

Réseau de data center

Marouane BERRAD - Anas SABIR
Bonheur MBAITODJIMREOU ELDJIMBAYE
Haytham ZAABOUL - Othmane ZENBI

26 octobre 2025

Table des matières

1	Sujet	2
2	Introduction	2
3	Architecture du réseau	3
3.1	Routeurs de bordure	3
3.2	Switchs de cœur	4
3.3	Switchs d'agrégation	4
3.4	Switchs d'accès	4
3.5	Couche Web	5
3.6	Couche Applicative	5
3.7	Couche Base de Données	5

1 Sujet

Un data center (<https://www.datacentermap.com/>) comporte plusieurs milliers de serveurs qui doivent être interconnectés pour permettre à des millions d'utilisateurs d'accéder aux services disponibles. On s'intéresse ici au réseau interne au data center, qui permet d'interconnecter les serveurs.

2 Introduction

Dans un data center, les principaux acteurs de la communication sont les serveurs, fixes et en fonctionnement permanent afin d'assurer la continuité des services pour des millions d'utilisateurs. Tous les nœuds du réseau n'ont pas les mêmes besoins ni la même priorité : certains hébergent des services critiques, d'autres des fonctions de support. Le réseau doit donc être capable de gérer des échanges multiples, à la fois massifs et hétérogènes.

Le service de communication transporte une grande variété de données et doit supporter différents types de flux, indépendants ou corrélés selon les applications. Bien que le data center soit relié à Internet, la majorité des échanges restent internes : seuls certains serveurs assurent l'interconnexion avec l'extérieur, tandis que le reste du réseau fonctionne en environnement strictement privé, appartenant à une entreprise ou à une organisation.

Les messages ont une taille variable : jusqu'à 9000 octets (Jumbo Frames) en interne pour optimiser les transferts, et 1500 octets pour les échanges Internet. L'adressage se fait en MAC/IP, avec différenciation des services par ports TCP/UDP.

Du fait de ces exigences en performance, la communication sans fil est inadaptée. L'infrastructure repose donc sur des liaisons filaires à très haut débit, principalement en fibre optique, complétées parfois par du cuivre pour les courtes distances afin d'optimiser les coûts. Cette connectivité assure une transmission fiable, rapide et stable, indispensable au bon fonctionnement des applications hébergées. Pour garantir la résilience et la fiabilité du réseau, des mécanismes de redondance sont mis en place entre les switchs et serveurs, utilisant notamment le RSTP afin d'éviter les boucles et de permettre un basculement automatique en cas de défaillance d'un lien ou d'un équipement.

La conception d'un tel réseau doit également tenir compte de plusieurs contraintes majeures. D'abord, la consommation énergétique, qui est considérable dans les environnements hébergeant des milliers de serveurs,

impose une optimisation des équipements et du refroidissement. Ensuite, la latence, qui doit rester extrêmement faible pour permettre des échanges quasi instantanés entre les différents services. Enfin, la sécurité et la qualité de service (QoS), indispensables pour protéger des données sensibles et garantir une priorisation adaptée des flux selon les besoins applicatifs.

