

Le Réseau Coeur 5G

EFORT

<http://www.efort.fr>

1. Introduction

L'augmentation du nombre d'applications, leur diversification ainsi que l'amélioration de la qualité des réseaux mobiles ont conduit à l'augmentation de la demande, à l'apparition de nouveaux usages (objets connectés, drones, etc...) et de nouveaux utilisateurs.

La 5G se situe au carrefour de ces nouveaux usages ; elle ambitionne de répondre mieux et simultanément à cette grande variété de besoins et ces nouvelles demandes, via une technologie unifiée qui prend en compte, dès sa conception, cette diversité.

Trois grandes catégories d'usages, avec leurs exigences respectives et potentiellement incompatibles entre elles, sont en train d'émerger et permettraient de répondre aux besoins métier :

1. mMTC – Massive Machine Type Communications : communications entre une grande quantité d'objets avec des besoins de qualité de service variés. L'objectif de cette catégorie est de répondre à l'augmentation exponentielle de la densité d'objets connectés ;
2. eMBB – Enhanced Mobile Broadband : connexion en ultra haut débit en outdoor et en indoor avec uniformité de la qualité de service, même en bordure de cellule ;
3. uRLLC – Ultra-reliable and Low Latency Communications : communications ultra-fiables pour les besoins critiques avec une très faible latence, pour une réactivité accrue.

Le but de ce tutoriel est de décrire le réseau cœur 5G appelé NGCN (Next Generation Core Network) ou 5GC (5G Core Network).

2. Système 5G

Le système 5G doit supporter toutes les capacités EPS avec les exceptions suivantes :

- SR-VCC et/ou CS-Fallback : Aucune mobilité ne peut être assurée entre le domaine 5G avec le domaine circuit
- handover entre 5G-RAN et GERAN (2G) ou entre 5G-RAN et UTRAN (3G) : Les seules mobilités possibles sont entre les radio 4G, 5G et WiFi.
- Accès au réseau cœur 5G via GERAN ou UTRAN : Le réseau cœur 5G n'offre d'interface qu'aux accès 4G, 5G et WiFi.

Le système 5G ne supporte donc que trois types d'accès : E-UTRAN, WLAN et NR (New Radio)

La voix est mise à œuvre via l'IMS et la mobilité ne peut être que paquet-paquet.

La figure 1 montre l'architecture de haut niveau qui peut être utilisée comme modèle de référence. La figure montre les éléments NextGen UE, NextGen RAN (Réseau d'accès), NextGen Core (Réseau cœur) et leurs points de référence.

N2: Point de référence pour le plan de contrôle entre NextGen (R)AN et NextGen Core (NGCN)

N3: Point de référence pour le plan usager entre NextGen (R)AN et NextGen Core.

N1: Point de référence pour le plan de contrôle entre NextGen UE et NextGen Core.

N6: Il s'agit du point de référence entre NextGen Core et le réseau de données (PDN, Packet data Network). Le réseau de données peut être un réseau de données public ou privé externe d'opérateur ou un réseau de données intra-opérateur, e.g., pour la fourniture de services IMS. Ce point de référence correspond à SGi dans le contexte 4G.

Les principes d'architecture sont les suivants :

- L'UE peut être rattaché au réseau sans avoir de session établie pour la transmission de données (important notamment pour les devices IoT).

- L'UE ne peut dialoguer avec le 5GC que si l'UE supporte le protocole NAS (Non-Access Stratum) N1.
- Les RANs (Radio Access Networks) ne peuvent dialoguer avec le réseau cœur 5G appelé NGCN ou 5GC que s'il supportent les interfaces N2 (Plan contrôle) et N3 (Plan usager). Les seules radio autorisées à s'interfacer au 5GC sont LTE et ses évolutions (LTE-Advanced, LTE-Advanced Pro), New Radio basée sur les évolutions futures LTE et mmWave et enfin WiFi (aussi bien WiFi trusted que WiFi untrusted). Dans le cas de l'accès WiFi untrusted, un élément d'interfonctionnement a été spécifié appelé N3IWF (Non-3GPP Interworking Function).
- Le réseau 5GC donne accès à des réseaux externes IP (e.g., Internet, Intranet, IMS) appelées Data Networks.

