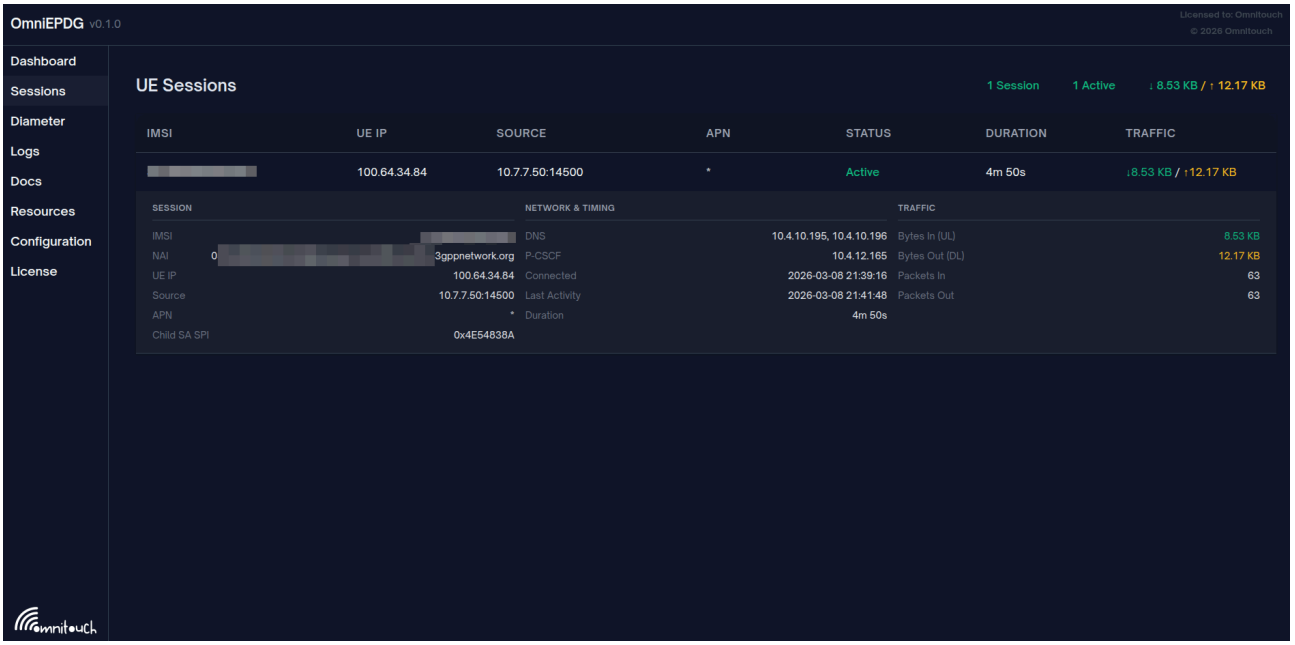
# Guide d'Opérations OmniEPDG

OmniEPDG est une Passerelle de Données Évoluée (ePDG) qui permet les appels Voix sur WiFi (VoWiFi). Elle authentifie les abonnés mobiles sur des réseaux WiFi non fiables en utilisant EAP-AKA et les connecte au réseau central mobile via le signalement Diameter vers le HSS et les tunnels GTP vers une Passerelle de Données (PGW).




*Le panneau de contrôle OmniEPDG montrant une session d'abonné active avec des statistiques de trafic en temps réel.*

OmniEPDG prend en charge deux modes opérationnels :

- **Mode GTP** (par défaut) - Tunneling complet conforme à la 3GPP via un PGW via GTPv2-C et GTP-U
- **Mode VPN Simple** - Sortie locale avec un pool IP intégré et une interface TUN Linux, sans PGW requis

# Documentation

## Configuration & Opérations

- **Architecture & Flux d'Appels** - Architecture système, interfaces de protocole, machines d'état UE et diagrammes de séquence de messages pour les deux modes
- **Référence de Configuration** - Documentation complète des paramètres pour Diameter, GTPv2-C, GTP-U, VPN Simple et journalisation
- **Panneau de Contrôle** - Interface de surveillance basée sur le web pour les sessions, les pairs Diameter et les journaux

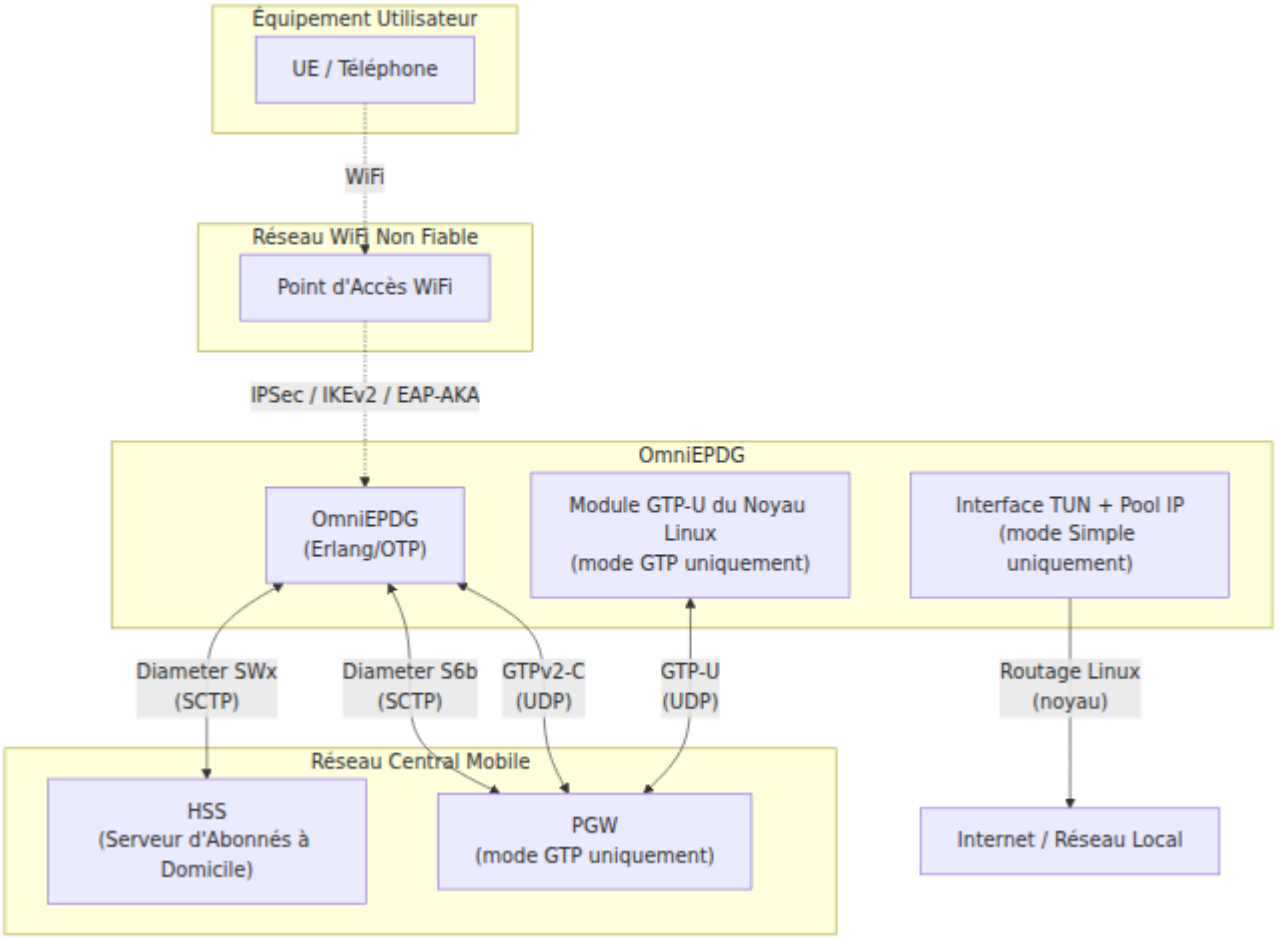
## Sécurité

- **Guide de Sécurité** - Limitation du taux d'authentification et blocage de pays GeoIP

## Surveillance & Dépannage

- **Référence des Métriques** - Métriques Prometheus pour surveiller l'authentification, les sessions, le signalement Diameter et la santé du système
- **Dépannage** - Problèmes courants, procédures de diagnostic et étapes de résolution

# Modes Opérationnels




## Mode GTP

Le mode par défaut. OmniEPDG tunnelise tout le trafic des abonnés via un PGW en utilisant GTPv2-C pour le contrôle de session et GTP-U (via le module du noyau Linux) pour le plan utilisateur. Cela est entièrement conforme à la 3GPP et convient aux déploiements d'opérateurs avec une infrastructure EPC existante.

**Chemin du trafic :** UE → IPSec → OmniEPDG → GTPv2-C Créer Session → Tunnel GTP-U → PGW → Internet

**Infrastructure requise :** HSS, PGW

# Mode VPN Simple

OmniEPDG alloue des adresses IP à partir d'un pool local et route le trafic des abonnés directement via une interface TUN Linux (`tun_epdg`) en utilisant le routage standard du noyau. Aucun PGW ou infrastructure GTP n'est nécessaire. L'authentification se fait toujours via Diameter SWx vers le HSS.

**Chemin du trafic :** UE → IPSec → OmniEPDG → Allocation IP locale → Interface TUN → Routage Linux → Internet

**Infrastructure requise :** HSS uniquement (PGW non nécessaire)

**Optimisation optionnelle :** Le drapeau `skip_sar` contourne la demande/réponse d'attribution de serveur HSS, réduisant le temps de configuration de la connexion. Cela signifie que le HSS ne suivra pas quel ePDG sert l'abonné et que les procédures initiées par le HSS (désinscription, push de profil) ne fonctionneront pas. Convient aux déploiements privés sans exigences de roaming.

## Comparaison des Modes

| Capacité | Mode GTP | Mode VPN Simple |
|---|---|---|
| Conforme à la 3GPP | Oui | Non (avec `skip_sar`), Partiel (sans) |
| PGW requis | Oui | Non |
| HSS requis | Oui | Oui (authentification seulement) |
| Allocation IP | Depuis PGW | Pool local (CIDR) |
| Plan utilisateur | Module GTP-U du noyau | TUN Linux + routage |
| Push de profil HSS | Oui (PPR/PPA) | Non |
| Désinscription HSS | Oui (RTR/RTA) | Non (avec `skip_sar`) |
| Arrêt initié par PGW | Oui | N/A |
| Support de roaming | Oui | Non |
| IPv6 / Double pile | Oui | IPv4 uniquement |

# Interfaces de Protocole

| Interface | Protocole | Transport | Mode | Pair | But |
|---|---|---|---|---|---|
| SWu | IKEv2 / IPSec | UDP | Les deux | UE | Tunnel sécuris et authentificatio EAP-AKA |
| SWx | Diameter | SCTP | Les deux | HSS | Vecteurs d'authentificat et attribution d serveur |
| S6b | Diameter | SCTP | GTP uniquement | PGW | Autorisation de session et politique |
| S2b | GTPv2-C / GTP-U | UDP | GTP uniquement | PGW | Contrôle et tunnel de plan utilisateur |

# Fonctionnalités

## Fonctionnalité de Base

- **Authentification EAP-AKA** - Authentification complète des abonnés EAP-AKA conforme à la 3GPP via HSS
- **Gestion de Tunnel IPSec** - Tunnel sécurisé basé sur IKEv2 entre l'UE et l'ePDG
- **Deux Modes Opérationnels** - Tunneling GTP vers PGW ou sortie locale avec VPN Simple
- **Machines d'État par UE** - FSM Erlang indépendante par abonné pour la gestion du cycle de vie de session

- **Support de Double Pile** - Types d'adresses PDP IPv4, IPv6 et IPv4v6 (mode GTP)

## Fonctionnalités du Mode GTP

- **Établissement de Tunnel GTP** - Création de session GTPv2-C et plan utilisateur GTP-U via le module du noyau Linux
- **Arrêt Initié par PGW** - Le PGW envoie une Demande de Suppression de Porteuse, l'ePDG cascade l'arrêt vers l'UE
- **Arrêt Initié par le Réseau** - Le HSS déclenche la désinscription via SWx RTR, l'ePDG arrête toutes les sessions
- **Ré-authentification** - Push de profil déclenché par HSS et ré-autorisation par 3GPP TS 29.273 Section 7.1.2.5.1

## Fonctionnalités du Mode VPN Simple

- **Pool IP Local** - Allocation d'adresses IPv4 basée sur CIDR avec suivi par IMSI
- **Routage par Interface TUN** - Dispositif TUN Linux standard (`tun_epdg`) avec routes hôtes par UE
- **Configuration DNS** - Serveurs DNS configurables fournis aux UEs via PCO
- **Option de Saut SAR** - Contourner l'enregistrement HSS pour un démarrage de connexion plus rapide

## Fonctionnalités de Sécurité

- **Limitation du Taux d'Authentification** - Protection contre les attaques par force brute par IP et par IMSI avec seuils configurables
- **Blocage de Pays GeoIP** - Contrôle d'accès basé sur le pays en liste blanche ou noire utilisant MaxMind GeoLite2
- **Détection de Pair Mort** - Surveillance active de la vivacité avec sondes configurables
- **Protection Anti-Replay ESP** - Fenêtre glissante de 64 bits conforme à la RFC 4303

# Intégration HSS (SWx Diameter)

- **Demande/Réponse d'Authentification Multimédia (MAR/MAA)** - Récupérer les vecteurs d'authentification EAP-AKA (les deux modes)
- **Demande/Réponse d'Attribution de Serveur (SAR/SAA)** - Télécharger le profil d'abonné et la configuration APN (sautable en mode Simple)
- **Demande/Réponse de Push de Profil (PPR/PPA)** - Recevoir des profils d'abonnés mis à jour du HSS (mode GTP)
- **Demande/Réponse de Résiliation d'Enregistrement (RTR/RTA)** - Désinscription d'abonné initiée par HSS (mode GTP)

# Intégration PGW (Mode GTP Uniquement)

**S6b Diameter :**

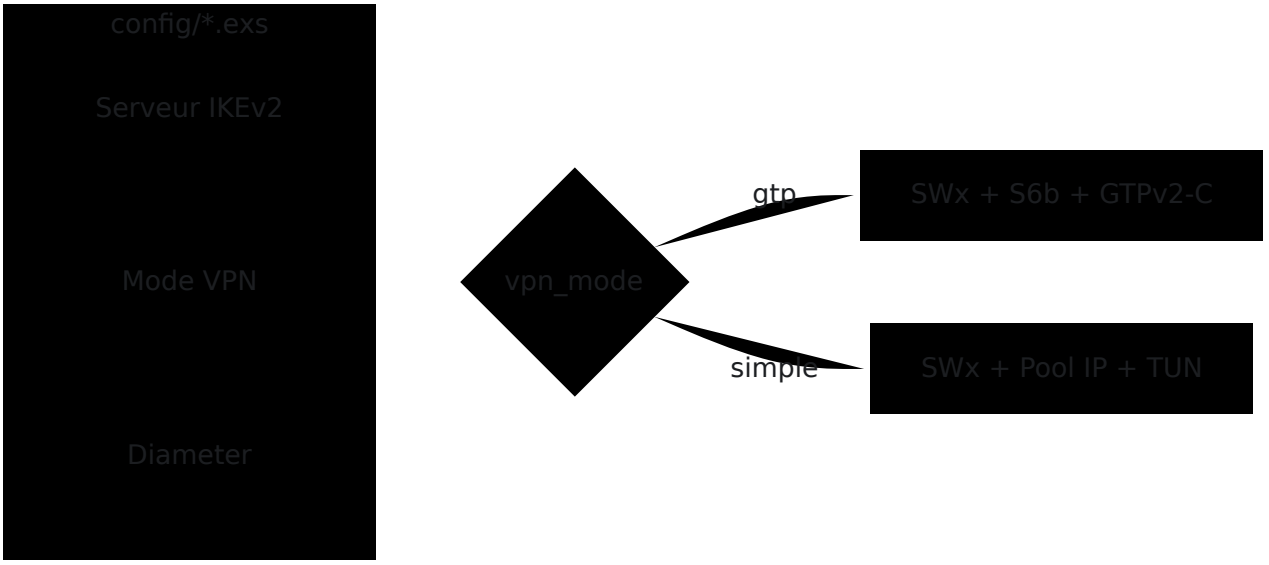
- **Demande/Réponse AA (AAR/AAA)** - Autoriser les sessions PGW
- **Demande/Réponse de Résiliation de Session (STR/STA)** - Résilier les sessions PGW
- **Demande/Réponse de Ré-authentification (RAR/RAA)** - Ré-autoriser les sessions actives
- **Demande/Réponse d'Arrêt de Session (ASR/ASA)** - Résilier les sessions de manière forcée

**S2b GTPv2-C :**

- **Demande/Réponse de Création de Session** - Établir des tunnels GTP avec allocation de TEID
- **Demande/Réponse de Suppression de Session** - Détruire des tunnels GTP
- **Demande/Réponse de Suppression de Porteuse** - Gestion de porteuse initiée par PGW

# Démarrage Rapide

## Structure de Configuration




La configuration se fait dans `config/runtime.exs` ou via des variables d'environnement. Le paramètre `vpn_mode` sélectionne entre les modes GTP et VPN Simple. Consultez la Référence de Configuration pour la documentation complète des paramètres.

## Adressage Réseau Typique (Mode GTP)

| Composant | Adresse IP | Port | Remarques |
|---|---|---|---|
| OmniEPDG (GTP-U) | 10.74.0.11 | - | Point de terminaison du tunnel GTP-U |
| OmniEPDG (Diameter S6b) | 10.74.0.12 | 3868 | Écouteur Diameter S6b |
| HSS | 10.74.0.21 | 3868 | Pair Diameter SWx |
| PGW | 10.74.0.23 | 2123 | Pair GTPv2-C et S6b |

## Adressage Réseau Typique (Mode VPN Simple)

| Composant | Adresse IP | Remarques |
|---|---|---|
| OmniEPDG (passerelle TUN) | 10.44.0.1 | IP de la passerelle sur l'interface `tun_epdg` |
| Pool IP UE | 10.45.0.0/16 | Pool CIDR configurable pour les IP des abonnés |
| HSS | 10.74.0.21:3868 | Pair Diameter SWx (authentification uniquement) |

# Spécifications 3GPP

| Spécification | Titre | Pertinence |
|---|---|---|
| TS 29.273 | Interfaces EPS AAA (SWx, S6b, SWm) | Spécification principale pour les interfaces Diameter ePDG |
| TS 29.274 | GTPv2-C et GTP-U | Contrôle de tunnel S2b et plan utilisateur (mode GTP) |
| TS 33.402 | Sécurité pour les accès non 3GPP | Authentification EAP-AKA pour WiFi non fiable |
| TS 23.402 | Améliorations d'architecture pour les accès non 3GPP | Architecture ePDG globale et procédures |
| TS 23.003 | Numérotation, adressage et identification | Format NAI, structure IMSI |
| TS 29.229 | Cx/Dx Diameter (définitions communes) | Valeurs de Type d'Attribution de Serveur utilisées par SWx |
| RFC 6733 | Protocole de Base Diameter | Transport Diameter, gestion des pairs, surveillance |
| RFC 4187 | EAP-AKA | Méthode d'authentification utilisée sur IKEv2 |

# Documentation par Rôle

**Opérateurs Réseau :**

1. Commencez par l'Architecture & Flux d'Appels pour comprendre le système et les deux modes opérationnels

2. Consultez la Référence de Configuration pour les paramètres de déploiement
3. Consultez le Guide de Sécurité pour configurer la limitation de taux et le blocage GeoIP
4. Configurez la surveillance en utilisant la Référence des Métriques pour l'intégration Prometheus
5. Gardez le guide de Dépannage à disposition pour les opérations

**Intégrateurs Systèmes :**

1. Consultez l'Architecture & Flux d'Appels pour les détails d'interface et les machines d'état
2. Utilisez la Référence de Configuration pour la configuration de connectivité des pairs
3. Configurez les alertes en utilisant la Référence des Métriques
4. Référez-vous au tableau des spécifications 3GPP ci-dessus pour la conformité des protocoles

# Guide d'Opérations OmniEPDG

OmniEPDG est un ePDG (evolved Packet Data Gateway) conforme à la 3GPP qui permet les appels WiFi en reliant l'accès WiFi non fiable au réseau mobile central. Il prend en charge deux modes opérationnels : **mode GTP** pour le tunneling PGW et **mode VPN simple** pour le débranchement IP local.

# Liens Rapides

## Configuration & Déploiement

- **Exigences Réseau** - Ports de pare-feu et entrées DNS nécessaires pour le déploiement
- **Référence de Configuration** - Documentation complète des paramètres pour IKEv2, Diameter, modes VPN, et tous les paramètres d'exécution
- **Aperçu de l'Architecture** - Architecture système, flux d'appels, machines d'état, et références de protocole

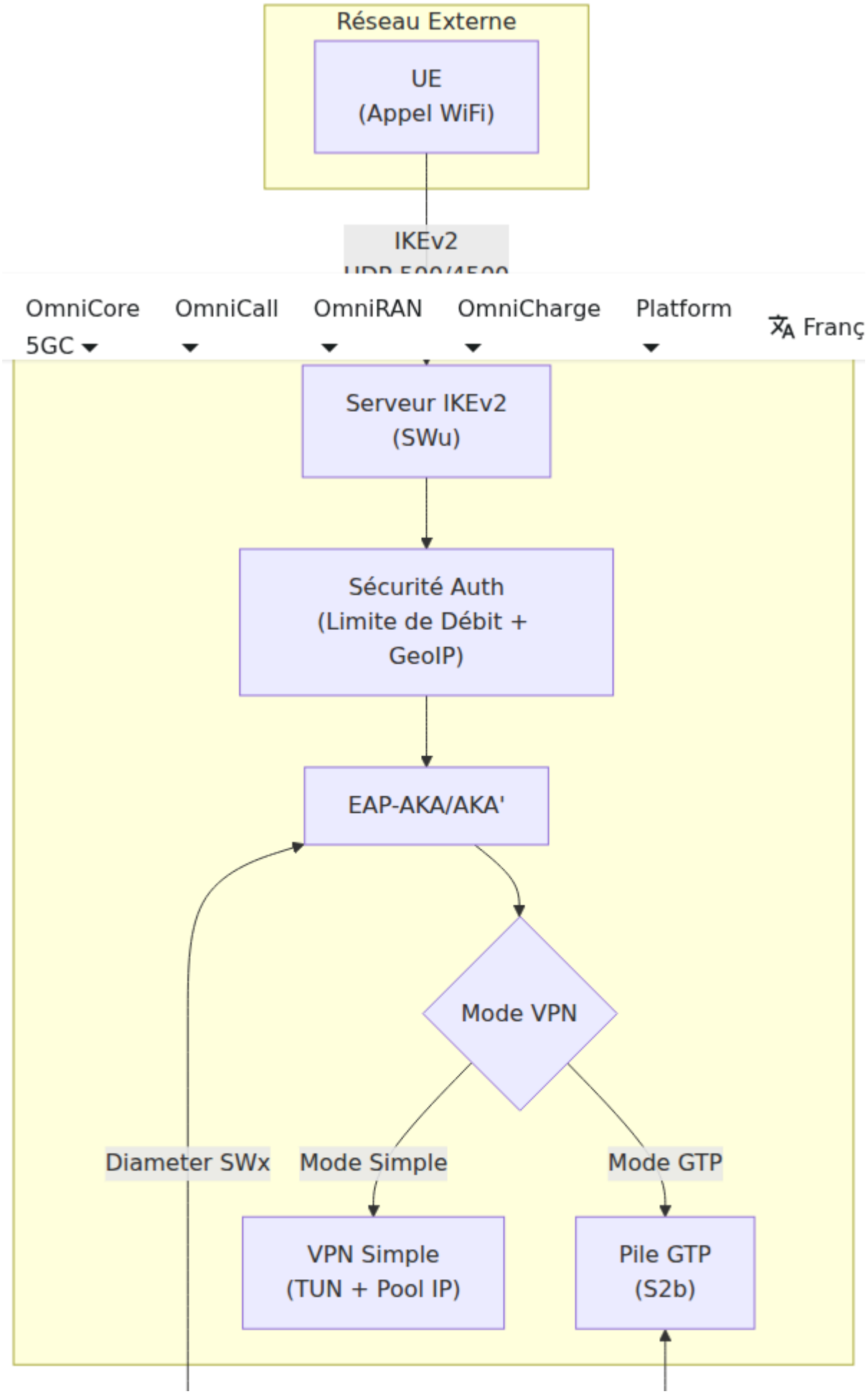
## Opérations & Surveillance

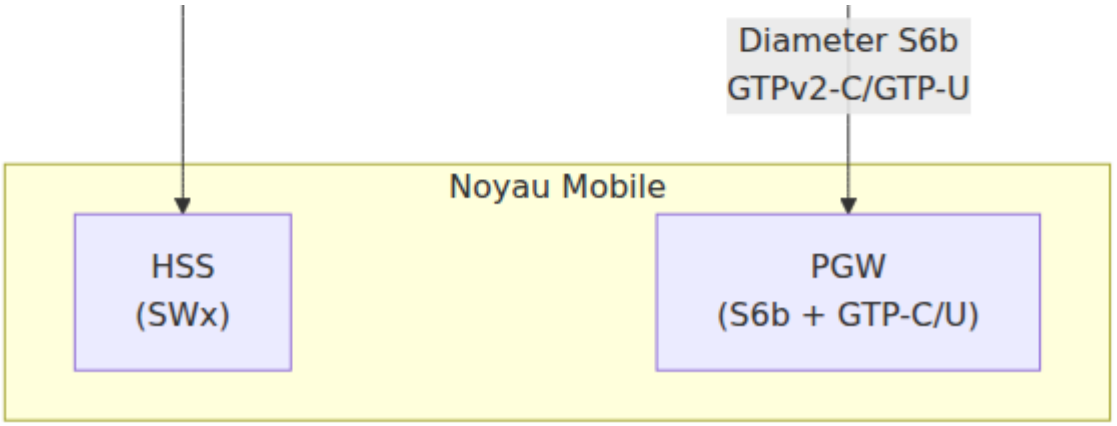
- **Panneau de Contrôle** - Interface de surveillance basée sur le web pour les sessions, pairs Diameter, et journaux
- **Référence des Métriques** - Métriques Prometheus, requêtes d'exemple, et règles d'alerte
- **Dépannage** - Problèmes courants, procédures de diagnostic, et étapes de résolution

## Sécurité

- **Sécurité d'Authentification** - Limitation de débit et blocage par pays GeoIP

# Aperçu de l'Architecture


Réseau Externe
UE
(Appel WiFi)
IKEv2
OmniCore
5GC
OmniCall
OmniRAN
OmniCharge
Platform
Franç
Serveur IKEv2
(SWu)
Sécurité Auth
(Limite de Débit +
GeoIP)
EAP-AKA/AKA'
Mode VPN
Diameter SWx
Mode Simple
Mode GTP
VPN Simple
(TUN + Pool IP)
Pile GTP
(S2b)




# Modes Opérationnels

OmniEPDG prend en charge deux modes opérationnels sélectionnés via le paramètre de configuration `vpn_mode`.