3 Architecture du réseau

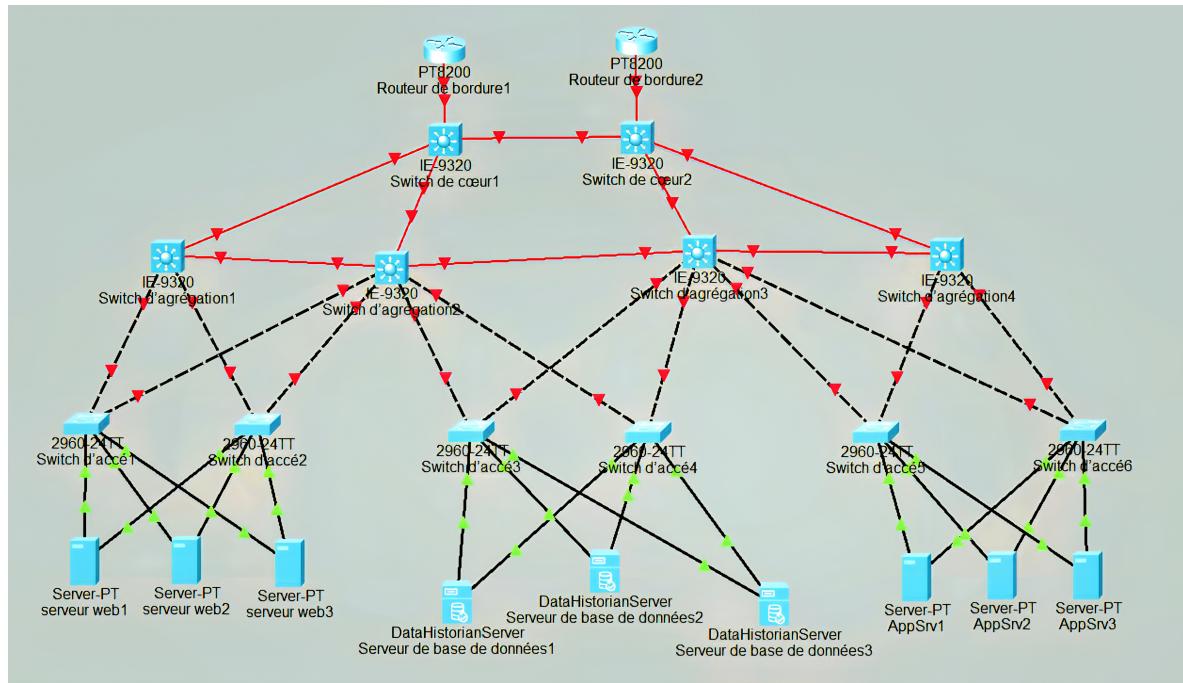


FIGURE 1 – Architecture du réseau de data center
Rouge : fibre optique / Vert : cuivre

3.1 Routeurs de bordure

Les routeurs de bordure assurent la liaison entre le data center et l'extérieur (Internet, autres data centers, ...). Ils gèrent les échanges de trafic entrants et sortants. Ils communiquent avec les fournisseurs de services Internet via **le protocole BGP** et utilisent des trames Ethernet/IP encapsulant le trafic public. Ces routeurs disposent de ports à très haut débit (100 à 400 Gbps) connectés sur fibre optique pour supporter les longues distances et garantir un délai minimal.

3.2 Switchs de cœur

Les switchs de cœur forment colonne vertébrale du data center. Leur rôle est d'assurer la circulation rapide et fiable des données entre toutes les zones internes, en particulier entre les routeurs de bordure et les switchs d'agrégation. Ils utilisent le routage IP interne et des communications Ethernet full-duplex sur fibre optique. Chaque lien fonctionne à 100 ou 400 Gbps, avec une latence inférieure à la microseconde et une MTU de 9000 octets (**Jumbo Frames ; une extension de la norme Ethernet qui permet d'envoyer des trames plus grosses que 1500 octets**), ce qui optimise les transferts massifs de données. Les switchs de cœur sont interconnectés entre eux pour la redondance et reliés directement aux switchs d'agrégation, garantissant que tout serveur puisse communiquer avec un autre en très peu de sauts réseau.

3.3 Switchs d'agrégation

Les switchs d'agrégation regroupent le trafic provenant de serveurs via les switchs d'accès et le transmettent vers le cœur du réseau. Ils servent aussi à **appliquer des politiques de qualité de service (QoS) et de sécurité interne**. Ces équipements opèrent à la fois au niveau 2 (Ethernet) pour la commutation locale et au niveau 3 (IP) pour le routage vers le cœur.

