonnage min)}} = 40 \text{ kHz}$

b-

8 bits	16 bits	32 bits
Formule : $F_e \cdot N(\text{nb bit de codage}) \cdot T(\text{temps en s}) \cdot 2(\text{stéréo})$ Taille = 317,5 Mo < 700 Mo ok	Taille = 635 Mo  Toujours inférieur à 700Mo	Taille = 1270 Mo  ! Ne rentre plus !

c- Temps =  $700 \cdot 8 \cdot 10^3 / 128 = 12 \text{ h } 04 \text{ min}$  (On divise la taille du disque par le débit)

##### Image :

a- Noir&Blanc :  $V=2 \Rightarrow \log_2(V)=1 = \text{« nombre de bit pour coder un pixel »}$

$$800 \cdot 600 (\# \text{ de pixel}) \cdot 1 (\text{taille d'un pixel}) = 480 \text{ kbits}$$

b- Taille =  $\# \text{pixel} \cdot \log_2(V) = 800 \cdot 600 \cdot \log_2(253^3) = 11,52 \text{ Mbits}$

c- Temps de transmission = Taille / Débit =  $11,52 / 10 = 1,152 \text{ s}$

#### Exercice 6 :

a-  $D_{\max} = BP / 3 \cdot SNR = (800 - 500) \cdot 10^6 \cdot 15 / 3 = 1,5 \text{ Gbits/s}$

b-  $D_{\max(\text{symétrique})} = D_{\text{tot}} / \# \text{client} \cdot 0,5 (\text{montant} // \text{descendant}) = 1500 \cdot 10^6 \cdot 0,6 / 1000 / 2 = 750 \text{ kbits/s}$

Asymétrique :  $D_{\text{up}} + D_{\text{down}} = 750 \text{ kbits/s}$  et  $D_{\text{down}} = 3/2 \cdot D_{\text{up}}$

$$D_{\text{up}} = 600 \text{ kbits/s}$$

$$D_{\text{down}} = 900 \text{ kbits/s}$$

c- Non car chaque client a un circuit dédié raccordé au NRA.

#### Exercice 7 :

a- -  $81 + 2349 = 2430 \text{ octets/trames}$

-  $8000 \text{ trames/s}$

$$\text{D'où : } D = 2430 \cdot 8 \cdot 8000 = 155,52 \text{ Mbits/s}$$

b-  $D_{(\text{utile})} = 2349 \cdot 8 \cdot 8000 = 150,336 \text{ Mbits/s}$

c- 86% de la charge utile représente  $129,289 \text{ Mbits/s}$





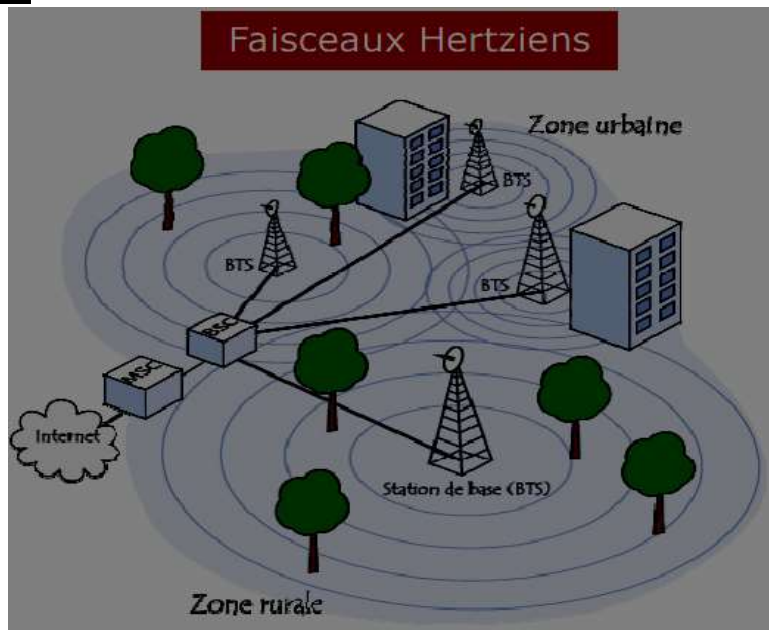
$$129,289 / 2 \approx 63$$

On peut donc multiplexer 63 terminaux simultanément.

d-  $BER = 42 / (155.52 \cdot 10^6 \cdot 12 \cdot 3600) = 6.25 \cdot 10^{-12}$

### Exercice 8 :

a-



- b- Les informations transmises sur un réseau GSM sont du type : voix, SMS, données internet.
- c-  $B = 915 - 890 = 25 \text{ MHz}$   
 $\# \text{canaux}(B=25) = 25 \cdot 10^6 / (200 \cdot 10^3) = 125$   
 $\# \text{canaux}(B=75) = 375$
- d- On en conclut qu'on a 500 (125+375) canaux disponibles simultanément sans multiplexage.
- e- Avec multiplexage on multiplie ce nombre par 7 (pas 8 car il y a le canal de contrôle). Il y a donc 3500 de communications simultanées possibles.

### Exercice 9 :

- a- Le rôle de la box ADSL est de transmettre les paquets de données en les répartissant sur la bande de fréquence disponible.
- b- Le rôle du filtre ADSL est d'éviter toute interférence possible pour assurer une plus grande fiabilité de la connexion en gérant séparément basses et hautes fréquences.
- c- A cause de ces interférences on aura un brouillage de nos signaux et donc une mauvaise communication.
- d- Le triple play est une offre des opérateurs télécom qui propose de la téléphonie fixe, de la télévision et de l'internet haut débit.  
 Ici la paire cuivre de 5km ne permet pas d'assurer un tel service car l'atténuation est bien trop importante.
- e- Le câblage est identique, en revanche il y a des différences au niveau du fonctionnement.  
 La téléphonie classique fonctionne en mode circuit, le circuit sera donc alloué à un seul utilisateur. Pour la téléphonie IP on utilise le mode de transmission par paquet.