← Vue d'ensemble

Opérations OmniNGAP

OmniNGAP est le **codec du protocole NGAP** pour le cœur 5G Omnitouch. NGAP (NG Application Protocol, 3GPP TS 38.413) est le protocole de signalisation de couche application transporté sur l'**interface N2** entre une station de base 5G NR (gNB) et la fonction de gestion d'accès et de mobilité (AMF). OmniNGAP compile la syntaxe ASN.1 complète du NGAP à partir de la TS 38.413 et fournit l'encodage et le décodage des unités de données de protocole NGAP (PDU) en utilisant les **Règles d'encodage de paquets alignés (APER)**, le format de transmission imposé par la spécification.

OmniNGAP est consommé comme une dépendance de construction :

- **OmniAMF** lie OmniNGAP pour encoder et décoder chaque message qu'il échange avec un gNB via N2 (NG Setup, Initial Context Setup, transport NAS, Paging, gestion des ressources de session PDU, libération de contexte UE, Handover, etc.).
- **OmniSMF** produit les **conteneurs d'informations SM N2** (par exemple, le *PDU Session Resource Setup Request Transfer*) que l'AMF intègre dans les messages NGAP avant qu'ils ne soient encodés. Le SMF ne parle jamais directement N2 ; il remet ces conteneurs de transfert opaques à l'AMF, qui est le seul pair NGAP du gNB.

Comment le codec est construit

La syntaxe NGAP est exprimée sous la forme d'un ensemble de modules ASN.1 sous `asn1/`. Au moment de la construction, ces modules sont compilés une fois, dans l'ordre des dépendances, en un codec de bas niveau qui effectue l'encodage et le décodage APER. Cette compilation est une préoccupation de construction uniquement - il n'y a rien à configurer ou à ajuster au moment de l'exécution. Les modules qui composent la syntaxe NGAP sont :

Module ASN.1	Rôle
NGAP-CommonDataTypes	Types de base partagés à travers la syntaxe (Criticality, Presence, ProcedureCode, ProtocolIE-ID)
NGAP-Constants	Assignations de code de procédure, d'identifiant IE et de constante de cardinalité
NGAP-Containers	Modèles de conteneurs génériques IE de protocole / extension de protocole
NGAP-IEs	Toutes les définitions d'éléments d'information NGAP, y compris les conteneurs de transfert SM N2
NGAP-PDU-Contents	Corps de message par procédure (InitiatingMessage / SuccessfulOutcome / UnsuccessfulOutcome)
NGAP-PDU-Descriptions	Type NGAP-PDU de niveau supérieur et table de dispatch des procédures élémentaires

APER (Aligned PER) est utilisé délibérément : NGAP nécessite un encodage aligné selon la TS 38.413, donc le codec est généré en mode APER aligné plutôt qu'en mode PER non aligné ou BER.

Forme du PDU : les trois variantes de message

Chaque NGAP-PDU est un CHOIX d'exactement une des trois variantes (clause 9.3.5 de la TS 38.413). Un décodage produit donc toujours l'une de celles-ci, et l'AMF fait correspondre le modèle sur la variante pour décider comment procéder :

Variante	Quand elle apparaît	Signification
`initiatingMessage`	Ouvre une procédure élémentaire	Le premier message d'une procédure (une demande, un rapport ou une indication ponctuelle)
`successfulOutcome`	Ferme une procédure qui a réussi	La réponse positive à un message d'initiation (pour les procédures qui attendent une réponse)
`unsuccessfulOutcome`	Ferme une procédure qui a échoué	La réponse négative, portant une **Cause** (voir la référence Cause ci-dessous)

Chaque variante est une SEQUENCE de trois champs : le **procedureCode** (de quelle procédure élémentaire il s'agit - voir le tableau de code ci-dessous), la **criticality** du message, et la **value** (le corps de message spécifique à la procédure). Les procédures de classe 2 (fire-and-forget, telles que Paging, DownlinkNASTransport, ErrorIndication) n'ont pas de résultat réussi/échoué - elles consistent uniquement en un `initiatingMessage`. Les procédures de classe 1 (telles que NGSetup ou InitialContextSetup) ont un ou les deux résultats.