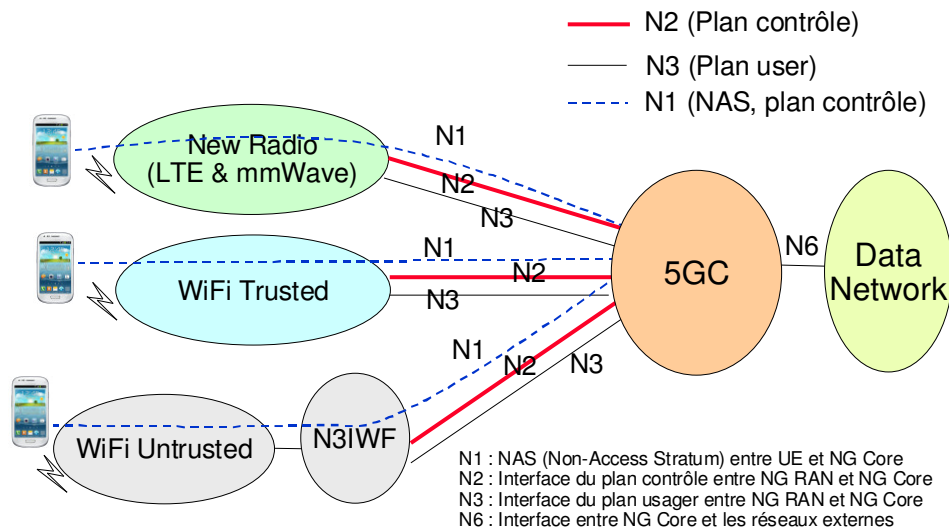


Figure 1 : Architecture 5GC

Le nouveau RAN est constitué des noeuds logiques suivants:

- gNBs comme nouveaux eNodeBs radio.
 - ng-eNB est une évolution d'eNB qui prend en charge la connectivité à EPC et 5GC.
- gNB fournit les terminaisons de protocole des plans Usager et Contrôle New Radio (NR) vers l'UE;

eLTE eNBs fournit les terminaisons de protocole des plans Usager et Contrôle E-UTRA vers l'UE

L'interface du plan de contrôle entre gNB ou ng-eNB et le 5GC est appelée N2 et est basée sur le protocole NG-AP qui s'appuie sur un transport SCTP sur IP.

L'interface du plan utilisateur entre gNB ou ng-eNB et le 5GC est appelée N3 et est basée sur le protocole GTP-U qui s'appuie sur un transport UDP sur IP.

L'interface Xn permet la mobilité en mode actif entre les gNBs et les gNBs et les ng-eNBs. Xn utilise le protocole Xn/AP sur un transport SCTP/IP pour le plan contrôle et le protocole GTP-U sur un transport UDP/IP pour le plan usager comme indiqué à la figure 2.

