
TD n° 3 - Protocole Ethernet

Exercice 1.

Fonctionnement d'Ethernet

- 1 Que se passe-t-il dans Ethernet lorsqu'une erreur bit (somme de contrôle incorrecte) est détectée ? Est-ce que la trame est retransmise par Ethernet ?

Solution : Le protocole ignore tout simplement la trame.

- 2 Expliquez comment un émetteur détecte une collision dans Ethernet ?

Solution : Il compare la trame envoyée (qui est stockée en mémoire) et la trame qui a réellement traversé le réseau. En cas de collision la seconde trame est différente.

- 3 Est-ce qu'une station qui ne transmet pas peut détecter une collision ?

Solution : Non.

- 4 Comment le destinataire d'une trame peut-il savoir que la trame a subi une collision et qu'elle est erronée ?

Solution : Il ne peut pas.

- 5 Pourquoi la méthode CSMA/CD n'est-elle pas utilisée dans les réseaux locaux sans fil ?

Solution : Car dans ce type de transmission la détection de collision n'est pas possible.

- 6 Qu'est-ce qu'on utilise généralement pour séparer les domaines de collisions avec Ethernet : répéteur, *hub*, *switch*, pont, routeur, ... ?

Solution : C'est le *switch* car il est capable de filtrer les adresses Ethernet (ou adresses MAC).

- 7 Quelles sont les différences entre :

- a. un répéteur et un *hub* ?
- b. un *hub* et un commutateur (ou *switch*) ?

Solution :

- a. Techniquement tous les deux font la même chose, ils amplifient les signaux, sauf que le *hub* est un répéteur multi-voies. Ils agissent au niveau des couches 1 et 2.
- b. Le commutateur (ou routeur) agit au niveau de la couche 3 et permet la liaison entre différents réseaux.

- 8 Citez les avantages de l'utilisation de *switches* au lieu de *hubs* dans un réseau Ethernet.

Solution : Les switchs séparent les domaines de collisions (*cf.* question 6), ce qui réduit le nombre de trames qui transitent dans un réseau (moins de risques de ralentissement) et isolent des sous-réseaux (amélioration de la sécurité).

9 Imaginez un bus Ethernet avec beaucoup de stations. Décrivez le comportement de ce réseau sous une charge très élevée ?

Solution : *cf.* question précédente, avec l'augmentation du nombre de machines on augmente le trafic. Si la charge est trop grande il peut y avoir des ralentissements voire un effondrement du réseau.

Exercice 2.

Adresses physiques

1 Quelle est la structure d'une adresse Ethernet ou adresse MAC ? Qui les délivre ?

Solution : L'adresse *MAC-48* ou *EUI-48* sur 6 octets a été normalisée par l'IEEE :

- 1 bit I/G : indique si l'adresse est individuelle, dans quel cas le bit sera à 0 (pour une machine unique, unicast) ou de groupe (multicast ou broadcast), en passant le bit à 1 ;
- 1 bit U/L : indique si l'adresse est universelle (conforme au format de l'IEEE) ou locale, 1 pour une adresse administrée localement ;
- 22 bits réservés : tous les bits sont à zéro pour une adresse locale, sinon ils contiennent l'adresse du constructeur ;
- 24 bits : adresse unique (pour différencier les différentes cartes réseaux d'un même constructeur).

C'est l'organisation OUI (Organizationally Unique Identifier) géré par l'IEEE, qui attribue les adresses aux constructeurs.

2 Existe-t-il d'autres types d'adresses MAC ?

Solution : L'IEEE a défini un format similaire à 64 bits appelé *EUI-64*.

Exercice 3.

Trame Ethernet

Le protocole Ethernet prévoit dans son format standard (10 Mb/s) une trame d'une longueur comprise entre 64 et 1518 octets.

1 Quels éléments physiques et/ou électriques ont contribué à la détermination de ces longueurs ?

Solution : Les valeurs 64 et 1518 ont été déterminées au tout début de l'internet avec les câbles coaxiaux de type THIN émettant à 10 Mb/s sur une distance maximale de 200 m par segment.

Longueur min 64 octets : Pour assurer une gestion correcte des collisions, il faut que le temps d'émission d'une trame Ethernet soit supérieur ou égal au *round trip delay*. Il correspond au temps nécessaire à la propagation d'une trame d'un bout à l'autre du segment (propagation aller) + détection d'une éventuelle collision à l'extrémité du réseau + propagation en retour de l'information de collision (propagation retour). Pour un réseau à 10 Mbits/s, le *round trip delay* de 512 bits donne 51,2 μ s soit 64 octets.