## Mode GTP

Tunneling complet 3GPP via un PGW. Le trafic des abonnés est encapsulé dans GTP-U et acheminé à travers le noyau mobile.

**À utiliser lorsque :**

- Intégration avec l'infrastructure mobile centrale existante
- Politique et facturation via PCRF/PCEF
- Roaming et transfert inter-opérateur requis

**Composants :**

- Diameter S6b pour l'autorisation de session PGW
- GTPv2-C pour la gestion des sessions (Créer/Supprimer/Modifier la Session)
- Module GTP-U du noyau Linux pour le plan utilisateur

## Mode VPN Simple

Débranchement IP local via l'interface TUN. Le trafic des abonnés est acheminé directement à travers l'hôte OmniEPDG sans l'implication du PGW.

**À utiliser lorsque :**

- Déploiement autonome sans PGW
- Tests et développement
- Scénarios de débranchement local

**Composants :**

- Gestion de pool IP local (IPv4/IPv6)
- Interface TUN (`omniepdg0`) avec des routes hôtes par abonné
- NAT/masquerade optionnel pour l'accès Internet

# Sécurité d'Authentification

OmniEPDG comprend des fonctionnalités de sécurité intégrées pour protéger contre les attaques par force brute et restreindre l'accès par localisation géographique. Consultez le guide Sécurité d'Authentification pour plus de détails.

## Limitation de Débit

Protège contre les attaques par force brute en suivant les tentatives d'authentification échouées :

- **Limitation par IP** - Bloque les IP après 10 échecs en 1 minute (blocage de 5 minutes)
- **Limitation par IMSI** - Bloque les IMSI après 5 échecs en 1 minute (blocage de 10 minutes)
- Algorithme de fenêtre glissante avec expiration automatique
- Une authentification réussie efface l'historique des échecs

## Blocage par Pays GeoIP

Contrôle d'accès géographique optionnel utilisant la base de données MaxMind GeoLite2 :

- **Mode liste blanche** - Autoriser uniquement les connexions des pays spécifiés

- **Mode liste noire** - Bloquer les connexions des pays spécifiés
- Gestion configurable des IP inconnues/privées
- Comportement fail-open ou fail-closed lorsque la base de données est indisponible

# Configuration Clé

## Configuration Minimale (Mode VPN Simple)

```
config :omniepdg,
  vpn_mode: :simple,
  simple_vpn: [
    pool_ipv4: "10.45.0.0/16",
    dns_servers_ipv4: ["8.8.8.8", "8.8.4.4"]
  ]

config :diameter_ex,
  diameter: %{
    host: "epdg",
    realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
    peers: [
      %{host: "hss", ip: "10.74.0.21", port: 3868, transport:
:tcp}
    ]
  }
```

## Activer la Sécurité d'Authentification

```
config :omniepdg,
  # Limitation de débit (activée par défaut avec ces valeurs)
  auth_rate_limit_per_ip: 10,
  auth_rate_limit_ip_block_ms: 300_000,
  auth_rate_limit_per_imsi: 5,
  auth_rate_limit_imsi_block_ms: 600_000,

  # Blocage GeoIP (désactivé par défaut)
  geoip_enabled: true,
  geoip_mode: :whitelist,
  geoip_countries: ["AU", "NZ"]
```

Consultez la Référence de Configuration pour la documentation complète des paramètres.

# Surveillance

## Panneau de Contrôle

Accédez au panneau de contrôle web à `http://<host>:4000/dashboard` pour :

- Surveillance des sessions en temps réel
- État des pairs Diameter
- Diffusion en direct des journaux
- Configuration système

Consultez le guide Panneau de Contrôle pour plus de détails.

## Métriques Prometheus

Récupérez les métriques depuis `http://<host>:9568/metrics` pour :

- Taux de succès/échec d'authentification
- Événements du cycle de vie des sessions
- Latence de signalisation Diameter

- Événements de sécurité (limitation de débit, blocs GeoIP)
- Utilisation du pool IP
- Statistiques du plan de données ESP

Consultez la Référence des Métriques pour les requêtes et les règles d'alerte.

# Dépannage

Problèmes courants et étapes de résolution :

| Problème | Vérification Rapide | Section du Guide |
|---|---|---|
| Échecs d'authentification | Vérifiez SWx MAR/MAA dans les journaux | Échecs d'Authentification |
| Problèmes de connexion Diameter | Vérifiez l'état des pairs dans le panneau de contrôle | Connectivité Diameter |
| Échecs de tunnel GTP | Vérifiez les codes de cause GTPv2-C | Échecs de Tunnel GTP |
| Problèmes de VPN Simple | Vérifiez l'interface TUN et les routes | Échecs de VPN Simple |
| Faux positifs de limitation de débit | Ajustez les seuils | Problèmes de Limitation de Débit |
| Problèmes de blocage GeoIP | Vérifiez la base de données et les codes de pays | Problèmes GeoIP |

Consultez le guide Dépannage pour des procédures de diagnostic détaillées.

# Index de Documentation

| Document | Description |
|---|---|
| Architecture | Conception du système, machines d'état, flux d'appels, références de protocole |
| Configuration | Référence de configuration complète avec exemples |
| Panneau de Contrôle | Guide de l'interface web avec captures d'écran |
| Métriques | Métriques Prometheus, requêtes, et alertes |
| Exigences Réseau | Ports de pare-feu et entrées DNS pour le déploiement |
| Sécurité | Limitation de débit et blocage par pays GeoIP |
| Dépannage | Problèmes courants et procédures de diagnostic |

# Architecture et Flux d'Appels d'OmniEPDG

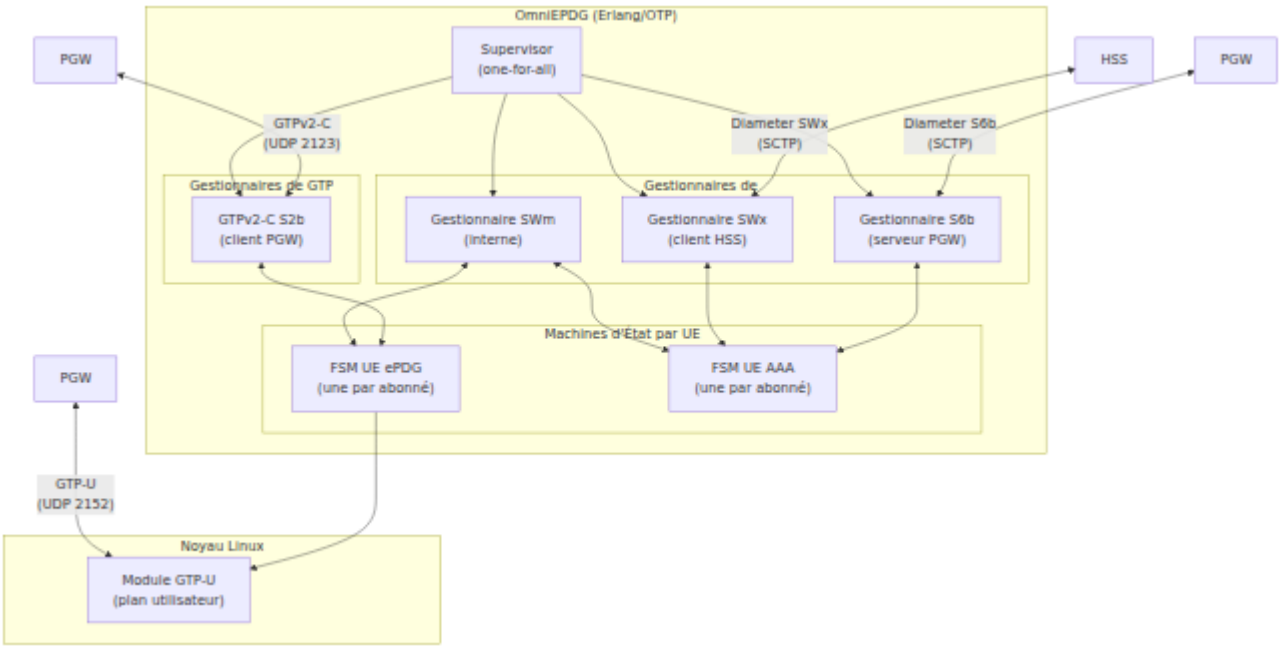
Ce document décrit l'architecture interne d'OmniEPDG, ses interfaces de protocole, les machines d'état UE et des diagrammes de séquence de messages détaillés pour les procédures clés. OmniEPDG prend en charge deux modes opérationnels : **mode GTP** (tunneling complet 3GPP via PGW) et **mode VPN Simple** (sortie locale avec interface TUN). Voir le Guide des Opérations pour une comparaison à un niveau élevé.

## Architecture Système

OmniEPDG est construit sur Erlang/OTP et implémente la fonction réseau ePDG (evolved Packet Data Gateway) de la 3GPP. Il fait le pont entre l'accès WiFi non fiable et le réseau mobile central, permettant aux UEs de passer et de recevoir des appels VoWiFi.

### Architecture du Mode GTP

Dans le mode GTP, le trafic des abonnés est tunnelé à travers un PGW en utilisant GTPv2-C pour le contrôle de session et le module GTP-U du noyau Linux pour le plan utilisateur.




# Architecture du Mode VPN Simple

Dans le mode VPN Simple, le trafic des abonnés est routé localement via une interface TUN Linux. Aucune infrastructure PGW ou GTP n'est requise. Les composants Diameter S6b, GTPv2-C et GTP-U sont remplacés par le sous-système VPN Simple.


# Arbre de Superviseur

OmniEPDG utilise une stratégie de superviseur **one-for-all**, ce qui signifie que si un processus enfant plante, tous les enfants sont redémarrés. Le superviseur démarre conditionnellement différents processus enfants en fonction du mode opérationnel.

**Processus démarrés dans les deux modes :**

| Processus | Rôle | Description |
|---|---|---|
| `aaa_diameter_swx` | Client Diameter SWx | Se connecte au HSS pour l'authentification et les opérations de profil d'abonné |
| `aaa_diameter_swm` | Diameter SWm (Interne) | Routage des messages EAP Diameter et de session entre le ePDG et les FSM AAA |
| `epdg_diameter_swm` | Gestionnaire SWm ePDG | Gère le côté ePDG de la signalisation Diameter interne SWm |

**Processus supplémentaires en mode GTP :**

| Processus | Rôle | Description |
|---|---|---|
| `aaa_diameter_s6b` | Serveur Diameter S6b | Accepte les connexions du PGW pour l'autorisation de session |
| `epdg_gtpc_s2b` | Client GTPv2-C | Envoie des demandes de création/suppression de session au PGW via S2b |
| `gtp_u_kmod` | Gestionnaire du Noyau GTP-U | Gère les contextes PDP GTP-U dans le module du noyau Linux |

**Processus supplémentaires en mode VPN Simple :**

| Processus | Rôle | Description |
|---|---|---|
| `simple_vpn_supervisor` | Superviseur du Sous-système VPN | Supervise les processus de gestion de pool IP et de route |
| `simple_vpn_pool` | Gestionnaire de Pool IP | Alloue et libère des adresses IPv4 du pool CIDR configuré en utilisant ETS |
| `simple_vpn_route` | Gestionnaire de Route | Crée l'interface TUN `omniepdg0` et gère les routes hôtes par abonné |

## Machines d'État par UE

Pour chaque abonné actif (identifié par l'IMSI), OmniEPDG crée deux instances de machine d'état :

- **FSM UE ePDG** (`epdg_ue_fsm`) - Gère le cycle de vie de session de l'abonné du point de vue du ePDG : authentification, création de tunnel GTP et coordination de la destruction
- **FSM UE AAA** (`aaa_ue_fsm`) - Gère la signalisation côté AAA : échanges Diameter SWx avec le HSS et échanges S6b avec le PGW

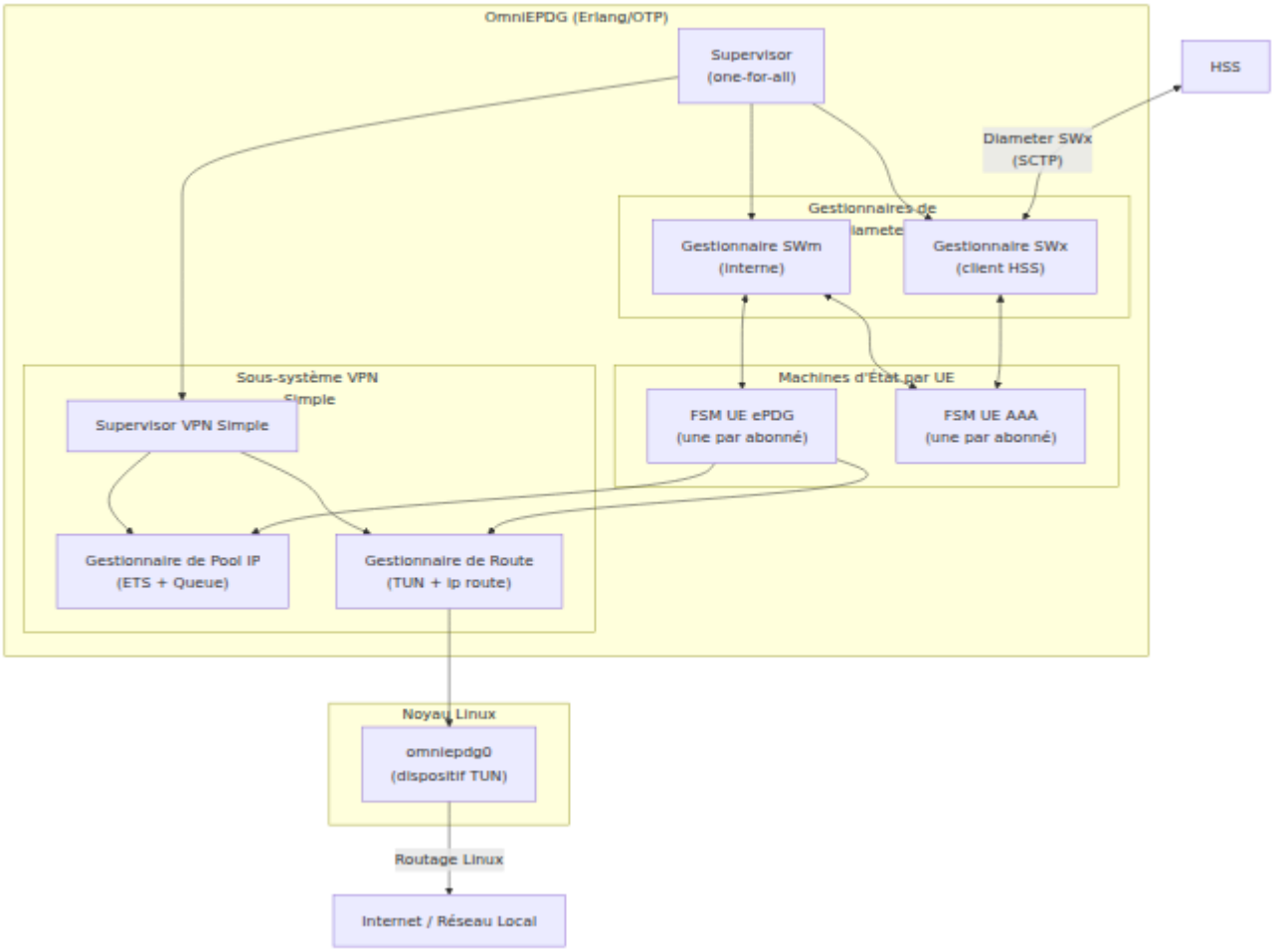
Les deux FSM sont implémentées en tant que processus Erlang `gen_statem` avec un mode de rappel de fonction d'état.

# États de la FSM UE ePDG

La FSM UE ePDG suit la session d'un abonné depuis la demande d'authentification initiale jusqu'à l'état de tunnel actif jusqu'à la destruction. Le comportement de la FSM diverge à l'état `authenticated` en fonction du mode opérationnel.

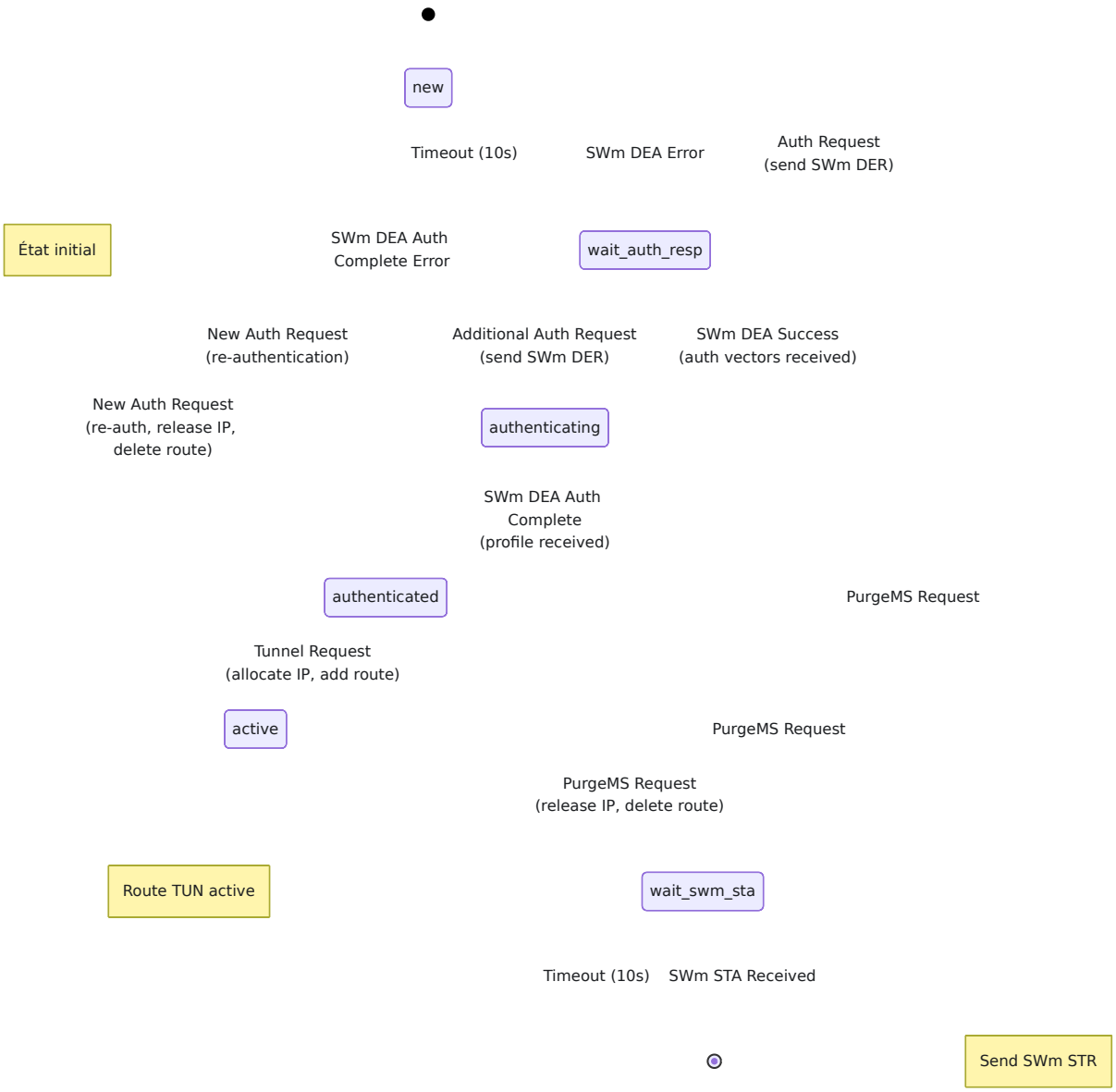
# FSM en Mode GTP

Dans le mode GTP, l'établissement du tunnel passe par la création de session GTPv2-C vers le PGW, et la destruction implique la suppression de session GTPv2-C, la suppression de port initiée par le PGW et les flux de désinscription initiés par le HSS.




# FSM en Mode VPN Simple

Dans le mode VPN Simple, la FSM prend un raccourci à l'état `authenticated`. Au lieu d'envoyer une demande de création de session GTPv2-C, la FSM alloue une adresse IP du pool local, crée une route hôte sur l'interface TUN et passe directement à `active`. Les états de destruction spécifiques à GTP (`wait_create_session_resp`, `wait_delete_session_resp`, `dereg_pgw_wait_cancel`, `dereg_net_wait_s2b_delete`) ne sont pas utilisés.


new
Timeout (10s)
SWm DEA Error
Auth Request
(send SWm DER)
État initial
SWm DEA Auth
Complete Error
wait_auth_resp
New Auth Request
(re-authentication)
Additional Auth Request
(send SWm DER)
SWm DEA Success
(auth vectors received)
New Auth Request
(re-auth, release IP,
delete route)
authenticating
SWm DEA Auth
Complete
(profile received)
authenticated
PurgeMS Request
Tunnel Request
(allocate IP, add route)
active
PurgeMS Request
PurgeMS Request
(release IP, delete route)
Route TUN active
wait_swm_sta
Timeout (10s)
SWm STA Received
Send SWm STR

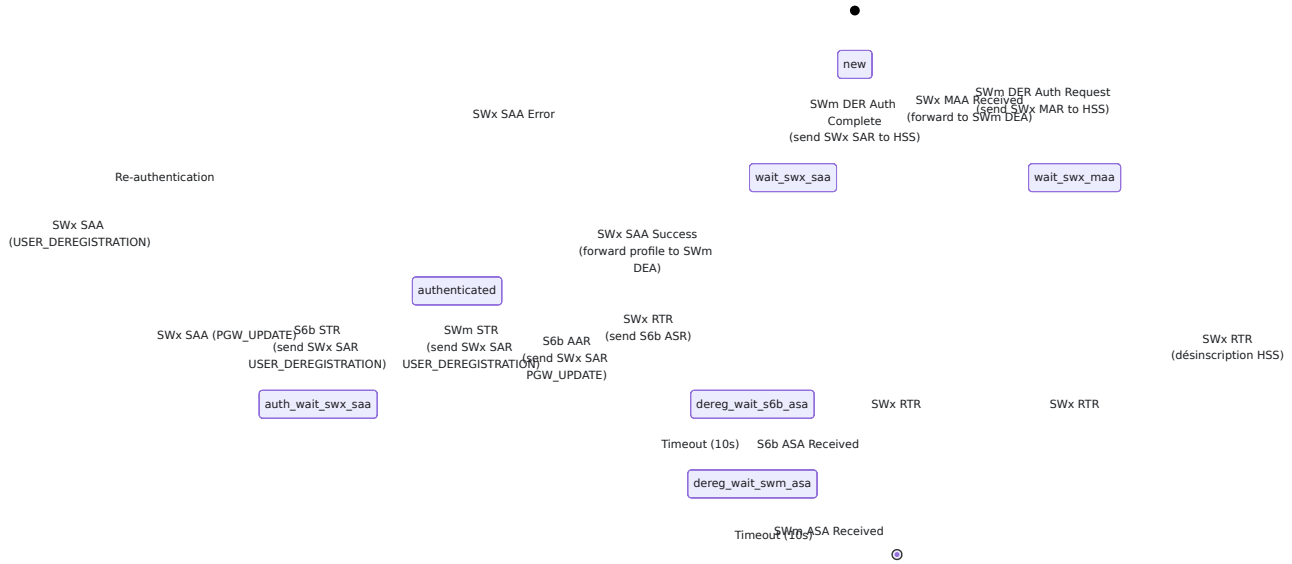
# Référence des États de la FSM UE ePDG

| État | Mode | Description | En Attente De |
|---|---|---|---|
| `new` | Les Deux | État initial. Pas de session active. | Demande d'authentificatio de l'UE |
| `wait_auth_resp` | Les Deux | Demande d'authentification envoyée via SWm DER. | SWm DEA avec vecteurs d'authentificatio ou erreur |
| `authenticating` | Les Deux | Vecteurs d'authentification reçus, échange EAP en cours. | Mise à jour de localisation / achèvement de l'authentificatior |
| `authenticated` | Les Deux | Authentification complète, profil d'abonné téléchargé. | Demande de tunnel de l'UE |
| `wait_create_session_resp` | GTP | Demande de création de session GTPv2-C envoyée au PGW. | Réponse de création de session du PGW |
| `active` | Les Deux | Tunnel/route opérationnel. Le trafic de l'abonné circule. | Déclencheur de destruction |
| `wait_delete_session_resp` | GTP | Demande de suppression de session GTPv2-C envoyée au PGW | Réponse de suppression de session du PGW |

| État | Mode | Description | En Attente De |
|---|---|---|---|
| | | (destruction initiée par l'UE). | |
| `wait_swm_sta` | Les Deux | Demande de terminaison de session SWm envoyée. | SWm STA de AA |
| `dereg_pgw_wait_cancel` | GTP | Désinscription initiée par le PGW. Localisation d'annulation envoyée à l'UE. | Résultat de localisation d'annulation |
| `dereg_net_wait_cancel` | GTP | Désinscription initiée par le réseau/HSS. Localisation d'annulation envoyée à l'UE. | Résultat de localisation d'annulation |
| `dereg_net_wait_s2b_delete` | GTP | Désinscription initiée par le réseau. Suppression de session S2b envoyée au PGW. | Réponse de suppression de session |

# États de la FSM UE AAA

La FSM UE AAA gère la signalisation Diameter vers le HSS (SWx) et le PGW (S6b) au nom de chaque abonné.