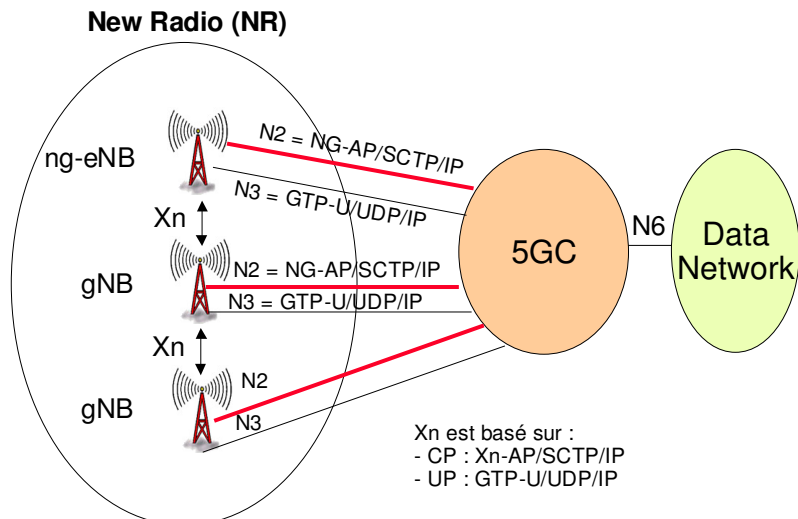


Figure 2 : Interfonctionnement entre New Radio (NR) et réseau cœur 5GC

Malgré la demande de l'industrie des télécommunications pour un réseau cœur de nouvelle génération multi-accès, et malgré les interfaces standard pour découpler le RAN et le réseau cœur, le déploiement du réseau cœur 5G est intimement lié à l'introduction de services sur la radio 5G.

Comme certains opérateurs ont un calendrier de déploiement de la New Radio agressif, ils cherchent à la déployer commercialement avant la disponibilité des spécifications 5G core network. Il existe deux manières de déployer la radio 5G : mode non-standalone (NSA) et mode standalone (SA) comme montré à la figure 3.

En mode NSA, la New Radio (connue comme gNodeB (gNB)) est colocalisée avec l'eNodeB (eNB) et se connecte au réseau cœur 4G (ePC) via l'interface S1-U pour le trafic du plan usager. Les communications du plan contrôle (e.g., pour MM et SM) entre l'UE et le réseau restent sur la radio LTE, et donc le réseau cœur 4G. Dans ce modèle, la radio 5G agit comme une radio secondaire donc le seul but est de booster le débit et la capacité. Cela ressemble à l'usage du License Assisted Access (LAA) et LTE-WiFi Aggregation (LWA) dans le contexte 4G. Cela ne requiert pas de réseau cœur 5G et représente une solution attractive pour certains opérateurs.

Pour déployer la 5G en mode SA, un réseau cœur 5G est requis. Certains opérateurs choisiront ce mode pour leur déploiement 5G initial notamment pour déployer des services uniquement 5G dans une aire géographiquement limitée sans interfonctionnement avec la 4G. A long terme, il y a un besoin d'intégration avec l'ePC afin de permettre la mobilité entre les accès 4G et 5G et l'intégration avec le RAN LTE évolué qui se connectera directement au réseau cœur 5G.

Sur le long terme, il est attendu que le réseau cœur 5G soit le réseau cœur commun pour tous les types d'accès. Ainsi l'investissement sera transféré de l'ePC au 5GC en ligne avec le taux de migration de la base de clients. Par ailleurs, afin de fournir des nouveaux services avancés, tels que ceux qui requièrent une mobilité élevée, une latence très courte et une indépendance par rapport à l'accès, l'opérateur devra déployer le 5GC.