Longueur max 1518 (23 fois la longueur min) : Aucune contrainte physique ni électrique, l'IEEE a défini cette longueur pour éviter qu'une machine accapare tout le temps de transmission. On observe parfois des longueurs de trame > 1518 .

2 À ce jour les débits utilisés sont 100 Mb/s et 1 Gb/s, cette augmentation du débit a-t-elle eu une incidence sur la longueur des trames ?

Solution : En fait on garde le même format de trame, mais on en transmet plusieurs à la suite.

3 Quel est le temps nécessaire pour envoyer une trame de longueur minimale sur un réseau à 100 Mb/s ?

Solution : $T = (64 \times 8)/100.10^6 = 5,12.10^{-6} \text{ s} = 5,12 \mu\text{s}$

4 Quel est le temps nécessaire pour envoyer une trame de longueur maximale ?

Solution : $T = (1518 \times 8)/100.10^6 = 121,44.10^{-6} \text{ s} = 121,44 \mu\text{s}$

5 Combien de trames peuvent être envoyées en une seconde ?

Solution : $1/0,00012144 = 8234 \text{ trames/s}$

Exercice 4.

Transfert de trames

Une station dont le débit est de 100 mb/s désire émettre un fichier de 4510 octets.

1 Déterminer le nombre et la taille des trames effectivement émises sur le réseau par cette station.

Solution : Une trame Ethernet a une taille maximale de 1518 octets. Cette trame comporte un en-tête de 14 octets (12 pour les adresses MAC + 2 pour le type de protocole). La fin de la trame contient le CRC sur 32 bits (4 octets). Il reste donc 1500 octets utiles pour les données.

Les 4510 octets seront découpés comme suit : $1500 + 1500 + 1500 + 10$. Seront donc envoyées 3 trames de 1518 octets comportant chacune 1500 octets de données, plus une dernière trame de 64 octets (longueur minimale) décomposée comme suit : en-tête (18 octets) + données (10 octets) + bourrage (32 octets) + CRC (4 octets)

2 Déterminer le temps nécessaire à cette transmission.

Solution : Le temps de transmission des trames sera de :

$$3 \times 121,44 \mu\text{s} (\text{trames de 1518 octets}) + 5,12 \mu\text{s} (\text{trame de 64 octets}) = 369,44 \mu\text{s}$$

En réalité les machines attendent un délai de 96.10^{-8} s (délais inter-trames = 96 *bits time*) soit $0,96 \mu\text{s}$, entre l'émission de deux trames. Cette règle est imposée par le protocole 802.3 pour laisser le temps de réinitialiser tous les composants.

Cela signifie qu'il faut ajouter $3 \times 0,96 \mu\text{s}$ au temps précédent, ce qui donne un total de $372,32 \mu\text{s}$.

Exercice 5.

Étude de cas

Un fichier de 45,20 Ko se charge en 0,16 s.

- ❶ Sachant que le réseau du département utilise le protocole Ethernet à 100 Mb/s, quelle est la durée théorique du transfert de ce fichier.
- ❷ Comparez la valeur observée avec la valeur calculée. Quelle est la différence de temps ? Comment expliquer cette différence ?

Solution : $45.20 \text{ Ko} = 46284 \text{ octets}$.

Si l'on considère qu'un trame Ethernet transporte au maximum 1500 octets il faudra $46284/1500 = 30.84$ trames, soit 31 trames, 30 qui transporteront 1500 octets et une qui transportera les 1284 octets restants.

Si l'on ajoute les entêtes et CRC Ethernet il y aura 30 trames de 1518 octets et une de 1302 octets à envoyer.

Une trame de 1518 octets mettra

$$121,44 \mu\text{s} + 0,96 \mu\text{s} (\text{délai inter trame}) = 122,4 \mu\text{s}$$

Une trame de 1302 octets mettra

$$(1302 \times 8)/10^8 \text{ s} + 0,96 \mu\text{s} = 105,12 \mu\text{s}$$

soit au total

$$122,4 \times 30 + 105,12 = 472,32 \mu\text{s}$$

Cette valeur est très inférieure à 0,16 s. On constate que temps de transfert sur le câble représente 3% du temps total. Le reste du temps (97%) correspond aux divers traitements appliqués à la trame par les différentes couches.