new
SWm DER Auth
Complete
(send SWx SAR to HSS)
SWx MAA Received
(forward to SWm DEA)
SWm DER Auth Request
(send SWx MAR to HSS)
SWx SAA Error
Re-authentication
wait_swx_saa
wait_swx_maa
SWx SAA
(USER_DEREGISTRATION)
SWx SAA Success
(forward profile to SWm
DEA)
authenticated
SWx SAA (PGW_UPDATE)
S6b STR
(send SWx SAR
USER_DEREGISTRATION)
SWm STR
(send SWx SAR
USER_DEREGISTRATION)
S6b AAR
(send SWx SAR
PGW_UPDATE)
SWx RTR
(send S6b ASR)
SWx RTR
(désinscription HSS)
auth_wait_swx_saa
dereg_wait_s6b_asa
SWx RTR
SWx RTR
Timeout (10s)
S6b ASA Received
dereg_wait_swm_asa
Timeout (10s)
SWm ASA Received

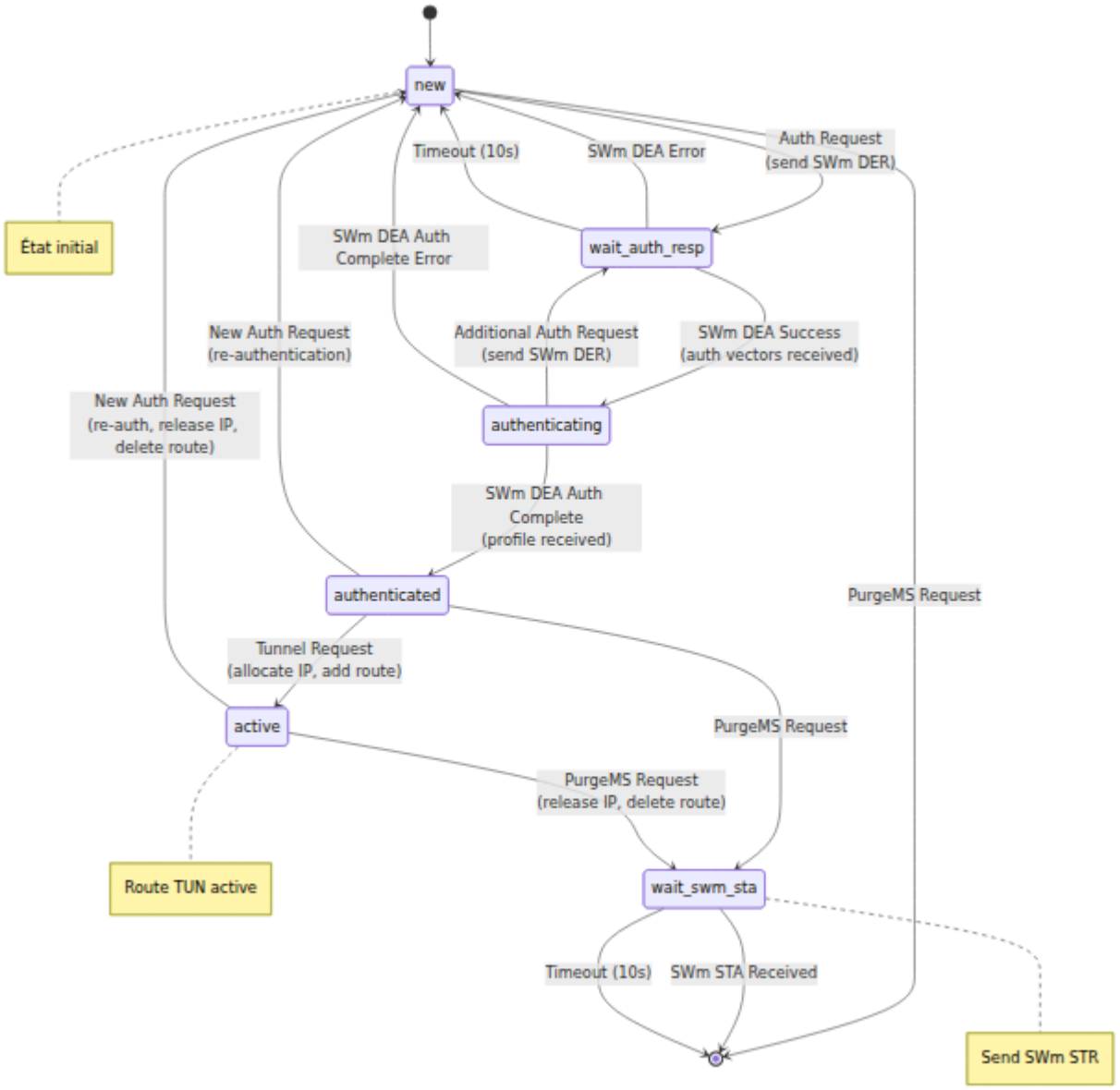
# Référence des États de la FSM UE AAA

| État | Description | En Attente De |
|---|---|---|
| `new` | État initial. Pas de session AAA active. | Demande d'authentification Diameter |
| `wait_swx_maa` | SWx MAR envoyé au HSS pour vecteurs EAP-AKA. | SWx MAA du HSS |
| `wait_swx_saa` | SWx SAR envoyé au HSS pour attribution de serveur. | SWx SAA du HSS |
| `authenticated` | Les sessions ePDG et PGW peuvent être actives. Suit l'état de session dual. | Événements de session |
| `auth_wait_swx_saa` | SWx SAR envoyé pour mise à jour PGW ou désinscription utilisateur. | SWx SAA du HSS |
| `dereg_net_wait_s6b_asa` | Désinscription initiée par le HSS. S6b ASR envoyé au PGW. | S6b ASA du PGW |
| `dereg_net_wait_swm_asa` | La destruction S6b est terminée. SWm ASR envoyé au ePDG. | SWm ASA du ePDG |

# Flux d'Appels

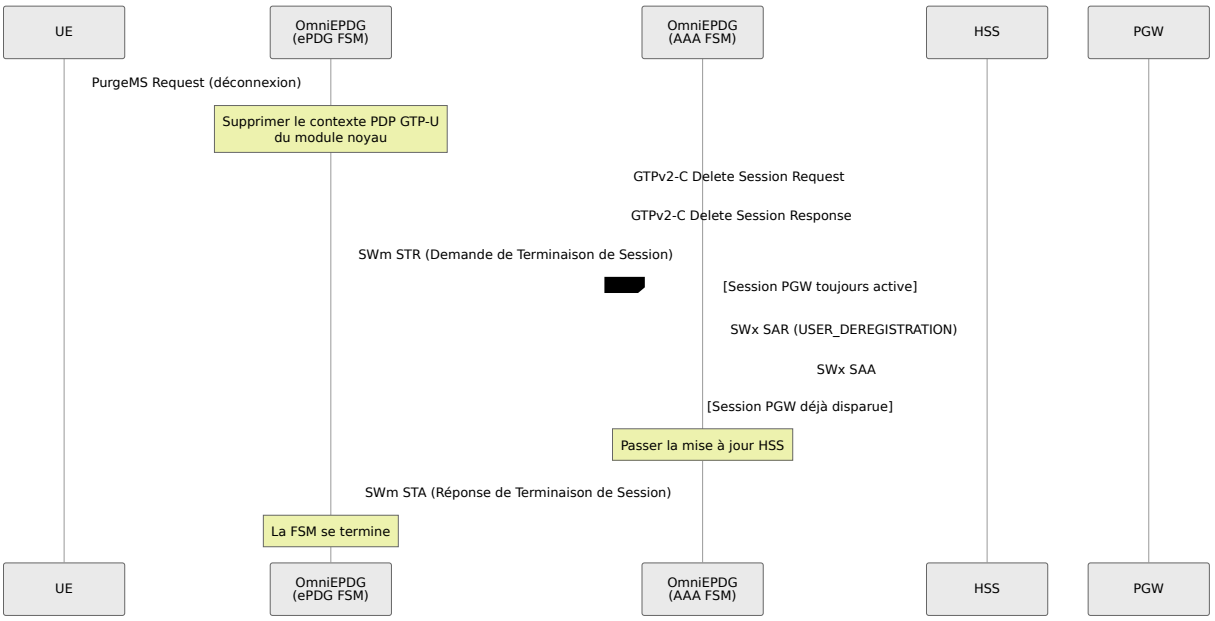
## Mode GTP : Établissement de Session Réussi

Cette séquence montre une session complète réussie depuis l'authentification EAP-AKA jusqu'à un tunnel GTP actif.



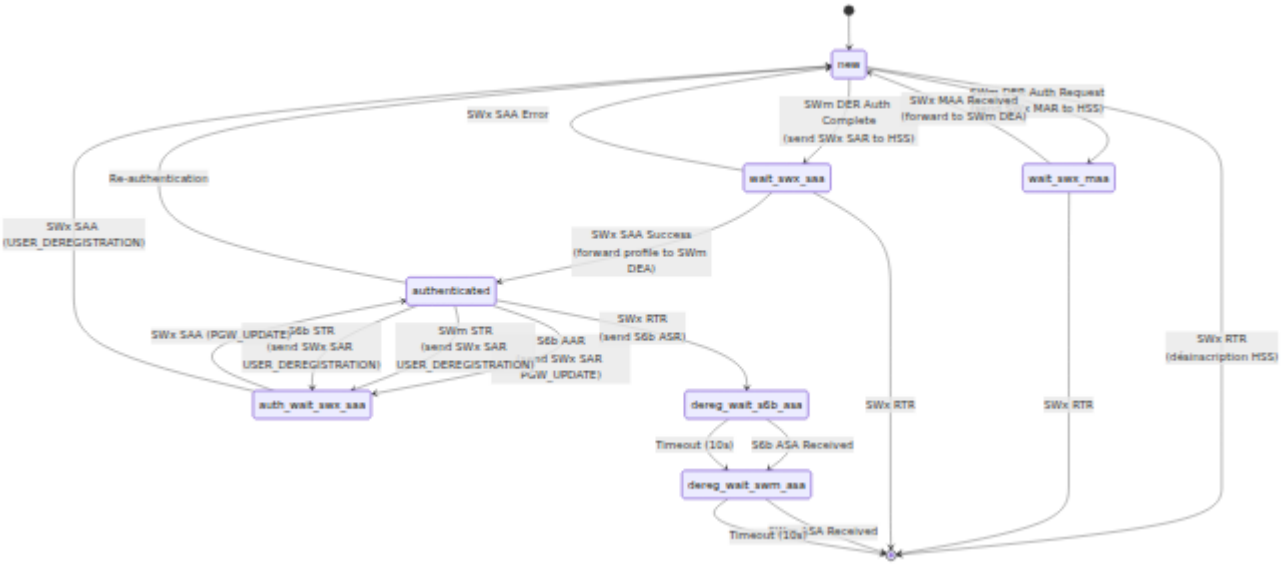

## Mode GTP : Destruction de Session Initiée par l'UE

Lorsque l'UE se déconnecte (par exemple, passe de WiFi à cellulaire ou l'utilisateur raccroche).



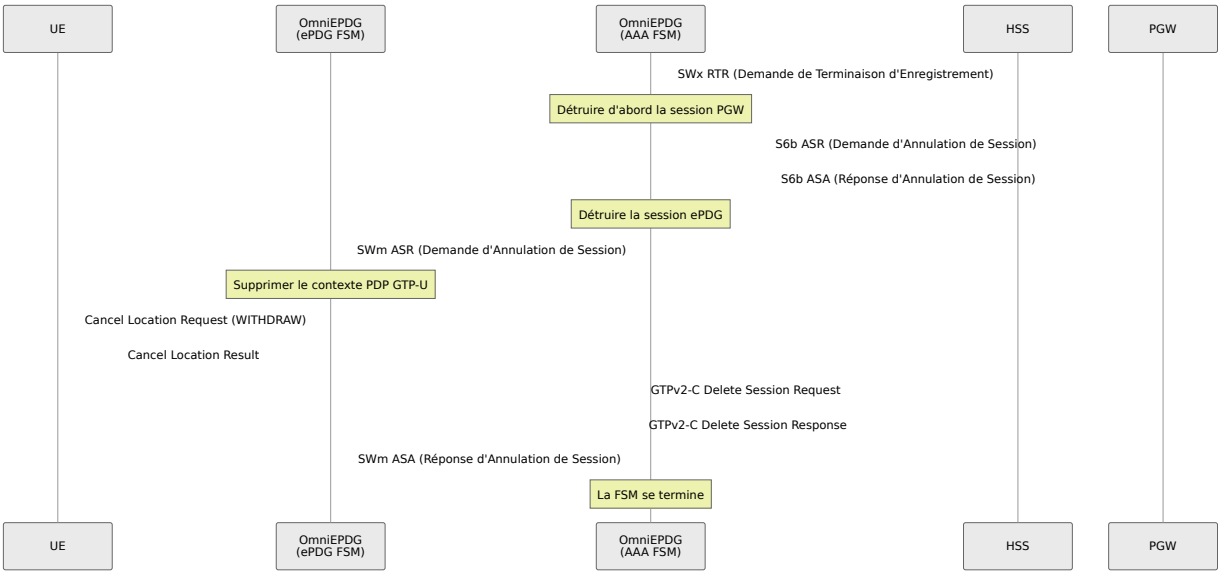

# Mode GTP : Destruction de Session Initiée par le PGW

Lorsque le PGW termine la session (par exemple, violation de politique, délai d'attente ou action administrative).




# Mode GTP : Désinscription Initiée par le Réseau (HSS)

Lorsque le HSS révoque l'enregistrement d'un abonné (par exemple, changement d'abonnement, détection de fraude ou action administrative).




# Mode GTP : Poussée de Profil HSS et Ré-authentification

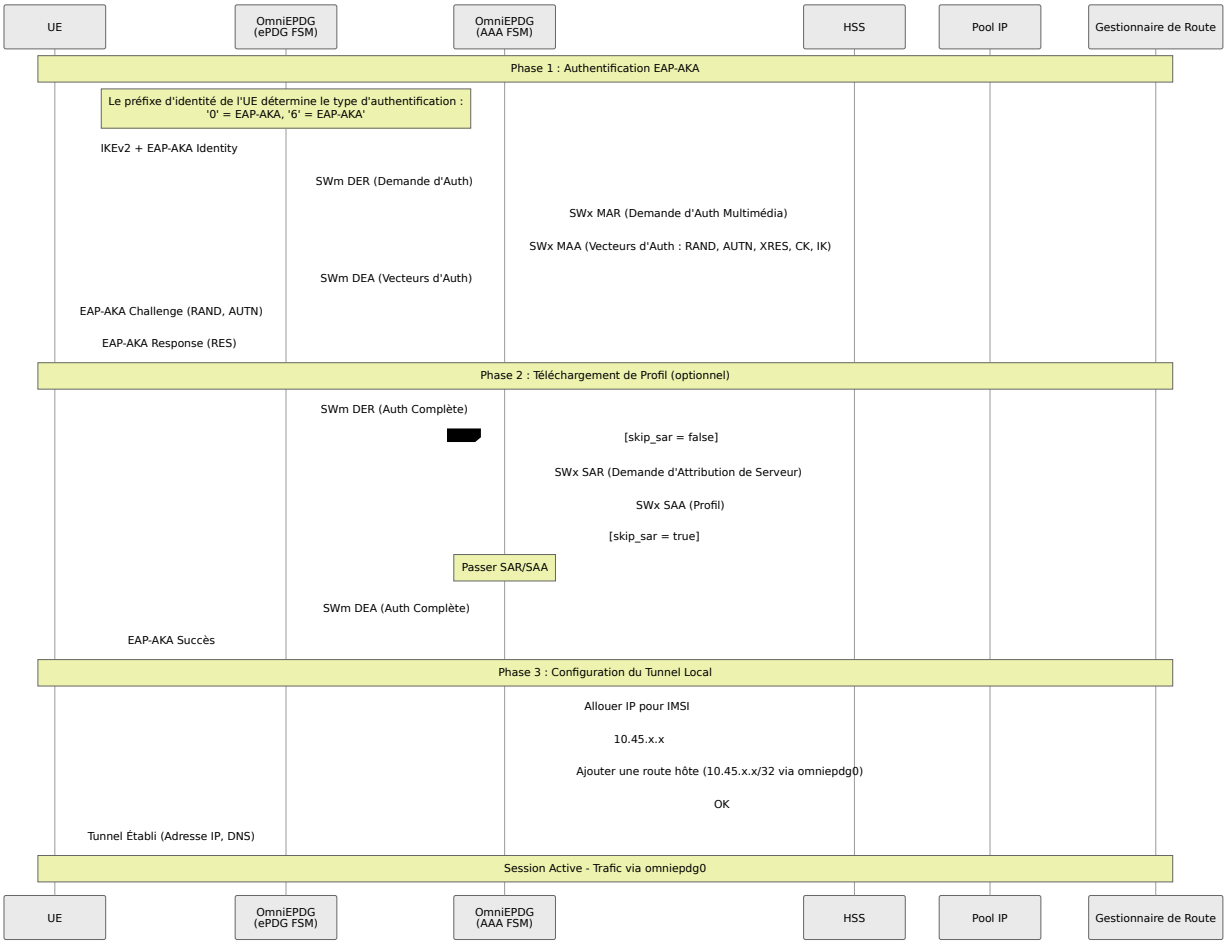
Lorsque le HSS pousse un profil d'abonné mis à jour, OmniEPDG déclenche une ré-authentification sur les sessions ePDG (SWm) et PGW (S6b) conformément à 3GPP TS 29.273 Section 8.1.2.3.3.

Parse error on line 15: ... Ré-auth session PGW AAA->>PGW: ---------- ^ 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

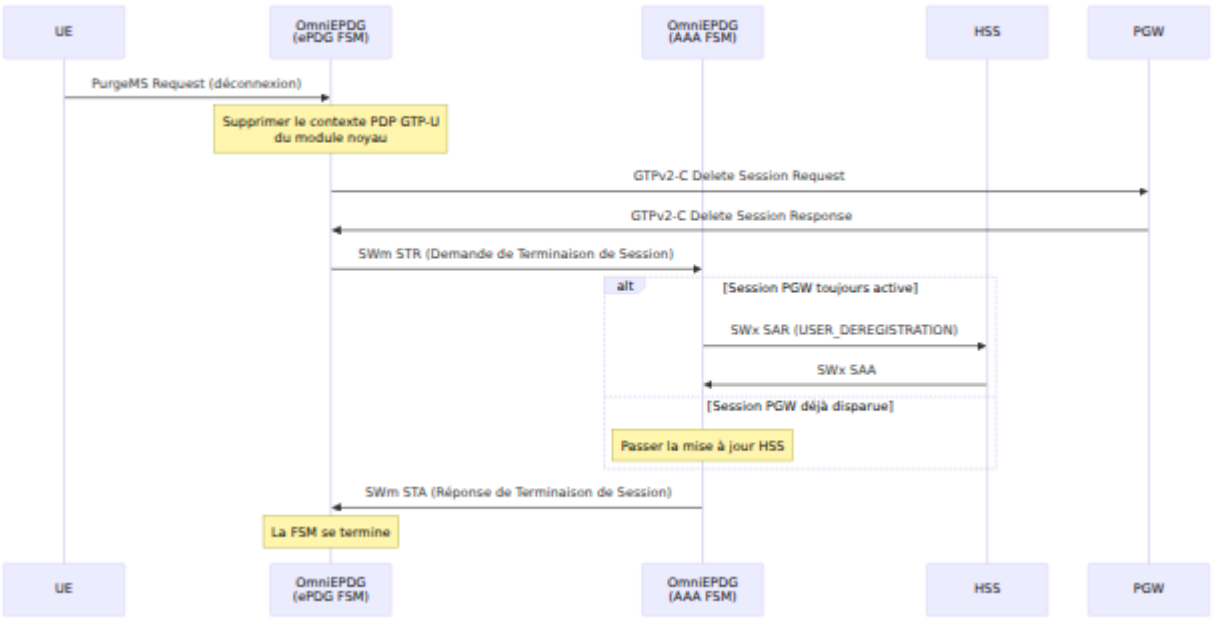
# Mode VPN Simple : Établissement de Session Réussi

Dans le mode VPN Simple, l'établissement de session est plus court. Après l'authentification EAP-AKA, la FSM ePDG alloue une IP du pool local et configure une route hôte sur l'interface TUN, contournant toute interaction avec le PGW. Si `skip_sar` est activé, l'échange SAR/SAA avec le HSS est également ignoré.




# Mode VPN Simple : Destruction de Session Initiée par l'UE

Lorsque l'UE se déconnecte en mode VPN Simple, la FSM libère l'adresse IP allouée et supprime la route hôte.




# Identifiants d'Application Diameter

| Identifiant d'Application | Interface | Identifiant de Fournisseur | Description | Référence |
|---|---|---|---|---|
| 16777265 | SWx | 10415 (3GPP) | ePDG ↔ HSS authentification et gestion des abonnés | 3GPP TS 29.273 |
| 16777272 | S6b | 10415 (3GPP) | AAA ↔ PGW autorisation de session | 3GPP TS 29.273 |

# Codes de Résultat Diameter

OmniEPDG mappe les codes de résultat Diameter aux valeurs de cause internes pour la propagation d'erreurs inter-protocoles.

# Codes de Résultat Standards

| Code de Résultat | Nom | Signification |
|---|---|---|
| 2001 | DIAMETER_SUCCESS | Opération complétée avec succès |
| 2002 | DIAMETER_LIMITED_SUCCESS | Opération partiellement réussie |

## Codes de Résultat Expérimentaux 3GPP

| Code de Résultat | Nom | Significat |
|---|---|---|
| 4181 | DIAMETER_AUTHENTICATION_DATA_UNAVAILABLE | HSS ne peut temporairem pas fournir d données d'authentific |
| 5001 | DIAMETER_ERROR_USER_UNKNOWN | IMSI de l'abo non trouvé d le HSS |
| 5002 | DIAMETER_UNKNOWN_SESSION_ID | Session non trouvée (util pour STR/AA obsolètes) |
| 5003 | DIAMETER_AUTHORIZATION_REJECTED | Abonné non autorisé pou service |
| 5004 | DIAMETER_ERROR_ROAMING_NOT_ALLOWED | Restrictions roaming appliquées |
| 5005 | DIAMETER_MISSING_AVP | AVP requis manquant d message |
| 5012 | DIAMETER_UNABLE_TO_COMPLY | Échec de traitement générique |

| Code de Résultat | Nom | Significat |
|---|---|---|
| 5420 | DIAMETER_ERROR_UNKNOWN_EPS_SUBSCRIPTION | Aucune souscription trouvée |
| 5421 | DIAMETER_ERROR_RAT_NOT_ALLOWED | Technologie d'accès non autorisée |
| 5422 | DIAMETER_ERROR_EQUIPMENT_UNKNOWN | IMEI de l'app non reconnu |

# Codes de Cause GTPv2-C (Mode GTP Seulement)

OmniEPDG gère les codes de cause GTPv2-C suivants dans les réponses de création/suppression de session du PGW. Les codes 1-15 sont informatifs, 16-63 indiquent le succès, et 64+ indiquent des erreurs. Voir 3GPP TS 29.274 Section 8.4.

## Causes de Succès

| Code | Nom | Description |
|---|---|---|
| 16 | Request Accepted | Opération complétée avec succès |
| 17 | Request Accepted Partially | Succès partiel |
| 18 | New PDN Type (Network Preference) | Type de PDN changé en raison de la préférence du réseau |
| 19 | New PDN Type (Single Address Bearer) | Type de PDN changé en raison de la restriction de port d'adresse unique |

## Causes d'Erreur (Sélectionnées)

| Code | Nom | Description |
|---|---|---|
| 64 | Context Not Found | Contexte de session non trouvé sur le PGW |
| 73 | No Resources Available | Épuisement des ressources PGW |
| 78 | Missing or Unknown APN | APN demandé non configuré sur le PGW |
| 82 | Denied in RAT | Technologie d'accès non autorisée |
| 84 | All Dynamic Addresses Occupied | Pool d'adresses IP épuisé sur le PGW |
| 92 | User Authentication Failed | Échec de l'authentification au PGW |
| 93 | APN Access Denied | Abonné non autorisé pour l'APN |
| 96 | IMSI/IMEI Not Known | Identité de l'abonné non reconnue |
| 109 | Invalid Peer | Échec de validation du pair |
| 113 | APN Congestion | APN surchargé |
| 120 | GTP-C Entity Congestion | Plan de contrôle PGW surchargé |

# Format NAI

OmniEPDG identifie les abonnés en utilisant le format d'Identifiant d'Accès au Réseau (NAI) défini dans 3GPP TS 23.003 Section 19 :

```
<prefix><IMSI>@nai.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.3gppnetwork.org
```

## Préfixe d'Identité et Type d'Authentification

Le préfixe NAI détermine la méthode d'authentification EAP selon la 3GPP TS 23.003 :

| Préfixe | Type d'Authentification | Description |
|---|---|---|
| `0` | EAP-AKA | Authentification AKA standard (la plus courante pour les appels WiFi) |
| `6` | EAP-AKA' | Authentification AKA améliorée avec liaison au réseau |

OmniEPDG sélectionne automatiquement la méthode d'authentification en fonction du préfixe d'identité de l'UE. La plupart des UEs utilisent le préfixe `0` (EAP-AKA) pour les appels WiFi.

OmniEPDG extrait l'IMSI du NAI en analysant tout ce qui se trouve entre le préfixe et le symbole `@`. L'IMSI est ensuite utilisé comme clé principale pour toutes les machines d'état et opérations de signalisation par abonné.

# Algorithmes Cryptographiques

OmniEPDG implémente des algorithmes cryptographiques conformément à 3GPP TS 33.402 et RFC 7296 (IKEv2).

# Algorithmes de Chiffrement IKEv2

| Algorithme | ID | Taille de Clé | Statut | Référence |
|---|---|---|---|---|
| AES-CBC | 12 | 128, 192, 256 bits | Supporté (par défaut : 256) | RFC 3602 |
| AES-GCM-16 | 20 | 128, 192, 256 bits | Supporté | RFC 5282 |
| AES-GCM-12 | 19 | 128, 192, 256 bits | Supporté | RFC 5282 |
| AES-GCM-8 | 18 | 128, 192, 256 bits | Supporté | RFC 5282 |
| 3DES | 3 | 192 bits | Supporté (héritage) | RFC 2451 |

# Algorithmes d'Intégrité IKEv2

| Algorithme | ID | Taille de Clé | Taille ICV | Statut | Référence |
|---|---|---|---|---|---|
| HMAC-SHA2-256-128 | 12 | 256 bits | 128 bits | Supporté (par défaut) | RFC 4868 |
| HMAC-SHA2-384-192 | 13 | 384 bits | 192 bits | Supporté | RFC 4868 |
| HMAC-SHA2-512-256 | 14 | 512 bits | 256 bits | Supporté | RFC 4868 |
| AES-XCBC-96 | 5 | 128 bits | 96 bits | Supporté | RFC 3566 |
| HMAC-SHA1-96 | 2 | 160 bits | 96 bits | Supporté (héritage) | RFC 2404 |
| HMAC-MD5-96 | 1 | 128 bits | 96 bits | Supporté (héritage) | RFC 2403 |

AES-XCBC-96 (`AUTH_AES_XCBC_96`) est requis par certains appareils, notamment certains clients Samsung VoWiFi, qui l'offrent comme leur seul transformateur d'intégrité. Il est implémenté conformément à la RFC 3566 avec le traitement de clé variable et la troncature du nonce SKEYSEED définie dans RFC 4434 et RFC 7296 Section 2.14.