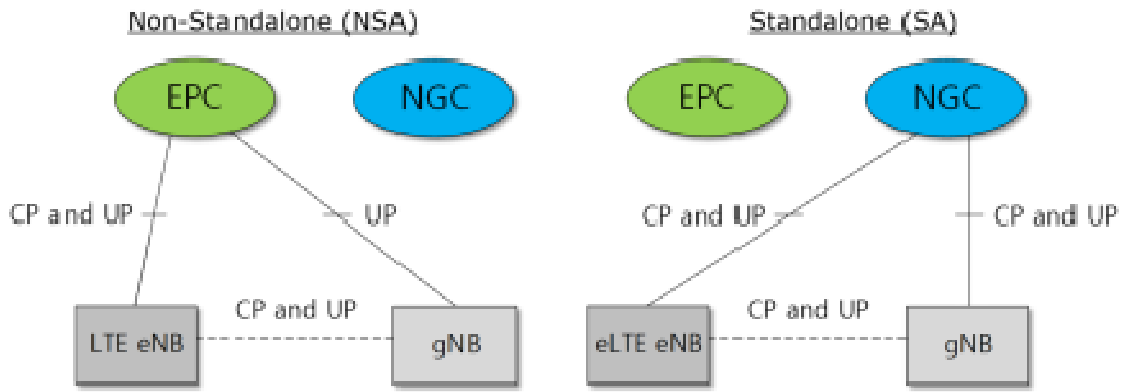
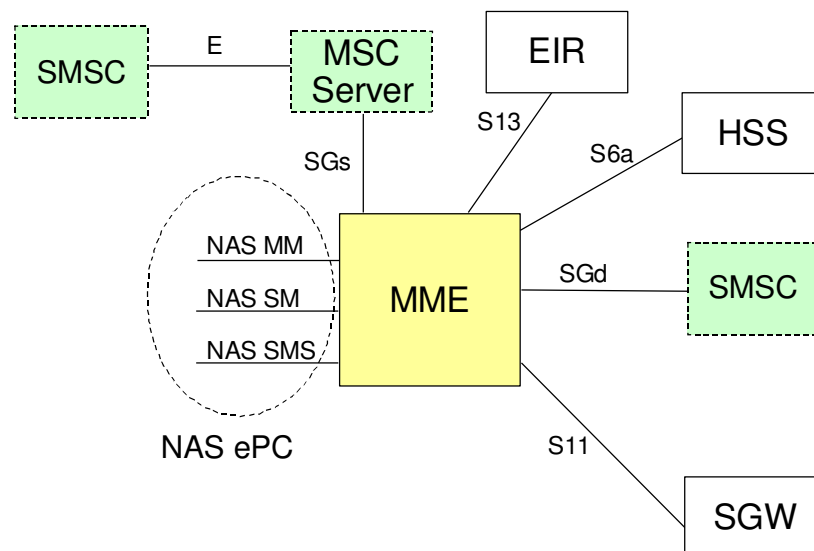


Figure 3 : Non-Standalone versus Standalone modes

3. Comparaison entre plan de contrôle ePC et plan de contrôle 5GC

EPC NAS est l'interface entre l'UE et le MME. Il est basé sur le protocole de signalisation NAS (Non Access Stratum).

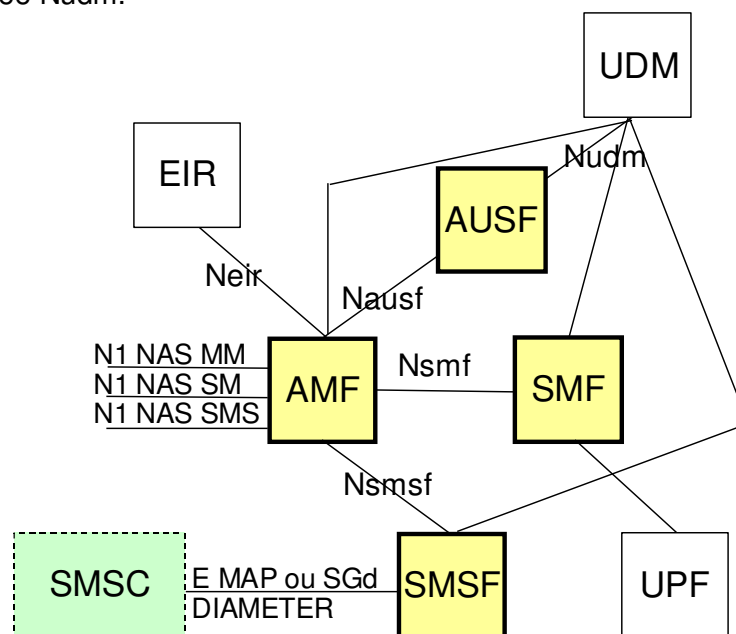
La figure décrit le transport NAS pour la signalisation MM, SM et SMS dans le réseau ePC. Dans le réseau ePC, le MME reçoit et traite les signaux NAS MM (gestion de la mobilité), SM (gestion de session) et SMS (service de messagerie courte). Pour le NAS SMS, le MME utilise l'interface DIAMETER SGd pour envoyer et recevoir des SMS directement vers / depuis SMSC. Le MME peut aussi utiliser l'interface SGs et relayer le SMS au MSC Server. Pour les procédures MM nécessitant une authentification UE, MME interagit avec le HSS via l'interface DIAMETER S6a pour obtenir les vecteurs d'authentification et effectuer l'authentification de l'UE. Par ailleurs le MME vérifie l'IMEI de l'UE auprès de l'EIR via l'interface DIAMETER S13.



