



4. Applications SDN & NFV : SD-WAN, SD-PON, SD-RAN et 5G Core

2024-2025

Ecole Supérieure Polytechnique (ESP) / Département Génie Informatique (DGI)

DIC3 TR (Télécommunications et Réseaux) & M2 SRT (Systèmes Réseaux et Télécommunications)

Cours : SDN et NFV

Enseignant : Dr Ousmane SADIO



Pour rappel, le NFV remplace les matériels dédiés et coûteux par des serveurs génériques qui utilisent des logiciels pour fournir un ensemble de fonctions réseau virtualisées (VNF). Le SDN rend les réseaux programmables afin que les opérateurs puissent intégrer des applications en utilisant de faibles ressources réseau.

Lorsque SDN et NFV sont combinés, leur effet synergique amplifie les avantages des deux technologies. Les applications du SDN et du NFV s'étendent à divers secteurs.

- Des fournisseurs de services cloud qui optimisent les réseaux des datacenters, au pilotage du réseau d'entreprise par le SD-WAN.
- SDN et NFV jouent également un rôle crucial dans la mise en œuvre de technologies émergentes telles que les réseaux 5G et le Edge Computing.

Alors que les entreprises adoptent la transformation numérique, comprendre et tirer parti de la puissance du SDN et du NFV sera déterminant pour rester en tête et libérer tout le potentiel de l'infrastructure réseau moderne.

☐ SDN & NFV : avantages pour l'entreprise

- ☹ Avant la NFV et le Cloud, les fonctions ou services de réseau étaient fournis dans des **équipements dédiés** dont l'**approvisionnement** pouvait prendre jusqu'à **six mois**.
- 😊 Avec la NFV et le Cloud, le processus prend **30 minutes**. Désormais, lorsqu'une entreprise souhaite offrir un nouveau service à un client, elle peut commencer à le proposer **immédiatement**, devançant ainsi la concurrence sur le marché, car elle n'a pas à attendre six mois pour les services de réseau qui doivent accompagner ce service.
- 😊 Avec le **SD-WAN**, les grandes entreprises multinationales peuvent tirer profit de l'utilisation du réseau SDN pour déplacer le trafic au sein de leurs réseaux. Il y a des gains d'efficacité lorsqu'une liaison par fibre optique (MPLS) tombe en **panne**, car le **SDN réachemine automatiquement le trafic** par une autre liaison (ADSL, 4G/5G, satellite).
- 😊 En utilisant des services virtualisés sur des serveurs génériques prêts à l'emploi, les entreprises peuvent déployer ces services immédiatement et à **moindre coût**.

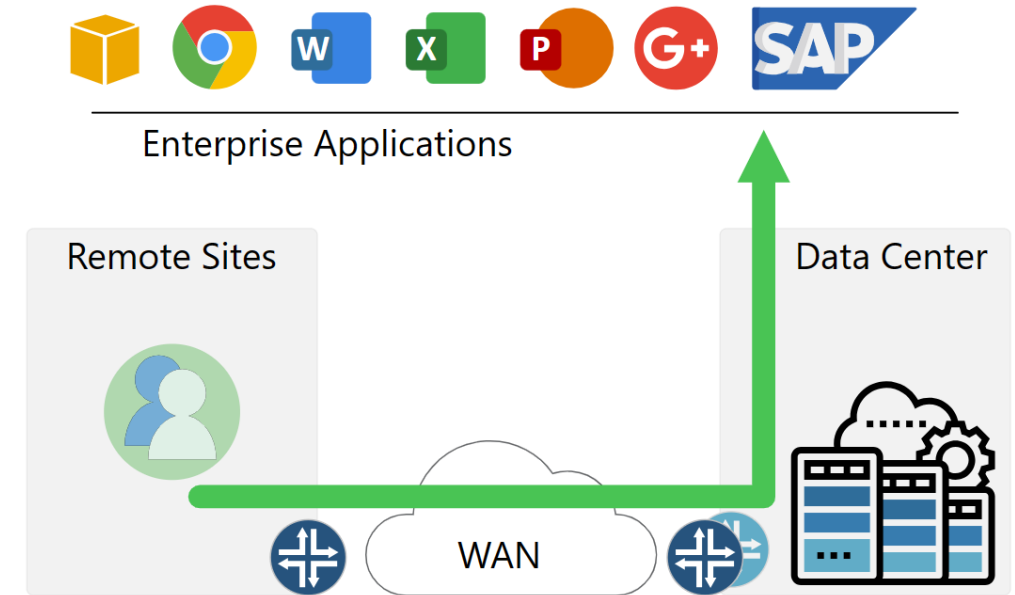
□ SDN & NFV : avantages pour les opérateurs

Le SDN prend en charge une technologie de communication importante, **la 5G**.

- 😊 L'utilisation de SDN et NFV avec la 5G permet une plus grande réactivité des applications et une meilleure **programmabilité du réseau**.
- 😊 Le concept de NFV est utilisé la virtualisation du réseau cœur de la 5G ainsi que la centralisation du traitement de la bande de base au sein des **réseaux d'accès radio (RAN)**.
- 😊 L'architecture SDN 5G sera dynamique, **hautement manageable et rentable**, ce qui la rendra parfaite pour la nature dynamique et à large bande passante des cas d'utilisation de la 5G.
- Dans la 5G, la NFV permettra le découpage du réseau, un aspect de l'architecture du réseau virtuel qui permet de créer de **multiples réseaux virtuels** sur une infrastructure physique partagée. Les réseaux virtuels peuvent ensuite être personnalisés pour répondre aux besoins des applications, des services, des appareils, des clients ou des opérateurs.

❏ WAN traditionnel : problématique

- 😊 Ces dernières années, les entreprises ont adopté la transformation digitale plus rapidement que prévu.
 - Le télétravail et les réunions en ligne sont désormais la norme.
 - De nombreuses applications sont transférées dans le Cloud
 - De nombreux services sont disponibles sur Internet.
- 😞 Cependant, le réseau étendu traditionnel (WAN) a été conçu pour connecter les utilisateurs des sites distants aux applications hébergées dans le datacenter de l'entreprise.
 - Des lignes dédiées et des circuits MPLS ont été utilisés pour fournir une connectivité sécurisée et fiable au datacenter.
 - Certaines applications se trouvent dans le Cloud et Internet, mais le trafic des sites distants doit d'abord arriver au datacenter, puis être acheminé vers le Cloud et vice-versa.



Coûts : les entreprises doivent mettre à niveau leurs circuits WAN privés, ce qui est coûteux.

Latence plus élevée: due déplacement du trafic des sites distants vers le datacenter, puis vers le Cloud.

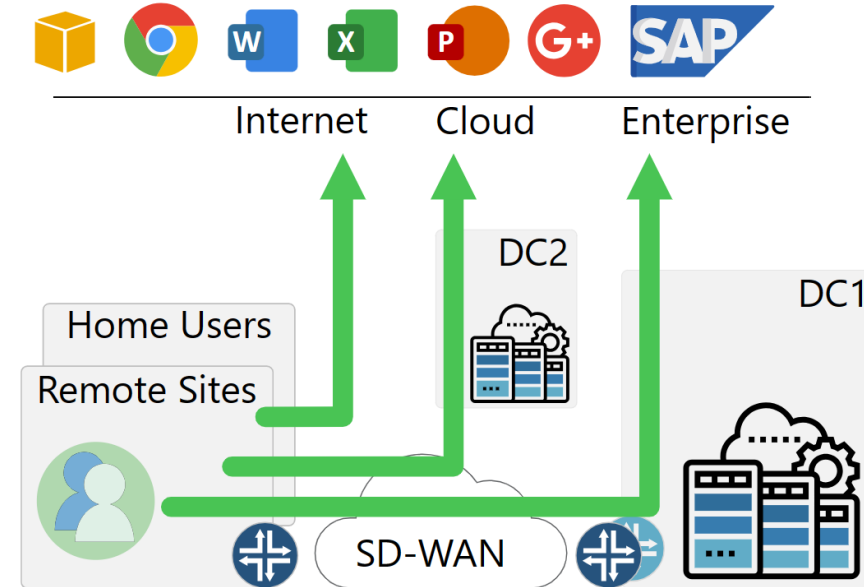
Disponibilité: le fait de tout faire passer par le datacenter de l'entreprise crée un point de défaillance unique.

Rapidité: le déploiement de circuits MPLS privés est un processus lent et fastidieux qui ralentit généralement le déploiement de nouveaux sites distants.

□ SD-WAN : la solution?

😊 Les solutions Software-defined WAN (SD-WAN) ont été conçues pour corriger les lacunes des WAN traditionnels. De nombreuses applications sont transférées dans le Cloud

- C'est une approche centralisée de la gestion et de l'exploitation de réseaux WAN à grande échelle.
- L'une des principales idées du SD-WAN est d'administrer le réseau WAN par le biais d'un plan de gestion unique et centralisé, et aussi de gérer les dispositifs de réseau sous-jacents.
- L'objectif est de dépasser les contraintes et les coûts du MPLS en communiquant de façon optimisée sur le réseau grâce à un mécanisme de priorisation intelligente et dynamique des flux.



Automatisation: l'idée même de la gestion centralisée est d'utiliser l'automatisation. Elle crée des modèles de déploiement et d'exploitation simplifiés et cohérents.

Réduction des coûts: le SD-WAN permet de tirer parti de n'importe quelle combinaison de services de transport (4G/5G, MPLS...), ce qui permet d'optimiser le coût.

Amélioration du temps de fonctionnement : la gestion centralisée et l'automatisation pourraient éliminer la plupart des erreurs humaines. Le temps de fonctionnement global du réseau s'en trouverait considérablement amélioré.

□ SD-WAN : définition

Le SD-WAN a été proposé pour la première fois par l'Open Networking User Group (**ONUG**) lors d'une conférence en 2014.

Définition 1 (proposé par l'ONUG)

Le SD-WAN est un type de service réseau qui applique la technologie SDN pour l'interconnexion des réseaux WAN dans les entreprises. S'appuyant sur le contrôleur SDN, ce type de service réseau offre :

- Une configuration automatisée des réseaux WAN,
- Un contrôle et une gestion centralisés,
- Ouverture et une programmabilité élevées.

Il s'agit de mettre en œuvre une architecture WAN hybride où une connexion Internet complète la connexion WAN privée traditionnelle sur le site distant. Cette connexion Internet a 2 objectifs :

- Avoir un accès direct aux applications hébergées dans le cloud
- Offrir un second lien entre le site distant et le site principal ou datacenter de l'organisation

□ SD-WAN : définition

De nombreux autres organismes de normalisation ont participé activement à l'enrichissement du SD-WAN avec des caractéristiques et des normes techniques supplémentaires. Les définitions proposées par Gartner et Metro Ethernet Forum (MEF) sont aujourd'hui largement acceptées.

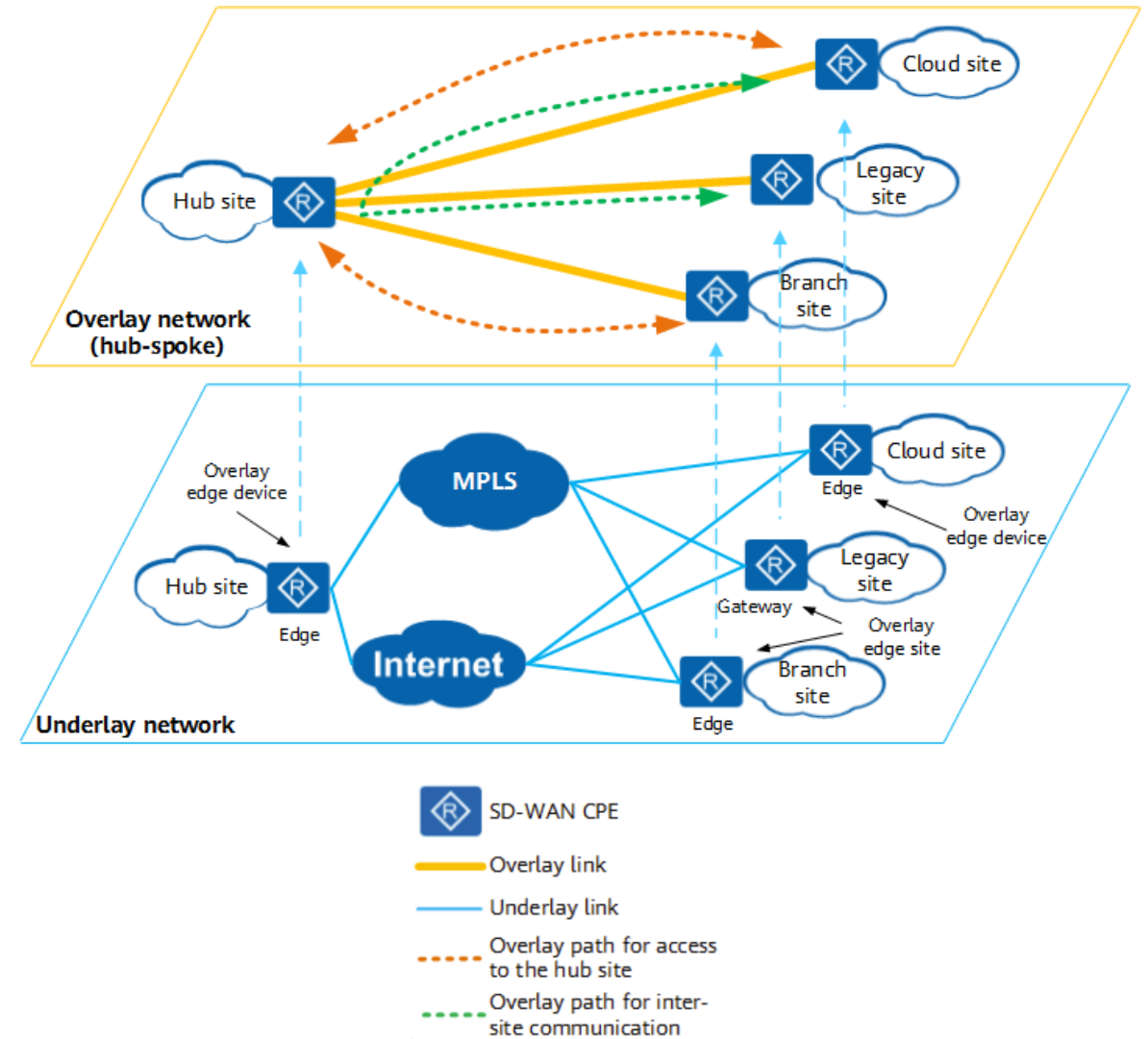
Définition 2 (proposé par Gartner)