# Algorithmes PRF IKEv2

| Algorithme | ID | Taille de Sortie | Statut | Référence |
|---|---|---|---|---|
| PRF-HMAC-SHA2-256 | 5 | 256 bits | Supporté (par défaut) | RFC 4868 |
| PRF-HMAC-SHA2-384 | 6 | 384 bits | Supporté | RFC 4868 |
| PRF-HMAC-SHA2-512 | 7 | 512 bits | Supporté | RFC 4868 |
| PRF-AES128-XCBC | 4 | 128 bits | Supporté | RFC 4434 |
| PRF-HMAC-SHA1 | 2 | 160 bits | Supporté (héritage) | RFC 2104 |
| PRF-HMAC-MD5 | 1 | 128 bits | Supporté (héritage) | RFC 2104 |

Lorsque `PRF-AES128-XCBC` est négocié, SKEYSEED est dérivé uniquement des 64 premiers bits de chacun de Ni et Nr (conformément à la section 2.14 de la RFC 7296), tandis que les nonces complets alimentent l'expansion de clé prf+.

## Groupes Diffie-Hellman IKEv2

| Groupe | ID | Taille | Statut | Référence |
|---|---|---|---|---|
| MODP-2048 | 14 | 2048 bits | Supporté (par défaut) | RFC 3526 |
| MODP-1024 | 2 | 1024 bits | Supporté (héritage) | RFC 2409 |
| MODP-1536 | 5 | 1536 bits | Supporté | RFC 3526 |
| MODP-3072 | 15 | 3072 bits | Supporté | RFC 3526 |
| MODP-4096 | 16 | 4096 bits | Supporté | RFC 3526 |
| ECP-256 | 19 | 256 bits | Supporté | RFC 5903 |
| ECP-384 | 20 | 384 bits | Supporté | RFC 5903 |
| ECP-521 | 21 | 521 bits | Supporté | RFC 5903 |
| Curve25519 | 31 | 256 bits | Supporté | RFC 8031 |
| Curve448 | 32 | 448 bits | Supporté | RFC 8031 |

## Algorithmes ESP (Child SA)

Les algorithmes de tunnel ESP sont négociés à partir de la proposition SA que l'UE offre dans IKE_AUTH (et dans CREATE_CHILD_SA lors du renouvellement). OmniEPDG sélectionne un transformateur que l'UE a effectivement proposé et dérive les clés Child SA avec les tailles de clé et ICV correspondantes. Il ne force pas un ensemble fixe.

| Type | Algorithmes | Remarques |
|---|---|---|
| Chiffrement | AES-CBC-128 / 192 / 256 | Le chiffre suit la longueur de clé négociée |
| Intégrité | HMAC-SHA2-256-128, HMAC-SHA2-384-192, HMAC-SHA2-512-256, AES-XCBC-96, HMAC-SHA1-96 | L'ICV AES-XCBC-96 est de 12 octets (contre 16 pour HMAC-SHA2-256-128) |

**Fallback (uniquement lorsque la proposition de l'UE ne peut pas être analysée) :**

- Chiffrement : AES-CBC-256 (clé de 32 octets, IV de 16 octets)
- Intégrité : HMAC-SHA2-256-128 (clé de 32 octets, ICV de 16 octets)

## Fonctions Cryptographiques EAP-AKA

| Fonction | Algorithme | Référence |
|---|---|---|
| Dérivation MK | SHA-1 | RFC 4187 Section 7 |
| Expansion de clé PRF+ | PRF FIPS 186-2 (SHA-1) | RFC 4187 Annexe D |
| AT_MAC | HMAC-SHA1-128 | RFC 4187 Section 10.15 |
| Milenage (f1-f5) | AES-128 | 3GPP TS 35.206 |

## Fonctions Cryptographiques EAP-AKA'

| Fonction | Algorithme | Référence |
|---|---|---|
| Dérivation CK'/IK' | HMAC-SHA-256 | RFC 5448 Section 3.3 |
| Dérivation MK | SHA-256 | RFC 5448 Section 3.4 |
| AT_MAC | HMAC-SHA256-128 | RFC 5448 Section 3.1 |

## Conformité 3GPP

OmniEPDG implémente tous les algorithmes cryptographiques obligatoires spécifiés dans 3GPP TS 33.402 Section 8 :

| Exigence | Algorithme | Statut |
|---|---|---|
| Chiffrement IKEv2 (obligatoire) | AES-CBC-128 | ✓ Supporté |
| Intégrité IKEv2 (obligatoire) | HMAC-SHA2-256-128 | ✓ Supporté (par défaut) |
| PRF IKEv2 (obligatoire) | PRF-HMAC-SHA-256 | ✓ Supporté (par défaut) |
| DH IKEv2 (obligatoire) | Groupe 14 (MODP-2048) | ✓ Supporté (par défaut) |
| Chiffrement ESP (obligatoire) | AES-CBC-128/256 | ✓ Supporté |
| Intégrité ESP (obligatoire) | HMAC-SHA2-256-128 | ✓ Supporté (par défaut) |
| EAP-AKA | RFC 4187 | ✓ Implémenté |
| EAP-AKA' | RFC 5448 | ✓ Implémenté |

Au-delà de l'ensemble obligatoire, OmniEPDG prend également en charge les transformations d'intégrité et PRF AES-XCBC (RFC 3566 / RFC 4434) pour l'interopérabilité avec les appareils qui les offrent exclusivement : par exemple certains clients Samsung VoWiFi, qui proposent AES-CBC-256 / AUTH_AES_XCBC_96 / PRF_AES128_XCBC / MODP-2048 et ne reviendront pas à HMAC-SHA2.

# Types d'Adresse PDP (Mode GTP Seulement)

OmniEPDG prend en charge les types d'adresse PDP suivants tels que définis dans 3GPP TS 29.274 Section 8.14. En mode VPN Simple, seules les adresses

IPv4 sont allouées à partir du pool local.

| Type | Description | Format PAA GTPv2-C |
|---|---|---|
| IPv4 | Port uniquement IPv4 | Adresse IPv4 de 4 octets |
| IPv6 | Port uniquement IPv6 | Longueur de préfixe de 1 octet + adresse IPv6 de 16 octets |
| IPv4v6 | Port double pile | Longueur de préfixe de 1 octet + adresse IPv6 de 16 octets + adresse IPv4 de 4 octets |

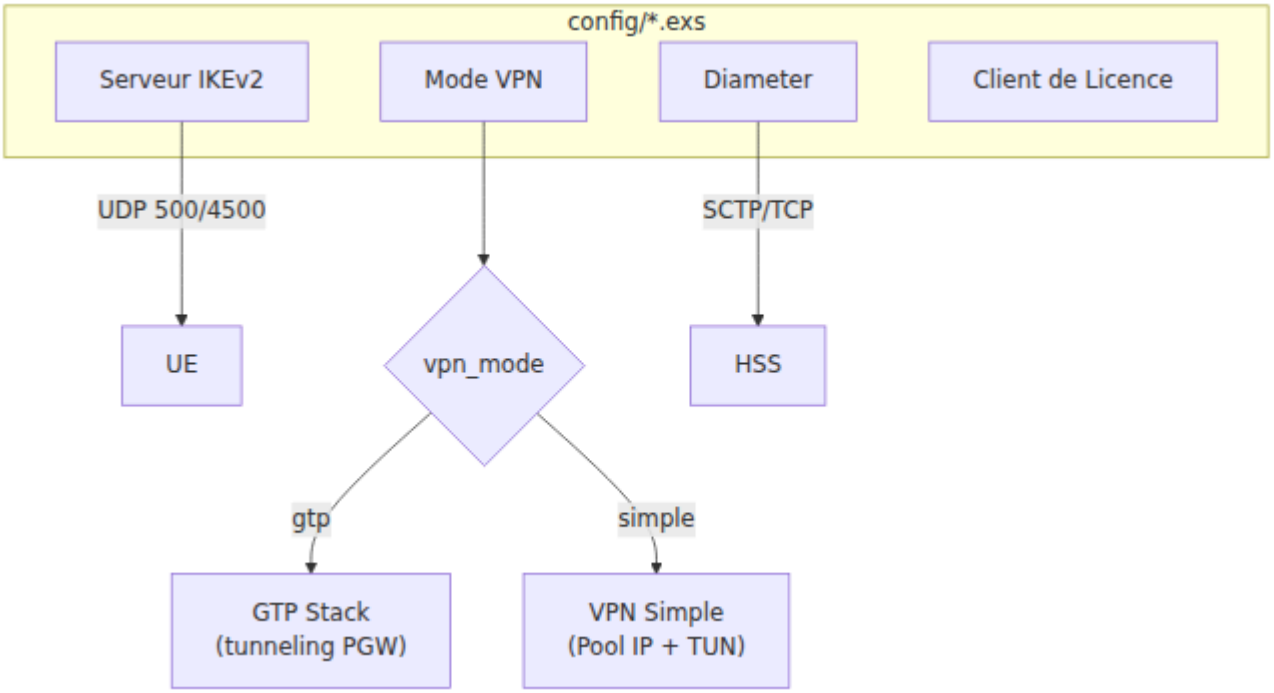
# Référence de Configuration OmniEPDG

OmniEPDG est configuré via `config/runtime.exs` et des variables d'environnement. Toute configuration destinée aux clients est effectuée à l'exécution - les valeurs par défaut à la compilation sont intégrées dans la version et ne sont pas exposées.

Pour les déploiements conteneurisés, utilisez les variables d'environnement comme documenté dans la section Référence des Variables d'Environnement.

## Table des Matières

# Structure de Configuration




# Fichier de Configuration

Toute la configuration est effectuée dans `config/runtime.exs`. OmniEPDG lit ce fichier lors de son démarrage. Le fichier prend en charge la substitution de variables d'environnement pour les déploiements conteneurisés.

## Exemple de Configuration

```
# config/runtime.exs
config :omniepdg,
  # Paramètres du serveur IKEv2
  listen_ip: {0, 0, 0, 0},
  port_500: 500,
  port_4500: 4500,

  # Mode VPN : :simple (sortie locale) ou :gtp (PGW via GTP-C)
  vpn_mode: :simple,

  # Paramètres du mode VPN simple
  simple_vpn: [
    pool_ipv4: "10.45.0.0/16",
    pool_ipv6: "2001:db8::/32",
    dns_servers_ipv4: ["8.8.8.8", "8.8.4.4"],
    dns_servers_ipv6: ["2001:4860:4860::8888",
"2001:4860:4860::8844"]
  ]

# Configuration du panneau de contrôle
config :control_panel,
  parent_application: :omniepdg,
  parent_application_readable_name: "OmniEPDG",
  use_additional_pages: [
    {OmniEpdg.Web.DashboardLive, "/", "Tableau de Bord"},
    {OmniEpdg.Web.SessionsLive, "/sessions", "Sessions"},
    {OmniEpdg.Web.DiameterLive, "/diameter", "Diameter"}
  ]

# Configuration Diameter (runtime.exs)
config :diameter_ex,
  diameter: %{
    service_name: :omniepdg,
    listen_ip: "0.0.0.0",
    listen_port: 3868,
    host: "epdg",
    realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
    product_name: "OmniEPDG",
    vendor_id: 10415,
    applications: [
      %{application_name: :swx, application_id: 16_777_265,
```

```
vendor_id: 10415},
      %{application_name: :s6b, application_id: 16_777_272,
vendor_id: 10415}
    ],
    peers: [
      %{host: "hss", ip: "127.0.0.1", port: 3868, transport: :tcp}
    ]
  }

# Configuration du client de licence (runtime.exs)
config :license_client,
  server_url: "https://license.example.com/api",
  product: "omniepdg"
```

## Paramètres du Serveur IKEv2

Le serveur IKEv2 gère l'interface SWu entre les UE et OmniEPDG. Il termine les tunnels IPSec et effectue l'authentification EAP-AKA.

| Paramètre | Type | Requis | Par Défau |
| --- | --- | --- | --- |
| `listen_ip` | Tuple | Non | `{0, 0, 0, 0}` |
| `port_500` | Integer | Non | `500` |
| `port_4500` | Integer | Non | `4500` |
| `cert_file` | String | Oui | `/etc/omniepdg/cert` |
| `key_file` | String | Oui | `/etc/omniepdg/cert` |

| Paramètre | Type | Requis | Par Défau |
|---|---|---|---|
| | | | |
| `session_inactivity_timeout_ms` | Integer | Non | `300000` |

## Paramètres de Sécurité d'Authentification

OmniEPDG inclut une protection intégrée contre les attaques par force brute et le contrôle d'accès géographique. Consultez le Guide de Sécurité pour une documentation détaillée.

### Paramètres de Limitation de Taux

```
config :omniepdg,
  # Limitation de taux par IP
  auth_rate_limit_per_ip: 10,
  auth_rate_limit_ip_window_ms: 60_000,
  auth_rate_limit_ip_block_ms: 300_000,

  # Limitation de taux par IMSI
  auth_rate_limit_per_imsi: 5,
  auth_rate_limit_imsi_window_ms: 60_000,
  auth_rate_limit_imsi_block_ms: 600_000
```

| Paramètre | Type | Requis | Par Défaut | Descr |
|---|---|---|---|---|
| `auth_rate_limit_per_ip` | Integer | Non | `10` | Nombre maximur tentative d'authen échouées avant blo |
| `auth_rate_limit_ip_window_ms` | Integer | Non | `60000` | Fenêtre g pour com échecs IP (millisecc |
| `auth_rate_limit_ip_block_ms` | Integer | Non | `300000` | Durée de blocage p IP dépass seuil (5 n |
| `auth_rate_limit_per_imsi` | Integer | Non | `5` | Nombre maximur tentative d'authen échouées IMSI avar blocage. |
| `auth_rate_limit_imsi_window_ms` | Integer | Non | `60000` | Fenêtre g pour com échecs IM (millisecc |
| `auth_rate_limit_imsi_block_ms` | Integer | Non | `600000` | Durée de blocage p IMSI dépa |

| Paramètre | Type | Requis | Par Défaut | Descr |
|---|---|---|---|---|
| | | | | seuil (10 minutes) |

### Paramètres GeoIP

```
config :omniepdg,
  geoip_enabled: false,
  geoip_database_path: "/etc/omniepdg/GeoLite2-Country.mmdb",
  geoip_mode: :whitelist,
  geoip_countries: ["AU", "NZ"],
  geoip_allow_unknown: false,
  geoip_fail_open: true
```

| Paramètre | Type | Requis | Par Défaut | |
|---|---|---|---|---|
| `geoip_enabled` | Boolean | Non | `false` | |
| `geoip_database_path` | String | Non | `"/etc/omniepdg/GeoLite2-Country.mmdb"` | |
| `geoip_mode` | Atom | Non | `:whitelist` | |
| `geoip_countries` | List | Non | `[]` | |

| Paramètre | Type | Requis | Par Défaut | |
|---|---|---|---|---|
| `geoip_allow_unknown` | Boolean | Non | mode-dépendant | |
| `geoip_fail_open` | Boolean | Non | `true` | |

## Sélection du Mode VPN

| Paramètre | Type | Requis | Par Défaut | Var Env | Description |
|---|---|---|---|---|---|
| `vpn_mode` | Atom | Non | `:simple` | `EPDG_VPN_MODE` | Mode opérationnel : `:simple` pour une sortie IP locale via l'interface TUN, `:gtp` pour le tunneling à travers un PGW via GTPv2-C/GTP-U. Consultez le Guide des Opérations pour une comparaison détaillée. |

## Paramètres VPN Simples

Le bloc de configuration `simple_vpn` contrôle l'allocation IP et DNS pour le mode VPN Simple. OmniEPDG prend en charge à la fois les pools d'adresses IPv4 et IPv6.

```
config :omniepdg,
  simple_vpn: [
    pool_ipv4: "10.45.0.0/16",
    pool_ipv6: "2001:db8::/32",
    dns_servers_ipv4: ["8.8.8.8", "8.8.4.4"],
    dns_servers_ipv6: ["2001:4860:4860::8888",
"2001:4860:4860::8844"],
    p_cscf_ipv4: ["10.4.12.165"],
    p_cscf_ipv6: [],
    mtu: 1400,
    nat_enabled: true
  ]
```

| Paramètre | Type | Requis | Par Défaut | De |
|---|---|---|---|---|
| `pool_ipv4` | String | Oui | `"10.45.0.0/16"` | Pool IPv4 CIDI allou abo |
| `pool_ipv6` | String | Non | `"2001:db8::/32"` | Pool IPv6 CIDI abo pile. |
| `dns_servers_ipv4` | List | Non | `["8.8.8.8", "8.8.4.4"]` | Serv IPv4 UE v (Opt Con de F |
| `dns_servers_ipv6` | List | Non | `["2001:4860:4860::8888", "2001:4860:4860::8844"]` | Serv IPv6 UE v |
| `p_cscf_ipv4` | List | Non | `[]` | Adre CSC (Pro VoW aux acti l'en IMS. |
| `p_cscf_ipv6` | List | Non | `[]` | Adre CSC |

| Paramètre | Type | Requis | Par Défaut | D |
|---|---|---|---|---|
| | | | | (Pro VoW |
| `mtu` | Integer | Non | `1400` | Vale pou de t vale bas réd frag |
| `nat_enabled` | Boolean | Non | `true` | Acti pou des Lors vrai de r sont pou sort |

## Paramètres Diameter

La configuration Diameter contrôle les interfaces SWx (HSS) et S6b (PGW). Lorsque `diameter_enabled` est `true`, OmniEPDG démarre la pile Diameter et se connecte aux pairs configurés.

```
config :diameter_ex,
  diameter: %{
    service_name: :omniepdg,
    listen_ip: "0.0.0.0",
    listen_port: 3868,
    host: "epdg",
    realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
    product_name: "OmniEPDG",
    vendor_id: 10415,
    applications: [
      %{application_name: :swx, application_id: 16_777_265,
vendor_id: 10415},
      %{application_name: :s6b, application_id: 16_777_272,
vendor_id: 10415}
    ],
    peers: [
      %{host: "hss", ip: "10.74.0.21", port: 3868, transport:
:tcp}
    ]
  }
```

**Paramètres de Service**

| Paramètre | Type | Requis | Par Défaut |
|---|---|---|---|
| `service_name` | Atom | Non | `:omniepdg` |
| `listen_ip` | String | Non | `"0.0.0.0"` |
| `listen_port` | Integer | Non | `3868` |
| `host` | String | Oui | `"epdg"` |

| Paramètre | Type | Requis | Par Défaut |
|---|---|---|---|
| `realm` | String | Oui | `"epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org"` |
| `product_name` | String | Non | `"OmniEPDG"` |
| `vendor_id` | Integer | Non | `10415` |

**Paramètres de Pair**

Chaque entrée de la liste `peers` définit une connexion de pair Diameter (typiquement vers le HSS).

| Paramètre | Type | Requis | Par Défaut | Var Env | Description |
|---|---|---|---|---|---|
| `host` | String | Oui | - | `HSS_HOST` | Identité Diameter du pair (Origin-Host). Doit correspondre à l'identité configurée du pair. |
| `ip` | String | Oui | - | `HSS_IP` | Adresse IP du pair pour la connexion TCP/SCTP. |
| `port` | Integer | Non | `3868` | `HSS_PORT` | Port Diameter du pair. |
| `transport` | Atom | Non | `:tcp` | - | Protocole de transport : `:tcp` ou `:sctp`. |

**Identifiants d'Application**

| Application | ID | Identifiant du Fournisseur | Interface | Référence |
|---|---|---|---|---|
| SWx | 16777265 | 10415 | ePDG ↔ HSS | 3GPP TS 29.273 |
| S6b | 16777272 | 10415 | AAA ↔ PGW | 3GPP TS 29.273 |

## Configuration du Client de Licence

Le client de licence valide OmniEPDG par rapport à un serveur de licence.

```
config :license_client,
  server_url: "https://license.example.com/api",
  product: "omniepdg"
```

| Paramètre | Type | Requis | Par Défaut | Var Env | Des |
|---|---|---|---|---|---|
| `server_url` | String | Oui | - | `LICENSE_SERVER_URL` | URL de term API serv licer |
| `product` | String | Non | `"omniepdg"` | - | Iden du p pour valid de li |

## Configuration du Panneau de Contrôle

Le panneau de contrôle web fournit des capacités de surveillance et de gestion.

```
config :control_panel,
  port: 4000
```

| Paramètre | Type | Requis | Par Défaut | Var Env | Descrip |
|---|---|---|---|---|---|
| `port` | Integer | Non | `4000` | `CONTROL_PANEL_PORT` | Port HT pour l'interfa web du pannea contrôle |

## Configuration des Métriques Prometheus

OmniEPDG expose des métriques Prometheus via HTTP pour la surveillance et l'alerte.

```
config :omniepdg,
  prometheus: %{
    port: 9568
  }
```

| Paramètre | Type | Requis | Par Défaut | Var Env | Descriptio |
|---|---|---|---|---|---|
| `port` | Integer | Non | `9568` | `PROMETHEUS_PORT` | Port HTTP pour le poi de terminaiso des métriques Prometheu (`/metrics`) |

**Métriques Exposées**

**Métriques de Compteur (Basées sur les Événements) :**

- `epdg_ikev2_session_initiated_count` - Échanges IKE_SA_INIT démarrés
- `epdg_ikev2_session_established_count` - IKE SAs établis avec succès
- `epdg_ikev2_session_failed_count` - Échecs d'établissement de l'IKE SA (par raison)
- `epdg_eap_identity_count` - Requêtes d'identité EAP
- `epdg_eap_aka_challenge_count` - Défis EAP-AKA envoyés
- `epdg_eap_aka_success_count` - Authentifications EAP-AKA réussies
- `epdg_eap_aka_failure_count` - Échecs d'authentification EAP-AKA (par raison)
- `epdg_eap_aka_sync_failure_count` - Échecs de synchronisation SQN EAP-AKA
- `epdg_diameter_swx_mar_count` - Requêtes d'authentification multimédia (par résultat)
- `epdg_diameter_swx_sar_count` - Requêtes d'attribution serveur (par résultat)
- `epdg_diameter_s6b_aar_count` - Requêtes AA traitées (par résultat)
- `epdg_diameter_s6b_str_count` - Requêtes de terminaison de session
- `epdg_session_created_count` - Sessions créées (par vpn_mode)
- `epdg_session_terminated_count` - Sessions terminées (par raison)
- `epdg_esp_packets_in_count` - Paquets ESP décryptés
- `epdg_esp_packets_out_count` - Paquets ESP chiffrés
- `epdg_ip_allocated_count` - Adresses IP allouées (par type)
- `epdg_ip_released_count` - Adresses IP libérées (par type)

**Métriques de Jauge (Interrogées toutes les 5s) :**

- `epdg_sessions_active_count` - Total des sessions actives
- `epdg_sessions_by_state_count` - Sessions par état FSM
- `epdg_ip_pool_allocated_count` - IPs actuellement allouées
- `epdg_ip_pool_available_count` - IPs disponibles dans le pool
- `epdg_ip_pool_utilization_ratio` - Taux d'utilisation du pool (0.0-1.0)
- `epdg_diameter_swx_pending_count` - Requêtes SWx en attente
- `epdg_diameter_s6b_active_sessions_count` - Sessions S6b actives

**Métriques d'Histogramme (Suivi de Latence) :**

- `epdg_auth_duration_ms` - Durée de l'ensemble du flux d'authentification
- `epdg_diameter_swx_mar_latency_ms` - Temps de réponse MAR
- `epdg_diameter_swx_sar_latency_ms` - Temps de réponse SAR
- `epdg_session_duration_seconds` - Durée de vie de la session

**Métriques VM :**

- `vm_memory_total` - Mémoire totale de la VM
- `vm_memory_processes` - Mémoire des processus
- `vm_memory_binary` - Mémoire binaire
- `vm_memory_ets` - Mémoire des tables ETS
- `vm_system_info_process_count` - Processus en cours d'exécution
- `vm_system_info_port_count` - Ports ouverts
- `vm_statistics_run_queue` - File d'attente d'exécution du planificateur

**Configuration de Scraping Prometheus**

```
scrape_configs:
  - job_name: 'omniepdg'
    static_configs:
      - targets: ['localhost:9568']
```

---

# Référence des Délais d'Attente

Tous les délais d'attente internes de FSM sont codés en dur. Ceux-ci régissent combien de temps les machines d'état attendent des réponses avant de les considérer comme échouées.

| Délai | Valeur | Mode | Contexte | Description |
|---|---|---|---|---|
| Réponse GTP | 10,000 ms | GTP | FSM UE ePDG | Temps d'attente maximum pour la réponse Create/Delete Session GTPv2-C du PGW. |
| Réponse SWm | 10,000 ms | Les Deux | FSM UE ePDG | Temps d'attente maximum pour la réponse Diameter interne SWm (DER/DEA, STR/STA). |
| Réponse S6b | 10,000 ms | GTP | FSM UE AAA | Temps d'attente maximum pour la réponse Diameter S6b (ASR/ASA). |

---

# Référence des Variables d'Environnement

Les variables d'environnement sont lues dans `config/runtime.exs` et remplacent les valeurs par défaut à la compilation.