Les interfaces S6a, S13, SGd sont basées sur DIAMETER
 L'interface E s'appuie sur MAP
 L'interface SGs est basée sur SGS-AP.
 L'interface S11 est basée sur GTPv2-C.

Figure 4 : Fonction MME dans le réseau EPC

Dans le contexte 5GC, la fonction AMF (Core Access and Mobility Management Function) termine l'interface NAS N1 avec l'UE, reçoit / transmet toute la signalisation NAS de / vers l'UE. D'autre part, elle ne traite directement que la signalisation NAS MM et transmet la signalisation NAS SM à la fonction SMF (Session Management Function) et la signalisation NAS SMS à la fonction SMSF (Short Message Service Function). De plus, toute signalisation NAS MM liée à l'authentification UE est transmise à la fonction AUSF (Authentication Server Function). L'AUSF est la fonction qui obtient des vecteurs d'authentification à partir de l'UDM (Unified Data Management Function, base de données globale) et a la capacité de réaliser l'authentification de l'UE. L'AMF s'interface avec la fonction EIR pour vérifier l'identité IMEI. Chaque fonction de réseau du plan contrôle fournit une interface de service unique dans son rôle de fonction réseau serveur qui peut être invoquée par des fonctions réseau clientes si elles sont autorisées par la fonction réseau serveur. A titre d'exemple, la fonction UDM autorise les fonctions AUSF, AMF, SMF et SMSF à utiliser les services qu'elle propose via son interface de service appelée Nudm.



Authentication Server Function (AUSF)
 Core Access and Mobility Management Function (AMF)
 Session Management Function (SMF)
 User plane Function (UPF)
 Short Message Service Function (SMSF)

Figure 5 : Correspondance de la fonction MME dans le réseau 5GC

En 4G, via CUPS (Control and User Plane Separation), il est possible de décomposer les plans contrôle et plan usager des SGW (Serving Gateway) et PGW (PDN Gateway). Le SGW devient SGW-C sur le plan contrôle et SGW-U sur le plan usager. Le PGW devient le PGW-C sur le plan contrôle et le PGW-U sur le plan usager.

En 5G, SMF/UPF correspond en 4G à SGW-C / SGW-U et PGW-C / PGW-U (Figure 6). La SMF doit obtenir des règles de gating et de QoS de la fonction PCF (Policy Control Function) et des crédits de la fonction CHF (Charging Function).

Lorsque l'UE établit une session PDU (connectivité PDN), la fonction SMF reçoit la demande via l'AMF et invoque l'UDM afin d'obtenir des informations relatives à la DNN (APN) que l'UE doit activer.

En 5G, les politiques sont stockées dans l'UDR, alors qu'en 4G, elles sont stockées dans une SPR.

La fonction AF peut utiliser l'interface PCF pour demander la mise en oeuvre de la qualité de service pour un flux IP donné (e.g., VoIP).

