

# Slicing de réseau de bout en bout dans le système 5G

EFORT

<http://www.efort.com>

## 1. Introduction

L'un des principaux avantages de la 5G est la capacité de fournir une qualité de service (QoS) dédiée et différenciée à différents groupes d'utilisateurs et d'applications sur la même infrastructure de réseau, en utilisant le concept de slicing de réseau à la demande. Avec des cas d'usage classés dans les catégories eMBB (enhanced mobile broadband), uRLLC (ultra reliable low latency communication) et mMTC (massive machine type communication), les fournisseurs de services de communication peuvent monétiser la 5G au moyen de network-as-a-service avec une QoS/SLA différenciés requis par les entreprises et l'industrie.

Le fournisseur de services pour chaque instance de slice de réseau (network-as-a-service) aura besoin de toutes les fonctionnalités avancées de surveillance des SLA pour fournir l'état des SLA en temps réel, les rapports SLA mensuels et le portail SLA client. Il s'agit également de prédire les non-respects de SLA avant qu'ils ne se produisent réellement et de réagir au problème afin que l'utilisateur final ne soit pas affecté. Il est important de prendre en compte la «gestion des SLA dès la conception», autrement dit, «SLA management by design» ce qui signifie que la gestion des SLA doit faire partie de la conception d'une instance de slice de réseau.

L'objectif de ce tutoriel est d'expliquer ce qu'est une instance de slice de réseau, ce que signifie le SLA associé à une instance de slice de réseau et les outils nécessaires pour surveiller les indicateurs de performance clés.

## 2. Définition de slice de réseau

La 5G est un réseau de réseaux appelés slices : eMBB, URLLC et mMTC.

Une description succincte de slice de réseau peut être proposée comme suit: eMBB prend en charge des connexions disposant de débits très élevés; mMTC prend en charge un grand nombre de devices IoT (Internet des objets), qui ne sont actifs que sporadiquement et envoient des petits volumes de données; uRLLC prend en charge les transmissions de données à faible latence, à plus ou moins haut débit, avec une très grande fiabilité.

Le fournisseur de services 5G propose une instance de slice de réseau en tant que network-as-a-service pour le marché des entreprises avec une qualité de service dédiée et différenciée. L'instance de slice de réseau est personnalisée en fonction des exigences spécifiques associées à un SLA convenu entre le client du slice de réseau et le fournisseur de slice de réseau.

Un fournisseur de service devient un fournisseur cloud telco pour offrir le network-as-a-service avec un SLA différencié.

Un grand nombre d'indicateurs clés de performance liés à chaque instance de slice de réseau sont mesurés par une fonction du réseau 5G appelée NWDAF (Network Data Analytics Function).

La 5G est complexe à déployer. 1ère étape : mode NSA où la radio 5G s'interface avec le réseau cœur 4G pour gérer principalement le cas d'usage eMBB. 2ème étape ; Mode SA où la radio 5G s'interface avec le réseau cœur 5G pour gérer tous les cas d'usage et le slicing de réseau.

Un slice de réseau peut s'étendre sur plusieurs domaines de réseau utilisés par un fournisseur de service (e.g., réseau d'accès, réseau cœur et réseau de transport). Un slice de réseau se compose de ressources dédiées et/ou partagées, e.g., en termes de

fonctionnalités, de puissance de calcul, de stockage et de bande passante. Les ressources dédiées peuvent être isolées des autres slices de réseau.

- Instance de slice de réseau: instance de bout en bout d'un slice de réseau qui est instanciée dans le réseau du fournisseur de service pour un client et un type de service spécifiques.
- Transport Slice : il est également appelé Transport Sub-Slice. Un ensemble de connexions entre diverses fonctions réseau avec des SLA déterministes (le transport slice assure le transport au niveau du fronthaul, midhaul et backhaul).
- RAN Slice : Il est également appelé RAN Sub-Slice. Le contexte et la personnalisation créés sur le réseau RAN fonctionnent pour chaque slice de réseau de bout en bout.
- Core Network Slice : il est également appelé Core Network Sub-Slice. Le contexte et la personnalisation créés sur les fonctions de réseau cœur (CN, Core Network) pour chaque slice de réseau de bout en bout.

