# Guide de Configuration d'OmniPGW

**Référence Complète pour la Configuration de runtime.exs**

*par Omnitouch Network Services*

---

## Table des Matières



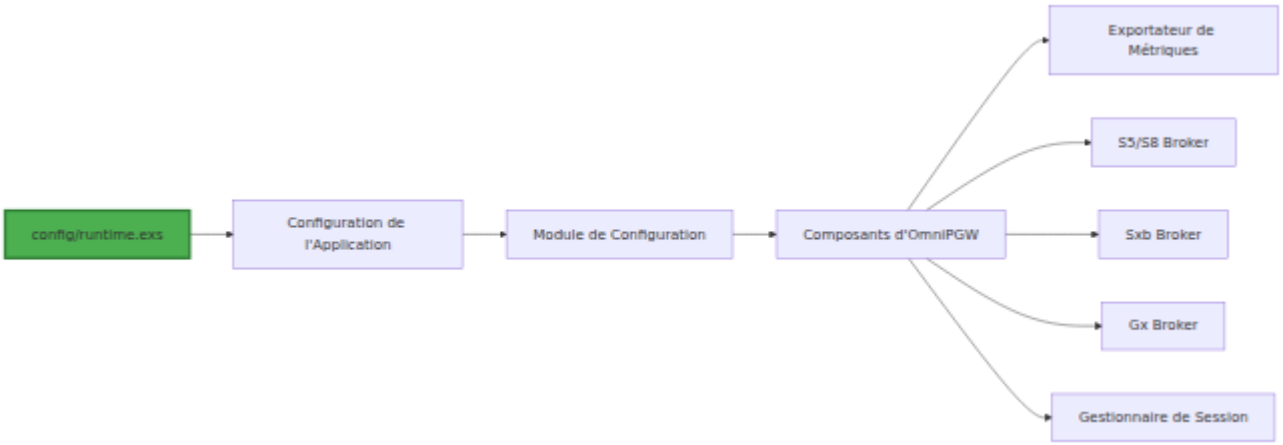
---

## Aperçu

OmniPGW utilise une **configuration runtime** définie dans `config/runtime.exs`. Ce fichier est évalué au **démarrage de l'application** et

permet une configuration dynamique basée sur des variables d'environnement ou des sources externes.

## Philosophie de Configuration




**Principes Clés :**

- **Source Unique de Vérité** - Toute la configuration dans un seul fichier
- **Sécurité de Type** - Configuration validée au démarrage
- **Flexibilité Environnementale** - Support pour dev, test, production
- **Defaults Clairs** - Defaults sensés avec des remplacements explicites

---

# Structure du Fichier de Configuration

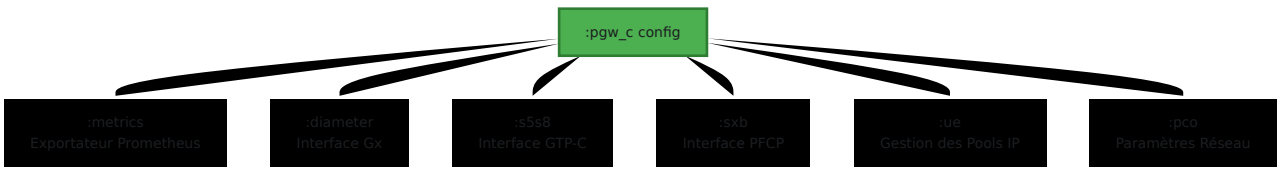
## Emplacement du Fichier

```
pgw_c/
├── config/
│   ├── config.exs         # Configuration de base (importe
runtime.exs)
│   ├── dev.exs            # Configuration spécifique au
développement
│   ├── prod.exs           # Configuration spécifique à la
production
│   └── runtime.exs        # ← Fichier de configuration principal
```

## Structure de Haut Niveau

```
# config/runtime.exs
import Config

config :logger, level: :info

config :pgw_c,
  metrics: %{...},
  diameter: %{...},
  s5s8: %{...},
  sxb: %{...},
  ue: %{...},
  pco: %{...}
```

## Sections de Configuration



# Configuration des Métriques

## Objectif

Configurer l'exportateur de métriques Prometheus pour surveiller OmniPGW.

## Bloc de Configuration

```
config :pgw_c,
  metrics: %{
    # Activer/désactiver l'exportateur de métriques
    enabled: true,

    # Adresse IP pour lier le serveur HTTP
    ip_address: "0.0.0.0",

    # Port pour le point de terminaison des métriques
    port: 9090,

    # Fréquence de sondage des registres (millisecondes)
    registry_poll_period_ms: 10_000
  }
```

## Paramètres

| Paramètre | Type | Par Défaut | Description |
|---|---|---|---|
| `enabled` | Booléen | `true` | Activer l'exportateur de métriques |
| `ip_address` | Chaîne (IP) | `"0.0.0.0"` | Adresse de liaison (0.0.0.0 = toutes les interfaces) |
| `port` | Entier | `9090` | Port HTTP pour le point de terminaison `/metrics` |
| `registry_poll_period_ms` | Entier | `10_000` | Intervalle de sondage pour les comptes de registre |

## Exemples

**Production - Lier à une IP spécifique :**

```
metrics: %{
  enabled: true,
  ip_address: "10.0.0.20",  # Réseau de gestion
  port: 9090,
  registry_poll_period_ms: 5_000  # Sondage toutes les 5 secondes
}
```

**Développement - Localhost uniquement :**

```
metrics: %{
  enabled: true,
  ip_address: "127.0.0.1",
  port: 42069,  # Port non standard
  registry_poll_period_ms: 10_000
}
```

**Désactiver les métriques :**

```
metrics: %{
  enabled: false
}
```

## Accéder aux Métriques

```
# Point de terminaison par défaut
curl http://<ip_address>:<port>/metrics

# Exemple
curl http://10.0.0.20:9090/metrics
```

**Voir :** Guide de Surveillance & Métriques pour la documentation détaillée des métriques.

---

# Configuration de Diameter/Gx

## Objectif

Configurer le protocole Diameter pour l'interface Gx (communication PCRF).

## Bloc de Configuration

```
config :pgw_c,
  diameter: %{
    # Adresse IP pour écouter les connexions Diameter
    listen_ip: "0.0.0.0",

    # Identité Diameter d'OmniPGW (Origin-Host)
    host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",

    # Domaine Diameter d'OmniPGW (Origin-Realm)
    realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",

    # Liste des pairs PCRF
    peer_list: [
      %{
        # Identité Diameter PCRF
        host: "pcrf.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",

        # Domaine PCRF
        realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",

        # Adresse IP PCRF
        ip: "10.0.0.30",

        # Initier la connexion au PCRF
        initiate_connection: true
      }
    ]
  }
```

# Paramètres

| Paramètre | Type | Requis | Description |
|---|---|---|---|
| `listen_ip` | Chaîne (IP) | Oui | Adresse d'écoute Diameter |
| `host` | Chaîne (FQDN) | Oui | Origin-Host d'OmniPGW (doit être FQDN) |
| `realm` | Chaîne (Domaine) | Oui | Origin-Realm d'OmniPGW |
| `peer_list` | Liste | Oui | Configurations des pairs PCRF |

**Configuration des Pairs :**

| Paramètre | Type | Requis | Description |
|---|---|---|---|
| `host` | Chaîne (FQDN) | Oui | Identité Diameter PCRF |
| `realm` | Chaîne (Domaine) | Oui | Domaine PCRF |
| `ip` | Chaîne (IP) | Oui | Adresse IP PCRF |
| `initiate_connection` | Booléen | Oui | Si OmniPGW se connecte au PCRF |

# Format FQDN

**Les identités Diameter DOIVENT être des FQDN :**

```
# CORRECT
host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org"

# INCORRECT
host: "omnipgw"              # Pas un FQDN
host: "10.0.0.20"            # IP non autorisée
```

**Format 3GPP :**

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

Exemples :
- omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org  (MCC=001, MNC=001)
- pgw-c.epc.mnc260.mcc310.3gppnetwork.org   (MCC=310, MNC=260 - T-
Mobile US)
```

# Exemples

**Un seul PCRF :**

```
diameter: %{
  listen_ip: "0.0.0.0",
  host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  peer_list: [
    %{
      host: "pcrf.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      ip: "10.0.0.30",
      initiate_connection: true
    }
  ]
}
```

**Plusieurs PCRFs (Redondance) :**

```
diameter: %{
  listen_ip: "0.0.0.0",
  host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  peer_list: [
    %{
      host: "pcrf-primary.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      ip: "10.0.1.30",
      initiate_connection: true
    },
    %{
      host: "pcrf-backup.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      ip: "10.0.2.30",
      initiate_connection: true
    }
  ]
}
```

**Connexion Initiée par le PCRF :**

```
diameter: %{
  listen_ip: "0.0.0.0",
  host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  peer_list: [
    %{
      host: "pcrf.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      ip: "10.0.0.30",
      initiate_connection: false  # Attendre que le PCRF se
connecte
    }
  ]
}
```

**Voir :** Documentation de l'Interface Diameter Gx

---

# Configuration de S5/S8

## Objectif

Configurer l'interface GTP-C pour la communication avec SGW-C.

## Bloc de Configuration

```
config :pgw_c,
  s5s8: %{
    # Adresse IPv4 locale pour l'interface S5/S8
    local_ipv4_address: "10.0.0.20",

    # Optionnel : Adresse IPv6 locale
    local_ipv6_address: nil,

    # Optionnel : Remplacer le port GTP-C par défaut (2123)
    local_port: 2123,

    # Délai d'attente des requêtes GTP-C en millisecondes (par
défaut : 500ms)
    # Délai d'attente par tentative lors de l'attente des réponses
GTP-C
    request_timeout_ms: 500,

    # Nombre de tentatives de réessai pour les requêtes GTP-C (par
défaut : 3)
    # Temps d'attente total maximum = request_timeout_ms *
request_attempts
    request_attempts: 3
  }
```

## Paramètres

| Paramètre | Type | Par Défaut | Description |
|---|---|---|---|
| `local_ipv4_address` | Chaîne (IPv4) | Requis | Adresse IPv4 de l'interface S5/S8 |
| `local_ipv6_address` | Chaîne (IPv6) | `nil` | Adresse IPv6 de l'interface S5/S8 (optionnel) |
| `local_port` | Entier | `2123` | Port UDP pour GTP-C (port standard 2123) |
| `request_timeout_ms` | Entier | `500` | Délai d'attente par tentative de réessai en millisecondes |
| `request_attempts` | Entier | `3` | Nombre de tentatives de réessai avant d'abandonner |

## Détails du Protocole

- **Protocole :** GTP-C Version 2
- **Transport :** UDP
- **Port Standard :** 2123
- **Direction :** Reçoit de SGW-C

## Exemples

**IPv4 Seulement (Commun) :**

```
s5s8: %{
  local_ipv4_address: "10.0.0.20"
}
```

**IPv4 + IPv6 Dual-Stack :**

```
s5s8: %{
  local_ipv4_address: "10.0.0.20",
  local_ipv6_address: "2001:db8::20"
}
```

**Port Personnalisé (Non-Standard) :**

```
s5s8: %{
  local_ipv4_address: "10.0.0.20",
  local_port: 2124  # Port personnalisé
}
```

**Réseau à Latence Élevée :**

```
s5s8: %{
  local_ipv4_address: "10.0.0.20",
  request_timeout_ms: 1500,  # 1,5 secondes par tentative
  request_attempts: 3         # Total : 4,5 secondes max
}
```

# Configuration des Délai d'Attente

L'interface S5/S8 utilise des délais d'attente configurables pour les transactions de requêtes/réponses GTP-C (Create Bearer Request, Delete Bearer Request).

**Calcul du Temps d'Attente Total :**

```
Temps d'Attente Maximum Total = request_timeout_ms ×
request_attempts
Par Défaut : 500ms × 3 = 1,5 secondes
```

**Directives de Réglage :**

| Latence Réseau | Délai d'Attente Recommandé | Temps d'Attente Total |
|---|---|---|
| Faible (<50ms) | 200-300ms | 600-900ms |
| Normal (50-150ms) | 500ms (par défaut) | 1,5s |
| Haute (>150ms) | 1000-2000ms | 3-6s |
| Satellite/instable | 2000-3000ms | 6-9s |

**Quand Ajuster :**

- **Augmenter le délai** si vous voyez fréquemment des erreurs "Create Bearer Request timed out" mais Wireshark montre que les réponses arrivent
- **Diminuer le délai** pour une détection d'échec plus rapide dans des environnements à faible latence
- **Augmenter les tentatives de réessai** pour des réseaux peu fiables avec perte de paquets

**Comportement de Délai d'Attente :**

- En cas de délai, une erreur est enregistrée : `"Create Bearer Request timed out"`
- Une erreur Diameter est renvoyée au PCRF : Result-Code 5012 (UNABLE_TO_COMPLY)
- Le porteur reste en stockage précoce pour nettoyage lorsque Charging-Rule-Remove arrive

# Planification Réseau

**Sélection d'Adresse IP :**

- Utilisez un réseau de gestion/signalisation dédié
- Assurez-vous de la connectivité depuis tous les nœuds SGW-C

- Considérez la redondance (VRRP/HSRP) pour la HA

**Règles de Pare-feu :**

```
# Autoriser GTP-C depuis SGW-C
iptables -A INPUT -p udp --dport 2123 -s <sgw_c_network> -j ACCEPT
```

---

# Configuration de Sxb/PFCP

## Objectif

Configurer l'interface PFCP pour la communication avec PGW-U (Plan Utilisateur).

## Bloc de Configuration

```
config :pgw_c,
  sxb: %{
    # Adresse IP locale pour la communication PFCP
    local_ip_address: "10.0.0.20",

    # Optionnel : Remplacer le port PFCP par défaut (8805)
    local_port: 8805
  }
```

## Paramètres

| Paramètre | Type | Par Défaut | Description |
|---|---|---|---|
| `local_ip_address` | Chaîne (IP) | Requis | Adresse d'écoute PFCP |
| `local_port` | Entier | `8805` | Port UDP PFCP |

> **Important :**

> - **Tous les pairs UPF sont automatiquement enregistrés** à partir de la configuration `upf_selection` (règles + pool de secours) au démarrage
> - Les UPF auto-enregistrés utilisent des valeurs par défaut sensées :
>   - Nom auto-généré : `"UPF-<ip>:<port>"`
>   - Association PFCP passive (attendre que l'UPF initie)
>   - Intervalle de cœur de 5 secondes
> - Les règles de sélection UPF et les pools sont configurés dans la section séparée `upf_selection`. Voir Stratégies de Sélection UPF ci-dessous.
> - L'enregistrement dynamique des UPF est pris en charge pour les UPF découverts par DNS qui ne sont pas dans la configuration

# Exemples

**Configuration Minimale :**

```
sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20"
}

# Tous les UPFs dans upf_selection seront automatiquement
enregistrés avec :
# - Nom auto-généré : "UPF-10.0.0.21:8805"
# - Association PFCP passive (attendre que l'UPF se connecte)
# - Intervalle de cœur de 5 secondes
```

**Port PFCP Personnalisé :**

```
sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20",
  local_port: 8806  # Port PFCP non standard
}
```

**Exemple Complet avec Sélection UPF :**

```
sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20"
},
upf_selection: %{
  rules: [
    %{
      name: "Pool IMS",
      priority: 10,
      match_field: :apn,
      match_regex: ~r/^ims$/,
      upf_pool: [
        %{remote_ip_address: "10.0.1.21", remote_port: 8805,
weight: 100},
        %{remote_ip_address: "10.0.1.22", remote_port: 8805,
weight: 100}
      ]
    }
  ],
  fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.2.21", remote_port: 8805, weight:
100}
  ]
}
# Tous les 3 UPFs (10.0.1.21, 10.0.1.22, 10.0.2.21) sont
automatiquement enregistrés
```

**Sélection Basée sur DNS (Enregistrement Dynamique) :**

```
sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20"
},
upf_selection: %{
  dns_enabled: true,
  dns_query_priority: [:ecgi, :tai],
  dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",
  fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.2.21", remote_port: 8805, weight:
100}
  ]
}
# Les UPFs découverts par DNS seront automatiquement enregistrés
lors de la première utilisation
```

---

# Stratégies de Sélection UPF

**Important** : La configuration de sélection UPF a été simplifiée. Tous les pairs UPF sont automatiquement enregistrés à partir de la configuration `upf_selection`.

## Structure de Configuration

La sélection UPF est configurée dans la section **`upf_selection`** qui définit :

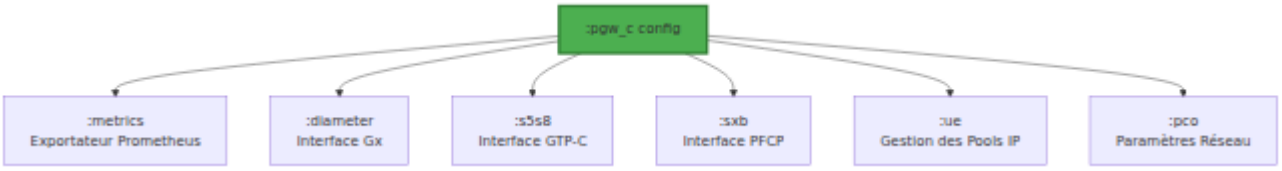
1. **Règles Statique** - Routage basé sur des motifs avec des pools d'équilibrage de charge
2. **Paramètres DNS** - Découverte dynamique UPF basée sur la localisation
3. **Pool de Secours** - Pool par défaut lorsque aucune règle ne correspond et que DNS échoue

## Ordre de Priorité de Sélection

1. **Règles Statique** (Priorité la Plus Élevée) - Routage basé sur des motifs avec des pools d'équilibrage de charge

2. **Sélection Basée sur DNS** (Priorité Inférieure) - Découverte dynamique UPF basée sur la localisation
3. **Pool de Secours** (Priorité la Plus Basse) - Pool par défaut lorsque aucune règle ne correspond et que DNS échoue

## Flux de Décision de Sélection UPF




## Champs de Correspondance Disponibles

Les règles statiques peuvent correspondre à n'importe lequel de ces attributs de session :

| Champ de Correspondance | Description | Exemple de Motif |
|---|---|---|
| `:imsi` | Identité Internationale de l'Abonné Mobile | `^313380.*` (opérateur US) |
| `:apn` | Nom de Point d'Accès / DNN | `^internet\.` ou `^ims\.` |
| `:serving_network_plmn_id` | Identifiant de réseau de service | `^313380$` |
| `:sgw_ip_address` | Adresse IP SGW | `^10\.100\..*` |
| `:uli_tai_plmn_id` | ID PLMN de la Zone de Suivi | `^313.*` |
| `:uli_ecgi_plmn_id` | ID PLMN de la Cellule E-UTRAN | `^313.*` |

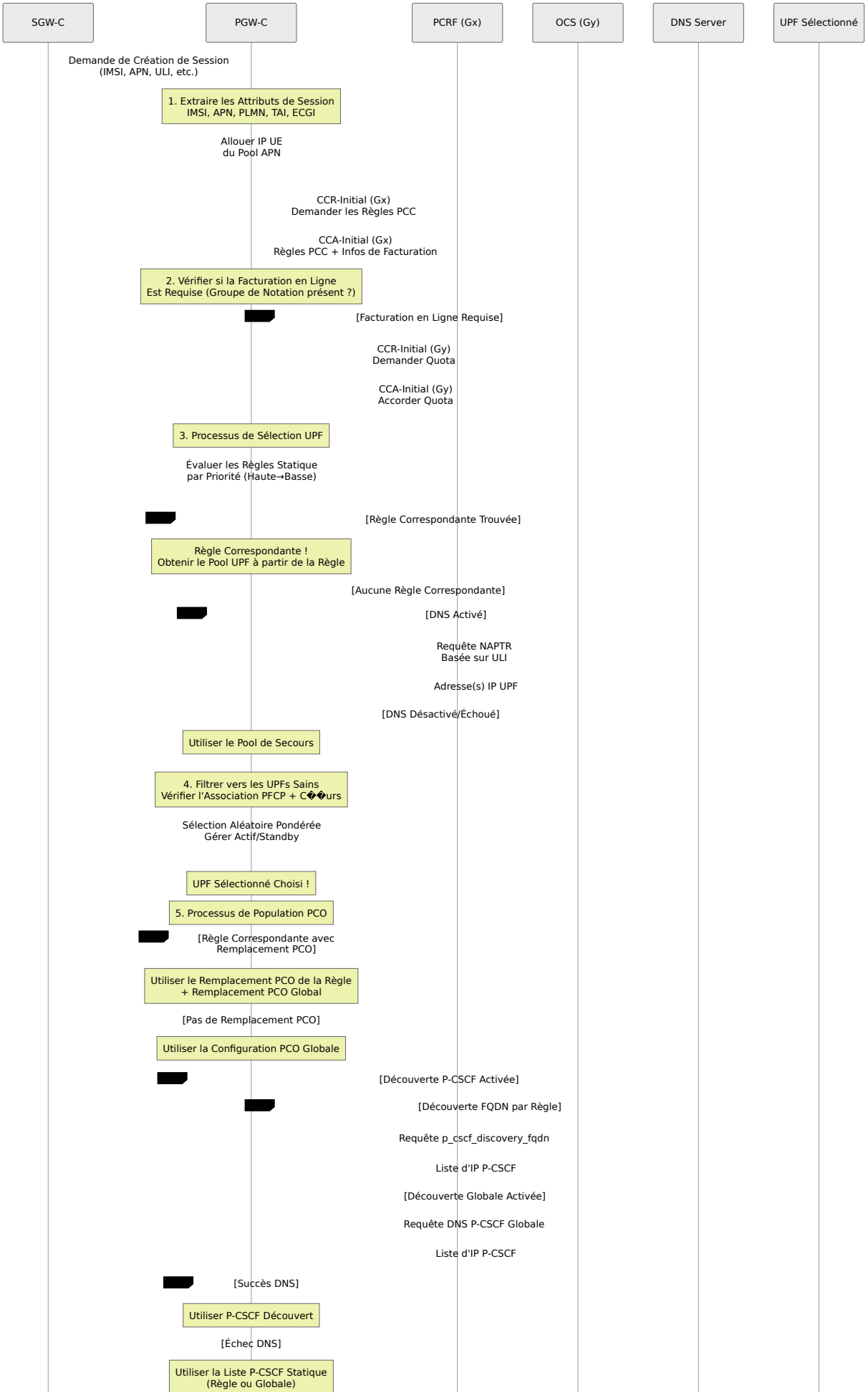
## Comparaison des Méthodes de Sélection

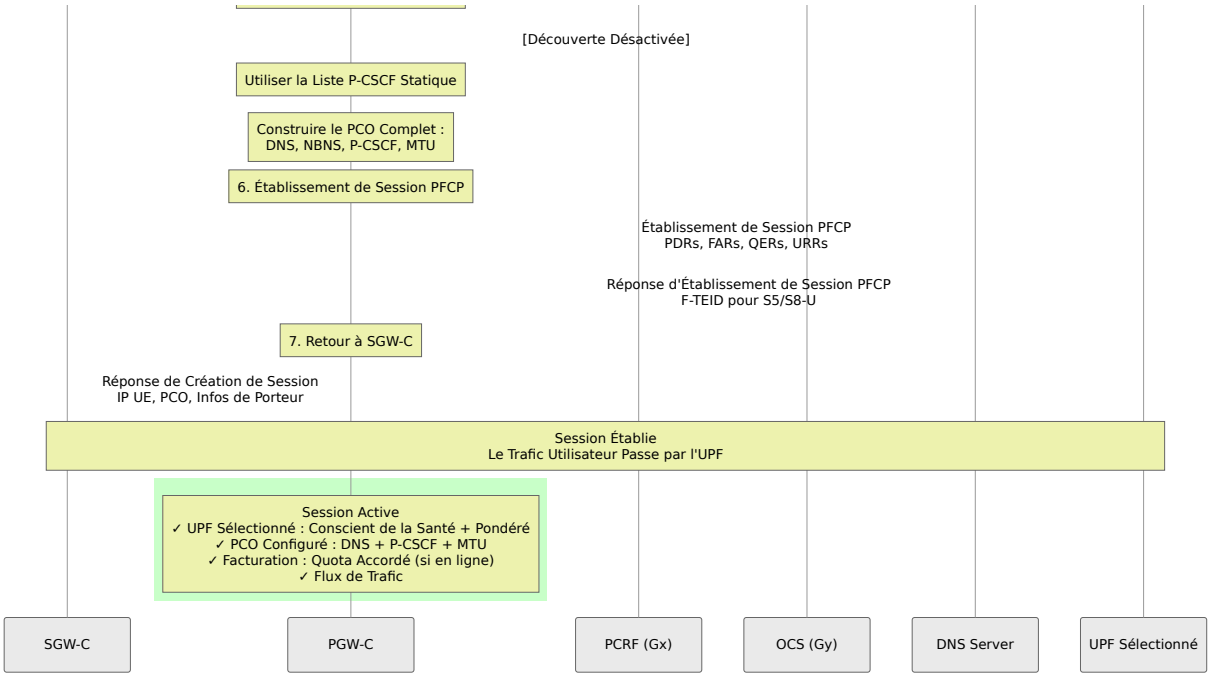
| Méthode | Quand Utiliser | Avantages | Inconvénients |
|---|---|---|---|
| **Pools UPF** | Déploiements en production | Équilibrage de charge, HA, poids flexibles | Nécessite plusieurs UPFs |
| **Basé sur APN** | Différenciation de service | Routage séparé IMS/Internet | Configuration statique |
| **Basé sur IMSI** | Scénarios de Roaming | Routage géographique | Complexité des regex |
| **Basé sur DNS** | MEC/Edge computing | Dynamique, conscient de la localisation | Nécessite une infrastructure DNS |
| **Pool de Secours** | Filet de sécurité | Toujours avoir un UPF | Peut ne pas être optimal |
| **Mode Dry-Run** | Tester les configs | Test sécurisé | Pas de trafic réel |

---

## Flux Complet d'Établissement de Session

Ce diagramme montre le flux complet de bout en bout de l'établissement de session, y compris la sélection UPF et la population PCO :


SGW-C
PGW-C
PCRF (Gx)
OCS (Gy)
DNS Server
UPF Sélectionné
Demande de Création de Session
(IMSI, APN, ULI, etc.)
1. Extraire les Attributs de Session
IMSI, APN, PLMN, TAI, ECGI
Allouer IP UE
du Pool APN
CCR-Initial (Gx)
Demander les Règles PCC
CCA-Initial (Gx)
Règles PCC + Infos de Facturation
2. Vérifier si la Facturation en Ligne
Est Requise (Groupe de Notation présent ?)
[Facturation en Ligne Requise]
CCR-Initial (Gy)
Demander Quota
CCA-Initial (Gy)
Accorder Quota
3. Processus de Sélection UPF
Évaluer les Règles Statique
par Priorité (Haute→Basse)
[Règle Correspondante Trouvée]
Règle Correspondante !
Obtenir le Pool UPF à partir de la Règle
[Aucune Règle Correspondante]
[DNS Activé]
Requête NAPTR
Basée sur ULI
Adresse(s) IP UPF
[DNS Désactivé/Échoué]
Utiliser le Pool de Secours
4. Filtrer vers les UPFs Sains
Vérifier l'Association PFCP + C��urs
Sélection Aléatoire Pondérée
Gérer Actif/Standby
UPF Sélectionné Choisi !
5. Processus de Population PCO
[Règle Correspondante avec
Remplacement PCO]
Utiliser le Remplacement PCO de la Règle
+ Remplacement PCO Global
[Pas de Remplacement PCO]
Utiliser la Configuration PCO Globale
[Découverte P-CSCF Activée]
[Découverte FQDN par Règle]
Requête p_cscf_discovery_fqdn
Liste d'IP P-CSCF
[Découverte Globale Activée]
Requête DNS P-CSCF Globale
Liste d'IP P-CSCF
[Succès DNS]
Utiliser P-CSCF Découvert
[Échec DNS]
Utiliser la Liste P-CSCF Statique
(Règle ou Globale)




## Points de Décision Clés :

1. **Priorité de Sélection UPF :**
   - Règles Statique (Correspondance de Motif) → Découverte DNS → Pool de Secours
   - Filtrage de santé appliqué à tous les stades
   - Logique Actif/Standby pour haute disponibilité
   - **Voir :** Interface PFCP pour les détails de communication UPF
2. **Priorité de Population PCO :**
   - Remplacement PCO de la Règle → Découverte DNS P-CSCF → Configuration PCO Globale
   - Fusion par champ (les remplacements de règle remplacent des champs spécifiques, le global fournit des défauts)
   - **Voir :** Configuration PCO pour les paramètres PCO détaillés
3. **Priorité de Découverte P-CSCF :**
   - FQDN par Règle → Découverte DNS Globale → PCO Statique par Règle → PCO Statique Global
   - **Voir :** Surveillance P-CSCF pour les métriques de découverte et le suivi de la santé

4. **Intégration de la Facturation :**
    - Le PCRF détermine si la facturation en ligne est requise (Groupe de Notation + Online=1)
    - L'OCS accorde le quota avant l'établissement de session
    - PGW-C suit le quota et demande plus via CCR-Update
    - **Voir :** Interface Diameter Gx et Interface Diameter Gy pour les détails de facturation

## Exemple de Configuration Complète

Voici un exemple complet montrant la sélection UPF multi-pool avec enregistrement automatique des pairs :

```
config :pgw_c,
  # Interface PFCP - Tous les UPFs sont auto-enregistrés à partir
de upf_selection
  sxb: %{
    local_ip_address: "127.0.0.20"
  },

  # Logique de Sélection UPF - Tous les UPFs définis ici sont
automatiquement enregistrés
  upf_selection: %{
    # Paramètres de sélection basés sur DNS
    dns_enabled: false,
    dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi],
    dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",
    dns_timeout_ms: 5000,

    # Règles de sélection statiques (évaluées par ordre de
priorité)
    rules: [
      # Règle 1 : Trafic IMS - Priorité la Plus Élevée
      %{
        name: "Trafic IMS",
        priority: 20,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^ims",
        upf_pool: [
          %{remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805,
weight: 80},
          %{remote_ip_address: "10.100.2.22", remote_port: 8805,
weight: 20}
        ]
      },

      # Règle 2 : APN Entreprise
      %{
        name: "Trafic Entreprise",
        priority: 15,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^(enterprise|corporate)\.apn",
        upf_pool: [
          %{remote_ip_address: "10.100.3.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
        ]
```

```
      },

      # Règle 3 : Trafic Internet - Équilibré
      %{
        name: "Trafic Internet",
        priority: 5,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^internet",
        upf_pool: [
          %{remote_ip_address: "10.100.1.21", remote_port: 8805,
weight: 33},
          %{remote_ip_address: "10.100.1.22", remote_port: 8805,
weight: 33},
          %{remote_ip_address: "10.100.1.23", remote_port: 8805,
weight: 34}
        ]
      }
    ],

    # Pool de secours - Utilisé lorsque aucune règle ne correspond
et que DNS échoue
    fallback_pool: [
      %{remote_ip_address: "127.0.0.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
    ]
  }
```

# Fonctionnalités Clés

**Format Actuel** :

- ✅ **Enregistrement Automatique** : Tous les UPFs de `upf_selection` sont automatiquement enregistrés au démarrage
- ✅ **Configuration Centralisée** : Toute la sélection UPF et la configuration des pairs dans une seule section
- ✅ **Pools Requis** : Toutes les règles utilisent le format `upf_pool` (même pour un seul UPF)
- ✅ **Filtrage Structuré** : Pool de secours dédié avec distribution pondérée
- ✅ **Intégration DNS** : Paramètres DNS aux côtés des règles de sélection

- **Enregistrement Dynamique** : Les UPFs découverts par DNS sont automatiquement enregistrés lors de la première utilisation
- **Surveillance de la Santé** : Tous les UPFs configurés sont surveillés avec des cœurs de 5 secondes

**Migration depuis le Format Précédent** :

- Supprimé : champ `sxb.peer_list` (plus besoin)
- Supprimé : `selection_list` intégré dans les configurations de pairs
- Toutes les définitions UPF vont maintenant dans les règles et le pool de secours `upf_selection`

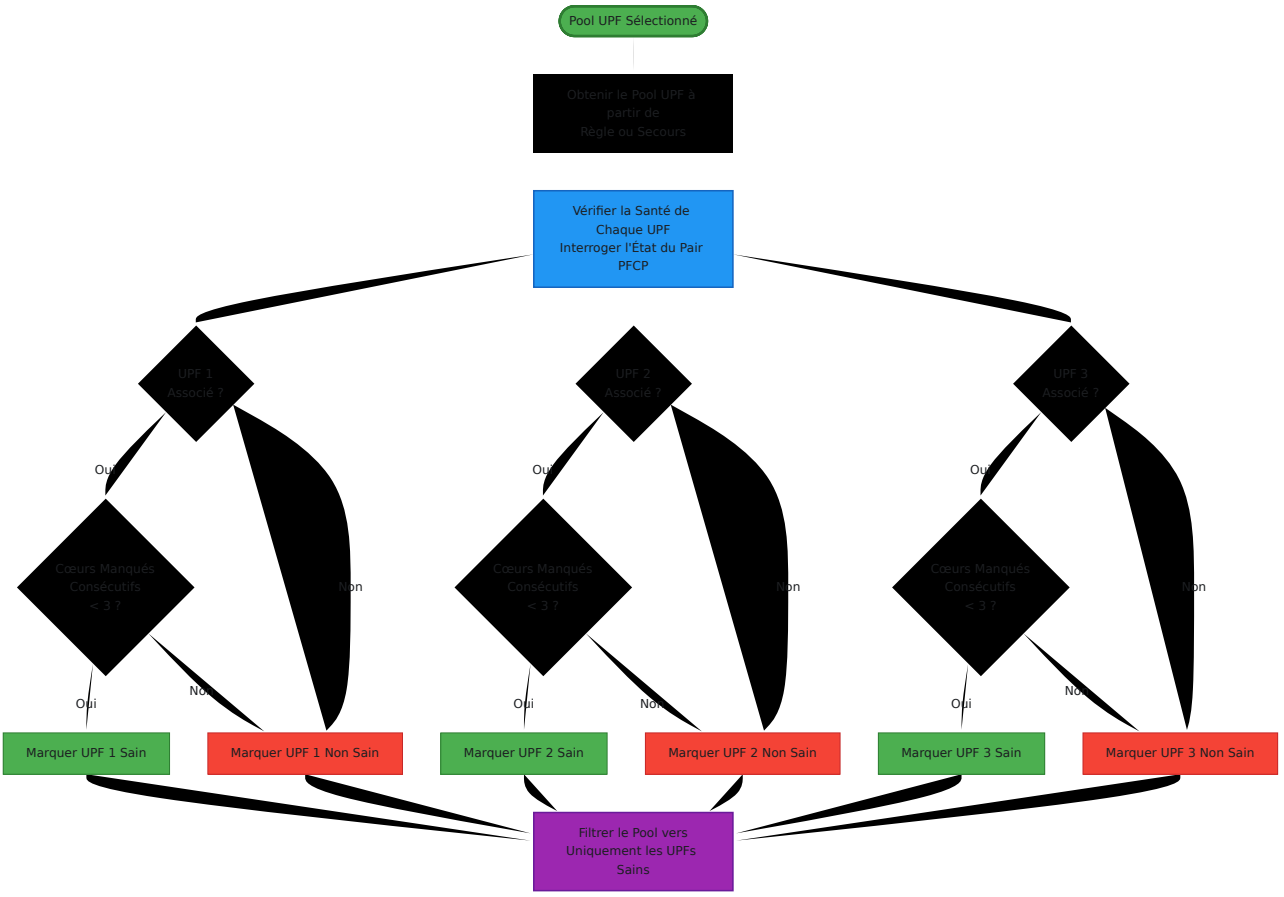
**Comment Fonctionnent les Pools UPF :**

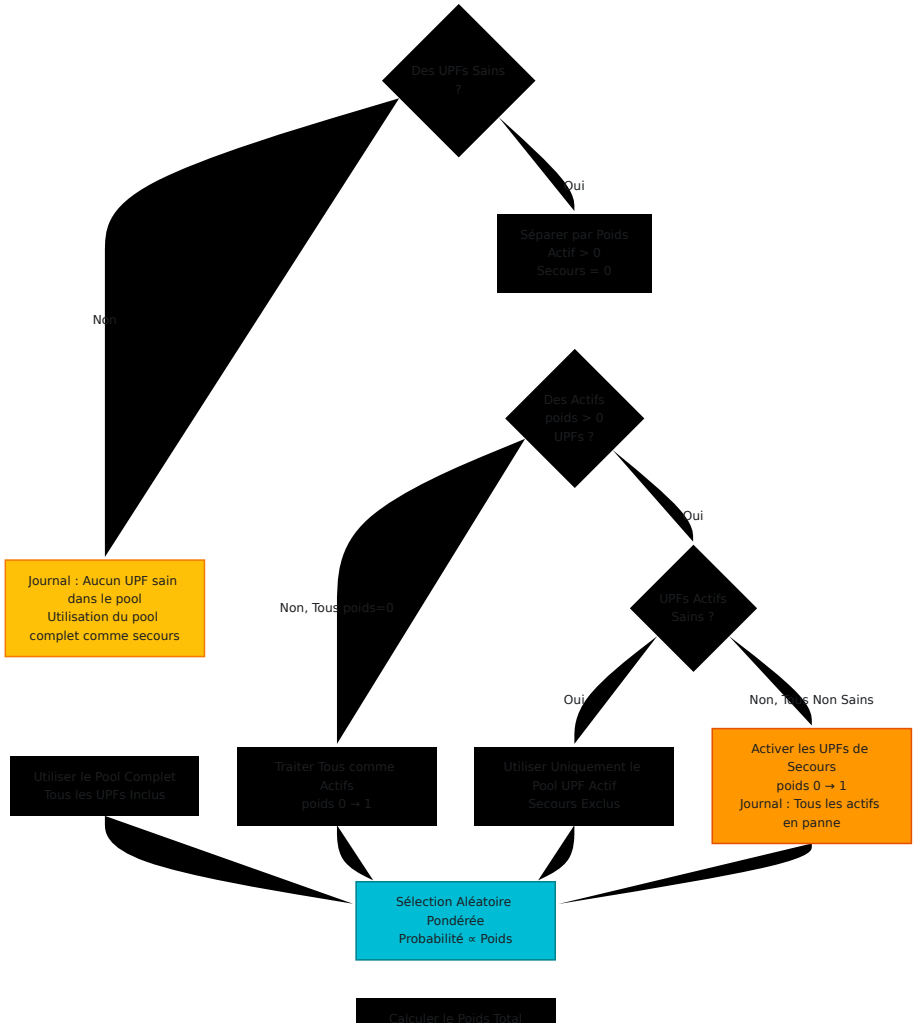
1. **Sélection Consciente de la Santé** : Seuls les UPFs sains reçoivent du trafic
    - Sain = association PFCP active + moins de 3 cœurs consécutifs manqués
    - Les UPFs non sains sont automatiquement filtrés
    - Revenir à tous les UPFs si aucun n'est sain (échec rapide)
2. **Support Actif/Standby** : Utilisez `weight: 0` pour les UPFs de secours chauds
    - **UPFs Actifs** (poids > 0) : Reçoivent du trafic lorsqu'ils sont sains
    - **UPFs de Secours** (poids == 0) : Reçoivent du trafic uniquement lorsque tous les UPFs actifs sont hors service
    - Les UPFs de secours sont traités comme `weight: 1` lorsqu'ils sont activés
3. **Sélection Aléatoire Pondérée** : Chaque session est assignée aléatoirement à un UPF sain basé sur les poids
    - Dans l'exemple ci-dessus : 70% vont à .21, 20% à .22, 10% à .23
    - Poids plus élevé = plus de sessions assignées à cet UPF
    - Poids égaux = distribution égale

4. **Enregistrement Automatique** : Tous les UPFs dans les pools sont automatiquement enregistrés au démarrage
    - Noms auto-générés : `"UPF-<ip>:<port>"`
    - Paramètres par défaut : association PFCP passive, cœurs de 5 secondes
    - Suivi de santé immédiat pour tous les UPFs configurés

# Sélection Consciente de la Santé avec

# Actif/Standby


Pool UPF Sélectionné
Obtenir le Pool UPF à partir de Règle ou Secours
Vérifier la Santé de Chaque UPF Interroger l'État du Pair PFCP
UPF 1 Associé ?
UPF 2 Associé ?
UPF 3 Associé ?
Oui
Non
Cœurs Manqués Consécutifs < 3 ?
Marquer UPF 1 Sain
Marquer UPF 1 Non Sain
Marquer UPF 2 Sain
Marquer UPF 2 Non Sain
Marquer UPF 3 Sain
Marquer UPF 3 Non Sain
Filtrer le Pool vers Uniquement les UPFs Sains


Des UPFs Sains ?
Oui
Non
Séparer par Poids Actif > 0 Secours = 0
Des Actifs poids > 0 UPFs ?
Journal : Aucun UPF sain dans le pool Utilisation du pool complet comme secours
Non, Tous poids=0
UPFs Actifs Sains ?
Oui
Non, Tous Non Sains
Utiliser le Pool Complet Tous les UPFs Inclus
Traiter Tous comme Actifs poids 0 → 1
Utiliser Uniquement le Pool UPF Actif Secours Exclus
Activer les UPFs de Secours poids 0 → 1 Journal : Tous les actifs en panne
Sélection Aléatoire Pondérée Probabilité ∝ Poids
Calculer le Poids Total


### Sélection Aléatoire Pondérée Exemple :

```
Pool: [
  UPF-A: poids 50, sain ✓
  UPF-B: poids 30, sain ✓
  UPF-C: poids 20, sain ✓
]

Poids Total: 50 + 30 + 20 = 100

Plages de Poids :
  UPF-A: 0-49   (50%)
  UPF-B: 50-79  (30%)
  UPF-C: 80-99  (20%)

Nombre aléatoire : 63 → Sélectionne UPF-B
Nombre aléatoire : 15 → Sélectionne UPF-A
Nombre aléatoire : 91 → Sélectionne UPF-C
```

### Échec de Basculage Actif/Standby Exemple :

```
Pool Initial : [
  UPF-A: poids 100, sain ✓   (Actif)
  UPF-B: poids 0, sain ✓     (Secours)
]

Scénario 1 : UPF-A Sain
→ Utiliser le Pool Actif : [UPF-A: 100]
→ Tout le trafic vers UPF-A

Scénario 2 : UPF-A Échoue
→ Aucun UPF actif sain
→ Activer Secours : [UPF-B: 1]
→ Tout le trafic passe à UPF-B
→ Journal : "Tous les UPFs actifs en panne, activation des UPFs de
secours"

Scénario 3 : Les Deux Non Sains
→ Aucun UPF sain
→ Utiliser le pool complet : [UPF-A: 100, UPF-B: 0]
→ Sélectionner avec des poids (tentative de connexion, peut
échouer)
→ Journal : "Aucun UPF sain dans le pool, utilisation du pool
complet comme secours"
```

**Modèles de Poids Communs :**

```
# Distribution égale (25% chacun)
upf_pool: [
  %{remote_ip_address: "10.0.1.1", remote_port: 8805, weight: 1},
  %{remote_ip_address: "10.0.1.2", remote_port: 8805, weight: 1},
  %{remote_ip_address: "10.0.1.3", remote_port: 8805, weight: 1},
  %{remote_ip_address: "10.0.1.4", remote_port: 8805, weight: 1}
]

# Charge équilibrée primaire/de secours (90% / 10%)
upf_pool: [
  %{remote_ip_address: "10.0.1.21", remote_port: 8805, weight:
90},
  %{remote_ip_address: "10.0.1.22", remote_port: 8805, weight: 10}
]

# Actif/Standby (100% primaire, 0% secours jusqu'à ce que le
primaire échoue)
upf_pool: [
  %{remote_ip_address: "10.0.1.21", remote_port: 8805, weight:
100},  # Actif
  %{remote_ip_address: "10.0.1.22", remote_port: 8805, weight: 0}
# Secours (uniquement lorsque actif en panne)
]

# Actif avec plusieurs secours (charge équilibrée lorsqu'activée)
upf_pool: [
  %{remote_ip_address: "10.0.1.1", remote_port: 8805, weight:
100},   # Actif
  %{remote_ip_address: "10.0.1.2", remote_port: 8805, weight: 0},
# Secours 1
  %{remote_ip_address: "10.0.1.3", remote_port: 8805, weight: 0}
# Secours 2
]
# Résultat : Actif obtient 100%. Si actif échoue, les secours
obtiennent 50/50%.