## Serveur IKEv2

| Variable | Par Défaut | Description |
|---|---|---|
| `EPDG_LISTEN_IP` | `"0.0.0.0"` | Adresse de liaison du serveur IKEv2 (format décimal pointé, par exemple, `"10.0.0.1"`). |
| `EPDG_PORT_500` | `"500"` | Port du protocole IKE. |
| `EPDG_PORT_4500` | `"4500"` | Port de Traversée NAT IKE. |
| `EPDG_CERT_FILE` | `"/etc/omniepdg/certs/epdg.crt"` | Chemin vers le certificat du serveur IKEv2 (PEM). |
| `EPDG_KEY_FILE` | `"/etc/omniepdg/certs/epdg.key"` | Chemin vers la clé privée du serveur IKEv2 (PEM). |
| `EPDG_SESSION_TIMEOUT` | `"300000"` | Délai d'inactivité de session en millisecondes. |

## Mode VPN

| Variable | Par Défaut | Description |
|---|---|---|
| `EPDG_VPN_MODE` | `"simple"` | Mode VPN : `"simple"` ou `"gtp"`. |

## Diameter

| Variable | Par Défaut | Description |
|---|---|---|
| `DIA_LISTEN_IP` | `"0.0.0.0"` | Adresse de liaison du listener Diameter. |
| `DIA_LISTEN_PORT` | `"3868"` | Port d'écoute Diameter. |
| `DIA_HOST` | `"epdg"` | Origin-Host Diameter (sans domaine). |
| `DIA_REALM` | `"epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org"` | Origin-Realm Diameter. |

## Pair HSS

| Variable | Par Défaut | Description |
|---|---|---|
| `HSS_HOST` | `"hss"` | Identité Diameter HSS (Origin-Host). |
| `HSS_IP` | `"127.0.0.1"` | Adresse IP du HSS. |
| `HSS_PORT` | `"3868"` | Port Diameter du HSS. |

## Licence, Panneau de Contrôle et Métriques

| Variable | Par Défaut | Description |
|---|---|---|
| `LICENSE_SERVER_URL` | - | URL de l'API du serveur de licence (requis). |
| `CONTROL_PANEL_PORT` | `"4000"` | Port HTTP du panneau de contrôle. |
| `PROMETHEUS_PORT` | `"9568"` | Port HTTP des métriques Prometheus (point de terminaison `/metrics`). |

## Exemple : Docker Compose

```yaml
services:
  omniepdg:
    image: omniepdg:latest
    environment:
      # IKEv2
      EPDG_LISTEN_IP: "0.0.0.0"
      EPDG_CERT_FILE: "/certs/epdg.crt"
      EPDG_KEY_FILE: "/certs/epdg.key"

      # Mode VPN
      EPDG_VPN_MODE: "simple"

      # Diameter
      DIA_HOST: "epdg"
      DIA_REALM: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org"
      HSS_HOST: "hss"
      HSS_IP: "10.74.0.21"
      HSS_PORT: "3868"

      # Licence
      LICENSE_SERVER_URL: "https://license.example.com/api"

      # Panneau de contrôle
      CONTROL_PANEL_PORT: "4000"

      # Métriques Prometheus
      PROMETHEUS_PORT: "9568"
    ports:
      - "500:500/udp"
      - "4500:4500/udp"
      - "4000:4000"
      - "9568:9568"
    volumes:
      - ./certs:/certs:ro
    cap_add:
      - NET_ADMIN
```

# Panneau de Contrôle OmniEPDG

OmniEPDG comprend un panneau de contrôle basé sur le web pour la surveillance en temps réel des sessions, des pairs Diameter et des journaux système. Le panneau de contrôle fournit des vues mises à jour en direct sans actualisation de page.

## Table des Matières



## Accéder au Panneau de Contrôle

Le panneau de contrôle est servi sur le port HTTP configuré (par défaut 4000) :

```
http://<host>:4000/dashboard
```

### Navigation

Le panneau de contrôle fournit une barre latérale avec des liens vers toutes les vues :

| Chemin | Vue | Description |
|---|---|---|
| `/dashboard` | Tableau de Bord | Vue d'ensemble du système et liens rapides |
| `/sessions` | Sessions | Liste des sessions UE actives |
| `/diameter` | Pairs Diameter | État de la connexion des pairs Diameter |
| `/logs` | Journaux | Diffusion en temps réel des journaux |
| `/docs` | Docs | Navigateur de documentation intégré |
| `/resources` | Ressources | Informations sur le VM BEAM et l'application |
| `/configuration` | Configuration | Visionneuse de configuration système |

# Tableau de Bord

Le Tableau de Bord fournit une vue d'ensemble de haut niveau de l'état d'OmniEPDG avec des indicateurs clés et une navigation rapide.

## Cartes de Statistiques

Le tableau de bord affiche quatre statistiques principales :

| Statistique | Description |
|---|---|
| **Sessions Actives** | Nombre actuel de sessions UE établies |
| **Données Reçues (UL)** | Total des octets reçus des UE (direction montante) |
| **Données Envoyées (DL)** | Total des octets envoyés aux UE (direction descendante) |
| **Pairs Diameter** | Pairs connectés / total des pairs configurés |

Les valeurs de données s'ajustent automatiquement aux unités appropriées (B, Ko, Mo, Go).

## Liens Rapides

Navigation directe vers des vues détaillées :

- **Voir les Sessions** - Naviguer vers la vue des Sessions pour des informations détaillées sur l'UE
- **Pairs Diameter** - Naviguer vers la vue des Pairs Diameter pour l'état de connectivité
- **Journaux Système** - Naviguer vers la vue des Journaux pour la diffusion en temps réel des journaux
- **Configuration** - Naviguer vers la vue de Configuration pour les paramètres système

## Informations Système

Affiche la configuration opérationnelle actuelle :

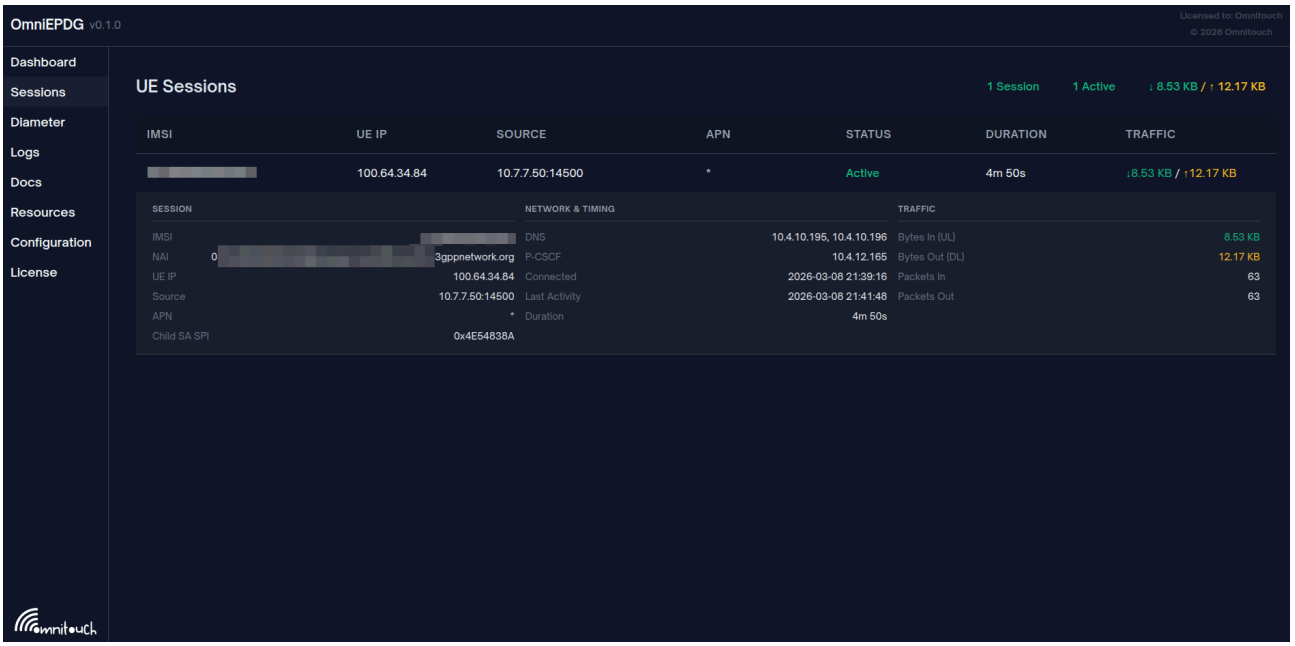
| Champ | Description |
|---|---|
| **Mode VPN** | Mode actuel : `GTP` ou `SIMPLE` |
| **Ports IKEv2** | Ports standards : 500 (IKE), 4500 (NAT-T) |
| **État Diameter** | Indique si la signalisation Diameter est activée |
| **Pool IP (IPv4)** | CIDR du pool IP configuré (mode VPN simple uniquement) |

## Actualisation Automatique

Le tableau de bord se rafraîchit automatiquement chaque seconde pour afficher les statistiques actuelles.

# Vue des Sessions

La vue des Sessions affiche toutes les sessions UE actives avec des informations détaillées pour chaque abonné.




*La vue des Sessions montre les connexions UE actives avec des statistiques de trafic en temps réel et la durée de session.*

# Liste des Sessions

Chaque ligne de session affiche :

| Colonne | Description |
|---|---|
| **IMSI** | Identité Internationale de l'Abonné Mobile de l'abonné |
| **IP UE** | Adresse IPv4/IPv6 assignée |
| **SOURCE** | IP externe et port de l'UE (adresse NAT) |
| **APN** | Nom du Point d'Accès pour la connexion |
| **STATUT** | État actuel de la session (Actif/Inactif) |
| **DURÉE** | Temps écoulé depuis l'établissement de la session |
| **TRAFFIC** | Octets reçus / envoyés (UL/DL) |

## Indicateurs de Statut

Les sessions affichent le statut avec des badges codés par couleur :

| Statut | Couleur | Description |
|---|---|---|
| **Actif** | Vert | Session entièrement établie et opérationnelle |
| **Connexion** | Jaune | Établissement de session en cours |
| **Inactif** | Rouge | Session terminée ou échouée |

## Détails de la Session

Cliquez sur n'importe quelle ligne de session pour développer des informations détaillées :

*Vue de session développée montrant IMSI, NAI, configuration réseau et statistiques de trafic.*

**Section Session**

| Champ | Description |
| --- | --- |
| **IMSI** | Valeur IMSI complète |
| **NAI** | Identifiant d'Accès Réseau (format 3GPP) |
| **IP UE** | Adresse IPv4/IPv6 assignée |
| **Source** | IP externe et port de l'UE (adresse NAT) |
| **APN** | Nom du Point d'Accès pour la connexion PDN |
| **Child SA SPI** | Index de Paramètre de Sécurité SA Enfant IPSec |

**Section Réseau & Timing**

| Champ | Description |
| --- | --- |
| **DNS** | Serveurs DNS fournis à l'UE |
| **P-CSCF** | Serveurs Proxy-CSCF pour la signalisation IMS |
| **Connecté** | Horodatage lorsque la session a été établie |
| **Dernière Activité** | Horodatage de la dernière activité de paquet |
| **Durée** | Temps écoulé depuis l'établissement de la session |

**Section Trafic**

| Champ | Description |
|---|---|
| **Octets Entrants (UL)** | Total des octets reçus de l'UE (montant) |
| **Octets Sortants (DL)** | Total des octets envoyés à l'UE (descendant) |
| **Paquets Entrants** | Total des paquets reçus de l'UE |
| **Paquets Sortants** | Total des paquets envoyés à l'UE |

## État Vide

Lorsque aucune session n'est active, la vue affiche :

- Message "Aucune session active"
- Indique si des connexions UE doivent être tentées

## Actualisation Automatique

La liste des sessions se rafraîchit automatiquement chaque seconde.

# Vue des Pairs Diameter

La vue des Pairs Diameter affiche l'état de tous les pairs Diameter configurés (HSS pour SWx, PGW pour S6b).

## Liste des Pairs

Chaque ligne de pair affiche :

| Colonne | Description |
|---|---|
| **Pair** | Identité Diameter (Origin-Host) |
| **Royaume** | Royaume Diameter (Origin-Realm) |
| **Adresse IP** | Adresse de transport au format `protocol://ip:port` |
| **Statut** | État de la connexion |

## Indicateurs de Statut

| Statut | Couleur | Description |
|---|---|---|
| **Connecté** | Vert | Connexion du pair Diameter établie |
| **Déconnecté** | Rouge | Pair non connecté |
| **Inconnu** | Gris | Le statut ne peut pas être déterminé |

## Résumé du Compte des Pairs

L'en-tête affiche des comptes agrégés :

- **X Connectés** - Nombre de pairs avec des connexions actives
- **Y Déconnectés** - Nombre de pairs sans connexions

## Détails du Pair

Cliquez sur n'importe quelle ligne de pair pour développer des informations détaillées :

| Champ | Description |
| --- | --- |
| **Initiation de Connexion** | Qui initie : `local` (nous connectons au pair) ou `remote` (le pair se connecte à nous) |
| **Transport** | Protocole : `tcp` ou `sctp` |
| **Nom du Produit** | Nom du produit annoncé par le pair depuis CER/CEA |
| **Applications Annoncées** | Identifiants d'Application Diameter supportés par le pair |

## État Vide

Lorsque aucun pair n'est configuré, la vue affiche :

- "Aucun Pair Diameter configuré" si Diameter est activé
- "Diameter est désactivé" avec une indication de configuration si désactivé

## Actualisation Automatique

La liste des pairs se rafraîchit automatiquement chaque seconde.

# Vue des Journaux

La vue des Journaux fournit une diffusion en temps réel des journaux système avec des capacités de filtrage et de recherche.

## Affichage des Journaux

Les journaux apparaissent dans un conteneur défilant avec les entrées les plus récentes en bas. Chaque entrée de journal affiche :

| Élément | Description |
|---|---|
| **Horodatage** | Quand l'entrée de journal a été générée |
| **Niveau** | Niveau de gravité avec codage couleur |
| **Message** | Contenu du message de journal |

## Niveaux de Journal

Les journaux sont codés par couleur selon la gravité :

| Niveau | Couleur | Description |
|---|---|---|
| **debug** | Gris | Informations de diagnostic détaillées |
| **info** | Bleu | Messages d'information généraux |
| **warning** | Jaune | Conditions d'avertissement |
| **error** | Rouge | Conditions d'erreur |

## Filtrage par Niveau

Filtrer les journaux par niveau de gravité minimum à l'aide du menu déroulant :

| Filtre | Affiche |
|---|---|
| **Tous les Niveaux** | debug, info, warning, error |
| **Info+** | info, warning, error |
| **Warning+** | warning, error |
| **Erreur Seulement** | error |

## Recherche

La boîte de recherche filtre les journaux en temps réel :

- Entrez n'importe quel texte pour filtrer les messages de journal
- La correspondance est insensible à la casse
- Se vide lorsque la boîte de recherche est vidée

## Contrôles

| Contrôle | Description |
|---|---|
| **Pause/Reprendre** | Basculer la diffusion des journaux activée/désactivée |
| **Effacer** | Supprimer tous les journaux affichés |
| **Défilement Automatique** | Basculer le défilement automatique vers les nouvelles entrées |

## Tampon de Journal

- Maximum de 1000 entrées de journal sont conservées
- Les plus anciennes entrées sont supprimées lorsque la limite est atteinte
- Effacer les journaux supprime toutes les entrées de l'affichage

## État Vide

Lorsque aucun journal ne correspond aux filtres actuels :

- Message "Aucun journal à afficher"
- Vérifiez les paramètres de filtre si des journaux sont attendus

## Actualisation Automatique

De nouveaux journaux apparaissent automatiquement lorsqu'ils sont générés (lorsqu'ils ne sont pas en pause).

# Vue des Docs

La vue des Docs fournit un navigateur de documentation intégré, permettant aux opérateurs d'accéder à toute la documentation d'OmniEPDG directement depuis le panneau de contrôle.

## Sélection de Document

Sélectionnez parmi les fichiers de documentation disponibles à l'aide de la barre de boutons :

| Document | Description |
|---|---|
| **OPERATIONS.md** | Guide des opérations avec démarrage rapide et procédures |
| **README.md** | Vue d'ensemble du projet et instructions de configuration |
| **architecture.md** | Architecture du système et flux d'appels |
| **configuration.md** | Référence complète de configuration |
| **control-panel.md** | Ce guide du panneau de contrôle |
| **metrics.md** | Référence des métriques Prometheus |
| **troubleshooting.md** | Problèmes courants et étapes de résolution |

## Rendu Markdown

La documentation est rendue avec un support complet de Markdown incluant :

- En-têtes et mise en forme du texte
- Blocs de code avec coloration syntaxique
- Tables
- Liens (internes et externes)
- Listes et citations

# Vue des Ressources

La vue des Ressources affiche les statistiques du VM BEAM et les applications OTP en cours d'exécution.

## Métriques Système

| Métrique | Description |
|---|---|
| **Utilisation de Mémoire** | Mémoire totale utilisée par le VM BEAM |
| **Processus BEAM** | Nombre de processus Erlang/Elixir en cours d'exécution |
| **Temps de Fonctionnement** | Temps écoulé depuis le démarrage de l'application |

## Applications en Cours

Liste toutes les applications OTP chargées regroupées par catégorie :

| Catégorie | Description |
|---|---|
| **Principale** | L'application OmniEPDG |
| **Système** | Applications de base Erlang/OTP et Elixir |

Cliquez sur une application pour voir ses détails, y compris la version, la description et les dépendances.

# Vue de Configuration

La vue de Configuration affiche la configuration d'exécution et les applications chargées.

## Informations sur l'Environnement

| Champ | Description |
|---|---|
| **Environnement** | Environnement Mix actuel (Développement/Production) |
| **Version Elixir** | Version d'Elixir en cours d'exécution |

## Liste des Applications

Affiche toutes les applications OTP chargées avec leurs versions. Sélectionnez une application pour voir :

- Description de l'application

- Informations sur la version
- Dépendances
- Paramètres de configuration

# Configuration du Panneau de Contrôle

## Port HTTP

Configurez le port du panneau de contrôle dans `config/runtime.exs` :

```
config :omniepdg, OmniEpdg.Web.Endpoint,
  http: [port: 4000]
```

| Paramètre | Type | Par Défaut | Description |
|---|---|---|---|
| `port` | Entier | 4000 | Port HTTP pour le panneau de contrôle |

## Désactivation du Panneau de Contrôle

Le panneau de contrôle peut être désactivé en ne démarrant pas le point de terminaison web en production si ce n'est pas nécessaire. Contactez votre intégrateur système pour une configuration spécifique au déploiement.

# Référence des métriques OmniEPDG

OmniEPDG expose des métriques Prometheus pour surveiller les flux d'authentification, le cycle de vie des sessions, la signalisation Diameter et la santé du système. Les métriques sont servies via HTTP pour le scraping par Prometheus.

## Table des matières



## Point de terminaison des métriques

OmniEPDG expose des métriques à :

```
http://<host>:9568/metrics
```

Le point de terminaison renvoie des métriques au format d'exposition Prometheus, compatible avec Prometheus, Grafana et d'autres outils de surveillance.

# Configuration

Configurez le point de terminaison des métriques dans `config/runtime.exs` :

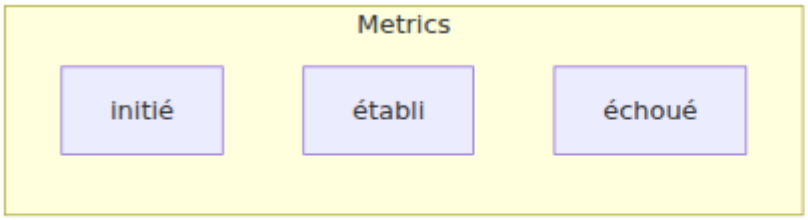
```
config :omniepdg,
  prometheus: %{
    port: 9568
  }
```

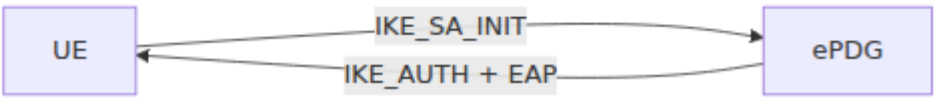
| Paramètre | Type | Par défaut | Var Env | Description |
|---|---|---|---|---|
| `port` | Entier | `9568` | `PROMETHEUS_PORT` | Port HTTP pour le point de terminaison `/metrics` |

# Catégories de métriques

## Métriques de session IKEv2

Métriques suivant l'établissement de tunnel IKEv2 sur l'interface SWu.




**Métrique**: `epdg_ikev2_session_initiated_count`
**Type**: Compteur
**Description**: Total des échanges IKE_SA_INIT initiés. S'incrémente lorsqu'un UE initie l'établissement du tunnel.

---

**Métrique**: `epdg_ikev2_session_established_count`
**Type**: Compteur
**Description**: Total des IKE SAs établis avec succès. S'incrémente après une authentification EAP-AKA réussie et la création de Child SA.

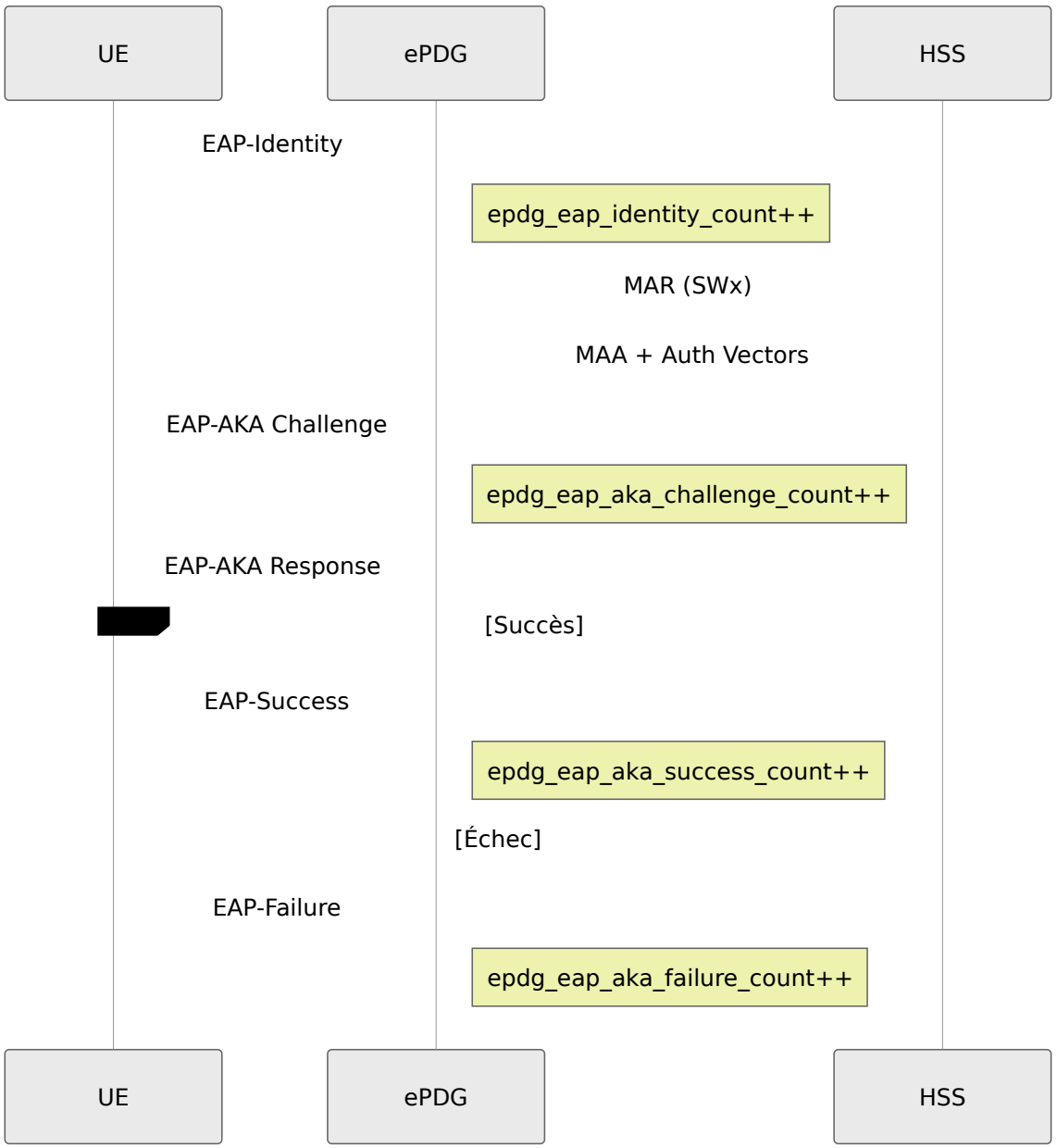
---

**Métrique**: `epdg_ikev2_session_failed_count`
**Type**: Compteur
**Description**: Total des échecs d'établissement d'IKE SA
**Labels**:

- `reason` - Raison de l'échec (par exemple, `auth_failed`, `timeout`, `invalid_proposal`)

## Métriques d'authentification EAP

Métriques suivant les flux d'authentification EAP-AKA selon RFC 4187. OmniEPDG prend également en charge EAP-AKA' selon RFC 5448, avec le type d'authentification sélectionné automatiquement en fonction du préfixe d'identité NAI de l'UE.




**Métrique**: `epdg_eap_identity_count`
**Type**: Compteur
**Description**: Total des requêtes EAP-Identity reçues des UEs

---

**Métrique**: `epdg_eap_aka_challenge_count`
**Type**: Compteur
**Description**: Total des défis EAP-AKA envoyés aux UEs

---

**Métrique**: `epdg_eap_aka_success_count`
**Type**: Compteur
**Description**: Total des authentifications EAP-AKA réussies

---

**Métrique**: `epdg_eap_aka_failure_count`
**Type**: Compteur
**Description**: Total des authentifications EAP-AKA échouées
**Labels**:

- `reason` - Raison de l'échec (par exemple, `res_mismatch`, `invalid_identity`, `authentication_rejected`)

---

**Métrique**: `epdg_eap_aka_sync_failure_count`
**Type**: Compteur
**Description**: Total des échecs de synchronisation du numéro de séquence EAP-AKA (SQN). Indique un décalage de numéro de séquence USIM/HSS nécessitant une resynchronisation.

## Métriques de sécurité d'authentification

Métriques pour la couche de sécurité d'authentification. Voir le Guide de sécurité pour les détails de configuration.

**Métrique**: `epdg_auth_verification_failed_count`
**Type**: Compteur
**Description**: Total des échecs de vérification de la charge utile AUTH. Indique des attaques potentielles de type homme du milieu ou des bogues d'implémentation.