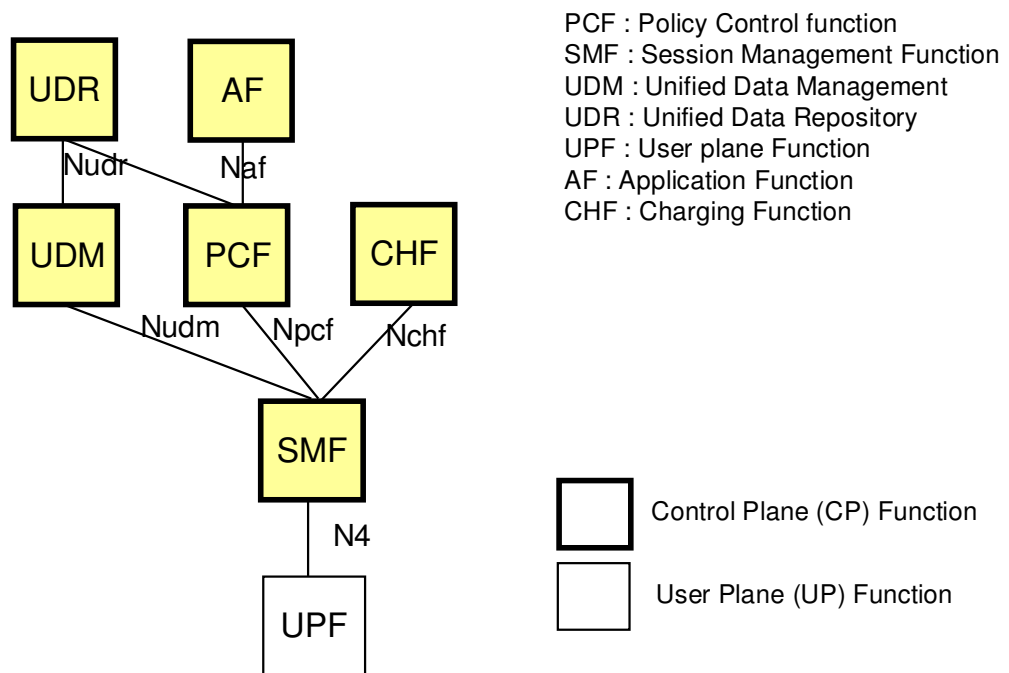


Figure 6 : Correspondance de la fonction SGW/PGW dans le réseau 5G

4. Principes et concepts de haut niveau 5GC

L'architecture du système 5G est définie pour prendre en charge la connectivité de données et les services permettant aux déploiements d'utiliser des techniques telles que NFV et SDN. Certains principes et concepts clés sont les suivants:

- Séparer les fonctions du plan usager (UP) de celles du plan contrôle (CP) ce qui permet une scalabilité, une évolution et un déploiement flexibles. Le plan contrôle configure dynamiquement le plan usager afin de fournir la fonctionnalité de prise en charge du trafic nécessaire pour une session de données.
- Concevoir des fonction réseau très modulaires, e.g., pour permettre un découpage de réseau flexible et efficace.
- Définir les procédures (c'est-à-dire l'ensemble des interactions entre les fonctions de réseau) en tant que services : procédure d'enregistrement, d'établissement de connectivité, de changement de localisation, de désenregistrement, etc.
- Minimiser les dépendances entre le réseau d'accès (AN) et le réseau cœur (CN), l'architecture étant définie avec un réseau cœur agnostique à l'accès avec une interface AN-CN commune qui intègre différents types d'accès 3GPP et non-3GPP. En définissant un protocole NAS commun à tous les accès et une interface RAN-CN commune à tout type d'accès, le réseau cœur est défini comme étant commun à tous les accès. Les interfaces N1, N2 et N3 qui sont communes aux accès 3GPP et non-3GPP sont utilisées.
- Supporter un cadre d'authentification unifié.
- Supporter des fonctions réseau «sans état», où la ressource «compute» est découplée de la ressource «storage».
- Supporter l'exposition des capacités de services réseau

- Supporter l'accès simultané aux services locaux et aux services centralisés. Pour prendre en charge les services qui requièrent une latence faible et l'accès aux réseaux de données locaux, les fonctions UP peuvent être déployées proches du réseau d'accès.