# Test A/B (50% / 50%)
upf_pool: [
  %{remote_ip_address: "10.0.1.100", remote_port: 8805, weight:
50},  # Ancienne version
  %{remote_ip_address: "10.0.1.200", remote_port: 8805, weight:
```

```
50}   # Nouvelle version
]
```

**Cas d'Utilisation :**

- **Échec de Basculage Actif/Standby** : Utilisez `weight: 0` pour les UPFs de secours chauds qui n'activent que lorsque les primaires échouent
- **HA Consciente de la Santé** : Basculage automatique lorsque les UPFs perdent l'association PFCP ou manquent des cœurs
- **Mise à l'Échelle Horizontale** : Distribuer la charge entre plusieurs UPFs pour augmenter la capacité
- **Haute Disponibilité** : Distribution automatique empêche la surcharge d'un seul UPF
- **Déploiements Progressifs** : Utilisez des poids pour les déploiements canari (par exemple, 95% ancien, 5% nouveau)
- **Optimisation des Coûts** : Diriger plus de trafic vers des UPFs de plus grande capacité
- **Distribution Géographique** : Équilibrer les sessions entre les UPFs de bord

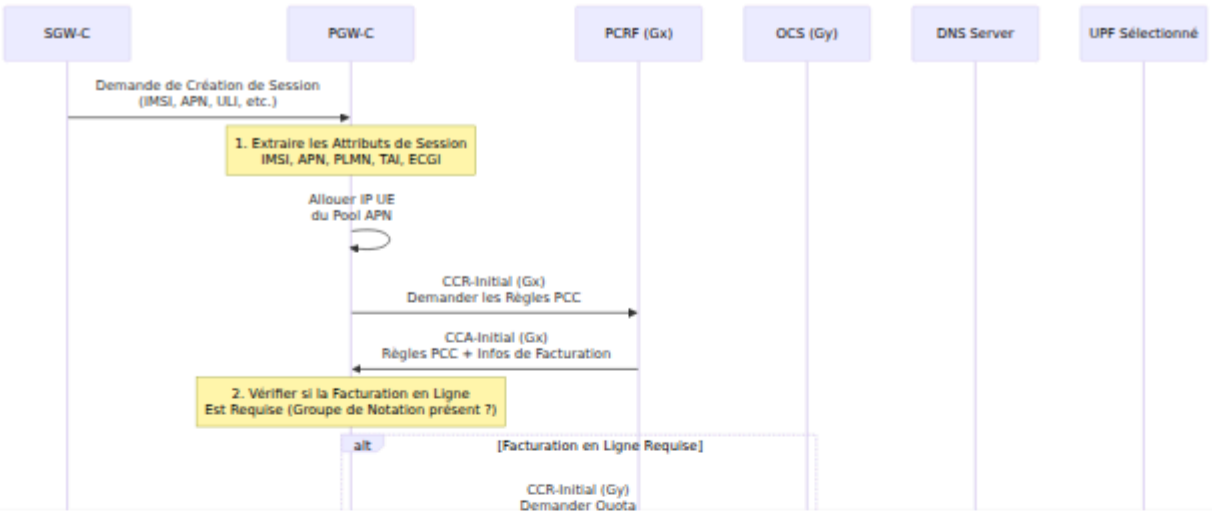
**Remplacements PCO (Options de Configuration de Protocole) :**

Chaque règle de sélection UPF peut spécifier des valeurs PCO personnalisées qui remplacent la configuration PCO par défaut pour les sessions correspondantes. Cela permet à différents APNs ou types de trafic de recevoir des paramètres réseau différents.

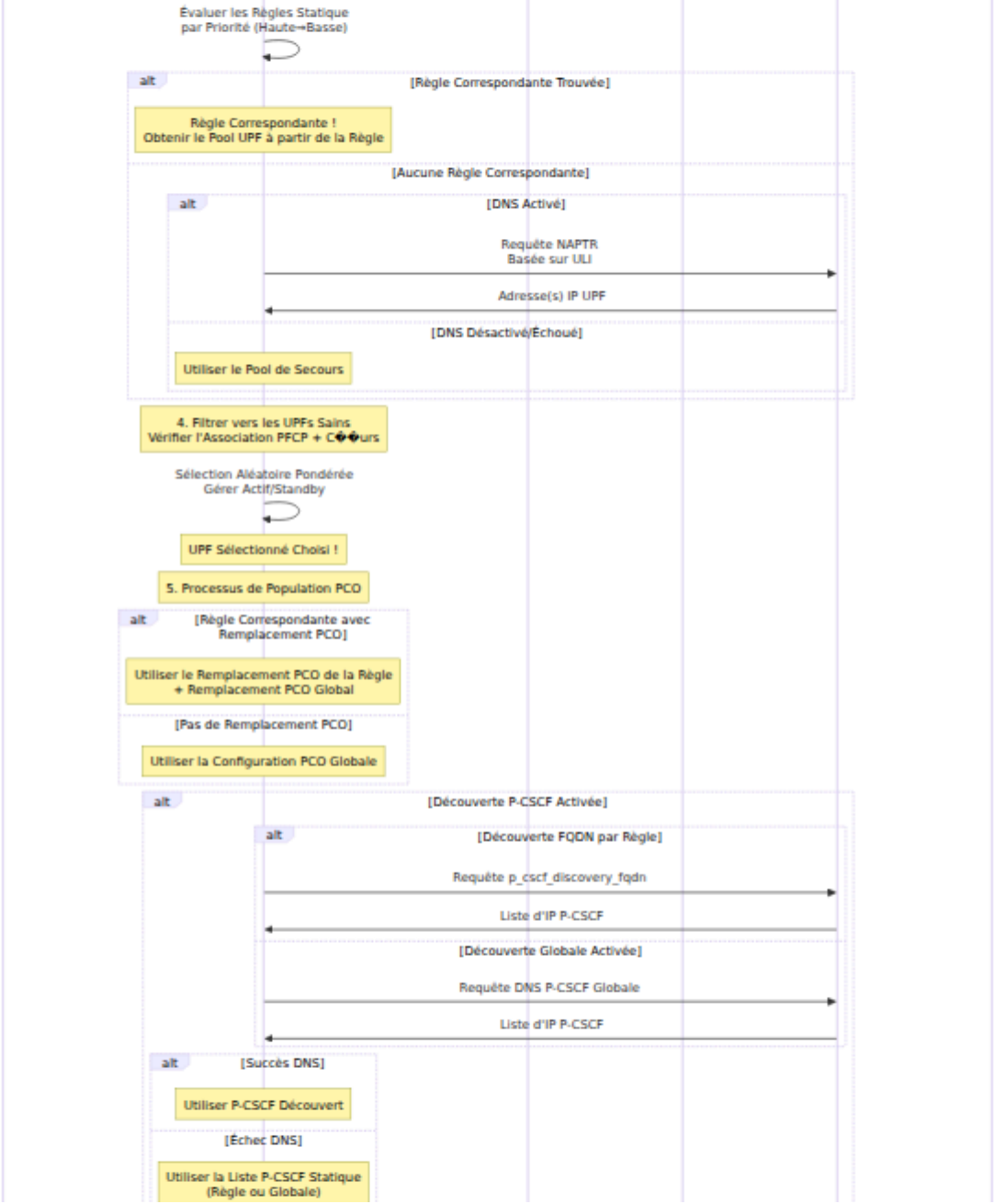
**Comment Fonctionnent les Remplacements PCO :**

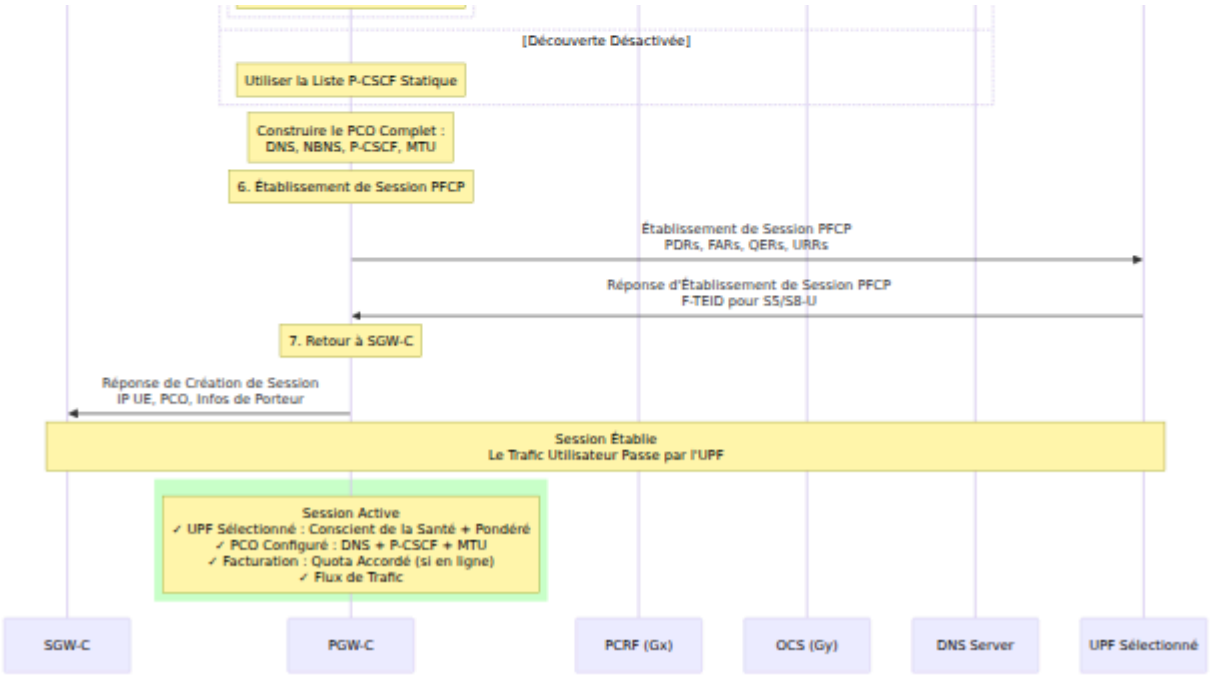
1. **Remplacements Partiels** : Spécifiez uniquement les champs PCO que vous souhaitez remplacer
2. **Fallback par Défaut** : Les champs non spécifiés utilisent les valeurs de la configuration PCO principale
3. **Spécifique à la Règle** : Chaque règle peut avoir des remplacements PCO différents
4. **Fusion par Priorité** : PCO de la règle prend la priorité sur le PCO par défaut

# Hiérarchie de Population PCO


SGW-C
PGW-C
PCRF (Gx)
OCS (Gy)
DNS Server
UPF Sélectionné
Demande de Création de Session (IMSI, APN, ULI, etc.)
1. Extraire les Attributs de Session IMSI, APN, PLMN, TAI, ECGI
Allouer IP UE du Pool APN
CCR-Initial (Gx) Demander les Règles PCC
CCA-Initial (Gx) Règles PCC + Infos de Facturation
2. Vérifier si la Facturation en Ligne Est Requise (Groupe de Notation présent ?)
alt
[Facturation en Ligne Requise]
CCR-Initial (Gy) Demander Quota




Évaluer les Règles Statique par Priorité (Haute→Basse)
alt
[Règle Correspondante Trouvée]
Règle Correspondante ! Obtenir le Pool UPF à partir de la Règle
[Aucune Règle Correspondante]
alt
[DNS Activé]
Requête NAPTR Basée sur ULI
Adresse(s) IP UPF
[DNS Désactivé/Échoué]
Utiliser le Pool de Secours
4. Filtrer vers les UPFs Sains Vérifier l'Association PFCP + C��urs
Sélection Aléatoire Pondérée Gérer Actif/Standby
UPF Sélectionné Choisi !
5. Processus de Population PCO
alt
[Règle Correspondante avec Remplacement PCO]
Utiliser le Remplacement PCO de la Règle + Remplacement PCO Global
[Pas de Remplacement PCO]
Utiliser la Configuration PCO Globale
alt
[Découverte P-CSCF Activée]
alt
[Découverte FQDN par Règle]
Requête p_cscf_discovery_fqdn
Liste d'IP P-CSCF
[Découverte Globale Activée]
Requête DNS P-CSCF Globale
Liste d'IP P-CSCF
alt
[Succès DNS]
Utiliser P-CSCF Découvert
[Échec DNS]
Utiliser la Liste P-CSCF Statique (Règle ou Globale)




**Ordre de Priorité pour Chaque Champ PCO :**

1. **Remplacement PCO de la Règle** (Priorité la Plus Élevée)
2. **Découverte DNS P-CSCF** (uniquement pour les adresses P-CSCF)
3. **Configuration PCO Globale** (Priorité la Plus Basse / Fallback)

**Exemple : La Règle IMS Remplace DNS, La Règle Entreprise Remplace Tout**

```
Session IMS (correspond à la règle "Trafic IMS") :
├─ Serveurs DNS : DE LA GLOBAL (non remplacé dans la règle)
├─ P-CSCF : DE LA DÉCOUVERTE DNS (p_cscf_discovery_fqdn défini
dans la règle)
│  └─ Fallback : DE LA RÈGLE si DNS échoue
└─ MTU : DE LA GLOBAL (non remplacé dans la règle)

Session Entreprise (correspond à la règle "Trafic Entreprise") :
├─ Serveurs DNS : DE LA RÈGLE (192.168.1.10, 192.168.1.11)
├─ P-CSCF : DE LA GLOBAL (non remplacé dans la règle)
└─ MTU : DE LA RÈGLE (1500)

Session par Défaut (aucune règle correspondante) :
├─ Serveurs DNS : DE LA GLOBAL
├─ P-CSCF : DE LA GLOBAL ou DNS si la découverte globale est
activée
└─ MTU : DE LA GLOBAL
```

**Champs de Remplacement PCO Disponibles :**

- `primary_dns_server_address` - Adresse IP du serveur DNS principal
- `secondary_dns_server_address` - Adresse IP du serveur DNS secondaire
- `primary_nbns_server_address` - Adresse IP du serveur NBNS principal
- `secondary_nbns_server_address` - Adresse IP du serveur NBNS secondaire
- `p_cscf_ipv4_address_list` - Liste des adresses IP des serveurs P-CSCF (pour IMS) - Voir Configuration PCO et Surveillance P-CSCF pour la découverte dynamique P-CSCF
- `ipv4_link_mtu_size` - Taille MTU en octets

**Découverte P-CSCF par Règle :**

En plus des remplacements PCO, les règles de sélection UPF peuvent spécifier une découverte dynamique P-CSCF :

- `p_cscf_discovery_fqdn` - (Chaîne) FQDN pour la découverte P-CSCF basée sur DNS (par exemple, `"pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org"`)

Lorsque ce paramètre est défini :

1. PGW-C effectue une recherche DNS pour le FQDN spécifié lors de l'établissement de session
2. Le serveur DNS renvoie une liste d'adresses IP P-CSCF
3. Les adresses P-CSCF découvertes sont envoyées à l'UE via PCO
4. Si la recherche DNS échoue, il revient à `p_cscf_ipv4_address_list` du remplacement PCO (si spécifié) ou à la configuration PCO globale
5. Voir Surveillance P-CSCF pour le suivi des taux de succès/échec de découverte

Ceci est particulièrement utile pour :

- **APNs IMS** - Différentes réseaux IMS avec différents serveurs P-CSCF
- **Déploiements multi-locataires** - Différentes entreprises avec une infrastructure P-CSCF dédiée
- **Routage géographique** - DNS renvoie le P-CSCF le plus proche basé sur la localisation de l'UE

- **Haute disponibilité** - DNS renvoie automatiquement uniquement les serveurs P-CSCF sains

**Exemple : Trafic IMS avec P-CSCF Personnalisé :**

```
rules: [
  %{
    name: "Trafic IMS",
    priority: 20,
    match_field: :apn,
    match_regex: "^ims",
    upf_pool: [
      %{remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805,
weight: 80},
      %{remote_ip_address: "10.100.2.22", remote_port: 8805,
weight: 20}
    ],
    # Découverte P-CSCF : Interroger dynamiquement DNS pour les
adresses P-CSCF
    # La recherche DNS renvoie les IPs P-CSCF actuelles basées sur
ce FQDN
    p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org",
    # Les sessions IMS obtiennent des serveurs P-CSCF
personnalisés (utilisés comme fallback si DNS échoue)
    pco: %{
      p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"]
      # DNS, NBNS, MTU utiliseront les défauts de la configuration
PCO principale
    }
  }
]
```

**Exemple : Trafic Entreprise avec DNS Personnalisé :**

```
rules: [
  %{
    name: "Trafic Entreprise",
    priority: 15,
    match_field: :apn,
    match_regex: "^(enterprise|corporate)\.apn",
    upf_pool: [
      %{remote_ip_address: "10.100.3.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
    ],
    # Les sessions d'entreprise obtiennent un DNS d'entreprise et
un MTU personnalisé
    pco: %{
      primary_dns_server_address: "192.168.1.10",
      secondary_dns_server_address: "192.168.1.11",
      ipv4_link_mtu_size: 1500
      # P-CSCF, NBNS utiliseront les défauts de la configuration
PCO principale
    }
  }
]
```

**Exemple : Remplacement Complet (Tous les Champs PCO) :**

```
rules: [
  %{
    name: "APN IoT - Entièrement Personnalisé",
    priority: 10,
    match_field: :apn,
    match_regex: "^iot\.m2m",
    upf_pool: [
      %{remote_ip_address: "10.100.5.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
    ],
    # Les sessions IoT obtiennent un PCO complètement personnalisé
    pco: %{
      primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
      secondary_dns_server_address: "8.8.4.4",
      primary_nbns_server_address: "10.0.0.100",
      secondary_nbns_server_address: "10.0.0.101",
      p_cscf_ipv4_address_list: [],  # Pas de P-CSCF pour IoT
      ipv4_link_mtu_size: 1280       # MTU plus petit pour les
appareils contraints
    }
  }
]
```

**Cas d'Utilisation :**

- **IMS/VoLTE** : Fournir des serveurs P-CSCF spécifiques au transporteur pour les services vocaux
- **APNs Entreprise** : Diriger le trafic d'entreprise via des serveurs DNS d'entreprise
- **IoT/M2M** : Utiliser des DNS publics et un MTU optimisé pour les appareils à faible bande passante
- **Roaming** : Fournir des serveurs DNS locaux pour les abonnés en visite
- **Différenciation de Service** : Différents paramètres réseau par type de service

**Sélection UPF Basée sur DNS Dynamique :**

Activer la sélection dynamique UPF basée sur les Informations de Localisation de l'Utilisateur (ULI) en utilisant des requêtes NAPTR DNS. Les paramètres DNS sont maintenant configurés dans la section `upf_selection`.

**Remarque :** Cela fournit une sélection UPF basée sur la géographie ou la topologie. Voir Interface PFCP pour la configuration de l'association PFCP avec les UPFs découverts dynamiquement et Gestion des Sessions pour les flux d'établissement de session.

```
upf_selection: %{
  # Activer la sélection basée sur DNS
  dns_enabled: true,

  # Types de localisation à interroger par ordre de priorité
  dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi],

  # Suffixe DNS pour les requêtes NAPTR 3GPP
  dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",

  # Délai d'attente de requête DNS en millisecondes
  dns_timeout_ms: 5000,

  # ... règles et fallback_pool ...
}
```

La sélection basée sur DNS fonctionne comme suit :

1. **Priorité** : La sélection DNS est utilisée uniquement lorsque **AUCUNE règle statique ne correspond** (priorité inférieure)
2. **Génération de Requête** : Construit des requêtes DNS NAPTR basées sur la localisation de l'UE :
   - Requête ECGI : `eci-<hex>.ecgi.epc.mnc&lt;MNC>.mcc&lt;MCC>.epc.3gppnetwork.org`
   - Requête TAI : `tac-lb<hex>.tac-hb<hex>.tac.epc.mnc&lt;MNC>.mcc&lt;MCC>.epc.3gppnetwork.org`
   - Les requêtes RAI, SAI, CGI suivent un format similaire à la norme 3GPP TS 23.003
3. **Hiérarchie de Fallback** : Tente chaque type de localisation par ordre de priorité jusqu'à ce qu'une correspondance soit trouvée
4. **Correspondance des Pairs** : Les résultats DNS sont filtrés par rapport à la liste des pairs configurés

5. **Sélection** : Choisit le pair correspondant (actuellement première correspondance, sélection basée sur la charge à venir)

**Exemples d'Enregistrements DNS** (configurer sur votre serveur DNS) :

```
; Enregistrement NAPTR pour TAC 100 dans PLMN 313-380
tac-lb64.tac-hb00.tac.epc.mnc380.mcc313.epc.3gppnetwork.org IN
NAPTR 10 50 "a" "x-3gpp-upf:x-sxb" "" upf-edge-1.example.com.

; Enregistrement A pour l'UPF
upf-edge-1.example.com IN A 10.100.1.21
```

**Cas d'Utilisation** :

- **MEC/Edge Computing** : Diriger les sessions vers les UPFs de bord géographiquement les plus proches
- **Découverte Dynamique UPF** : Ajouter/retirer des UPFs sans reconfigurer PGW-C
- **Équilibrage de Charge** : Distribuer la charge entre les UPFs en fonction de la localisation
- **Découpage de Réseau** : Diriger différentes tranches vers différents UPFs par localisation

# Surveillance de la Santé UPF

**Sélection Automatique Consciente de la Santé** : Le PGW-C surveille en continu la santé de tous les UPFs et exclut automatiquement les UPFs non sains de la sélection.

### Critères de Vérification de la Santé

Un UPF est considéré comme **sain** lorsque TOUTES les conditions suivantes sont remplies :

1. **Association PFCP Active** : L'UPF a une association PFCP établie
2. **Réactivité des Cœurs** : Moins de 3 cœurs consécutifs manqués
3. **Processus Actif** : Le processus GenServer du pair UPF fonctionne

Un UPF est considéré comme **non sain** si L'UNE des conditions suivantes est vraie :

- L'association PFCP n'est pas établie (`associated: false`)
- 3 ou plus de délais de cœur consécutifs
- Le processus du pair UPF a échoué ou est non réactif

**Mécanisme de Surveillance**

**Pour les UPFs Configurés** (dans `upf_selection`) :

- Le suivi de santé commence immédiatement au démarrage
- L'association PFCP est surveillée en continu
- Les cœurs sont envoyés toutes les 5 secondes
- Le compteur `missed_heartbeats_consecutive` suit les échecs consécutifs
- Tous les UPFs des règles et du pool de secours sont automatiquement enregistrés

**Pour les UPFs Découverts par DNS** (enregistrement dynamique) :

- Considéré comme sain jusqu'à la première tentative de session
- Enregistré automatiquement lors de la première utilisation
- Le suivi de santé commence après l'enregistrement

**Comportement de Sélection**

**Mode Actif/Standby** (lors de l'utilisation de `weight: 0`) :

1. Filtrer uniquement vers les UPFs sains
2. Séparer en **actifs** (poids > 0) et **secours** (poids == 0)
3. Utiliser les UPFs actifs si l'un d'eux est sain
4. Activer les UPFs de secours (traiter comme poids 1) si tous les actifs sont non sains
5. Revenir au pool complet si aucun UPF sain n'existe

**Journalisation :**

```
[debug] Utilisation du pool UPF actif (2/3 UPFs sains, 1 en
attente)
[info] Tous les UPFs actifs en panne, activation des UPFs de
secours (1 UPFs de secours, traitement du poids 0 comme 1)
[warning] Aucun UPF sain dans le pool (3 au total), utilisation du
pool complet comme secours
```

**Vérification de la Santé des UPFs**

**Programmatiquement :**

```
# Vérifier si un UPF spécifique est sain
iex> PGW_C.PFCP_Node.is_peer_healthy?({10, 100, 1, 21})
true

# Obtenir des informations de santé détaillées
iex> PGW_C.PFCP_Node.get_peer_health({10, 100, 1, 21})
%{
  associated: true,
  missed_heartbeats: 0,
  healthy: true,
  registered: true
}
```

**Via l'Interface Web :**

- Naviguer vers `/upf_selection` dans le panneau de contrôle
- Voir l'état de santé en temps réel pour tous les UPFs dans chaque pool
- Badges d'état : □ Actif-UP, □ Standby-Prêt, □ Actif-EN PANNE, □ Non Associé
- Badges de rôle : ACTIF (poids > 0), SECOURS (poids == 0), DYNAMIQUE (découvert par DNS, non dans la config)
- Compteur de manques de cœur affiché pour les UPFs associés

**Meilleures Pratiques de Surveillance de la Santé**

1. **Configurer les UPFs dans upf_selection** : Tous les UPFs dans les règles et les pools de secours sont automatiquement surveillés

```
upf_selection: %{
  rules: [
    %{
      name: "Trafic Internet",
      priority: 10,
      match_field: :apn,
      match_regex: "^internet",
      upf_pool: [
        %{remote_ip_address: "10.100.1.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
      ]
    }
  ],
  fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
  ]
}
# Tous les UPFs obtiennent automatiquement :
# - cœurs de 5 secondes
# - Surveillance de la santé depuis le démarrage
# - Noms auto-générés
```

2. **Utiliser des UPFs de secours** : Configurer des secours chauds avec `weight: 0` pour un basculement automatique

```
upf_pool: [
  %{remote_ip_address: "10.1.1.1", remote_port: 8805, weight:
100},  # Actif
  %{remote_ip_address: "10.1.1.2", remote_port: 8805, weight:
0}     # Secours
]
```

3. **Surveiller via l'Interface Web** : Vérifiez régulièrement l'état de santé des UPFs dans le panneau de contrôle

4. **Surveillance des cœurs** : Le système utilise un seuil fixe de 3 cœurs consécutifs manqués pour déterminer la santé du pair.

# Enregistrement Dynamique des UPFs

**Fonctionnalité** : Le PGW-C enregistre et surveille automatiquement les UPFs découverts par DNS, même s'ils ne sont pas dans la configuration `upf_selection`.

### Comment Cela Fonctionne

Lorsque toute méthode de sélection (règles statiques, pools ou DNS) renvoie un UPF qui n'est pas déjà enregistré, le système automatiquement :

1. **Crée un Pair PFCP** : Génère une configuration de pair par défaut pour l'UPF inconnu
2. **Initie l'Association PFCP** : Tente d'établir une association PFCP avec l'UPF
3. **Enregistre dans le Registre des Pairs** : Ajoute l'UPF au système de suivi interne des pairs
4. **Commence la Surveillance des Cœurs** : Commence les échanges de cœurs périodiques (intervalles de 10 secondes)
5. **Suit la Vitalité** : Surveille l'UPF pour les échecs et la récupération

### Configuration par Défaut pour les UPFs Dynamiques

Lorsqu'un UPF est enregistré dynamiquement, il reçoit la configuration par défaut suivante :

```
%{
  name: "Dynamic-UPF-<IP>",              # par exemple, "Dynamic-
UPF-10-100-1-21"
  remote_ip_address: <discovered_ip>,     # IP de DNS ou de
sélection
  remote_port: 8805,                      # Port PFCP standard
(remplaçable)
  initiate_pfcp_association_setup: true,  # PGW-C initie
l'association
  heartbeat_period_ms: 10_000             # Intervalle de cœur de
10 secondes
}
```

> **Remarque** : Les UPFs dynamiques sont enregistrés uniquement pour la gestion de l'association

# Format des enregistrements de données de facturation (CDR)

**Facturation hors ligne pour PGW-C**

*OmniPGW par Omnitouch Network Services*

---

## Table des matières



---

## Aperçu

Le format **CDR de données (enregistrement de données de facturation)** fournit des capacités de facturation hors ligne pour le plan de contrôle du Packet Gateway (PGW-C). Les CDR sont générés pour enregistrer les

événements de session de porteur, l'utilisation des données et les informations sur les abonnés à des fins de facturation et d'analyse.

Ce format commun est compatible avec les CDR SGW-C, garantissant la cohérence des enregistrements de facturation à travers l'infrastructure EPC.

## Caractéristiques clés

- **Format basé sur CSV** - Valeurs séparées par des virgules simples et lisibles par l'homme
- **Enregistrement basé sur les événements** - Capture les événements de début, de mise à jour et de fin de porteur
- **Mesure de volume** - Enregistre l'utilisation des données en amont et en aval
- **Rotation automatique** - Rotation de fichier configurable basée sur des intervalles de temps
- **Conforme à 3GPP** - Suit 3GPP TS 32.251 (facturation du domaine PS) et TS 32.298 (encodage CDR)

## Cas d'utilisation

| Cas d'utilisation | Description |
|---|---|
| **Facturation hors ligne** | Générer des CDR pour la facturation postpayée |
| **Analyse** | Analyser les modèles d'utilisation des abonnés |
| **Piste d'audit** | Suivre tous les événements de session de porteur |
| **Planification de capacité** | Surveiller l'utilisation des ressources réseau |
| **Dépannage** | Déboguer les problèmes de session et de porteur |

# Format de fichier CDR

## Convention de nommage de fichier

```
<epoch_timestamp>
```

**Exemple :**

```
1726598022
```

Le nom de fichier est le timestamp Unix epoch (en secondes) du moment où le fichier a été créé.

## Emplacement du fichier

**Répertoire par défaut :**

- PGW-C: `/var/log/pgw_c/cdrs/`

Configuré via le paramètre `cdr_directory` dans config/runtime.exs.

## En-tête de fichier

Chaque fichier CDR commence par un en-tête multi-lignes contenant des métadonnées :

```
# Fichier CDR de données :
# Heure de début du fichier : HH:MM:SS (unix_timestamp)
# Heure de fin du fichier : HH:MM:SS (unix_timestamp)
# Nom de la passerelle : <gateway_name>
#
epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timezone_raw,plmn,tac,eci
```

**Champs d'en-tête :**

- **Heure de début du fichier** - Quand le fichier CDR a été créé (lisible par l'homme et timestamp Unix)
- **Heure de fin du fichier** - Quand la rotation de fichier aura lieu (lisible par l'homme et timestamp Unix)
- **Nom de la passerelle** - Identifiant pour l'instance PGW-C (configuré via le paramètre `pgw_name`)
- **En-têtes de colonne** - Noms de champs CSV pour les enregistrements de données

---

# Champs CDR

## Résumé des champs

| Position | Nom du champ | Type | Description |
|---|---|---|---|
| 0 | epoch | entier | Timestamp de l'événement (secondes Unix epoch) |
| 1 | imsi | chaîne | Identité internationale d'abonné mobile |
| 2 | event | chaîne | Type d'événement CDR (par exemple, "default_bearer_start") |
| 3 | charging_id | entier | Identifiant de facturation unique pour le porteur |
| 4 | msisdn | chaîne | Numéro ISDN de station mobile (numéro de téléphone) |
| 5 | ue_imei | chaîne | Identité internationale d'équipement mobile |
| 6 | timezone_raw | chaîne | Fuseau horaire UE (réservé, actuellement vide) |
| 7 | plmn | entier | Identifiant de réseau mobile terrestre public |
| 8 | tac | entier | Code de zone de suivi |
| 9 | eci | entier | Identifiant de cellule E-UTRAN |

| Position | Nom du champ | Type | Description |
|---|---|---|---|
| 10 | sgw_ip | chaîne | Adresse IP du plan de contrôle SGW-C S5/S8 |
| 11 | ue_ip | chaîne | Adresse IP de l'UE (format IPv4\|IPv6) |
| 12 | pgw_ip | chaîne | Adresse IP du plan de contrôle PGW-C S5/S8 |
| 13 | apn | chaîne | Nom du point d'accès |
| 14 | qci | entier | Identifiant de classe QoS |
| 15 | octets_in | entier | Volume de données en aval (octets) |
| 16 | octets_out | entier | Volume de données en amont (octets) |

---

# Événements CDR

## Types d'événements

Les CDR sont générés pour trois types d'événements :

| Type d'événement | Format | Description | Quand généré |
|---|---|---|---|
| **Démarrage du porteur** | `<type>_bearer_start` | Établissement du porteur | Réponse de création de session envoyée |
| **Mise à jour du porteur** | `<type>_bearer_update` | Rapport d'utilisation pendant la session | Rapports d'utilisation périodiques du plan utilisateur |
| **Fin du porteur** | `<type>_bearer_end` | Résiliation du porteur | Demande/Répons de suppression d session |

**Types de porteur :**

- `default` - Porteur par défaut (un par connexion PDN)
- `dedicated` - Porteur dédié (zéro ou plusieurs par connexion PDN)

# Exemples d'événements

```
default_bearer_start      - Porteur par défaut établi
default_bearer_update     - Mise à jour de l'utilisation du
porteur par défaut
default_bearer_end        - Porteur par défaut résilié
dedicated_bearer_start    - Porteur dédié établi
dedicated_bearer_update   - Mise à jour de l'utilisation du
porteur dédié
dedicated_bearer_end      - Porteur dédié résilié
```

---

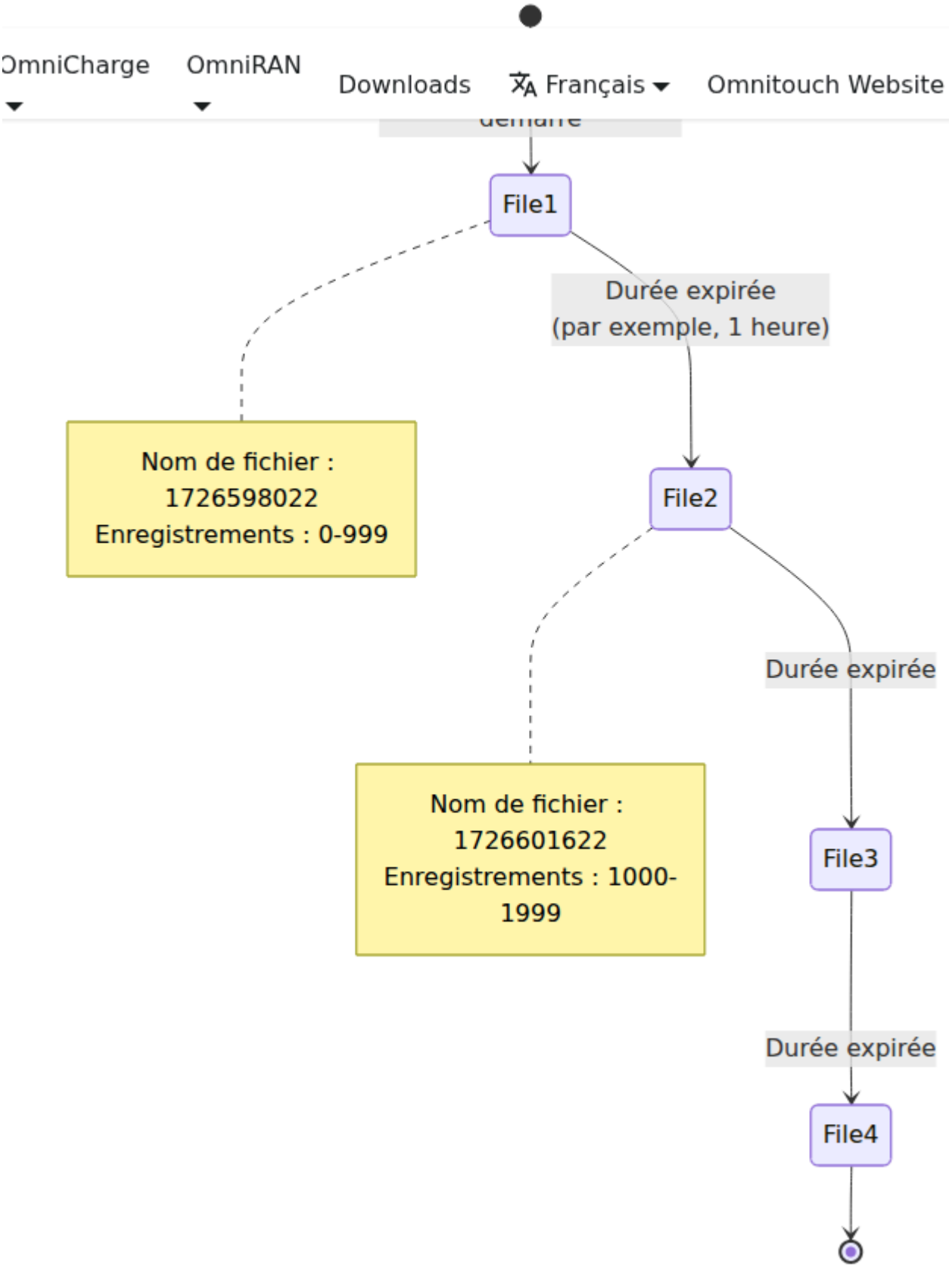
# Structure du fichier

## Exemple de fichier CDR

```
# Fichier CDR de données :
# Heure de début du fichier : 18:53:42 (1726598022)
# Heure de fin du fichier : 19:53:42 (1726601622)
# Nom de la passerelle : sgw-c-prod-01
# epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timezone_raw,plmn,tac,e
1726598022,310260123456789,default_bearer_start,12345,15551234567,123
1726598322,310260123456789,default_bearer_update,12345,15551234567,12
1726598622,310260123456789,default_bearer_update,12345,15551234567,12
1726598922,310260123456789,default_bearer_end,12345,15551234567,12345
```

## Rotation de fichier

Les fichiers CDR sont automatiquement tournés en fonction de la durée configurée :




**Processus de rotation :**

1. Fermer le fichier CDR actuel
2. Créer un nouveau fichier avec le timestamp actuel

3. Écrire l'en-tête dans le nouveau fichier
4. Continuer à enregistrer les CDR dans le nouveau fichier

---

# Configuration

## Paramètres de configuration

La génération de CDR PGW-C est configurée dans `config/runtime.exs` :

| Paramètre | Type | Description | Par défaut | Recc |
|---|---|---|---|---|
| `pgw_name` | chaîne | Identifiant de l'instance PGW (apparaît dans les en-têtes CDR) | "omni-pgw01" | Utiliser l ou l'ID d' |
| `cdr_file_duration` | entier | Intervalle de rotation de fichier (ms) | 3600000 | 3600000 |
| `cdr_directory` | chaîne | Chemin du répertoire de sortie CDR | "/tmp/pgw_c" | `/var/lo` |
| `usage_report_interval` | entier | Intervalle de rapport URR (ms) - fréquence d'envoi des rapports d'utilisation par PGW-U | 60000 | 60000 (1 |

## Exemples de configuration

**Configuration minimale (config/runtime.exs) :**

```
config :pgw_c,
  # Configuration du fichier CDR
  pgw_name: "omni-pgw01",
  cdr_file_duration: 3_600_000,           # 1 heure
  cdr_directory: "/var/log/pgw_c/cdrs",

  # Configuration URR (déclenche les rapports d'utilisation de
PGW-U)
  usage_report_interval: 60_000           # 60 secondes
```

**Production :**

```
config :pgw_c,
  pgw_name: "pgw-c-prod-01",
  cdr_file_duration: 3_600_000,           # Rotation de 1 heure
  cdr_directory: "/var/log/pgw_c/cdrs",
  usage_report_interval: 60_000           # Mises à jour de 1
minute
```

**Développement :**

```
config :pgw_c,
  pgw_name: "pgw-c-dev",
  cdr_file_duration: 300_000,             # Rotation de 5 minutes
pour les tests
  cdr_directory: "/tmp/pgw_c_cdrs",
  usage_report_interval: 30_000           # Mises à jour de 30
secondes pour des tests plus rapides
```

**Volume élevé :**

```
config :pgw_c,
  pgw_name: "pgw-c-prod-heavy",
  cdr_file_duration: 1_800_000,           # Rotation de 30 minutes
  cdr_directory: "/mnt/fast-storage/cdrs",
  usage_report_interval: 300_000          # Mises à jour de 5
minutes (réduction de la surcharge)
```

# URR (Règles de rapport d'utilisation)

PGW-C utilise les **URR PFCP (Règles de rapport d'utilisation)** pour déclencher des rapports d'utilisation de PGW-U. Lorsqu'un seuil URR est atteint ou que le temps expire, PGW-U envoie une demande de rapport de session contenant des données d'utilisation, ce qui déclenche la génération de CDR.

**Comment fonctionne la configuration URR :**

1. `usage_report_interval` (en ms) est converti en secondes pour le seuil de temps PFCP
2. PGW-C crée une URR avec un seuil de temps lors de l'établissement de la session
3. PGW-U envoie des rapports d'utilisation périodiques à l'intervalle configuré
4. Chaque rapport d'utilisation déclenche un événement CDR `bearer_update`
5. Le rapport d'utilisation final (lors de la suppression de session) déclenche un événement CDR `bearer_end`

**Exemple :** `usage_report_interval: 60_000` signifie :

- PGW-U rapporte l'utilisation toutes les 60 secondes
- Événements de mise à jour CDR générés toutes les 60 secondes
- Suivi d'utilisation granulaire pour la facturation

**Définition du type URR :**

```
# lib/core/session/types.ex
defmodule PGW_C.Session.Types.URR do
  typedstruct do
    field :urr_id, non_neg_integer()
    field :measurement_method, :duration | nil
    field :reporting_triggers, :time_threshold | nil
    field :time_threshold, non_neg_integer() | nil  # secondes
  end
end
```

Voir Documentation de l'interface PFCP pour les détails PFCP URR et lib/core/session/impl/procedures.ex:468 pour la création d'URR lors de

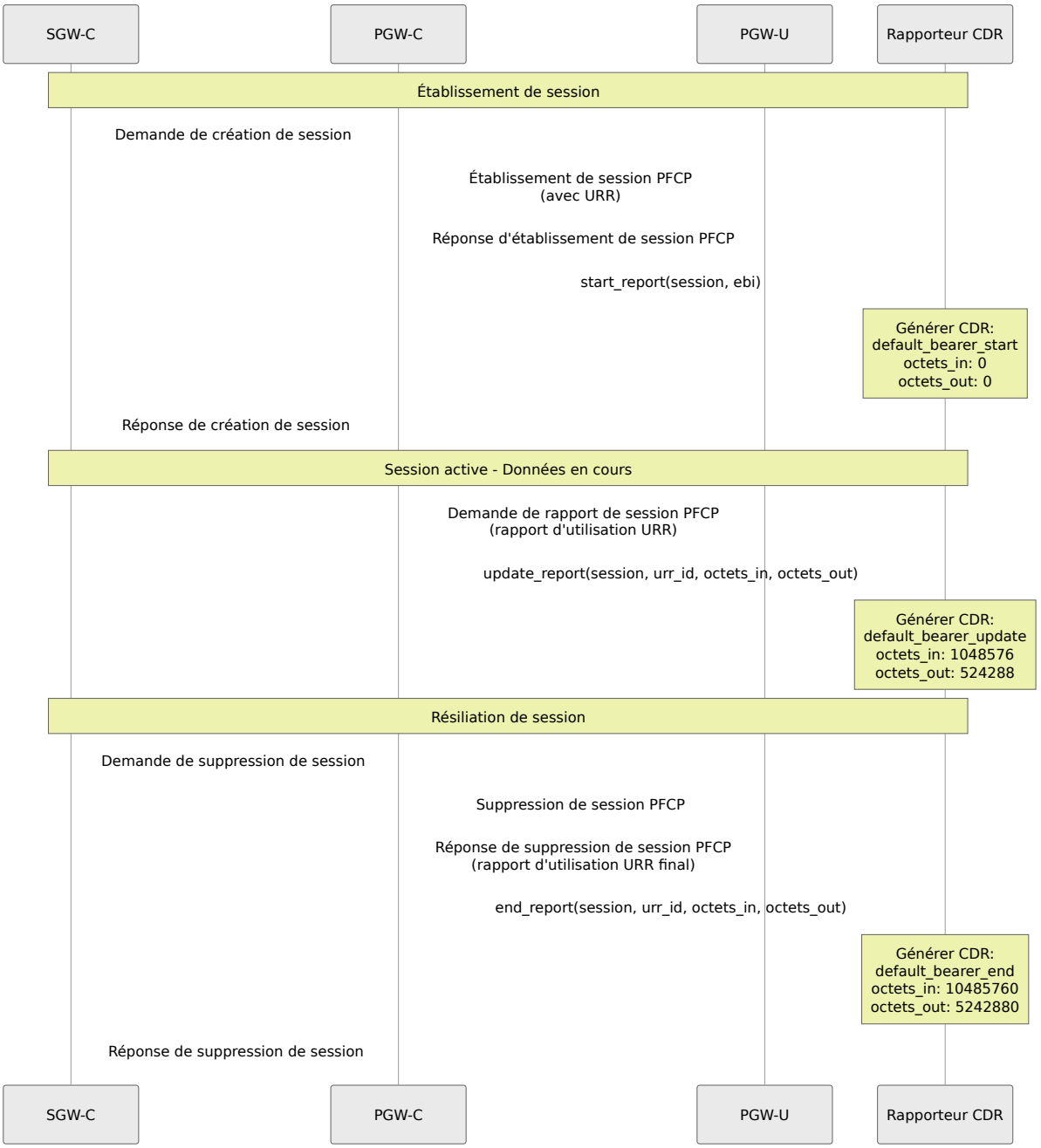
l'établissement de session.

---

# Flux de génération de CDR

## Événements CDR du cycle de vie du porteur

### Génération de CDR PGW-C :



## Événements de génération de CDR

**1. Démarrage du porteur :**

- **Quand :** La réponse de création de session est envoyée
- **But :** Enregistre l'établissement du porteur avec une utilisation nulle
- **octets_in :** 0
- **octets_out :** 0

**2. Mise à jour du porteur :**

- **Quand :** Demande de rapport de session PFCP reçue de PGW-U (rapport d'utilisation URR)
- **But :** Enregistre l'utilisation des données incrémentale
- **octets_in :** Octets en aval cumulés depuis le début du porteur
- **octets_out :** Octets en amont cumulés depuis le début du porteur
- **Déclencheur :** Le seuil de temps URR expire (configuré via `usage_report_interval`)

**3. Fin du porteur :**

- **Quand :** Réponse de suppression de session PFCP reçue de PGW-U (avec rapport d'utilisation final)
- **But :** Enregistre l'utilisation finale des données avant la résiliation de la session
- **octets_in :** Total final des octets en aval
- **octets_out :** Total final des octets en amont

---

# Détails des champs

## 1. epoch (Timestamp)

**Type :** Timestamp Unix epoch (secondes)

**Description :** Le moment où l'événement CDR s'est produit

**Exemple :**

```
1726598022  → 2025-09-17 18:53:42 UTC
```

---

# 2. imsi (Identité de l'abonné)

**Type :** Chaîne (jusqu'à 15 chiffres)

**Format :** MCCMNC + MSIN

**Description :** Identité internationale d'abonné mobile identifiant de manière unique l'abonné

**Exemple :**

```
310260123456789
  └──┘└──┘└─────────┘
   MCC  MNC     MSIN
   (310)(260) (123456789)
```

**Source :** Contexte UE, reçu dans la demande de création de session

---

# 3. event (Type d'événement CDR)

**Type :** Chaîne

**Format :** `<bearer_type>_bearer_<event>`

**Valeurs :**

- `default_bearer_start`
- `default_bearer_update`
- `default_bearer_end`
- `dedicated_bearer_start`
- `dedicated_bearer_update`

- `dedicated_bearer_end`

**Détermination :**

- Si EBI (EPS Bearer ID) égale LBI (Linked Bearer ID) : `default`
- Si EBI n'égale pas LBI : `dedicated`

**Source :** Contexte du porteur (comparaison EBI vs LBI)

---

# 4. charging_id (Identifiant de facturation)

**Type :** Entier non signé 32 bits

**Description :** Identifiant unique pour la corrélation de facturation à travers les éléments du réseau

**Exemple :**

```
12345
```

**Source :** Assigné par PGW-C, reçu dans la réponse de création de session

**Utilisation :**

- Corrèle les événements de facturation à travers SGW et PGW
- Utilisé dans les interfaces de facturation Diameter Gy/Gz
- Unique par porteur

---

# 5. msisdn (Numéro de téléphone)

**Type :** Chaîne (format E.164)

**Description :** Numéro ISDN de station mobile (numéro de téléphone de l'abonné)

**Format :** Code pays + numéro national

**Exemple :**

```
15551234567
 └┘└──────┘
  CC  National
  (1) (5551234567)
```

**Source :** Contexte UE, généralement de HSS via MME

---

# 6. ue_imei (Identité de l'équipement)

**Type :** Chaîne (15 chiffres)

**Format :** TAC (8) + SNR (6) + Spare (1)

**Description :** Identité internationale d'équipement mobile (identifiant de l'appareil)

**Exemple :**

```
123456789012345
└──────┘└────┘└
   TAC   SNR S
```

**Source :** Contexte UE, reçu de MME

---

# 7. timezone_raw (Fuseau horaire UE)

**Type :** Chaîne (actuellement réservée/vide)

**Description :** Champ réservé pour les informations de fuseau horaire de l'UE

**État actuel :** Non peuplé (champ vide dans le CSV)

**Utilisation future :** Peut inclure le décalage horaire et le drapeau d'heure d'été

**Exemple :**

```
,  (champ vide)
```

---

# 8. plmn (Identifiant de réseau)

**Type :** Entier (format hérité)

**Description :** Identifiant de réseau mobile terrestre public encodé en hexadécimal little-endian

**Processus d'encodage :**

```
MCC: 505, MNC: 57
  ↓
"50557"
  ↓
Échanger les paires : "055570"
  ↓
Hex à décimal : 0x055570 = 349552
```

**Exemple :**

```
349552  → MCC: 505, MNC: 57
```

**Source :** Informations de localisation de l'UE de MME

**Remarque :** Il s'agit d'un format d'encodage hérité pour la compatibilité descendante

---

# 9. tac (Code de zone de suivi)

**Type :** Entier non signé 16 bits

**Description :** Le code de zone de suivi identifie la zone de suivi où se trouve l'UE

**Plage :** 0 - 65535

**Exemple :**

```
1234
```

**Source :** Informations de localisation de l'UE, reçues de MME dans la demande de création de session

**Utilisation :**

- Identifie la zone de gestion de la mobilité
- Utilisé pour la pagination et les mises à jour de localisation
- Fait partie de l'identité de la zone de suivi (TAI)

---

## 10. eci (Identifiant de cellule E-UTRAN)

**Type :** Entier non signé 28 bits

**Description :** L'identifiant de cellule E-UTRAN identifie de manière unique la cellule servant l'UE

**Format :** ID eNodeB (20 bits) + ID de cellule (8 bits)

**Plage :** 0 - 268,435,455

**Exemple :**

```
5678
```

**Source :** Informations de localisation de l'UE de MME

**Utilisation :**

- Identifie une tour de cellule et un secteur spécifiques
- Utilisé pour le transfert et la gestion de la mobilité
- Informations de localisation granulaire

---

## 11. sgw_ip (IP du plan de contrôle SGW)

**Type :** Chaîne (adresse IPv4 ou IPv6)

**Description :** Adresse IP du plan de contrôle S5/S8 de SGW-C (F-TEID)

**Format :** Décimal pointé (IPv4) ou hexadécimal par deux-points (IPv6)

**Exemple :**

```
10.0.0.15       (IPv4)
2001:db8::15    (IPv6)
```

**Source :** Configuration locale, assignée à l'interface S5/S8

---

## 12. ue_ip (Adresse IP de l'UE)

**Type :** Chaîne (format IPv4|IPv6)

**Description :** Adresse IP assignée à l'UE pour la connexion PDN

**Format :** `<ipv4>|<ipv6>`

**Exemples :**

```
172.16.1.100|                    (IPv4 uniquement)
|2001:db8::1                     (IPv6 uniquement)
172.16.1.100|2001:db8::1        (Dual-stack)
```

**Source :** Allocation d'adresse PDN (PAA) de PGW-C

**Remarques :**

- IPv4 vide : Aucune adresse IPv4 allouée
- IPv6 vide : Aucune adresse IPv6 allouée
- Les deux présents : connexion PDN à double pile

---

## 13. pgw_ip (IP du plan de contrôle PGW)

**Type :** Chaîne (adresse IPv4 ou IPv6)

**Description :** Adresse IP du plan de contrôle S5/S8 de PGW-C (F-TEID distant)

**Format :** Décimal pointé (IPv4) ou hexadécimal par deux-points (IPv6)

**Exemple :**