---

**Métrique**: `epdg_auth_rate_limited_count`
**Type**: Compteur
**Description**: Total des tentatives d'authentification bloquées par limitation de débit
**Labels**:

- `type` - Raison du blocage : `ip` (seuil par IP dépassé) ou `imsi` (seuil par IMSI dépassé)

**Exemples de requêtes**:

```
# Tentatives limitées par minute
rate(epdg_auth_rate_limited_count[1m])

# Limité par type
sum by (type) (rate(epdg_auth_rate_limited_count[5m]))
```

---

**Métrique**: `epdg_auth_geoip_blocked_count`
**Type**: Compteur
**Description**: Total des tentatives d'authentification bloquées par filtrage de pays GeoIP
**Labels**:

- `country` - Code de pays ISO 3166-1 alpha-2 (par exemple, `CN`, `RU`), ou `UNKNOWN` pour les IPs qui n'ont pas pu être géolocalisées

**Exemples de requêtes**:

```
# Blocs GeoIP par minute
rate(epdg_auth_geoip_blocked_count[1m])

# Pays les plus bloqués
topk(10, sum by (country) (epdg_auth_geoip_blocked_count))
```

---

**Métrique**: `epdg_esp_replay_detected_count`
**Type**: Compteur
**Description**: Total des paquets ESP rejetés en raison de la détection de répétition (selon RFC 4303). Indique des attaques potentielles de répétition ou des problèmes de réseau causant un réordonnancement des paquets.

## Métriques Diameter SWx

Métriques pour l'interface SWx entre ePDG et HSS selon 3GPP TS 29.273.

**Métrique**: `epdg_diameter_swx_mar_count`
**Type**: Compteur

**Description**: Total des Multimedia-Auth-Requests envoyés au HSS pour la récupération des vecteurs d'authentification
**Labels**:

- `result` - Résultat de la requête : `success` ou `failure`

---

**Métrique**: `epdg_diameter_swx_sar_count`
**Type**: Compteur
**Description**: Total des Server-Assignment-Requests envoyés au HSS pour l'enregistrement/désenregistrement
**Labels**:

- `result` - Résultat de la requête : `success` ou `failure`

---

**Métrique**: `epdg_diameter_swx_mar_latency_ms`
**Type**: Histogramme
**Description**: Temps de réponse MAR en millisecondes
**Seaux**: 50, 100, 250, 500, 1000, 2500 ms

---

**Métrique**: `epdg_diameter_swx_sar_latency_ms`
**Type**: Histogramme
**Description**: Temps de réponse SAR en millisecondes
**Seaux**: 50, 100, 250, 500, 1000, 2500 ms

---

**Métrique**: `epdg_diameter_swx_pending_count`
**Type**: Jauge
**Description**: Nombre actuel de requêtes SWx en attente de réponse. Des valeurs élevées indiquent une congestion du HSS ou des problèmes de connectivité.

## Métriques Diameter S6b

Métriques pour l'interface S6b entre le serveur AAA et le PGW selon 3GPP TS 29.273. Applicable uniquement en mode GTP.

**Métrique**: `epdg_diameter_s6b_aar_count`
**Type**: Compteur
**Description**: Total des AA-Requests traités pour l'autorisation de session
**Labels**:

- `result` - Résultat de la requête : `success` ou `failure`

---

**Métrique**: `epdg_diameter_s6b_str_count`
**Type**: Compteur
**Description**: Total des Session-Termination-Requests traités

---

**Métrique**: `epdg_diameter_s6b_active_sessions_count`
**Type**: Jauge
**Description**: Nombre actuel de sessions S6b actives

## Métriques de cycle de vie des sessions

Métriques suivant la création et la terminaison de sessions PDN.

**Métrique**: `epdg_session_created_count`
**Type**: Compteur
**Description**: Total des sessions créées
**Labels**:

- `vpn_mode` - Mode VPN : `simple` ou `gtp`

---

**Métrique**: `epdg_session_terminated_count`
**Type**: Compteur
**Description**: Total des sessions terminées
**Labels**:

- `reason` - Raison de la terminaison : `user_request`, `timeout`, `error`, `admin`

---

**Métrique**: `epdg_sessions_active_count`
**Type**: Jauge

**Description**: Nombre actuel de sessions actives. Interrogé toutes les 5 secondes.

---

**Métrique**: `epdg_sessions_by_state_count`
**Type**: Jauge
**Description**: Sessions regroupées par état FSM
**Labels**:

- `state` - État de la session (par exemple, `init`, `eap_identity`, `eap_aka_challenge`, `authenticated`, `established`)

---

**Métrique**: `epdg_auth_duration_ms`
**Type**: Histogramme
**Description**: Durée totale du flux d'authentification de IKE_SA_INIT à session établie
**Seaux**: 100, 250, 500, 1000, 2500, 5000, 10000 ms

---

**Métrique**: `epdg_session_duration_seconds`
**Type**: Histogramme
**Description**: Durée de vie de la session de l'établissement à la terminaison
**Seaux**: 60, 300, 900, 1800, 3600, 7200, 14400 secondes (1 min à 4 heures)

## Métriques de plan de données ESP

Métriques pour le traitement des paquets ESP selon RFC 4303.

**Métrique**: `epdg_esp_packets_in_count`
**Type**: Compteur
**Description**: Total des paquets ESP décryptés avec succès (direction UE → réseau)

---

**Métrique**: `epdg_esp_packets_out_count`
**Type**: Compteur
**Description**: Total des paquets ESP chiffrés (direction réseau → UE)

---

**Métrique**: `epdg_esp_bytes_in_total`
**Type**: Jauge
**Description**: Total des octets décryptés des paquets ESP

---

**Métrique**: `epdg_esp_bytes_out_total`
**Type**: Jauge
**Description**: Total des octets chiffrés dans les paquets ESP

## Métriques de pool IP

Métriques pour la gestion du pool d'adresses IP en mode VPN simple.

**Métrique**: `epdg_ip_allocated_count`
**Type**: Compteur
**Description**: Total des adresses IP allouées
**Labels**:

- `type` - Type d'adresse : `ipv4` ou `ipv6`

---

**Métrique**: `epdg_ip_released_count`
**Type**: Compteur
**Description**: Total des adresses IP libérées
**Labels**:

- `type` - Type d'adresse : `ipv4` ou `ipv6`

---

**Métrique**: `epdg_ip_pool_allocated_count`
**Type**: Jauge
**Description**: Nombre actuel d'adresses IP allouées

---

**Métrique**: `epdg_ip_pool_available_count`
**Type**: Jauge
**Description**: Nombre actuel d'adresses IP disponibles dans le pool

---

**Métrique**: `epdg_ip_pool_utilization_ratio`
**Type**: Jauge
**Description**: Utilisation du pool IP en tant que ratio de 0.0 à 1.0. Des valeurs proches de 1.0 indiquent un risque d'épuisement du pool.

# Métriques VM

Métriques de machine virtuelle Erlang/BEAM pour la surveillance de la santé du système.

**Métrique**: `vm_memory_total`
**Type**: Jauge
**Unité**: Octets
**Description**: Mémoire totale allouée par la VM

---

**Métrique**: `vm_memory_processes`
**Type**: Jauge
**Unité**: Octets
**Description**: Mémoire utilisée par les processus Erlang

---

**Métrique**: `vm_memory_binary`
**Type**: Jauge
**Unité**: Octets
**Description**: Mémoire utilisée pour les binaires (y compris les tampons de paquets)

---

**Métrique**: `vm_memory_ets`
**Type**: Jauge
**Unité**: Octets
**Description**: Mémoire utilisée par les tables ETS (état de session, registres)

---

**Métrique**: `vm_system_info_process_count`
**Type**: Jauge

**Description**: Nombre de processus Erlang en cours d'exécution

---

**Métrique**: `vm_system_info_port_count`
**Type**: Jauge
**Description**: Nombre de ports ouverts (sockets, descripteurs de fichiers)

---

**Métrique**: `vm_statistics_run_queue`
**Type**: Jauge
**Description**: Longueur totale des files d'attente du planificateur. Des valeurs élevées indiquent une saturation du CPU.

# Intégration Prometheus

## Configuration de scraping

Ajoutez OmniEPDG à votre `prometheus.yml` :

```yaml
scrape_configs:
  - job_name: 'omniepdg'
    scrape_interval: 15s
    static_configs:
      - targets: ['epdg-host:9568']
        labels:
          instance: 'epdg-01'
          environment: 'production'
```

## Découverte de services

Pour les déploiements Kubernetes, utilisez la découverte de services :

```yaml
scrape_configs:
  - job_name: 'omniepdg'
    kubernetes_sd_configs:
      - role: pod
    relabel_configs:
      - source_labels: [__meta_kubernetes_pod_label_app]
        action: keep
        regex: omniepdg
      - source_labels:
[__meta_kubernetes_pod_annotation_prometheus_io_port]
        action: replace
        target_label: __address__
        regex: (.+)
        replacement: ${1}:9568
```

# Exemples de requêtes

## Taux de succès d'authentification

```
# Taux de succès sur 5 minutes
sum(rate(epdg_eap_aka_success_count[5m]))
/
(sum(rate(epdg_eap_aka_success_count[5m])) +
sum(rate(epdg_eap_aka_failure_count[5m])))
```

## Taux d'établissement de session

```
# Sessions établies par seconde
rate(epdg_ikev2_session_established_count[5m])
```

## Latence d'authentification (p95)

```
histogram_quantile(0.95,
sum(rate(epdg_auth_duration_ms_bucket[5m])) by (le))
```

## Latence HSS (p99)

```
histogram_quantile(0.99,
sum(rate(epdg_diameter_swx_mar_latency_ms_bucket[5m])) by (le))
```

## Sessions actives

```
epdg_sessions_active_count
```

## Utilisation du pool IP

```
epdg_ip_pool_utilization_ratio * 100
```

## Débit ESP

```
# Octets par seconde (entrant)
rate(epdg_esp_bytes_in_total[5m])

# Paquets par seconde (dans les deux sens)
rate(epdg_esp_packets_in_count[5m]) +
rate(epdg_esp_packets_out_count[5m])
```

## Répartition des échecs par raison

```
# Échecs EAP par raison
sum by (reason) (rate(epdg_eap_aka_failure_count[5m]))

# Terminaisons de session par raison
sum by (reason) (rate(epdg_session_terminated_count[5m]))
```

# Règles d'alerte

Exemples de règles d'alerte Prometheus pour OmniEPDG :

```yaml
groups:
  - name: omniepdg
    rules:
      # Taux d'échec d'authentification élevé
      - alert: OmniEPDGHighAuthFailureRate
        expr: |
          sum(rate(epdg_eap_aka_failure_count[5m]))
          /
          (sum(rate(epdg_eap_aka_success_count[5m])) +
sum(rate(epdg_eap_aka_failure_count[5m])))
          > 0.1
        for: 5m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "Taux d'échec d'authentification EAP-AKA élevé"
          description: "Le taux d'échec d'authentification est {{
$value | humanizePercentage }} au cours des 5 dernières minutes"

      # Pool IP proche de l'épuisement
      - alert: OmniEPDGIPPoolLow
        expr: epdg_ip_pool_utilization_ratio > 0.9
        for: 5m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "Utilisation du pool IP supérieure à 90%"
          description: "Le pool IP est {{ $value |
humanizePercentage }} utilisé"

      # Pool IP épuisé
      - alert: OmniEPDGIPPoolExhausted
        expr: epdg_ip_pool_available_count == 0
        for: 1m
        labels:
          severity: critical
        annotations:
          summary: "Pool IP épuisé"
          description: "Aucune adresse IP disponible pour de
nouvelles sessions"

      # Latence HSS élevée
      - alert: OmniEPDGHSSLatencyHigh
```

```
        expr: |
          histogram_quantile(0.95,
sum(rate(epdg_diameter_swx_mar_latency_ms_bucket[5m])) by (le))
          > 1000
        for: 5m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "Latence HSS (SWx) élevée"
          description: "Le 95e percentile de la latence MAR est {{
$value }}ms"

      # Arriéré de requêtes SWx en attente
      - alert: OmniEPDGSWxBacklog
        expr: epdg_diameter_swx_pending_count > 100
        for: 2m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "Arriéré de requêtes SWx en cours de formation"
          description: "{{ $value }} requêtes SWx en attente"

      # Mémoire VM élevée
      - alert: OmniEPDGMemoryHigh
        expr: vm_memory_total > 2147483648
        for: 10m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "Utilisation de la mémoire OmniEPDG élevée"
          description: "L'utilisation de la mémoire VM est {{
$value | humanize1024 }}"

      # Surcharge du planificateur
      - alert: OmniEPDGSchedulerOverload
        expr: vm_statistics_run_queue > 10
        for: 5m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "Longueur de la file d'attente du planificateur
Erlang élevée"
          description: "La longueur de la file d'attente est {{
$value }}, indiquant une saturation du CPU"
```

```
      # Pas de sessions (problème de service potentiel)
      - alert: OmniEPDGNoSessions
        expr: epdg_sessions_active_count == 0 and
epdg_ikev2_session_initiated_count > 0
        for: 10m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "Aucune session active malgré des tentatives de
connexion"
          description: "Des sessions sont initiées mais aucune
n'est active"

      # Activité de limitation de débit élevée (attaque
potentielle)
      - alert: OmniEPDGHighRateLimiting
        expr: rate(epdg_auth_rate_limited_count[5m]) > 10
        for: 5m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "Taux élevé de tentatives d'authentification
bloquées"
          description: "{{ $value | printf \"%.1f\" }} tentatives
d'authentification bloquées par seconde"

      # Pic de blocage GeoIP (attaque potentielle d'une région
spécifique)
      - alert: OmniEPDGGeoIPBlockingSpike
        expr: |
          rate(epdg_auth_geoip_blocked_count[5m]) > 5
        for: 5m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "Activité de blocage GeoIP élevée"
          description: "{{ $value | printf \"%.1f\" }} connexions
bloquées par seconde par GeoIP"

      # Attaques de répétition ESP détectées
      - alert: OmniEPDGReplayAttack
        expr: rate(epdg_esp_replay_detected_count[5m]) > 0
        for: 2m
```

```
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "Attaques de répétition ESP détectées"
          description: "{{ $value | printf \"%.1f\" }} tentatives
de répétition par seconde"

      # Échecs de vérification AUTH (potentiel MITM)
      - alert: OmniEPDGAuthVerificationFailures
        expr: rate(epdg_auth_verification_failed_count[5m]) > 0
        for: 2m
        labels:
          severity: critical
        annotations:
          summary: "Échecs de vérification de la charge utile AUTH
détectés"
          description: "Attaque potentielle de type homme du
milieu ou bogue d'implémentation"
```

# Exigences Réseau

Ce document couvre les ports de pare-feu et les entrées DNS nécessaires pour déployer OmniEPDG pour les appels WiFi.

# Ports de Pare-feu

## Ports Exposés à Internet (UE ↔ ePDG)

Ces ports doivent être ouverts à Internet pour que les appareils mobiles puissent établir des connexions d'appels WiFi.

| Port | Protocole | Direction | Objectif |
|---|---|---|---|
| 500 | UDP | Inbound | Échange initial IKEv2 (IKE_SA_INIT, IKE_AUTH) |
| 4500 | UDP | Inbound | NAT-Traversal IKEv2 et encapsulation ESP-in-UDP |

**Port 500/UDP** gère la négociation initiale IKEv2. Si un NAT est détecté entre l'UE et l'ePDG (ce qui est presque toujours le cas pour les appels WiFi), la connexion migre automatiquement vers le port 4500.

**Port 4500/UDP** transporte à la fois le signalement IKEv2 et les données utilisateur chiffrées par ESP lorsque NAT-T est actif. C'est le chemin de données principal pour tout le trafic d'appels WiFi.

## Ports Réseau Internes (ePDG ↔ Noyau)

Ces ports sont utilisés pour la communication entre OmniEPDG et le réseau mobile de cœur. Ils doivent être accessibles depuis l'ePDG mais ne doivent pas être exposés à Internet.

| Port | Protocole | Direction | Objectif | Pair |
|---|---|---|---|---|
| 3868 | TCP | Bidirectionnel | Diameter SWx (authentification) | HSS / DRA |
| 3868 | TCP | Bidirectionnel | Diameter S6b (autorisation de session) | PGW / AAA |
| 2123 | UDP | Bidirectionnel | Plan de contrôle GTPv2-C (S2b) | PGW |
| 2152 | UDP | Bidirectionnel | Plan utilisateur GTP-U (S2b-U) | PGW |

## Ports de Gestion

Ces ports sont destinés à la surveillance opérationnelle et doivent être restreints aux réseaux de gestion.

| Port | Protocole | Objectif |
|---|---|---|
| 4000 | TCP | Interface web du panneau de contrôle (HTTP) |
| 443 | TCP | Interface web du panneau de contrôle (HTTPS, production) |
| 9568 | TCP | Point de terminaison des métriques Prometheus |

# Exigences DNS

## Enregistrement DNS de Découverte ePDG

Les appareils mobiles découvrent l'ePDG en utilisant une convention de nommage DNS standardisée définie dans 3GPP TS 23.003. Le format FQDN est

:

```
epdg.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.pub.3gppnetwork.org
```

Où :

- `<MCC>` est le code de pays mobile à 3 chiffres (par exemple, `505` pour l'Australie)
- `<MNC>` est le code de réseau mobile à 2 ou 3 chiffres, complété par des zéros à 3 chiffres (par exemple, `001`)

L'enregistrement DNS doit être un **enregistrement A** (ou AAAA pour IPv6) pointant vers l'adresse IP publique d'OmniEPDG.

```
epdg.epc.mnc999.mcc999.pub.3gppnetwork.org.  IN  A  203.0.113.10
```

# Nom Commun du Certificat

Le certificat TLS de l'ePDG doit avoir un Nom Alternatif de Sujet (SAN) correspondant au FQDN de l'ePDG auquel les appareils se connecteront. Cela est validé par l'UE lors de l'authentification IKEv2.

**Exigences du certificat :**

- Le SAN doit inclure le FQDN de découverte de l'ePDG (par exemple, `epdg.epc.mnc001.mcc001.pub.3gppnetwork.org`)
- Le certificat doit être signé par une CA de confiance (les appareils valident la chaîne)
- RSA 2048 bits ou ECDSA P-256 minimum

# DNS de Domaine Diameter

Pour un routage Diameter approprié, le domaine doit se résoudre via des enregistrements DNS NAPTR/SRV selon la RFC 6408. Le format du domaine est :

```
epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.3gppnetwork.org
```

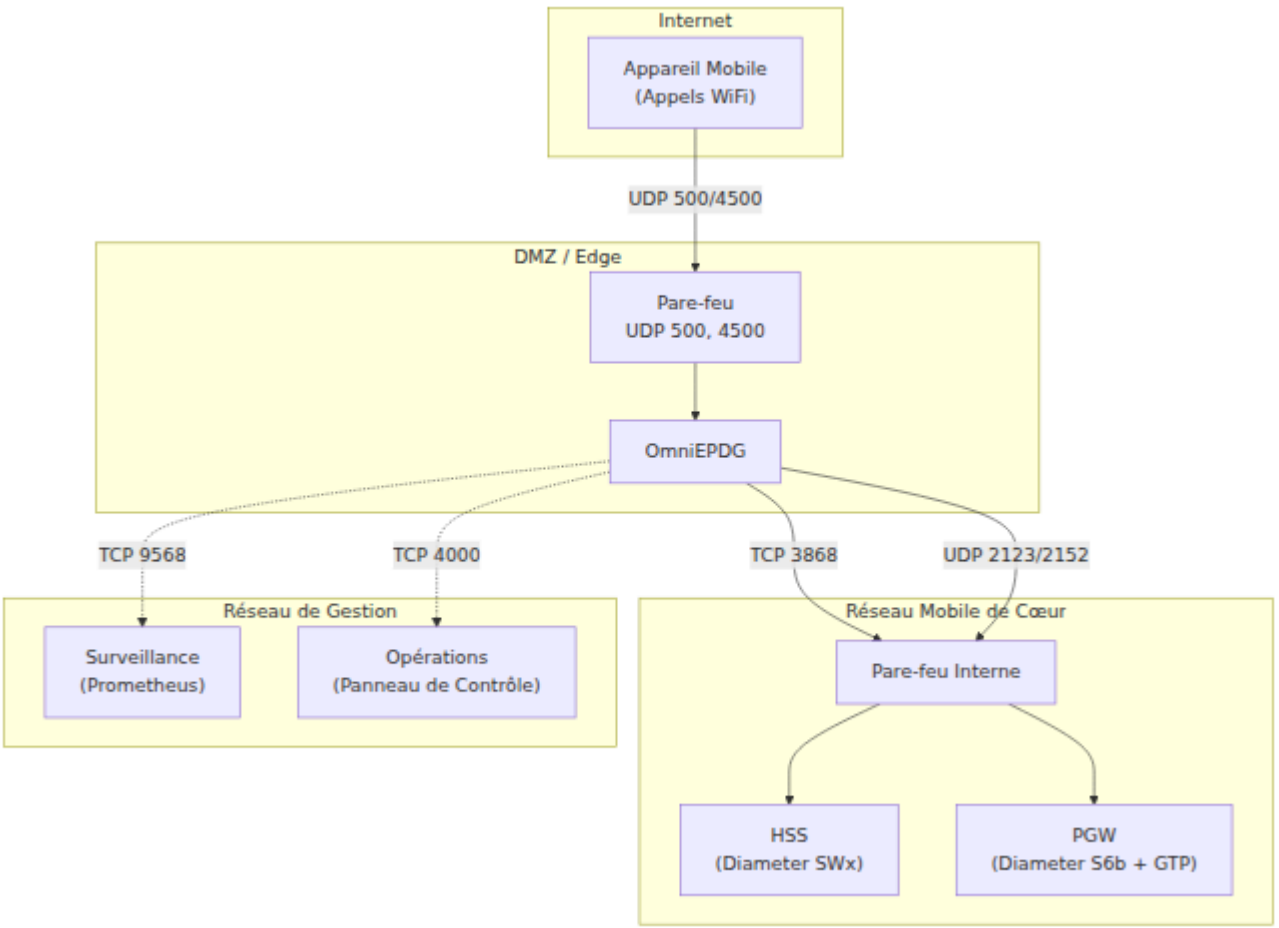
**Exemple :**

```
epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
```

Ce domaine est utilisé dans :

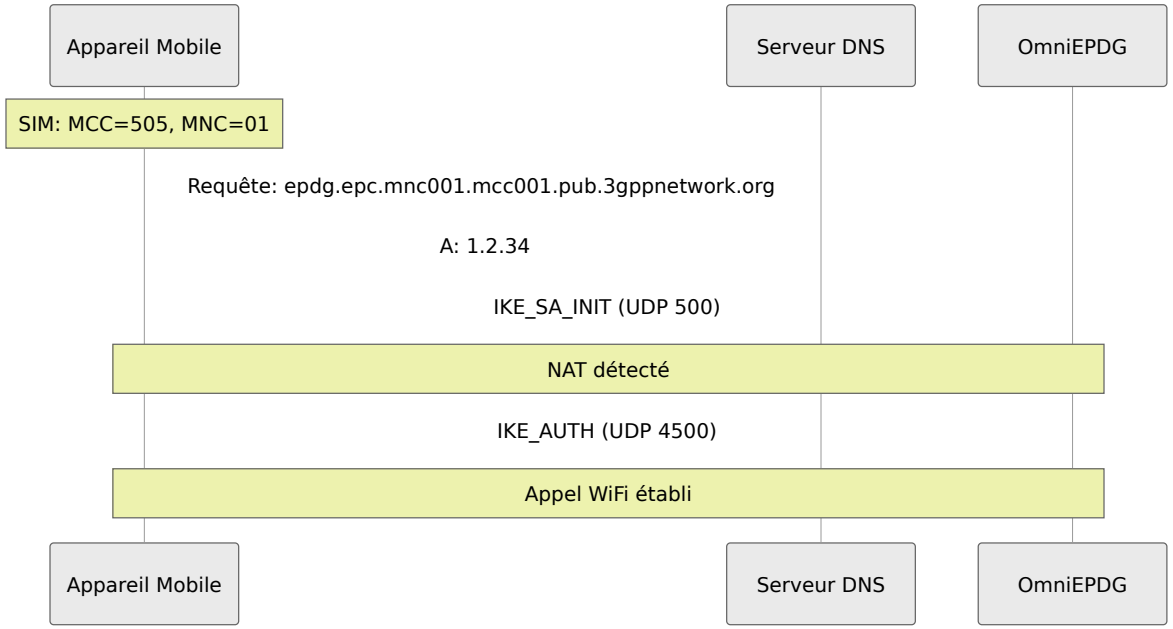
- NAI (Identifiant d'Accès Réseau) envoyé par l'UE lors de l'authentification
- AVPs Diameter Origin-Realm et Destination-Realm
- Décisions de routage Diameter

# Topologie R��seau



# Flux de Recherche DNS

Lorsqu'un appareil mobile initie un appel WiFi, la résolution DNS suivante se produit :




# Liste de Vérification

## Exigences Exposées à Internet

- [ ] UDP 500 ouvert entrant vers OmniEPDG
- [ ] UDP 4500 ouvert entrant vers OmniEPDG
- [ ] Enregistrement DNS A : `epdg.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.pub.3gppnetwork.org` → IP publique de l'ePDG
- [ ] Certificat TLS avec SAN correspondant installé

## Exigences du Réseau de Cœur

- [ ] TCP 3868 ouvert entre OmniEPDG et HSS/DRA
- [ ] TCP 3868 ouvert entre OmniEPDG et PGW/AAA (mode GTP uniquement)
- [ ] UDP 2123 ouvert entre OmniEPDG et PGW (mode GTP uniquement)
- [ ] UDP 2152 ouvert entre OmniEPDG et PGW (mode GTP uniquement)

## Exigences de Gestion

- [ ] TCP 4000/443 accessible depuis le réseau des opérations
- [ ] TCP 9568 accessible depuis l'infrastructure de surveillance

# Références

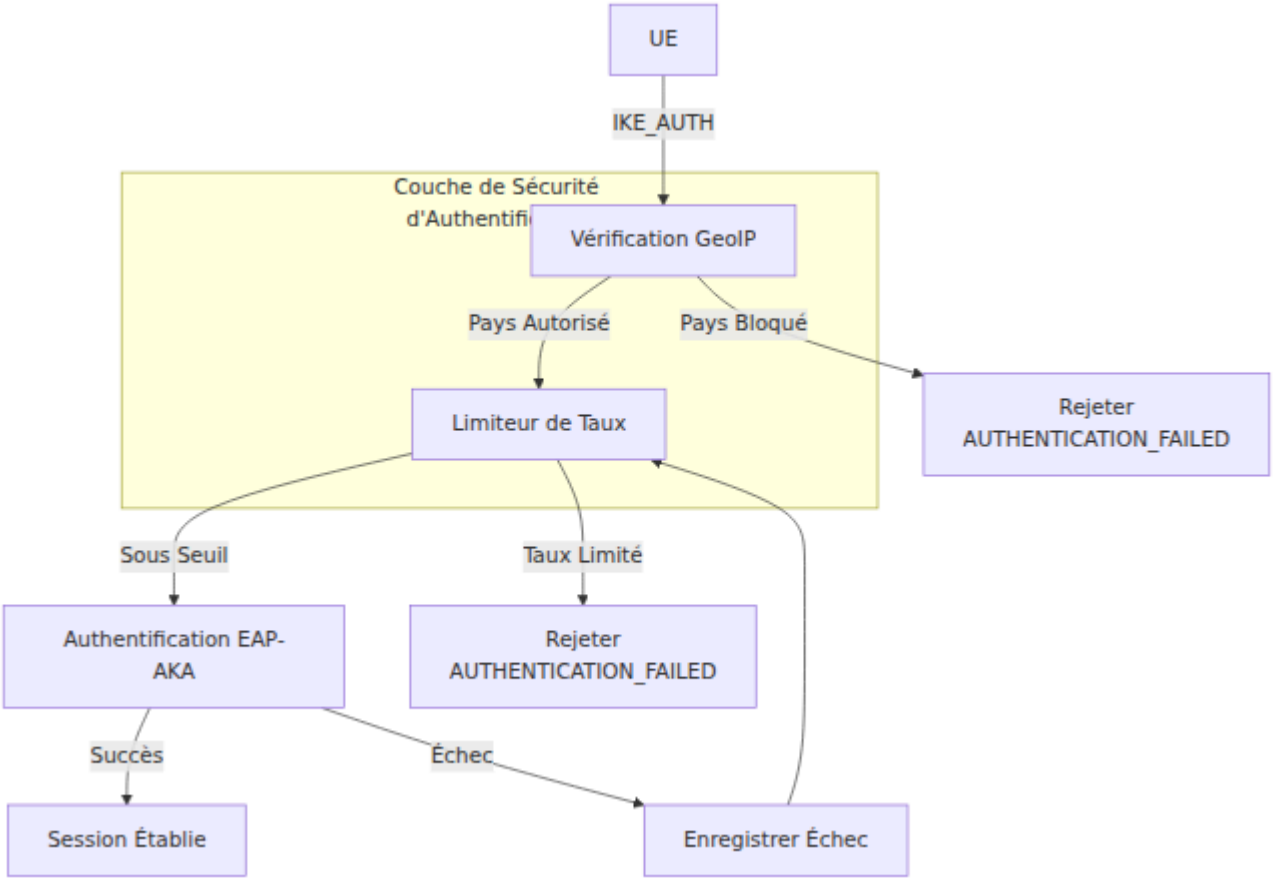

- 3GPP TS 23.003 - Numérotation, adressage et identification (format FQDN ePDG)
- 3GPP TS 23.402 - Améliorations de l'architecture pour les accès non-3GPP
- RFC 7296 - Protocole IKEv2
- RFC 3948 - Encapsulation UDP des paquets IPsec ESP (NAT-T)
- RFC 6733 - Protocole de Base Diameter

# Sécurité d'Authentification OmniEPDG

OmniEPDG met en œuvre plusieurs couches de sécurité d'authentification pour se protéger contre les attaques par force brute, le credential stuffing et l'accès non autorisé depuis des régions restreintes.