Le SD-WAN permet une sélection dynamique, basée sur des règles, des chemins d'accès aux applications sur plusieurs connexions WAN et prend en charge le chaînage de services pour des services supplémentaires tels que l'optimisation WAN et les pare-feux. Le SD-WAN a quatre caractéristiques :

- Doit prendre en charge plusieurs types de connexion: MPLS, Internet, LTE...
- Peut faire une sélection de chemin dynamique : permet le partage de charge sur les connexions WAN.
- Fournit une interface simple pour la gestion du WAN : doit prendre en charge le provisionnement sans contact dans un site, devrait être aussi facile à configurer qu'un WiFi domestique.
- Doit prendre en charge les VPN. Ainsi que d'autres services tiers, tels que les contrôleurs d'optimisation WAN, les pare-feu, les passerelles Web...

□ SD-WAN : réseau overlay SD-WAN

- **Réseau Underlay** : est l'infrastructure physique sous-jacente des réseaux overlay. Il est composé de plusieurs types d'équipements (commutateurs, routeurs, équilibreurs de charge, pare-feu...), qui sont responsables de la transmission des paquets de données entre les réseaux.
- **Réseau Overlay** : des réseaux virtuels superposés peuvent être créés sur des réseaux overlay à l'aide de technologies de virtualisation des réseaux. Les équipements virtuels sont interconnectés par des liens logiques (tunnels) constituant des topologies overlay.
- **Overlay SD-WAN** : est basé sur le WAN et utilise des liens hybrides (MPLS, Internet) pour l'interconnexion entre le siège, les sites des succursales et les sites Cloud. Les topologies logiques des réseaux overlay sont construites pour répondre aux exigences d'interconnexion dans différents scénarios.





□ SD-WAN : réseau overlay SD-WAN

| SD-WAN | Underlay | Overlay |
|---------------------------|---|--|
| Transmission des données | Les données sont transmises par l'intermédiaire de routeurs et de commutateurs. | Les données sont transmises par des liaisons virtuelles entre les nœuds. |
| Encapsulation des paquets | L'encapsulation des paquets est réalisée aux niveaux 2 et 3. | Les paquets doivent être encapsulés en fonction de la source et de la destination, donc un overhead |
| Contrôles des paquets | Orienté matériel | Orienté matériel |
| Temps de déploiement | Le déploiement de nouveaux services implique un grand nombre de configurations, ce qui prend du temps. | Le déploiement de nouveaux services implique seulement la modification de la topologie virtuelle, donc un déploiement rapide des services. |
| Scalabilité | L'évolutivité est faible. Une fois le réseau underlay construit, il est difficile d'ajouter de nouveaux appareils. | L'évolutivité est élevée. Exemple un VXLAN fournit un maximum de 16 millions d'ID. |
| Protocoles | Commutation Ethernet, VLAN et protocoles de routage (OSPF, IS-IS et BGP) | VXLAN, NVGRE, SST, GRE, NVO3 et EVPN |
| Gestion multi-tenant | L'isolation basée sur le NAT ou le VRF est nécessaire, ce qui représente un grand défi pour les réseaux à grande échelle. | Il est possible de gérer le chevauchement des adresses IP de plusieurs tenants. |

❑ SD-WAN : architecture et éléments constitutifs

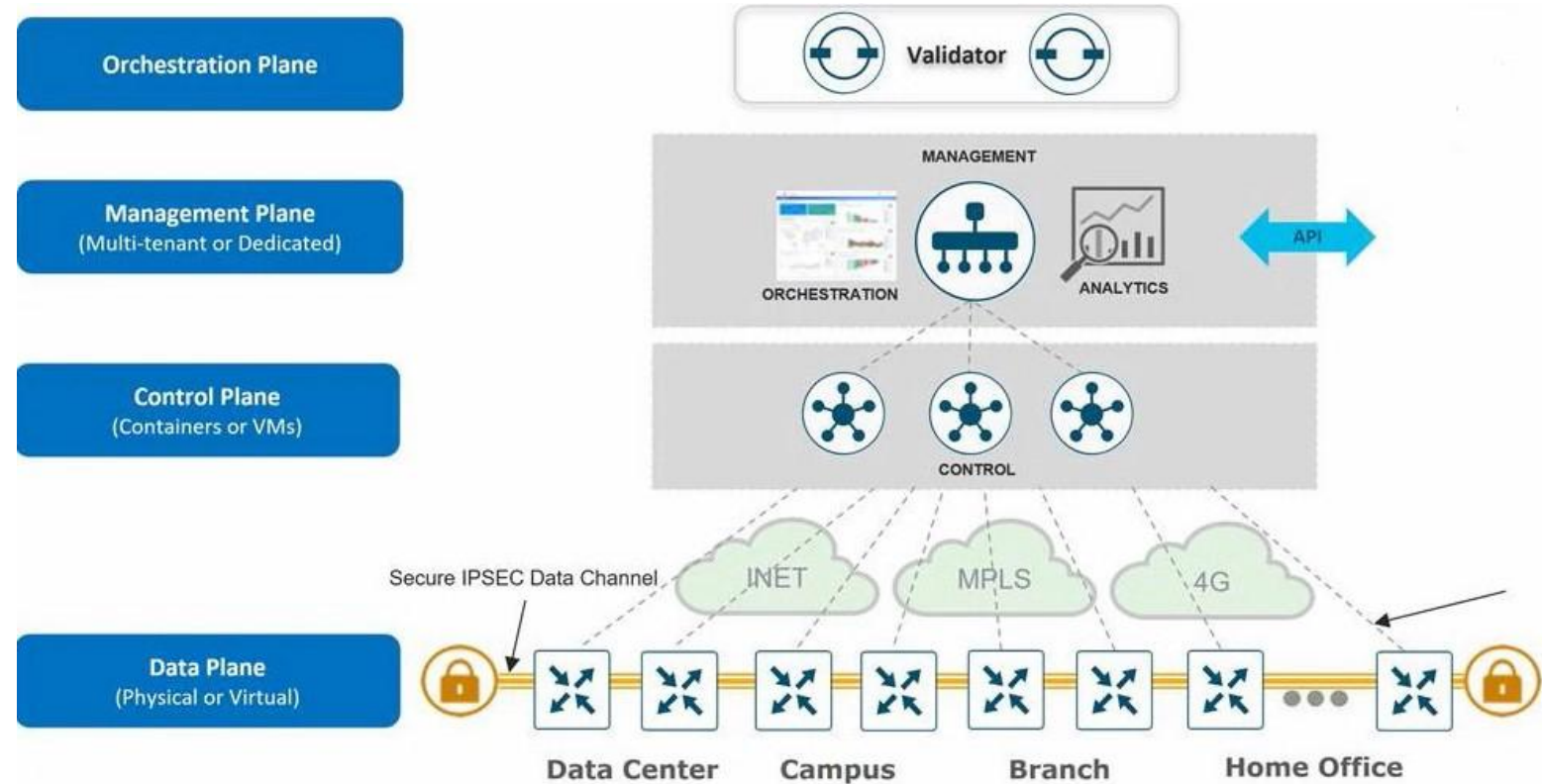
Le trafic SD-WAN est découpé en plusieurs plans.

Plan d'orchestration: aide à l'intégration automatique des routeurs SD-WAN dans le réseau overlay SD-WAN.

Plan de gestion: est responsable de la configuration et de la surveillance centralisées.

Plan de contrôle: construit et maintient la topologie du réseau et prend des décisions là où le trafic passe.

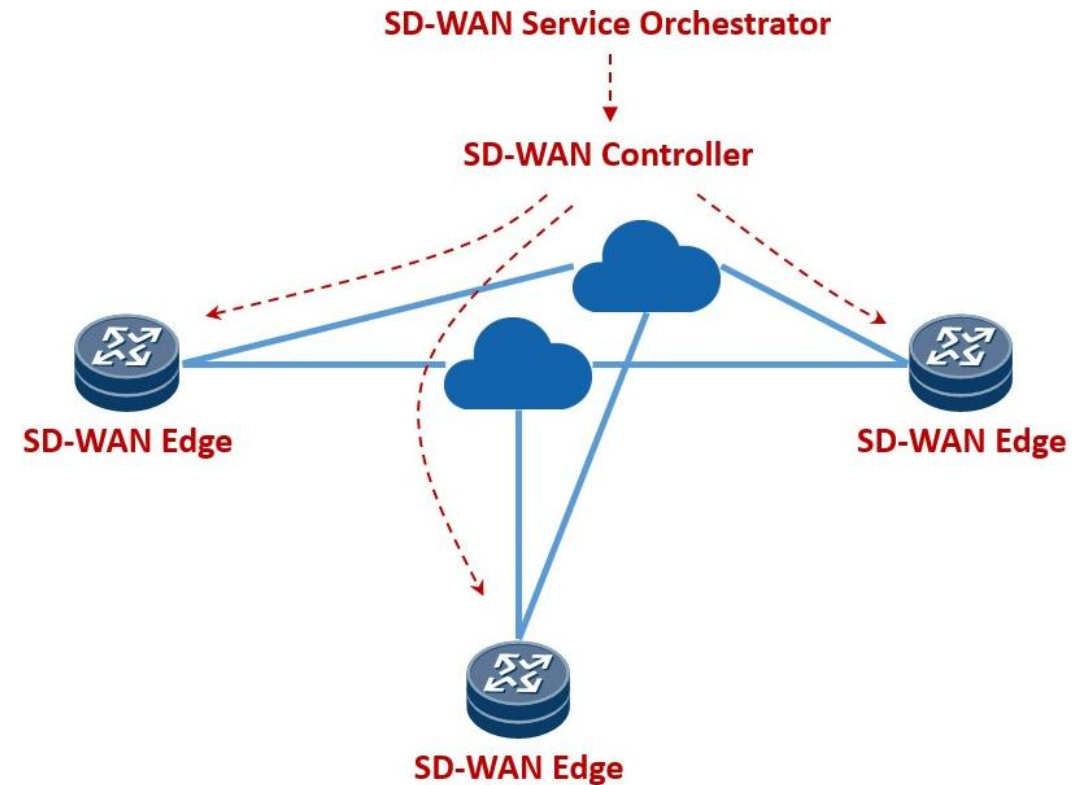
Plan de données : est chargé d'acheminer les paquets en fonction des décisions prises par le plan de contrôle.