**Les aspects de gestion du slice de réseau consistent en quatre phases : Préparation, mise en service (Commissioning), exploitation (Operation), mise hors service (Decommissioning).**

Dans la phase de préparation, l'instance de slice de réseau n'existe pas. La phase de préparation comprend la conception des slices de réseau, la planification de la capacité des slices de réseau, l'intégration et l'évaluation des fonctions du réseau, la préparation de l'environnement réseau et d'autres préparations nécessaires à effectuer avant la création d'une instance de slice de réseau.

Dans la phase de mise en service, l'instanciation et la configuration du slice de réseau sont effectuées.

En phase d'exploitation, l'instance de slice de réseau est activée et son état est observé, et les analyses garantissent que les SLA sont respectés.

La phase de mise hors service implique la suppression d'une instance de slice réseau lorsqu'elle n'est plus utilisée.

La figure 1 présente trois instances de slice de réseau de bout en bout (lignes rouges, vertes et bleues). Chaque instance de slice de réseau de bout en bout se compose d'un slice de réseau d'accès (RAN), d'un slice de réseau de transport et d'un slice de réseau cœur.

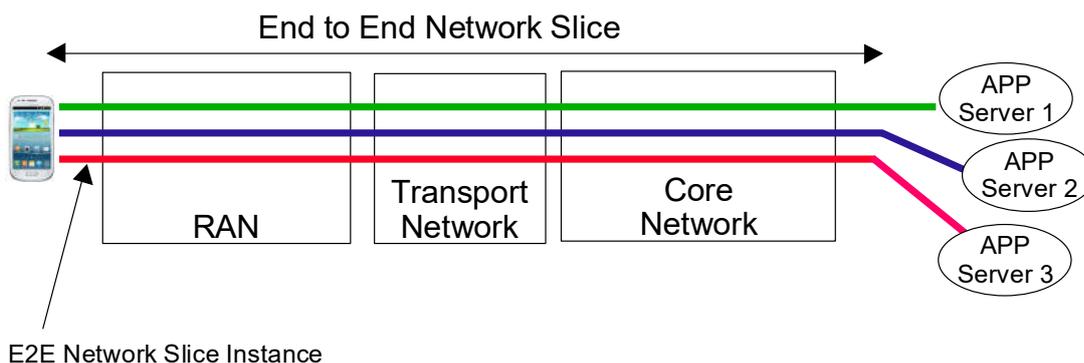


Figure 1 : Instance de slice de réseau de bout en bout

## 2.1. Point clé

Les réseaux de données mobiles fonctionnent en mode connecté. L'objectif est d'obtenir une connexion de données associée à une adresse IP pour accéder à ses applications.

La configuration (QoS, type d'adresse IP, etc.) de la connexion de données est associée à l'APN (Access Point Name). En règle générale, un utilisateur eMBB a besoin de deux connexions de données : une pour accéder à Internet (APN Internet) et une autre pour accéder à l'IMS (APN IMS).

En 4G, un UE active un APN et ouvre une connexion de données; une adresse IP est attribuée à l'UE. L'UE peut alors échanger ses flux de données.

En 5G, un UE active un APN (DNN) dans une instance de slice de réseau (S-NSSAI) et ouvre une connexion de données (Session PDU).

L'objectif du fournisseur de services est de fournir la connexion de données la plus appropriée qui réponde aux exigences de flux de données (débit, latence, mobilité, redondance pour une livraison fiable, sécurité, etc.).

Une instance de slice de réseau consiste en de multiples connexions de données (sessions PDU) avec un comportement approprié conforme aux caractéristiques des flux de données usager transportés sur la connexion de données.

Pour le slice mMTC, il existe de nombreux types de connexions de données qui peuvent être établis : Type Non-IP, type IP, connexion de données sur le plan usager, connexion de données sur le plan contrôle, etc.

Lorsqu'une instance de slice de réseau mMTC est créée, en fonction des exigences du client, le ou les types de connexion de données les plus appropriés seront pris en charge par cette instance de slice.

Une instance de slice de réseau est une instance de réseau personnalisée pour un usage particulier. Tout n'est que CONNEXIONS DE DONNEES avec le comportement approprié !

## 2.2. Session PDU dans une instance de slice de réseau

Une session PDU est une connexion de données établie dans une instance de slice de réseau.

Une session PDU transporte des flux de données. Chaque flux de données est caractérisé par une QoS donnée.

Un utilisateur haut débit avec un smartphone peut établir deux sessions PDU dans une instance de slice de réseau eMBB : Une session PDU pour accéder aux applications Internet et une session PDU pour accéder aux services IMS (par exemple, SMS sur IP et VoIP) (Figure 2).