## Table des Matières

# Aperçu



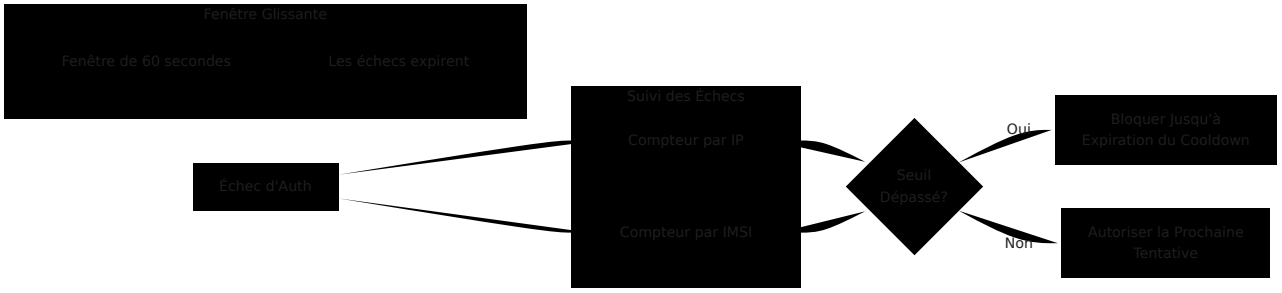

OmniEPDG effectue des vérifications de sécurité au début de l'échange IKE_AUTH, avant les opérations cryptographiques coûteuses :

1. **Vérification GeoIP** (optionnelle) - Vérifie que l'IP source provient d'un pays autorisé
2. **Vérification de Limite de Taux** - S'assure que l'IP/IMSI n'a pas dépassé les seuils d'échec
3. **Authentification EAP-AKA** - L'authentification standard 3GPP se poursuit si les vérifications réussissent

# Limitation du Taux d'Authentification

La limitation de taux protège contre les attaques par force brute en suivant les tentatives d'authentification échouées par IP source et par IMSI. Lorsque les seuils sont dépassés, les tentatives ultérieures sont temporairement bloquées.

# Comment Ça Marche




Le limiteur de taux utilise un **algorithme de fenêtre glissante** :

- Chaque tentative échouée est enregistrée avec un horodatage
- Les tentatives plus anciennes que la fenêtre configurée expirent automatiquement
- Lorsque les échecs dans la fenêtre dépassent le seuil, la source est bloquée
- Les blocs expirent après la période de cooldown configurée

# Suivi Double

Deux limites indépendantes sont appliquées simultanément :

| Type de Suivi | Objectif | Seuil par Défaut | Blocage par Défaut |
|---|---|---|---|
| **Par IP** | Attrape les scanners de ports et les attaques distribuées provenant de sources uniques | 10 échecs / minute | 5 minutes |
| **Par IMSI** | Attrape les attaques ciblées sur des abonnés spécifiques | 5 échecs / minute | 10 minutes |

Les deux vérifications doivent réussir pour qu'une tentative d'authentification puisse se poursuivre. Si l'un ou l'autre seuil est dépassé, la tentative est rejetée.

## Configuration

```
config :omniepdg,
  # Limitation de taux par IP
  auth_rate_limit_per_ip: 10,            # Max échecs avant
blocage
  auth_rate_limit_ip_window_ms: 60_000,  # Taille de la fenêtre (1
minute)
  auth_rate_limit_ip_block_ms: 300_000,  # Durée de blocage (5
minutes)

  # Limitation de taux par IMSI
  auth_rate_limit_per_imsi: 5,             # Max échecs avant
blocage
  auth_rate_limit_imsi_window_ms: 60_000,  # Taille de la fenêtre
(1 minute)
  auth_rate_limit_imsi_block_ms: 600_000   # Durée de blocage (10
minutes)
```

## Paramètres par IP

| Paramètre | Type | Requis | Par Défaut | Descripti |
|---|---|---|---|---|
| `auth_rate_limit_per_ip` | Entier | Non | `10` | Nombre maximum de tentatives d'authentific échouées autorisées d seule adress pendant la période de fenêtre avan blocage. |
| `auth_rate_limit_ip_window_ms` | Entier | Non | `60000` | Taille de la fenêtre gliss en millisecor pour compte échecs IP. Le échecs plus anciens que ne sont pas comptés. |
| `auth_rate_limit_ip_block_ms` | Entier | Non | `300000` | Durée en milliseconde pour bloquer IP après avo dépassé le s Par défaut, c 5 minutes. |

## Paramètres par IMSI

| Paramètre | Type | Requis | Par Défaut | Descrip |
|---|---|---|---|---|
| `auth_rate_limit_per_imsi` | Entier | Non | `5` | Nombre maximum tentatives d'authenti échouées autorisées un seul IM pendant la période de fenêtre av blocage. P que par IP attraper le attaques c |
| `auth_rate_limit_imsi_window_ms` | Entier | Non | `60000` | Taille de la fenêtre gli en millisec pour comp échecs IM |
| `auth_rate_limit_imsi_block_ms` | Entier | Non | `600000` | Durée en millisecon pour bloqu IMSI après dépassé le Par défaut 10 minute long que l blocs IP pc protéger d |

| Paramètre | Type | Requis | Par Défaut | Descrip |
|---|---|---|---|---|
| | | | | abonnés spécifique |

## Comportement en Cas de Succès

Lorsque l'authentification réussit, le limiteur de taux efface tout l'historique des échecs pour cette paire IP/IMSI. Cela permet aux utilisateurs légitimes qui ont rencontré des échecs transitoires (par exemple, des problèmes de réseau) de récupérer sans être pénalisés de manière permanente.

## Exemples de Configurations

#### Environnement à Haute Sécurité

Limites strictes pour les environnements avec une faible tolérance aux tentatives échouées :

```
config :omniepdg,
  auth_rate_limit_per_ip: 5,
  auth_rate_limit_ip_window_ms: 120_000,   # Fenêtre de 2 minutes
  auth_rate_limit_ip_block_ms: 900_000,    # Blocage de 15 minutes

  auth_rate_limit_per_imsi: 3,
  auth_rate_limit_imsi_window_ms: 120_000,
  auth_rate_limit_imsi_block_ms: 1_800_000  # Blocage de 30
minutes
```

**Comment ça fonctionne :** Seules 5 échecs par IP ou 3 échecs par IMSI sont autorisés dans une fenêtre de 2 minutes. Les blocs durent respectivement 15-30 minutes.

**Cas d'utilisation :** Déploiements d'entreprise, bases d'abonnés à haute valeur, ou réseaux sous attaque active.

#### Environnement Relaxé

Limites plus permissives pour le développement ou les tests :

```
config :omniepdg,
  auth_rate_limit_per_ip: 50,
  auth_rate_limit_ip_window_ms: 60_000,
  auth_rate_limit_ip_block_ms: 60_000,     # Blocage de 1 minute

  auth_rate_limit_per_imsi: 20,
  auth_rate_limit_imsi_window_ms: 60_000,
  auth_rate_limit_imsi_block_ms: 120_000   # Blocage de 2 minutes
```

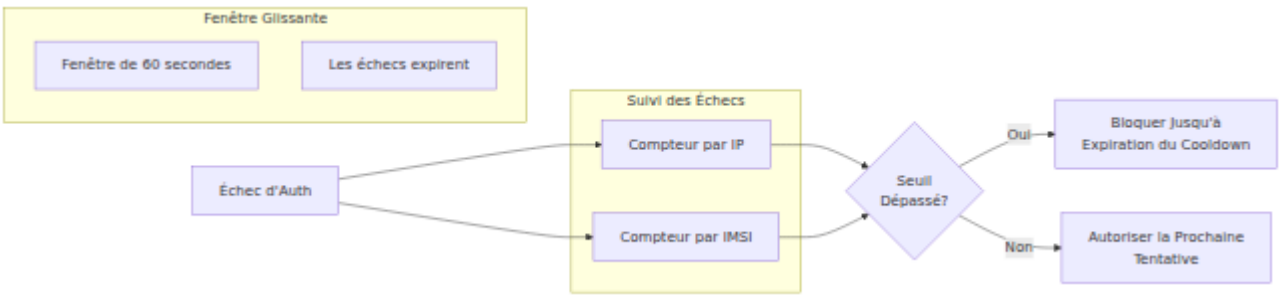
**Comment ça fonctionne :** Des seuils plus élevés et des blocs plus courts permettent plus de flexibilité pour les tests.

**Cas d'utilisation :** Environnements de développement, tests d'intégration.

# Blocage de Pays GeoIP

Le blocage GeoIP restreint l'accès à l'appel WiFi en fonction de l'emplacement géographique de l'adresse IP de connexion. Cela est utile pour les opérateurs qui doivent limiter le service à des pays spécifiques pour des raisons réglementaires ou commerciales.

## Aperçu




## Base de Données de Géolocalisation IP

OmniEPDG utilise la base de données **DB-IP IP-to-City Lite** (CC BY 4.0. Voir `priv/geoip/ATTRIBUTION.md`). Elle n'est **pas** engagée dans git (~125 Mo). Au lieu de cela, elle est **téléchargée au moment de la construction**. `mix`

`release` exécute la tâche `geoip.fetch` comme étape de release, donc chaque package expédie une base de données actuelle. (Les environnements de développement/test la récupèrent à la demande via l'alias `mix test`.) À cause de cela :

- **Chaque session est annotée par défaut** avec le pays, la ville et les coordonnées approximatives. L'interface web ("Colonne Localisation") et la réponse `/api/sessions` montrent ces informations : `country_code`, `country_name`, `continent_code`, `geo_city`, `geo_latitude`, `geo_longitude`.
- `geoip_enabled` **contrôle uniquement** si les connexions sont *bloquées* par pays. L'annotation se produit indépendamment de ce drapeau.

**Utilisation de votre propre base de données (optionnel).** Définissez `geoip_database_path` sur un MaxMind GeoLite2 (`https://www.maxmind.com/en/geolite2/signup`) ou une autre DB-IP/MaxMind MMDB. Si le fichier configuré est manquant, la base de données intégrée (téléchargée) est utilisée. Remarque : L'EULA de MaxMind GeoLite2 ne permet **pas** de la redistribuer dans un produit, c'est pourquoi DB-IP Lite (CC BY 4.0) est utilisé à la place.

Pour rafraîchir la base de données manuellement (DB-IP publie mensuellement) :

```
mix geoip.fetch
```

## Configuration

```
config :omniepdg,
  # Bloquer les connexions par pays (l'annotation de
géolocalisation est toujours active)
  geoip_enabled: true,

  # Optionnel : remplacer la DB intégrée par votre propre MMDB
(Pays ou Ville)
  # geoip_database_path: "/etc/omniepdg/GeoLite2-Country.mmdb",

  # Mode de contrôle d'accès
  geoip_mode: :whitelist,

  # Liste des pays (codes alpha-2 ISO 3166-1)
  geoip_countries: ["AU", "NZ"],

  # Gérer les IP inconnues
  geoip_allow_unknown: false,

  # Comportement lorsque la base de données est indisponible
  geoip_fail_open: true
```

## Paramètres

| Paramètre | Type | Requis | Par Défaut | Description |
|---|---|---|---|---|
| `geoip_enabled` | Booléen | Non | `false` | Activer ou désactiver le contrôle d'accès basé sur GeoIP * (blocage). Lorsque `false`, toutes les IP sont autorisées, mais les sessions sont toujours géo-annotées. |
| `geoip_database_path` | Chaîne | Non | `dbip-country-lite.mmdb` intégré | Chemin vers une base de données au format MMDB (Pays ou Ville). Retombe sur la base de données DB-IP intégrée si non définie ou manquante. |
| `geoip_mode` | Atome | Non | `:whitelist` | Mode de contrôle d'accès : `:whitelist` (n'autoriser que les pays |

| Paramètre | Type | Requis | Par Défaut | Description |
|---|---|---|---|---|
| | | | | listés) ou `:blacklist` (bloquer les pays listés, autoriser les autres). |
| `geoip_countries` | Liste | Non | `[]` | Liste des codes de pays alpha-2 ISO 3166-1. L'interprétation dépend de `geoip_mode`. |
| `geoip_allow_unknown` | Booléen | Non | Voir ci-dessous | Autoriser les connexions à partir d'IP qui ne peuvent pas être géolocalisées (IP privées, plages inconnues). Par défaut, c'est `false` pour le mode liste blanche, `true` pour le mode liste noire. |
| `geoip_fail_open` | Booléen | Non | `true` | Comportement lorsque la base de données GeoIP échoue à se charger. Lorsque `true`, |

| Paramètre | Type | Requis | Par Défaut | Description |
|---|---|---|---|---|
| | | | | autoriser toutes les connexions (échec ouvert). Lorsque `false`, bloquer toutes les connexions (échec fermé). |

# Modes de Contrôle d'Accès

### Mode Liste Blanche (Recommandé pour les Appels WiFi)

N'autoriser que les connexions provenant de pays spécifiés. Tous les autres pays sont bloqués.

```
config :omniepdg,
  geoip_enabled: true,
  geoip_mode: :whitelist,
  geoip_countries: ["AU", "NZ", "FJ"]  # Australie, Nouvelle-
Zélande, Fidji
```

**Comment ça fonctionne :** Seules les UE se connectant à partir d'adresses IP australiennes, néo-zélandaises ou fidjiennes peuvent s'authentifier. Tous les autres pays sont rejetés.

**Cas d'utilisation :** Opérateurs souhaitant restreindre les appels WiFi à leurs zones de service autorisées.

### Mode Liste Noire

Bloquer les connexions provenant de pays spécifiés. Tous les autres pays sont autorisés.

```
config :omniepdg,
  geoip_enabled: true,
  geoip_mode: :blacklist,
  geoip_countries: ["CN", "RU", "KP", "IR"]  # Chine, Russie,
Corée du Nord, Iran
```

**Comment ça fonctionne :** Les UE se connectant depuis les pays listés sont rejetées. Tous les autres pays peuvent s'authentifier.

**Cas d'utilisation :** Bloquer les régions à haut risque tout en permettant l'itinérance mondiale.

## Gestion des Pays Inconnus

Certaines adresses IP ne peuvent pas être géolocalisées :

- Plages IP privées (10.x.x.x, 192.168.x.x, etc.)
- Blocs IP nouvellement alloués non encore dans la base de données
- Nœuds de sortie Tor et certains VPN

Le paramètre `geoip_allow_unknown` contrôle le comportement :

| Mode | `geoip_allow_unknown` Par Défaut | Comportement |
|---|---|---|
| Liste Blanche | `false` | Inconnu = pas dans la liste blanche = bloqué |
| Liste Noire | `true` | Inconnu = pas dans la liste noire = autorisé |

Pour remplacer le défaut :

```
config :omniepdg,
  geoip_mode: :whitelist,
  geoip_allow_unknown: true  # Autoriser les IP inconnues même en
mode liste blanche
```

## Mises à Jour de la Base de Données

MaxMind met à jour la base de données GeoLite2 chaque semaine. Pour mettre à jour :

1. Téléchargez le nouveau fichier `GeoLite2-Country.mmdb`
2. Remplacez le fichier existant au chemin configuré
3. La base de données est automatiquement rechargée lors de la prochaine recherche (aucun redémarrage requis)

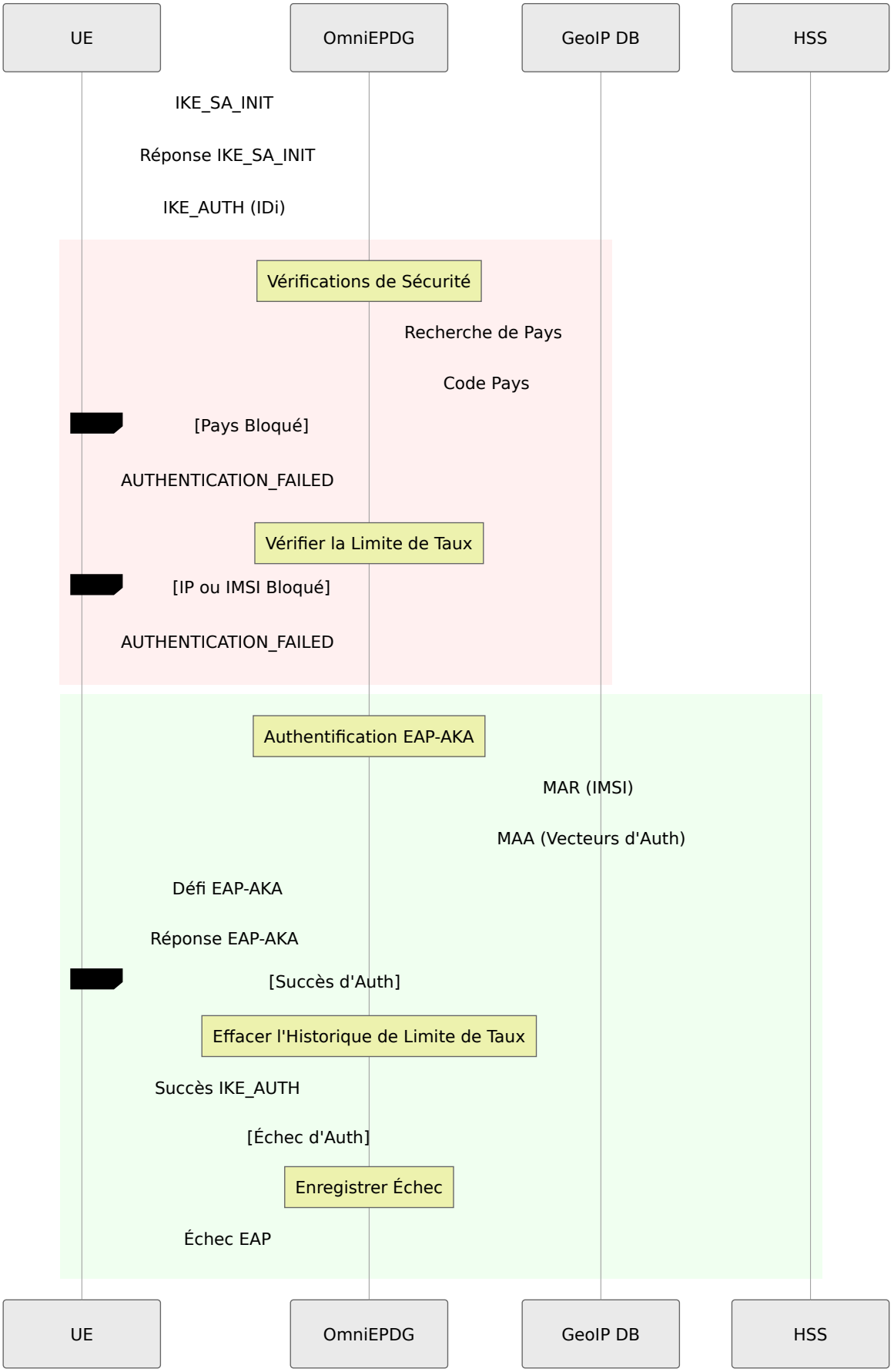
## Codes de Pays Courants

| Code | Pays | Code | Pays |
|---|---|---|---|
| AU | Australie | US | États-Unis |
| NZ | Nouvelle-Zélande | GB | Royaume-Uni |
| CA | Canada | DE | Allemagne |
| FR | France | JP | Japon |
| SG | Singapour | HK | Hong Kong |
| IN | Inde | CN | Chine |

Liste complète : ISO 3166-1 alpha-2

# Flux de Sécurité

Le flux complet de sécurité d'authentification :


UE
OmniEPDG
GeoIP DB
HSS
IKE_SA_INIT
Réponse IKE_SA_INIT
IKE_AUTH (IDi)
Vérifications de Sécurité
Recherche de Pays
Code Pays
[Pays Bloqué]
AUTHENTICATION_FAILED
Vérifier la Limite de Taux
[IP ou IMSI Bloqué]
AUTHENTICATION_FAILED
Authentification EAP-AKA
MAR (IMSI)
MAA (Vecteurs d'Auth)
Défi EAP-AKA
Réponse EAP-AKA
[Succès d'Auth]
Effacer l'Historique de Limite de Taux
Succès IKE_AUTH
[Échec d'Auth]
Enregistrer Échec
Échec EAP
UE
OmniEPDG
GeoIP DB
HSS

# Métriques

## Métriques de Limitation de Taux

**Métrique**: `epdg_auth_rate_limited_count` **Type**: Compteur **Description**: Nombre de tentatives d'authentification bloquées par limitation de taux **Étiquettes**:

- `type` - Raison du blocage : `ip` (seuil IP dépassé) ou `imsi` (seuil IMSI dépassé)

**Exemples de requêtes** :

```
# Tentatives limitées par minute
rate(epdg_auth_rate_limited_count[1m])

# Limité par type
sum by (type) (rate(epdg_auth_rate_limited_count[5m]))

# Alerte : Activité de limitation de taux élevée
rate(epdg_auth_rate_limited_count[5m]) > 10
```

## Métriques GeoIP

**Métrique**: `epdg_auth_geoip_blocked_count` **Type**: Compteur **Description**: Nombre de tentatives d'authentification bloquées par GeoIP **Étiquettes**:

- `country` - Code de pays alpha-2 ISO 3166-1, ou `UNKNOWN` pour les IP non résolues

**Exemples de requêtes** :

```
# Blocs GeoIP par minute
rate(epdg_auth_geoip_blocked_count[1m])

# Pays les plus bloqués
topk(10, sum by (country) (epdg_auth_geoip_blocked_count))

# Alerte : Pays inhabituel tentant d'accéder
increase(epdg_auth_geoip_blocked_count{country="XX"}[1h]) > 100
```

# Dépannage

## Problèmes de Limitation de Taux

### Utilisateurs Légitimes Bloqués

**Symptômes**: Les utilisateurs signalent qu'ils ne peuvent pas se connecter après des tentatives échouées

**Causes possibles** :

- L'utilisateur a saisi de mauvaises informations d'identification plusieurs fois
- Des problèmes de réseau ont causé des délais d'authentification comptés comme des échecs
- Seuils fixés trop bas pour l'environnement

**Résolution** :

1. Vérifiez les métriques pour l'IP/IMSI concernée
2. Envisagez d'augmenter les seuils si les faux positifs sont fréquents
3. Après avoir corrigé la cause profonde, le bloc expirera automatiquement

### Taux Élevé de Tentatives Bloquées

**Symptômes**: `epdg_auth_rate_limited_count` augmente rapidement

**Causes possibles** :

- Attaque par force brute en cours

- UE mal configurée échouant à plusieurs reprises à l'authentification
- Attaque de credential stuffing

**Résolution** :

1. Examinez les IP sources dans les journaux pour détecter des motifs
2. Envisagez de mettre en œuvre des règles de pare-feu au niveau IP pour les attaquants persistants
3. Vérifiez la connectivité HSS si des utilisateurs légitimes sont affectés

# Problèmes GeoIP

### Toutes les Connexions Sont Bloquées

**Symptômes**: Aucune UE ne peut se connecter après l'activation de GeoIP

**Causes possibles** :

- Fichier de base de données non trouvé ou corrompu
- Codes de pays incorrects dans la configuration
- `geoip_allow_unknown: false` bloquant les IP privées dans un environnement de laboratoire

**Résolution** :

1. Vérifiez que le fichier de base de données existe au chemin configuré
2. Vérifiez que les codes de pays sont corrects (majuscules, 2 lettres)
3. Pour le laboratoire/le développement, définissez `geoip_allow_unknown: true`
4. Vérifiez les journaux pour des avertissements liés à GeoIP