```
10.0.0.20       (IPv4)
2001:db8::20    (IPv6)
```

**Source :** Reçu dans la réponse de création de session de PGW-C

---

## 14. apn (Nom du point d'accès)

**Type :** Chaîne (jusqu'à 100 caractères)

**Description :** Nom du point d'accès identifiant le réseau externe (PDN)

**Format :** Format de label similaire à DNS

**Exemples :**

```
internet
ims
mms
enterprise.corporate
```

**Source :** Reçu dans la demande de création de session de MME

**Utilisation :**

- Détermine à quel réseau externe se connecter
- Conduit les règles de politique et de facturation
- Peut déterminer le pool d'adresses IP

---

## 15. qci (Identifiant de classe QoS)

**Type :** Entier non signé 8 bits

**Description :** L'identifiant de classe QoS définit la qualité de service du porteur

**Plage :** 1 - 9 (standardisé), 128-254 (spécifique à l'opérateur)

**Valeurs QCI standardisées :**

| QCI | Type de ressource | Priorité | Délai de paquet | Perte de paquet | Service exemple |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | GBR | 2 | 100 ms | 10^-2 | Voix conversationnelle |
| 2 | GBR | 4 | 150 ms | 10^-3 | Vidéo conversationnelle |
| 3 | GBR | 3 | 50 ms | 10^-3 | Jeux en temps réel |
| 4 | GBR | 5 | 300 ms | 10^-6 | Vidéo non conversationnelle |
| 5 | Non-GBR | 1 | 100 ms | 10^-6 | Signalisation IMS |
| 6 | Non-GBR | 6 | 300 ms | 10^-6 | Vidéo (tamponnée) |
| 7 | Non-GBR | 7 | 100 ms | 10^-3 | Voix, Vidéo, Jeux |
| 8 | Non-GBR | 8 | 300 ms | 10^-6 | Vidéo (tamponnée) |
| 9 | Non-GBR | 9 | 300 ms | 10^-6 | Porteur par défaut |

**Exemple :**

```
9  → Porteur par défaut (meilleur effort)
```

**Source :** Paramètres QoS du porteur de PGW-C

---

## 16. octets_in (Volume en aval)

**Type :** Entier non signé 64 bits

**Description :** Nombre d'octets transmis dans la direction en aval (réseau → UE)

**Unités :** Octets

**Exemple :**

```
1048576  → 1 Mo en aval
```

**Source :** Mesure de volume PFCP de PGW-U (via rapports d'utilisation URR)

**Remarques :**

- Cumulatif pour les événements `update`
- Total final pour les événements `end`
- Toujours 0 pour les événements `start`
- Rapports déclenchés par le seuil de temps URR (configuré via `usage_report_interval`)

---

## 17. octets_out (Volume en amont)

**Type :** Entier non signé 64 bits

**Description :** Nombre d'octets transmis dans la direction en amont (UE → réseau)

**Unités :** Octets

**Exemple :**

```
524288  → 512 Ko en amont
```

**Source :** Mesure de volume PFCP de PGW-U (via rapports d'utilisation URR)

**Remarques :**

- Cumulatif pour les événements `update`
- Total final pour les événements `end`
- Toujours 0 pour les événements `start`
- Rapports déclenchés par le seuil de temps URR (configuré via `usage_report_interval`)

---

# Exemples

## Exemple 1 : Session de base avec mise à jour unique

**Chronologie :**

1. Porteur établi
2. 5 minutes plus tard : Mise à jour d'utilisation (10 Mo en aval, 5 Mo en amont)
3. Session résiliée

**Sortie CDR :**

```
# Fichier CDR de données :
# Heure de début du fichier : 10:00:00 (1726570800)
# Heure de fin du fichier : 11:00:00 (1726574400)
# Nom de la passerelle : pgw-c-01
# epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timezone_raw,plmn,tac,e
1726570800,310260111111111,default_bearer_start,10001,15551111111,111
1726571100,310260111111111,default_bearer_update,10001,15551111111,11
1726571400,310260111111111,default_bearer_end,10001,15551111111,11111
```

---

# Exemple 2 : Session à double pile avec mises à jour multiples

**Chronologie :**

1. Porteur à double pile établi (IPv4 + IPv6)
2. Mises à jour d'utilisation multiples
3. Session résiliée

**Sortie CDR :**

```
1726570800,310260222222222,default_bearer_start,10002,15552222222,222
1726571100,310260222222222,default_bearer_update,10002,15552222222,22
1726571400,310260222222222,default_bearer_update,10002,15552222222,22
1726571700,310260222222222,default_bearer_update,10002,15552222222,22
1726572000,310260222222222,default_bearer_end,10002,15552222222,22222
```

---

# Exemple 3 : Session avec porteur dédié

**Chronologie :**

1. Porteur par défaut établi (QCI 9)
2. Porteur dédié créé pour la vidéo (QCI 6)
3. Mises à jour d'utilisation pour les deux porteurs
4. Porteur dédié supprimé
5. Porteur par défaut résilié

**Sortie CDR :**

```
1726570800,310260333333333,default_bearer_start,10003,15553333333,333
1726571100,310260333333333,dedicated_bearer_start,10004,15553333333,3
1726571400,310260333333333,default_bearer_update,10003,15553333333,33
1726571400,310260333333333,dedicated_bearer_update,10004,15553333333,
1726571700,310260333333333,dedicated_bearer_end,10004,15553333333,333
1726572000,310260333333333,default_bearer_end,10003,15553333333,33333
```

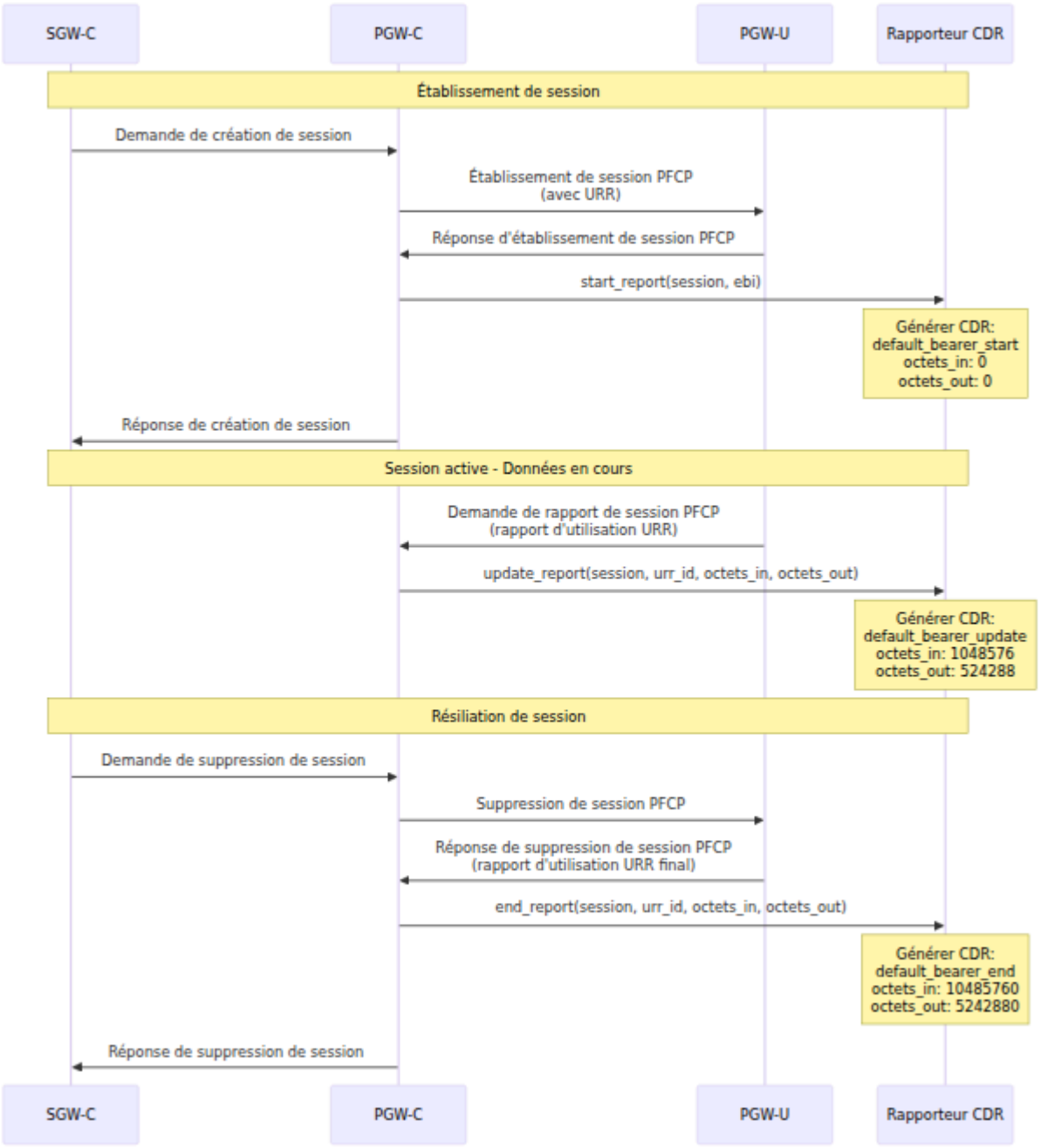
**Analyse :**

- Le porteur par défaut (10003) transporte le trafic d'arrière-plan (10 Mo en aval, 4 Mo en amont)
- Le porteur dédié (10004) transporte le trafic vidéo (200 Mo en aval, 2 Mo en amont)
- Différentes valeurs QCI (9 contre 6) reflètent un traitement QoS différent

---

# Intégration

## Pipeline de traitement des CDR




## Méthodes de collecte des CDR

### 1. Collecte basée sur des fichiers :

```
# Surveiller le répertoire CDR (PGW-C)
inotifywait -m /var/log/pgw_c/cdrs/ -e close_write | while read
path action file; do
    # Rotation de fichier terminée, traiter CDR
    process_cdr "$path$file"
done
```

**2. Streaming en temps réel :**

```
# Suivre et diffuser vers le pipeline de traitement
tail -F /var/log/pgw_c/cdrs/* | process_cdr_stream
```

---

# Documentation connexe

- Gestion des sessions - Cycle de vie de la session et déclencheurs de CDR
- Interface PFCP - Rapport d'utilisation de PGW-U via URRs
- Guide de surveillance - Métriques de génération de CDR et alertes
- Guide de configuration - Paramètres de configuration CDR et URR
- Interface Diameter Gx - Contrôle de la politique pour les valeurs QCI dans les CDR
- Interface Diameter Gy - Intégration de la facturation en ligne

---

# Références 3GPP

- TS 32.251 - Facturation du domaine Packet Switched (PS)
- TS 29.274 - Système de paquet évolué 3GPP (EPS) ; protocole GTP-C
- TS 29.244 - Interface entre les nœuds CP et UP (PFCP) - **Support URR**
- TS 32.298 - Encodage CDR

---

**Format CDR** - *Enregistrements de facturation hors ligne pour PGW-C*

*Développé par Omnitouch Network Services*

**Version de la documentation :** 1.0 **Dernière mise à jour :** 2025-12-28

# Documentation de l'Interface Diameter Gx

**Fonction de Règles de Politique et de Facturation (PCRF) Interface**

---

## Table des Matières



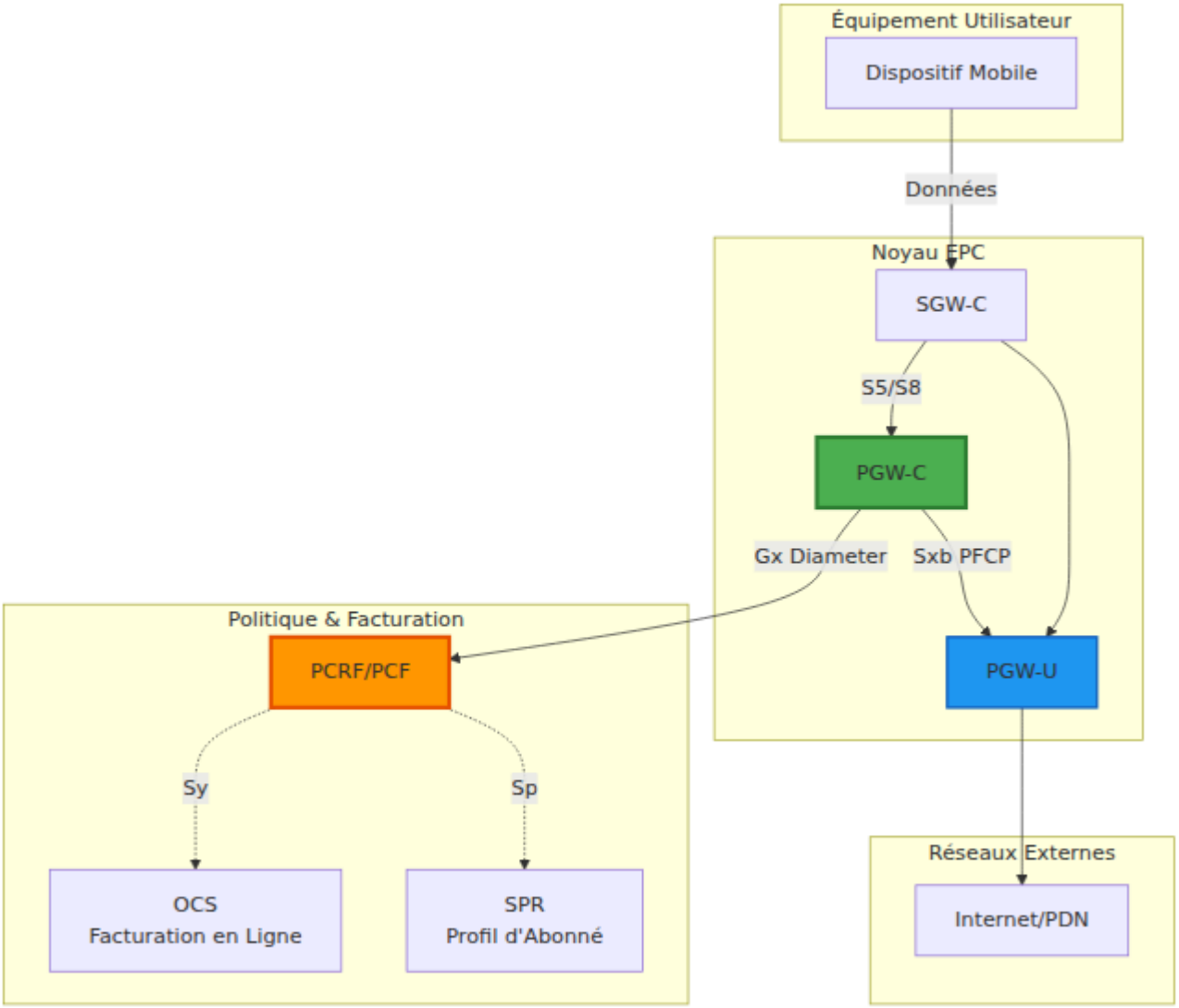
---

## Aperçu

L'**interface Gx** connecte le PGW-C à la **PCRF (Fonction de Règles de Politique et de Facturation)** ou **PCF (Fonction de Contrôle de Politique)** dans les réseaux 5G. Cette interface permet :

- **Contrôle de Politique Dynamique** - Application en temps réel de la QoS et des politiques
- **Contrôle de Facturation** - Autorisation de crédit et suivi de l'utilisation
- **Connaissance du Service** - Différenciation du trafic au niveau de l'application
- **Gestion de Profil d'Abonné** - Application de politique par utilisateur

# Gx dans l'Architecture Réseau



## Fonctions Clés

| Fonction | Description |
|---|---|
| **Provisionnement de Politique** | PCRF fournit des règles PCC définissant comment gérer le trafic |
| **Contrôle de QoS** | Ajustement dynamique des débits et des paramètres de QoS |
| **Contrôle de Facturation** | Autorisation de crédit pour les scénarios prépayés/postpayés |
| **Contrôle de Gating** | Activer/désactiver les flux de trafic en fonction de la politique |
| **Surveillance de l'Utilisation** | Suivi de la consommation de données par service |

---

# Notions de Base de l'Interface Gx

## Référence 3GPP

- **Spécification :** 3GPP TS 29.212
- **ID d'Application Diameter :** 16777238 (Gx)
- **Protocole :** Protocole de Base Diameter (RFC 6733)

## Concept de Session

Chaque connexion PDN UE a une **session Gx** correspondante identifiée par un **Session-ID**. Cette session :

- Créée lorsque l'UE s'attache (CCR-Initial)
- Mise à jour pendant la durée de la connexion (CCR-Update) - optionnelle

- Terminée lorsque l'UE se détache (CCR-Termination)

## Format de l'ID de Session

```
Session-ID: <Origin-Host>;<high32>;<low32>[;<optional>]
Exemple: omni-
pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org;1234567890;98765
```

Composants :

- **Origin-Host :** Identité Diameter du PGW-C
- **high32 :** 32 bits supérieurs de l'identifiant unique
- **low32 :** 32 bits inférieurs de l'identifiant unique

---

# Protocole Diameter

## Structure du Message

Les messages Diameter sont codés en binaire avec la structure suivante :

```
En-tête Diameter (20 octets)
├── Version (1 octet) = 1
├── Longueur du Message (3 octets)
├── Drapeaux (1 octet)
│   ├── R : Demande (1) / Réponse (0)
│   ├── P : Proxiable
│   ├── E : Erreur
│   └── T : Potentiellement retransmis
├── Code de Commande (3 octets)
├── ID d'Application (4 octets) = 16777238 (Gx)
├── ID Hop-by-Hop (4 octets)
└── ID End-to-End (4 octets)

AVPs (Paires Attribut-Valeur)
├── En-tête AVP
│   ├── Code AVP
│   ├── Drapeaux (V, M, P)
│   ├── Longueur AVP
│   └── ID de Fournisseur (optionnel)
└── Données AVP
```

# Concepts Clés de Diameter

**AVP (Attribut-Valeur) :**

- Unité de données de base dans Diameter
- Contient un code, des drapeaux et une valeur
- Peut être imbriqué (AVP Groupé)

**Commande :**

- Paire Demande/Réponse
- CCR (Demande de Contrôle de Crédit) / CCA (Réponse de Contrôle de Crédit)

**Codes de Résultat :**

- `2001` - DIAMETER_SUCCESS
- `3xxx` - Erreurs de protocole

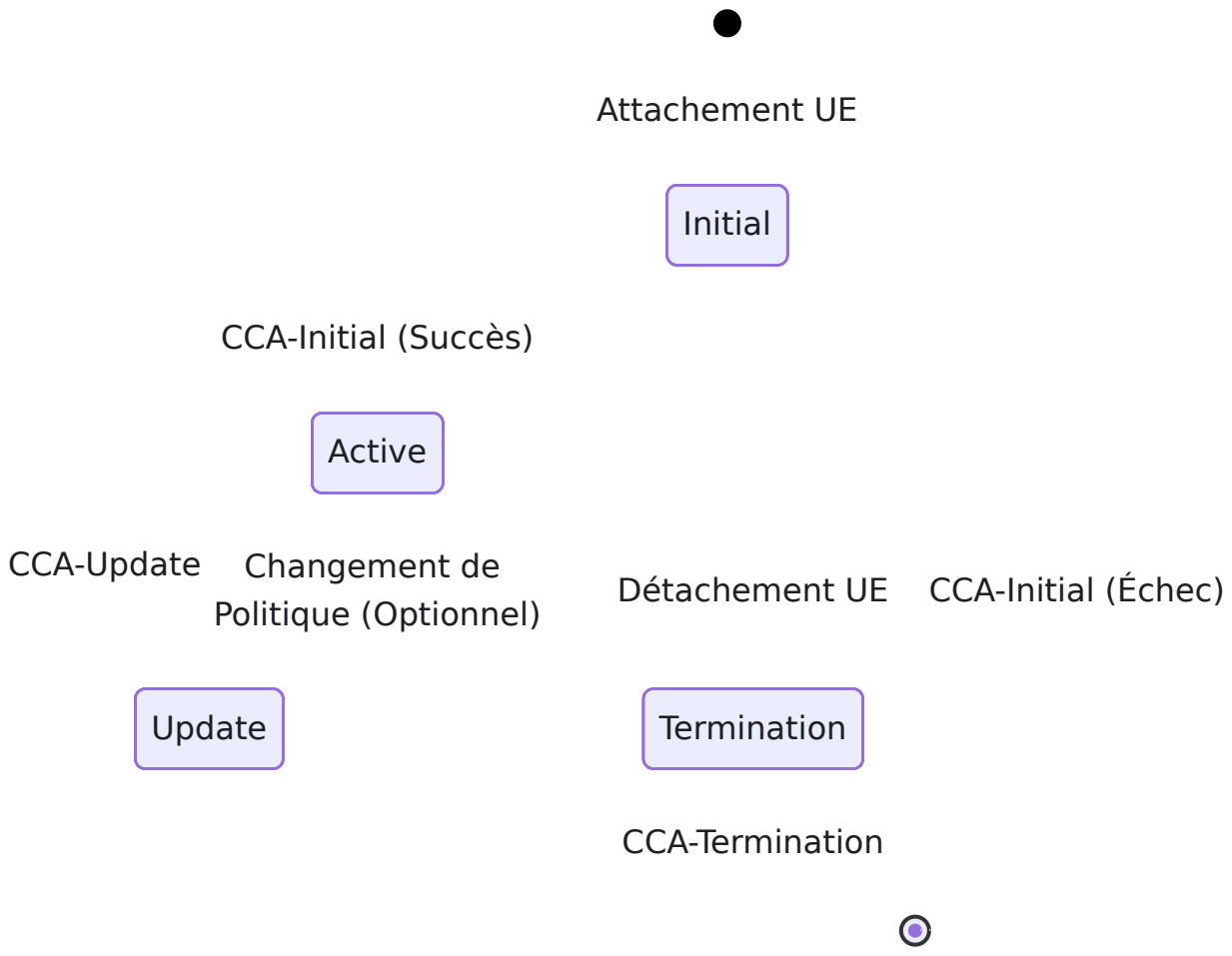
- `4xxx` - Échecs transitoires
- `5xxx` - Échecs permanents

---

# Messages de Contrôle de Crédit

Le PGW-C utilise l'**Application de Contrôle de Crédit Diameter** (RFC 4006) pour Gx.

## Types de Messages




## CCR-Initial (Demande de Contrôle de Crédit - Initial)

**Quand :** L'UE crée une nouvelle connexion PDN

**But :**

- Demander des règles de politique et de facturation initiales
- Fournir le contexte de l'UE et du réseau à la PCRF
- Obtenir des paramètres de QoS et une autorisation de facturation

**AVPs Clés Envoyés par PGW-C :**

| Nom AVP | Code AVP | Type | Description |
|---|---|---|---|
| Session-Id | 263 | UTF8String | Identifiant de session Gx unique |
| Auth-Application-Id | 258 | Unsigned32 | 16777238 (Gx) |
| Origin-Host | 264 | DiamIdent | Identité Diameter du PGW-C |
| Origin-Realm | 296 | DiamIdent | Royaume Diameter du PGW-C |
| Destination-Realm | 283 | DiamIdent | Royaume de la PCRF |
| CC-Request-Type | 416 | Enumerated | 1 = INITIAL_REQUEST |
| CC-Request-Number | 415 | Unsigned32 | Numéro de séquence (commence à 0) |
| Subscription-Id | 443 | Grouped | Identifiant de l'UE (IMSI/MSISDN) |
| Called-Station-Id | 30 | UTF8String | Nom de l'APN |
| Framed-IP-Address | 8 | OctetString | Adresse IPv4 allouée à l'UE |
| IP-CAN-Type | 1027 | Enumerated | 5 = 3GPP-EPS |
| RAT-Type | 1032 | Enumerated | 1004 = EUTRAN |
| QoS-Information | 1016 | Grouped | QoS actuelle (AMBR) |
| Network-Request-Support | 1024 | Enumerated | Procédures initiées par le réseau |

| Nom AVP | Code AVP | Type | Description |
|---|---|---|---|
| Supported-Features | 628 | Grouped | Liste des fonctionnalités Gx |

**Exemple de Structure CCR-I :**

```
CCR (Code de Commande : 272, Demande)
├── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456"
├── Auth-Application-Id: 16777238
├── Origin-Host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── CC-Request-Type: INITIAL_REQUEST (1)
├── CC-Request-Number: 0
├── Subscription-Id (Groupé)
│   ├── Subscription-Id-Type: END_USER_IMSI (1)
│   └── Subscription-Id-Data: "310260123456789"
├── Called-Station-Id: "internet"
├── Framed-IP-Address: 100.64.1.42
├── IP-CAN-Type: 3GPP-EPS (5)
├── RAT-Type: EUTRAN (1004)
├── QoS-Information (Groupé)
│   ├── APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL: 100000000 (100 Mbps)
│   └── APN-Aggregate-Max-Bitrate-DL: 50000000 (50 Mbps)
├── Network-Request-Support: 1
└── Supported-Features: [...]
```

# CCA-Initial (Réponse de Contrôle de Crédit - Initial)

**Envoyé par :** PCRF en réponse à CCR-I

**But :**

- Autoriser ou rejeter la session
- Fournir des règles PCC pour la gestion du trafic

- Spécifier les paramètres de QoS

**AVPs Clés Reçus par PGW-C :**

| Nom AVP | Code AVP | Description |
|---|---|---|
| Result-Code | 268 | Succès (2001) ou code d'erreur |
| Experimental-Result | 297 | Codes de résultat spécifiques au fournisseur |
| QoS-Information | 1016 | QoS autorisée (peut différer de la demande) |
| Charging-Rule-Install | 1001 | Règles PCC à activer |
| Charging-Rule-Definition | 1003 | Définitions de règles en ligne |
| Default-EPS-Bearer-QoS | 1049 | QoS pour le porteur par défaut |

**Exemple de Réponse de Succès :**

```
CCA (Code de Commande : 272, Réponse)
├── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456"
├── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
├── Origin-Host: "pcrf.example.com"
├── Origin-Realm: "example.com"
├── Auth-Application-Id: 16777238
├── CC-Request-Type: INITIAL_REQUEST (1)
├── CC-Request-Number: 0
├── QoS-Information (Groupé)
│   ├── APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL: 50000000 (50 Mbps - réduit)
│   └── APN-Aggregate-Max-Bitrate-DL: 100000000 (100 Mbps -
augmenté)
├── Charging-Rule-Install (Groupé)
│   ├── Charging-Rule-Name: "default_internet_rule"
│   └── Charging-Rule-Name: "video_streaming_rule"
└── Charging-Rule-Definition (Groupé)
    ├── Charging-Rule-Name: "default_internet_rule"
    ├── QoS-Information: {...}
    └── Precedence: 1000
```

# CCR-Termination (Demande de Contrôle de Crédit - Terminaison)

**Quand :** L'UE se détache ou la connexion PDN est supprimée

**But :**

- Notifier la PCRF de la terminaison de la session
- Enregistrement final de comptabilité/facturation

**Différences Clés par Rapport à CCR-I :**

- `CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)`
- Peut inclure des statistiques d'utilisation
- Ensemble d'AVP simplifié

**Exemple CCR-T :**

```
CCR (Code de Commande : 272, Demande)
├── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456"
├── Auth-Application-Id: 16777238
├── Origin-Host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)
├── CC-Request-Number: 1
└── Termination-Cause: DIAMETER_LOGOUT (1)
```

# CCA-Termination

**Envoyé par :** PCRF en réponse à CCR-T

**But :**

- Accuser réception de la terminaison de la session
- Aucune règle de politique retournée

**Exemple CCA-T :**

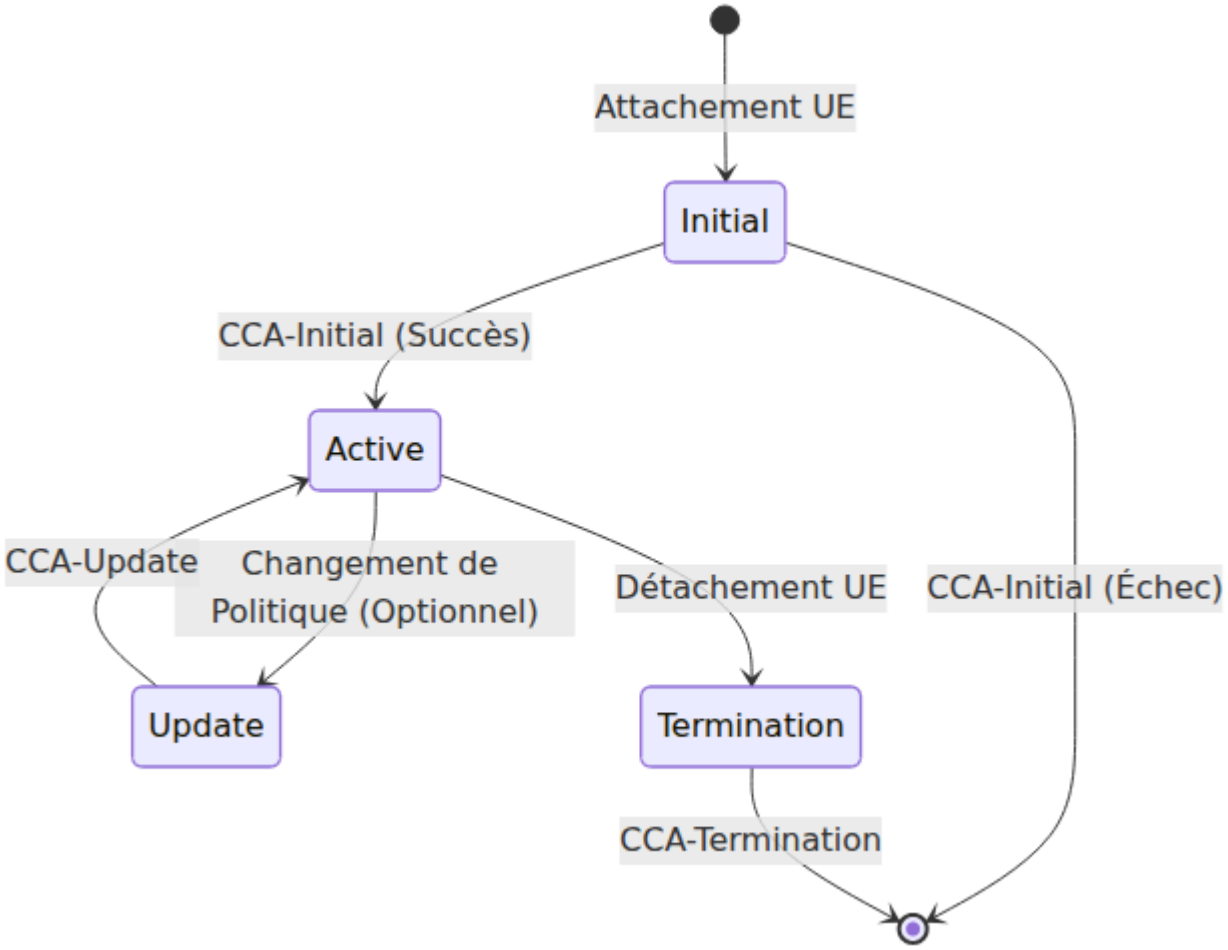
```
CCA (Code de Commande : 272, Réponse)
├── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456"
├── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
├── Origin-Host: "pcrf.example.com"
├── Origin-Realm: "example.com"
├── Auth-Application-Id: 16777238
├── CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)
└── CC-Request-Number: 1
```

---

# Règles de Politique et de Facturation

## Structure de la Règle PCC

Une **Règle PCC (Contrôle de Politique et de Facturation)** définit comment gérer des flux de trafic spécifiques :




## Composants de la Règle

**1. Nom de la Règle :**

- Identifiant unique pour la règle
- Exemple : `"video_streaming_rule"`

**2. Précédence :**

- Un nombre plus bas = une priorité plus élevée
- Plage : 0-65535
- Utilisé lorsque plusieurs règles correspondent

**3. Filtres de Flux (TFT - Modèle de Flux de Trafic) :**

- Définit quels paquets correspondent à cette règle
- Exemples :
  - IP 5-tuple : Protocole, IP Src/Dst, Port Src/Dst
  - `"permit out ip from any to 8.8.8.8 80"`

**4. Informations de QoS :**

- **QCI (Identifiant de Classe de QoS) :** 1-9 (standardisé), 128-254 (spécifique à l'opérateur)
  - QCI 1 : Voix Conversationnelle
  - QCI 5 : Signalisation IMS
  - QCI 9 : Internet par Défaut
- **ARP (Priorité d'Allocation et de Rétention) :** Capacité de préemption
- **MBR/GBR :** Débits Maximum/Garantis

**5. Informations de Facturation :**

- **Groupe de Tarification :** Identifie la catégorie de facturation (utilisé par OCS - voir Interface Diameter Gy)
- **Méthode de Mesure :** Volume, temps ou basé sur des événements
- **Facturation en Ligne/Hors Ligne :** OCS (prépayé via Diameter Gy) vs. CDRs hors ligne (postpayé - voir Format CDR de Données)

**6. Statut de Gating :**

- **OUVERT :** Autoriser le trafic
- **FERMÉ :** Bloquer le trafic

# Provisionnement Dynamique de Règles

**La PCRF peut fournir des règles de deux manières :**

**1. Règles Prédéfinies (par nom) :**

```
Charging-Rule-Install (Groupé)
├── Charging-Rule-Name: "gold_subscriber_internet"
└── Charging-Rule-Name: "video_qos_boost"
```

**2. Règles Dynamiques (définition en ligne) :**

```
Charging-Rule-Definition (Groupé)
├── Charging-Rule-Name: "dynamic_rule_123"
├── Precedence: 100
├── Flow-Information (Groupé)
│   ├── Flow-Description: "permit out ip from any to 192.0.2.0/24"
│   └── Flow-Direction: DOWNLINK
├── QoS-Information (Groupé)
│   ├── QoS-Class-Identifier: 5
│   ├── Max-Requested-Bandwidth-UL: 10000000
│   └── Max-Requested-Bandwidth-DL: 50000000
└── Rating-Group: 1000
```

# AVP d'Informations de QoS

**APN-AMBR (Débit Maximum Agrégé) :**

S'applique à tous les porteurs non-GBR pour cet APN :

```
QoS-Information (Groupé)
├── APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL: 100000000  # 100 Mbps
└── APN-Aggregate-Max-Bitrate-DL: 200000000  # 200 Mbps
```

**Réponse PGW-C :**

- Met à jour l'état interne de l'AMBR
- Envoie une Demande de Modification de Session au PGW-U avec le QER mis à jour

---

# Configuration

## Configuration de Base de Gx

Modifier `config/runtime.exs` :

```
config :pgw_c,
  diameter: %{
    # Adresse IP pour écouter les connexions Diameter
    listen_ip: "0.0.0.0",

    # Identité Diameter du PGW-C (Origin-Host)
    host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

    # Royaume Diameter du PGW-C (Origin-Realm)
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

    # Liste des pairs PCRF
    peer_list: [
      %{
        # Identité Diameter de la PCRF
        host: "pcrf.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

        # Royaume PCRF (généralement le même que le royaume du
PGW-C)
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

        # Adresse IP de la PCRF
        ip: "10.0.0.30",

        # Si le PGW-C initie la connexion à la PCRF
        # true = PGW-C se connecte à la PCRF
        # false = Attendre que la PCRF se connecte
        initiate_connection: true
      }
    ]
  }
```

## Plusieurs Pairs PCRF

Pour la redondance ou la distribution géographique :

```
config :pgw_c,
  diameter: %{
    listen_ip: "0.0.0.0",
    host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    peer_list: [
      %{
        host: "pcrf-primary.example.com",
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        ip: "10.0.1.30",
        initiate_connection: true
      },
      %{
        host: "pcrf-backup.example.com",
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        ip: "10.0.2.30",
        initiate_connection: true
      }
    ]
  }
```

**Équilibrage de Charge :**

- Le protocole Diameter gère la sélection des pairs
- Les demandes sont réparties en fonction de la disponibilité
- Basculement automatique en cas de défaillance d'un pair

## Résolution de Noms d'Hôtes

**Les Identités Diameter doivent être des FQDNs** (Noms de Domaine Entièrement Qualifiés) :

```
# CORRECT - format FQDN
host: "pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"

# INCORRECT - Pas une Identité Diameter valide
host: "pgw_c"
host: "10.0.0.20"  # Adresses IP non autorisées
```

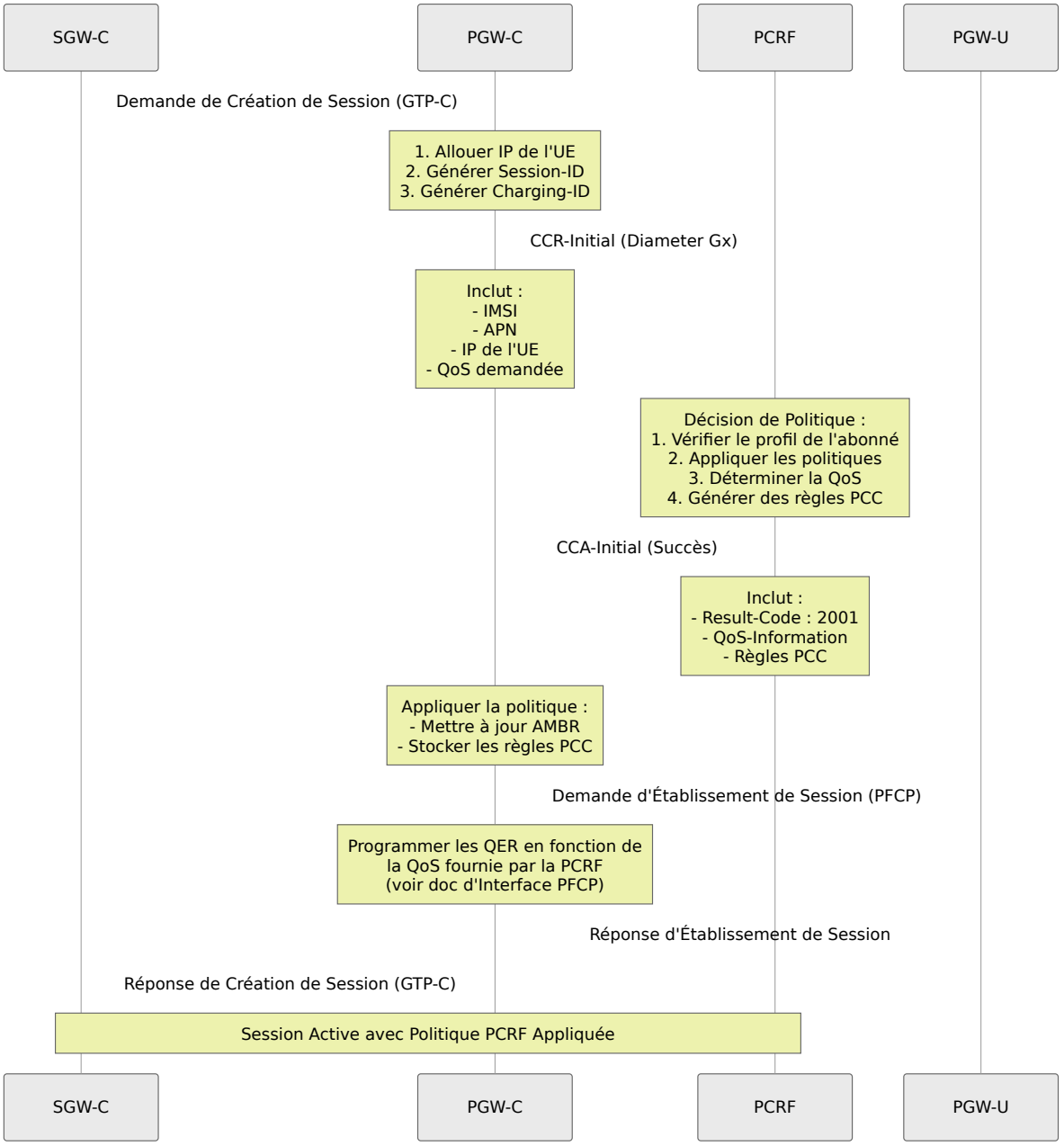
**Format de Royaume :**

- Doit être un nom de domaine valide
- Correspond généralement au format PLMN 3GPP : `epc.mncXXX.mccYYY.3gppnetwork.org`

---

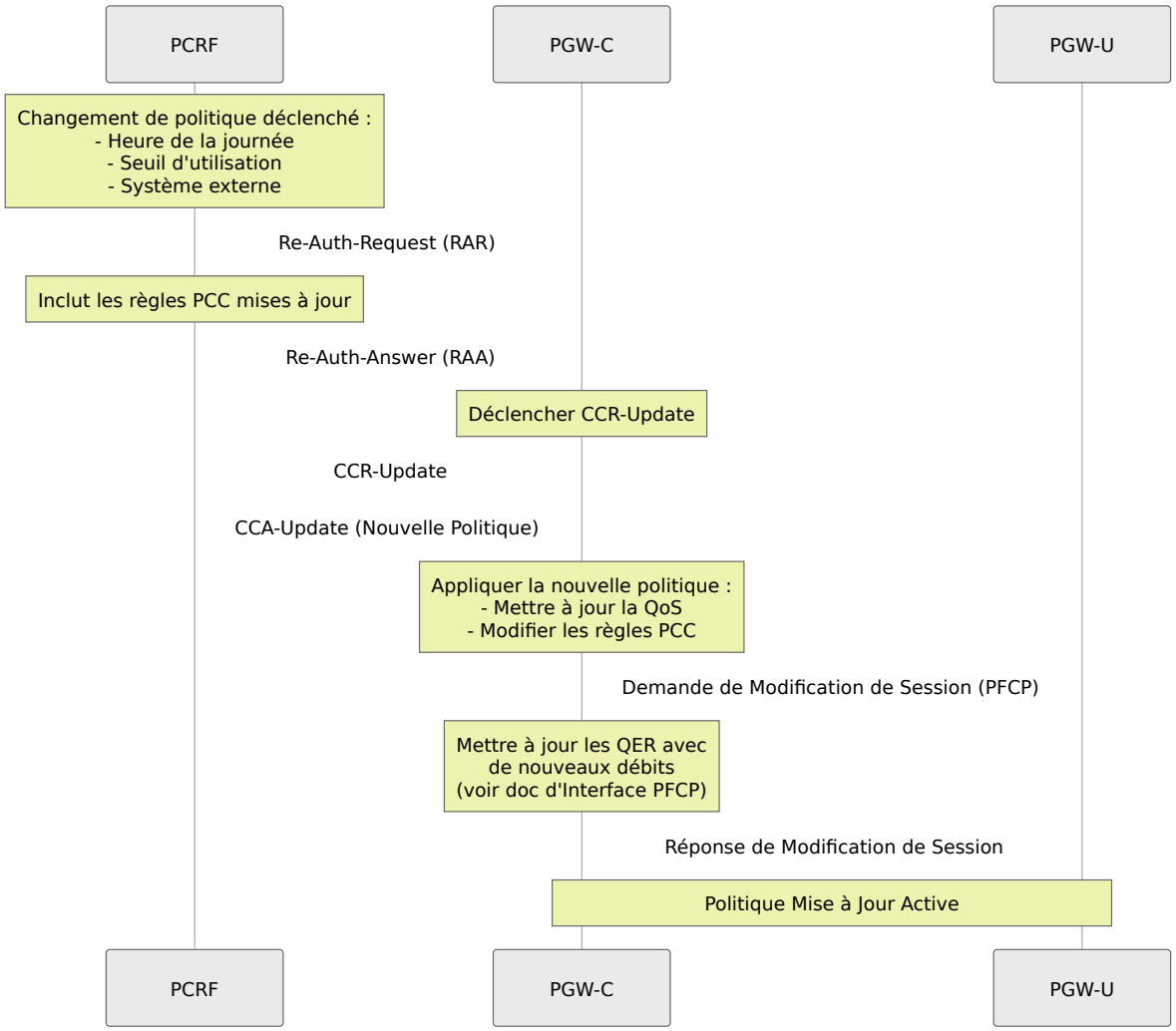
# Flux de Messages

## Établissement de Session Réussi

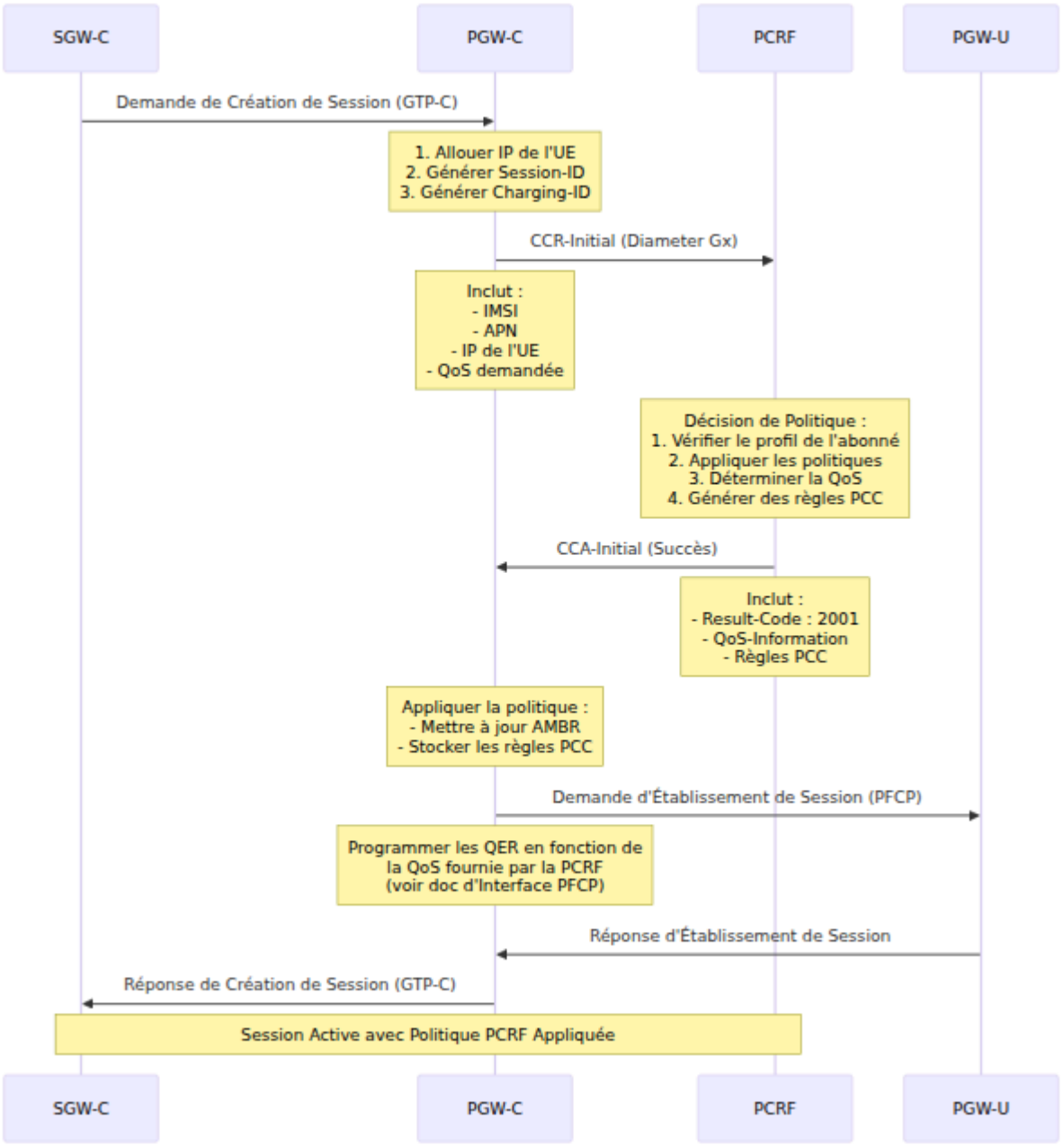



**Note :** Les paramètres de QoS de la PCRF sont traduits en QERs (Règles d'Application de QoS) et programmés dans le PGW-U via PFCP. Voir Interface PFCP pour les détails des QER.

# Mise à Jour de Politique (Initiée par le Réseau)



## Terminaison de Session




---

# Gestion des Erreurs

## Codes de Résultat

Le PGW-C gère divers codes de résultat Diameter dans les messages CCA :

**Codes de Succès :**

| Code | Nom | Action |
|---|---|---|
| 2001 | DIAMETER_SUCCESS | Continuer l'établissement de la session |

**Échecs Permanents (5xxx) :**

| Code | Nom | Action PGW-C |
|---|---|---|
| 5002 | DIAMETER_UNKNOWN_SESSION_ID | Journaliser l'erreur, échouer la session |
| 5030 | DIAMETER_USER_UNKNOWN | Rejeter la session (Utilisateur Inconnu) |
| 5140 | DIAMETER_ERROR_INITIAL_PARAMETERS | Journaliser l'erreur, réessayer ou échouer |
| 5003 | DIAMETER_AUTHORIZATION_REJECTED | Rejeter la session (Non Autorisé) |

**Échecs Transitoires (4xxx) :**

| Code | Nom | Action PGW-C |
|---|---|---|
| 4001 | DIAMETER_AUTHENTICATION_REJECTED | Réessayer ou échouer la session |
| 4010 | DIAMETER_TOO_BUSY | Réessayer avec un délai |
| 4012 | DIAMETER_UNABLE_TO_COMPLY | Journaliser l'erreur, peut réessayer |

## Codes de Résultat Expérimentaux

Codes d'erreur spécifiques au fournisseur :