La session PDU Internet gère tous les flux Internet qui partagent tous la même qualité de service de type best effort.

La session PDU IMS gère le flux de signalisation SIP et le flux multimédia VoIP chacun avec sa propre QoS. La QoS SIP est interactive, la QoS VoIP est de type audio conversationnel.

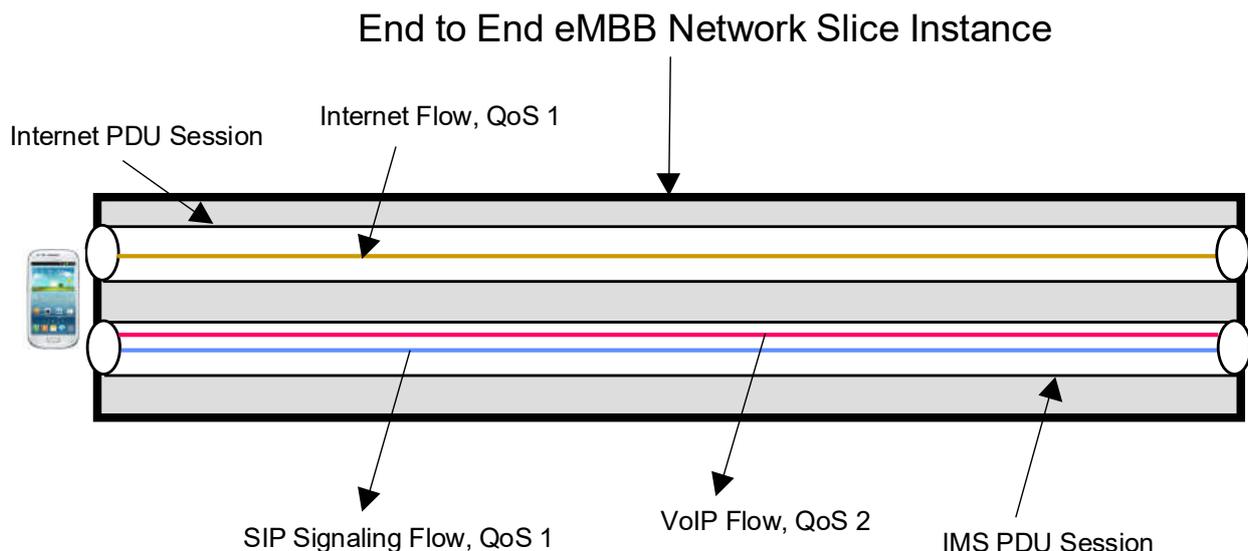


Figure 2 : Instance de slice de réseau eMBB avec deux sessions PDU par UE

## 2.3. Exemple de slice de réseau eMBB

Un constructeur automobile souhaite promouvoir un forfait très haut débit via un routeur mobile WiFi associé à chaque véhicule vendu.

Le constructeur automobile obtient une instance de slice de réseau eMBB pour gérer les connectivités très haut débit des véhicules disposant du forfait. Il s'agit d'un business model de type B2B2C.

Cette instance de slice de réseau est dimensionnée pour 1 million de véhicules, une connectivité de données par véhicule avec un débit maximum de 100 Mbit/s DL et 50 Mbit/s UL, avec une couverture nationale de l'instance de slice de réseau et un fair use dépendant du forfait du client (bronze, silver, gold).

Le constructeur automobile promet le forfait très haut débit lorsqu'il vend un véhicule.

Le constructeur automobile peut à tout moment reconfigurer son instance de slice eMBB si le nombre de véhicules qui se connectent à cette instance de slice dépasse 1 million.

L'opportunité globale du slicing de réseau est qu'il permet un nouveau type d'offres de services et prend en charge différents modèles de business d'entreprise, de manière flexible avec une rapidité de déploiement du network-as-a-service. C'est un moyen de générer plus de revenus pour le fournisseur de service.