❑ SD-WAN : architecture et éléments constitutifs

Le SD-WAN repose sur 3 principaux éléments :

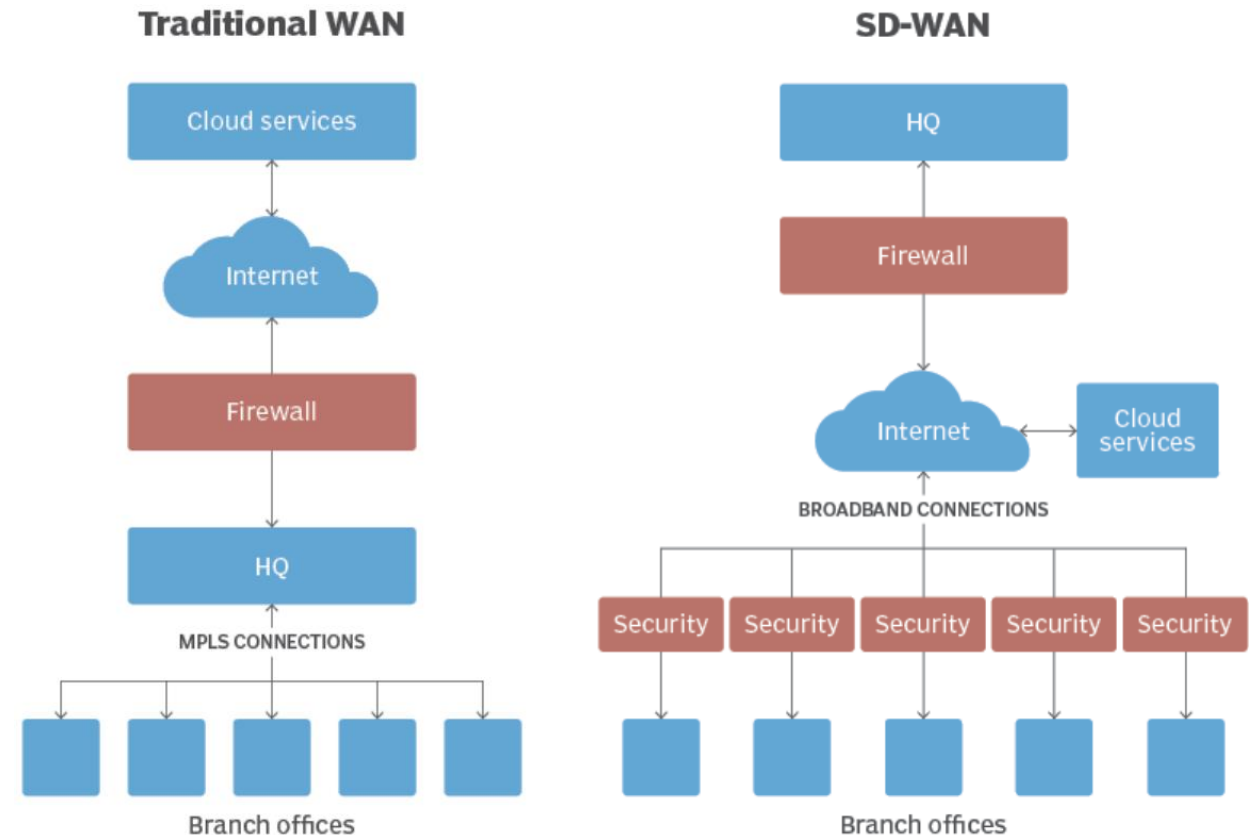
- **SD-WAN Edge**: est une fonction réseau physique ou virtualisée qui peut être déployée sur site (siège central, agence, datacenter...).
- **Contrôleur SD-WAN**: centralise la gestion des dispositifs SD-WAN Edge associés au contrôleur. Cela inclut la configuration et l'activation, la gestion des adresses IP et l'application de stratégies sur les dispositifs SD-WAN Edge.
- **SD-WAN Orchestrator**: est le gestionnaire virtualisé du réseau qui supervise le trafic et l'application de la politique et des protocoles définis par les opérateurs du réseau.



❑ SD-WAN : architecture et éléments constitutifs

Le réseau SD-WAN modifie le paradigme de la **sécurité**.

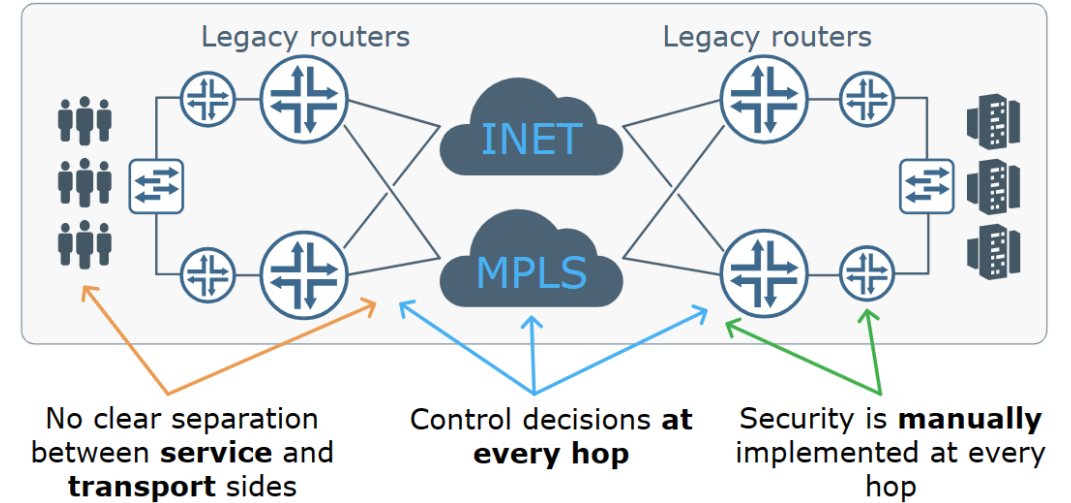
- Un pare-feu unique et solide n'est pas le schéma de protection principale du SD-WAN: les entreprises doivent désormais penser à la sécurité à la périphérie (edge).
- En mettant en œuvre la sécurité et le contrôle à la périphérie, là où les succursales se connectent à l'internet via le SD-WAN, une entreprise peut mieux gérer le trafic.
- L'automatisation et l'orchestration du SD-WAN peuvent rendre cela possible car ce processus de provisionnement est plus automatisé et contrôlé.



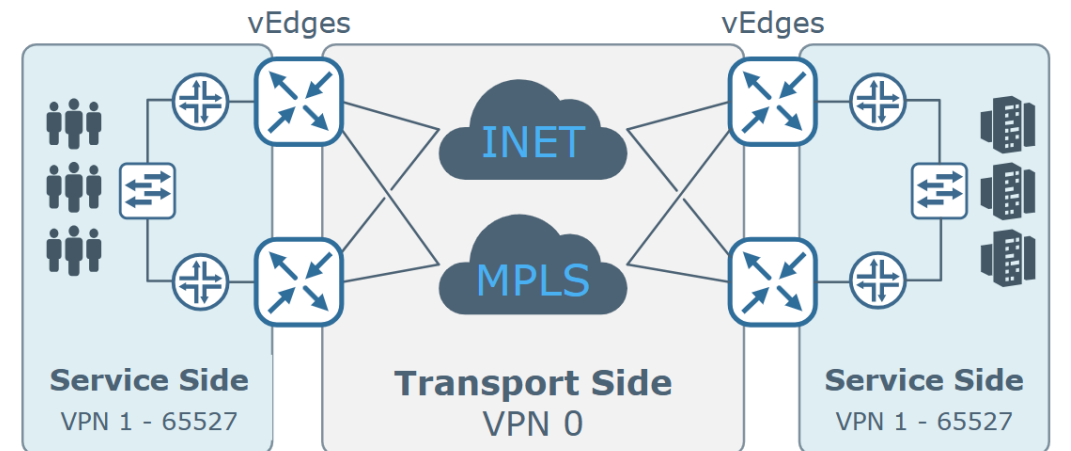
□ SD-WAN : principes

(1) Séparation du service et du côté transport du réseau

Avant: il n'y avait pas de séparation claire entre les utilisateurs, les applications, les commutateurs et les routeurs côté service du réseau et côté services du transport.



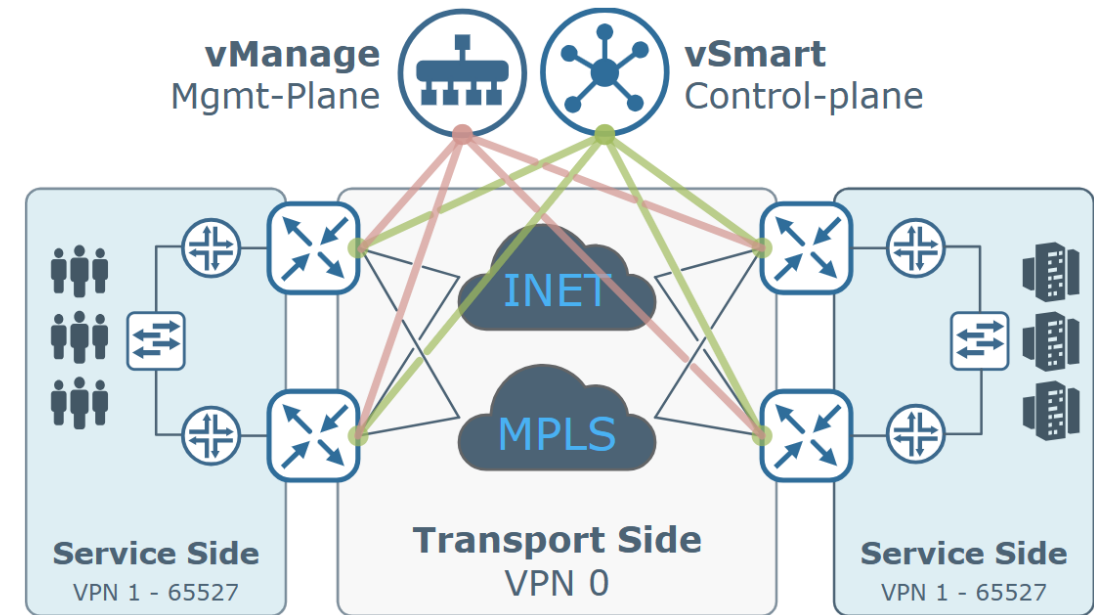
Après : le SD-WAN sépare le côté transport du réseau en un segment de transport dédié, *VPN0*. La fonction du côté transport est d'acheminer les paquets d'un routeur de transport à un autre. Un routeur doit seulement savoir comment atteindre le routeur de destination de l'autre côté.



□ SD-WAN : principes

(2) Séparation des plans de contrôle, de données et de gestion

- La solution consiste à découpler le plan de **contrôle du plan** de données de tous les routeurs de périphérie WAN et implémente toutes les fonctions de contrôle dans un **contrôleur logiciel centralisé** (*vSmart* pour Cisco).
- Elle découple également toutes les **fonctions de gestion** et les implémente dans un **contrôleur centralisé** distinct (*vManage* pour Cisco).
- En outre, la solution introduit un autre plan de réseau qui s'étend verticalement le long des deux autres plans, **un plan d'orchestration centralisé** implémenté dans un contrôleur dédié (*vBond* pour Cisco).

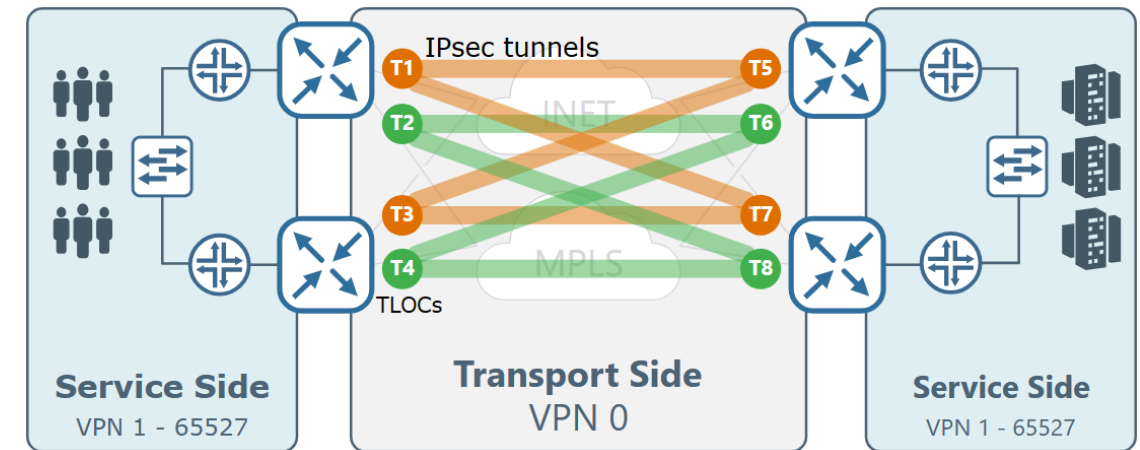


□ SD-WAN : principes

(3) Sécurisation automatique du plan de données

Le SD-WAN utilise l'établissement automatique de tunnels, comme **IPsec**, sur chaque transport WAN. Ce comportement se traduit par un réseau **mesh de tunnels** IPsec entre toutes les liaisons de transport.

- Les tunnels IPsec utilisent des clés pré-partagées pour de meilleures performances.
- Les clés sont transmises aux appareils et font l'objet d'une rotation régulière par le contrôleur (vSmart).
- Le contrôleur utilise un canal sécurisé **DTLS** pour envoyer les clés vers tous les périphériques (vEdge).