Exercice 6.

Câblage

Une entreprise décide de moderniser son réseau local permettant la communication entre les équipements et une liaison internet pour le transfert des données et les communications vers l'extérieur.

Le schéma général du site est représenté sur la figure 1 et les liens entre les équipements réseaux sont représentés sur la figure 2 :

- un hub de 12 ports relie tous les équipements ;
- le câble utilisé est la paire torsadée (Rj45) ;
- le site est relié à l'internet via un routeur.

- ❶ Avec ce type d'installation on peut rencontrer plusieurs problèmes dans le fonctionnement, lesquels ?

Solution : Principaux problèmes

- Vulnérabilité aux pannes : Avec un seul *hub*, s'il tombe en panne tout est bloqué
- Sécurité : Le *hub* diffuse (en interne) les messages à tous les postes, rendant le système sensible aux écoutes
- Performances : Si toutes les machines émettent, risque de collisions et de dégradation des temps de réponse
- Le poste 1 est à plus de 100 m du *hub*
- Les postes 1 et 2 sont à l'extérieur, risque de problème avec le RJ45

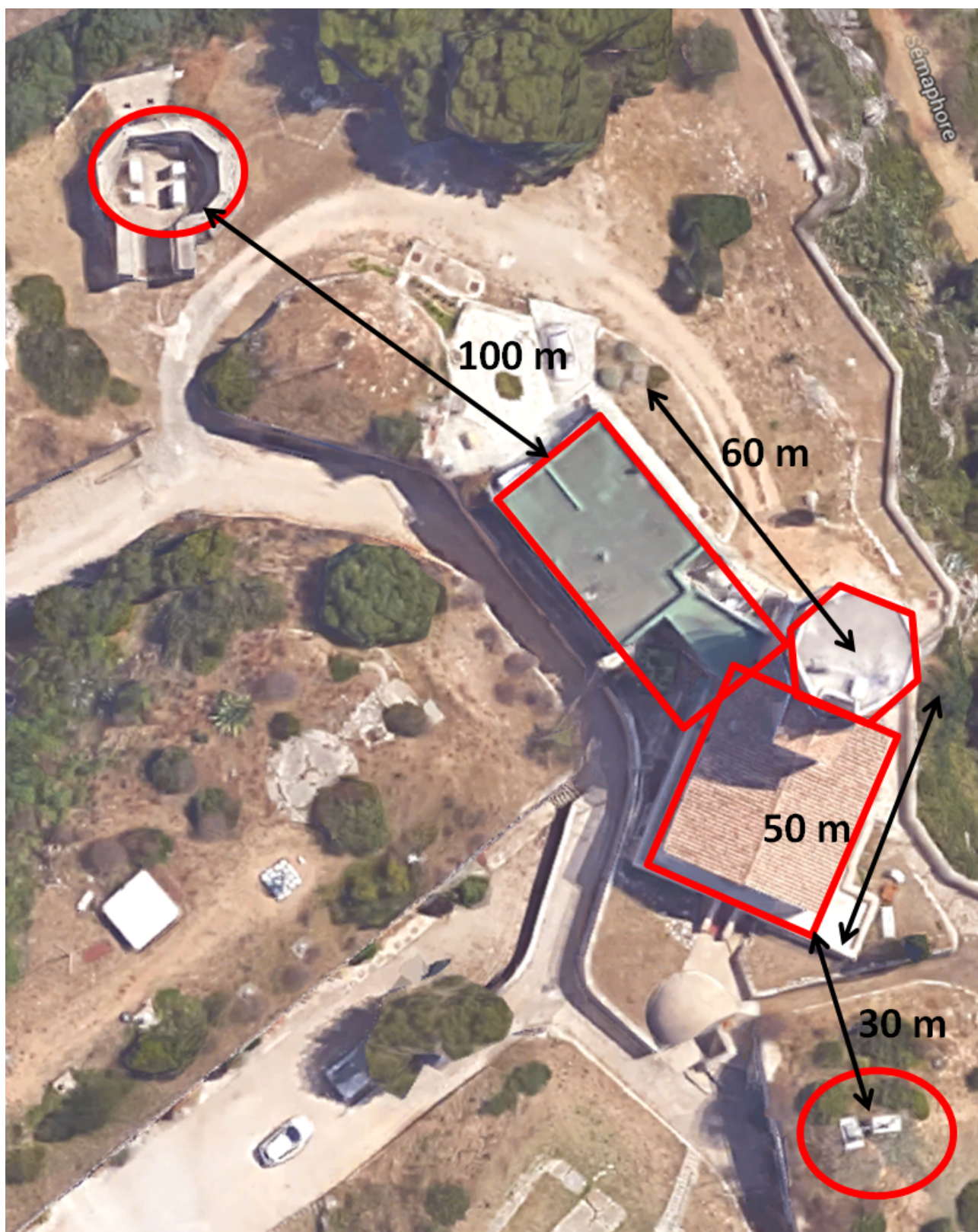


FIGURE 1 – Représentation du site.

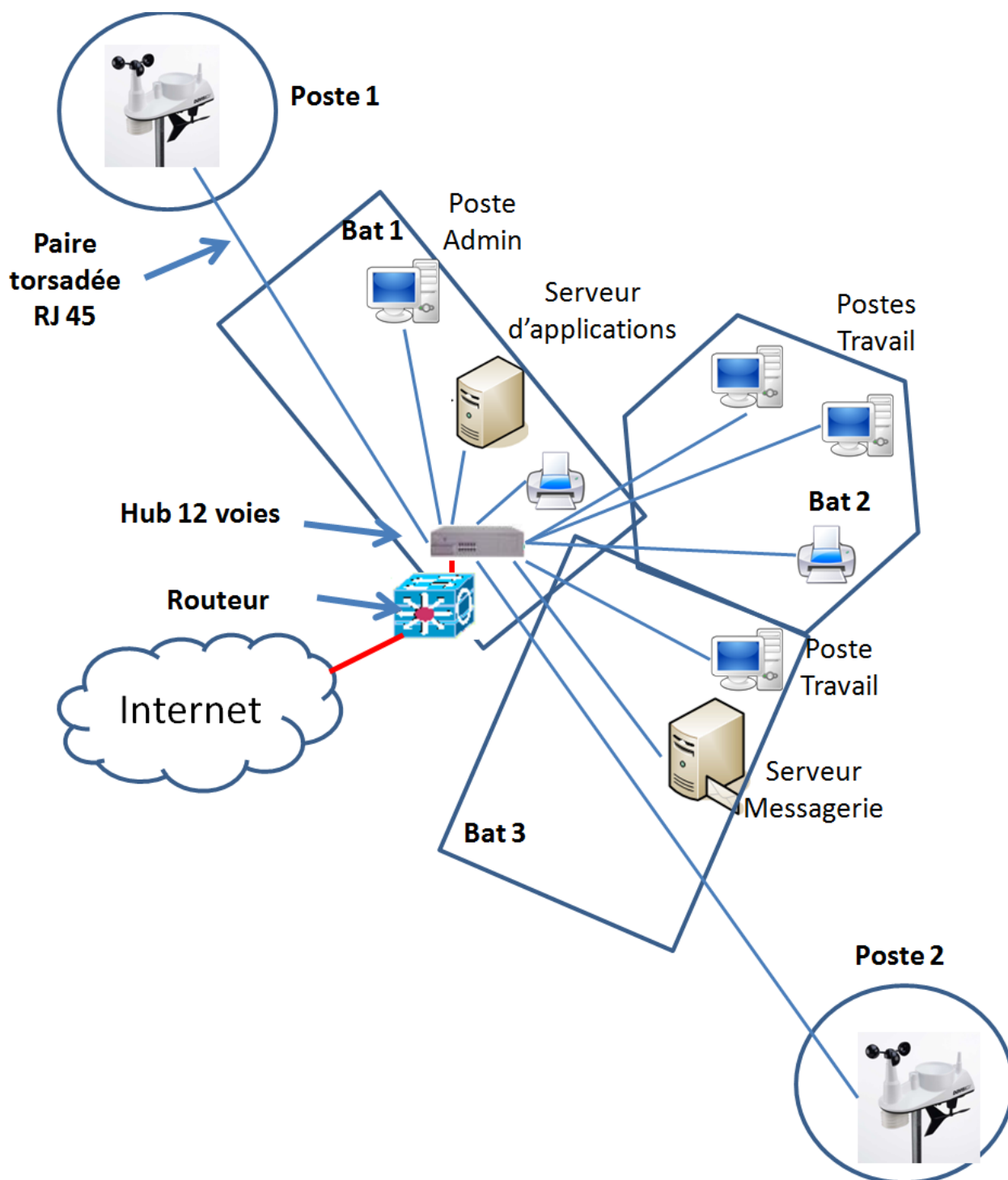


FIGURE 2 – Plan de câblage du site.