À ce niveau, les **VLANs** sont utilisés pour segmenter logiquement le trafic selon la fonction ou le type de service, par exemple un vlan pour la couche Web, un autre pour la couche pour la Base de données et un vlan distinct pour l'administration ou la supervision. Chaque vlan correspond à un sous-réseau IP spécifique, ce qui permet d'isoler les flux. Les switchs d'agrégation assurent ensuite le **routage inter-vlan (IP)** afin de permettre la communication contrôlée entre ces différents réseaux internes.

Ils utilisent des liaisons fibre optique à 40 ou 100 Gbps, avec une MTU de 9000 octets afin d'optimiser les flux internes à haut débit. Les communications sont full-duplex, et chaque switch d'accès est généralement connecté à deux switchs d'agrégation pour assurer une tolérance aux pannes. Ils maintiennent une connectivité constante entre les switchs d'accès et les switchs de cœur.

3.4 Switchs d'accès

Les switchs d'accès constituent la couche la plus proche des serveurs. Leur fonction est de connecter les machines au réseau du data center. Ils assurent des communications Ethernet niveau 2 avec les serveurs. Les connexions entre serveurs et switchs d'accès se font majoritairement via câbles cuivre **RJ45** pour les distances courtes dans le même emplacement réseau, tandis que les uplinks vers les switchs d'agrégation utilisent de la fibre optique afin d'assurer un débit et une fiabilité élevés. Le débit par port varie de 1 à 10 Gbps sur **cuivre** et peut atteindre 40 à 100 Gbps sur **fibre**. Ils prennent en charge la segmentation par VLAN pour isoler les services. Chaque serveur est relié à deux switchs d'accès pour la redondance, et ces derniers sont eux-mêmes connectés à

plusieurs switchs d’aggrégation, formant la base du réseau interne du data center.

3.5 Couche Web

La couche Web représente la partie visible du data center pour les utilisateurs extérieurs. Elle regroupe les serveurs (web, proxys, ...) qui reçoivent les requêtes **HTTP/HTTPS** depuis Internet. Ces serveurs communiquent avec les routeurs de bordure en utilisant des protocoles TCP/IP ou UDP encapsulés dans des trames Ethernet. Les liens des serveurs Web sont généralement de 1 à 10 Gbps sur **cuirvre**, reliés aux switchs d'accès situés dans le même emplacement réseau. Le MTU reste standard (1500 octets), **car le trafic provient d'Internet**, où les Jumbo Frames ne sont pas supportées. Cette couche envoie ensuite les requêtes internes vers la couche applicative, sur le réseau privé du data center, via des switchs d'accès connectés à la fois à la couche Web et à la couche applicative. Son rôle est d'assurer la réception, la redirection et la distribution initiale du trafic utilisateur.

3.6 Couche Applicative

La couche applicative héberge les programmes métiers, les API et les traitements des requêtes reçues depuis la couche Web. Elle fonctionne uniquement à l'intérieur du data center, sur des réseaux IP privés isolés par VLAN ou sous-réseaux dédiés. La communication s'effectue via TCP/IP sur Ethernet, **avec des débits de 1 à 10 Gbps sur cuivre entre serveurs proches et jusqu'à 25 Gbps sur fibre pour certaines interconnexions critiques**, et une MTU de 9000 octets pour optimiser les échanges entre serveurs applicatifs et bases de données. Les serveurs de cette couche sont reliés aux switchs d'accès, qui les connectent ensuite aux autres niveaux. L'échange de données y est fréquent et de courte latence, car il s'agit de communications internes entre applications.

3.7 Couche Base de Données

Cette couche contient les serveurs responsables du **stockage et de la gestion des données**. Leur objectif est d'assurer la lecture, l'écriture et la réplication des informations pour les services applicatifs. La communication se fait exclusivement en interne, via TCP/IP sur Ethernet, avec un débit élevé et des trames de 9000 octets pour les transferts volumineux. Ces serveurs sont souvent reliés par fibre optique à leurs switchs d'accès, garantissant un accès rapide et stable. Ils communiquent principalement avec la couche applicative, mais aussi entre eux pour synchroniser les bases. Ce réseau est souvent **isolé pour des raisons de sécurité et de performance**.