```
Experimental-Result (Groupé)
├── Vendor-Id: 10415 (3GPP)
└── Experimental-Result-Code: <code spécifique au fournisseur>
```

**Codes Expérimentaux 3GPP Communs :**

| Code | Nom | Signification |
|---|---|---|
| 5065 | IP_CAN_SESSION_NOT_AVAILABLE | La PCRF ne peut pas établir de session |
| 5143 | INVALID_SERVICE_INFORMATION | Données de service invalides |

# Gestion des Délais

**Délai CCR-I :**

Si la PCRF ne répond pas au CCR-Initial dans le délai imparti :

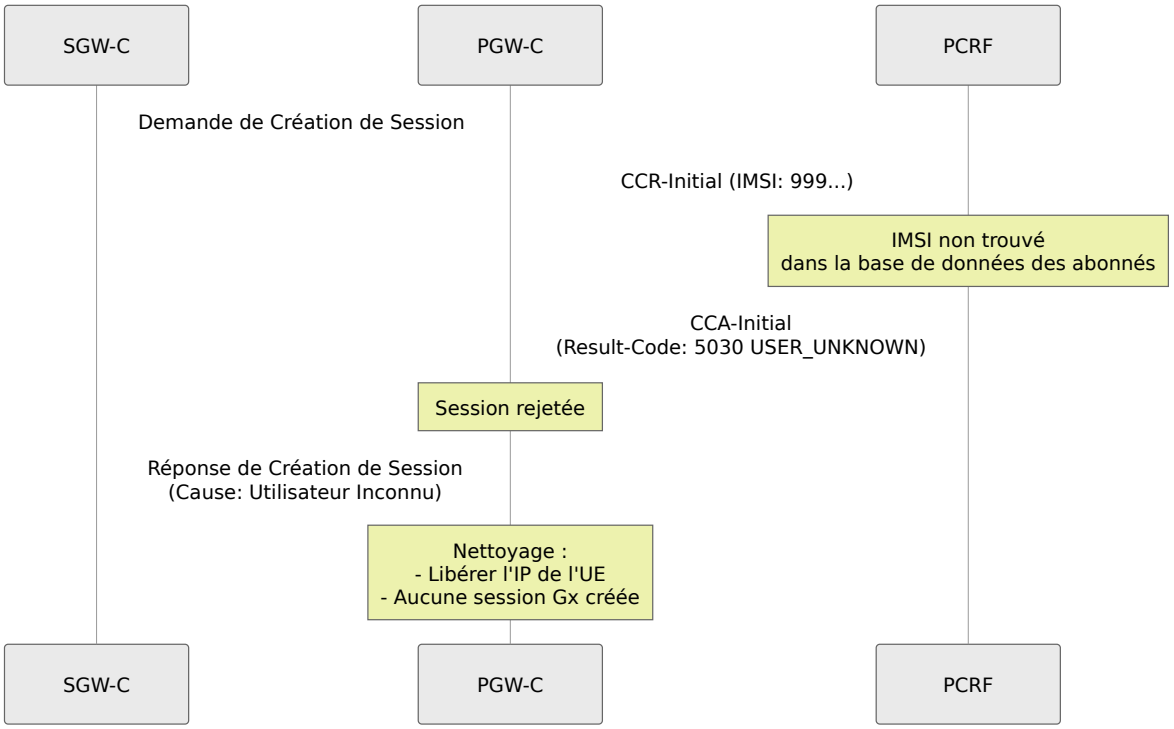
```
1. PGW-C attend le délai configuré (par exemple, 5 secondes)
2. Si aucun CCA reçu :
   - Journaliser : "Délai CCR-Initial pour Session-ID : ..."
   - Répondre à SGW-C avec un code d'erreur
   - Nettoyer les ressources allouées
3. SGW-C reçoit : Réponse de Création de Session (Cause : Pair
Distant Ne Répond Pas)
```

**Réponse d'Erreur à SGW-C :**

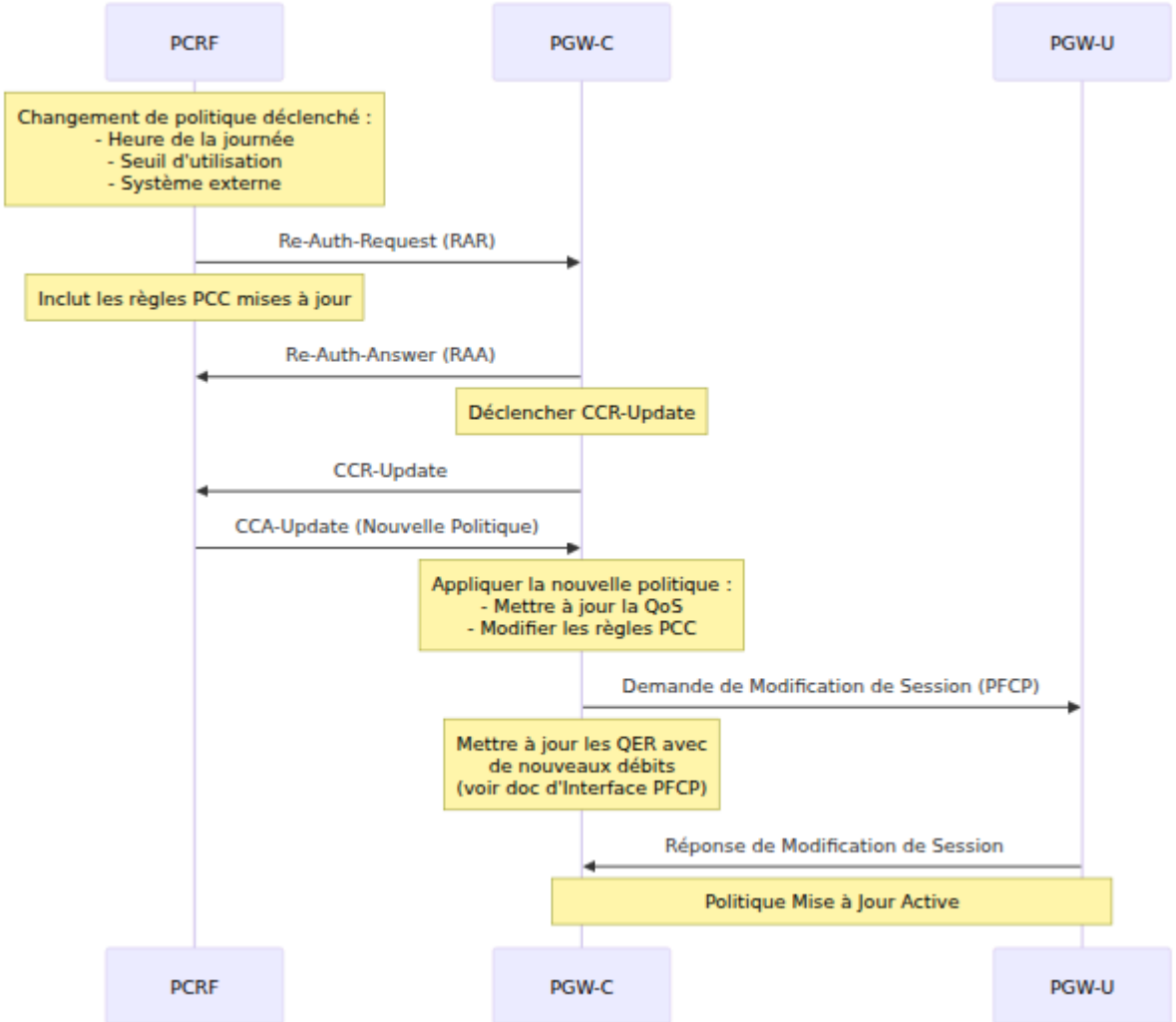
Lorsque le CCR-Initial expire, le PGW-C envoie une Réponse de Création de Session avec le code de cause `:remote_peer_not_responding` au SGW-C.

# Scénarios d'Échec

**Scénario 1 : La PCRF Rejette la Session (Utilisateur Inconnu)**




## Scénario 2 : PCRF Temporairement Indisponible



# Dépannage

## Problèmes Courants

### 1. Échec de Connexion au Pair Diameter

**Symptômes :**

- Journal : "Pair Diameter non connecté"
- Aucun CCR-Initial envoyé

**Causes Possibles :**

- PCRF non accessible
- IP PCRF incorrecte dans la configuration
- Pare-feu bloquant le port Diameter (3868)
- Identités Diameter incorrectes (hôte/royaume)

**Résolution :**

```
# Tester la connectivité réseau
ping <pcrf_ip>

# Tester le port Diameter (TCP 3868)
telnet <pcrf_ip> 3868

# Vérifier la configuration de l'identité Diameter
# S'assurer que l'hôte et le royaume sont des FQDNs, pas des IPs
```

**Vérifier la Configuration :**

```
config :pgw_c,
  diameter: %{
    # Doit être un FQDN, pas une IP
    host: "pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    peer_list: [
      %{
        host: "pcrf.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        ip: "10.0.0.30"
      }
    ]
  }
```

**2. Délais CCR-Initial**

**Symptômes :**

- Échec de la Demande de Création de Session
- Journal : "Délai CCR-Initial"

**Causes Possibles :**

- PCRF surchargée
- Latence réseau
- PCRF ne répond pas à cet ID de Session

**Résolution :**

1. Vérifier les journaux de la PCRF pour des erreurs
2. Vérifier que la PCRF traite les demandes
3. Vérifier la latence réseau : `ping <pcrf_ip>`
4. Augmenter le délai si la latence réseau est élevée

**3. Sessions Rejetées par la PCRF**

**Symptômes :**

- CCA-Initial avec Result-Code != 2001
- Échec de la Réponse de Création de Session

**Codes de Résultat Communs :**

| Code de Résultat | Cause Probable | Résolution |
|---|---|---|
| 5030 | IMSI non dans la base de données des abonnés | Provisionner l'abonné dans HSS/SPR |
| 5003 | Autorisation rejetée | Vérifier les permissions de l'abonné |
| 4010 | PCRF trop occupée | Réessayer ou ajouter de la capacité à la PCRF |

**Vérifier les Journaux :**

```
# Les journaux PGW-C montrent :
[error] Erreur Diameter Gx : Result-Code 5030
(DIAMETER_USER_UNKNOWN)
[error] IMSI 310260999999999 rejetée par la PCRF
```

**4. QoS Non Appliquée**

**Symptômes :**

- Session établie mais QoS incorrecte
- Débits ne correspondent pas aux valeurs attendues

**Étapes de Débogage :**

1. **Vérifier CCA-Initial :**
    - Vérifier la présence de l'AVP `QoS-Information`
    - Vérifier les valeurs `APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL/DL`
2. **Vérifier l'Établissement de Session PFCP :**
    - Vérifier que le QER a été créé avec les valeurs MBR correctes

- Vérifier les journaux du PGW-U pour l'installation du QER

3. **Vérifier la Politique de la PCRF :**
   - Vérifier la configuration de la PCRF
   - Vérifier que le profil de l'abonné inclut la QoS correcte

**5. Problèmes de Routage Diameter**

**Symptômes :**

- Messages Diameter n'atteignant pas la PCRF
- Journal : "Aucun itinéraire vers le Royaume de Destination"

**Cause :**

- Mismatch de royaume entre la configuration et les messages

**Résolution :**

Assurer la cohérence :

```
# Tous doivent correspondre
config :pgw_c,
  diameter: %{
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",  # Royaume du PGW-
C
    peer_list: [
      %{
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"  # Royaume de
la PCRF (généralement le même)
      }
    ]
  }
```

**Dans CCR-Initial :**

```
Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
```

# Surveillance de la Santé Gx

**Métriques Clés :**

```
# Taux de messages Gx
rate(gx_inbound_messages_total{message_type="gx_CCA"}[5m])
rate(gx_outbound_messages_total{message_type="gx_CCR"}[5m])

# Taux d'erreurs Gx
rate(gx_inbound_errors_total[5m])

# Taux de succès des réponses Gx (nouvelle métrique)
sum(rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class="2xxx"}
[5m])) /
sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) * 100

# Échecs de réponses Gx par hôte PCRF
rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class!="2xxx"}[5m])
by (diameter_host)

# Compte de sessions Gx
session_id_registry_count

# Durée de traitement des messages Gx
histogram_quantile(0.95,
rate(gx_inbound_handling_duration_bucket[5m]))
```

**Métriques de Réponse par Classe de Code de Résultat :**

La métrique `gx_outbound_responses_total` fournit une visibilité détaillée sur les réponses Diameter envoyées aux pairs PCRF, catégorisées par :

- **`message_type`** : Type de message de réponse (`gx_RAA`, `gx_CCA`)
- **`result_code_class`** : Catégorie de code de résultat (`2xxx`, `3xxx`, `4xxx`, `5xxx`)
- **`diameter_host`** : Pair PCRF recevant la réponse

**Codes de Résultat Communs :**

- **2001** (DIAMETER_SUCCESS) - Réponse réussie

- **3001** (DIAMETER_COMMAND_UNSUPPORTED) - Erreur de protocole
- **5012** (DIAMETER_UNABLE_TO_COMPLY) - Impossible d'exécuter la demande
- **5030** (DIAMETER_USER_UNKNOWN) - Abonné non trouvé

**Exemples d'Alerte :**

```
# Alerte sur un taux d'erreur Gx élevé
- alert: GxErrorRateHigh
  expr: rate(gx_inbound_errors_total[5m]) > 0.1
  for: 5m
  annotations:
    summary: "Taux d'erreur Gx élevé détecté"

# Alerte sur un taux d'échec de réponse Gx élevé
- alert: GxResponseFailureRate
  expr: |

sum(rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class!="2xxx"}
[5m])) /
    sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) > 0.1
  for: 5m
  annotations:
    summary: "Taux d'échec de réponse Gx élevé"
    description: "Plus de 10 % des réponses Gx sont des échecs"

# Alerte sur le rejet de session
- alert: GxSessionRejection
  expr: rate(gx_inbound_errors_total{result_code="5030"}[5m]) >
0.01
  for: 5m
  annotations:
    summary: "La PCRF rejette les sessions (USER_UNKNOWN)"
```

## Journalisation de Débogage

Activer la journalisation verbose de Diameter :

```
# config/runtime.exs
config :logger, level: :debug

# Ou à l'exécution
iex> Logger.configure(level: :debug)
```

**Rechercher :**

- `[debug] Envoi de CCR-Initial pour Session-ID : ...`
- `[debug] Reçu CCA-Initial : Result-Code 2001`
- `[error] Erreur Diameter : ...`

---

# Interface Web - Surveillance des Pairs Diameter

OmniPGW inclut une interface Web en temps réel pour surveiller les connexions et l'état des pairs Diameter.

## Page des Pairs Diameter

**Accès :** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/diameter`

**But :** Surveiller la connectivité des pairs Diameter Gx vers la PCRF en temps réel

**Fonctionnalités :**

**1. Vue d'Ensemble de la Connexion des Pairs**

- **Compte Connecté** - Nombre de pairs PCRF avec connexion active
- **Compte Déconnecté** - Nombre de pairs configurés mais non connectés
- Actualisation automatique toutes les 1 seconde (taux d'actualisation le plus rapide de toutes les pages)

**2. Informations d'État par Pair** Pour chaque pair PCRF configuré :

- **Hôte** - Identité Diameter (Origin-Host)
- **Adresse IP** - IP de la PCRF
- **Port** - Port Diameter (par défaut 3868)
- **Statut** - Connecté (vert) / Déconnecté (rouge)
- **Transport** - TCP ou SCTP
- **Initiation de Connexion** - Qui initie (PGW ou PCRF)
- **Royaume** - Royaume Diameter
- **Nom du Produit** - Identifiant du produit PCRF (si annoncé)
- **IDs d'Application** - Applications Diameter prises en charge (par exemple, Gx = 16777238)

**3. Détails Développables** Cliquez sur n'importe quelle ligne de pair pour voir :

- Configuration complète du pair
- Détails de l'Échange de Capacités (CER/CEA)
- Fonctionnalités prises en charge
- État de connexion complet

# Cas d'Utilisation Opérationnels

### Surveiller la Connectivité PCRF :

```
1. Ouvrir la page Diameter dans le navigateur
2. Vérifier que tous les pairs PCRF affichent "Connecté"
3. Vérifier que l'Initiation de Connexion correspond à la
configuration
4. Vérifier que les IDs d'Application incluent Gx (16777238)
```

### Dépanner les Échecs de Création de Session (Problèmes Gx) :

```
1. Les sessions utilisateur échouent avec des erreurs "délai PCRF"
2. Ouvrir la page Diameter
3. Vérifier l'état des pairs :
   - Déconnecté ?
     → Vérifier la connectivité réseau
     → Vérifier que la PCRF fonctionne
     → Vérifier les règles de pare-feu pour TCP 3868
   - Connecté mais sessions échouant ?
     → Le problème est au niveau de l'application (vérifier les
journaux)
     → La PCRF peut rejeter les abonnés
```

### Vérifier la Configuration Diameter :

```
1. Après avoir configuré un nouveau pair PCRF
2. Ouvrir la page Diameter
3. Vérifier que le pair apparaît dans la liste
4. Vérifier que l'état change en "Connecté"
5. Développer le pair pour vérifier :
   - Le royaume correspond à la configuration
   - Les IDs d'Application incluent Gx
   - Le Nom du Produit montre l'identifiant de la PCRF
```

### Surveiller le Basculement :

```
Scénario : La PCRF primaire échoue
1. La page Diameter montre primaire "Déconnecté"
2. Vérifier que la PCRF de secours est toujours "Connectée"
3. Les nouvelles sessions utilisent automatiquement la sauvegarde
4. Lorsque la primaire se rétablit, l'état revient à "Connecté"
```

**Détecter les Problèmes de Routage Diameter :**

- Le pair montre "Connecté" mais le royaume est incorrect
- Les IDs d'Application n'incluent pas Gx (16777238)
- Le Nom du Produit ne correspond pas à la PCRF attendue

**Identifier les Mismatch de Configuration :**

```
L'interface Web montre :
  Initiation de Connexion : "Le pair initie"
Mais la configuration dit :
  initiate_connection: true

Cela indique :
  - OmniPGW tente de se connecter
  - Mais la PCRF initie également
  - Peut causer des conditions de course de connexion
```

**Avantages :**

- **Taux d'actualisation le plus rapide** - Mises à jour toutes les 1 seconde
- **Statut de connexion visuel** - Indication immédiate rouge/verte
- **Aucun outil Diameter nécessaire** - Pas besoin d'outils CLI diameter
- **Configuration des pairs visible** - Vérifier les paramètres sans consulter les fichiers de configuration
- **Détails au niveau de l'application** - Voir les applications Diameter prises en charge
- **Vérification de royaume** - Confirmer la configuration de routage Diameter

## Intégration avec les Métriques

Bien que l'interface Web fournisse un statut en temps réel, combinez-la avec Prometheus pour :

- Taux d'erreurs Gx historiques
- Comptes de messages CCR/CCA
- Tendances de latence

Interface Web = "Est-ce que ça fonctionne en ce moment ?" Métriques = "Comment ça a fonctionné dans le temps ?"

---

# Documentation Connexe

## Configuration et Politique

- **Guide de Configuration** - Configuration Diameter, configuration des pairs PCRF
- **Interface PFCP** - Application de QoS via QERs à partir des règles PCC
- **Gestion des Sessions** - Cycle de vie de la session avec intégration de politique
- **Gestion de la QoS & des Porteurs** - Configuration détaillée de la QoS et configuration des porteurs

## Intégration de Facturation

- **Interface Diameter Gy** - Facturation en ligne déclenchée par des règles PCC
- **Format CDR de Données** - Enregistrements de facturation hors ligne avec informations de politique
- **Configuration PCO** - Livraison P-CSCF pour le contrôle de politique IMS

# Opérations

- **Guide de Surveillance** - Métriques Gx, suivi de politique, alertes de connectivité PCRF
- **Interface S5/S8** - Intégration de gestion des porteurs avec politique

---

**Retour au Guide des Opérations**

# Diamètre de Chargement en Ligne (Interface Gy/Ro)

**Système de Chargement en Ligne (OCS)**

---

## Table des Matières



---

## Aperçu

L'**interface Gy** (également appelée **interface Ro** dans les contextes IMS) connecte le PGW-C au **Système de Chargement en Ligne (OCS)** pour le contrôle de crédit en temps réel. Cela permet :

- **Chargement Prépayé** - Autorisation et déduction de crédit en temps réel

- **Contrôle de Cr��dit en Temps Réel** - Accorder un quota avant la livraison du service
- **Chargement Basé sur le Service** - Chargement différent pour la voix, les données, les SMS, etc.
- **Mises à Jour de Compte Immédiates** - Mises à jour du solde de crédit en temps réel
- **Refus de Service** - Bloquer le service lorsque le crédit est épuisé

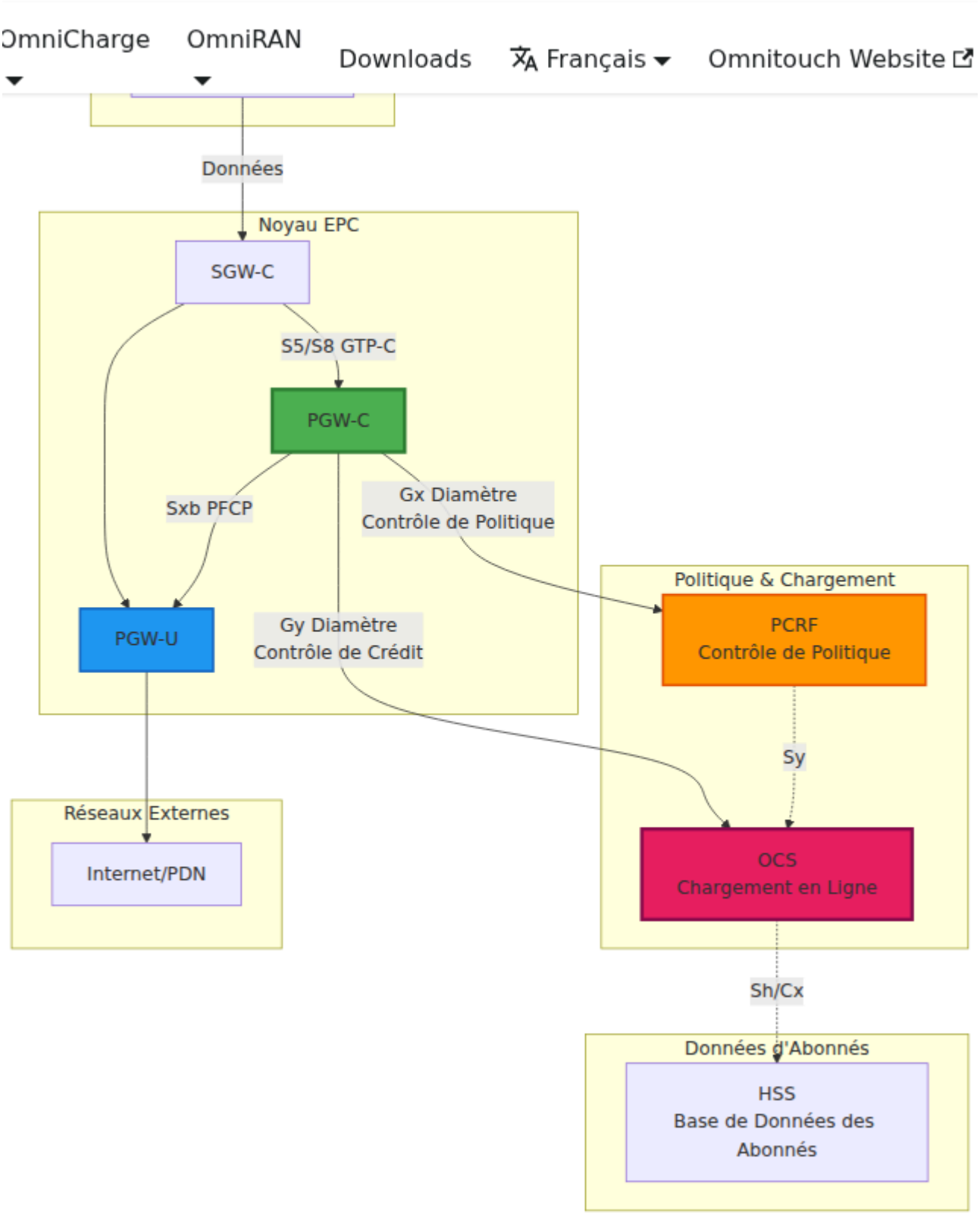
## Chargement en Ligne vs. Hors Ligne

| Aspect | Chargement en Ligne (Gy/Ro) | Chargement Hors Ligne (Gz/Rf) |
|---|---|---|
| **Temps** | En temps réel, avant le service | Après la livraison du service |
| **Cas d'utilisation** | Abonnés prépayés | Abonnés postpayés |
| **Vérification de Crédit** | Oui, avant d'accorder le service | Non, facture générée plus tard |
| **Système** | OCS (Système de Chargement en Ligne) | CGF/CDF (Fonction de Données de Chargement) |
| **Risque** | Pas de perte de revenus | Risque de factures impayées |
| **Complexité** | Élevée (exigences en temps réel) | Inférieure (traitement par lots) |
| **Impact sur l'utilisateur** | Service refusé si pas de crédit | Service toujours disponible |

**Voir aussi :** Format CDR de Données pour les enregistrements de chargement hors ligne (facturation postpayée)

**Voir aussi :** Gestion des Sessions pour le cycle de vie complet de la session PDN, y compris l'intégration de chargement

## Gy dans l'Architecture Réseau



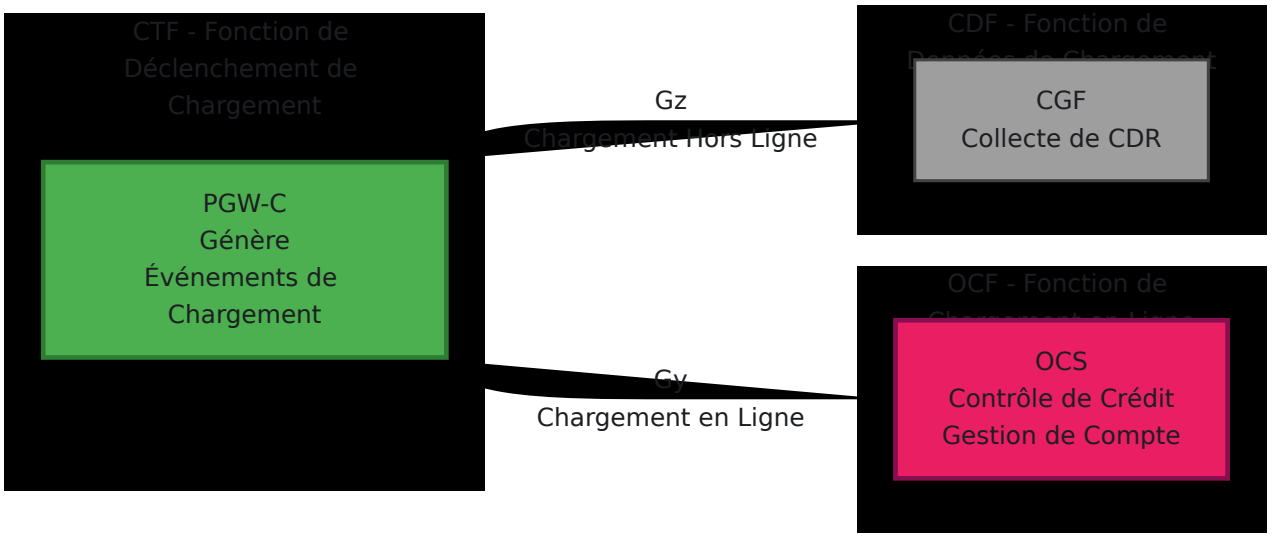
## Fonctions Clés

| Fonction | Description |
| --- | --- |
| **Autorisation de Crédit** | Demander un quota à l'OCS avant de permettre le trafic |
| **Gestion de Quota** | Suivre les unités accordées (octets, temps, événements) |
| **Détection de Déplétion de Crédit** | Surveiller le quota restant |
| **Ré-autorisation** | Demander un quota supplémentaire lorsque le seuil est atteint |
| **Résiliation de Service** | Arrêter le service lorsque le crédit est épuisé |
| **Règlement Final** | Rapporter l'utilisation réelle à la fin de la session |

---

# Architecture de Chargement 3GPP

## Points de Référence de Chargement




## Fonction de Déclenchement de Chargement (CTF)

Le PGW-C agit comme un **CTF (Fonction de Déclenchement de Chargement)**, responsable de :

1. **Détecter les événements facturables** - Début de session, utilisation de données, fin de session
2. **Demander l'autorisation de crédit** - Avant de permettre le service
3. **Suivre la consommation de quota** - Surveiller les unités accordées
4. **Générer des événements de chargement** - Déclencher des demandes de crédit
5. **Appliquer le contrôle de crédit** - Bloquer le trafic lorsque le quota est épuisé

## Fonction de Chargement en Ligne (OCF)

L'OCS implémente la **OCF (Fonction de Chargement en Ligne)** :

1. **Gestion du solde de compte** - Suivre le crédit de l'abonné

2. **Tarification** - Déterminer le prix par unité (par Mo, par seconde, etc.)
3. **Réservation de Crédit** - Réserver du crédit pour le quota accordé
4. **Déduction de Crédit** - Déduire lors du rapport d'utilisation
5. **Décisions de Politique** - Accorder ou refuser en fonction du solde

---

# Principes de l'Interface Gy/Ro

## Référence 3GPP

- **Spécification :** 3GPP TS 32.299 (Architecture de chargement)
- **Protocole :** 3GPP TS 32.251 (Chargement du domaine PS)
- **ID d'Application Diamètre :** 4 (Gy/Ro - Application de Contrôle de Crédit)
- **Protocole de Base :** RFC 4006 (Application de Contrôle de Crédit Diamètre)

## Concept de Session

Chaque connexion PDN UE nécessitant un chargement en ligne a une **session Gy/Ro** identifiée par un **Session-ID**. Cette session :

- Créée lorsque le support nécessite un chargement en ligne (CCR-Initial)
- Mise à jour lorsque le quota est consommé (CCR-Update)
- Terminée lorsque la session se termine (CCR-Termination)

## Format de l'ID de Session

```
Session-ID: <Origin-Host>;<high32>;<low32>[;<optional>]
Exemple: omni-
pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org;9876543210;12345;gy
```

Composants :

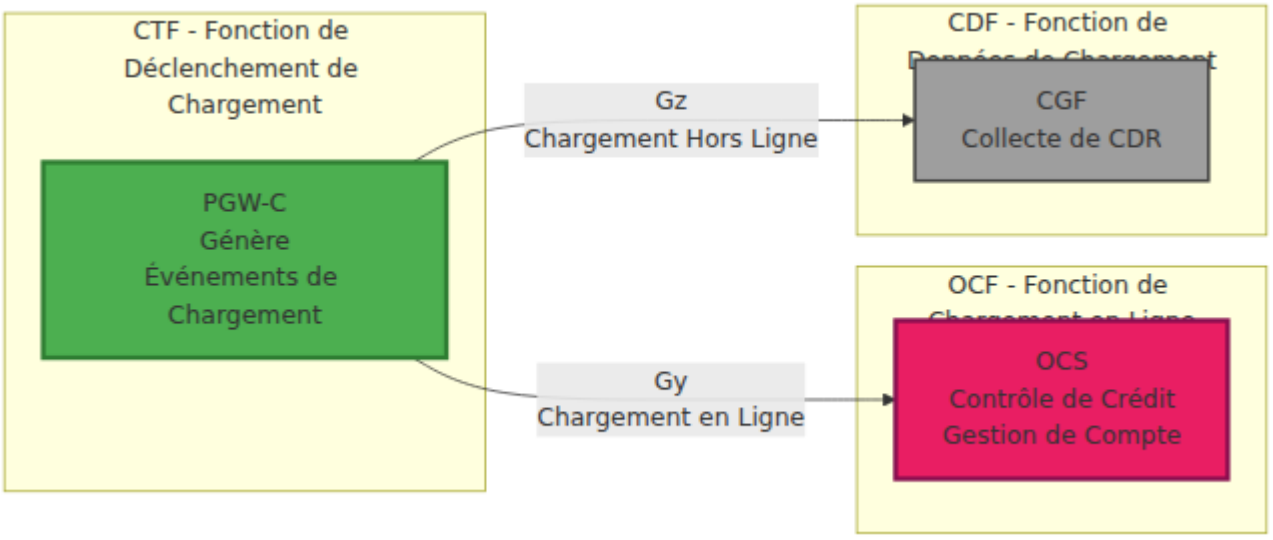
- **Origin-Host :** Identité Diamètre du PGW-C

- **high32 :** 32 bits supérieurs de l'identifiant unique
- **low32 :** 32 bits inférieurs de l'identifiant unique
- **optional :** Identifiant supplémentaire (par exemple, "gy" pour distinguer de Gx)

---

# Messages de Contrôle de Crédit

## Types de Messages




## CCR-Initial (Demande de Contrôle de Cr��dit - Initial)

**Quand :** L'UE crée une connexion PDN et le support nécessite un chargement en ligne

**But :**

- Demander l'autorisation de crédit initiale à l'OCS
- Réserver un quota pour la livraison du service
- Établir une session Gy/Ro

**AVPs Clés Envoyés par PGW-C :**

| Nom de l'AVP | Code de l'AVP | Type | Description |
|---|---|---|---|
| Session-Id | 263 | UTF8String | Identifiant unique de session Gy |
| Auth-Application-Id | 258 | Unsigned32 | 4 (Contrôle de Crédit) |
| Origin-Host | 264 | DiamIdent | Identité Diamètre du PGW-C |
| Origin-Realm | 296 | DiamIdent | Domaine Diamètre du PGW-C |
| Destination-Realm | 283 | DiamIdent | Domaine de l'OCS |
| CC-Request-Type | 416 | Enumerated | 1 = INITIAL_REQUEST |
| CC-Request-Number | 415 | Unsigned32 | Numéro de séquence (commence à 0) |
| Subscription-Id | 443 | Grouped | Identifiant de l'UE (IMSI/MSISDN) |
| Service-Context-Id | 461 | UTF8String | Identifiant de contexte de chargement |
| Multiple-Services-Credit-Control | 456 | Grouped | Demandes de crédit spécifiques au service |
| Requested-Service-Unit | 437 | Grouped | Quota demandé (octets, temps, etc.) |
| Used-Service-Unit | 446 | Grouped | Quota utilisé (0 pour initial) |

| Nom de l'AVP | Code de l'AVP | Type | Description |
|---|---|---|---|
| Service-Identifier | 439 | Unsigned32 | Identifiant de type de service |
| Rating-Group | 432 | Unsigned32 | Identifiant de catégorie de chargement |

**Exemple de Structure CCR-I :**

```
CCR (Code de Commande : 272, Demande)
├── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
├── Auth-Application-Id: 4
├── Origin-Host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── CC-Request-Type: INITIAL_REQUEST (1)
├── CC-Request-Number: 0
├── Subscription-Id (Grouped)
│   ├── Subscription-Id-Type: END_USER_IMSI (1)
│   └── Subscription-Id-Data: "310260123456789"
├── Subscription-Id (Grouped)
│   ├── Subscription-Id-Type: END_USER_E164 (0)
│   └── Subscription-Id-Data: "15551234567"
├── Service-Context-Id: "32251@3gpp.org"
├── Multiple-Services-Credit-Control (Grouped)
│   ├── Service-Identifier: 1
│   ├── Rating-Group: 100
│   └── Requested-Service-Unit (Grouped)
│       └── CC-Total-Octets: 10000000 (demande 10 Mo)
└── Used-Service-Unit (Grouped)
    └── CC-Total-Octets: 0 (aucune utilisation pour l'instant)
```

# CCA-Initial (Réponse de Contrôle de Crédit - Initial)

**Envoyé par :** OCS en réponse à CCR-I

**But :**

- Accorder ou refuser l'autorisation de crédit
- Fournir un quota pour la livraison du service
- Spécifier les paramètres de tarification et de chargement

**AVPs Clés Reçus par PGW-C :**

| Nom de l'AVP | Code de l'AVP | Description |
|---|---|---|
| Result-Code | 268 | Succès (2001) ou code d'erreur |
| Multiple-Services-Credit-Control | 456 | Octrois de crédit spécifiques au service |
| Granted-Service-Unit | 431 | Quota accordé (octets, temps, etc.) |
| Validity-Time | 448 | Période de validité du quota (secondes) |
| Result-Code | 268 | Code de résultat par service |
| Final-Unit-Indication | 430 | Action lorsque le quota est épuisé |
| Volume-Quota-Threshold | - | Seuil pour ré-autorisation |

**Exemple de Réponse de Succès :**

```
CCA (Code de Commande : 272, Réponse)
├── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
├── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
├── Origin-Host: "ocs.example.com"
├── Origin-Realm: "example.com"
├── Auth-Application-Id: 4
├── CC-Request-Type: INITIAL_REQUEST (1)
├── CC-Request-Number: 0
└── Multiple-Services-Credit-Control (Grouped)
    ├── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
    ├── Service-Identifier: 1
    ├── Rating-Group: 100
    ├── Granted-Service-Unit (Grouped)
    │   └── CC-Total-Octets: 10000000 (accordé 10 Mo)
    ├── Validity-Time: 3600 (quota valide pour 1 heure)
    └── Volume-Quota-Threshold: 8000000 (ré-auth à 8 Mo utilisés,
80%)
```

# CCR-Update (Demande de Contrôle de Crédit - Mise à Jour)

**Quand :**

- Seuil de quota accordé atteint (par exemple, 80 % consommé)
- Temps de validité expiré
- Changement de service nécessitant une ré-autorisation
- Changement de tarif horaire

**But :**

- Demander un quota supplémentaire
- Rapporter l'utilisation du quota précédemment accordé
- Mettre à jour les paramètres de chargement

**Différences Clés par Rapport à CCR-I :**

- `CC-Request-Type: UPDATE_REQUEST (2)`
- `CC-Request-Number` incrémenté

- `Used-Service-Unit` contient l'utilisation réelle
- `Requested-Service-Unit` pour plus de quota

**Exemple de Structure CCR-U :**

```
CCR (Code de Commande : 272, Demande)
├── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
├── Auth-Application-Id: 4
├── Origin-Host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── CC-Request-Type: UPDATE_REQUEST (2)
├── CC-Request-Number: 1
└── Multiple-Services-Credit-Control (Grouped)
    ├── Service-Identifier: 1
    ├── Rating-Group: 100
    ├── Used-Service-Unit (Grouped)
    │   └── CC-Total-Octets: 8000000 (8 Mo utilisés jusqu'à
présent)
    └── Requested-Service-Unit (Grouped)
        └── CC-Total-Octets: 10000000 (demande encore 10 Mo)
```

# CCA-Update (Réponse de Contrôle de Crédit - Mise à Jour)

**Envoyé par :** OCS en réponse à CCR-U

**But :**

- Accorder un quota supplémentaire (si crédit disponible)
- Accuser réception de l'utilisation
- Mettre à jour les paramètres de chargement

**Résultats Possibles :**

**1. Plus de Quota Accordé :**

```
CCA (Mise à Jour)
└── Multiple-Services-Credit-Control
    ├── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
    ├── Granted-Service-Unit
    │   └── CC-Total-Octets: 10000000 (encore 10 Mo)
    └── Validity-Time: 3600
```

**2. Quota Final (Crédit Épuisé) :**

```
CCA (Mise à Jour)
└── Multiple-Services-Credit-Control
    ├── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
    ├── Granted-Service-Unit
    │   └── CC-Total-Octets: 1000000 (il ne reste que 1 Mo)
    └── Final-Unit-Indication
        └── Final-Unit-Action: TERMINATE (0)
```

**3. Pas de Crédit Disponible :**

```
CCA (Mise à Jour)
├── Result-Code: DIAMETER_CREDIT_LIMIT_REACHED (4012)
└── Multiple-Services-Credit-Control
    ├── Result-Code: DIAMETER_CREDIT_LIMIT_REACHED (4012)
    └── Final-Unit-Indication
        └── Final-Unit-Action: TERMINATE (0)
```

# CCR-Termination (Demande de Contrôle de Crédit - Résiliation)

**Quand :**

- L'UE se détache
- Connexion PDN supprimée
- Session résiliée pour une raison quelconque

**But :**

- Rapport final d'utilisation
- Fermer la session Gy/Ro
- Règlement final

**Différences Clés :**

- `CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)`
- `Used-Service-Unit` contient l'utilisation finale
- Pas de `Requested-Service-Unit` (plus de quota nécessaire)
- Inclut `Termination-Cause`

**Exemple de Structure CCR-T :**

```
CCR (Code de Commande : 272, Demande)
├── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
├── Auth-Application-Id: 4
├── Origin-Host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)
├── CC-Request-Number: 5
├── Termination-Cause: DIAMETER_LOGOUT (1)
└── Multiple-Services-Credit-Control (Grouped)
    ├── Service-Identifier: 1
    ├── Rating-Group: 100
    └── Used-Service-Unit (Grouped)
        └── CC-Total-Octets: 18500000 (18,5 Mo d'utilisation
totale)
```

# CCA-Termination (Réponse de Contrôle de Crédit - Résiliation)

**Envoyé par :** OCS en réponse à CCR-T

**But :**

- Accuser réception de la résiliation de session
- Compléter la comptabilité

- Libérer le crédit réservé

**Exemple CCA-T :**

```
CCA (Code de Commande : 272, Réponse)
├── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
├── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
├── Origin-Host: "ocs.example.com"
├── Origin-Realm: "example.com"
├── Auth-Application-Id: 4
├── CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)
└── CC-Request-Number: 5
```

---

# Flux de Chargement en Ligne

## Types d'Unités de Service

L'OCS peut accorder un quota dans différentes unités :

| Type d'Unité | AVP | Description | Cas d'utilisation |
|---|---|---|---|
| **Temps** | CC-Time | Secondes | Appels vocaux, durée de session |
| **Volume** | CC-Total-Octets | Octets (total montant + montant) | Services de données |
| **Volume (séparé)** | CC-Input-Octets, CC-Output-Octets | Octets (séparés) | Chargement asymétrique |
| **Spécifique au Service** | CC-Service-Specific-Units | Unités personnalisées | SMS, MMS, appels API |
| **Événements** | - | Événements comptés | Services payants |

## Gestion du Seuil de Quota

**Problème :** Comment le PGW-C sait-il quand demander plus de quota ?

**Solution :** L'OCS fournit un **Volume-Quota-Threshold** ou **Time-Quota-Threshold**. Le PGW-C surveille l'utilisation via des Rapports de Session PFCP du PGW-U (voir Interface PFCP).

**Exemple de Flux :**

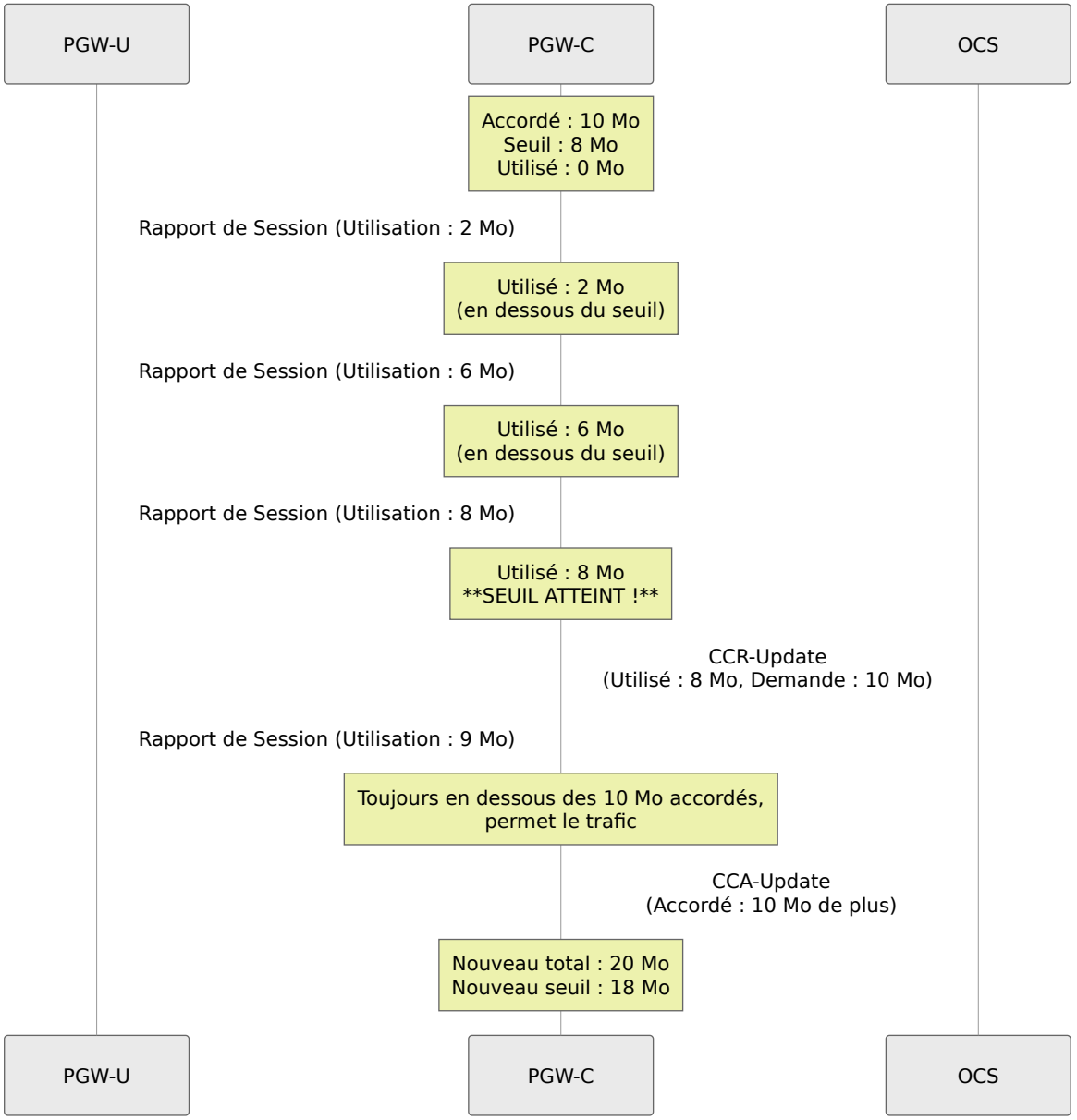
```
1. L'OCS accorde un quota de 10 Mo avec un seuil de 80 % (8 Mo)
2. Le PGW-C surveille l'utilisation via les rapports d'utilisation
du PGW-U (Rapports de Session PFCP)
3. Lorsque l'utilisation atteint 8 Mo :
   → Le PGW-C envoie un CCR-Update
   → Continue à permettre le trafic (n'attend pas de réponse)
4. L'OCS répond avec plus de quota
5. Si le quota est épuisé avant l'envoi de CCR-Update :
   → Le PGW-C doit bloquer le trafic
```

**Calcul du Seuil :**