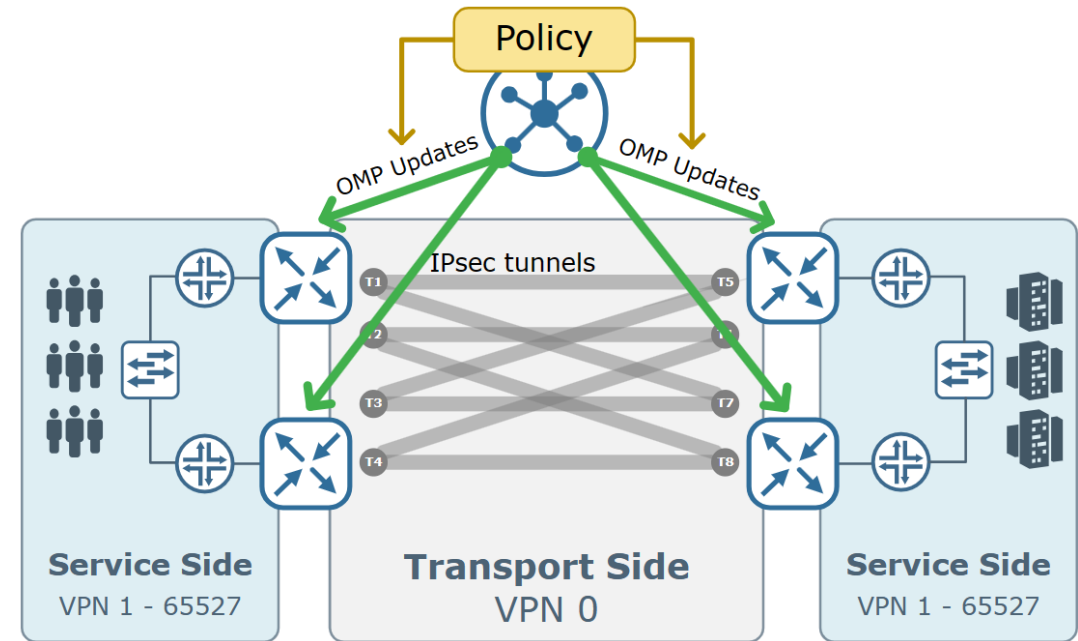


□ SD-WAN : principes

(4) Gestion de la structure par le biais de politiques centralisées

Une politique centralisée configurée sur le contrôleur (vSmart) influence la manière dont les informations de routage du contrôleur sont annoncées vers les routeurs vEdge.

- Cela permet aux administrateurs de réseau d'appliquer des changements de routage à l'échelle du réseau sans avoir à configurer chaque appareil manuellement.
- Le contrôleur centralisé dispose d'une vue complète du réseau et peut prendre des décisions de routage sur la base d'informations auxiliaires telles que les politiques SLA, les types d'applications, les types de segments...

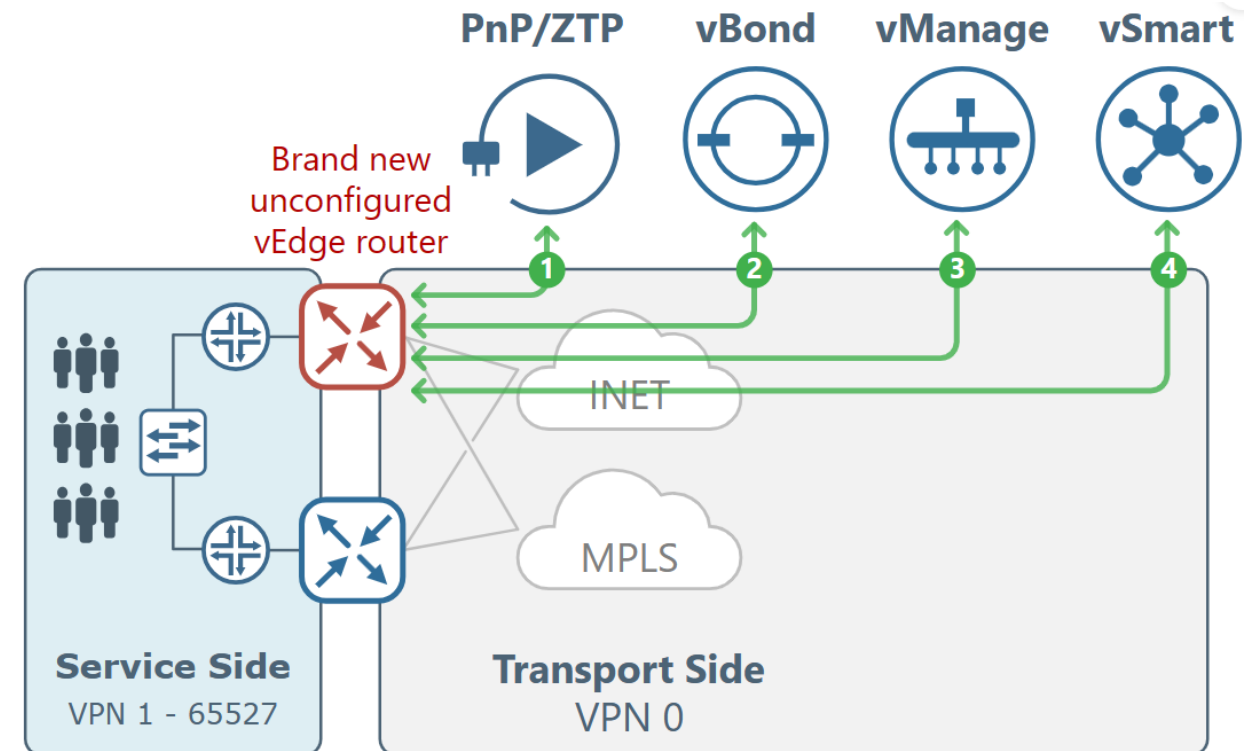


❑ SD-WAN : principes

(5) Approvisionnement sécurisé *zero-touch* et intégration de nouveaux appareils

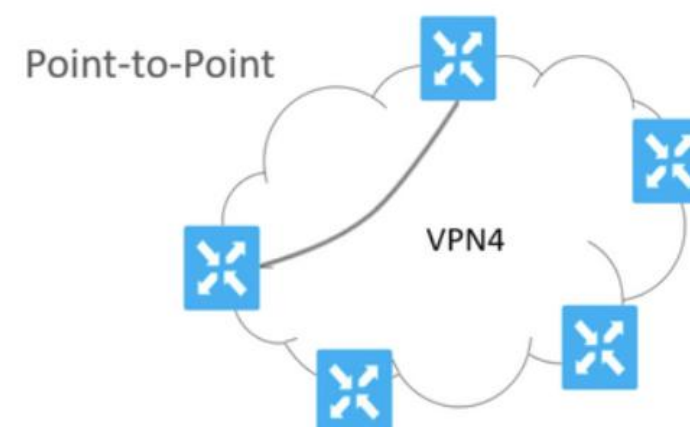
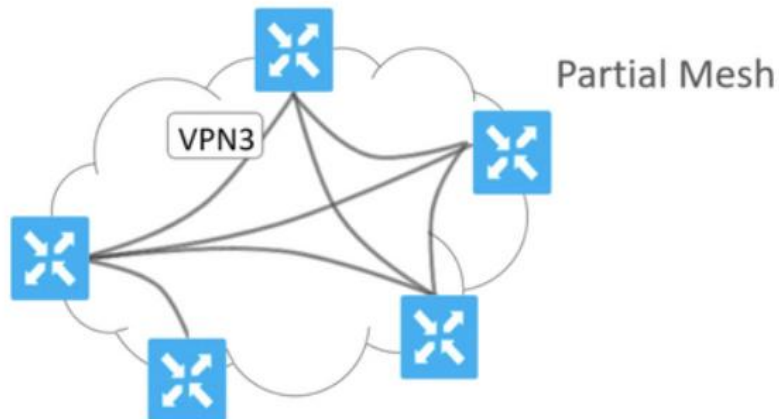
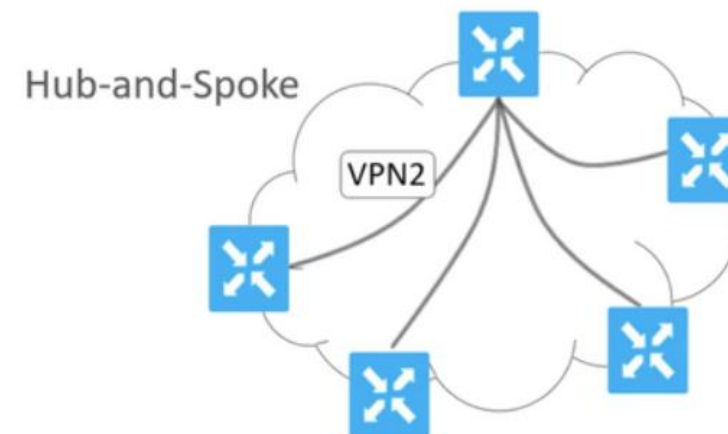
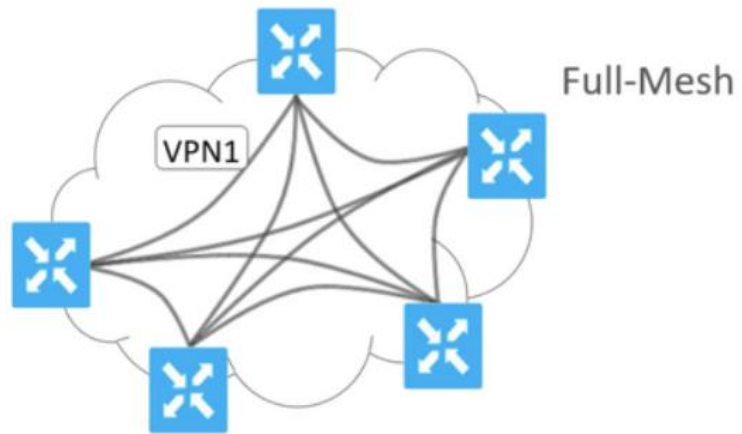
Le SD-WAN offre un processus entièrement automatisé pour l'intégration de nouveaux périphériques WAN. Il permet aux administrateurs réseau d'approvisionner de nouveaux sites avec un minimum d'effort et d'implication.

- Un nouveau routeur (vEdge) non configuré découvre automatiquement le réseau à l'aide de l'un des processus de découverte (PnP, ZTP pour Cisco).



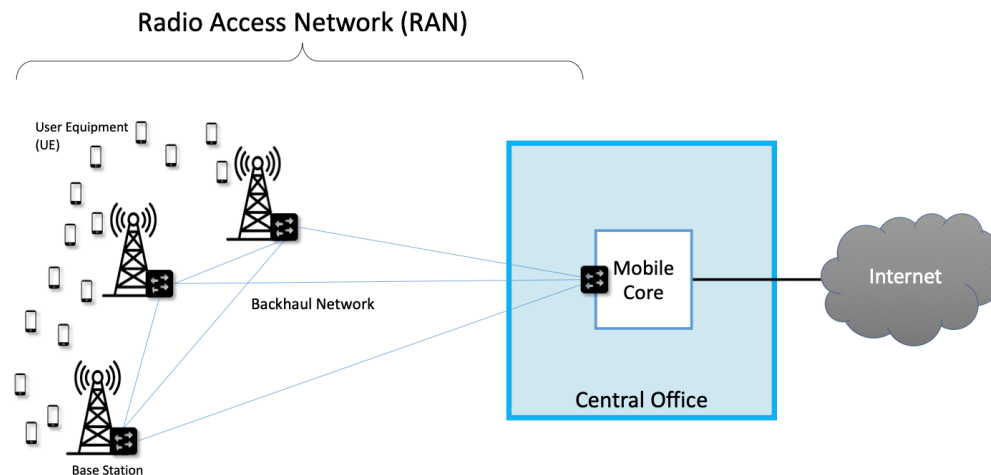
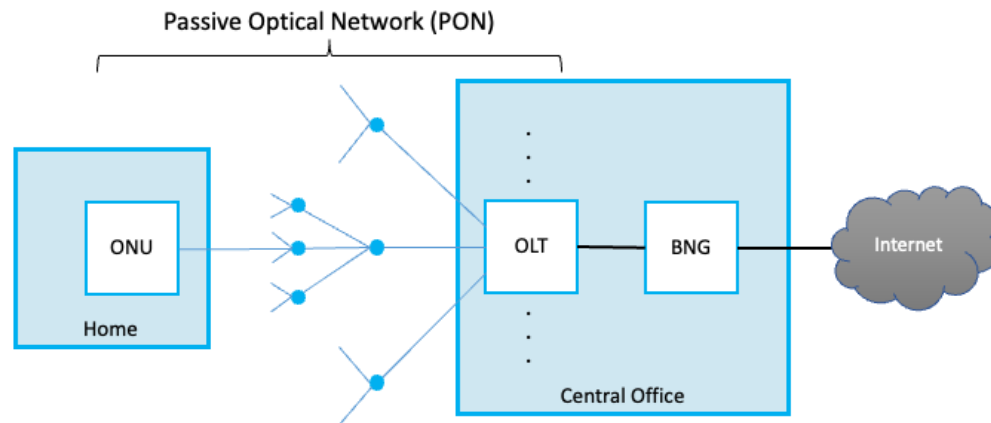
□ SD-WAN : topologies des tunnels

Le SD-WAN peut être déployé dans un modèle en étoile ou dans une variété de topologies maillées en fonction des exigences et des capacités de l'organisation.