Criticality et Diagnostics de Criticality

Chaque IE, et chaque message, porte une **criticality** tirée de `Criticality ::= ENUMERATED { reject, ignore, notify }` (clause 9.3.1 de la TS 38.413). La criticality indique à un récepteur quoi faire lorsqu'il rencontre un IE (ou un message entier) dont il ne comprend pas l'ID ou le type, ou qu'il ne peut pas gérer dans son état actuel :

Criticality	Comportement du récepteur sur un élément non compris / non géré
`reject`	Rejeter toute la procédure - l'élément est essentiel, donc le message ne peut pas être traité
`ignore`	Ignorer silencieusement l'élément et traiter le reste du message
`notify`	Traiter le message sans l'élément, mais signaler l'élément au sender dans les **Diagnostics de Criticality**

Les **Diagnostics de Criticality** (ProtocolIE-ID 19) est l'IE que le récepteur ajoute à sa réponse ou à l'indication d'erreur pour informer l'expéditeur exactement quels IEs ont été rejetés, ignorés ou notifiés, et pourquoi. C'est ainsi que les deux extrémités réconcilient les versions ou les incompatibilités de capacités sans interrompre l'association.

OmniNGAP encode et décode les champs de criticality et l'IE Diagnostics de Criticality comme n'importe quelle autre partie du PDU. Il ne s'applique **pas** lui-même à la politique de rejet/ignorance/notification - décider quoi faire avec un IE inconnu ou mal géré, et construire les Diagnostics de Criticality résultants, est une logique de procédure qui réside dans l'AMF.

Rôle 3GPP et Références de Spécification

Spécification	Pertinence
TS 38.413	Protocole NGAP - ensemble de messages, éléments d'information, codes de procédure, valeurs de cause, encodage APER
TS 38.412	Transport de signalisation N2 - transport de NGAP sur SCTP
TS 23.502	Procédures du système 5G qui s'exécutent sur N2 (enregistrement, établissement/modification/libération de session PDU, paging, handover)
TS 23.501	Architecture du système 5G - position du point de référence N2 entre gNB et AMF
ITU-T X.691	Règles d'encodage de paquets (PER), la famille d'encodage que NGAP utilise sous forme alignée

L'ASN.1 compilé correspond à la syntaxe NGAP **Rel-17 (série h)** de la TS 38.413, donc l'ensemble complet de messages Rel-17 - y compris la reprise/suspension du contexte UE, le transfert d'état précoce RAN, et les procédures MBS (multicast/broadcast) - est présent dans le codec compilé.

Procédures NGAP prises en charge

OmniNGAP compile l'**ensemble complet des procédures élémentaires NGAP** définies par la TS 38.413. Tout PDU NGAP bien formé pour l'une de ces procédures peut être décodé, et tout terme structurellement valide peut être encodé - le codec ne se limite pas à un sous-ensemble. Ce qui est exercé en pratique est déterminé par le NF consommateur (principalement l'AMF).

Le tableau ci-dessous répertorie les procédures les plus pertinentes pour le fonctionnement AMF/SMF, avec leurs **codes de procédure réels** tels qu'assignés dans le module `NGAP-Constants` compilé. La direction est la direction du message *d'initiation*.

Procédure	Code	Direction	But
NGSetup	21	gNB → AMF	Établir l'association NG (N2) ; échanger les identités gNB/AMF, le support PLMN et de tranche
RANConfigurationUpdate	35	gNB → AMF	gNB met à jour sa configuration sur une association établie
AMFConfigurationUpdate	0	AMF → gNB	AMF met à jour sa configuration info d'associatio TNL
NGReset	20	soit	Réinitialiser une partie ou la totalité de l'association NG
InitialUEMessage	15	gNB → AMF	Premier messag NAS d'un UE, ouvrant une connexion de signalisation associée à l'UE
DownlinkNASTransport	4	AMF → gNB	Transporter un PDU NAS vers l'UE