Après votre diagnostic, on met à votre disposition des répéteurs, des *hubs* et des *switchs* de 12 ports et des routeurs récupérés dans d'autres entreprises.

2 Quelles sont les différences entre :

- un répéteur et un *hub* ?
- un *hub* et un *switch* ?
- un *switch* et un routeur ?

3 Comment réorganiser le câblage pour réduire les problèmes cités précédemment ? Proposez un nouveau schéma de câblage en justifiant vos choix.

Solution : cf. figures 3 et 4.

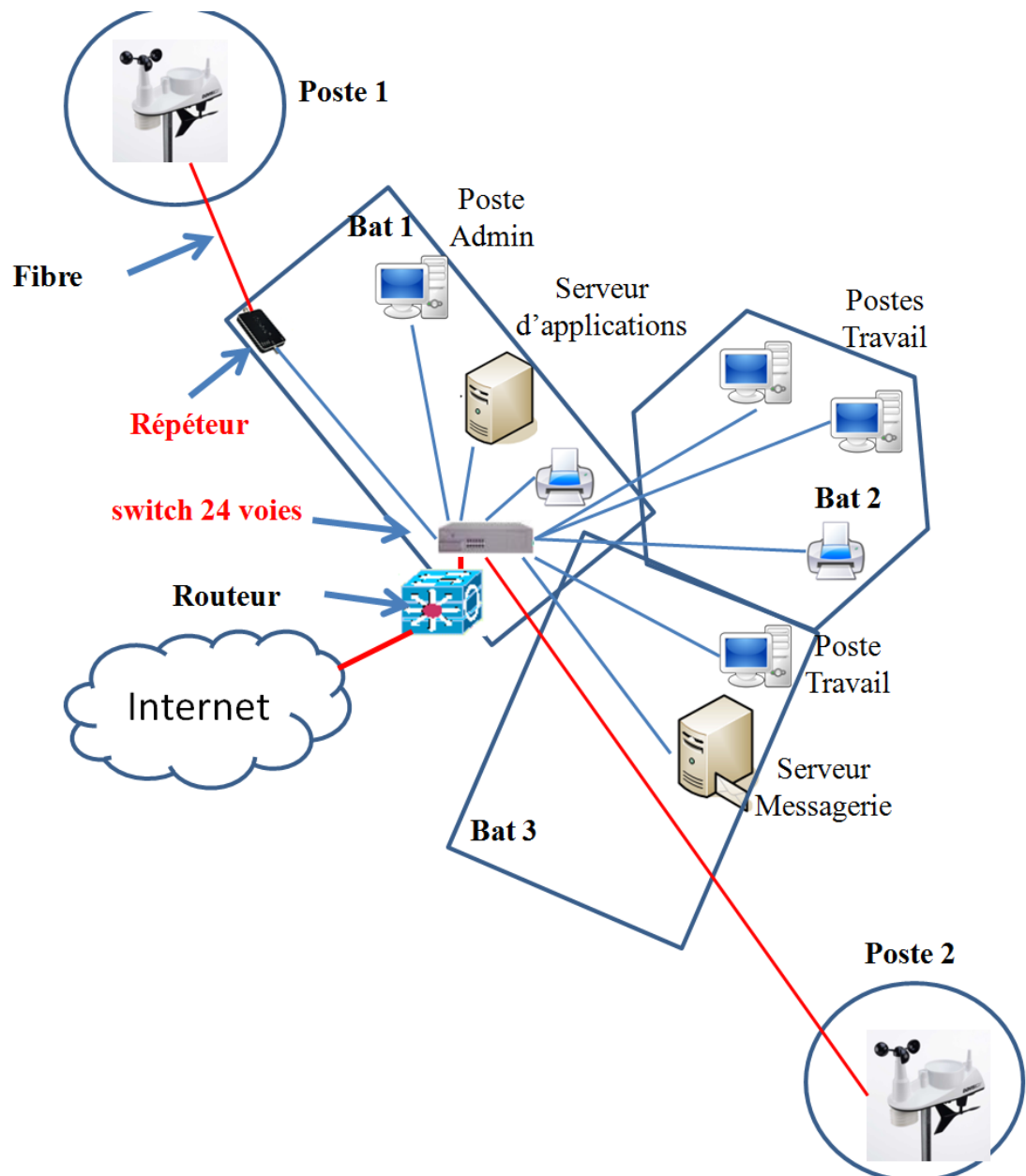


FIGURE 3 – Solution 1.