❑ Réseau d'accès

Il existe également deux cas d'utilisation émergent pour le SDN : le *réseau d'accès*. Il s'agit à la fois de la Fiber-to-the-Home (FTTH) et du réseau cellulaire mobile. Les deux technologies sous-jacentes sont :



- **Réseau PON** (Passive Optical Networks) : l'architecture de base est constituée :

- ONU (Optical Network Unit)
- OLT (Optical Line Terminal)

BNG (Broadband Network Gateway) permet de connecter le réseau d'accès à Internet.

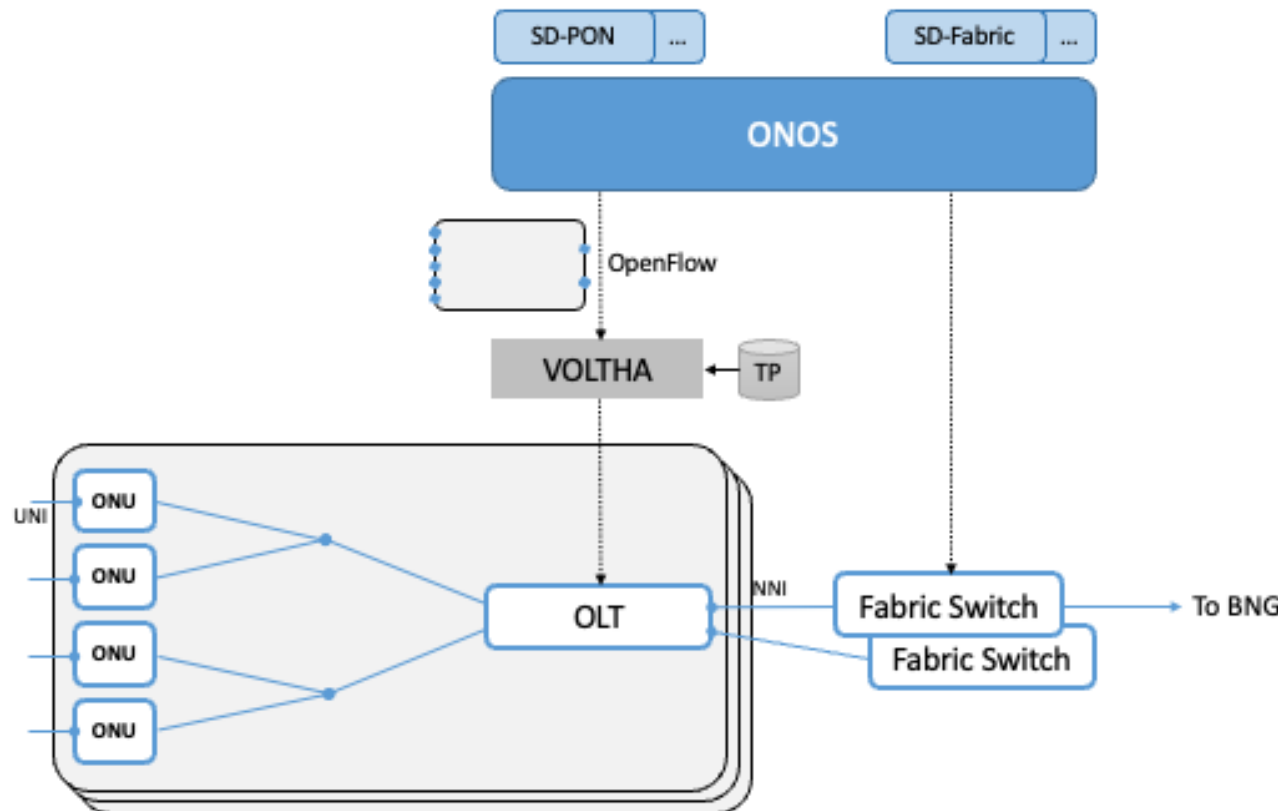
- **Réseau RAN** (Radio Access Networks) : l'architecture de base est constituée :

- UE (User Equipement)
- Station de base 5G (gNodeB)

Core Mobile gère la mobilité des UE et permet de connecter le réseau d'accès à Internet.

□ SD-PON

La possibilité d'appliquer le SDN au PON repose sur le fait que les OLT sont essentiellement des commutateurs L2, équipés d'un protocole de d'encapsulation de couche MAC différent. Des réseaux en production basés sur cette conception sont actuellement déployés par des sociétés de télécommunications dans le monde entier.



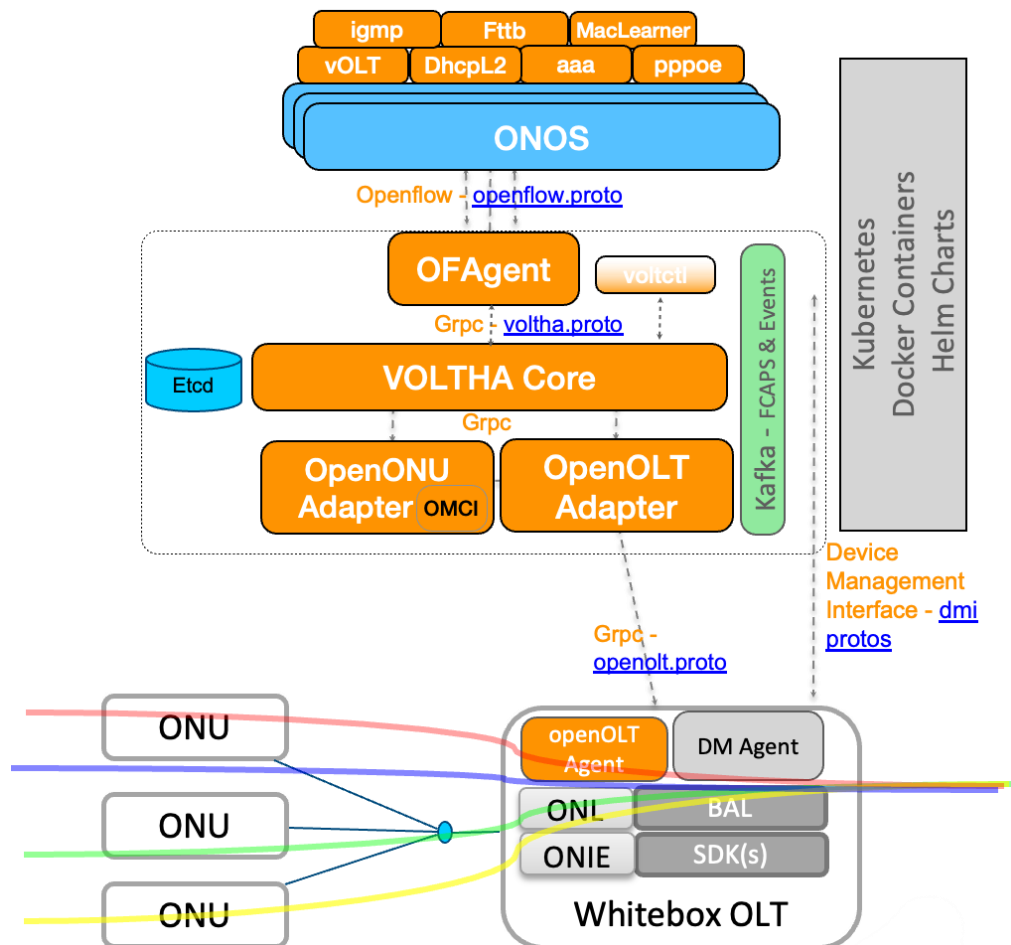
L'OLT est connecté à deux commutateurs (Fabric Switch), nécessaire pour agréger l'ensemble des OLT.

VOLTHA (Virtual OLT Hardware Abstraction), se situe entre le système d'exploitation du réseau ou contrôleur SDN (par exemple ONOS) et les OLT.

- VOLTHA exporte une interface nord OpenFlow, ce qui permet à ONOS de contrôler un OLT comme n'importe quel autre appareil compatible SDN.
- Des adaptateurs spécifiques aux fournisseurs assurent ensuite la traduction entre OpenFlow et chaque OLT.

SD-PON : VOLTHA

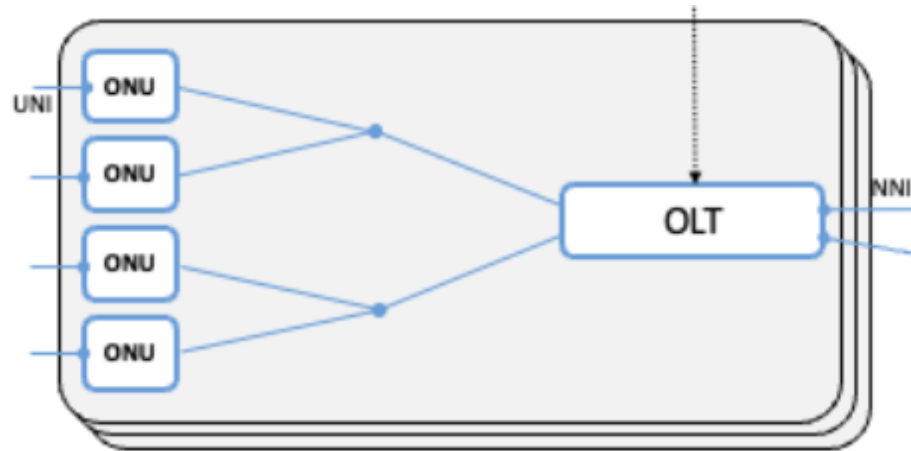
VOLTHA (Virtual OLT Hardware Abstraction) est un projet open source pour les équipements d'accès à large bande PON.



- VOLTHA fournit une isolation entre un système de gestion PON agnostique (interopérable, indépendant des fournisseurs) et un ensemble de dispositifs matériels PON spécifiques à un fournisseur et de type « white box ».
- Sur son interface nord, VOLTHA fournit un ensemble d'API abstraites qui permettent au réseau PON d'apparaître comme un commutateur Ethernet programmable pour un contrôleur SDN. Ex: *reconnaissance de l'attachement ou du détachement d'un ONU.*
- Du côté sud, VOLTHA communique avec les dispositifs matériels PON en utilisant des protocoles spécifiques au fournisseur par le biais d'adaptateurs OLT et ONU. Ex: *affectation des abonnés à des classes de qualité de service particulières.*

□ SD-PON : ONOS

Puisque que ONOS doit connaître les ONU, mais qu'ils ne sont pas directement contrôlables à l'aide d'OpenFlow ou d'une autre API, l'architecture SD-PON considère l'OLT et l'ensemble des ONU connectés comme étant un commutateur. Ce modèle de commutateur constitué d'un ensemble de ports orientés vers le réseau (appelés NNI dans le monde Telco) et un ensemble de ports orientés vers l'utilisateur (appelés UNI dans le monde Telco).

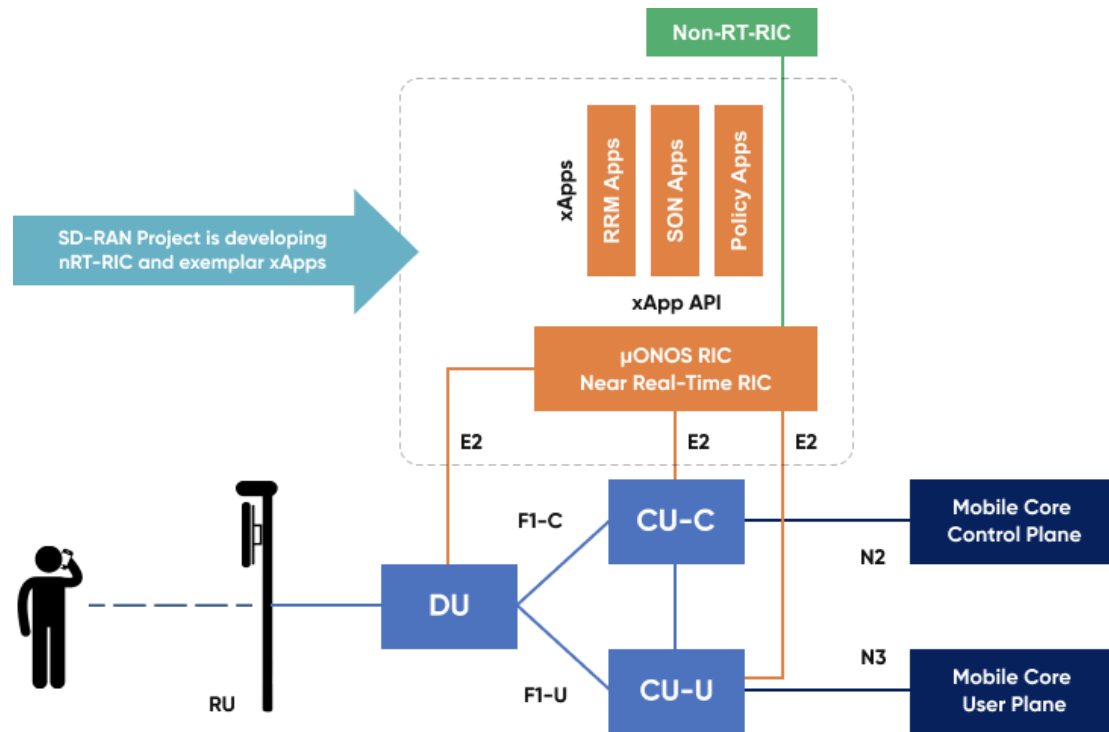


ONOS traite ce modèle de PON comme un commutateur logique, de sorte que chaque fois qu'un client met sous tension l'ONU dans sa maison, ONOS verra un événement « port actif » sur l'UNI correspondante, et exécutera les actions correspondantes. Ces actions sont implémentées par une suite d'applications SD-PON.