```
Granted-Service-Unit: 10000000 octets (10 Mo)
Volume-Quota-Threshold: 8000000 octets (8 Mo)

Lorsque 8 Mo consommés → Déclencher CCR-Update
Tampon restant : 2 Mo (permet du temps pour la réponse de l'OCS)
```

**Surveillance PGW-C :**

Le PGW-C surveille l'utilisation via des **Rapports de Session PFCP** du PGW-U :




# Indication de Dernière Unité

### Que se passe-t-il lorsque le crédit est épuisé ?

L'OCS inclut l'AVP **Final-Unit-Indication** dans CCA pour spécifier l'action :

| Final-Unit-Action | Valeur | Comportement du PGW-C |
|---|---|---|
| **TERMINATE** | 0 | Bloquer tout le trafic, initier la résiliation de session |
| **REDIRECT** | 1 | Rediriger le trafic vers un portail (par exemple, page de rechargement) |
| **RESTRICT_ACCESS** | 2 | Autoriser l'accès uniquement à des services spécifiques (par exemple, serveur de rechargement) |

**Exemple : Dernière Unité avec Redirection**

```
CCA (Mise à Jour)
└── Multiple-Services-Credit-Control
    ├── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
    ├── Granted-Service-Unit
    │   └── CC-Total-Octets: 1000000 (dernière 1 Mo)
    └── Final-Unit-Indication
        ├── Final-Unit-Action: REDIRECT (1)
        └── Redirect-Server (Grouped)
            ├── Redirect-Address-Type: URL (2)
            └── Redirect-Server-Address:
"http://topup.example.com"
```

**Actions du PGW-C :**

1. **TERMINATE :** Envoyer CCR-T, supprimer le support
2. **REDIRECT :** Installer une règle PFCP pour rediriger HTTP vers l'URL de rechargement
3. **RESTRICT_ACCESS :** Installer des règles PFCP permettant uniquement les IP sur liste blanche

---

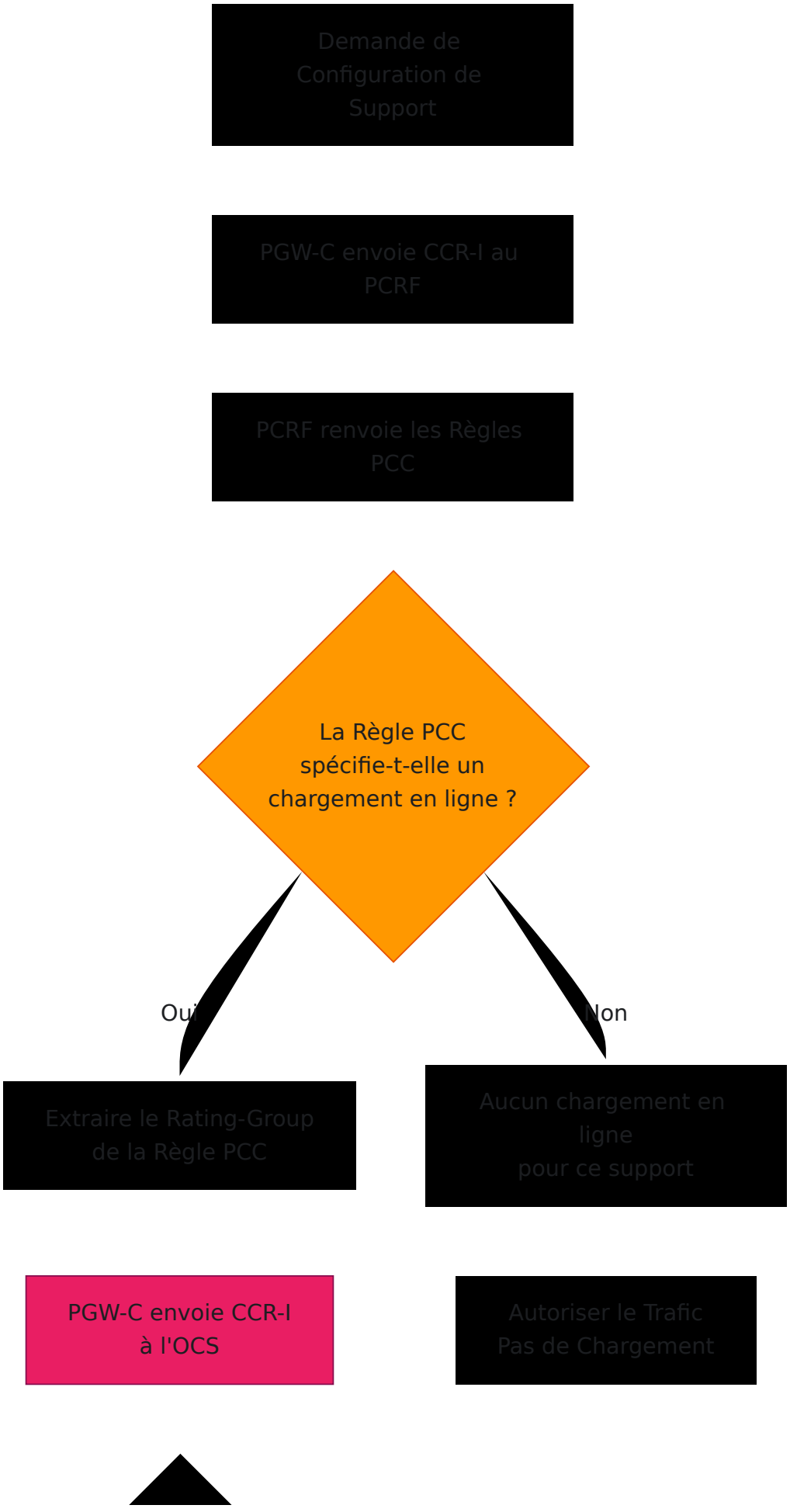
# Contrôle de Chargement de Support

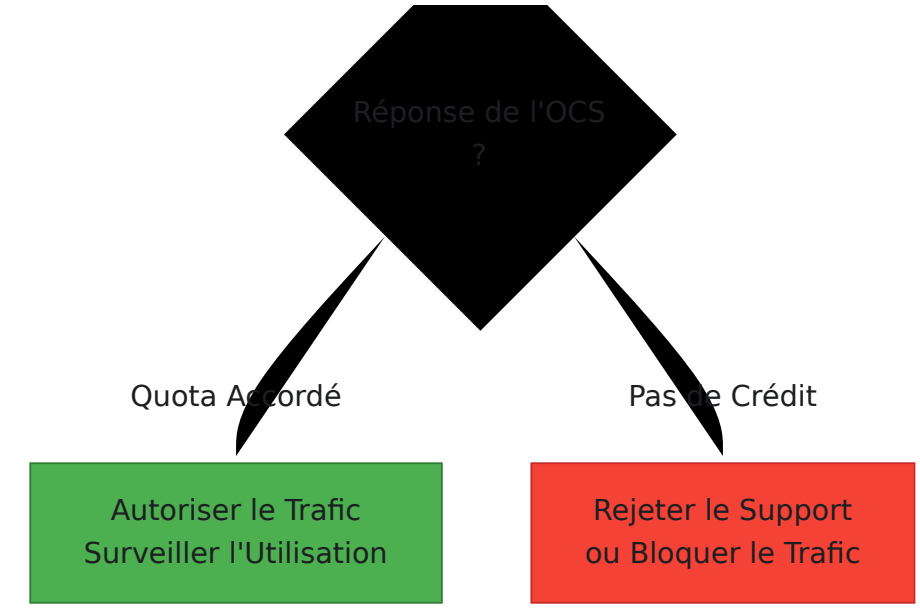
## Qu'est-ce qui Contrôle si un Support est Chargé ?

**Spécification 3GPP :** TS 23.203, TS 29.212, TS 32.251

Le chargement de support est contrôlé par des **Règles PCC** fournies par le PCRF via l'interface Gx. Voir Interface Diamètre Gx pour la documentation complète des règles PCC.

**Flux de Décision de Chargement :**


Demande de Configuration de Support
PGW-C envoie CCR-I au PCRF
PCRF renvoie les Règles PCC
La Règle PCC spécifie-t-elle un chargement en ligne ?
Oui
Non
Extraire le Rating-Group de la Règle PCC
Aucun chargement en ligne pour ce support
PGW-C envoie CCR-I à l'OCS
Autoriser le Trafic Pas de Chargement





# Règle PCC avec Informations de Chargement

### Réponse PCRF (CCA-I sur Gx) :

```
CCA (Interface Gx)
└── Charging-Rule-Definition (Grouped)
    ├── Charging-Rule-Name: "prepaid_data_rule"
    ├── Rating-Group: 100
    ├── Online: 1 (activer le chargement en ligne)
    ├── Offline: 0 (désactiver le chargement hors ligne)
    ├── Metering-Method: VOLUME (1)
    ├── Precedence: 100
    ├── Flow-Information: [...]
    └── QoS-Information: [...]
```

### AVPs de Chargement Clés dans les Règles PCC :

| Nom de l'AVP | Code de l'AVP | Valeurs | Description |
|---|---|---|---|
| **Rating-Group** | 432 | Unsigned32 | Catégorie de chargement (correspond à un tarif dans l'OCS) |
| **Online** | 1009 | 0=Désactiver, 1=Activer | Activer le chargement en ligne (Gy) |
| **Offline** | 1008 | 0=Désactiver, 1=Activer | Activer le chargement hors ligne (Gz) |
| **Metering-Method** | 1007 | 0=Durée, 1=Volume, 2=Les deux | Ce qu'il faut mesurer |
| **Reporting-Level** | 1011 | 0=Service, 1=Groupe de Tarification | Granularité des rapports d'utilisation |

# Matrice de Décision de Chargement de Support

| En Ligne | Hors Ligne | Rating-Group | Comportement |
|---|---|---|---|
| 1 | 0 | Présent | Chargement en ligne uniquement (prépayé) |
| 0 | 1 | Présent | Chargement hors ligne uniquement (postpayé) |
| 1 | 1 | Présent | Chargement en ligne et hors ligne (convergent) |
| 0 | 0 | - | Aucun chargement (service gratuit) |

# Groupes de Tarification Multiples

Une seule connexion PDN peut avoir **plusieurs supports avec différents groupes de tarification** :

**Scénario Exemple :**

```
Support par Défaut (Internet)
├── Rating-Group: 100 (Données Standard)
└── Online: 1

Support Dédié 1 (Streaming Vidéo)
├── Rating-Group: 200 (Service Vidéo)
└── Online: 1

Support Dédié 2 (Voix IMS)
├── Rating-Group: 300 (Voix)
└── Online: 1
```

**Comportement Gy du PGW-C :**

- **Un seul CCR-I** avec plusieurs sections MSCC (Contrôle de Crédit pour Services Multiples) :

```
CCR-Initial
├── Session-Id: "..."
└── Multiple-Services-Credit-Control
    ├── [Rating-Group: 100] → Données Standard
    ├── [Rating-Group: 200] → Service Vidéo
    └── [Rating-Group: 300] → Voix
```

**Réponse de l'OCS :**

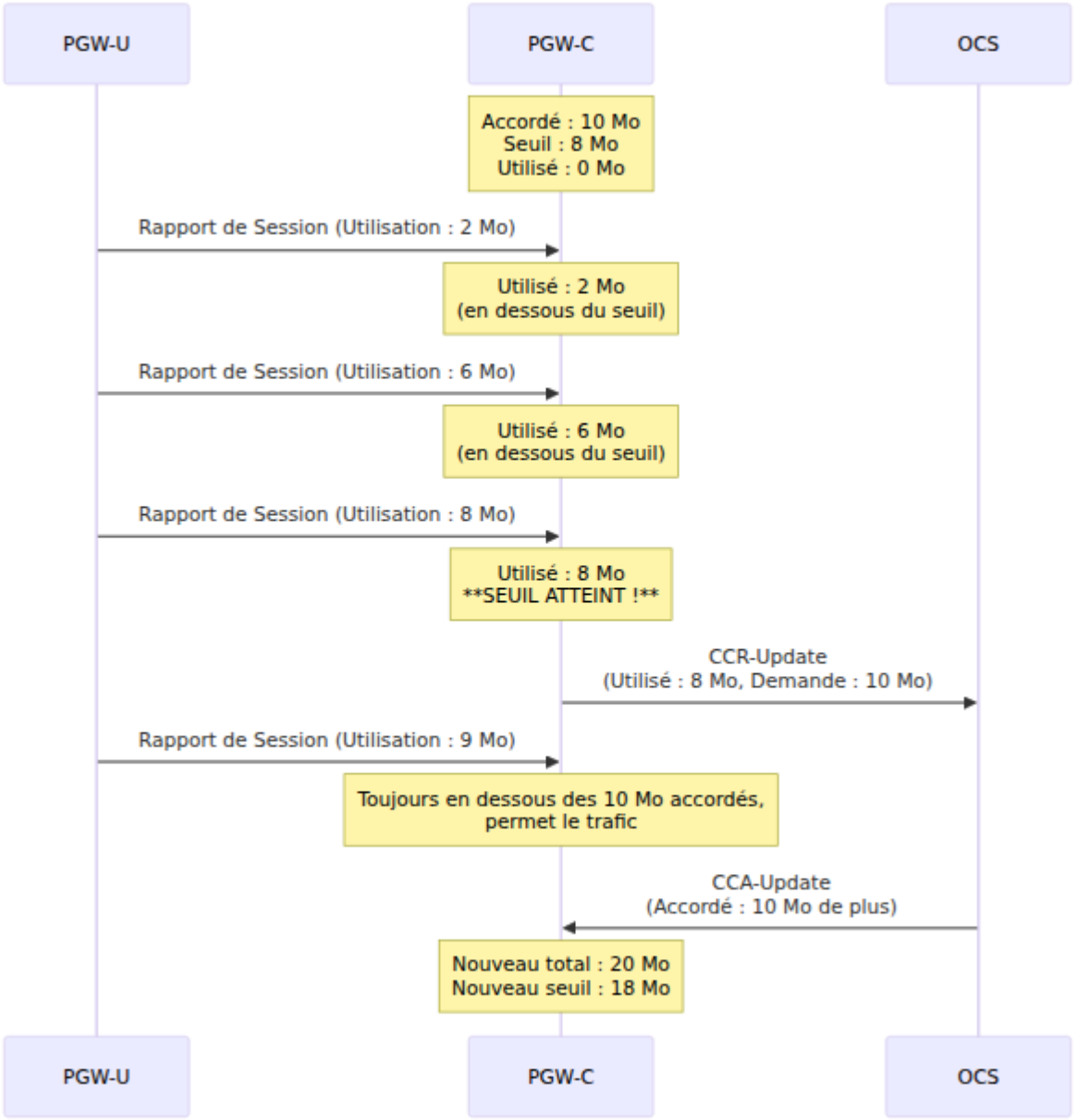
```
CCA-Initial
└── Multiple-Services-Credit-Control
    ├── [Rating-Group: 100] → Accordé : 10 Mo
    ├── [Rating-Group: 200] → Accordé : 5 Mo (vidéo plus cher)
    └── [Rating-Group: 300] → Accordé : 60 secondes
```

# Application de Chargement par Service

**Le PGW-C suit le quota par Groupe de Tarification :**

```
# Pseudocode
state.charging_quotas = %{
  100 => %{granted: 10_000_000, used: 0, threshold: 8_000_000},
  200 => %{granted: 5_000_000, used: 0, threshold: 4_000_000},
  300 => %{granted: 60_000, used: 0, threshold: 48_000}  #
millisecondes
}
```

**Surveillance de l'Utilisation par Support :**




---

# Contrôle de Crédit pour Services Multiples

## AVP MSCC (Contrôle de Crédit pour Services Multiples)

**But :** Regrouper les informations de chargement pour un service/groupe de tarification spécifique

**Structure :**

```
Multiple-Services-Credit-Control (Grouped, AVP 456)
├── Service-Identifier (Unsigned32, AVP 439)
├── Rating-Group (Unsigned32, AVP 432)
├── Requested-Service-Unit (Grouped, AVP 437)
│   ├── CC-Time (Unsigned32, AVP 420)
│   ├── CC-Total-Octets (Unsigned64, AVP 421)
│   ├── CC-Input-Octets (Unsigned64, AVP 412)
│   └── CC-Output-Octets (Unsigned64, AVP 414)
├── Used-Service-Unit (Grouped, AVP 446)
│   └── [Même structure que Requested-Service-Unit]
├── Granted-Service-Unit (Grouped, AVP 431)
│   └── [Même structure que Requested-Service-Unit]
├── Validity-Time (Unsigned32, AVP 448)
├── Result-Code (Unsigned32, AVP 268)
└── Final-Unit-Indication (Grouped, AVP 430)
    └── Final-Unit-Action (Enumerated, AVP 449)
```

## Service-Identifier vs. Rating-Group

| Attribut | Service-Identifier | Rating-Group |
|---|---|---|
| **But** | Identifie le type de service | Identifie la catégorie de chargement |
| **Exemple** | 1=Données, 2=Voix, 3=SMS | 100=Régulier, 200=Premium |
| **Granularité** | Classification large | Tarif spécifique |
| **Requis** | Optionnel | Requis pour le chargement |
| **Mapping** | Peut mapper à plusieurs RGs | Tarif unique dans l'OCS |

**Exemple :**

```
Service-Identifier: 1 (Service de Données)
├── Rating-Group: 100 (Données Standard - 0,01 $/Mo)
└── Rating-Group: 200 (Données Premium - 0,05 $/Mo)

Service-Identifier: 2 (Voix)
└── Rating-Group: 300 (Appels Vocaux - 0,10 $/min)
```

---

# Configuration

## Configuration de Base de Gy

Modifier `config/runtime.exs` :

```
config :pgw_c,
  online_charging: %{
    # Activer ou désactiver le chargement en ligne globalement
    enabled: true,

    # Délai de connexion OCS (millisecondes)
    timeout_ms: 5000,

    # Quota par défaut demandé (octets) si non spécifié par le
PCRF
    default_requested_quota: 10_000_000,  # 10 Mo

    # Pourcentage de seuil pour ré-autorisation
    # (0.8 = déclencher CCR-Update à 80 % de quota consommé)
    quota_threshold_percentage: 0.8,

    # Action lorsque le délai d'attente OCS se produit
    # Options : :block, :allow
    timeout_action: :block,

    # Action lorsque l'OCS ne retourne pas de crédit
    # Options : :terminate, :redirect
    no_credit_action: :terminate,

    # URL de redirection pour le rechargement (utilisée si
no_credit_action: :redirect)
    topup_redirect_url: "http://topup.example.com"
  },
  diameter: %{
    listen_ip: "0.0.0.0",
    host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

    # Configuration du pair OCS
    peer_list: [
      # PCRF pour le contrôle de politique (Gx)
      %{
        host: "pcrf.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        ip: "10.0.0.30",
        initiate_connection: true
      },
      # OCS pour le chargement en ligne (Gy)
```

```
      %{
        host: "ocs.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        ip: "10.0.0.40",
        initiate_connection: true
      }
    ]
  }
```

# Paramètres de Configuration Expliqués

**`enabled`**

- `true` : Chargement en ligne actif, messages CCR envoyés à l'OCS
- `false` : Chargement en ligne désactivé, aucun message Gy

**`timeout_ms`**

- Temps d'attente pour la réponse CCA de l'OCS
- Recommandé : 3000-5000 ms

**`default_requested_quota`**

- Quota par défaut à demander si le PCRF ne spécifie pas
- Valeurs typiques : 1-100 Mo

**`quota_threshold_percentage`**

- Déclencher CCR-Update lorsque ce % de quota est consommé
- Recommandé : 0.75-0.85 (75%-85%)
- Plus élevé = moins de messages, mais risque d'épuisement du quota
- Plus bas = plus de messages, mais plus sûr

**`timeout_action`**

- **`:block`** - Bloquer le trafic si l'OCS ne répond pas (plus sûr, empêche la perte de revenus)
- **`:allow`** - Autoriser le trafic si l'OCS ne répond pas (meilleure UX, risque de revenus)

`no_credit_action`

- `:terminate` - Supprimer le support lorsque le crédit est épuisé
- `:redirect` - Rediriger vers le portail de rechargement

# Configuration Spécifique à l'Environnement

**Production (abonnés prépayés) :**

```
config :pgw_c,
  online_charging: %{
    enabled: true,
    timeout_action: :block,
    no_credit_action: :terminate,
    quota_threshold_percentage: 0.8
  }
```

**Test/Développement :**

```
config :pgw_c,
  online_charging: %{
    enabled: false  # Désactiver pour les tests
  }
```

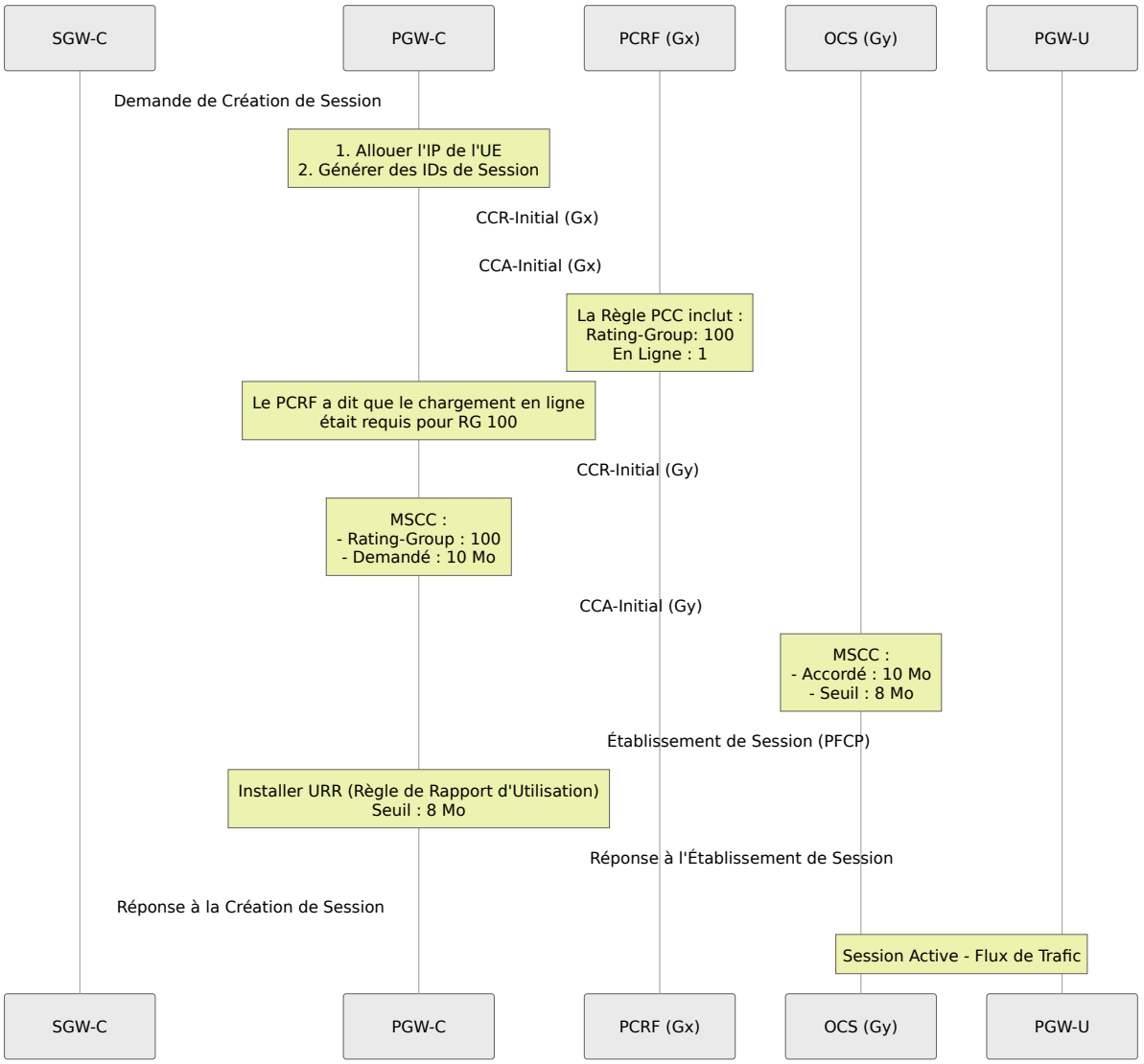
**Hybride (certains prépayés, certains postpayés) :**

```
config :pgw_c,
  online_charging: %{
    enabled: true,  # Contrôlé par abonné par le PCRF
    timeout_action: :allow,  # Ne pas bloquer les postpayés en cas
d'échec de l'OCS
    no_credit_action: :terminate
  }
```

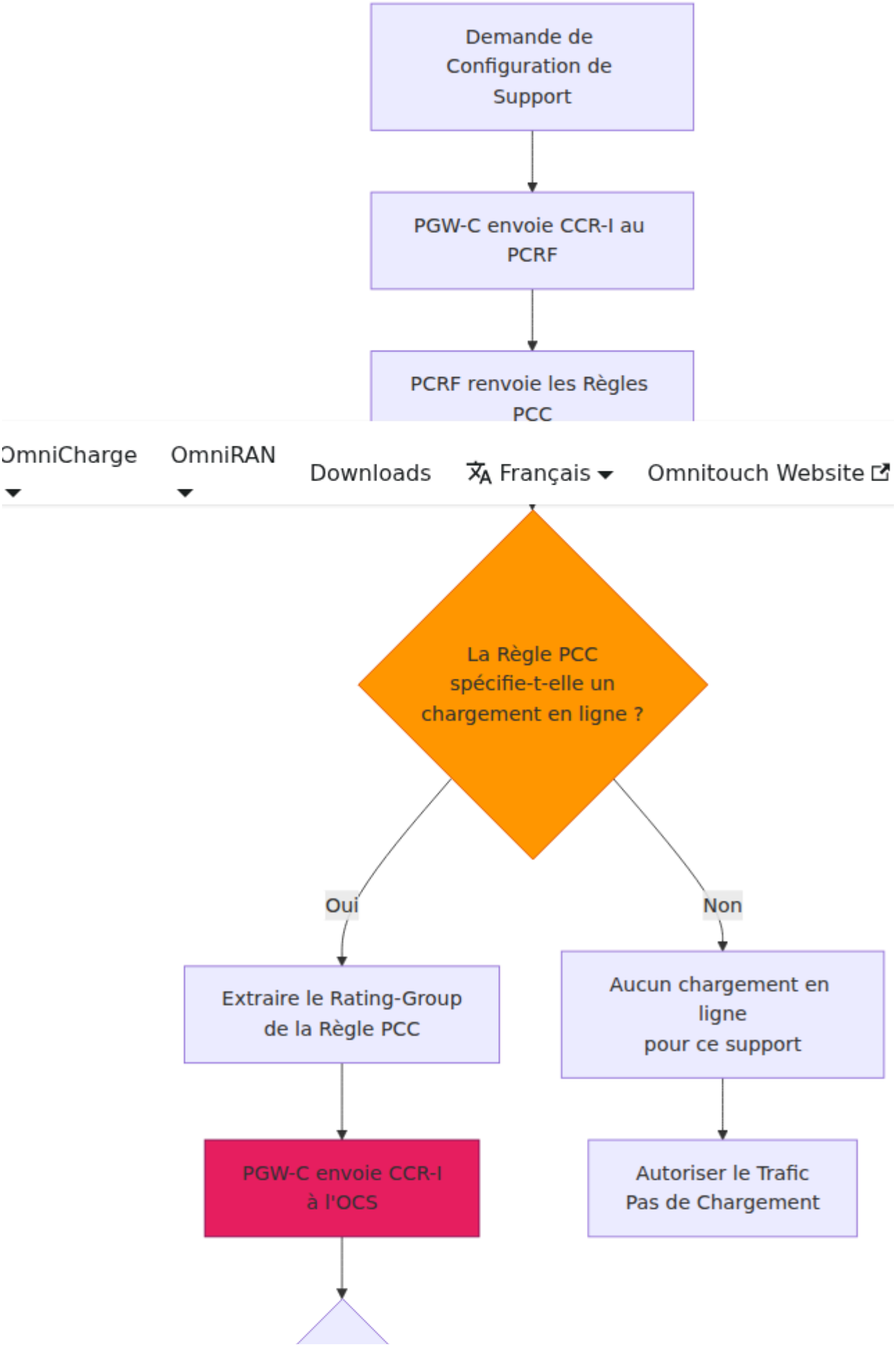
---

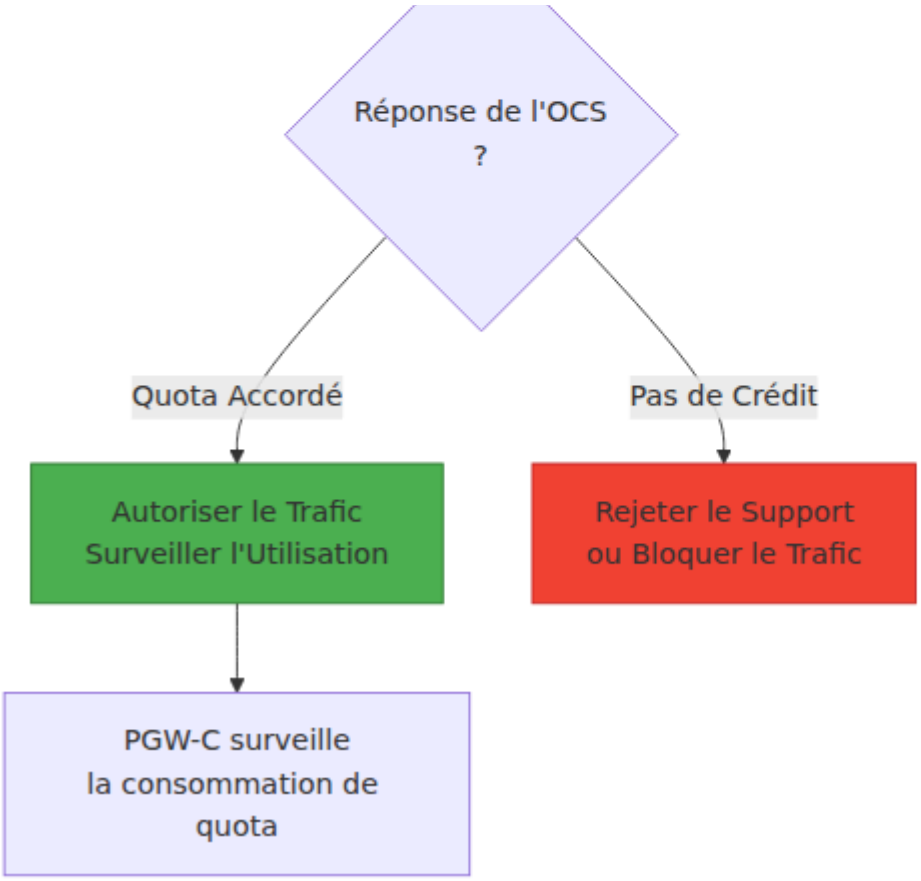
# Flux de Messages

## Session Réussie avec Chargement en Ligne

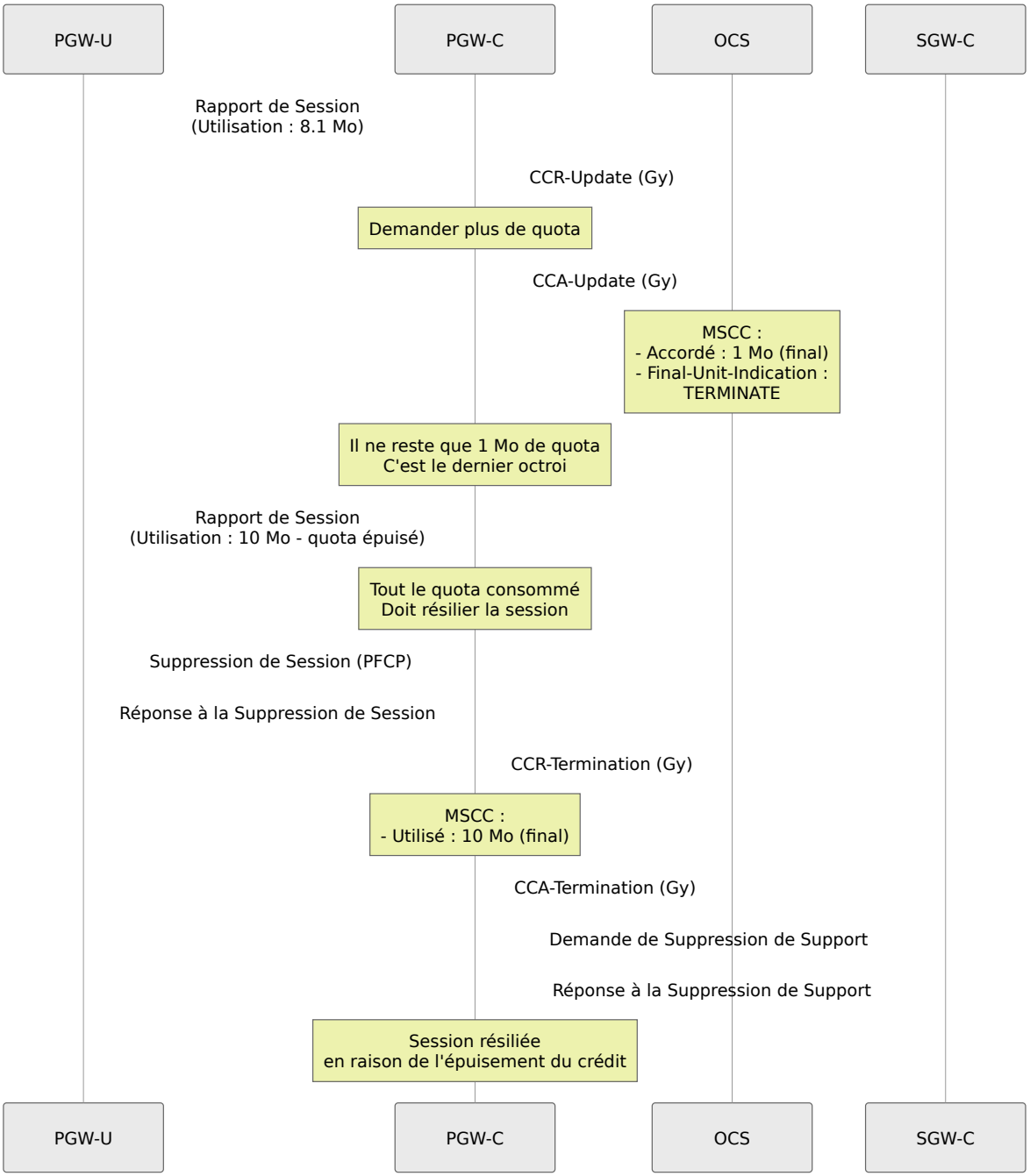


# Ré-autorisation de Quota (CCR-Update)

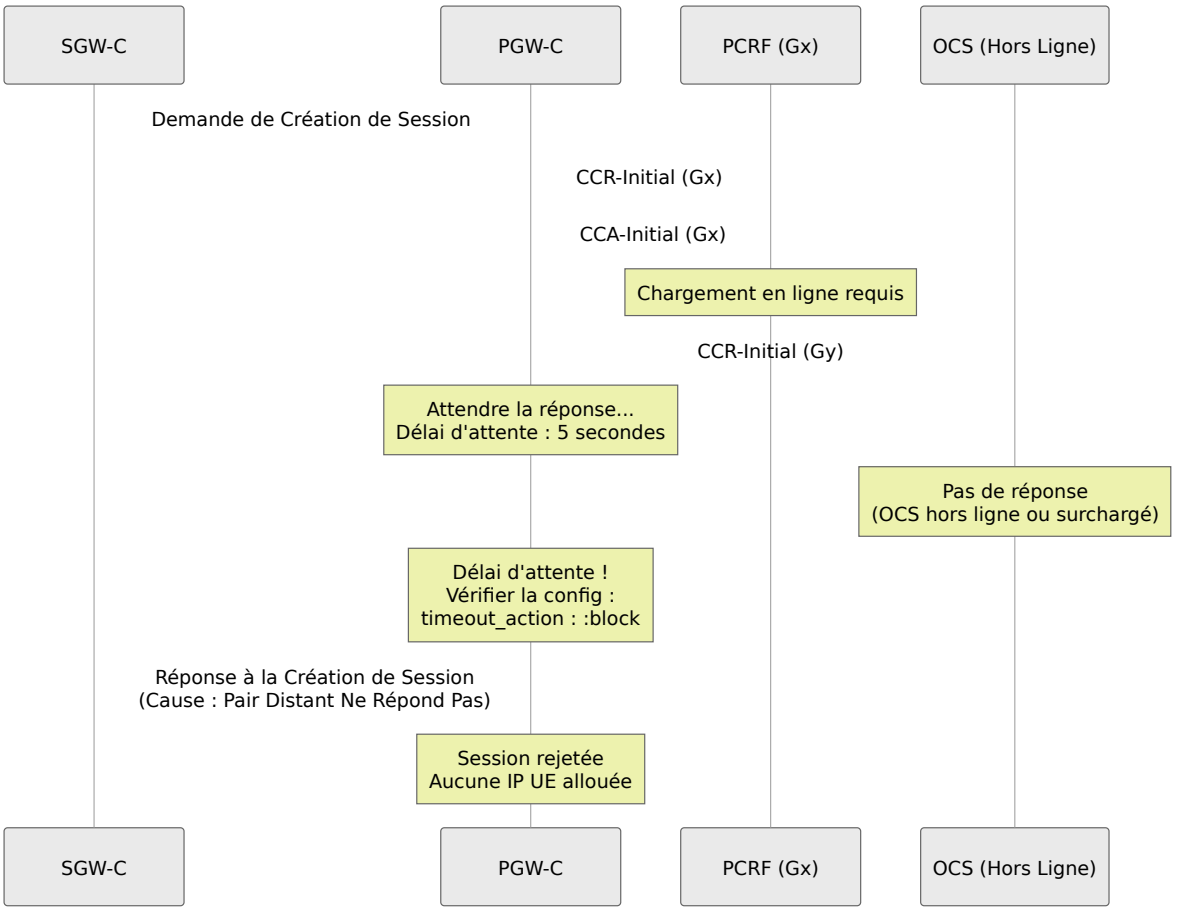

Demande de Configuration de Support
PGW-C envoie CCR-I au PCRF
PCRF renvoie les Règles PCC
OmniCharge
OmniRAN
Downloads
Français
Omnitouch Website
La Règle PCC spécifie-t-elle un chargement en ligne ?
Oui
Non
Extraire le Rating-Group de la Règle PCC
Aucun chargement en ligne pour ce support
PGW-C envoie CCR-I à l'OCS
Autoriser le Trafic Pas de Chargement




## Épuisement de Crédit (Dernière Unité)


PGW-U
PGW-C
OCS
SGW-C
Rapport de Session
(Utilisation : 8.1 Mo)
CCR-Update (Gy)
Demander plus de quota
CCA-Update (Gy)
MSCC :
- Accordé : 1 Mo (final)
- Final-Unit-Indication :
TERMINATE
Il ne reste que 1 Mo de quota
C'est le dernier octroi
Rapport de Session
(Utilisation : 10 Mo - quota épuisé)
Tout le quota consommé
Doit résilier la session
Suppression de Session (PFCP)
Réponse à la Suppression de Session
CCR-Termination (Gy)
MSCC :
- Utilisé : 10 Mo (final)
CCA-Termination (Gy)
Demande de Suppression de Support
Réponse à la Suppression de Support
Session résiliée
en raison de l'épuisement du crédit
PGW-U
PGW-C
OCS
SGW-C

# Gestion des Délai d'Attente de l'OCS




---

# Gestion des Erreurs

## Codes de Résultat

### Codes de Succès :

| Code | Nom | Action |
|---|---|---|
| 2001 | DIAMETER_SUCCESS | Continuer avec le quota accordé |

### Échecs Transitoires (4xxx) :

| Code | Nom | Action PGW-C |
|---|---|---|
| 4010 | DIAMETER_TOO_BUSY | Réessayer avec un délai |
| 4011 | DIAMETER_UNABLE_TO_COMPLY | Journaliser l'erreur, peut réessayer |
| 4012 | DIAMETER_CREDIT_LIMIT_REACHED | Résilier ou rediriger |

**Échecs Permanents (5xxx) :**

| Code | Nom | Action PGW-C |
|---|---|---|
| 5003 | DIAMETER_AUTHORIZATION_REJECTED | Rejeter la session |
| 5031 | DIAMETER_USER_UNKNOWN | Rejeter la session (abonné invalide) |

## Codes de Résultat par Service

**Important :** Le Result-Code peut apparaître à **deux niveaux** :

1. **Niveau de message** - Résultat global
2. **Niveau MSCC** - Résultat par service

**Exemple :**

```
CCA-Initial
├── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)  ← Niveau de message : OK
└── Multiple-Services-Credit-Control
    ├── [Rating-Group: 100]
    │   └── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)  ← RG 100 : OK
    └── [Rating-Group: 200]
        └── Result-Code: DIAMETER_CREDIT_LIMIT_REACHED (4012)  ←
RG 200 : Pas de crédit
```

**Comportement du PGW-C :**

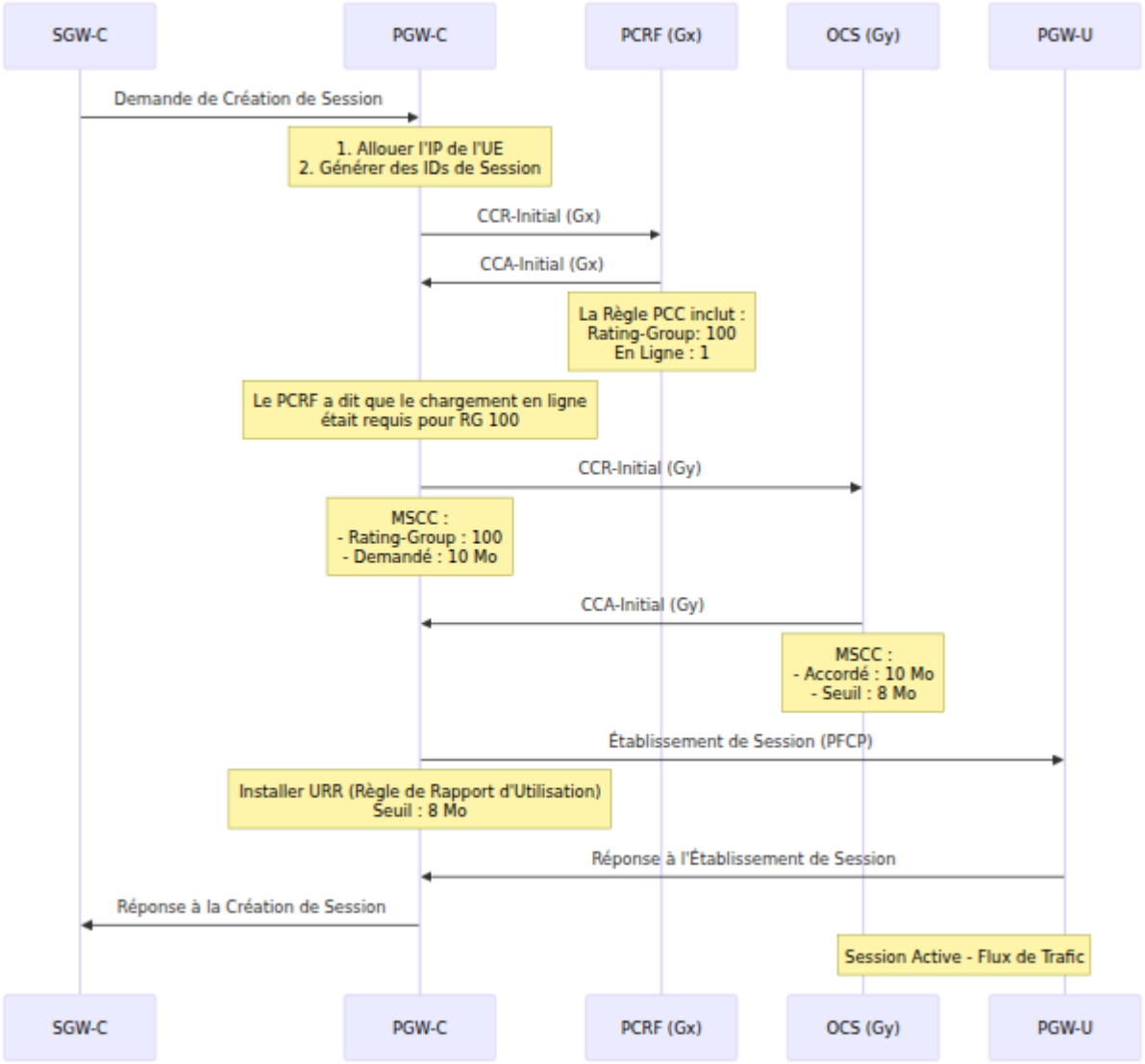
- Autoriser le trafic pour le Rating-Group 100
- Bloquer le trafic pour le Rating-Group 200

---

# Intégration avec Gx

L'interface Gx (contrôle de politique PCRF) détermine si le chargement en ligne est requis et fournit le Rating-Group qui pilote le chargement Gy. Voir Interface Diamètre Gx pour la documentation complète sur le contrôle de politique.

## Relation entre Gx et Gy



# Flux d'Intégration

### 1. Configuration de Support :

```
PGW-C reçoit une Demande de Création de Session
    ↓
Envoyer CCR-I au PCRF (Gx)
    ↓
Recevoir CCA-I avec Règles PCC
    ↓
Analyser les Règles PCC :
    - La règle a-t-elle un Rating-Group ?
    - En Ligne = 1 ?
    ↓
Si OUI :
    Envoyer CCR-I à l'OCS (Gy) avec Rating-Group
    ↓
    Recevoir CCA-I avec quota
    ↓
    Si quota accordé : Procéder
    Si pas de crédit : Rejeter le support
Si NON :
    Procéder sans chargement en ligne
```

### 2. Mise à Jour de Politique Dynamique (RAR du PCRF) :

```
Le PCRF envoie RAR (Re-Auth-Request) sur Gx
    ↓
Nouvelle Règle PCC ajoutée avec En Ligne=1, Rating-Group=200
    ↓
PGW-C envoie CCR-U à l'OCS (Gy)
    - Ajouter MSCC pour Rating-Group 200
    ↓
L'OCS accorde un quota pour le nouveau service
    ↓
Installer un support dédié avec chargement en ligne
```

---

# Dépannage

## Problèmes Courants

### 1. Délai d'Attente de CCR-Initial à l'OCS

**Symptômes :**

- Les sessions échouent avec "délai d'attente OCS"
- Journal : "Délai d'attente CCR-Initial (Gy)"

**Causes Possibles :**

- OCS non accessible
- IP OCS incorrecte dans la configuration
- Pare-feu bloquant le port Diamètre (3868)
- OCS surchargé

**Résolution :**

```
# Tester la connectivité réseau
ping <ocs_ip>

# Tester le port Diamètre (TCP 3868)
telnet <ocs_ip> 3868

# Vérifier la configuration
# Assurez-vous que le pair OCS est configuré dans peer_list
```

### 2. Sessions Rejetées par l'OCS

**Symptômes :**

- CCA-I avec Result-Code != 2001
- Échec de la Réponse à la Création de Session

**Codes de Résultat Courants :**

| Code de Résultat | Cause Probable | Résolution |
|---|---|---|
| 4012 | Limite de crédit atteinte | L'abonné doit recharger |
| 5003 | Autorisation rejetée | Vérifier les autorisations de l'abonné |
| 5031 | Utilisateur inconnu | Provisionner l'abonné dans l'OCS |

**Étapes de Débogage :**

1. Vérifier les journaux de l'OCS pour la raison du rejet
2. Vérifier le solde de l'abonné dans l'OCS
3. Vérifier que l'IMSI/MSISDN dans CCR-I correspond à l'enregistrement de l'abonné

**3. Épuisement de Quota Non Détecté**

**Symptômes :**

- L'utilisateur continue d'utiliser des données après l'épuisement du solde
- Aucun CCR-Update envoyé

**Causes Possibles :**

- URR (Règle de Rapport d'Utilisation) non installée dans PGW-U
- Seuil mal configuré
- Rapports de Session PFCP non reçus

**Étapes de Débogage :**

1. Vérifier URR dans l'Établissement de Session PFCP :