Procédure	Code	Direction	But
UplinkNASTransport	46	gNB → AMF	Transporter un PDU NAS depuis l'UE
InitialContextSetup	14	AMF → gNB	Établir le contexte UE, la sécurité, et (optionnellemer les ressources d session PDU au gNB
UEContextModification	40	AMF → gNB	Modifier un contexte UE établi
UEContextReleaseRequest	42	gNB → AMF	gNB demande la libération de la connexion associée à l'UE
UEContextRelease	41	AMF → gNB	AMF ordonne la libération du contexte UE (Commande / Complète)
Paging	24	AMF → gNB	Pager un UE en mode inactif dar une zone de sui
PDUSessionResourceSetup	29	AMF → gNB	Établir les ressources de session PDU au gNB (porte le

Procédure	Code	Direction	But
			conteneur SM N SM)
PDUSessionResourceModify	26	AMF → gNB	Modifier les ressources de session PDU existantes
PDUSessionResourceModifyIndication	27	gNB → AMF	Modification des ressources de session PDU initiée par le gN
PDUSessionResourceRelease	28	AMF → gNB	Libérer les ressources de session PDU au gNB
PDUSessionResourceNotify	30	gNB → AMF	Notifier le changement d'état de flux / session QoS
HandoverPreparation	12	gNB source → AMF	Handover basé sur NG : le gNB source demande la préparation d l'handover
HandoverResourceAllocation	13	AMF → gNB cible	Handover basé sur NG : demander des ressources au gNB cible

Procédure	Code	Direction	But
HandoverNotification	11	gNB cible → AMF	Le gNB cible confirme l'arrivé de l'UE
HandoverCancel	10	gNB source → AMF	Annuler un handover en cours
PathSwitchRequest	25	gNB → AMF	Handover basé sur Xn : changer le chemin de pla utilisateur N3 vers le gNB cible
ErrorIndication	9	soit	Signaler une erreur de protocole non liée à une procédure spécifique
UEContextResume	58	gNB → AMF	Reprendre un contexte UE suspendu (RRC-INACTIVE)
UEContextSuspend	59	gNB → AMF	Suspendre un contexte UE

> Les autres procédures de la TS 38.413 sont toutes présentes dans la syntaxe compilée et peuvent être encodées/décodées, mais ne font pas partie des flux de gestion de connexion et de session principaux de l'AMF. Celles-ci incluent (cette liste est illustrative, non exhaustive) le transport NRPPa, la gestion des traces, la diffusion de messages d'avertissement (PWS), le rapport de localisation, le transfert d'informations RIM, le rapport

> d'utilisation de RAT secondaire, les procédures de diffusion/multidiffusion MBS, le démarrage/arrêt de surcharge, l'indication d'état AMF, le reroutage NAS et l'indication de non-livraison, le rapport de transition inactif RRC, le transfert d'état RAN et RAN précoce, et le message privé. La syntaxe compilée définit l'ensemble complet des procédures élémentaires de la version, donc toute procédure dans la TS 38.413 Rel-17 peut être codée même si elle n'est pas listée ici.

Flux NGAP clés

Les séquences suivantes montrent où OmniNGAP effectue l'encodage/décodage. Le codec est la couche de traduction à la frontière N2 de l'AMF ; la logique de procédure réside dans l'AMF (et, pour les conteneurs SM, le SMF).

NG Setup

Établissement de l'association, exécuté une fois par association gNB–AMF avant tout trafic UE.