L'instance de slice eMBB du constructeur automobile a les caractéristiques suivantes (la GSMA dans son document NG.116 fournit la liste normalisée des attributs qui peuvent caractériser un slice de réseau générique):

- Coverage: National
- Availability: Very high: >99,999%
- Downlink maximum throughput per UE: 100 Mbit/s
- Uplink maximum throughput per UE: 50 Mbit/s
- Maximum number of PDU sessions: 1 000 000
- Maximum number of UEs: 1 000 000
- MMTel support (Telephony service support): Not supported
- Session and Service Continuity support: 3 (support of edge computing to provide low latency for the internet flows)
- Slice QoS parameters (Internet flow QoS):
  - 5G QoS Class Identifier: 8
  - Priority level (ARP): 6
- Device velocity: 150 km/h
- Les fonctions de réseau appartenant au client du slice de réseau: la fonction de contrôle de politique (PCF) et la fonction de contrôle de la taxation (CHF) font partie de l'écosystème du constructeur automobile pour gérer la politique fait use associée au forfait haut débit mobile WiFi du véhicule. Le serveur d'authentification fait également partie de l'environnement du client du slice de réseau pour authentifier l'équipement de l'utilisateur (i.e., le véhicule) avant de pouvoir accéder à l'instance de slice de réseau.

## 2.4 Instance de slice de réseau mMTC

En 2013, un déraillement de train s'est produit (accident ferroviaire de Brétigny) simplement parce que certains boulons sur les voies de chemin de fer n'étaient pas suffisamment serrés. 7 personnes sont mortes et 70 personnes ont été blessées.

La SNCF a conçu avec l'aide d'une startup un boulon connecté (Eatwork) qui mesure son niveau de serrage.

L'objectif est de remplacer des centaines de milliers de boulons traditionnels par des boulons connectés sur l'infrastructure ferroviaire.

L'objectif de la SNCF serait d'obtenir une instance de slice de réseau de type « smart infrastructure » dimensionnée de manière appropriée, ce qui permet à ses boulons d'ouvrir

leur connexion de données et d'envoyer des rapports de données lorsque le niveau de serrage du boulon devient trop faible.

L'équipe de maintenance doit alors intervenir pour resserrer les boulons concernés.

L'instance de slice de réseau « smart infrastructure » de la SNCF a les caractéristiques suivantes :

- Coverage: National
- Availability: Very high: >99,999%
- Delay tolerance: Supported
- Downlink maximum throughput per UE: 5 kbit/s
- Uplink maximum throughput per UE: 5 kbit/s
- MMTel support (Telephony service support): Not supported
- NB-IoT support: Supported
- Maximum number of PDU sessions: 100 000
- Maximum number of UEs: 100 000
- Supported device velocity: 0 km/h: Stationary
- Support of non-IP traffic (NIDD): Supported

NIDD (Non IP Data Delivery) permet aux devices IoT de transmettre des données sans assigner d'adresse IP à ces devices.

Deux avantages peuvent être mis en avant :

- Une meilleure sécurité en n'utilisant pas la couche IP dans la transmission puisque le device n'est pas accessible via l'Internet
- Une meilleure efficacité en n'ayant pas à gérer de stack TCP/IP sur le device. Il y a juste «moins de tout» disponible dans un device IoT connecté : moins de mémoire, moins de puissance de calcul, moins de bande passante, etc., et bien sûr, moins d'énergie disponible.

La taille maximum d'un message NIDD est de 1600 octets. NIDD est un service de transfert de données bidirectionnel. Si le device n'est pas joignable et qu'un message de données entrant est reçu, le stockage et le transfert ultérieur s'appliquent. Une connexion de données est établie dans une instance de slice réseau sur le plan de contrôle entre l'UE et la fonction NEF pour le transfert de données NIDD.

## **2.5 Exemples d'instances de slice de réseau dans le système 5G (5GS)**

La figure 3 illustre des exemples d'instances de slice de réseau dans le système 5G.

- Le fournisseur de service crée une instance de slice de réseau pour ses besoins internes : Une instance de slice eMBB accessible par tous ses clients résidentiels haut débit mobile avec leur smartphone. Le modèle de business est de type B2C.
- Le fournisseur de service crée une instance de slice eMBB pour un MVNO light (MVNO de service) qui n'a aucune infrastructure de réseau à la différence du full MVNO. Le modèle de business est de type B2B2C. Le MVNO light vend à son tour des souscriptions haut débit mobile à des clients finaux.
- Le fournisseur de service crée une instance de slice eMBB pour un constructeur automobile. C'est aussi un modèle de business B2B2C. Le constructeur automobile propose à son tour un forfait haut débit data mobile WiFi au moment de la vente du véhicule.
- Le fournisseur de service crée deux instances de slice mMTC pour les entreprises responsables de gérer un réseau d'énergie (Veolia, GRDF, etc.). Les compteurs d'énergie de ces entreprises créent leur session PDU avec un comportement approprié dans leur instance slice de réseau et envoient périodiquement des rapports de données. Il s'agit d'un modèle de business B2B.
- Le fournisseur de services crée deux instances de slice mMTC pour deux villes intelligentes pour la connectivité de leurs devices IoT (poubelles connectées, places de parking

connectées, capteurs de mesure de qualité de l'air, etc). Ici s'applique un modèle de business B2B.