```
Créer URR
├── URR-ID: 1
├── Méthode de Mesure: VOLUME
├── Volume-Threshold: 8000000 (8 Mo)
└── Reporting-Triggers: VOLUME_THRESHOLD
```

2. Vérifier les journaux PGW-U pour les rapports d'utilisation

3. Vérifier `quota_threshold_percentage` dans la config

**4. Groupe de Tarification Incorrect**

**Symptômes :**

- L'OCS rejette avec "Groupe de Tarification Inconnu"
- Les sessions échouent

**Cause :**

- Groupe de Tarification dans CCR-I ne correspond pas à la configuration de l'OCS
- PCRF a provisionné un Groupe de Tarification invalide

**Résolution :**

1. Vérifier le Groupe de Tarification dans la Règle PCC du PCRF
2. Vérifier la configuration de l'OCS pour les Groupes de Tarification valides
3. Assurer le mapping entre les Règles PCC et les tarifs de l'OCS

---

# Surveillance

## Métriques Clés

```
# Taux de messages Gy
rate(gy_inbound_messages_total{message_type="cca"}[5m])
rate(gy_outbound_messages_total{message_type="ccr"}[5m])

# Taux d'erreurs Gy
rate(gy_inbound_errors_total[5m])

# Événements d'épuisement de quota
rate(gy_quota_exhausted_total[5m])

# Taux de délai d'attente de l'OCS
rate(gy_timeout_total[5m])

# Durée de traitement des messages Gy
histogram_quantile(0.95,
rate(gy_inbound_handling_duration_bucket[5m]))
```

## Alertes

```yaml
# Alerte sur un taux d'erreur Gy élevé
- alert: GyErrorRateHigh
  expr: rate(gy_inbound_errors_total[5m]) > 0.1
  for: 5m
  annotations:
    summary: "Taux d'erreur Gy élevé détecté"

# Alerte sur délai d'attente de l'OCS
- alert: OcsTimeout
  expr: rate(gy_timeout_total[5m]) > 0.05
  for: 2m
  annotations:
    summary: "Délai d'attente de l'OCS survenant"

# Alerte sur pic d'épuisement de crédit
- alert: CreditExhaustionSpike
  expr: rate(gy_quota_exhausted_total[5m]) > 10
  for: 5m
  annotations:
    summary: "Taux élevé d'épuisement de crédit"
```

---

# Interface Web - Simulateur de Contrôle de Crédit Gy

OmniPGW comprend un simulateur Gy/Ro intégré pour tester la fonctionnalité de chargement en ligne sans nécessiter un OCS externe.

**Accès :** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/gy_simulator`

**But :** Tester et simuler des scénarios de chargement en ligne pour les abonnés prépayés

**Fonctionnalités :**

**1. Paramètres de Demande**

- **IMSI** - Identité de l'abonné (par exemple, "310170123456789")
- **MSISDN** - Numéro de téléphone (par exemple, "14155551234")
- **Unités Demandées** - Montant du quota à demander (en octets)
- **ID de Service** - Identifiant de type de service
- **Groupe de Tarification** - Catégorie de chargement

**2. Simulation CCR-I**

- Envoyer CCR-Initial (Demande de Contrôle de Crédit Initial)
- Simule la demande de quota initiale lors de l'établissement de session
- Teste l'intégration de l'OCS sans trafic en direct

**3. Cas d'Utilisation**

- **Tests de Développement** - Tester l'interface Gy pendant le développement

- **Intégration OCS** - Vérifier la connectivité et les réponses de l'OCS
- **Tests de Quota** - Tester différents scénarios de quota
- **Dépannage** - Déboguer les problèmes de chargement
- **Démonstration** - Démontrer le chargement en ligne aux parties prenantes

**Comment Utiliser :**

```
1. Saisir les détails de l'abonné (IMSI, MSISDN)
2. Définir les unités demandées (par exemple, 1000000 pour 1 Mo)
3. Configurer l'ID de Service et le Groupe de Tarification
4. Cliquer sur "Envoyer CCR-I"
5. Voir la réponse de l'OCS et le quota accordé
```

**Avantages :**

- Pas besoin d'un OCS externe pendant les tests
- Validation rapide de la logique de chargement
- Environnement de test sécurisé
- Utile pour la formation et les démonstrations

---

# Documentation Connexe

## Chargement et Politique

- **Interface Diamètre Gx** - Contrôle de politique PCRF, règles PCC qui déclenchent le chargement en ligne
- **Format CDR de Données** - Enregistrements de chargement hors ligne pour la facturation postpayée
- **Guide de Configuration** - Paramètres de configuration complets pour le chargement en ligne

## Gestion des Sessions

- **Gestion des Sessions** - Cycle de vie de la session PDN, gestion des supports
- **Interface PFCP** - Rapport d'utilisation du PGW-U via URRs
- **Interface S5/S8** - Configuration et démontage de support GTP-C

## Opérations

- **Guide de Surveillance** - Métriques Gy, suivi de quota, alertes de délai d'attente de l'OCS
- **Allocation IP UE** - Configuration du pool IP pour les sessions facturées

---

**Retour au Guide des Opérations**

# Guide de Surveillance et de Métriques d'OmniPGW

**Intégration Prometheus et Surveillance Opérationnelle**

*par Omnitouch Network Services*

---

## Table des Matières



---

## Aperçu

OmniPGW fournit deux approches de surveillance complémentaires :

**1. Interface Web en Temps Réel** (couverte brièvement ici, détaillée dans les documents d'interface respectifs)

- Visualiseur de session en direct
- Statut des pairs PFCP
- Connectivité des pairs Diameter

- Inspection des sessions individuelles

**2. Métriques Prometheus** (principal objectif de ce document)

- Tendances et analyses historiques
- Alertes et notifications
- Métriques de performance
- Planification de la capacité

Ce document se concentre sur **les métriques Prometheus**. Pour des détails sur l'interface Web, voir :

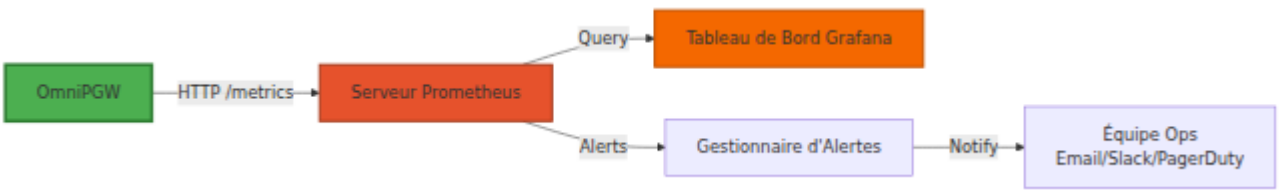
- Gestion des Sessions - Interface Web
- Interface PFCP - Interface Web
- Diameter Gx - Interface Web

# Aperçu des Métriques Prometheus

OmniPGW expose des **métriques compatibles avec Prometheus** pour une surveillance complète de la santé, de la performance et de la capacité du système. Cela permet aux équipes opérationnelles de :

- **Surveiller la Santé du Système** - Suivre les sessions actives, les allocations et les erreurs
- **Planification de la Capacité** - Comprendre les tendances d'utilisation des ressources
- **Analyse de Performance** - Mesurer la latence de traitement des messages
- **Alertes** - Notification proactive des problèmes
- **Débogage** - Identifier les causes profondes des problèmes

# Architecture de Surveillance



# Point de terminaison des métriques

## Configuration

Activez les métriques dans `config/runtime.exs` :

```
config :pgw_c,
  metrics: %{
    enabled: true,
    ip_address: "0.0.0.0",  # Lier à toutes les interfaces
    port: 9090,              # Port HTTP
    registry_poll_period_ms: 5_000  # Intervalle de sondage
  }
```

## Accès aux Métriques

**Point de terminaison HTTP :**

```
http://<omnipgw_ip>:<port>/metrics
```

**Exemple :**

```
curl http://10.0.0.20:9090/metrics
```

## Format de Sortie

Les métriques sont exposées au format **texte Prometheus** :

```
# HELP teid_registry_count Le nombre de TEID enregistrés pour les
sessions
# TYPE teid_registry_count gauge
teid_registry_count 150

# HELP address_registry_count Le nombre d'adresses enregistrées
pour les sessions
# TYPE address_registry_count gauge
address_registry_count 150

# HELP s5s8_inbound_messages_total Le nombre total de messages
reçus des pairs S5/S8
# TYPE s5s8_inbound_messages_total counter
s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}
1523
s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request"}
1487
```

---

# Métriques Disponibles

OmniPGW expose les catégories de métriques suivantes :

## Métriques de Session

**Comptes de Sessions Actives :**

| Nom de la Métrique | Type | Description |
|---|---|---|
| `teid_registry_count` | Gauge | Sessions S5/S8 actives (nombre de TEID) |
| `seid_registry_count` | Gauge | Sessions PFCP actives (nombre de SEID) |
| `session_id_registry_count` | Gauge | Sessions Gx actives (nombre de Session-ID Diameter) |
| `session_registry_count` | Gauge | Sessions actives (paires IMSI, EBI) |
| `address_registry_count` | Gauge | Adresses IP UE allouées |
| `charging_id_registry_count` | Gauge | IDs de facturation actifs (voir Format CDR de Données pour les enregistrements de facturation CDR) |
| `sxb_sequence_number_registry_count` | Gauge | Réponses PFCP en attente (en attente de réponse) |
| `s5s8_sequence_number_registry_count` | Gauge | Réponses S5/S8 en attente (en attente de réponse) |
| `sxb_peer_registry_count` | Gauge | Nombre de processus de pairs PFCP enregistrés |

**Utilisation :**

```
# Sessions actives actuelles
teid_registry_count

# Taux de création de session (par seconde)
rate(teid_registry_count[5m])

# Sessions maximales au cours de la dernière heure
max_over_time(teid_registry_count[1h])
```

## Compteurs de Messages

**Messages S5/S8 (GTP-C) :**

| Nom de la Métrique | Type | Étiquettes | Description |
|---|---|---|---|
| `s5s8_inbound_messages_total` | Counter | `message_type` | Total des messages S5/S8 entrants |
| `s5s8_outbound_messages_total` | Counter | `message_type` | Total des messages S5/S8 sortants |
| `s5s8_inbound_errors_total` | Counter | `message_type` | Erreurs de traitement S5/S8 |

**Types de Messages :**

- `create_session_request`
- `create_session_response`
- `delete_session_request`
- `delete_session_response`
- `create_bearer_request`

- `delete_bearer_request`

**Messages Sxb (PFCP) :**

| Nom de la Métrique | Type | Étiquettes | Description |
|---|---|---|---|
| `sxb_inbound_messages_total` | Counter | `message_type` | Total des messages PFCP entrants |
| `sxb_outbound_messages_total` | Counter | `message_type` | Total des messages PFCP sortants |
| `sxb_inbound_errors_total` | Counter | `message_type` | Erreurs de traitement PFCP entrants |
| `sxb_outbound_errors_total` | Counter | `message_type` | Erreurs de traitement PFCP sortants |

**Types de Messages :**

- `association_setup_request`
- `association_setup_response`
- `heartbeat_request`
- `heartbeat_response`
- `session_establishment_request`
- `session_establishment_response`
- `session_modification_request`
- `session_deletion_request`

**Messages Gx (Diameter) :**

| Nom de la Métrique | Type | Étiquettes | Descript |
|---|---|---|---|
| `gx_inbound_messages_total` | Counter | `message_type` | Total des messages Diameter entrants |
| `gx_outbound_messages_total` | Counter | `message_type` | Total des messages Diameter sortants |
| `gx_inbound_errors_total` | Counter | `message_type` | Erreurs d traitemer Diameter entrants |
| `gx_outbound_errors_total` | Counter | `message_type` | Erreurs d traitemer Diameter sortants |
| `gx_outbound_responses_total` | Counter | `message_type`, `result_code_class`, `diameter_host` | Réponses Diameter envoyées classées classe de code de résultat e hôte pair |

**Types de Messages :**

- `gx_CCA` (Credit-Control-Answer)
- `gx_CCR` (Credit-Control-Request)
- `gx_RAA` (Re-Auth-Answer)
- `gx_RAR` (Re-Auth-Request)

**Classes de Codes de Résultat** (pour `gx_outbound_responses_total`) :

- `2xxx` - Réponses de succès (ex. : 2001 DIAMETER_SUCCESS)
- `3xxx` - Erreurs de protocole (ex. : 3001 DIAMETER_COMMAND_UNSUPPORTED)
- `4xxx` - Échecs transitoires (ex. : 4001 DIAMETER_AUTHENTICATION_REJECTED)
- `5xxx` - Échecs permanents (ex. : 5012 DIAMETER_UNABLE_TO_COMPLY)

**Exemples d'Utilisation :**

```
# Surveiller le taux de succès des réponses Gx
sum(rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class="2xxx"}[5m]))
sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) * 100

# Suivre les échecs par hôte PCRF
rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class!="2xxx"}[5m]) by (

# Compter le nombre total de messages Re-Auth-Answer réussis
gx_outbound_responses_total{message_type="gx_RAA",result_code_class="

# Alerte sur un taux d'échec élevé vers un PCRF spécifique
rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class=~"4xxx|5xxx",diame
[5m]) > 0.1
```

**Gestion des Erreurs :**

| Nom de la Métrique | Type | Étiquettes | Description |
|---|---|---|---|
| `rescues_total` | Counter | `module`, `function` | Total des blocs de secours atteints (gestion des exceptions) |

# Métriques de Latence

**Durée de Traitement des Messages Entrants :**

| Nom de la Métrique | Type | Étiquettes | D |
| --- | --- | --- | --- |
| `s5s8_inbound_handling_duration` | Histogram | `request_message_type` | T t d r S d e e r |
| `sxb_inbound_handling_duration` | Histogram | `request_message_type` | T t d r P d e e r |
| `gx_inbound_handling_duration` | Histogram | `request_message_type` | T t d r D ( d e e r |

**Durée de Transaction Sortante :**

| Nom de la Métrique | Type | Étiquettes |
|---|---|---|
| `s5s8_outbound_transaction_duration` | Histogram | `request_message_type` |
| `sxb_outbound_transaction_duration` | Histogram | `request_message_type` |
| `gx_outbound_transaction_duration` | Histogram | `request_message_type` |

**Seaux (secondes) :**

- Valeurs : 0.0001, 0.0005, 0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, 5.0
- (100µs, 500µs, 1ms, 5ms, 10ms, 50ms, 100ms, 500ms, 1s, 5s)

**Utilisation :**

```
# 95ème percentile de latence S5/S8
histogram_quantile(0.95,
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
)

# Latence moyenne PFCP
rate(sxb_inbound_handling_duration_sum[5m]) /
rate(sxb_inbound_handling_duration_count[5m])
```

# Surveillance de la Santé UPF

**Métriques des Pairs UPF :**

| Nom de la Métrique | Type | Étiquettes | Description |
|---|---|---|---|
| `upf_peers_total` | Gauge | - | Nombre total de pairs UPF enregistrés |
| `upf_peers_healthy` | Gauge | - | Nombre de pairs UPF sains (associés + battements de cœur OK) |
| `upf_peers_unhealthy` | Gauge | - | Nombre de pairs UPF non sains |
| `upf_peers_associated` | Gauge | - | Nombre de pairs UPF avec association PFCP active |
| `upf_peers_unassociated` | Gauge | - | Nombre de pairs UPF sans association PFCP |
| `upf_peer_healthy` | Gauge | `peer_ip` | État de santé d'un UPF spécifique (1=sain, 0=non sain) |
| `upf_peer_missed_heartbeats` | Gauge | `peer_ip` | Battements de cœur consécutifs manqués pour un UPF spécifique |

**Utilisation :**

```
# Surveiller la santé du pool UPF
upf_peers_healthy / upf_peers_total

# Alerte sur les UPF non sains
upf_peers_unhealthy > 0

# Suivre la santé d'un UPF spécifique
upf_peer_healthy{peer_ip="10.98.0.20"}

# Identifier les UPF avec des problèmes de battements de cœur
upf_peer_missed_heartbeats > 2
```

**Exemples d'Alerte :**

```yaml
# Alerte lorsque l'UPF est hors ligne
- alert: UPF_Peer_Down
  expr: upf_peer_healthy == 0
  for: 1m
  labels:
    severity: critical
  annotations:
    summary: "L'UPF {{ $labels.peer_ip }} est hors ligne"
    description: "Le pair UPF ne répond pas aux battements de cœur PFCP"

# Alerte lorsque plusieurs UPF sont hors ligne
- alert: UPF_Pool_Degraded
  expr: (upf_peers_healthy / upf_peers_total) < 0.5
  for: 2m
  labels:
    severity: critical
  annotations:
    summary: "Pool UPF dégradé"
    description: "Seulement {{ $value | humanizePercentage }} des UPF sont sains"

# Avertissement sur les battements de cœur manqués
- alert: UPF_Heartbeat_Issues
  expr: upf_peer_missed_heartbeats > 2
  for: 30s
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "UPF {{ $labels.peer_ip }} problèmes de battements de cœur"
    description: "{{ $value }} battements de cœur consécutifs manqués"
```

## Surveillance de la Santé P-CSCF

**Métriques du Serveur P-CSCF :**

| Nom de la Métrique | Type | Étiquettes | Description |
|---|---|---|---|
| `pcscf_fqdns_total` | Gauge | - | Total des FQDN P-CSCF surveillés |
| `pcscf_fqdns_resolved` | Gauge | - | FQDN P-CSCF résolus avec succès via DNS |
| `pcscf_fqdns_failed` | Gauge | - | FQDN P-CSCF ayant échoué à la résolution DNS |
| `pcscf_servers_total` | Gauge | - | Total des serveurs P-CSCF découverts |
| `pcscf_servers_healthy` | Gauge | `fqdn` | Serveurs P-CSCF sains par FQDN |
| `pcscf_servers_unhealthy` | Gauge | `fqdn` | Serveurs P-CSCF non sains par FQDN |

**Voir :** Guide de Surveillance P-CSCF pour un suivi détaillé de la santé IMS.

## Métriques de Licence

**Statut de la Licence :**

| Nom de la Métrique | Type | Description |
|---|---|---|
| `license_status` | Gauge | Statut actuel de la licence (1 = valide, 0 = invalide) |

**Utilisation :**

```
# Vérifier si la licence est valide
license_status == 1

# Alerte sur une licence invalide
license_status == 0
```

**Exemple d'Alerte :**

```
- alert: PGW_C_License_Invalid
  expr: license_status == 0
  for: 1m
  labels:
    severity: critical
  annotations:
    summary: "Licence PGW-C invalide ou expirée"
    description: "Le statut de la licence est invalide - les
demandes de création de session sont bloquées"
```

**Impact d'une Licence Invalide :**

Lorsque la licence est invalide ou que le serveur de licence est inaccessible, **les demandes de création de session seront rejetées** avec le code de cause GTP-C **"Aucune ressource disponible" (73)**. Cela est visible dans les captures de paquets comme indiqué ci-dessous :

*Capture Wireshark montrant la réponse de création de session avec la cause "Aucune ressource disponible" lorsque la licence est invalide*

**Remarques :**

- Nom du produit enregistré auprès du serveur de licence : `omnipgwc`
- L'URL du serveur de licence est configurée dans `config/runtime.exs` sous `:license_client`
- Lorsque la licence est invalide (`license_status == 0`), les demandes de création de session sont bloquées avec le code de cause GTP-C 73 (Aucune ressource disponible)
- L'interface utilisateur et la surveillance restent accessibles indépendamment du statut de la licence
- Les pairs Diameter, GTP-C et PFCP continuent de maintenir des connexions
- Les sessions existantes ne sont pas affectées - seule la création de nouvelles sessions est bloquée

# Métriques Système

**Métriques de la VM Erlang :**

| Nom de la Métrique | Type | Description |
|---|---|---|
| `vm_memory_total` | Gauge | Mémoire totale de la VM (octets) |
| `vm_memory_processes` | Gauge | Mémoire utilisée par les processus |
| `vm_memory_system` | Gauge | Mémoire utilisée par le système |
| `vm_system_process_count` | Gauge | Total des processus Erlang |
| `vm_system_port_count` | Gauge | Total des ports ouverts |

---

# Configuration de Prometheus

## Configuration de Scrape

Ajoutez OmniPGW au `prometheus.yml` de Prometheus :

```yaml
# prometheus.yml
global:
  scrape_interval: 15s
  evaluation_interval: 15s

scrape_configs:
  - job_name: 'omnipgw'
    static_configs:
      - targets: ['10.0.0.20:9090']
        labels:
          instance: 'omnipgw-01'
          environment: 'production'
          site: 'datacenter-1'
```

## Instances Multiples d'OmniPGW

```yaml
scrape_configs:
  - job_name: 'omnipgw'
    static_configs:
      - targets:
          - '10.0.0.20:9090'
          - '10.0.0.21:9090'
          - '10.0.0.22:9090'
        labels:
          environment: 'production'
```

## Découverte de Services

**Kubernetes :**

```yaml
scrape_configs:
  - job_name: 'omnipgw'
    kubernetes_sd_configs:
      - role: pod
    relabel_configs:
      - source_labels: [__meta_kubernetes_pod_label_app]
        action: keep
        regex: omnipgw
      - source_labels: [__meta_kubernetes_pod_ip]
        target_label: __address__
        replacement: '${1}:9090'
```

## Vérification

**Tester le scrape :**

```
# Vérifier les cibles de Prometheus
curl http://prometheus:9090/api/v1/targets

# Interroger une métrique
curl 'http://prometheus:9090/api/v1/query?
query=teid_registry_count'
```

---

# Tableaux de Bord Grafana

## Configuration du Tableau de Bord

**1. Ajouter la Source de Données Prometheus :**

```
Configuration → Sources de Données → Ajouter une source de données
→ Prometheus
URL : http://prometheus:9090
```

**2. Importer le Tableau de Bord :**

Créez un nouveau tableau de bord ou importez à partir de JSON.

# Panneaux Clés

### Panneau 1 : Sessions Actives

```
# Requête
teid_registry_count

# Type de Panneau : Gauge
# Seuils :
#   Vert : < 5000
#   Jaune : 5000-8000
#   Rouge : > 8000
```

### Panneau 2 : Taux de Session

```
# Requête
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request
[5m])

# Type de Panneau : Graphique
# Unité : demandes/sec
```

### Panneau 3 : Utilisation du Pool IP

```
# Requête (pour un sous-réseau /24 avec 254 IPs)
(address_registry_count / 254) * 100

# Type de Panneau : Gauge
# Unité : pourcentage (0-100)
# Seuils :
#   Vert : < 70%
#   Jaune : 70-85%
#   Rouge : > 85%
```

### Panneau 4 : Latence des Messages (95ème Percentile)

```
# Requête
histogram_quantile(0.95,

rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="crea
[5m])
)

# Type de Panneau : Graphique
# Unité : millisecondes
```

**Panneau 5 : Taux d'Erreur**

```
# Requête
rate(s5s8_inbound_errors_total[5m])

# Type de Panneau : Graphique
# Unité : erreurs/sec
# Seuil d'Alerte : > 0.1
```

**Panneau 6 : Taux de Succès des Réponses Gx**

```
# Requête : Calculer le pourcentage de réponses Gx réussies
sum(rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class="2xxx"}
[5m])) /
sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) * 100

# Type de Panneau : Gauge
# Unité : pourcentage (0-100)
# Seuils :
#   Vert : > 95%
#   Jaune : 90-95%
#   Rouge : < 90%
```

**Alternative - Répartition par Classe de Code de Résultat :**

```
# Requête : Afficher les comptes de réponses par classe de code de
résultat
sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) by (result_code_class)

# Type de Panneau : Graphique en Secteurs ou Graphique à Barres
# Légende : {{ result_code_class }}
```

**Alternative - Statut des Réponses par PCRF :**

```
# Requête : Afficher les réponses par hôte PCRF
sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) by (diameter_host,
result_code_class)

# Type de Panneau : Graphique à Barres Empilées
# Légende : {{ diameter_host }} - {{ result_code_class }}
```

**Panneau 7 : Statut de Santé UPF**

```
# Requête : Pourcentage de santé global du pool
(upf_peers_healthy / upf_peers_total) * 100

# Type de Panneau : Gauge
# Unité : pourcentage (0-100)
# Seuils :
#   Vert : 100%
#   Jaune : 50-99%
#   Rouge : < 50%
```

**Alternative - Statut par UPF :**

```
# Requête : Santé individuelle des UPF
upf_peer_healthy

# Type de Panneau : Stat
# Mappages :
#   1 = "UP" (Vert)
#   0 = "DOWN" (Rouge)
```

## Exemple Complet de Tableau de Bord

```
{
  "dashboard": {
    "title": "OmniPGW - Tableau de Bord des Opérations",
    "panels": [
      {
        "title": "Sessions Actives",
        "targets": [
          {
            "expr": "teid_registry_count",
            "legendFormat": "Sessions Actives"
          }
        ],
        "type": "graph"
      },
      {
        "title": "Taux de Création de Session",
        "targets": [
          {
            "expr":
"rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type=\"create_session_reque
[5m])",
            "legendFormat": "Sessions/sec"
          }
        ],
        "type": "graph"
      },
      {
        "title": "Utilisation du Pool IP",
        "targets": [
          {
            "expr": "(address_registry_count / 254) * 100",
            "legendFormat": "Utilisation du Pool %"
          }
        ],
        "type": "gauge"
      },
      {
        "title": "Latence des Messages (p95)",
        "targets": [
          {
            "expr": "histogram_quantile(0.95,
```

```
rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m]))",
            "legendFormat": "S5/S8 p95"
          },
          {
            "expr": "histogram_quantile(0.95,
rate(sxb_inbound_handling_duration_bucket[5m]))",
            "legendFormat": "PFCP p95"
          }
        ],
        "type": "graph"
      }
    ]
  }
}
```

---

# Alertes

## Règles d'Alerte

Créez `omnipgw_alerts.yml` :

```yaml
groups:
  - name: omnipgw
    interval: 30s
    rules:
      # Alertes de Compte de Session
      - alert: OmniPGW_HighSessionCount
        expr: teid_registry_count > 8000
        for: 5m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "Nombre de sessions élevé dans OmniPGW"
          description: "{{ $value }} sessions actives (seuil :
8000)"

      - alert: OmniPGW_SessionCountCritical
        expr: teid_registry_count > 9500
        for: 2m
        labels:
          severity: critical
        annotations:
          summary: "Nombre de sessions critiques dans OmniPGW"
          description: "{{ $value }} sessions actives approchant
de la capacité"

      # Alertes de Pool IP
      - alert: OmniPGW_IPPoolUtilizationHigh
        expr: (address_registry_count / 254) * 100 > 80
        for: 10m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "Utilisation élevée du pool IP dans OmniPGW"
          description: "Pool IP {{ $value }}% utilisé"

      - alert: OmniPGW_IPPoolExhausted
        expr: address_registry_count >= 254
        for: 1m
        labels:
          severity: critical
        annotations:
          summary: "Pool IP épuisé dans OmniPGW"
          description: "Aucune IP disponible pour allocation"
```

```
      # Alertes de Taux d'Erreur
      - alert: OmniPGW_HighErrorRate
        expr: rate(s5s8_inbound_errors_total[5m]) > 0.1
        for: 5m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "Taux d'erreur élevé dans OmniPGW"
          description: "{{ $value }} erreurs/sec sur l'interface
S5/S8"

      - alert: OmniPGW_GxErrorRate
        expr: rate(gx_inbound_errors_total[5m]) > 0.05
        for: 5m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "Erreurs Gx dans OmniPGW"
          description: "{{ $value }} erreurs Diameter/sec"

      # Alertes de Réponse Gx
      - alert: OmniPGW_GxResponseFailureRate
        expr: |

sum(rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class!="2xxx"}
[5m])) /
          sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) > 0.1
        for: 5m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "Taux d'échec élevé des réponses Gx dans
OmniPGW"
          description: "{{ $value | humanizePercentage }} des
réponses Gx sont des échecs (codes de résultat non-2xxx)"

      - alert: OmniPGW_GxPCRFFailures
        expr:
rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class=~"4xxx|5xxx"}
[5m]) by (diameter_host) > 0.05
        for: 3m
        labels:
          severity: warning
```

```
        annotations:
          summary: "PCRF {{ $labels.diameter_host }} recevant des
réponses d'échec"
          description: "{{ $value }} réponses d'échec/sec au PCRF
{{ $labels.diameter_host }}"

      # Alertes de Santé UPF
      - alert: OmniPGW_UPF_PeerDown
        expr: upf_peer_healthy == 0
        for: 1m
        labels:
          severity: critical
        annotations:
          summary: "Pair UPF {{ $labels.peer_ip }} hors ligne"
          description: "L'UPF ne répond pas aux battements de cœur
PFCP"

      - alert: OmniPGW_UPF_PoolDegraded
        expr: (upf_peers_healthy / upf_peers_total) < 0.5
        for: 2m
        labels:
          severity: critical
        annotations:
          summary: "Pool UPF dégradé"
          description: "{{ $value | humanizePercentage }} des UPF
sont sains (< 50%)"

      - alert: OmniPGW_UPF_HeartbeatFailures
        expr: upf_peer_missed_heartbeats > 2
        for: 30s
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "Problèmes de battements de cœur UPF {{
$labels.peer_ip }}"
          description: "{{ $value }} battements de cœur
consécutifs manqués"

      - alert: OmniPGW_UPF_AllDown
        expr: upf_peers_healthy == 0 and upf_peers_total > 0
        for: 30s
        labels:
          severity: critical
        annotations:
```

```
          summary: "Tous les pairs UPF hors ligne"
          description: "Aucun UPF sain disponible pour la création
de session"

      # Alertes de Latence
      - alert: OmniPGW_HighLatency
        expr: |
          histogram_quantile(0.95,
            rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
          ) > 100000
        for: 5m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "Latence de message élevée dans OmniPGW"
          description: "latence p95 {{ $value }}µs (> 100ms)"

      # Alertes Système
      - alert: OmniPGW_HighMemoryUsage
        expr: vm_memory_total > 2000000000
        for: 10m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "Utilisation élevée de la mémoire dans OmniPGW"
          description: "VM utilisant {{ $value | humanize }}B de
mémoire"

      - alert: OmniPGW_HighProcessCount
        expr: vm_system_process_count > 100000
        for: 10m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "Nombre élevé de processus dans OmniPGW"
          description: "{{ $value }} processus Erlang (fuite
potentielle)"
```

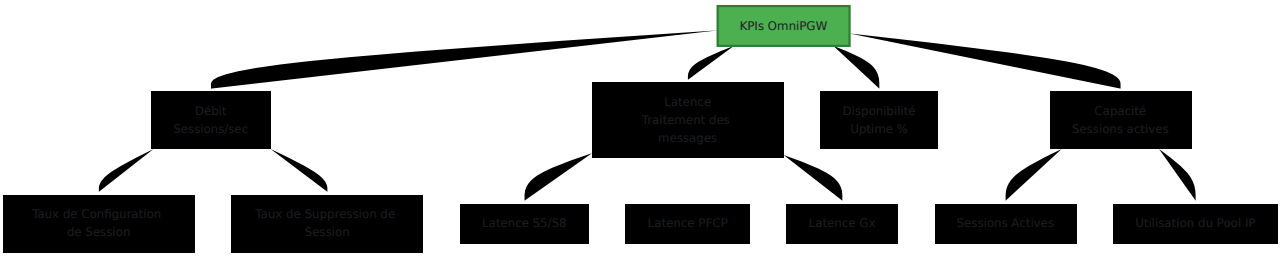
## Configuration de l'AlertManager

```yaml
# alertmanager.yml
global:
  resolve_timeout: 5m

route:
  receiver: 'ops-team'
  group_by: ['alertname', 'instance']
  group_wait: 10s
  group_interval: 10s
  repeat_interval: 12h

  routes:
    - match:
        severity: critical
      receiver: 'pagerduty'

    - match:
        severity: warning
      receiver: 'slack'

receivers:
  - name: 'ops-team'
    email_configs:
      - to: 'ops@example.com'

  - name: 'slack'
    slack_configs:
      - api_url:
'https://hooks.slack.com/services/YOUR/SLACK/WEBHOOK'
        channel: '#omnipgw-alerts'
        title: 'Alerte OmniPGW : {{ .GroupLabels.alertname }}'
        text: '{{ range .Alerts }}{{ .Annotations.description }}{{
end }}'

  - name: 'pagerduty'
    pagerduty_configs:
      - service_key: 'YOUR_PAGERDUTY_KEY'
```

---

# Surveillance de la Performance

## Indicateurs Clés de Performance (KPI)




## Requêtes de Débit

### Taux de Configuration de Session :

```
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request
[5m])
```

### Taux de Suppression de Session :

```
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request
[5m])
```

### Croissance Nette des Sessions :

```
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request
[5m]) -
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request
[5m])
```

## Analyse de Latence

### Latence de Traitement des Messages (Percentiles) :

```
# p50 (Médiane)
histogram_quantile(0.50,
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
)

# p95
histogram_quantile(0.95,
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
)

# p99
histogram_quantile(0.99,
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
)
```

**Répartition de la Latence par Type de Message :**

```
histogram_quantile(0.95,
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
) by (request_message_type)
```

# Tendance de Capacité

**Tendance de Croissance des Sessions (24h) :**

```
teid_registry_count -
teid_registry_count offset 24h
```

**Capacité Restante :**

```
# Pour une capacité maximale de 10 000 sessions
10000 - teid_registry_count
```

**Temps jusqu'à l'Épuisement de la Capacité :**

```
# Jours jusqu'à l'épuisement de la capacité (basé sur le taux de
croissance de 1h)
(10000 - teid_registry_count) /
(rate(teid_registry_count[1h]) * 86400)
```

---

# Dépannage des Métriques

## Identification des Problèmes

**Problème : Taux de Rejet de Session Élevé**

**Requête :**

```
rate(s5s8_inbound_errors_total[5m]) by (message_type)
```

**Action :**

- Vérifiez les journaux d'erreurs
- Vérifiez la connectivité PCRF (erreurs Gx)
- Vérifiez l'épuisement du pool IP

**Problème : Configuration de Session Lente**

**Requête :**

```
histogram_quantile(0.95,

rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="crea
[5m])
)
```

**Action :**

- Vérifiez la latence Gx (temps de réponse PCRF)
- Vérifiez la latence PFCP (temps de réponse PGW-U)

- Examinez l'utilisation des ressources système

**Problème : Échecs de Politique PCRF**

**Requêtes :**

```
# Taux d'échec global des réponses Gx
sum(rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class!="2xxx"}
[5m])) /
sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) * 100

# Répartition par hôte PCRF
sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) by (diameter_host,
result_code_class)

# Classes de codes de résultat spécifiques
rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class="5xxx"}[5m]) by
(diameter_host)
```

**Action :**

- Vérifiez la connectivité et la santé du PCRF
- Examinez les profils d'abonnés dans le PCRF (les erreurs 5xxx indiquent souvent des probl��mes de politique)
- Vérifiez la configuration des pairs Diameter
- Vérifiez les journaux du PCRF pour les erreurs correspondantes
- Pour 5012 (DIAMETER_UNABLE_TO_COMPLY), examinez la gestion des Re-Auth-Request

**Problème : Fuite de Mémoire Suspectée**

**Requêtes :**

```
# Tendance de la mémoire totale
rate(vm_memory_total[1h])

# Tendance de la mémoire des processus
rate(vm_memory_processes[1h])

# Tendance du compte de processus
rate(vm_system_process_count[1h])
```

**Action :**

- Vérifiez les sessions obsolètes
- Examinez les comptes de registre
- Redémarrez si la fuite est confirmée

# Requêtes de Débogage

**Trouver le Temps de Session de Pointe :**

```
max_over_time(teid_registry_count[24h])
```

**Comparer Actuel vs. Historique :**

```
teid_registry_count /
avg_over_time(teid_registry_count[7d])
```

**Identifier les Anomalies :**

```
abs(
  teid_registry_count -
  avg_over_time(teid_registry_count[1h])
) > 100
```

---

# Meilleures Pratiques

## Collecte de Métriques

1. **Intervalle de Scrape :** 15-30 secondes (équilibrer granularité et charge)
2. **Rétention :** 15+ jours pour l'analyse historique
3. **Étiquettes :** Utilisez un étiquetage cohérent (instance, environnement, site)

## Conception de Tableau de Bord

1. **Tableau de Bord d'Aperçu** - KPIs de haut niveau pour le NOC
2. **Tableaux de Bord Détaillés** - Plongée approfondie par interface
3. **Tableau de Bord de Dépannage** - Métriques d'erreur et journaux

## Conception d'Alerte

1. **Éviter la Fatigue d'Alerte** - Alerter uniquement sur des problèmes exploitables
2. **Escalade** - Avertissement → Critique avec une sévérité croissante
3. **Contexte** - Inclure des liens vers des manuels dans les descriptions d'alerte

---

# Documentation Connexe

## Configuration et Mise en Place

- **Guide de Configuration** - Configuration des métriques Prometheus, mise en place de l'interface Web
- **Guide de Dépannage** - Utilisation des métriques pour le débogage

## Métriques d'Interface

- **Interface PFCP** - Métriques de session PFCP, surveillance de la santé UPF
- **Interface Diameter Gx** - Métriques de politique Gx, suivi de l'interaction PCRF
- **Interface Diameter Gy** - Métriques de facturation Gy, suivi des quotas, délais OCS
- **Interface S5/S8** - Métriques de messages GTP-C, communication SGW-C

## Surveillance Spécialisée

- **Surveillance P-CSCF** - Métriques de découverte P-CSCF, santé IMS
- **Gestion des Sessions** - Sessions actives, métriques du cycle de vie des sessions
- **Allocation IP UE** - Métriques d'utilisation du pool IP

---

**Retour au Guide des Opérations**

---

# Options de Configuration du Protocole (PCO)

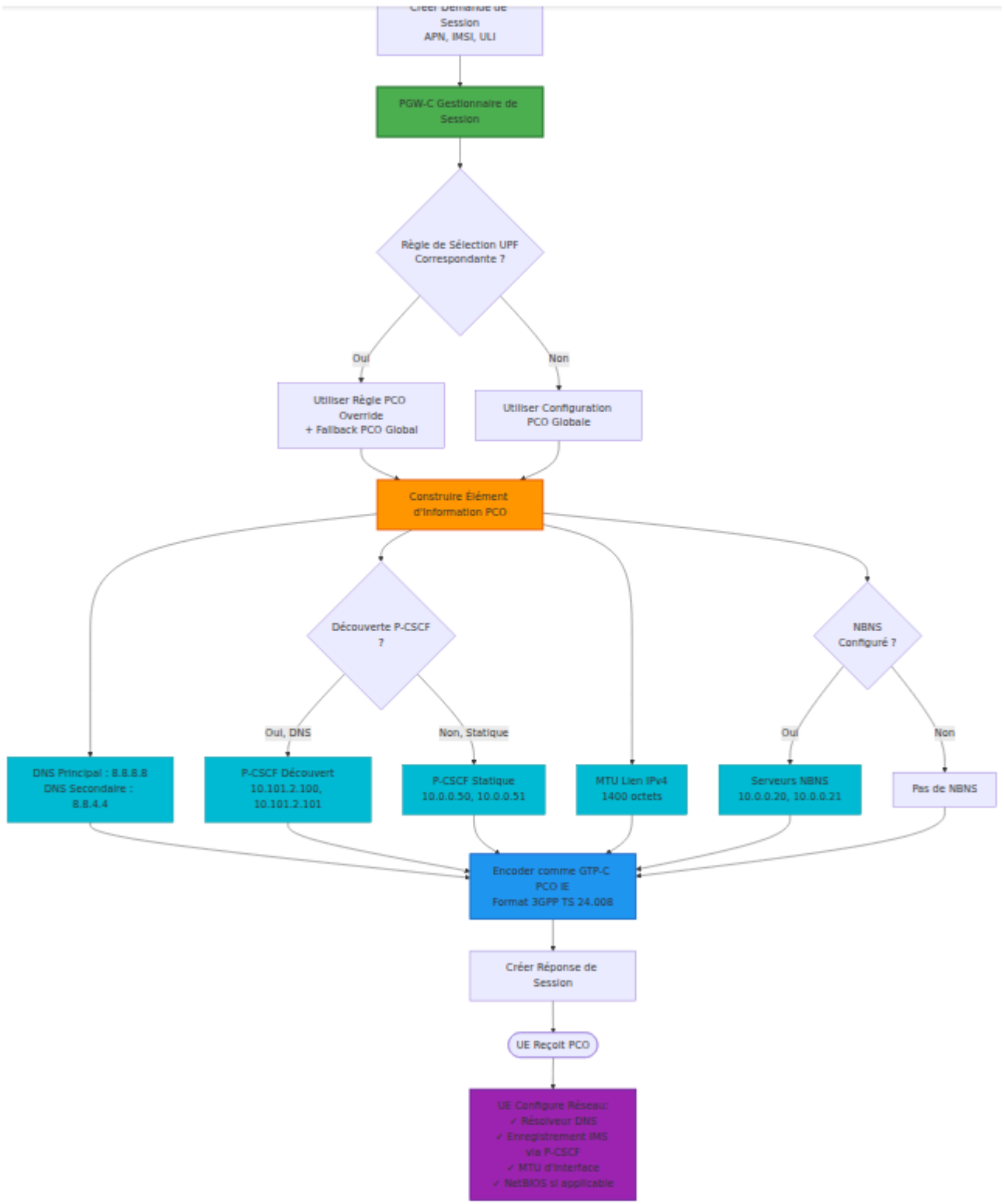
**Paramètres Réseau Fournis à l'UE**

*OmniPGW par Omnitouch Network Services*

---

## Aperçu

**PCO (Options de Configuration du Protocole)** sont des paramètres réseau envoyés à l'UE (appareil mobile) lors de l'établissement de la connexion PDN. Ces paramètres permettent à l'UE d'accéder à des services réseau comme DNS, IMS, et de configurer les paramètres réseau.




**Éléments d'Information PCO :**

| Nom IE | ID de Conteneur | Description | Requis |
|---|---|---|---|
| Adresse IPv4 du Serveur DNS | 0x000D | DNS Principal | Oui |
| Adresse IPv4 du Serveur DNS | 0x000D | DNS Secondaire | Optionnel |
| Adresse IPv4 du P-CSCF | 0x000C | P-CSCF pour IMS | Optionnel (IMS) |
| MTU Lien IPv4 | 0x0010 | Unité de transmission maximale | Recommandé |
| Adresse IPv4 du Serveur NBNS | 0x0011 | Serveur de noms NetBIOS | Optionnel |

---

# Configuration

## Configuration de Base

```
# config/runtime.exs
config :pgw_c,
  pco: %{
    # Serveurs DNS (requis)
    primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
    secondary_dns_server_address: "8.8.4.4",

    # Serveurs NBNS (optionnel, pour appareils Windows)
    primary_nbns_server_address: nil,
    secondary_nbns_server_address: nil,

    # Adresses P-CSCF pour IMS/VoLTE (optionnel)
    p_cscf_ipv4_address_list: [],

    # Découverte Dynamique P-CSCF (optionnel)
    p_cscf_discovery_enabled: false,
    p_cscf_discovery_dns_server: nil,
    p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000,

    # Taille MTU IPv4 (octets)
    ipv4_link_mtu_size: 1400
  }
```

---

# Paramètres PCO

## Adresses des Serveurs DNS

**DNS Principal et Secondaire :**

```
pco: %{
  primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
  secondary_dns_server_address: "8.8.4.4"
}
```

**Fournisseurs DNS Courants :**

| Fournisseur | Principal | Secondaire |
|---|---|---|
| **Google** | 8.8.8.8 | 8.8.4.4 |
| **Cloudflare** | 1.1.1.1 | 1.0.0.1 |
| **Quad9** | 9.9.9.9 | 149.112.112.112 |
| **OpenDNS** | 208.67.222.222 | 208.67.220.220 |

**DNS Privé :**

```
pco: %{
  primary_dns_server_address: "10.0.0.10",
  secondary_dns_server_address: "10.0.0.11"
}
```

# Adresses P-CSCF (IMS)

**Pour les Services IMS/VoLTE :**

```
pco: %{
  p_cscf_ipv4_address_list: [
    "10.0.0.50",  # P-CSCF Principal
    "10.0.0.51"   # P-CSCF Secondaire
  ]
}
```

**P-CSCF (Fonction de Contrôle de Session d'Appel Proxy) :**

- Point d'entrée pour la signalisation IMS
- Requis pour VoLTE, VoWiFi, RCS
- L'UE utilise SIP via ce serveur

## Découverte Dynamique P-CSCF

**Découverte P-CSCF Basée sur DNS :**

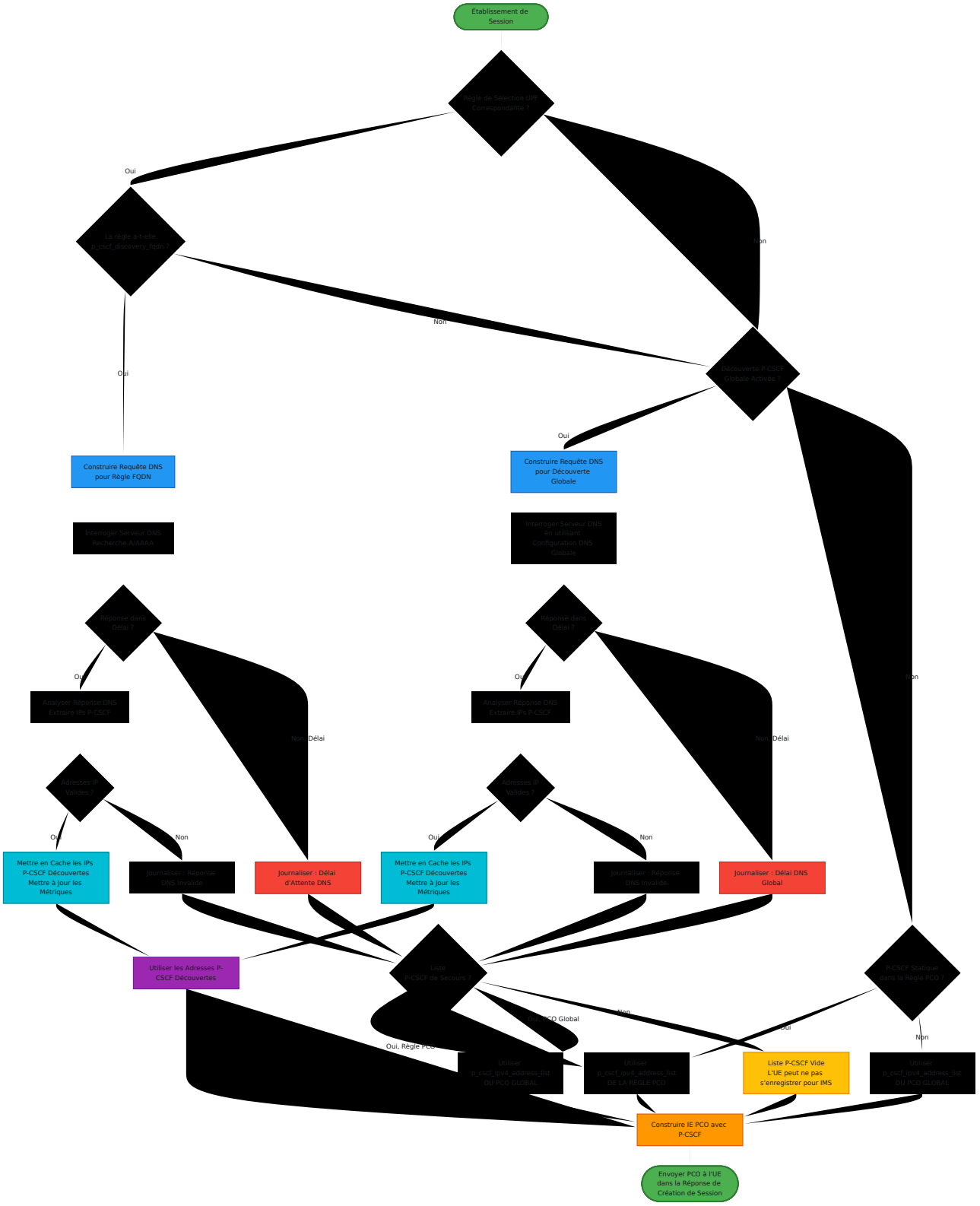
OmniPGW prend en charge la découverte dynamique de P-CSCF via des requêtes DNS comme défini dans 3GPP TS 23.003 et TS 24.229. Lorsqu'elle est activée, PGW-C peut interroger DNS pour les adresses P-CSCF au lieu d'utiliser une configuration statique.