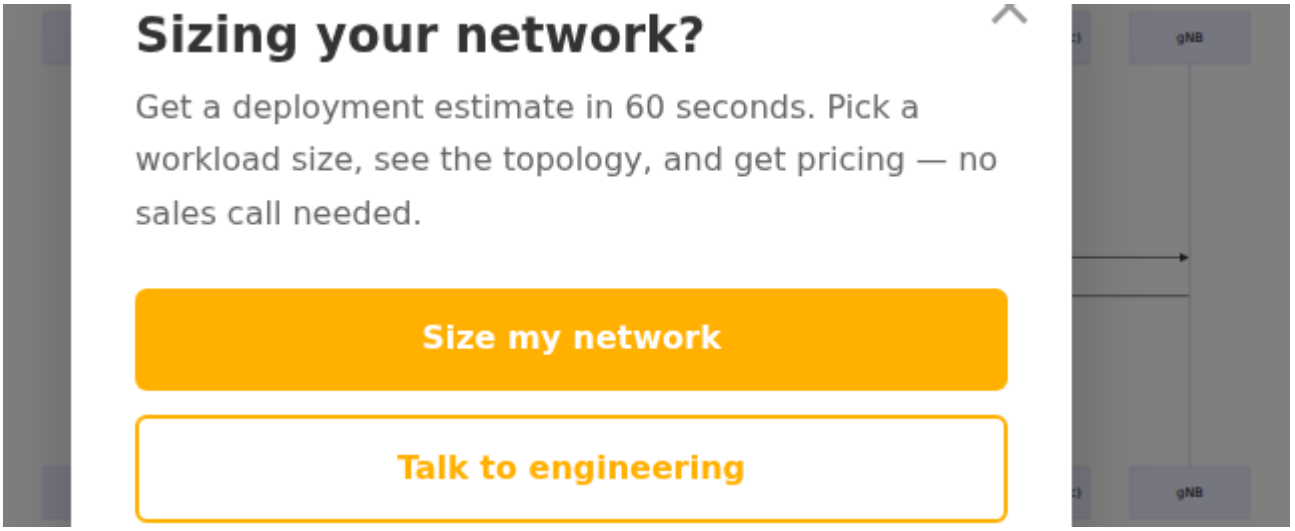
Parse error on line 13: ... l'UE peut commencer ----------^ Expecting 'SOLID_OPEN_ARROW', 'DOTTED_OPEN_ARROW', 'SOLID_ARROW', 'BIDIRECTIONAL_SOLID_ARROW', 'DOTTED_ARROW', 'BIDIRECTIONAL_DOTTED_ARROW', 'SOLID_CROSS', 'DOTTED_CROSS', 'SOLID_POINT', 'DOTTED_POINT', got 'NEWLINE'

Réessayer

Si l'AMF ne peut pas servir le gNB (par exemple, un PLMN ou une tranche non supportée), il encode à la place un **NGSetupFailure** portant une valeur de **Cause** (voir la référence Cause ci-dessous).

Établissement des ressources de session PDU sur N2

S'exécute lors de l'établissement de la session PDU. Le SMF construit le conteneur d'informations SM N2 ; l'AMF l'encapsule dans un message NGAP et OmniNGAP encode l'ensemble du PDU.



Le codec traite chaque conteneur d'informations SM comme une structure de transfert imbriquée à l'intérieur du message de ressources de session PDU. L'AMF n'interprète pas le contenu du conteneur SM - il les relaie entre le gNB et le SMF sans changement.

Charges utiles opaques : PDU NAS et conteneurs SM

Deux familles de charges utiles distinctes traversent l'interface N2 sans que NGAP ne regarde à l'intérieur, et les deux sont modélisées dans l'ASN.1 comme `OCTET STRING` :

- **PDU NAS** - un message NAS (enregistrement, authentification, demande d'établissement de session PDU, etc.) est transporté à l'intérieur de NGAP comme un `NAS-PDU` OCTET STRING opaque. Il apparaît dans les procédures de transport NAS (InitialUEMessage, DownlinkNASTransport, UplinkNASTransport) et peut également être transporté à l'intérieur des messages InitialContextSetup et de session PDU. NGAP le décode en octets bruts ; l'AMF passe ces octets à sa couche NAS (ou les relaie à l'UE) - NGAP ne parse jamais NAS.

- **Conteneurs d'informations SM** - les structures de transfert de session PDU construites par le SMF décrites ci-dessus, également transportées sous forme d'OCTET STRING entre le gNB et le SMF.

La conséquence pratique est la même pour les deux : OmniNGAP garantit que le PDU *enveloppant* est bien formé et renvoie (ou transmet) les octets intérieurs tels quels. Que ces octets intérieurs soient un message NAS valide ou un conteneur SM valide est la préoccupation de la couche NAS et du SMF respectivement, jamais du codec NGAP. C'est pourquoi une faute à l'intérieur d'un PDU NAS ou d'un conteneur SM ne se manifeste jamais comme une erreur d'encodage/décodage NGAP.