5. Fonctions réseau 5GC et leur interface de service

L'architecture 5GC consiste en les fonctions réseau (NF, Network Function) suivantes.

- Authentication Server Function (AUSF) : Traite l'authentification de l'UE
- Core Access and Mobility Management Function (AMF) : Traite la gestion de la mobilité de l'UE
- Network Exposure Function (NEF) : Offre une API de service au monde externe.
- Policy Control Function (PCF) : Traite la gestion de tout type de politique applicable à l'UE (politique de gestion de mobilité, gestion de QoS, gestion de sélection de la technologie d'accès, etc.)
- Charging Function (CHF) : met en oeuvre les fonctionnalités de taxation online et offline.
- Session Management Function (SMF) : traite la gestion de session de l'UE.
- Short Message Service Function (SMSF) : traite les SMS entrants et sortants de l'UE.
- Unified Data Management (UDM) : Sert d'interface à l'ensemble des fonctions de réseau qui nécessitent accéder aux données de souscription de l'UE.
- Unified Data Repository (UDR) : Représente la base de données de stockage de l'ensemble des données relatives à l'UE. C'est la base de données qui stocke les données de souscription de l'UE, les politiques associées à l'UE, etc.
- User plane Function (UPF) : traite les flux du plan usager sortant et entrants de l'UE
- Application Function (AF) :
- Equipment Identity Register (EIR) : Permet la vérification du statut de l'identité du terminal
- NF Repository Function (NRF) : Fournit les informations permettant à une fonction réseau cliente d'interagir avec une fonction réseau serveur.
- Network Slice Selection Function (NSSF) : Permet d'identifier la fonction AMF appropriée pour la prise en charge de la gestion de la mobilité de l'UE.

Dans le système 5G, il est prévu que les fonctions de réseau 5G Control Plane (NF) présentent leur fonctionnalité par des interfaces basées sur le service sous forme d'APIs que les autres fonctions réseau peuvent invoquer si elles y sont autorisées.

La principale différence dans l'architecture basée sur le service est dans le plan de contrôle où, au lieu d'interfaces prédéfinies entre les éléments, un modèle de service est utilisé dans lequel les fonctions réseau interrogent une NF Repository Function (NRF) pour découvrir et communiquer les unes avec les autres sur les APIs de service qu'elles offrent. Ceci est attrayant pour les opérateurs qui souhaitent une flexibilité et une adaptabilité.

L'architecture 5GC contient les interfaces de service suivantes:

- Namf: Interface basée sur le service présentée par la fonction AMF.
- Nsmf: Interface basée sur le service présentée par la fonction SMF.
- Nnef: Interface basée sur le service présentée par la fonction NEF.
- Npcf: Interface basée sur le service présentée par la fonction PCF.
- Nudm: interface basée sur le service présentée par la fonction UDM.
- Naf: Interface basée sur le service présentée par la fonction AF.
- Nnrf: interface basée sur le service présentée par la fonction NRF.
- Nnssf: Interface basée sur le service présentée par la fonction NSSF.
- Nausf: Interface basée sur le service présentée par la fonction AUSF.
- Nudr: Interface basée sur le service exposée par la fonction UDR.
- Nudsf: Interface basée sur le service présentée par la fonction UDSF.
- Nch : interface basée sur le service présentée par les fonctions de taxation
- Neir: Interface basée sur le service présentée par la fonction EIR.