- Lorsqu'un ONU est mis en ligne (activation d'un port sur le commutateur logique), une séquence d'autorisation 802.1X est lancée, vérifiant que l'ONU est enregistré auprès d'un client connu.
- L'application SD-PON établit un chemin à travers le switch fabric (avec le profil de qualité de service prescrit) connectant ainsi l'abonné au réseau de commutation L2.
- Ensuite, l'ONU enverra une requête DHCP, ce qui déclenchera l'attribution d'une adresse IP et amènera ONOS à établir une route à travers les commutateurs connectant l'ONU au BNG (càd Internet).

SD-RAN

L'idée du SD-RAN est que chaque station de base rapporte les statistiques collectées localement sur la qualité de la transmission radio à un contrôleur SDN central, qui combine les informations provenant d'un ensemble de stations de base pour construire une vue globale de la façon dont le spectre radio est utilisé.



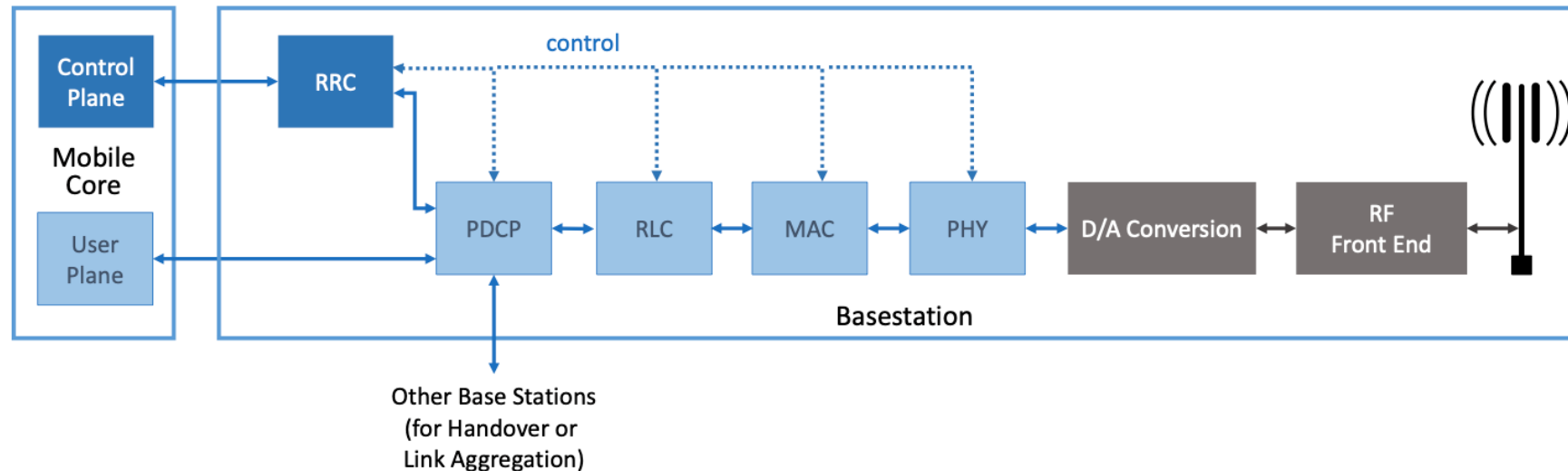
Une série d'applications de contrôle peut alors utiliser ces informations pour prendre des décisions optimales et transmettre des instructions de contrôle aux stations de base

- Application axée sur les transferts (handoffs)
- Application axée sur l'agrégation de liens
- Application axée sur l'équilibrage des charges
- Application axée sur la gestion des fréquences

Les contrôleurs SD-RAN exercent un contrôle en temps quasi réel sur les stations de base, et Il existe toujours un ordonnanceur à temps réel sur chaque station de base pour gérer la transmission des segments (comme les switches SDN).

□ SD-RAN : Pipeline de traitement

Une station de base intègre un pipeline de traitement des paquets fonctionnant. Les étages clés sont les suivants:

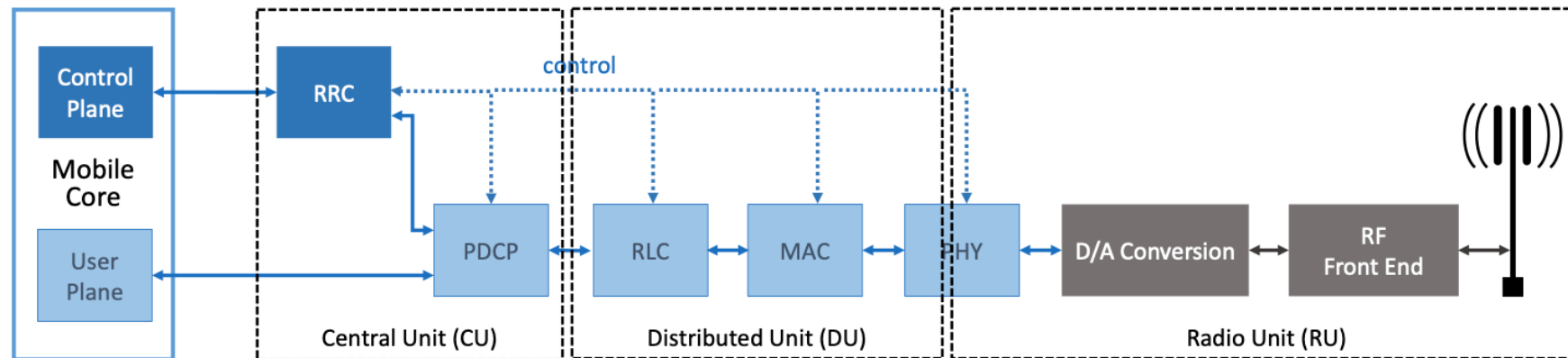


- **RRC** (Radio Resource Control): configuration des aspects liés à la politique du pipeline. Il ne traite pas les paquets sur le plan utilisateur.
- **PDCP** (Packet Data Convergence Protocol) : compression des en-têtes IP, du chiffrement et de l'intégrité, et de la prise d'une décision de forwarding.
- **RLC** (Radio Link Control) : segmentation et du réassemblage, y compris de la transmission/réception fiable de segments.
- **MAC** (Media Access Control) : mise en mémoire tampon, du multiplexage et du démultiplexage des segments.
- **PHY** (Physical Layer) : codage et de la modulation, y compris de la correction FEC (Forward Error Correction).

❑ SD-RAN : découpage du pipeline de traitement (Split RAN)

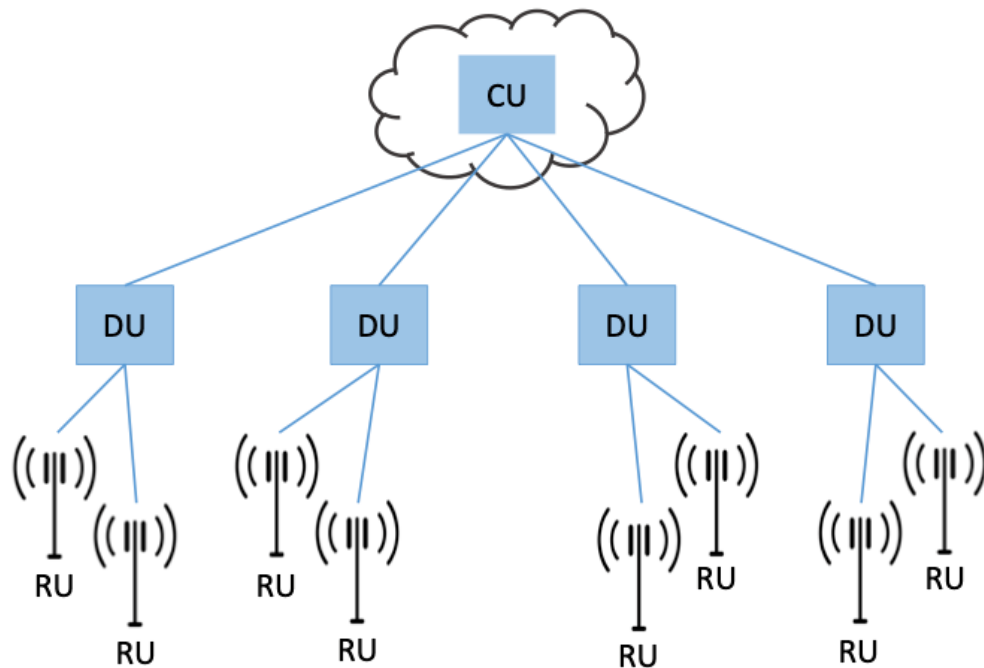
L'option historique a toujours été « pas de séparation », ce qui faisait que l'ensemble du pipeline s'exécutait entièrement dans la station de base.

Par la suite, la norme 3GPP a été étendue pour permettre plusieurs découpages du pipeline. Le découpage suivant est celui retenue par l'alliance O-RAN (Open RAN).



□ SD-RAN : découpage du pipeline de traitement (Split RAN)

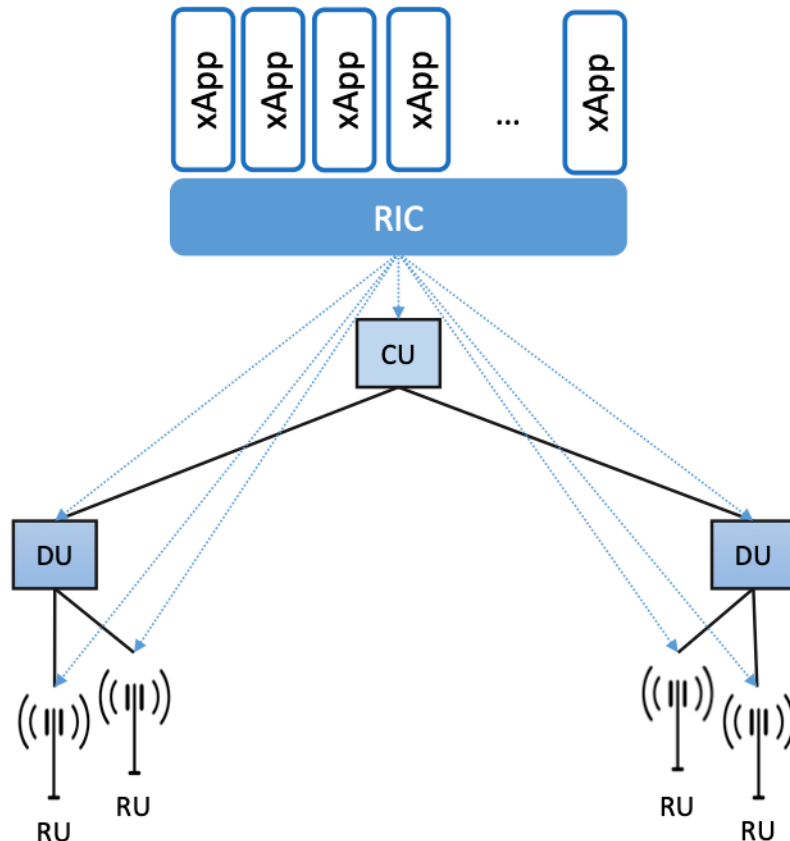
Dans la configuration du RAN, une seule unité centrale (CU) fonctionnant dans le cloud dessert plusieurs unités distribuées (DU), chacune d'entre elles desservant à son tour plusieurs unités radio (RU).



- Le RRC, placé dans la CU, n'est responsable que de la configuration en temps quasi réel et de la prise de décision en matière de contrôle.
- Tandis que l'ordonnanceur qui fait partie de l'étage MAC est responsable de toutes les décisions en matière de programmation en temps réel.
- Etant donné que les décisions de d'ordonnancement des transmissions radio sont prises par la couche MAC en temps réel, un DU doit être proche (à moins de 1 seconde) des RU qu'il gère.
- Une configuration familière consiste à installer une DU et une RU dans une station cellulaire. Cependant une seule DU est susceptible de desservir plusieurs RU dans le cas de petites cellules 5G comme celle de 24GHz mmWave.