- Le fournisseur de services crée une instance de tranche uRLLC pour un constructeur automobile afin de permettre à ses véhicules d'échanger du trafic V2V et V2I.
- Une voiture peut être associée à deux cas d'usage et peut ouvrir des sessions PDU dans deux instances de slice de réseau différentes en même temps : instance de slice eMBB et instance de slice uRLLC. La norme 5G permet à un UE d'ouvrir des sessions PDU dans jusqu'à 8 instances de slice de réseau en parallèle. Le 5GS dispose d'une fonction de réseau commune appelée NWDAF (Network Data Analytics Function) qui mesure des KPIs par instance de slice de réseau.

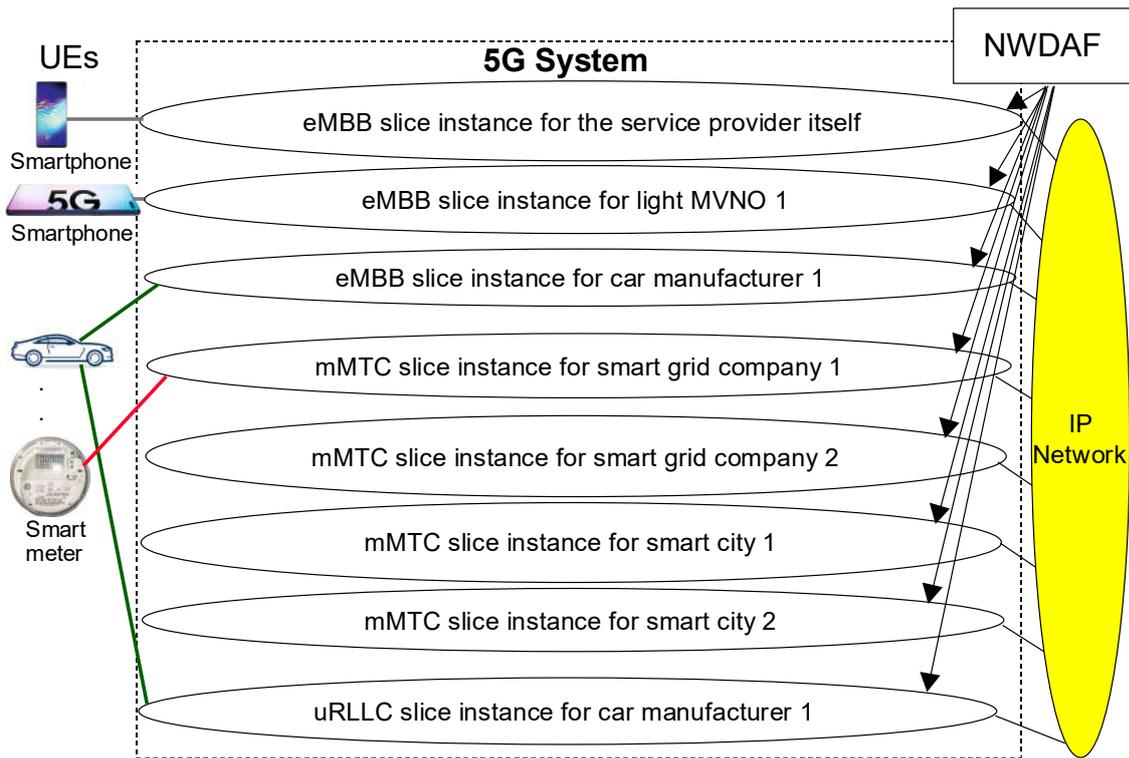


Figure 3: Exemples d'instances de slice de réseau dans le système 5G (5GS)

### 3. NWDAF

Une exigence clé est d'inclure la surveillance des performances du réseau et l'assurance de service à la livraison de l'instance de slice de réseau. Cela permet de maintenir le contrat de niveau de service (SLA) sur lequel s'est engagé l'opérateur de service par rapport à son client.