```
pco: %{
  # Activer la découverte dynamique P-CSCF
  p_cscf_discovery_enabled: true,

  # Serveur DNS pour les requêtes P-CSCF (sous forme de tuple)
  p_cscf_discovery_dns_server: {10, 179, 2, 177},

  # Délai d'attente pour les requêtes DNS (millisecondes)
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000,

  # Liste statique de P-CSCF (utilisée comme secours si DNS
échoue)
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.0.0.50"]
}
```

**Comment Ça Fonctionne :**

1. Lorsque `p_cscf_discovery_enabled: true`, PGW-C effectue des requêtes DNS pour les adresses P-CSCF
2. La requête DNS est envoyée au `p_cscf_discovery_dns_server` configuré
3. Si la requête DNS réussit, les adresses P-CSCF découvertes sont envoyées à l'UE via PCO
4. Si la requête DNS échoue ou expire, elle revient à la liste statique `p_cscf_ipv4_address_list`
5. Voir Surveillance P-CSCF pour des détails de surveillance et de métriques

# Flux de Découverte P-CSCF




**Priorité de Découverte :**

1. **Découverte FQDN par Règle** (Priorité la Plus Élevée) - `p_cscf_discovery_fqdn` dans la règle de sélection UPF

2. **Découverte DNS Globale** - `p_cscf_discovery_enabled: true` dans la configuration PCO globale
3. **Liste Statique PCO de Règle** - `p_cscf_ipv4_address_list` dans l'override PCO de règle
4. **Liste Statique PCO Globale** (Secours) - `p_cscf_ipv4_address_list` dans la configuration PCO globale

**Surveillance :**

Toutes les tentatives de découverte P-CSCF sont journalisées et suivies avec des métriques :

- Taux de succès/échec des requêtes DNS
- Latence de découverte
- Statistiques d'utilisation des secours
- Métriques de découverte par règle et globale

Voir Surveillance P-CSCF pour des détails complets sur la surveillance.

**Options de Configuration :**

| Paramètre | Type | Par Défaut | Description |
|---|---|---|---|
| `p_cscf_discovery_enabled` | Booléen | `false` | Activer la découverte dynamique P-CSCF basée sur DNS |
| `p_cscf_discovery_dns_server` | Tuple (IP) | `nil` | Adresse IP du serveur DNS sous forme de tuple 4 (ex. : `{10, 179, 2, 177}`) |
| `p_cscf_discovery_timeout_ms` | Entier | `5000` | Délai d'attente pour les requêtes DNS en millisecondes |

**Cas d'Utilisation :**

- **Déploiements IMS Dynamiques** - Les adresses P-CSCF changent en fonction de la configuration DNS
- **Équilibrage de Charge Géographique** - DNS renvoie les serveurs P-CSCF les plus proches
- **Haute Disponibilité** - DNS renvoie automatiquement les serveurs P-CSCF disponibles
- **Environnements Multi-Tenants** - Différents abonnés obtiennent différents serveurs P-CSCF

**Exemple : IMS en Production avec Découverte DNS**

```
pco: %{
  primary_dns_server_address: "10.0.0.10",
  secondary_dns_server_address: "10.0.0.11",

  # Activer la découverte dynamique P-CSCF
  p_cscf_discovery_enabled: true,
  p_cscf_discovery_dns_server: {10, 179, 2, 177},  # Serveur DNS
IMS
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 3000,

  # Adresses P-CSCF de secours (si DNS échoue)
  p_cscf_ipv4_address_list: [
    "10.0.0.50",  # Secours principal
    "10.0.0.51"   # Secours secondaire
  ],

  ipv4_link_mtu_size: 1400
}
```

**Découverte P-CSCF par Règle :**

La découverte P-CSCF peut également être configurée par règle de sélection UPF. Cela permet à différents APN d'utiliser différents serveurs DNS pour la découverte P-CSCF :

```
# Dans la configuration de sélection upf
rules: [
  %{
    name: "Trafic IMS",
    priority: 20,
    match_field: :apn,
    match_regex: "^ims",
    upf_pool: [...],

    # Découverte P-CSCF par règle
    p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org"
  }
]
```

Voir Configuration de Sélection UPF pour des détails sur la découverte P-CSCF par règle.

**Voir aussi :** Surveillance P-CSCF pour surveiller la découverte et la santé P-CSCF

## Serveurs NBNS (NetBIOS)

**Pour la Compatibilité des Appareils Windows :**

```
pco: %{
  primary_nbns_server_address: "10.0.0.20",
  secondary_nbns_server_address: "10.0.0.21"
}
```

**Quand Utiliser :**

- Réseaux d'entreprise avec des appareils Windows
- Support d'applications héritées
- Résolution de noms NetBIOS requise

## Taille MTU du Lien

**Unité de Transmission Maximale :**

```
pco: %{
  ipv4_link_mtu_size: 1400  # octets
}
```

**Valeurs MTU Courantes :**

| MTU | Cas d'Utilisation |
|---|---|
| **1500** | Ethernet Standard (sans tunneling) |
| **1400** | Surcharge de tunneling GTP prise en compte |
| **1420** | Surcharge réduite |
| **1280** | MTU minimum IPv6 |
| **1360** | Environnements VPN/tunnel |

**Recommandation :** Utilisez **1400** pour LTE afin de tenir compte de la surcharge GTP-U.

---

# Exemples de Configuration

## APN Internet

```
pco: %{
  primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
  secondary_dns_server_address: "8.8.4.4",
  ipv4_link_mtu_size: 1400
}
```

## APN IMS

```
pco: %{
  primary_dns_server_address: "10.0.0.10",
  secondary_dns_server_address: "10.0.0.11",
  p_cscf_ipv4_address_list: [
    "10.0.0.50",
    "10.0.0.51"
  ],
  ipv4_link_mtu_size: 1400
}
```

**Voir :** Surveillance P-CSCF pour surveiller les taux de succès d'enregistrement IMS et la santé P-CSCF

## APN Entreprise

```
pco: %{
  primary_dns_server_address: "10.100.0.10",
  secondary_dns_server_address: "10.100.0.11",
  primary_nbns_server_address: "10.100.0.20",
  secondary_nbns_server_address: "10.100.0.21",
  ipv4_link_mtu_size: 1400
}
```

---

# PCO dans les Messages GTP-C

## Réponse de Création de Session

OmniPGW inclut PCO dans le message **Réponse de Création de Session** :

```
Réponse de Création de Session
├── Cause : Demande acceptée
├── Adresse IP de l'UE : 100.64.1.42
├── PCO (Options de Configuration du Protocole)
│   ├── Adresse IPv4 du Serveur DNS : 8.8.8.8
│   ├── Adresse IPv4 du Serveur DNS : 8.8.4.4
│   ├── Adresse IPv4 du P-CSCF : 10.0.0.50
│   ├── Adresse IPv4 du P-CSCF : 10.0.0.51
│   └── MTU Lien IPv4 : 1400
```

## Traitement de l'UE

L'UE reçoit PCO et :

1. Configure le résolveur DNS avec les serveurs fournis
2. S'enregistre auprès du P-CSCF pour les services IMS
3. Définit la MTU d'interface à la valeur spécifiée

---

# Dépannage

## Problème : L'UE Ne Peut Pas Résoudre DNS

**Symptômes :**

- L'UE a une adresse IP mais ne peut pas accéder à Internet
- Les recherches DNS échouent

**Causes Possibles :**

1. Adresses de serveur DNS incorrectes dans la configuration PCO
2. Serveurs DNS inaccessibles depuis le pool IP de l'UE
3. Pare-feu bloquant le trafic DNS

**Résolution :**

```
# Tester la connectivité du serveur DNS
ping 8.8.8.8

# Tester la résolution DNS depuis le réseau de l'UE
nslookup google.com 8.8.8.8

# Vérifier la configuration PCO
grep "primary_dns_server_address" config/runtime.exs
```

# Problème : Échec de l'Enregistrement IMS

**Symptômes :**

- Les appels VoLTE échouent
- L'UE affiche "Pas d'enregistrement IMS"

**Causes Possibles :**

1. Configuration P-CSCF manquante
2. Adresses IP P-CSCF incorrectes
3. P-CSCF inaccessibles

**Résolution :**

```
# Vérifier la configuration P-CSCF
pco: %{
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.0.0.50"]  # S'assurer qu'elle
n'est pas vide
}
```

# Problème : Problèmes de MTU

**Symptômes :**

- Certains sites Web se chargent, d'autres non
- Les transferts de fichiers volumineux échouent
- Problèmes de fragmentation

**Causes Possibles :**

- MTU trop grande pour la surcharge de tunneling
- MTU trop petite causant une fragmentation excessive

**Résolution :**

```
# Recommandé : 1400 pour le tunneling GTP
pco: %{
  ipv4_link_mtu_size: 1400
}

# Si des problèmes persistent, essayer plus bas
pco: %{
  ipv4_link_mtu_size: 1360
}
```

---

# Meilleures Pratiques

## Configuration DNS

1. **Utiliser des Serveurs DNS Fiables**
    - Public : Google (8.8.8.8), Cloudflare (1.1.1.1)
    - Privé : DNS interne pour l'entreprise
2. **Toujours Configurer un Secondaire**
    - Fournit de la redondance
    - Améliore la fiabilité
3. **Considérer la Sécurité DNS**
    - Résolveurs compatibles DNSSEC
    - Filtrage DNS pour la sécurité

## Configuration IMS

1. **Fournir Plusieurs P-CSCF**
    - Au moins 2 pour la redondance
    - Distribution géographique si possible
2. **Assurer la Connectivité**
    - Le P-CSCF doit être accessible depuis le pool IP de l'UE
    - Tester la connectivité SIP

## Optimisation de la MTU

1. **Tenir Compte de la Surcharge**
    - GTP-U : 36 octets (IPv4)
    - IPsec : Variable (50-100 octets)
2. **MTU Standard LTE**
    - Recommandé : **1400 octets**
    - Équilibre entre débit et compatibilité
3. **Tester de Bout en Bout**
    - Découverte MTU de chemin
    - Tester avec de gros paquets

---

# Documentation Connexe

## Guides de Configuration

- **Guide de Configuration** - Référence complète de runtime.exs, sélection UPF avec overrides PCO
- **Attribution IP de l'UE** - Gestion du pool IP, attribution basée sur APN

- **Surveillance P-CSCF** - Surveillance de la découverte P-CSCF, suivi de la santé, métriques

## Gestion des Sessions et Interfaces

- **Gestion des Sessions** - Cycle de vie de la session PDN, établissement de porteur
- **Interface S5/S8** - Protocole GTP-C, encodage et livraison PCO
- **Interface PFCP** - Établissement de session de plan utilisateur

## IMS et VoLTE

- **Interface Diameter Gx** - Contrôle de politique pour les porteurs IMS
- **Guide de Surveillance** - Métriques et tableaux de bord liés à PCO

---

**Retour au Guide des Opérations**

---

# Découverte et Surveillance du P-CSCF

**Découverte Dynamique du Serveur P-CSCF avec Surveillance en Temps Réel**

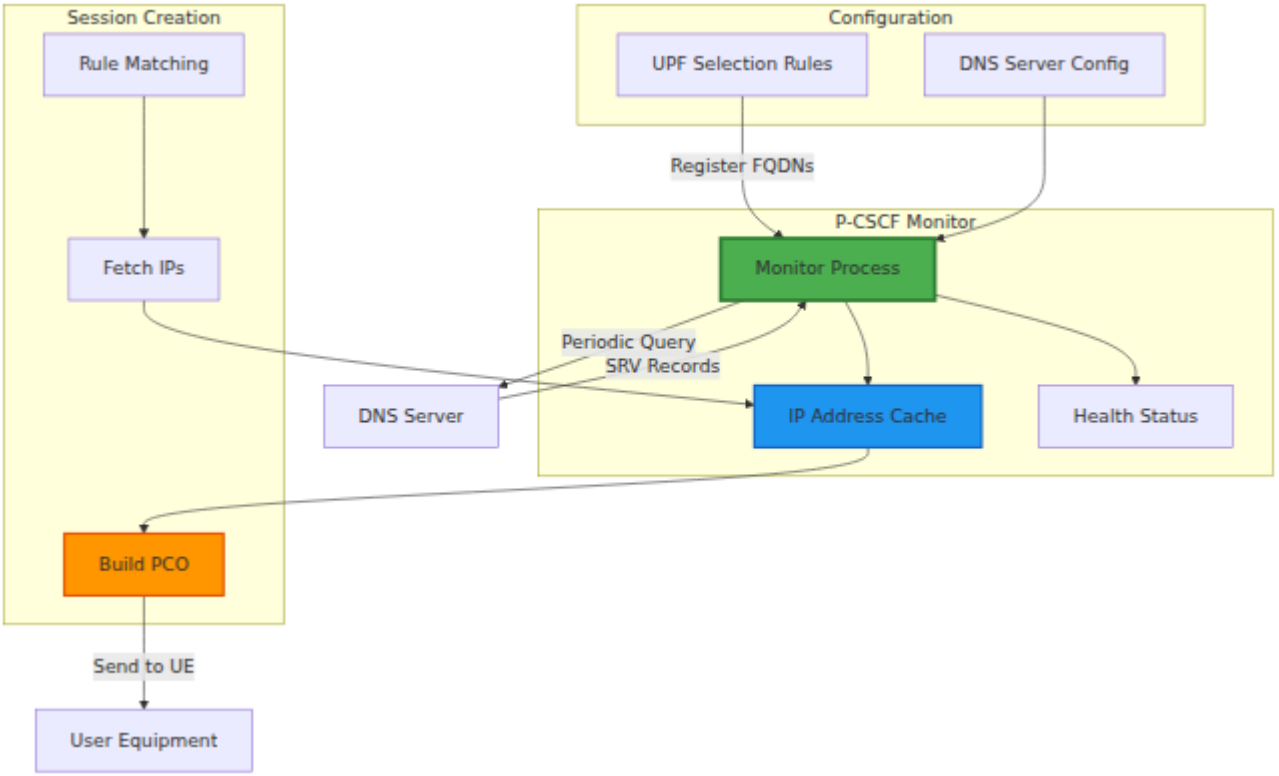
*OmniPGW par Omnitouch Network Services*

---

# Aperçu

**La Découverte et la Surveillance du P-CSCF (Fonction de Contrôle de Session d'Appel Proxy)** fournissent une découverte dynamique des serveurs IMS P-CSCF en utilisant des requêtes DNS SRV avec vérification de santé SIP OPTIONS en temps réel. Cette fonctionnalité permet :

- **Découverte P-CSCF par Règle** : Différents serveurs P-CSCF pour différents types de trafic
- **Surveillance Automatique** : Un processus en arrière-plan surveille en continu la résolution DNS (toutes les 60 secondes)
- **Vérifications de Santé SIP OPTIONS** : Vérifie que les serveurs P-CSCF sont actifs via des pings SIP OPTIONS
  - **TCP d'Abord** : Tente SIP OPTIONS via TCP (préféré pour la fiabilité)
  - **Repli UDP** : Repli vers UDP si TCP échoue
  - **Suivi de Statut** : Marque chaque serveur comme :up ou :down en fonction de la réponse
- **Suivi de Santé en Temps Réel** : L'interface Web affiche le statut de résolution, les IP découvertes et le statut de santé
- **Repli Élégant** : Stratégie de repli en trois niveaux pour une fiabilité maximale
- **Métriques Prometheus** : Observabilité complète via des métriques Prometheus




---

# Table des Matières



---

# Démarrage Rapide

## Configuration de Base

```
# config/runtime.exs

# Configuration globale du PCO (serveur DNS pour la découverte P-
CSCF)
config :pgw_c,
  pco: %{
    p_cscf_discovery_dns_server: "10.179.2.177",
    p_cscf_discovery_enabled: true,
    p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000
  },

  upf_selection: %{
    rules: [
      # Trafic IMS - Découverte dynamique du P-CSCF
      %{
        name: "Trafic IMS",
        priority: 20,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^ims",
        upf_pool: [
          %{remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805,
weight: 80}
        ],
        # FQDN de découverte P-CSCF (voir le Guide de
Configuration pour plus de règles de sélection UPF)
        p_cscf_discovery_fqdn:
"pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org",
        # Repli statique (voir le Guide de Configuration PCO)
        pco: %{
          p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100",
"10.101.2.101"]
        }
      }
    ]
  }
```

Voir le Guide de Configuration pour la configuration complète des règles de sélection UPF et le PCO Configuration pour les options de repli statique P-CSCF.

## Surveillance d'Accès

1. Démarrer OmniPGW
2. Naviguer vers **Web UI → P-CSCF Monitor** (`https://localhost:8086/pcscf_monitor`)
3. Voir le statut de résolution en temps réel et les IP découvertes

---

# Configuration

## Paramètres Globaux de Découverte P-CSCF

Configurer le serveur DNS utilisé pour la découverte P-CSCF dans la section PCO :

```
pco: %{
  # Serveur DNS pour la découverte P-CSCF (séparé du DNS donné à
l'UE)
  p_cscf_discovery_dns_server: "10.179.2.177",

  # Activer la fonctionnalité de découverte DNS P-CSCF
  p_cscf_discovery_enabled: true,

  # Délai d'attente pour les requêtes DNS SRV (millisecondes)
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000,

  # Adresses P-CSCF statiques (repli global)
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.146"]
}
```

## FQDN P-CSCF par Règle

Chaque règle de sélection UPF peut spécifier son propre FQDN de découverte P-CSCF :

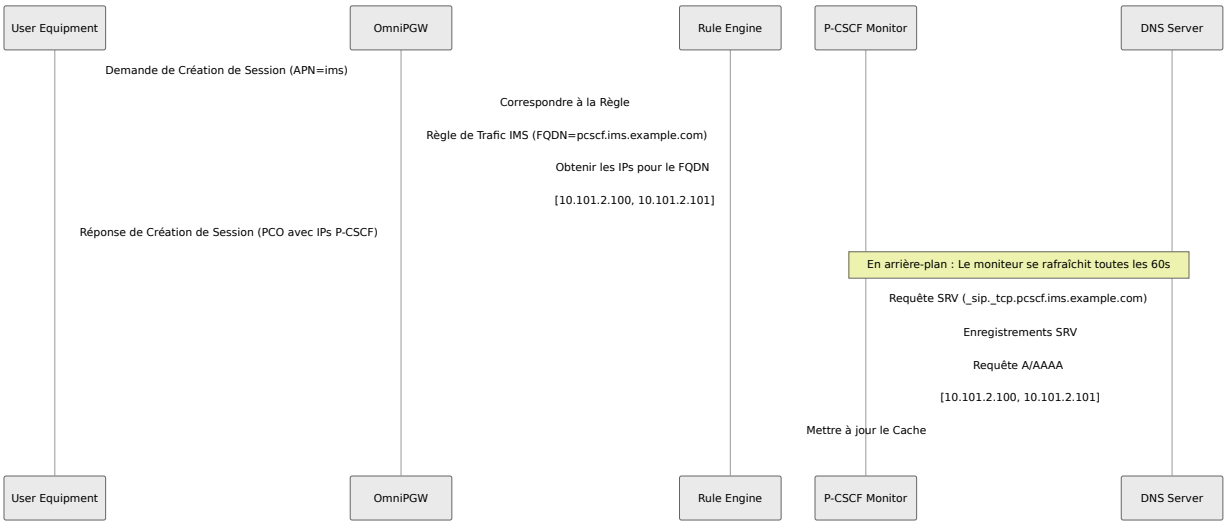
```
upf_selection: %{
  rules: [
    # Trafic IMS - P-CSCF spécifique à l'IMS
    %{
      name: "Trafic IMS",
      match_field: :apn,
      match_regex: "^ims",
      upf_pool: [...],
      p_cscf_discovery_fqdn:
"pcscf.ims.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org",
      pco: %{
        p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"]  # Repli
      }
    },

    # Entreprise - P-CSCF spécifique à l'entreprise
    %{
      name: "Trafic Entreprise",
      match_field: :apn,
      match_regex: "^enterprise",
      upf_pool: [...],
      p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.enterprise.example.com",
      pco: %{
        p_cscf_ipv4_address_list: ["192.168.1.50"]  # Repli
      }
    },

    # Internet - Pas de découverte P-CSCF (utilise la
configuration globale)
    %{
      name: "Trafic Internet",
      match_field: :apn,
      match_regex: "^internet",
      upf_pool: [...]
      # Pas de p_cscf_discovery_fqdn - utilise la configuration
PCO globale
    }
  ]
}
```

# Comment Ça Marche

## Processus de Démarrage

1. **L'application démarre**
    - Le GenServer de surveillance P-CSCF s'initialise
    - Le parseur de configuration extrait tous les FQDN P-CSCF uniques des règles de sélection UPF
2. **Enregistrement des FQDN**
    - Chaque FQDN unique est enregistré auprès du moniteur
    - Le moniteur effectue une requête DNS SRV initiale pour chaque FQDN
    - **Vérification de Santé SIP OPTIONS** (en parallèle pour tous les serveurs découverts) :
        - Essayer TCP d'abord (`SIP/2.0/TCP` sur le port 5060)
        - Si TCP échoue, repli vers UDP (`SIP/2.0/UDP` sur le port 5060)
        - Marquer chaque serveur comme `:up` (répond) ou `:down` (pas de réponse/délai d'attente)
    - Les résultats (IPs, statut de santé ou erreurs) sont mis en cache avec des horodatages
3. **Surveillance Périodique** (Toutes les 60 secondes)
    - Le moniteur rafraîchit tous les FQDN
    - Les requêtes DNS s'exécutent en arrière-plan sans blocage
    - Pour chaque serveur découvert :
        - Envoyer SIP OPTIONS via TCP (délai d'attente : 5 secondes)
        - Si TCP échoue, essayer UDP (délai d'attente : 5 secondes)
        - Mettre à jour le statut de santé en fonction de la réponse
    - Le cache est mis à jour avec les derniers résultats DNS et le statut de santé

# Flux de Création de Session




# Processus de Requête DNS

Le moniteur utilise **les enregistrements DNS SRV** pour la découverte directe du P-CSCF :

1. **Requête SRV** : Requête des enregistrements SRV à `_sip._tcp.{fqdn}`
2. **Tri par Priorité** : Trier par priorité et poids
3. **Extraction de Cible** : Extraire les noms d'hôtes cibles des enregistrements SRV
4. **Résolution de Nom d'Hôte** : Résoudre les noms d'hôtes cibles en adresses IP (enregistrements A/AAAA)
5. **Mise en Cache** : Mettre en cache les IP résolues avec statut et horodatage

# Précédence de Sélection d'Adresse P-CSCF

**Lorsque à la fois le FQDN et le PCO statique sont configurés sur une règle, le FQDN prend la priorité :**

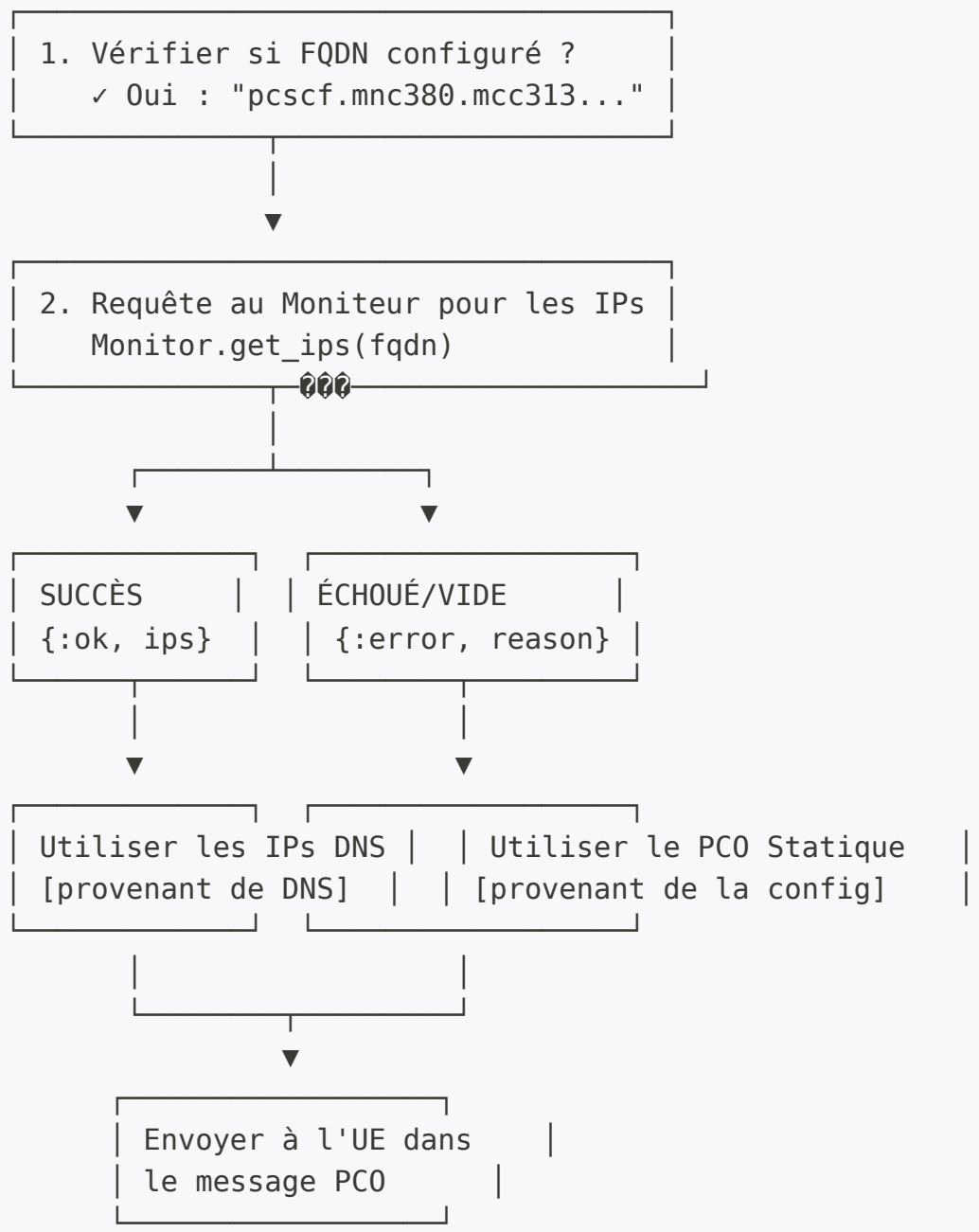
```
%{
  name: "Trafic IMS",
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org",  #
← Essayer D'ABORD
  pco: %{
    p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"]   #
← Repli
  }
}
```

**Logique de Sélection :**

| Condition | Source P-CSCF | IPs Utilisées | Mes<br>Jo |
|---|---|---|---|
| **Le FQDN se résout avec succès** | Découverte DNS (Moniteur) | IPs découvertes via DNS | `"Utilis`<br>`adresse`<br>`FQDN`<br>`pcscf.e` |
| **Le FQDN échoue à se résoudre** | Remplacement PCO de la Règle | IPs statiques de `pco.p_cscf_ipv4_address_list` | `"Échec`<br>`l'obten`<br>`IPs P-C`<br>`FQDN...`<br>`vers la`<br>`configu`<br>`statiqu` |
| **Le FQDN retourne une liste vide** | Remplacement PCO de la Règle | IPs statiques de `pco.p_cscf_ipv4_address_list` | Repli dé |
| **Moniteur indisponible** | Remplacement PCO de la Règle | IPs statiques de `pco.p_cscf_ipv4_address_list` | L'erreur<br>le repli |
| **Aucun FQDN configuré** | Remplacement PCO de la Règle ou Global | IPs statiques de la règle ou configuration globale | Utilise d<br>la config<br>statique |

**Flux d'Exemple :**

Création de Session pour la Règle de Trafic IMS :




**Scénarios Réels :**

**Scénario 1 : La Découverte DNS Fonctionne □**

```
Configuration :
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com"
  pco.p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"]

Résultat DNS : [10.101.2.150, 10.101.2.151]
L'UE reçoit : [10.101.2.150, 10.101.2.151] ← Provenant de DNS
Remarque : Le PCO statique est ignoré lorsque DNS réussit
```

**Scénario 2 : DNS Échoue, Repli Élégant ⚠**

```
Configuration :
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com"
  pco.p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"]

Résultat DNS : ERREUR :no_naptr_records
L'UE reçoit : [10.101.2.100] ← Provenant du PCO statique
Remarque : La session réussit malgré l'échec de DNS
```

**Scénario 3 : Aucun FQDN Configuré**

```
Configuration :
  # Pas de p_cscf_discovery_fqdn
  pco.p_cscf_ipv4_address_list: ["192.168.1.50"]

L'UE reçoit : [192.168.1.50] ← Provenant du PCO statique
Remarque : La découverte DNS n'est pas tentée
```

**Pourquoi ce Design ?**

1. **Préférer Dynamique** : DNS offre flexibilité, équilibrage de charge et routage conscient de la localisation
2. **Assurer la Fiabilité** : Le repli statique garantit que les sessions ne échouent jamais en raison de problèmes DNS
3. **Aucune Intervention Manuelle** : Basculement automatique sans intervention de l'opérateur
4. **Sécurisé en Production** : Le meilleur des deux mondes - agilité avec stabilité

**Recommandation** : Toujours configurer à la fois le FQDN et le PCO statique pour les déploiements en production :

```
# ✓ RECOMMANDÉ : Dynamique avec repli
%{
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com",  # Préféré
  pco: %{
    p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"]     # Filet de
sécurité
  }
}

# ⚠ RISQUÉ : Dynamique uniquement (repli vers le PCO global)
%{
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com"
  # Pas de repli spécifique à la règle !
}

# ✓ VALIDE : Statique uniquement (pas de surcharge DNS)
%{
  pco: %{
    p_cscf_ipv4_address_list: ["192.168.1.50"]
  }
}
```

---

# Surveillance de l'Interface Web

## Page de Surveillance P-CSCF

Accédez à l'interface de surveillance à : `https://localhost:8086/pcscf_monitor`

**Fonctionnalités :**

- **Statistiques d'Aperçu**
  - Total des FQDN surveillés
  - FQDN résolus avec succès
  - Résolutions échouées
  - Total des IPs P-CSCF découvertes
- **Tableau FQDN**
  - FQDN surveillé
  - Statut de résolution (✓ Résolu / ✗ Échoué / □ En Attente)
  - Nombre d'IPs découvertes
  - Liste des adresses IP résolues (avec détails de serveur extensibles)
  - Horodatage de la dernière mise à jour
  - Bouton de rafraîchissement manuel par FQDN
  - **Statut de Santé** : Chaque serveur découvert montre :
    - Adresse IP et port
    - Nom d'hôte (provenant de la cible DNS SRV)
    - Indicateur de santé en temps réel (✓ Actif / ✗ Inactif)

- **Contrôles de Rafraîchissement**
  - Bouton **Rafraîchir Tout** : Déclenche une nouvelle requête immédiate de tous les FQDN
  - **Rafraîchissement par FQDN** : Rafraîchir les FQDN individuels à la demande
  - Auto-rafraîchissement : La page se met à jour toutes les 5 secondes
- **Tableau de Bord des Métriques de Surveillance**
  - **Total FQDN** : Nombre de FQDN uniques enregistrés pour la surveillance
  - **Résolus avec Succès** : FQDN qui se sont résolus avec succès via DNS
  - **Résolutions DNS Échouées** : FQDN qui ont échoué à se résoudre
  - **Total des Serveurs P-CSCF** : Nombre total de serveurs découverts à travers tous les FQDN
  - ✓ **Sains (SIP OPTIONS UP)** : Serveurs répondant aux vérifications de santé SIP OPTIONS
  - ✗ **Malades (SIP OPTIONS DOWN)** : Serveurs ne répondant pas aux SIP OPTIONS
  - **Taux de Réussite DNS** : Pourcentage de résolutions DNS réussies
  - **Intervalle de Vérification de Santé** : Fréquence des vérifications de santé SIP OPTIONS (60s, délai de 5s)

Le tableau de bord des métriques fournit une visibilité en temps réel sur la santé de la résolution DNS et la disponibilité des serveurs P-CSCF via SIP OPTIONS.

## Intégration de la Page de Sélection UPF

La page de Sélection UPF (`/upf_selection`) affiche le statut de découverte P-CSCF pour chaque règle :

```
 Trafic IMS (Priorité 20)
   Correspondance : APN correspondant à ^ims
   Pool : UPF-IMS-Primary (10.100.2.21:8805)

    Découverte P-CSCF
      FQDN : pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org
      Statut : ✓ Résolu (2 IPs)
      IPs Résolues : 10.101.2.100, 10.101.2.101

   ⚙ Remplacements PCO
      DNS Principal : 10.103.2.195
      P-CSCF (repli statique) : 10.101.2.100, 10.101.2.101
```

---

# Métriques et Observabilité

## Métriques Prometheus

Le système de surveillance P-CSCF expose des métriques via Prometheus (port 42069 par défaut) :

### Métriques de Type Gauge

```
# Métriques au niveau FQDN
pcscf_fqdns_total                       # Nombre total de FQDN
surveillés
pcscf_fqdns_resolved                    # FQDN résolus avec succès
(DNS réussi)
pcscf_fqdns_failed                      # Résolutions de FQDN
échouées (DNS échoué)

# Métriques au niveau serveur (agrégées)
pcscf_servers_total                     # Nombre total de serveurs
P-CSCF découverts via DNS SRV
pcscf_servers_healthy                   # Serveurs répondant aux
SIP OPTIONS (agrégées)
pcscf_servers_unhealthy                 # Serveurs ne répondant pas
aux SIP OPTIONS (agrégées)

# Métriques au niveau serveur (par FQDN avec étiquette)
pcscf_servers_healthy{fqdn="..."}      # Serveurs sains pour un
FQDN spécifique
pcscf_servers_unhealthy{fqdn="..."}    # Serveurs malades pour un
FQDN spécifique
```

**Détails de Vérification de Santé :**

- `healthy` : Le serveur a répondu au ping SIP OPTIONS (TCP ou UDP)
- `unhealthy` : Le serveur n'a pas répondu aux SIP OPTIONS (délai d'attente de 5s par transport)

# Exemples de Métriques

**Métriques de Résolution DNS :**

```
# Requête des FQDN résolus avec succès
pcscf_fqdns_resolved

# Calculer le taux de réussite DNS
(pcscf_fqdns_resolved / pcscf_fqdns_total) * 100

# Total des serveurs découverts
pcscf_servers_total
```

**Métriques de Santé SIP OPTIONS :**

```
# Total des serveurs sains à travers tous les FQDN
pcscf_servers_healthy

# Total des serveurs malades
pcscf_servers_unhealthy

# Calculer le taux de réussite de la vérification de santé
(pcscf_servers_healthy / pcscf_servers_total) * 100

# Serveurs sains pour un FQDN spécifique
pcscf_servers_healthy{fqdn="pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org"}

# Alerte sur tous les serveurs en panne
pcscf_servers_healthy == 0 AND pcscf_servers_total > 0
```

**Exemples d'Alerte Prometheus :**

```yaml
# Alerte lorsque tous les serveurs P-CSCF sont en panne
- alert: AllPCSCFServersDown
  expr: pcscf_servers_healthy == 0 AND pcscf_servers_total > 0
  for: 5m
  labels:
    severity: critical
  annotations:
    summary: "Tous les serveurs P-CSCF sont malades"
    description: "{{ $value }} serveurs sains (0) - tous les
contrôles SIP OPTIONS échoués"

# Alerte lorsque plus de 50% des serveurs sont en panne
- alert: MajorityPCSCFServersDown
  expr: (pcscf_servers_healthy / pcscf_servers_total) < 0.5
  for: 5m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "La majorité des serveurs P-CSCF sont malades"
    description: "Seulement {{ $value }}% des serveurs répondent
aux SIP OPTIONS"

# Alerte sur les échecs de résolution DNS
- alert: PCSCFDNSResolutionFailed
  expr: pcscf_fqdns_failed > 0
  for: 5m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Échecs de résolution DNS P-CSCF"
    description: "{{ $value }} FQDN(s) échouant à se résoudre"
```

## Journalisation

Le moniteur enregistre les événements clés :

```
[info] Moniteur P-CSCF démarré
[info] Enregistrement de 2 FQDN P-CSCF uniques pour la
surveillance : ["pcscf.ims.example.com",
"pcscf.enterprise.example.com"]
[info] Moniteur P-CSCF : Enregistrement du FQDN
pcscf.ims.example.com
[debug] Moniteur P-CSCF : Résolution réussie de
pcscf.ims.example.com vers 2 IPs
[warning] Moniteur P-CSCF : Échec de la résolution de
pcscf.enterprise.example.com : :nxdomain
[debug] Utilisation des adresses P-CSCF du FQDN
pcscf.ims.example.com : [{10, 101, 2, 100}, {10, 101, 2, 101}]
```

---

# Stratégie de Repli

Le système utilise une **stratégie de repli en trois niveaux** pour une fiabilité maximale :

## Niveau 1 : Découverte DNS (Préférée)

```
p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com"
```

- Le moniteur interroge DNS et met en cache les IPs résolues
- La session utilise les IPs mises en cache si disponibles
- **Avantage** : Dynamique, équilibré, conscient de la localisation

## Niveau 2 : PCO Statique Spécifique à la Règle (Repli)

```
pco: %{
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"]
}
```

- Utilisé si la découverte DNS échoue ou ne retourne aucune IP

- Configuration statique spécifique à la règle
- **Avantage** : Repli spécifique à la règle, prévisible

## Niveau 3 : Configuration PCO Globale (Dernier Recours)

```
# Configuration PCO globale
pco: %{
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.146"]
}
```

- Utilisé si aucune configuration spécifique à la règle et que DNS échoue
- Adresses P-CSCF par défaut globales
- **Avantage** : Toujours disponible, empêche l'échec de session

## Exemple de Logique de Repli

```
La session correspond à la règle "Trafic IMS" :

1. Essayer la découverte DNS pour "pcscf.ims.example.com"
   ├─ Succès → Utiliser [10.101.2.100, 10.101.2.101] ✓
   └─ Échec → Essayer le niveau suivant

2. Essayer le remplacement PCO de la règle
   ├─ Configuré → Utiliser [10.101.2.100, 10.101.2.101] ✓
   └─ Non configuré → Essayer le niveau suivant

3. Utiliser la configuration PCO globale
   └─ Utiliser [10.101.2.146] ✓ (Réussit toujours)
```

---

# Configuration DNS

## Configuration du Serveur DNS

Configurer le serveur DNS avec des enregistrements SRV et A/AAAA pour la découverte P-CSCF :

```
; Enregistrements SRV pour P-CSCF (_sip._tcp préfixe est interrogé
automatiquement)
_sip._tcp.pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org. IN SRV 10 50 5060
pcscf1.example.com.
_sip._tcp.pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org. IN SRV 20 50 5060
pcscf2.example.com.

; Enregistrements A
pcscf1.example.com. IN A 10.101.2.100
pcscf2.example.com. IN A 10.101.2.101
```

**Important** : OmniPGW préfixe automatiquement `_sip._tcp.` au FQDN configuré. Si vous configurez `p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org"`, le système interrogera `_sip._tcp.pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org`.

## Format d'Enregistrement SRV

Les enregistrements SRV suivent ce format :

```
_service._proto.domain. IN SRV priority weight port target.
```

- **Priorité** : Les valeurs plus basses ont une priorité plus élevée (10 avant 20)
- **Poids** : Pour l'équilibrage de charge parmi la même priorité (plus élevé = plus de trafic)
- **Port** : Port SIP (typiquement 5060 pour TCP, 5060 pour UDP)
- **Cible** : Nom d'hôte à résoudre en adresse IP

## Tester la Configuration DNS

```
# Interroger les enregistrements SRV (notez le préfixe _sip._tcp)
dig SRV _sip._tcp.pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org
@10.179.2.177

# Sortie attendue :
# _sip._tcp.pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org. 300 IN SRV 10 50
5060 pcscf1.example.com.

# Résoudre le nom d'hôte P-CSCF en IP
dig A pcscf1.example.com @10.179.2.177

# Sortie attendue :
# pcscf1.example.com. 300 IN A 10.101.2.100
```

---

# Dépannage

## Problème : FQDN Affiche le Statut "Échoué"

**Symptômes :**

- L'interface Web affiche un statut ✗ Échoué
- Erreur : `:nxdomain`, `:timeout`, ou `:no_naptr_records`

**Causes Possibles :**

1. Serveur DNS non joignable
2. FQDN n'existe pas dans DNS
3. Aucun enregistrement NAPTR configuré
4. Délai d'attente du serveur DNS

**Résolution :**

```
# 1. Tester la connectivité du serveur DNS
ping 10.179.2.177

# 2. Tester la requête NAPTR manuellement
dig NAPTR pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org @10.179.2.177

# 3. Vérifier les journaux OmniPGW
grep "P-CSCF" /var/log/pgw_c.log

# 4. Vérifier la configuration
grep "p_cscf_discovery_dns_server" config/runtime.exs

# 5. Rafraîchissement manuel dans l'interface Web
# Cliquez sur le bouton "Rafraîchir" à côté du FQDN échoué
```

# Problème : Aucune IP Retourne

**Symptômes :**

- L'interface Web affiche "0 IPs"
- Le statut peut être ✓ Résolu ou ✗ Échoué

**Causes Possibles :**

1. Les enregistrements NAPTR existent mais les FQDN de remplacement ne se résolvent pas
2. Le champ de service ne correspond pas au modèle IMS/SIP
3. Enregistrements A/AAAA manquants

**Résolution :**

```
# Vérifier le champ de service de l'enregistrement NAPTR
dig NAPTR pcscf.example.com @10.179.2.177

# Assurez-vous que le service contient "SIP" ou "IMS" :
# CORRECT : "SIP+D2U", "x-3gpp-ims:sip"
# FAUX : "HTTP", "FTP"

# Vérifier que les enregistrements A/AAAA existent
dig pcscf1.example.com A @10.179.2.177
```

## Problème : Les Sessions Utilisent le Mauvais P-CSCF

**Symptômes :**

- L'UE reçoit des adresses P-CSCF inattendues
- Le repli statique utilisé au lieu des IP découvertes

**Causes Possibles :**

1. La découverte DNS a échoué mais le repli fonctionne
2. Correspondance de règle incorrecte
3. FQDN non enregistré

**Résolution :**

```
# 1. Vérifier la page du Moniteur P-CSCF
# Vérifier que le FQDN est enregistré et résolu

# 2. Vérifier les journaux de session
grep "Utilisation des adresses P-CSCF du FQDN" /var/log/pgw_c.log

# 3. Vérifier la page de Sélection UPF
# Vérifier que la règle montre le bon FQDN et le statut

# 4. Tester la correspondance de règle
# Créer une session avec un APN spécifique et vérifier quelle
règle correspond
```

## Problème : Latence Élevée des Requêtes DNS

**Symptômes :**

- Création de session lente
- Les métriques montrent une haute `pcscf_discovery_query_duration_seconds`

**Causes Possibles :**

1. Problèmes de performance du serveur DNS
2. Latence réseau vers le serveur DNS
3. Délai d'attente trop élevé

**Résolution :**

```
# Réduire le délai d'attente de requête
pco: %{
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 2000  # Réduire de 5000ms
}

# Envisager d'utiliser un serveur DNS plus proche
pco: %{
  p_cscf_discovery_dns_server: "10.0.0.10"  # DNS local
}
```

---

# Meilleures Pratiques

## 1. Sélection du Serveur DNS

**Utiliser un Serveur DNS Dédié**

```
pco: %{
  # DNS dédié pour la découverte P-CSCF (pas le même que le DNS de
l'UE)
  p_cscf_discovery_dns_server: "10.179.2.177",

  # Serveurs DNS de l'UE (donnés aux appareils mobiles)
  primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
  secondary_dns_server_address: "8.8.4.4"
}
```

**Pourquoi ?**

- Séparer les préoccupations : DNS de l'UE vs. DNS IMS interne
- Politiques d'accès et sécurité différentes
- Mise à l'échelle et fiabilité indépendantes

# 2. Toujours Configurer un Repli Statique

```
%{
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com",  # Préféré
  pco: %{
    p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"]  # Repli requis
  }
}
```

**Pourquoi ?**

- Assure que les sessions réussissent même si DNS échoue
- Dégradation élégante
- Répond aux exigences SLA

## 3. Utiliser des FQDN Spécifiques par Type de Trafic

```
rules: [
  # IMS
  %{
    name: "IMS",
    match_regex: "^ims",
    p_cscf_discovery_fqdn:
"pcscf.ims.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org"
  },

  # Entreprise
  %{
    name: "Entreprise",
    match_regex: "^enterprise",
    p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.enterprise.example.com"
  }
]
```

**Pourquoi ?**

- Différents pools P-CSCF par service
- Meilleure distribution de charge
- Routage spécifique au service

## 4. Surveiller la Performance des Requêtes DNS

```
# Alerte sur une latence élevée des requêtes P-CSCF
alert: HighPCSCFQueryLatency
expr: histogram_quantile(0.95,
pcscf_discovery_query_duration_seconds_bucket) > 2
for: 5m
labels:
  severity: warning
annotations:
  summary: "Les requêtes DNS P-CSCF sont lentes (p95 > 2s)"
```

## 5. Vérifications de Santé DNS Régulières

- **Interface Web** : Vérifiez la page Moniteur P-CSCF quotidiennement
- **Métriques** : Surveillez la métrique `pcscf_monitor_fqdns_failed`
- **Journaux** : Surveillez les erreurs DNS
- **Tests** : Vérifiez périodiquement que les enregistrements DNS existent

## 6. Configurer un Délai d'Attente Approprié

```
# Production : Équilibrer fiabilité et latence
pco: %{
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000  # 5 secondes
}

# Haute performance : Favoriser la vitesse, compter sur le repli
pco: %{
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 2000  # 2 secondes
}
```

## 7. Utiliser la Redondance DNS

Configurer DNS primaire et secondaire :

```
# DNS P-CSCF primaire
pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org. IN NAPTR 10 50 "s" "SIP+D2U"
"" _sip._udp.pcscf1.example.com.