❑ SD-RAN : RIC (RAN Intelligent Controller)

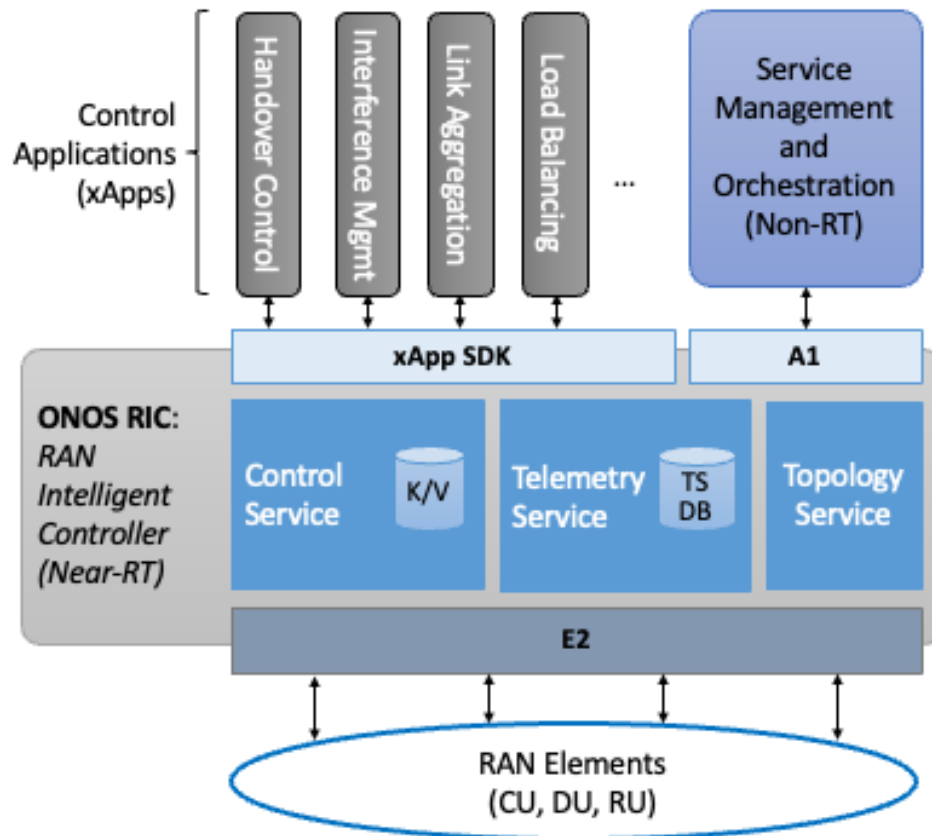
Le RRC représente le plan de contrôle du RAN. La configuration basée sur les CU s'inscrit naturellement dans le cadre du SDN en ce sens que les décisions de contrôle sont prises de manière centralisée. Il en résulte la conception d'un contrôleur intelligent RAN (RIC) ou contrôleur SDN centralisé.



- Le qualificatif « Near-Real Time » indique que le RIC fait partie d'une boucle de contrôle de 10 à 100 ms implémentée dans la CU.
- Par opposition à la boucle de contrôle d'environ 1 ms requise par l'orchestrateur MAC fonctionnant dans le DU.

□ SD-RAN : RIC basé sur ONOS

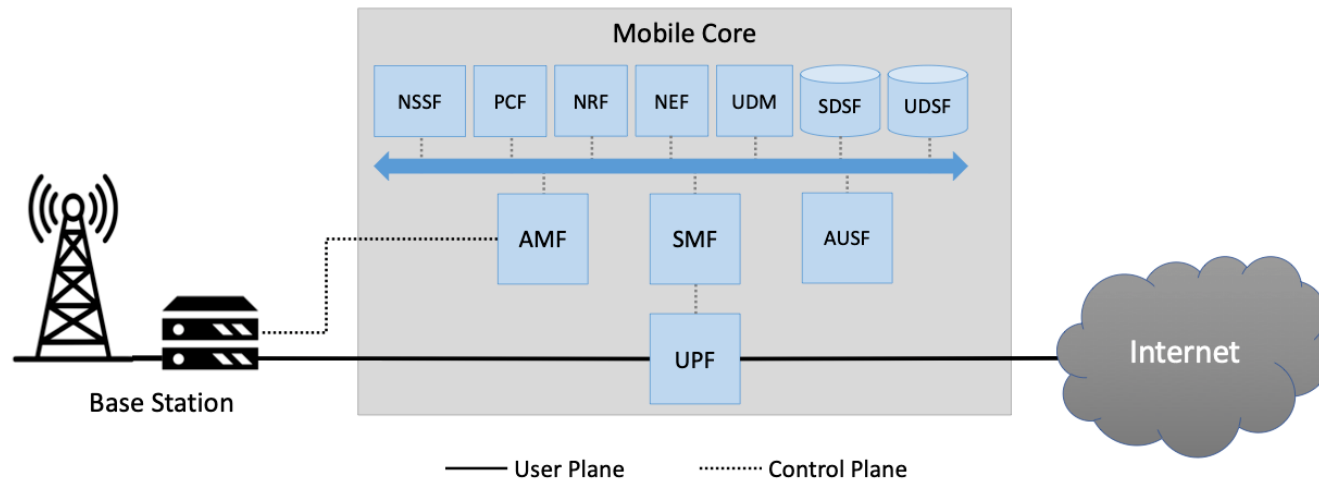
Le RIC basé sur ONOS supporte un ensemble d'interfaces nord et sud spécifiques au RAN. Il tire parti du service de topologie, mais il introduit également deux nouveaux services : Contrôle et Télémétrie.



- **Service de contrôle** : s'appuie sur le stockage de clés/valeurs, gère l'état de contrôle de toutes les stations de base et de tous les dispositifs d'utilisateur, ainsi que l'ensemble des « liaisons potentielles » qui pourraient connecter le dispositif.
- **Service de télémétrie** : s'appuie sur une base de données de séries temporelles (TSDB), suit toutes les informations relatives à la qualité de la liaison renvoyées par les éléments RAN. Diverses applications de contrôle analysent ensuite ces données pour prendre des décisions optimales sur la transmission des données sur le RAN.
- **Applications de contrôle (xApps)** : offrent un large éventail de possibilités : contrôle de l'agrégation de liens, gestion des interférences, équilibrage de la charge et contrôle du transfert (handover)...

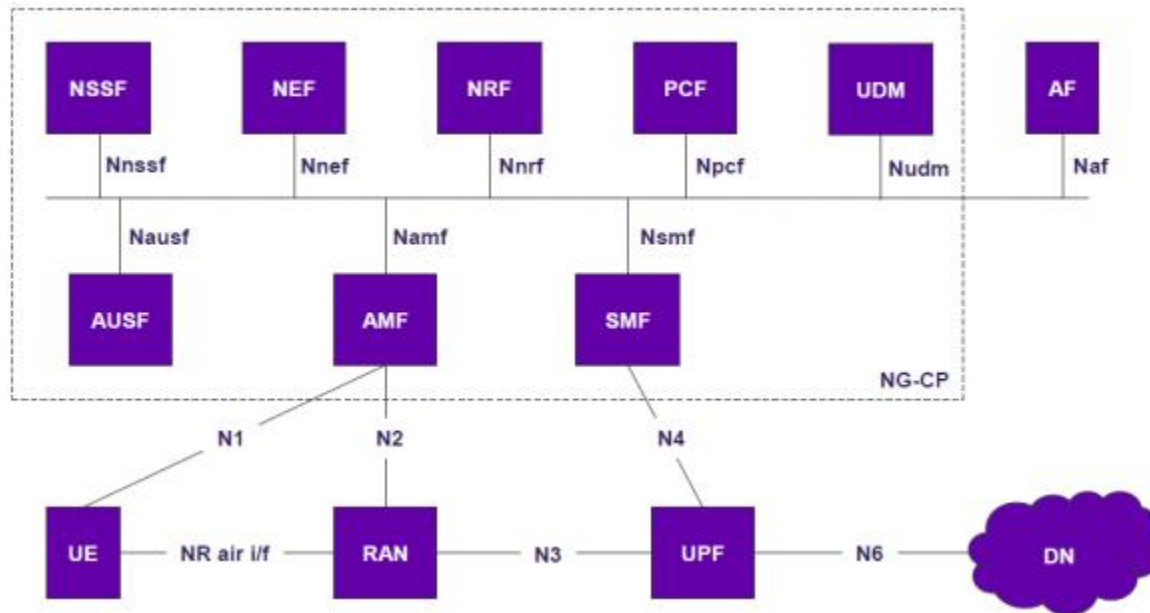
□ 5G Core

Le réseau 5G (5G System) se compose d'un accès Radio (NG-RAN : Next-Generation Radio Access Network) et d'un cœur réseau (5G Core). Ce dernier, qui permet la fonctionnalité avancée des réseaux 5G, est l'un des trois principaux composants du système 5G, également appelé 5GS (source).



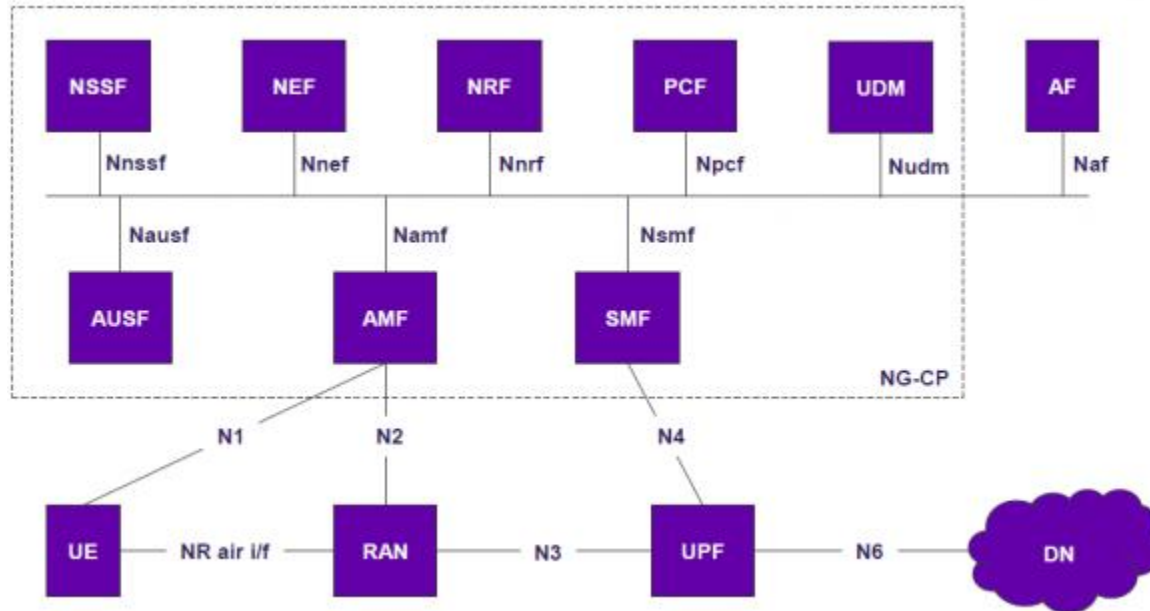
- **UPF (User Plane Function)** : prend en charge des fonctionnalités et des capacités pour faciliter le fonctionnement du plan utilisateur. Les exemples incluent : le routage et le transfert de paquets, l'interconnexion au réseau de données, l'application des politiques et la mise en mémoire tampon des données.
- **SBA (Services Based Architecture)** : consiste en une variété de fonctions de réseau qui sont autonomes, indépendantes et réutilisables. Il offre une élasticité et une évolutivité dynamiques du réseau, ce qui permet de répartir la capacité sur l'ensemble du réseau de manière très granulaire.

5G Core : SBA



- **AMF (Core Access and Mobility Management Function)** : ses tâches principales comprennent : la gestion des enregistrements, la gestion des connexions, la gestion de l'accessibilité, la gestion de la mobilité et diverses autres fonctions liées à la sécurité et à la gestion et à l'autorisation des accès.
- **NSSF (Network Slice Selection Function)** : est une entité permettant d'assister l'entité AMF de la sélection des instances logiques du réseau pour une tranche de réseau (slice) défini.
- **SMF (Session Management Function)** : est l'une des principales fonctions du cœur réseau. La SMF est principalement responsable de l'interaction avec le plan de données, de la création, modification et libération des sessions de PDU et de la gestion du contexte de session avec la fonction UPF.
- **AUSF (Authentication Server Function)** : est utilisé pour faciliter les processus de sécurité 5G.