Pendant la supervision des performances de l'instance de slice de réseau (NSI, Network Slice Instance), les indicateurs de performance clés de bout en bout fournis par la NWDAF doivent être utilisés pour l'évaluation du respect du SLA. Selon le résultat de l'évaluation, la modification du NSI peut être déclenchée pour l'assurance des performances du slice de réseau.

L'assurance du service nécessite sa propre instance de slice dédiée qui comprend toutes les fonctions qui collectent les données de surveillance nécessaires à la fonction NWDAF et contribuent à l'assurance du service. VIAVI est un exemple de fournisseur offrant une telle instance de slice d'assurance.

La fonction NWDAF collecte divers types de données de réseau et d'utilisateurs, applique une «analyse» à ces données et propose les résultats à d'autres fonctions de réseau via une interface de service.

NWDAF mesure les KPIs de bout en bout (3GPP TS 28.554) par instance de slice de réseau ainsi que les KPI d'accès et de réseau cœur (3GPP TS 28.552).

Les KPIs de bout en bout sont :

- KPIs d'accessibilité
  - AMFRegNbr : Nombre total d'utilisateurs enregistrés dans une AMF dont leur liste de slice de réseau inclut une instance de slice de réseau données.
  - UDMRegNbr : Nombre total d'utilisateurs enregistrés dans l'UDM dont leur liste de slice de réseau inclut une instance de slice de réseau donnée.
  - RegSR (Registration success rate of one single network slice). Taux d'enregistrement avec succès à une instance de slice de réseau.
  - DRB Accessibility. Taux d'établissement de DRB (Data Radio Bearer) avec succès dans une instance de slice de réseau.
  - PDUSessionEstSR (PDU session Establishment success rate of one network slice): Taux d'établissement de session PDU avec succès dans une instance de slice de réseau.
- KPIs d'intégrité
  - DelayE2EUINs : Délai moyen pour un paquet UL (Uplink) entre l'UE et la fonction UPF dans une instance de slice de réseau.
  - DelayE2EDINs : Délai moyen pour un paquet DL (Downlink) entre la fonction UPF et l'UE dans une instance de slice de réseau.
  - UpstreamThr : Débit moyen UL sur l'interface N3 entre NG-RAN et toutes les UPFs d'une instance de slice de réseau.
  - DownstreamThr : Débit moyen DL sur l'interface N3 entre toutes les UPFs d'une instance de slice de réseau et le NG-RAN.
- KPI d'utilisation
  - PDUSesMeanNbre (Mean number of PDU sessions of network and network Slice Instance). Nombre moyen de sessions PDUs dans cette instance de slice de réseau.
  - VirtualResUtilization. Utilisation de ressources virtuelles (CPU, disque RAM, etc.) allouées à une instance de slice réseau.
  - PDUEstTime (PDU session establishment time of network slice). Temps moyen pour l'établissement d'une session PDU dans une instance de slice de réseau.
  - RegUpdMeanNbr (Mean number of successful periodic registration updates of Single Network Slice). Nombre moyen de mises à jour d'enregistrement dont la liste de slices inclut une instance de slice de réseau donnée.
- KPI de conservabilité
  - QoS flow Retainability. Mesure de la fréquence avec laquelle l'utilisateur perd la QoS de flux pendant l'usage de ce flux de bout en bout.
  - DRBRetain (DRB Retainability). Mesure de la fréquence avec laquelle l'utilisateur perd anormalement un DRB pendant le temps où le DRB est actif.
- KPI de mobilité
  - NRHoSR (NG-RAN Handover Success Rate) : Taux de succès de la procédure de handover.
  - InterGNBHOMeanTime (Mean Time of Inter-gNB handover of one single network slice). Temps moyen pour le handover inter-gNB dans le slice
  - MobilityRegUpdateSR (Successful rate of mobility registration updates of Single Network Slice). Taux de succès des mises à jour d'enregistrement lors de changement de Tracking Areas pour des utilisateurs dont leur liste de slice inclut une instance de slice donnée, mesuré par AMF.

La formation EFORT « Le système 5G de bout en bout : Architecture, Procédures, et Interfonctionnement avec la 4G » permet de comprendre l'écosystème 5G de bout en bout et le slicing de réseau.

<http://www.efort.com/index.php?PageID=21&l=fr&id=218&imageField.x=7&imageField.y=3>