Valeurs de Cause NGAP

Chaque message d'échec ou de libération NGAP porte une **Cause**, un CHOIX sélectionnant un des cinq groupes de causes définis dans la TS 38.413 (clause 9.3.1.2). OmniNGAP encode et décode tous les cinq groupes et leurs valeurs énumérées. Le CHOIX `Cause` est :

Groupe de cause	Signification	Utilisation typique
radioNetwork	Raison de la couche réseau radio	Résultats de handover, perte de lien radio, inactivité de l'utilisateur, indisponibilité des ressources, tranche non supportée
transport	Raison de la couche réseau de transport	Ressource de transport indisponible
nas	Raison de la couche NAS	Libération normale, échec d'authentification, désinscription
protocol	Erreur de protocole NGAP	Erreurs de syntaxe abstraite/de transfert, message non compatible avec l'état du récepteur
misc	Raison divers	Surcharge, défaillance matérielle, intervention O&M, PLMN/SNPN inconnu

Valeurs énumérées représentatives au sein de chaque groupe (toutes selon la clause 9.3.1.2 de la TS 38.413) :

Groupe	Valeur	Signification
radioNetwork	successful-handover	Handover complété avec succès
radioNetwork	handover-cancelled	Handover avorté par le côté source
radioNetwork	user-inactivity	Connexion libérée en raison de l'inactivité de l'UE
radioNetwork	radio-connection-with-ue-lost	Lien radio vers l'UE a été perdu
radioNetwork	radio-resources-not-available	gNB n'a pas de ressources radio pour la demande
radioNetwork	unknown-PDU-session-ID	La session PDU référencée est inconnue au pair
radioNetwork	slice-not-supported	S-NSSAI demandé n'est pas supporté
radioNetwork	ims-voice-eps-fallback-or-rat-fallback-triggered	Retour à EPS/autre RAT pour la voix IMS
radioNetwork	release-due-to-ngran-generated-reason	Libération initiée par NG-RAN
radioNetwork	release-due-to-5gc-generated-reason	Libération initiée par 5GC
transport	transport-resource-unavailable	Aucune ressource de transport (N3/TNL) disponible
transport	unspecified	Échec de couche de transport non spécifié

Groupe	Valeur	Signification
nas	normal-release	Libération normale déclenchée par NAS
nas	authentication-failure	Échec d'authentification de l'UE
nas	deregister	Désinscription de l'UE
protocol	transfer-syntax-error	PDU n'a pas pu être décodé (mauvaise syntaxe de transfert)
protocol	abstract-syntax-error-reject	PDU sémantiquement invalide, rejeté
protocol	message-not-compatible-with-receiver-state	Message invalide pour l'état actuel du pair
protocol	semantic-error	Erreur sémantique dans un PDU autrement décodable
misc	control-processing-overload	Pair en surcharge
misc	hardware-failure	Défaillance matérielle du pair
misc	om-intervention	Intervention des opérations et de la maintenance
misc	unknown-PLMN-or-SNPN	PLMN/SNPN non reconnu par le pair
misc	unspecified	Échec divers non spécifié

Le groupe radioNetwork est le plus grand et inclut l'ensemble complet de la version Rel-17 (expirations de temporisateurs de handover, accès refusé NPN/CAG, RedCap non supporté, causes liées à MBS, et plus). Les valeurs ci-dessus sont celles que l'on voit le plus souvent dans les flux de gestion de connexion et de session de l'AMF.

Intégration

Comment l'AMF utilise OmniNGAP

- **Entrant :** Les charges utiles SCTP reçues sur l'association N2 sont transmises au point d'entrée de décodage du codec, qui renvoie un PDU NGAP structuré (l'une des trois variantes de message - `initiatingMessage`, `successfulOutcome`, ou `unsuccessfulOutcome`) ou une erreur taguée. Les PDU mal formés ou tronqués renvoient une erreur plutôt que de faire planter l'AMF, et sont enregistrés afin qu'un mauvais message de pair ne soit jamais silencieux.
- **Sortant :** L'AMF construit le terme PDU pour la procédure qu'il exécute, puis appelle le point d'entrée d'encodage du codec pour obtenir l'encodage APER aligné écrit dans l'association SCTP. L'encodeur renvoie le résultat sous forme d'iodata (une iolist), que l'appelant aplatit en binaire avant transmission.
- L'AMF possède toute la sémantique des procédures - peuplement des IE, optionnalité et gestion de la criticality. OmniNGAP garantit uniquement qu'un terme structurellement valide s'encode en un binaire conforme à la spécification et qu'un binaire conforme à la spécification se décode en le terme correspondant.