### Base de Données GeoIP Ne Charge Pas

**Symptômes**: Avertissement dans les journaux : "Base de données GeoIP non trouvée"

**Causes possibles** :

- Chemin de fichier incorrect

- Les autorisations de fichier empêchent la lecture
- Le fichier n'est pas au format MMDB valide

**Résolution** :

1. Vérifiez que le fichier existe : `ls -la /etc/omniepdg/GeoLite2-Country.mmdb`
2. Vérifiez les autorisations : `chmod 644 /etc/omniepdg/GeoLite2-Country.mmdb`
3. Vérifiez l'intégrité du fichier en téléchargeant une nouvelle copie depuis MaxMind

**Blocages de Pays Inattendus**

**Symptômes**: Utilisateurs de pays autorisés étant bloqués

**Causes possibles** :

- VPN/proxy faisant apparaître l'IP comme provenant d'un pays différent
- Base de données GeoIP obsolète
- Sortie de réseau d'entreprise dans un emplacement inattendu

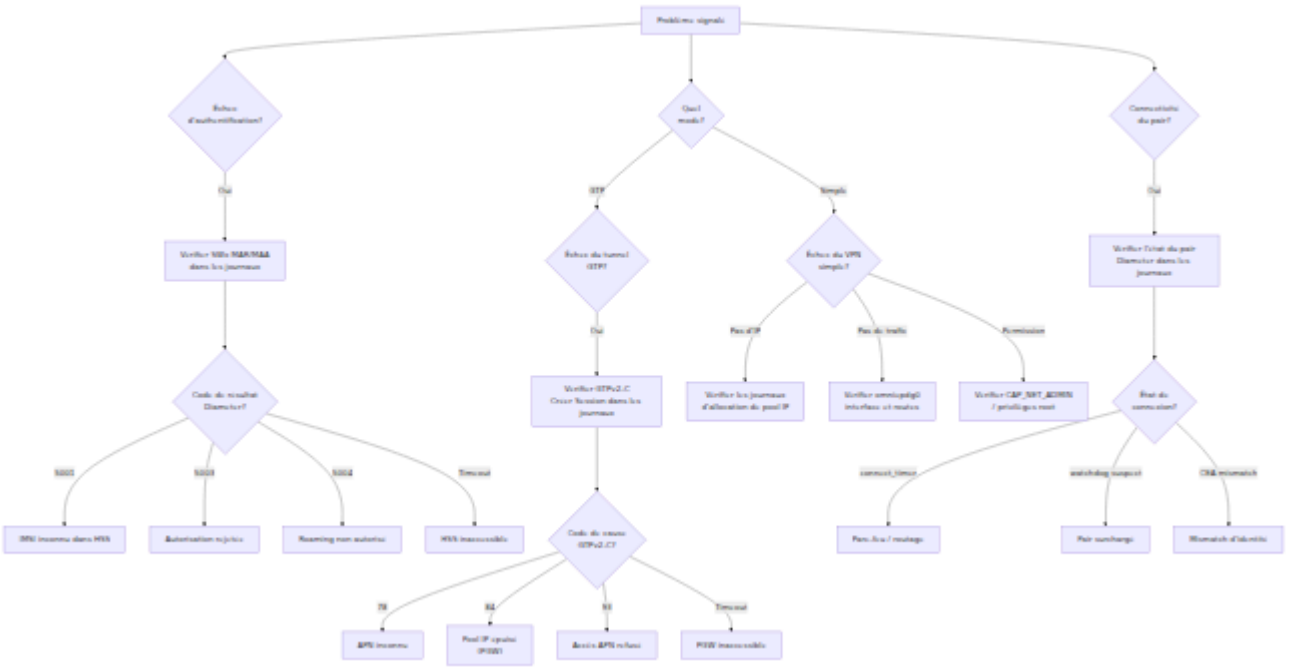
**Résolution** :

1. Mettez à jour la base de données GeoIP à la dernière version
2. Vérifiez l'IP de sortie réelle de l'utilisateur par rapport au pays attendu
3. Envisagez d'ajouter des pays supplémentaires si les utilisateurs passent par des réseaux d'entreprise

# Dépannage OmniEPDG

Ce guide couvre les problèmes opérationnels courants, les procédures de diagnostic et les étapes de résolution pour OmniEPDG.

## Aperçu du Diagnostic



## Fichiers Journaux

OmniEPDG écrit des journaux dans le répertoire `log/` relatif au répertoire de travail de l'application. Voir la Référence de Configuration pour les détails de configuration des journaux.

| Fichier | Objectif | Quand vérifier |
|---|---|---|
| `log/console.log` | Tous les messages d'application au niveau de débogage | Premier point d'investigation pour tout problème |
| `log/error.log` | Erreurs uniquement | Scan rapide pour les problèmes actifs |
| `log/crash.log` | Échecs de processus OTP | Lorsque les processus redémarrent de manière inattendue |
| `log/erlang.log` | Journaliseur du noyau Erlang | Problèmes Erlang/OTP de bas niveau |

# Modèles de Journal Clés

**Événements de connexion de pair Diameter :**

- `peer_up` - Pair Diameter connecté et capacités échangées
- `peer_down` - Pair Diameter déconnecté

**Transitions d'état FSM UE :**

- `ue_fsm state_<name> event=<event>` - FSM traitant un événement dans un état donné
- `ue_fsm init(<IMSI>)` - Nouvelle instance FSM créée pour l'abonné
- `terminating epdg_ue_fsm with reason <reason>` - FSM en cours d'arrêt

**Événements de timeout :**

- `Timeout swm_der_timeout` - Réponse SWm DER expirée
- `Timeout create_session_timeout` - Réponse GTPv2-C Créer Session expirée
- `Timeout s2b_delete_session_timeout` - Réponse GTPv2-C Supprimer Session expirée

- `Timeout cancel_location_timeout` - Réponse Annuler Emplacement expirée

# Problèmes de Connectivité Diameter

## Échec de Connexion HSS (SWx)

**Symptômes** : Aucun abonné ne peut s'authentifier. Les journaux montrent des tentatives de connexion répétées au HSS.

**Causes possibles** :

- Pare-feu bloquant le port SCTP 3868 entre OmniEPDG et HSS
- `dia_swx_remote_ip` ou `dia_swx_remote_port` incorrects dans la configuration
- HSS non opérationnel ou n'acceptant pas les connexions Diameter
- SCTP non activé sur le chemin réseau (certains pare-feu bloquent SCTP par défaut)
- Mismatch d'Origin-Host ou d'Origin-Realm causant le rejet CEA

**Résolution** :

1. Vérifiez la connectivité réseau vers l'IP et le port HSS
2. Confirmez que `dia_swx_remote_ip` et `dia_swx_remote_port` correspondent à la configuration HSS
3. Vérifiez que le trafic SCTP est autorisé à travers tous les pare-feu. Si SCTP est bloqué, définissez `dia_swx_proto` sur `tcp` comme solution de repli
4. Vérifiez que `dia_swx_origin_host` est un FQDN résolvable et correspond à ce que le HSS attend
5. Vérifiez les journaux HSS pour les échecs de négociation Diameter CER/CEA

# Échec de Connexion PGW (S6b)

**Symptômes** : L'authentification réussit mais la création du tunnel GTP échoue ou S6b AAR n'arrive jamais du PGW. Les journaux ne montrent aucun événement peer_up S6b.

**Causes possibles** :

- PGW non configuré pour se connecter à l'écouteur S6b d'OmniEPDG
- Pare-feu bloquant le port SCTP 3868 sur l'adresse de liaison S6b d'OmniEPDG
- `dia_s6b_local_ip` non accessible depuis le PGW
- Mismatch d'Origin-Host ou d'Origin-Realm

**Résolution** :

1. Confirmez que le PGW est configuré pour se connecter à OmniEPDG à `dia_s6b_local_ip`:`dia_s6b_local_port`
2. Vérifiez que l'adresse de liaison S6b est accessible depuis le réseau PGW
3. Vérifiez que les règles de pare-feu autorisent le SCTP entrant sur le port 3868 à l'adresse S6b
4. Vérifiez que `dia_s6b_origin_host` et `dia_s6b_origin_realm` correspondent à ce que le PGW attend

# Échecs de Watchdog Diameter

**Symptômes** : Les connexions Diameter établies se déconnectent de manière intermittente. Les journaux montrent des transitions de watchdog vers l'état SUSPECT ou DOWN.

**Causes possibles** :

- Instabilité du chemin réseau ou perte de paquets
- Pair surchargé et ne répondant pas au DWR dans `dia_swx_watchdog_timer`
- Configuration de watchdog agressive (trop peu de tentatives avant de déclarer suspect)

**Résolution** :

1. Vérifiez la qualité du chemin réseau (perte de paquets, latence) entre OmniEPDG et le pair
2. Si une perte de paquets est attendue, augmentez les seuils de `dia_swx_watchdog_config` / `dia_s6b_watchdog_config` (par exemple, `[{okay, 5}, {suspect, 3}]`)
3. Vérifiez la santé du système pair (CPU, mémoire, nombre de connexions)

# Échecs de Négociation IKEv2

## Aucune Proposition Choisie

**Symptômes** : L'IKE_SA_INIT de l'UE est rejeté avec `NO_PROPOSAL_CHOSEN` ; les journaux montrent `exchange error: :no_proposal_chosen`. L'UE ne passe jamais l'étape IKE_SA_INIT.

**Causes possibles** :

- L'UE n'offre que des transformations cryptographiques que OmniEPDG ne prend pas en charge.
- Un scanner ou un client mal configuré sonde les ports publics.

**Contexte** : OmniEPDG accepte le chiffrement AES-CBC et AES-GCM ; HMAC-SHA2, HMAC-SHA1 et **AES-XCBC-96** pour l'intégrité ; HMAC-SHA2, HMAC-SHA1 et **PRF-AES128-XCBC** pour les PRF ; et les groupes DH MODP/ECP/Curve25519/448. Voir Algorithmes Cryptographiques pour la liste complète. Certains téléphones (notamment certains clients Samsung VoWiFi) n'offrent que `AES-CBC-256 / AUTH_AES_XCBC_96 / PRF_AES128_XCBC / MODP-2048`, tous pris en charge.

**Résolution** :

1. Activez la journalisation `:debug` et inspectez l'événement `IKEv2 packet` pour la charge utile SA de l'UE. Les champs `payloads[].proposals[]` listent les transformations exactes offertes.
2. Confirmez que les transformations de chiffrement / d'intégrité / de PRF / de DH offertes apparaissent comme prises en charge dans les tableaux d'algorithmes.

3. Si une transformation réellement non prise en charge est requise, signalez-le à l'ingénierie.

## La Connexion S'établit Puis Se Déconnecte Immédiatement (SA Enfant Supprimée)

**Symptômes** : IKE_AUTH se termine, la session est brièvement établie, puis l'UE envoie un `DELETE` d'INFORMATIONNEL dans ~100 ms. Aucun flux multimédia. Se répète à chaque tentative.

**Causes possibles** :

- Les transformations SA Enfant (ESP) dans la réponse ne correspondent pas à ce que l'UE a offert, donc l'UE détruit la SA.
- Un algorithme d'intégrité/chiffrement ESP que le plan de données ne peut pas traiter.

**Contexte** : OmniEPDG négocie la SA Enfant ESP à partir de la proposition offerte par l'UE (y compris AES-XCBC-96 et AES-CBC-128/192/256) plutôt que de forcer un ensemble fixe. Une réponse sélectionnant une transformation que l'UE n'a pas offerte est rejetée selon la RFC 7296.

**Résolution** :

1. Dans `:debug`, vérifiez la ligne de journal `child SA proposal selected`. Les champs `esp_offered`, `esp_encr` et `esp_integ` montrent ce qui a été offert et choisi.
2. Vérifiez que la longueur de la clé de chiffrement ESP sélectionnée correspond au chiffre (un mismatch se manifeste comme `Bad key size` et un paquet abandonné).
3. Confirmez que l'intégrité ESP offerte par l'UE est prise en charge par OmniEPDG (voir Algorithmes SA Enfant ESP).

# Échecs d'Authentification

## IMSI Inconnu (Diameter 5001)

**Symptômes** : Des abonnés spécifiques échouent à l'authentification EAP-AKA. Les journaux montrent SWx MAA avec le code de résultat 5001 (DIAMETER_ERROR_USER_UNKNOWN).

**Causes possibles** :

- Abonné non provisionné dans le HSS
- Mismatch d'IMSI entre la SIM de l'UE et la base de données HSS
- Format NAI incorrect, causant l'échec de l'extraction de l'IMSI

**Résolution** :

1. Vérifiez que l'IMSI de l'abonné existe dans la base de données HSS
2. Vérifiez que le format NAI dans les journaux correspond au modèle attendu : `0<IMSI>@nai.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.3gppnetwork.org`
3. Confirmez que l'IMSI de la carte SIM correspond à la valeur provisionnée dans le HSS

## Autorisation Rejetée (Diameter 5003)

**Symptômes** : L'abonné s'authentifie mais est rejeté lors de l'attribution du serveur. Les journaux montrent SWx SAA avec le code de résultat 5003.

**Causes possibles** :

- Abonné non autorisé pour le service d'appel WiFi
- APN non autorisé pour cet abonné
- Restrictions du profil d'abonnement

**Résolution** :

1. Vérifiez le profil de service de l'abonné dans le HSS
2. Vérifiez que l'accès WiFi / ePDG est activé pour l'abonné

3. Confirmez que l'APN demandé figure dans la liste des APN autorisés de l'abonné

## Roaming Non Autorisé (Diameter 5004)

**Symptômes** : Les abonnés en roaming échouent à l'authentification. Les journaux montrent SWx MAA ou SAA avec le code de résultat 5004.

**Causes possibles** :

- La politique de roaming HSS rejette la localisation actuelle de l'abonné
- Appel WiFi non autorisé pour les abonnés en roaming

**Résolution** :

1. Examinez les politiques de roaming HSS pour la combinaison HPLMN/VPLMN de l'abonné
2. Vérifiez si l'appel WiFi est autorisé dans le cadre des accords de roaming

## Timeout d'Authentification

**Symptômes** : L'authentification reste bloquée puis échoue après 10 secondes. Les journaux montrent `Timeout swm_der_timeout` dans `state_wait_auth_resp`.

**Causes possibles** :

- HSS ne répond pas à SWx MAR dans les 10 secondes
- Connexion Diameter SWx interrompue pendant la demande
- HSS surchargé

**Résolution** :

1. Vérifiez la réactivité et la charge du HSS
2. Vérifiez que le pair Diameter SWx est dans un état OKAY (pas SUSPECT ou DOWN)
3. Vérifiez que `dia_swx_transmit_timer` est adéquat pour la latence réseau vers le HSS

# Mismatch de Type EAP-AKA

**Symptômes** : L'authentification échoue avec une erreur "type_mismatch" dans les journaux. Le préfixe d'identité de l'UE ne correspond pas à la méthode EAP utilisée.

**Causes possibles** :

- L'UE envoie une identité avec le préfixe `0` (EAP-AKA) mais le réseau attend EAP-AKA', ou vice versa
- HSS renvoie des vecteurs d'authentification pour le mauvais type EAP

**Contexte** : Selon 3GPP TS 23.003, le préfixe d'identité NAI indique le type d'authentification attendu :

- Le préfixe `0` indique EAP-AKA
- Le préfixe `6` indique EAP-AKA'

OmniEPDG sélectionne automatiquement la méthode d'authentification en fonction du préfixe d'identité de l'UE. La plupart des UEs d'appel WiFi utilisent le préfixe `0` (EAP-AKA).

**Résolution** :

1. Vérifiez l'identité NAI de l'UE dans les journaux pour vérifier le préfixe
2. Assurez-vous que le HSS est configuré pour renvoyer des vecteurs d'authentification appropriés
3. Vérifiez que la carte SIM est correctement provisionnée pour le type d'authentification attendu

# Mismatch de RES EAP-AKA

**Symptômes** : L'authentification échoue après challenge/réponse. Les journaux montrent une erreur "RES mismatch" ou "res_mismatch".

**Causes possibles** :

- Échec d'authentification de la carte SIM
- Mismatch de dérivation de clé entre l'UE et le réseau

- Vecteurs d'authentification corrompus provenant du HSS

**Résolution** :

1. Vérifiez que la carte SIM est valide et non endommagée
2. Vérifiez que le HSS a renvoyé des vecteurs d'authentification valides (RAND, AUTN, XRES, CK, IK)
3. Activez la journalisation de débogage pour comparer le XRES attendu avec le RES reçu
4. Si vous utilisez des SIM de test, vérifiez que les valeurs Ki et OP/OPc correspondent entre la SIM et le HSS

# Échecs de Tunnel GTP (Mode GTP Seulement)

## Création de Session Rejetée par PGW

**Symptômes** : L'authentification réussit mais la création du tunnel échoue. Les journaux montrent une réponse de création de session GTPv2-C avec un code d'erreur.

**Codes de cause courants et actions :**

| Code de Cause | Nom | Action |
|---|---|---|
| 78 | APN manquant ou inconnu | Vérifiez que l'APN est configuré sur le PGW et correspond au profil de l'abonné |
| 82 | Refusé dans RAT | Vérifiez que la politique PGW permet l'accès WiFi (type non-3GPP) |
| 84 | Tous les Adresses Dynamiques Occupées | Pool IP du PGW épuisé ; étendre le pool ou enquêter sur les fuites |
| 92 | Échec d'Authentification de l'Utilisateur | Échec d'authentification côté PGW ; vérifiez l'autorisation de session S6b |
| 93 | Accès APN Refusé | Abonné non autorisé pour l'APN sur PGW |
| 96 | IMSI/IMEI Inconnu | Abonné inconnu du PGW ; vérifiez que la session S6b a été autorisée |
| 113 | Congestion APN | APN surchargé ; réessayez ou enquêtez sur la capacité du PGW |
| 120 | Congestion de l'Entité GTP-C | Plan de contrôle PGW surchargé |

## Timeout de Création de Session

**Symptômes** : La création du tunnel reste bloquée pendant 10 secondes puis échoue. Les journaux montrent `Timeout create_session_timeout` dans `state_wait_create_session_resp`.

**Causes possibles** :

- PGW inaccessible à `gtpc_remote_ip`:`gtpc_remote_port`
- Pare-feu bloquant le port UDP 2123 entre OmniEPDG et PGW
- PGW surchargé et ne répond pas aux demandes GTPv2-C

**Résolution** :

1. Vérifiez la connectivité réseau vers le PGW sur le port UDP 2123
2. Vérifiez que les règles de pare-feu autorisent UDP 2123 entre OmniEPDG et PGW
3. Vérifiez la santé du PGW et la capacité de traitement GTPv2-C

# Tunnel GTP-U Ne Transmet Pas de Trafic

**Symptômes** : Le tunnel est établi (la création de session réussit) mais le trafic de l'abonné ne circule pas.

**Causes possibles** :

- Module noyau GTP-U non chargé
- L'adresse IP du socket `gtp_u_kmod` ne correspond pas à l'adresse de point de terminaison du tunnel GTP-U signalée au PGW
- Routage non configuré pour le dispositif de tunnel GTP
- Pare-feu bloquant le port UDP 2152 (GTP-U)

**Résolution** :

1. Vérifiez que le module GTP du noyau Linux est chargé (`lsmod | grep gtp`)
2. Confirmez que le dispositif de tunnel GTP existe (`ip link show gtp0`)
3. Vérifiez que `gtp_u_kmod` `ip` correspond à `gtpc_local_ip` ou à l'adresse signalée dans la demande de création de session
4. Vérifiez que la table de routage inclut des routes via le dispositif de tunnel GTP
5. Vérifiez que le pare-feu autorise le port UDP 2152 entre OmniEPDG et PGW

# Échecs de VPN Simple (Mode VPN Simple Seulement)

## Interface TUN Non Créée

**Symptômes** : OmniEPDG démarre mais aucune interface `omniepdg0` n'apparaît. Les sessions échouent lors de la configuration du tunnel. Les journaux peuvent montrer des erreurs de `simple_vpn_route` lors du démarrage.

**Causes possibles** :

- Le processus OmniEPDG n'a pas la capacité `CAP_NET_ADMIN` ou ne s'exécute pas en tant que root
- Le module noyau TUN/TAP n'est pas chargé
- Un autre processus a déjà créé une interface nommée `omniepdg0`

**Résolution** :

1. Vérifiez que le module noyau TUN est disponible (`lsmod | grep tun`)
2. Confirmez qu'OmniEPDG s'exécute avec des privilèges suffisants pour créer des interfaces TUN
3. Vérifiez si `omniepdg0` existe déjà à partir d'une instance précédente (`ip link show omniepdg0`)
4. Vérifiez `log/crash.log` pour les erreurs du processus de gestion des routes

## Pool IP Épuisé

**Symptômes** : L'authentification réussit mais la configuration du tunnel échoue. Les journaux montrent un échec d'allocation IP de `simple_vpn_pool`.

**Causes possibles** :

- Toutes les adresses dans le pool CIDR configuré sont allouées à des sessions actives
- Les adresses IP ne sont pas libérées après la terminaison de la session (fuite)

- Taille du pool trop petite pour le nombre d'abonnés concurrents

**Résolution** :

1. Vérifiez le nombre de processus `epdg_ue_fsm` actifs par rapport à la taille du pool
2. Vérifiez que les sessions sont correctement terminées (vérifiez les messages de journal `terminating`)
3. Si le pool est réellement plein, étendez-le en utilisant un préfixe CIDR plus grand dans `simple_vpn_pool_ipv4` (nécessite un redémarrage)
4. Vérifiez les plantages de FSM pendant la terminaison dans `log/crash.log` qui ont pu empêcher la libération d'IP

## Trafic d'Abonné Ne Circulant Pas

**Symptômes** : La session est établie et l'UE reçoit une adresse IP, mais le trafic ne circule pas à travers l'interface TUN.

**Causes possibles** :

- Route hôte non ajoutée pour l'IP de l'abonné sur `omniepdg0`
- Le transfert IP n'est pas activé sur l'hôte OmniEPDG
- Règles de pare-feu bloquant le trafic sur l'interface `omniepdg0`
- Règles NAT/masquerade manquantes pour le trafic sortant de la plage d'IP de l'abonné

**Résolution** :

1. Vérifiez que la route hôte existe (`ip route show` et recherchez la route /32 de l'abonné via `omniepdg0`)
2. Confirmez que le transfert IP est activé (`sysctl net.ipv4.ip_forward`)
3. Vérifiez que les règles iptables/nftables autorisent le transfert via `omniepdg0`
4. Si les abonnés ont besoin d'un accès Internet, vérifiez que NAT/masquerade est configuré pour la plage d'IP de l'abonné (par exemple, `iptables -t nat -A POSTROUTING -s 10.45.0.0/16 -o <wan-interface> -j MASQUERADE`)

## Routes Obsolètes Après Crash

**Symptômes** : Les routes hôtes pour les IP d'abonnés restent dans la table de routage après que OmniEPDG redémarre ou après que les sessions se terminent de manière anormale.

**Causes possibles** :

- FSM a planté avant que la route puisse être supprimée
- Le processus OmniEPDG a été tué sans arrêt gracieux

**Résolution** :

1. Vérifiez `log/crash.log` pour les plantages de processus pendant la terminaison
2. Supprimez manuellement les routes obsolètes (`ip route del <subscriber-ip>/32 dev omniepdg0`)
3. Le redémarrage d'OmniEPDG recréera l'interface `omniepdg0`, ce qui supprimera toutes les routes associées

# Problèmes de Terminaison de Session

## La Terminaison Reste Bloquée Pendant la Désinscription

**Symptômes** : La terminaison de session ne se termine pas. FSM UE bloqué dans un état `dereg_*` ou `wait_*`.

**Causes possibles** :

- PGW ne répond pas à la Demande de Suppression de Session
- Pair Diameter ne répond pas à STR ou ASR
- Cascade de timeout non terminée en raison de plusieurs timeouts empilés

**Résolution** :

1. Vérifiez les journaux pour les messages de timeout dans l'état pertinent
2. Vérifiez la connectivité PGW et HSS
3. Après 10 secondes, la FSM devrait expirer et passer à l'étape suivante de terminaison ou se terminer. Si ce n'est pas le cas, vérifiez les événements inattendus enregistrés comme `Unexpected call event`

## Contextes PDP GTP-U Orphelins

**Symptômes** : Les entrées de tunnel GTP-U restent dans le noyau après la terminaison des sessions. `ip link show gtp0` montre que le dispositif a toujours des contextes PDP actifs.

**Causes possibles** :

- FSM terminée anormalement avant de supprimer le contexte PDP
- Plantage pendant la séquence de terminaison

**Résolution** :

1. Vérifiez `log/crash.log` pour les plantages de processus pendant la terminaison
2. Le rappel `terminate/3` de la FSM tente de nettoyer le contexte PDP. Si la FSM a été tuée (par exemple, redémarrage du superviseur), le nettoyage a pu être sauté
3. Le redémarrage d'OmniEPDG recréera le socket GTP-U et effacera les contextes obsolètes

# Problèmes de Processus et Système

## Boucles de Redémarrage du Superviseur

**Symptômes** : Les processus OmniEPDG redémarrent de manière répétée. Les journaux montrent des messages de redémarrage du superviseur et des rapports de plantage.

**Causes possibles** :

- Erreur de configuration persistante provoquant un plantage d'un gestionnaire au démarrage
- Dépendance externe indisponible (par exemple, bibliothèque gen_socket introuvable)
- Pair Diameter envoyant des messages malformés provoquant des plantages de gestionnaire

**Résolution** :

1. Vérifiez `log/crash.log` pour la cause profonde du plantage
2. Vérifiez que le chemin `libdir` de `gen_socket` est correct et que les fichiers de bibliothèque existent
3. Vérifiez que tous les paramètres de configuration requis sont présents dans `config/runtime.exs`
4. Recherchez des messages Diameter malformés dans le rapport de plantage

# Utilisation Élevée de la Mémoire

**Symptômes** : La consommation de mémoire de la VM Erlang augmente avec le temps.

**Causes possibles** :

- Les processus FSM UE ne sont pas nettoyés après la terminaison de la session
- Accumulation de messages de journal dans les boîtes aux lettres
- Grand nombre de sessions concurrentes

**Résolution** :

1. Vérifiez le nombre de processus `epdg_ue_fsm` et `aaa_ue_fsm` en cours d'exécution (ceux-ci devraient correspondre au nombre d'abonnés actifs)
2. Vérifiez que les FSM se terminent correctement après la terminaison de la session (vérifiez les messages de journal `terminating`)
3. Examinez les paramètres de rotation des journaux pour vous assurer que les fichiers journaux sont en cours de rotation