5G Core : SBA

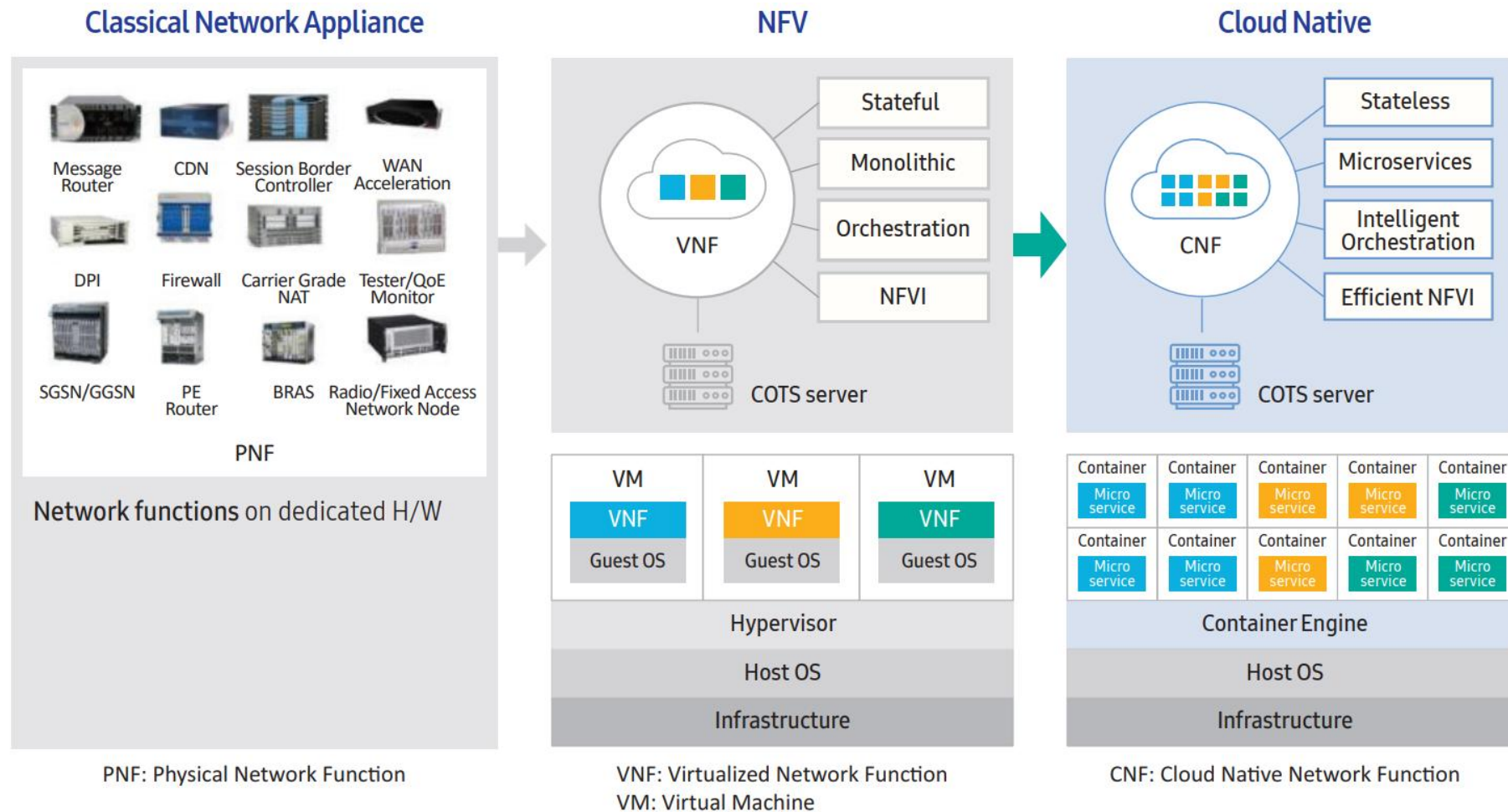


Découverte et gestion des services

- **NRF (Network Repository Function)** : maintient un référentiel actualisé de tous les éléments 5G. Prend en charge les mécanismes de découverte permettant aux éléments 5G de se découvrir mutuellement et d'obtenir le statut actualisé des éléments souhaités.
- **UDM (Unified Data Management)** : prend en charge l'ARPF (Authentication Credential Repository and Processing Function) et stocke les informations d'identification de sécurité à long terme utilisées dans l'authentification pour AKA. De plus, il stocke les informations d'abonnement.
- **PCF (Policy Control Function)** : prend en charge le cadre stratégique qui régit le comportement du réseau. Ce faisant, il fournit des règles de politique pour contrôler les fonctions du plan afin de les appliquer. Afin de faciliter cela, les informations d'abonnement sont collectées à partir de l'UDM.
- **AF (Application Function)** : est un élément logique du cadre PCC 3GPP qui fournit des informations liées à la session au PCRF à l'appui de la génération de règles PCC.

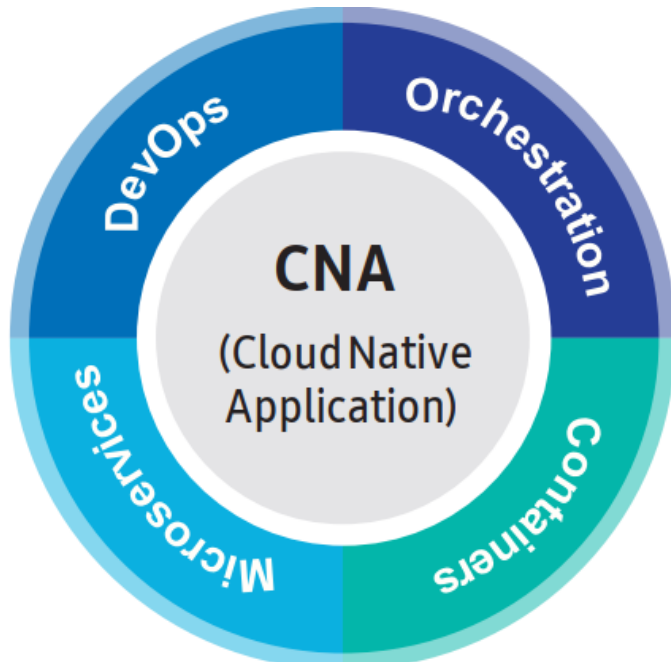
❑ Migration vers le Cloud Native 5G Core

A mesure que le cœur du réseau 5G évolue pour permettre une grande variété de services, ce dernier exploite davantage le concept de Cloud en migrant vers le Cloud Native 5G Core.



❑ Cloud Native 5G Core

Les services de télécommunications exigent des caractéristiques strictes en matière de performance et de fiabilité. Le Cloud Native 5G Core offre des capacités qui permettent au réseau de s'adapter à l'évolution des demandes et de prendre en charge de nouveaux services avec un minimum d'interactions requises par les équipes opérationnelles.

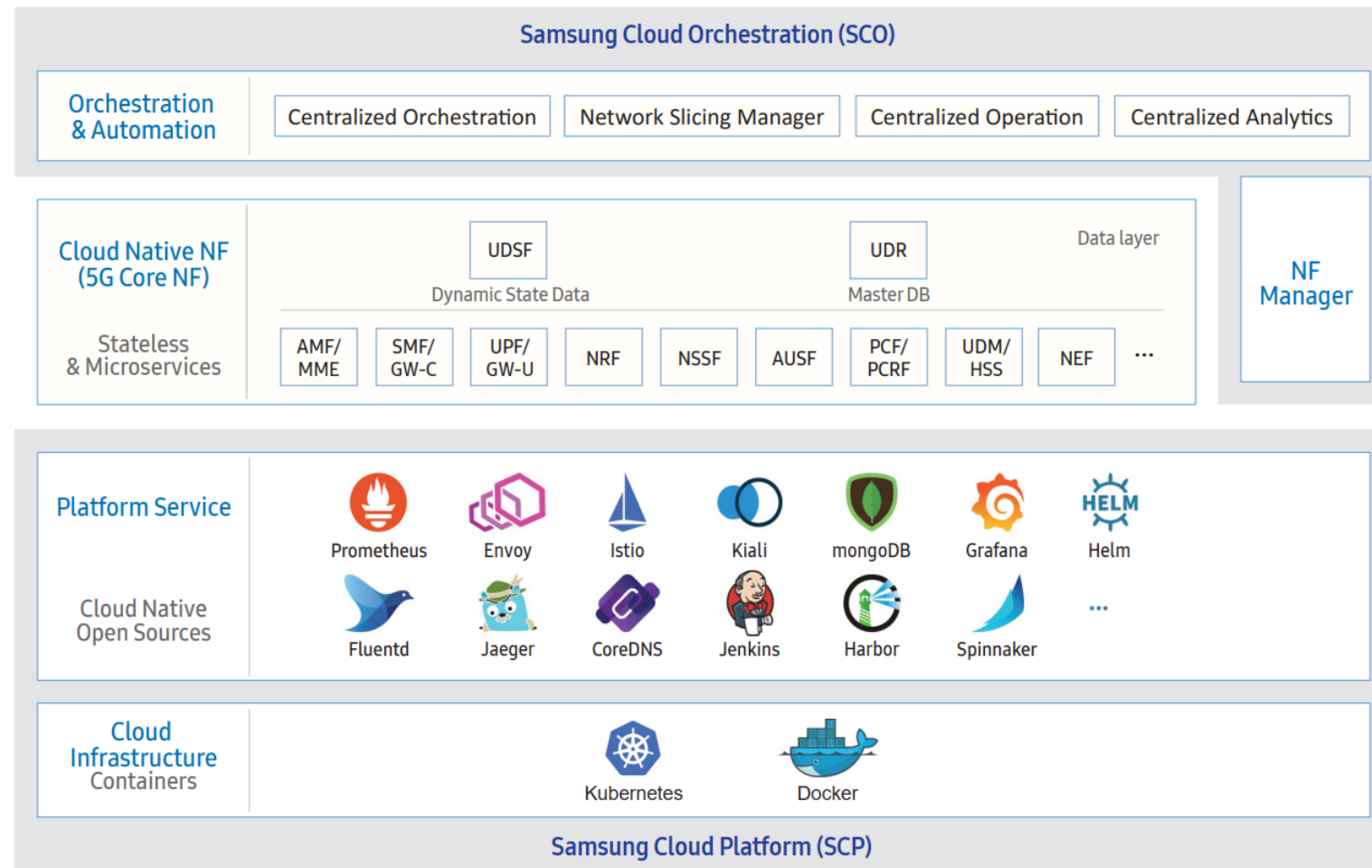


En général, l'approche « cloud native » consiste à créer et à exécuter des applications qui exploitent les avantages du modèle Cloud Computing.

- **Microservices** : une application Cloud Native (CNA) est développée sous forme de microservices faiblement couplés.
- **Conteneurs** : chaque microservice est conditionné dans un conteneur.
- **Orchestrateur** : planifie les conteneurs pour gérer efficacement les ressources du serveur et réduire coûts opérationnels.
- **DevOps** : les CNA nécessitent également un environnement DevOps.

❑ Cloud Native 5G Core : solutions open source

Selon la définition de la CNCF, Cloud Native signifie qu'une application est conteneurisée et utilise une pile de logiciels open source.



❑ Cloud Native 5G Core : solutions open source

La 5G Core utilise des technologies open source pour fournir des solutions très stables qui offrent la haute fiabilité requise pour les applications des opérateurs de réseau.

Grafana

Metric analytics & visualization



- Basic and customer metrics
- Abnormality in metrics

Jaeger

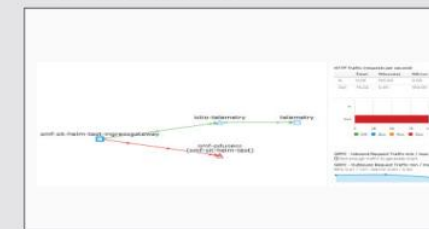
E2E distributed tracing



- Analyzing packet inspection functions as messages
- Error and delay in trace

Kiali

Visualization for service mesh



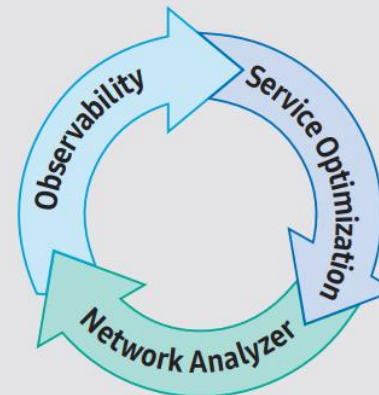
- Visualizing service mesh topology
- Errors in service mesh

Skydive

Real time network analyzer



- Capturing network topology and flows
- Packet loss, congestion points



Kibana

Data visualization dashboard for elastic search



- Easy handling of large volumes of data
- Errors, alerts from the log

❑ Cloud Native 5G Core : CI/CD

Le Cloud Native 5G Core comprend un processus CI/CD en appui des activités DevOps qui permettent des mises à jour et des récupérations (lors d'une panne) rapides des fonctions du noyau 5G.