Comment le SMF utilise OmniNGAP

Le SMF n'appelle pas directement le codec pour le transport N2. Il construit les **conteneurs de transfert d'informations SM N2** (par exemple *PDU Session Resource Setup Request Transfer*, *… Modify Request Transfer*, *… Release Command Transfer*) que l'AMF intègre dans le message NGAP de ressources de session PDU correspondant. Ces conteneurs sont transportés sous forme

d'OCTET STRING opaques au niveau NGAP et encodés/décodés dans le cadre du PDU englobant par l'utilisation d'OmniNGAP.

← Vue d'ensemble

Dépannage d'OmniNGAP

Parce qu'OmniNGAP est une bibliothèque de codec à la compilation sans surface d'exécution, il n'y a rien à configurer, redémarrer ou extraire. Son comportement observable est confiné à la façon dont il traite les binaires qui lui sont remis par le NF consommateur (l'AMF). L'observabilité au niveau de la signalisation de N2 provient de l'AMF, et non de cette bibliothèque.

Décodage des PDU malformés ou tronqués

Les PDU malformés ou tronqués renvoient une erreur taguée plutôt que de faire planter le NF consommateur. Lorsqu'un gNB envoie un message que le codec ne peut pas décoder :

- Le point d'entrée de décodage renvoie une erreur taguée au lieu de lever une exception, donc un message de pair incorrect ne fait jamais tomber l'AMF.
- L'AMF enregistre l'échec, donc un message de pair incorrect n'est jamais silencieux.
- Le signal correspondant de la couche NGAP au pair est une **Cause** du groupe `protocol` - par exemple `transfer-syntax-error` (le PDU n'a pas pu être décodé) ou `abstract-syntax-error-reject` (le PDU était décodable mais sémantiquement invalide). Voir la référence Valeurs de Cause NGAP pour l'ensemble complet.

Le décodage est ancré au premier PDU dans le tampon : une fois qu'un PDU complet et bien formé a été lu, tous les octets suivants après celui-ci sont ignorés plutôt que rejetés. NGAP sur SCTP livre un PDU par message, donc des données supplémentaires ne sont pas attendues en fonctionnement normal ; un décodage qui réussit alors qu'un pair pense avoir envoyé un contenu

supplémentaire indique une erreur de cadrage dans le pair ou la couche SCTP, et non dans le codec.

Échecs d'encodage

OmniNGAP garantit seulement qu'un terme *structurellement valide* s'encode en un binaire conforme à la spécification. La population des IE, l'optionnalité et la criticalité sont de la responsabilité de l'AMF. Une erreur d'encodage pointe donc vers le terme que l'AMF a construit (un IE obligatoire manquant, une valeur hors de sa plage contrainte, ou un conteneur SM imbriqué malformé) plutôt que vers le codec lui-même.

Problèmes de charge utile opaque (PDU NAS et conteneurs SM)

NGAP transporte deux types de charge utile sous forme de OCTET STRING opaque sans les inspecter : les PDU NAS et les conteneurs d'informations SM produits par le SMF. OmniNGAP n'interprète aucun des deux.

- **Conteneurs SM** - si un transfert de gestion de session semble corrompu de bout en bout mais que le PDU NGAP englobant s'encode et se décode correctement, la faute réside dans la façon dont le SMF a construit le conteneur ou comment l'AMF l'a placé, et non dans le codec NGAP.
- **PDU NAS** - de même, si un message NAS est malformé mais que le PDU NGAP englobant (InitialUEMessage, DownlinkNASTransport, UplinkNASTransport, etc.) est bien formé, la faute est dans la couche NAS, et non dans NGAP.

La règle générale : un encodage/décodage propre du PDU englobant signifie que la couche NGAP a fait son travail - regardez à l'intérieur du propriétaire de la charge utile opaque (la couche NAS ou le SMF) pour la corruption.