Les interfaces N1, N2, et N3 sont génériques entre tout type d'accès et le réseau 5GC. L'interface N4 se situe entre une fonction du plan contrôle, i.e., SMF et une fonction du plan usager (i.e., UPF) et utilise le protocole PFCP (Packet Forwarding Control Protocol). L'interface N6 est entre l'UPF et les réseaux externes appelés DN (Data Networks). Certaines fonctions sont communes (e.g. AMF, UDM) et d'autres sont spécifiques à un slice de réseau (e.g., SMF, UPF, PCF), un slice de réseau étant une instance de réseau qui prend en charge un cas d'usage particulier présenté en introduction tel que eMBB, mMTC ou uRLLC.

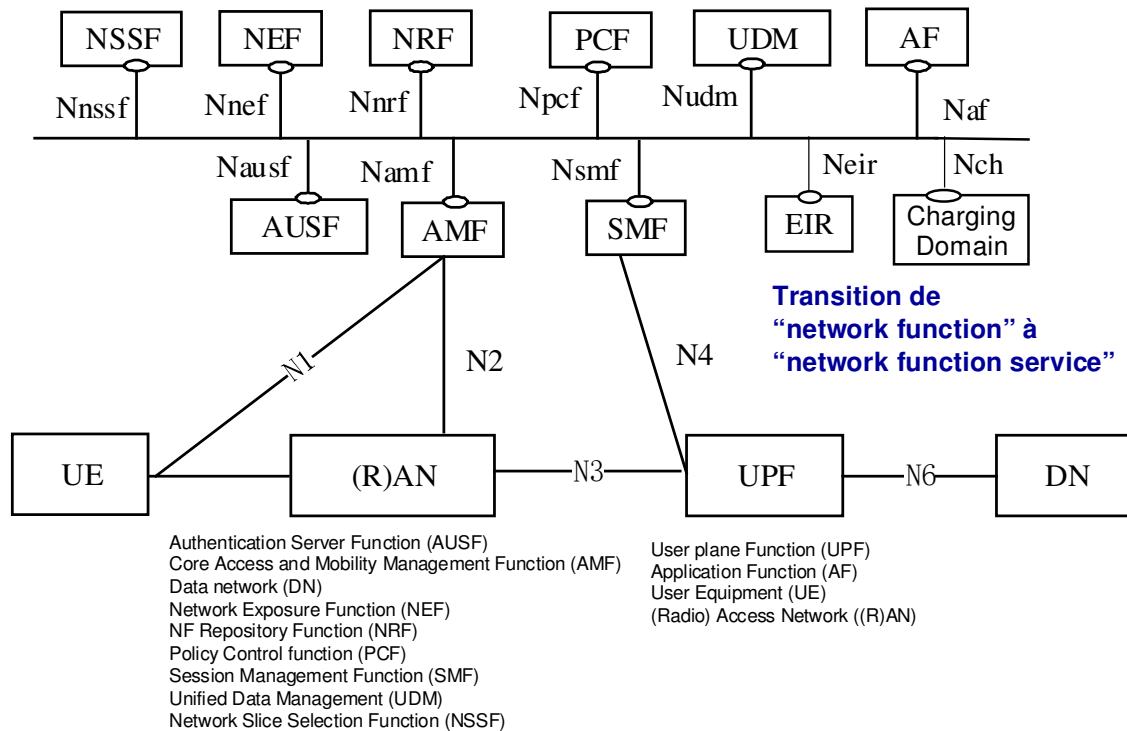


Figure 7 : Fonctions réseau 5GC et leur interface de service

La formation EFORT « Evolution du réseau cœur mobile vers la 5G » fournit toutes les clés de compréhension sur le réseau cœur 5G avec ses cas d'usage, son architecture, ses procédures appelées services, sa mise en œuvre en utilisant NFV, etc.

<https://www.efort.fr/formations/r%C3%A9seau-coeur-paquet-mobile-5g-%3A-5gc>

Références

TS 23.501, System Architecture for the 5G System; Stage 2; (Release 15)

TS 23.502, Procedures for the 5G System; Stage 2; (Release 15)

TS 29.244, Interface between the Control Plane and the User Plane of EPC Nodes; Stage 3 (Release 14)