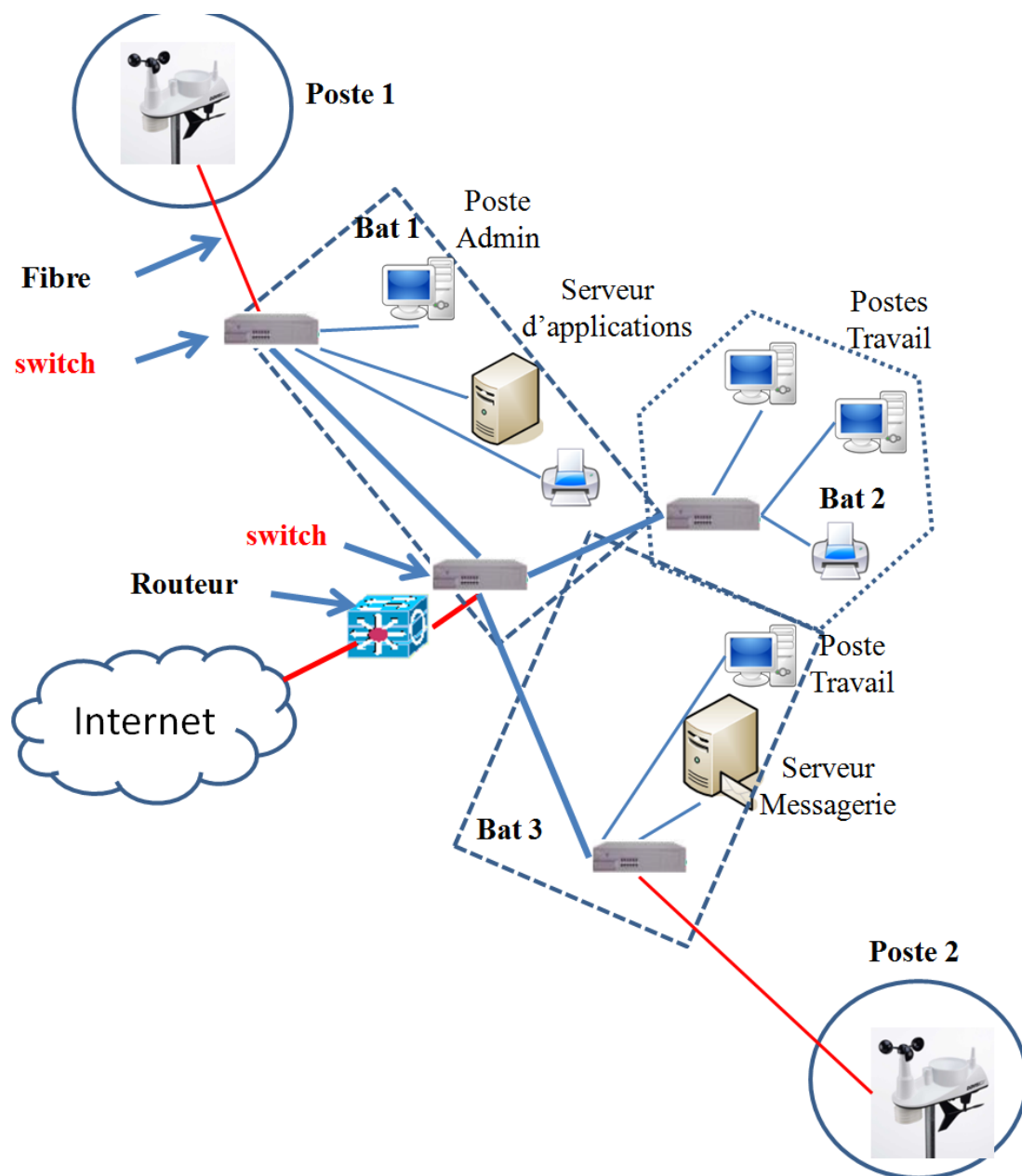


FIGURE 4 – Solution 2.