# DNS P-CSCF secondaire
pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org. IN NAPTR 20 50 "s" "SIP+D2U"
"" _sip._udp.pcscf2.example.com.
```

---

# Documentation Connexe

- **Configuration PCO** - Options de Configuration de Protocole, paramètres DNS et P-CSCF

- **Guide de Configuration** - Référence complète de configuration OmniPGW
- **Surveillance** - Métriques, journalisation et observabilité
- **Gestion de Session** - Cycle de vie de la session et livraison PCO
- **Interface PFCP** - Communication de la Fonction de Plan Utilisateur

---

**Retour à la Documentation Principale**

---

# Documentation de l'interface PFCP/Sxb

**Protocole de contrôle de transfert de paquets** - Communication entre PGW-C et PGW-U

---

## Table des matières



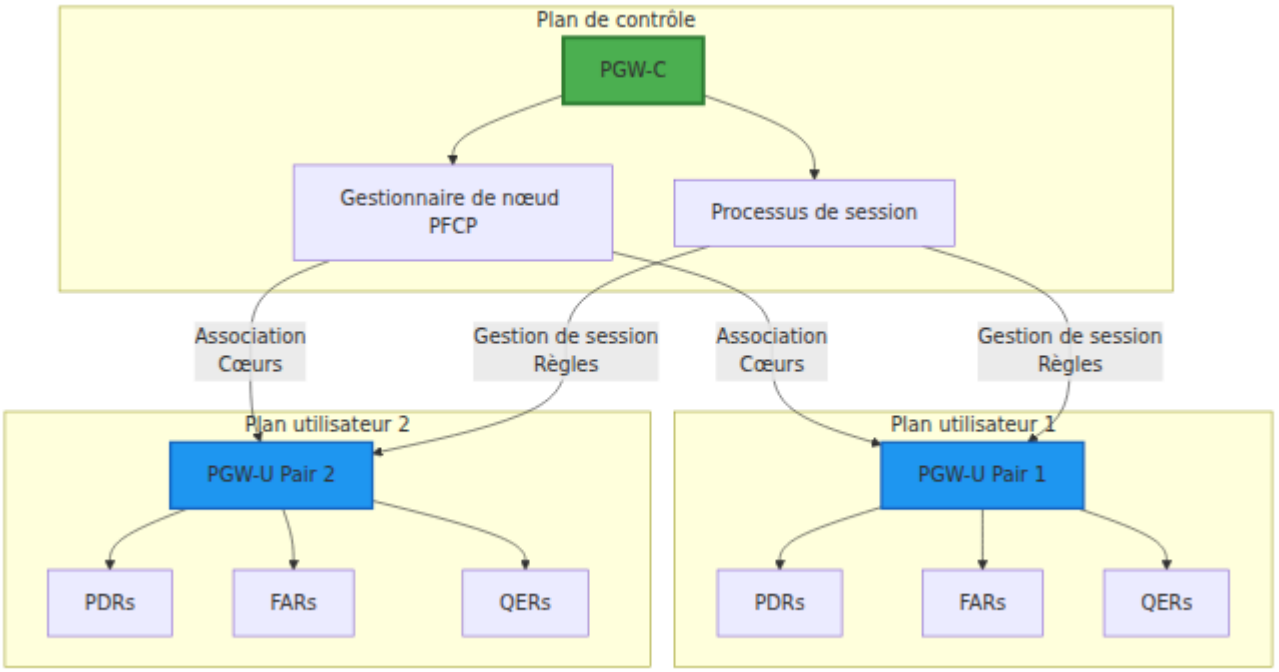
---

# Aperçu

L'**interface Sxb** utilise le **PFCP (Protocole de contrôle de transfert de paquets)** pour la communication entre le PGW-C (plan de contrôle) et le PGW-U (plan utilisateur). Cette séparation permet :

- **Plan de contrôle (PGW-C)** - Gère le signalement, la gestion des sessions, les décisions de politique
- **Plan utilisateur (PGW-U)** - Gère le transfert effectif de paquets à grande vitesse

## Architecture PFCP




---

# Notions de base sur le protocole

## Version PFCP

PGW-C implémente **PFCP Version 1** (3GPP TS 29.244).

## Transport

- **Protocole :** UDP
- **Port par défaut :** 8805
- **Format de message :** Encodé binaire selon la sp��cification PFCP

## Types d'identifiants de nœud

Les pairs PFCP sont identifiés par l'identifiant de nœud, qui peut être :

- **Adresse IPv4** - La plus courante
- **Adresse IPv6**

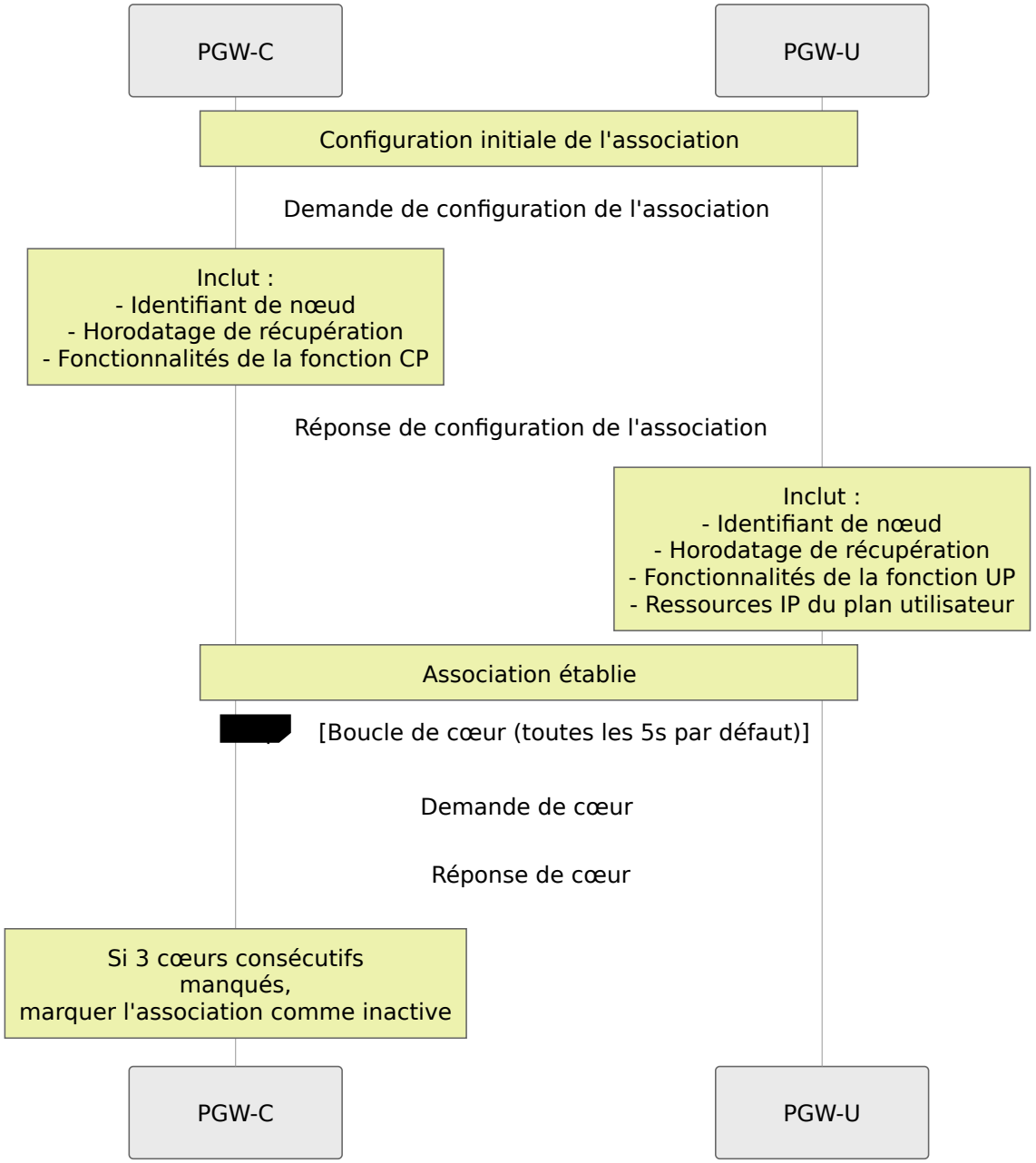
- **FQDN** (Nom de domaine pleinement qualifié)

---

# Gestion des associations PFCP

Avant que la gestion des sessions puisse avoir lieu, une **association** PFCP doit être établie entre PGW-C et PGW-U.

## Flux de configuration de l'association



## Gestion de l'��tat des pairs

Chaque pair PFCP maintient un état :

| Champ | Description |
|---|---|
| `is_associated` | Booléen indiquant l'état de l'association |
| `remote_node_id` | Identifiant de nœud du pair (IP ou FQDN) |
| `remote_ip_address` | Adresse IP pour la communication |
| `remote_port` | Port UDP (par défaut 8805) |
| `heartbeat_period_ms` | Intervalle de cœur en millisecondes |
| `missed_heartbeats_consecutive` | Compte des cœurs manqués |
| `up_function_features` | Fonctionnalités du plan utilisateur prises en charge |
| `up_recovery_time_stamp` | Horodatage de récupération du pair |

## Mécanisme de cœur

**But :** Détecter les pannes des pairs et maintenir la vivacité de l'association

**Configuration :**

```
# Dans config/runtime.exs
sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20"
},
upf_selection: %{
  fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.0.21", remote_port: 8805, weight:
100}
  ]
}
# Tous les UPFs sont automatiquement enregistrés avec des cœurs de
5 secondes
```

**Détection de pannes :**

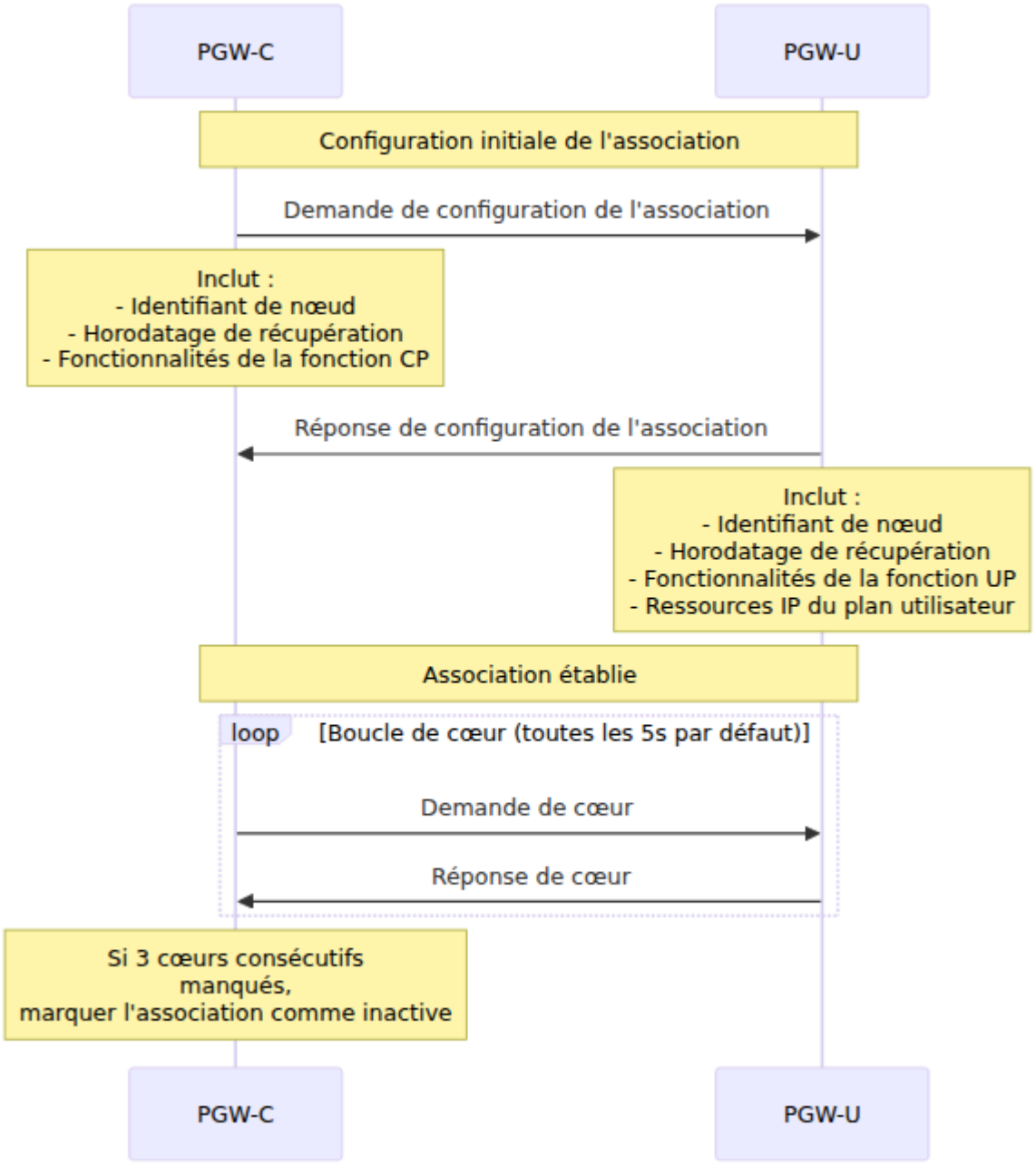
- Chaque cœur manqué incrémente `missed_heartbeats_consecutive`
- Typiquement configuré pour échouer après 3 manqués consécutifs
- Une association échouée empêche de nouvelles sessions vers ce pair

---

# Gestion des sessions PFCP

Les sessions PFCP sont créées pour chaque connexion PDN UE afin de programmer des règles de transfert dans le plan utilisateur.

# Cycle de vie de la session




# Établissement de session

**Quand :** L'UE s'attache et crée une connexion PDN

**PGW-C envoie à PGW-U :**

**Demande d'établissement de session** contenant :

- **SEID** (Identifiant de point de terminaison de session) - Identifiant de session unique
- **Identifiant de nœud** - Identifiant de nœud de PGW-C
- **F-SEID** - SEID pleinement qualifié (comprend IP + SEID)
- **PDRs** - Règles de détection de paquets (typiquement 2 : uplink + downlink)
- **FARs** - Règles d'action de transfert (typiquement 2 : uplink + downlink)
- **QERs** - Règles d'application de QoS (limites de débit)
- **BAR** - Règle d'action de mise en mémoire tampon (pour la mise en mémoire tampon en downlink)

**PGW-U répond :**

**Réponse d'établissement de session** contenant :

- **Cause** - Raison du succès ou de l'échec
- **F-SEID** - Point de terminaison de session de PGW-U
- **PDRs créés** - Accusé de réception des règles créées
- **F-TEID** - TEID pleinement qualifié pour l'interface S5/S8

# Modification de session

**Quand :** Des changements de QoS, des mises à jour de politique ou des modifications de bearer se produisent

**La modification peut inclure :**

- Ajout de nouveaux PDRs, FARs, QERs
- Suppression de règles existantes
- Mise à jour des paramètres de règle

# Suppression de session

**Quand :** L'UE se détache ou la connexion PDN est terminée

**Processus :**

1. PGW-C envoie une demande de suppression de session avec SEID

2. PGW-U supprime toutes les règles et libère les ressources
3. PGW-U répond avec une réponse de suppression de session

# Allocation de F-TEID

**F-TEID (Identifiant de point de terminaison de tunnel pleinement qualifié)** identifie les points de terminaison de tunnel GTP-U pour le trafic du plan utilisateur. Lors de l'établissement d'une session PFCP, quelqu'un doit allouer le F-TEID qui identifie où l'UPF doit envoyer le trafic uplink. Il existe deux approches :

### Comprendre l'allocation de F-TEID

**Ce qui est alloué :** Le F-TEID se compose de :

- **TEID** (Identifiant de point de terminaison de tunnel) - Numéro de 32 bits identifiant le tunnel
- **Adresse IP** - Où envoyer les paquets GTP-U (l'adresse IP de l'UPF)

**La question :** Qui alloue la valeur TEID ?

### Option 1 : L'UPF alloue (Recommandé par défaut)

- PGW-C dit "veuillez allouer un TEID pour moi" (drapeau CHOOSE)
- L'UPF choisit un TEID de son pool local et répond avec la valeur

### Option 2 : PGW-C alloue (Mode de compatibilité)

- PGW-C choisit un TEID et dit à l'UPF "utilisez ce TEID spécifique"
- L'UPF utilise le TEID fourni sans allocation

### Allocation UPF (Défaut - Recommandé)

**Configuration :**

```
sxb: %{
  allocate_uplink_f_teid: false  # Par défaut
}
```

**Comment cela fonctionne :**

1. PGW-C construit une demande d'établissement de session PFCP avec le drapeau F-TEID CHOOSE
2. L'UPF reçoit la demande, alloue le TEID de son pool interne
3. L'UPF répond avec le F-TEID alloué (TEID + adresse IP)
4. PGW-C stocke le F-TEID alloué pour la durée de la session

**Pourquoi c'est mieux (généralement) :**

**□ Séparation des préoccupations**

- L'UPF possède le plan utilisateur = L'UPF gère les identifiants du plan utilisateur
- Pas besoin pour PGW-C de suivre quels TEIDs l'UPF a disponibles
- Chaque composant gère son propre pool de ressources

**□ Scalabilité Multi-PGW-C**

- Plusieurs instances PGW-C peuvent parler au même UPF sans coordination
- Aucun risque de collisions de TEID entre différentes instances PGW-C
- L'UPF garantit l'unicité entre tous les pairs du plan de contrôle

**□ Comportement standard 3GPP**

- Le drapeau CHOOSE est défini dans 3GPP TS 29.244 à cet effet
- Les implémentations modernes de l'UPF le prennent en charge
- Suit le principe "laisser le propriétaire allouer"

**□ Échec de basculement plus simple**

- Si PGW-C redémarre, l'UPF possède toujours l'espace de noms TEID
- Pas besoin de synchroniser l'état d'allocation de TEID
- L'UPF peut continuer à utiliser les TEIDs existants

**Quand l'utiliser :**

- □ Déploiements de production avec des UPFs modernes (par défaut)

- □ Déploiements Multi-PGW-C partageant des pools d'UPF
- □ Architectures cloud-native avec des plans de contrôle sans état
- □ Vous voulez un comportement PFCP standard 3GPP

**Problèmes potentiels :**

- ⚠ Certaines implémentations d'UPF héritées ou propriétaires ne prennent pas en charge le drapeau CHOOSE
- ⚠ Si l'établissement de session échoue avec "IE obligatoire manquant" ou similaire, l'UPF peut ne pas prendre en charge CHOOSE

**Allocation PGW-C (Compatibilité héritée)**

**Configuration :**

```
sxb: %{
  allocate_uplink_f_teid: true
}
```

**Comment cela fonctionne :**

1. PGW-C alloue le TEID à partir du pool local lors de la création de session
2. PGW-C construit une demande d'établissement de session PFCP avec une valeur TEID explicite
3. L'UPF reçoit la demande, utilise le TEID fourni sans allocation
4. PGW-C et l'UPF suivent la même valeur TEID

**Pourquoi vous pourriez avoir besoin de cela :**

**□ L'UPF ne prend pas en charge CHOOSE**

- Certaines implémentations d'UPF (en particulier héritées/propriétaires) ne prennent pas en charge l'allocation dynamique
- L'UPF s'attend à un TEID explicite dans la demande d'établissement de session PFCP
- Seul contournement pour la compatibilité

**□ Gestion centralisée des TEID**

- Si vous avez besoin que PGW-C ait une visibilité complète sur tous les TEIDs alloués
- Utile pour le débogage des problèmes du plan utilisateur (PGW-C connaît les valeurs TEID exactes)
- Peut corréler le TEID dans les captures de paquets avec l'état de session

**□ Allocation déterministe**

- Si vous avez besoin de modèles d'allocation TEID prévisibles
- Certains environnements de test peuvent nécessiter des plages de TEID spécifiques

**Compromis :**

**⚠ Coordination requise pour Multi-PGW-C**

- Plusieurs instances PGW-C partageant un UPF doivent éviter les collisions de TEID
- Nécessite soit :
  - Plages de TEID partitionnées par PGW-C (configuration complexe)
  - Service d'allocation de TEID partagé (infrastructure supplémentaire)
  - Accepter le risque de collision avec allocation aléatoire (faible probabilité)

**⚠ Synchronisation d'état**

- PGW-C doit suivre les TEIDs alloués pour éviter la réutilisation
- L'état du pool de TEID est perdu lors du redémarrage de PGW-C (doit être reconstruit à partir des sessions)
- Scénarios de basculement plus complexes

**⚠ Comportement non standard**

- Pas le modèle de conception PFCP prévu
- Peut ne pas fonctionner avec toutes les implémentations d'UPF s'attendant à CHOOSE

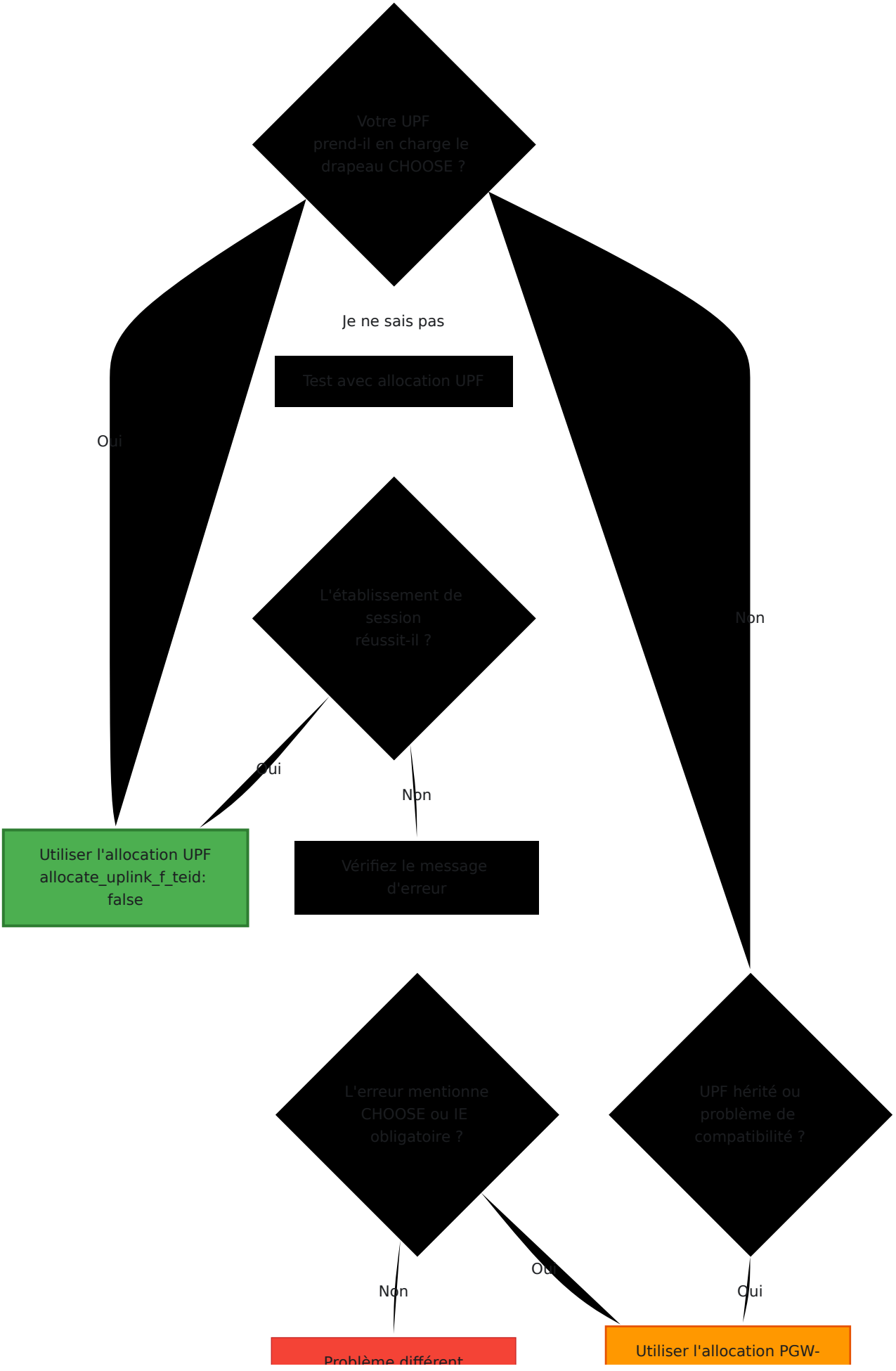
**Quand l'utiliser :**

- ⚠ **Uniquement lorsque l'UPF ne prend pas en charge le drapeau CHOOSE**
- ⚠ Implémentations d'UPF héritées (par exemple, certains matériels propriétaires)
- ⚠ Exigences de compatibilité spécifiques
- ⚠ Scénarios de débogage nécessitant la visibilité TEID de PGW-C

**Gestion des collisions de TEID :** PGW-C utilise une allocation aléatoire avec détection de collision :

- Plage de TEID : 1 à 0xFFFFFFFF (4,2 milliards de valeurs)
- Probabilité de collision : ~0,023 % à 1 million de sessions
- Réessai automatique en cas de collision (transparent pour l'appelant)
- TEIDs automatiquement libérés lorsque la session se termine

**Comment choisir**


Votre UPF prend-il en charge le drapeau CHOOSE ?
Je ne sais pas
Test avec allocation UPF
Oui
Non
L'établissement de session réussit-il ?
Oui
Non
Utiliser l'allocation UPF allocate_uplink_f_teid: false
Vérifiez le message d'erreur
L'erreur mentionne CHOOSE ou IE obligatoire ?
UPF hérité ou problème de compatibilité ?
Non
Oui
Oui
Problème différent
Utiliser l'allocation PGW-


**Dépannage**

**Symptôme : L'établissement de session échoue immédiatement**

Vérifiez les journaux PFCP :

```
# Recherchez les erreurs liées à CHOOSE
grep -i "choose\|mandatory.*missing" /var/log/pgw_c.log

# Vérifiez les codes de cause de la réponse d'établissement de
session PFCP
grep "Session Establishment Response" /var/log/pgw_c.log
```

**Si l'UPF rejette le drapeau CHOOSE :**

- L'erreur peut dire "IE obligatoire manquant" ou "IE invalide"
- L'UPF s'attend à un F-TEID explicite mais a reçu CHOOSE
- **Solution :** Définir `allocate_uplink_f_teid: true`

**Si l'allocation PGW-C cause des problèmes :**

- Très rare - l'espace TEID est énorme (4 milliards de valeurs)
- Vérifiez l'épuisement des TEID (improbable en dessous de millions de sessions) :

```
# Vérifiez le compte du registre
grep "registered_teid_count" /var/log/pgw_c.log
```

**Passer d'un mode à l'autre :**

```
# Modifier config/runtime.exs
sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20",
  allocate_uplink_f_teid: false  # Changez en true si l'UPF ne
prend pas en charge CHOOSE
}
```

Puis redémarrez PGW-C :

```
systemctl restart pgw_c
```

**Vérifier quel mode est actif :** Vérifiez les captures de paquets PFCP :

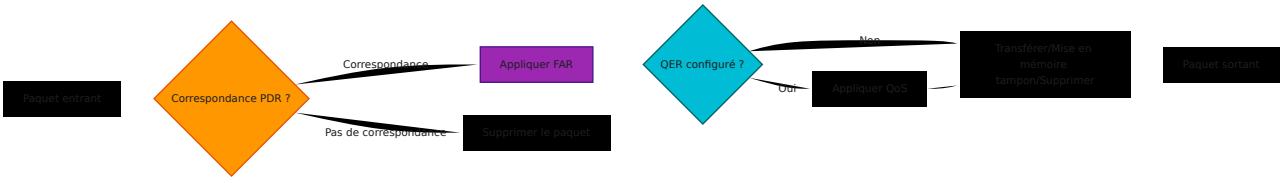
```
# Capturez le trafic PFCP
tcpdump -i any -n port 8805 -w pfcp.pcap

# Ouvrez dans Wireshark et regardez la demande d'établissement de
session
# Si le F-TEID montre des drapeaux "CHOOSE" : mode d'allocation
UPF
# Si le F-TEID montre une valeur TEID explicite : mode
d'allocation PGW-C
```

---

# Règles de traitement des paquets

PFCP utilise un ensemble de règles pour définir comment le plan utilisateur traite les paquets.

## Architecture des règles



# PDR (Règle de détection de paquets)

**But :** Identifier à quels paquets cette règle s'applique

**Configuration typique de PGW-C :**

**PDR #1 - Downlink :**

```
ID PDR : 1
Précédence : 100
PDI (Informations de détection de paquets) :
  - Interface source : CORE (côté Internet)
  - Adresse IP UE : 100.64.1.42/32
ID FAR : 1 (règle de transfert associée)
```

**PDR #2 - Uplink :**

```
ID PDR : 2
Précédence : 100
PDI (Informations de détection de paquets) :
  - Interface source : ACCESS (côté SGW)
  - F-TEID : <point de terminaison de tunnel S5/S8>
ID FAR : 2 (règle de transfert associée)
ID QER : 1 (application de QoS)
```

**Champs clés de PDR :**

- **ID PDR** - Identifiant unique de la règle (par session)
- **Précédence** - Priorité de correspondance de la règle (plus élevé = plus spécifique)
- **PDI** - Critères de correspondance (interface, IP, TEID, etc.)
- **Suppression de l'en-tête externe** - Supprimer l'en-tête GTP-U à l'entrée
- **ID FAR** - Action de transfert associée
- **ID QER** - Application de QoS associée (optionnel)

# FAR (Règle d'action de transfert)

**But :** Définir quoi faire avec les paquets correspondants

**FAR #1 - Downlink (Internet → UE) :**

```
ID FAR : 1
Appliquer l'action : TRANSFÉRER
Paramètres de transfert :
  - Interface de destination : ACCESS (vers SGW)
  - Création d'en-tête externe : GTP-U/UDP/IPv4
  - F-TEID distant : <point de terminaison de tunnel SGW S5/S8>
```

**FAR #2 - Uplink (UE → Internet) :**

```
ID FAR : 2
Appliquer l'action : TRANSFÉRER
Paramètres de transfert :
  - Interface de destination : CORE (vers Internet)
  - (Pas d'en-tête externe - transfert IP simple)
```

**Champs clés de FAR :**

- **ID FAR** - Identifiant unique de la règle
- **Appliquer l'action** - TRANSFÉRER, SUPPRIMER, METTRE EN MÉMOIRE TAMBOUR, NOTIFIER
- **Paramètres de transfert :**
  - Interface de destination (ACCESS/CORE)
  - Création d'en-tête externe (ajouter un tunnel GTP-U)
  - Instance réseau (VRF/table de routage)

# QER (Règle d'application de QoS)

**But :** Appliquer des limites de débit et des paramètres de QoS. Les QER peuvent également suivre l'utilisation pour la gestion de quota de facturation en ligne (voir Interface Diameter Gy pour le contrôle de crédit).

**Exemple de QER :**

```
ID QER : 1
Statut de la porte : OUVERT
Débit maximum :
  - Uplink : 100 Mbps
  - Downlink : 50 Mbps
Débit garanti : (optionnel, pour les porteurs GBR)
  - Uplink : 10 Mbps
  - Downlink : 10 Mbps
```

**Champs clés de QER :**

- **ID QER** - Identifiant unique de la règle
- **Statut de la porte** - OUVERT (autoriser) ou FERMÉ (bloquer)
- **MBR** - Débit maximum (uplink/downlink)
- **GBR** - Débit garanti (pour les porteurs dédiés)
- **QCI** - Identifiant de classe QoS (affecte la planification)

# BAR (Règle d'action de mise en mémoire tampon)

**But :** Contrôler la mise en mémoire tampon des paquets downlink lorsque l'UE est inactif

**Exemple de BAR :**

```
ID BAR : 1
Délai de notification des données downlink : 100ms
Nombre de paquets de mise en mémoire tampon suggéré : 10
```

**Utilisé pour :** Optimisation DRX (Réception discontinue) en mode inactif

---

# Configuration

## Configuration de base Sxb

Modifier `config/runtime.exs` :

```
config :pgw_c,
  sxb: %{
    # Adresse IP locale pour la communication PFCP
    local_ip_address: "10.0.0.20",

    # Optionnel : Remplacer le port par défaut (8805)
    local_port: 8805,

    # Optionnel : Contrôler l'allocation de F-TEID pour le plan
utilisateur
    # Lorsque false (par défaut) : L'UPF alloue le F-TEID (drapeau
CHOOSE)
    # Lorsque true : PGW-C pré-alloue le F-TEID et fournit une
valeur explicite
    # Remarque : Certains UPFs peuvent ne pas prendre en charge le
drapeau CHOOSE et nécessiter une allocation explicite
    allocate_uplink_f_teid: false
  },

  # Sélection de l'UPF - Tous les UPFs définis ici sont
automatiquement enregistrés
  upf_selection: %{
    fallback_pool: [
      %{
        # Adresse IP de PGW-U
        remote_ip_address: "10.0.0.21",

        # Port PFCP (par défaut : 8805)
        remote_port: 8805,

        # Poids pour l'équilibrage de charge (100 = normal, 0 = en
attente)
        weight: 100
      }
    ]
  }
```

## Plusieurs pairs PGW-U

Pour l'équilibrage de charge ou la redondance :

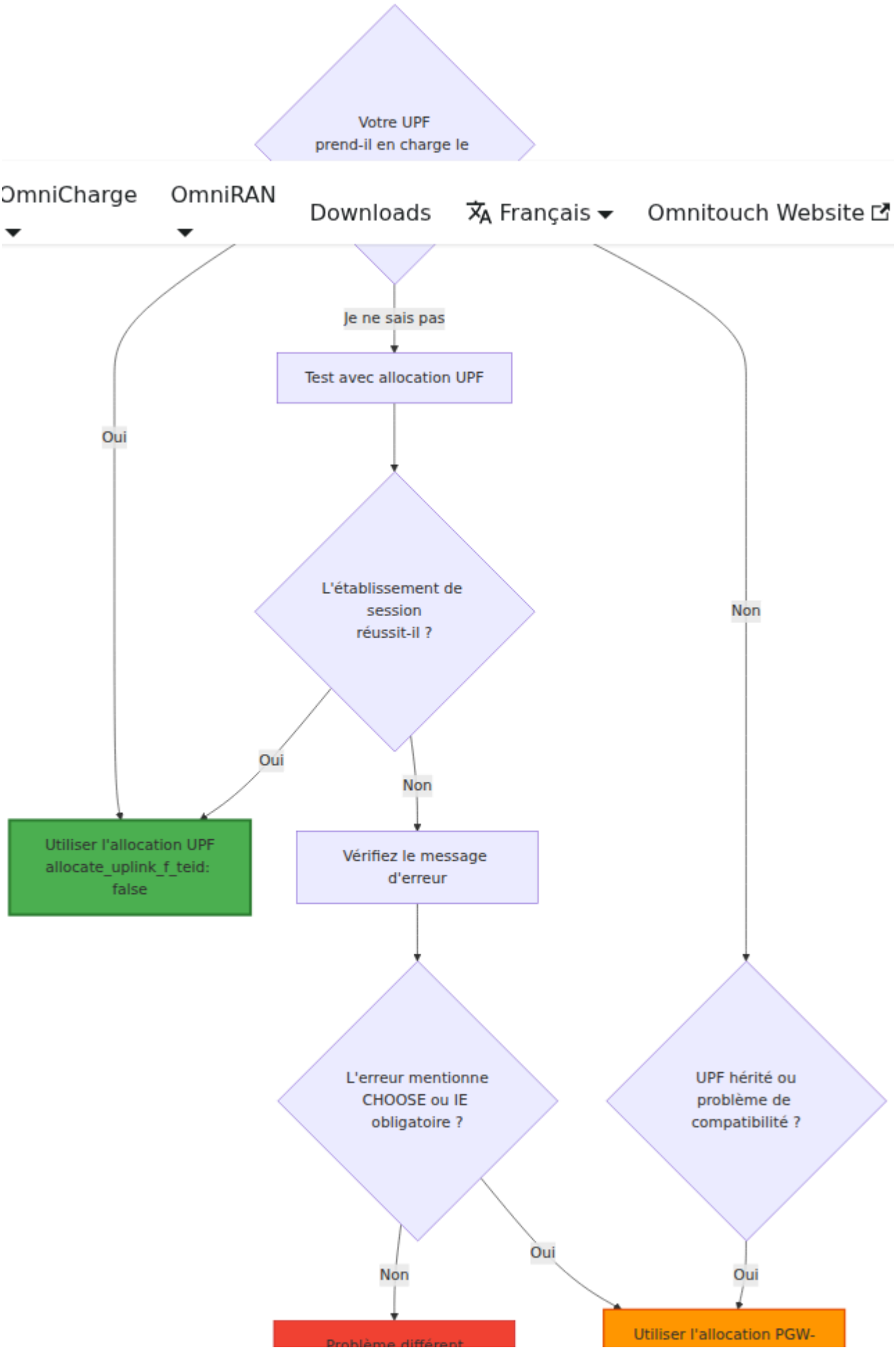
```
config :pgw_c,
  sxb: %{
    local_ip_address: "10.0.0.20"
  },
  upf_selection: %{
    fallback_pool: [
      %{remote_ip_address: "10.0.1.21", remote_port: 8805, weight:
50},  # 50% du trafic
      %{remote_ip_address: "10.0.2.21", remote_port: 8805, weight:
50}   # 50% du trafic
    ]
  }
# Les deux UPFs sont automatiquement enregistrés avec des cœurs de
5 secondes
```

## Configuration de sélection UPF

PGW-C utilise un **système de sélection UPF à trois niveaux** avec des règles basées sur la priorité :

1. **Règles statiques** (priorité la plus élevée) - Correspondent en fonction des attributs de session

2. **Sélection basée sur DNS** (priorité moyenne) - Routage conscient de la localisation via des requêtes DNS NAPTR
3. **Pool de secours** (priorité la plus basse) - Pool UPF par défaut lorsque aucune règle ne correspond


Votre UPF
prend-il en charge le
OmniCharge
OmniRAN
Downloads
Français
Omnitouch Website
Je ne sais pas
Test avec allocation UPF
Oui
L'établissement de
session
réussit-il ?
Non
Oui
Non
Utiliser l'allocation UPF
allocate_uplink_f_teid:
false
Vérifiez le message
d'erreur
L'erreur mentionne
CHOOSE ou IE
obligatoire ?
UPF hérité ou
problème de
compatibilité ?
Oui
Non
Oui
Utiliser l'allocation PGW-


## Exemple complet de sélection UPF

```
config :pgw_c,
  # Interface PFCP
  sxb: %{
    local_ip_address: "10.0.0.20"
  },

  # Sélection UPF : Tous les UPFs définis ici sont automatiquement
enregistrés
  upf_selection: %{
    #
=========================================================================
    # Sélection basée sur DNS (Routage conscient de la localisation)
    #
=========================================================================
    # Interroge DNS en utilisant les informations de localisation de
l'utilisateur (ULI)
    # Fournit une sélection dynamique de l'UPF basée sur la
localisation de la cellule
    dns_enabled: false,
    dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi],
    dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",
    dns_timeout_ms: 5000,

    #
=========================================================================
    # Règles de sélection statiques (évaluées par priorité)
    #
=========================================================================
    # Les règles sont vérifiées de la plus haute à la plus basse
priorité
    # La première règle correspondante détermine le pool UPF
    rules: [
      # Règle 1 : Trafic IMS - Priorité la plus élevée
      %{
        name: "Trafic IMS",
        priority: 20,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^ims",
        upf_pool: [
          %{remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805,
weight: 80},
          %{remote_ip_address: "10.100.2.22", remote_port: 8805,
weight: 20}
```

```
        ],
        # Optionnel : Remplacements PCO pour cette règle
        pco: %{
          p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"]
        }
      },

      # Règle 2 : APN d'entreprise - Haute priorité
      %{
        name: "Trafic d'entreprise",
        priority: 15,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^(enterprise|corporate)\.apn",
        upf_pool: [
          %{remote_ip_address: "10.100.3.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
        ],
        pco: %{
          primary_dns_server_address: "192.168.1.10",
          secondary_dns_server_address: "192.168.1.11",
          ipv4_link_mtu_size: 1500
        }
      },

      # Règle 3 : Abonnés en itinérance - Priorité moyenne
      %{
        name: "Abonnés en itinérance",
        priority: 10,
        match_field: :serving_network_plmn_id,
        match_regex: "^(310|311|312|313)",  # Réseaux américains
        upf_pool: [
          %{remote_ip_address: "10.100.4.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
        ]
      },

      # Règle 4 : Trafic Internet - Priorité inférieure
      %{
        name: "Trafic Internet",
        priority: 5,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^internet",
        upf_pool: [
          %{remote_ip_address: "10.100.1.21", remote_port: 8805,
```

```
weight: 33},
          %{remote_ip_address: "10.100.1.22", remote_port: 8805,
weight: 33},
          %{remote_ip_address: "10.100.1.23", remote_port: 8805,
weight: 34}
        ]
      }
    ],

    #
=============================================================================
    # Pool de secours (dernier recours)
    #
=============================================================================
    # Utilisé lorsque aucune règle ne correspond et que la sélection
DNS échoue ou est désactivée
    fallback_pool: [
      %{remote_ip_address: "127.0.0.21", remote_port: 8805, weight:
100}
    ]
  }
```

### Champs de correspondance pris en charge

| Champ de correspondance | Description | Valeur d'exemple |
|---|---|---|
| `:imsi` | Identifiant international d'abonné mobile | `"310260123456789"` |
| `:apn` | Nom de point d'accès | `"internet"`, `"ims"` |
| `:serving_network_plmn_id` | PLMN du réseau de service (MCC+MNC) | `"310260"` (opérateur américain) |
| `:sgw_ip_address` | Adresse IP du SGW (format chaîne) | `"10.0.1.50"` |
| `:uli_tai_plmn_id` | Identifiant PLMN de la zone de suivi | `"310260"` |
| `:uli_ecgi_plmn_id` | Identifiant PLMN de la cellule E-UTRAN | `"310260"` |

**Pool UPF et équilibrage de charge**

Chaque règle peut spécifier un **pool UPF** avec sélection aléatoire pondérée :

```
upf_pool: [
  %{remote_ip_address: "10.100.1.21", remote_port: 8805, weight:
50},
  %{remote_ip_address: "10.100.1.22", remote_port: 8805, weight:
30},
  %{remote_ip_address: "10.100.1.23", remote_port: 8805, weight:
20}
]
```

**Comment fonctionne la sélection pondérée :**

1. Calculez le poids total : 50 + 30 + 20 = 100
2. Générez un nombre aléatoire : 0.0 à 100.0
3. Sélectionnez l'UPF en fonction des plages de poids cumulées :
   - 0-50 : UPF-1 (chance de 50 %)
   - 50-80 : UPF-2 (chance de 30 %)
   - 80-100 : UPF-3 (chance de 20 %)

**Cas d'utilisation :**

- **Distribution égale :** Tous les poids égaux (33, 33, 34)
- **Principal/secondaire :** Principal à poids élevé (80), secondaire à poids faible (20)
- **Basé sur la capacité :** Poids proportionnel à la capacité de l'UPF

**Remplacements PCO**

Les règles peuvent remplacer les valeurs PCO (Options de configuration de protocole) :

```
%{
  name: "Trafic IMS",
  match_field: :apn,
  match_regex: "^ims",
  upf_pool: [...],
  pco: %{
    # Remplacer uniquement des champs spécifiques
    p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"],
    # Autres champs utilisent les valeurs par défaut de la
configuration PCO principale
  }
}
```

**Champs de remplacement PCO disponibles :**

- `primary_dns_server_address`
- `secondary_dns_server_address`
- `primary_nbns_server_address`

- `secondary_nbns_server_address`
- `p_cscf_ipv4_address_list`
- `ipv4_link_mtu_size`

**Sélection basée sur DNS**

Lorsqu'elle est activée, PGW-C effectue des requêtes DNS NAPTR basées sur les informations de localisation de l'utilisateur :

```
upf_selection: %{
  dns_enabled: true,
  dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi],
  dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",
  dns_timeout_ms: 5000
}
```

**Priorité des requêtes :**

1. **ECGI** (Identifiant global de cellule E-UTRAN) - Le plus spécifique
2. **TAI** (Identifiant de zone de suivi) - Zone de cellule
3. **RAI** (Identifiant de zone de routage) - Zone 3G/2G
4. **SAI** (Identifiant de zone de service) - Zone de service 3G
5. **CGI** (Identifiant global de cellule) - Cellule 2G

**Exemple de requête DNS :**

```
# Pour la requête ECGI :
eci-1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org

# Pour la requête TAI :
tac-lb64.tac-hb00.tac.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

**Processus de sélection DNS :**

1. Essayer les requêtes dans l'ordre de priorité (ECGI d'abord, puis TAI, etc.)
2. Si DNS renvoie des candidats, utiliser le premier résultat (enregistré dynamiquement si nécessaire)

3. Sélectionner l'UPF retourné
4. Si aucune correspondance DNS ou DNS désactivé, passer au pool de secours

Voir Sélection UPF basée sur DNS pour des informations détaillées.

---

# Sélection de l'UPF basée sur DNS

## Aperçu

La sélection UPF basée sur DNS fournit un **routage conscient de la localisation** en effectuant des requêtes DNS NAPTR en utilisant les informations de localisation de l'utilisateur (ULI) de la cellule actuelle de l'UE.

**Référence 3GPP :** TS 23.003 - Procédures DNS pour la découverte de l'UPF

**Avantages :**

- Sélection automatique de l'UPF basée sur la localisation géographique
- Pas de configuration manuelle des règles par cellule
- Adaptation dynamique aux changements de topologie du réseau
- Réduit le transport en dirigeant vers l'UPF le plus proche

## Comment cela fonctionne

Parse error on line 25: ... style PGWC fill:#4CAF50,stroke:#2E7 ----------
--^ 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 'TXT'

Réessayer

## Configuration

```
config :pgw_c,
  upf_selection: %{
    # Activer la sélection basée sur DNS
    dns_enabled: true,

    # Priorité de requête : essayer ECGI d'abord, puis TAI, puis
RAI, etc.
    dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi],

    # Suffixe DNS pour les requêtes
    dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",

    # Délai d'expiration de la requête DNS
    dns_timeout_ms: 5000,

    # Les règles statiques ont toujours la priorité sur DNS
    rules: [...],

    # Fallback si DNS échoue
    fallback_pool: [...]
  }
```

## Formats de requête DNS

Les requêtes DNS sont construites en utilisant les informations de localisation de l'utilisateur (ULI) du message GTP-C :

**1. ECGI (Identifiant global de cellule E-UTRAN)**

**Le plus spécifique** - Routage au niveau de la cellule LTE

**Format :**

```
eci-<HEX-ECI>.ecgi.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.<dns_suffix>
```

**Exemple :**

```
# ID de cellule : 0x1A2B3C (1 715 004 décimal)
# PLMN : MCC=999, MNC=999
eci-1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

**Quand utilisé :** Réseaux LTE (4G)

**2. TAI (Identifiant de zone de suivi)**

**Zone de cellule** - Plusieurs cellules dans la même zone de suivi

**Format :**

```
tac-lb<LB>.tac-hb<HB>.tac.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.<dns_suffix>
```

**Exemple :**

```
# TAC : 0x0064 (100 décimal)
# Octet bas : 0x64, Octet haut : 0x00
tac-lb64.tac-hb00.tac.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

**Quand utilisé :** Zones de suivi LTE (4G)

**3. RAI (Identifiant de zone de routage)**

**Zone de routage 3G/2G**

**Format :**

```
rac<RAC>.lac-lb<LB>.lac-hb<HB>.lac.rai.mnc<MNC>.mcc<MCC>.
<dns_suffix>
```

**Exemple :**

```
# RAC : 0x0A (10 décimal)
# LAC : 0x1234 (4660 décimal)
rac0a.lac-lb34.lac-hb12.lac.rai.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

**Quand utilisé :** Réseaux UMTS/GPRS 3G/2G

### 4. SAI (Identifiant de zone de service)

#### Zone de service 3G

**Format :**

```
sac<SAC>.lac-lb<LB>.lac-hb<HB>.lac.sai.mnc<MNC>.mcc<MCC>.
<dns_suffix>
```

**Exemple :**

```
# SAC : 0x0001
# LAC : 0x1234
sac0001.lac-lb34.lac-
hb12.lac.sai.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

**Quand utilisé :** Zones de service UMTS 3G

### 5. CGI (Identifiant global de cellule)

#### Cellule 2G au niveau de la cellule

**Format :**

```
ci<CI>.lac-lb<LB>.lac-hb<HB>.lac.cgi.mnc<MNC>.mcc<MCC>.
<dns_suffix>
```

**Exemple :**

```
# CI : 0x5678
# LAC : 0x1234
ci5678.lac-lb34.lac-hb12.lac.cgi.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

**Quand utilisé :** Cellules GSM 2G

# Traitement des réponses DNS

**Format d'enregistrement NAPTR :**

DNS renvoie des enregistrements NAPTR pointant vers les adresses IP de l'UPF :

```
eci-1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org.
  IN NAPTR 10 50 "a" "x-3gpp-upf:x-s5-gtp:x-s8-gtp" ""
upf1.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org.

upf1.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org.
  IN A 10.100.1.21
```

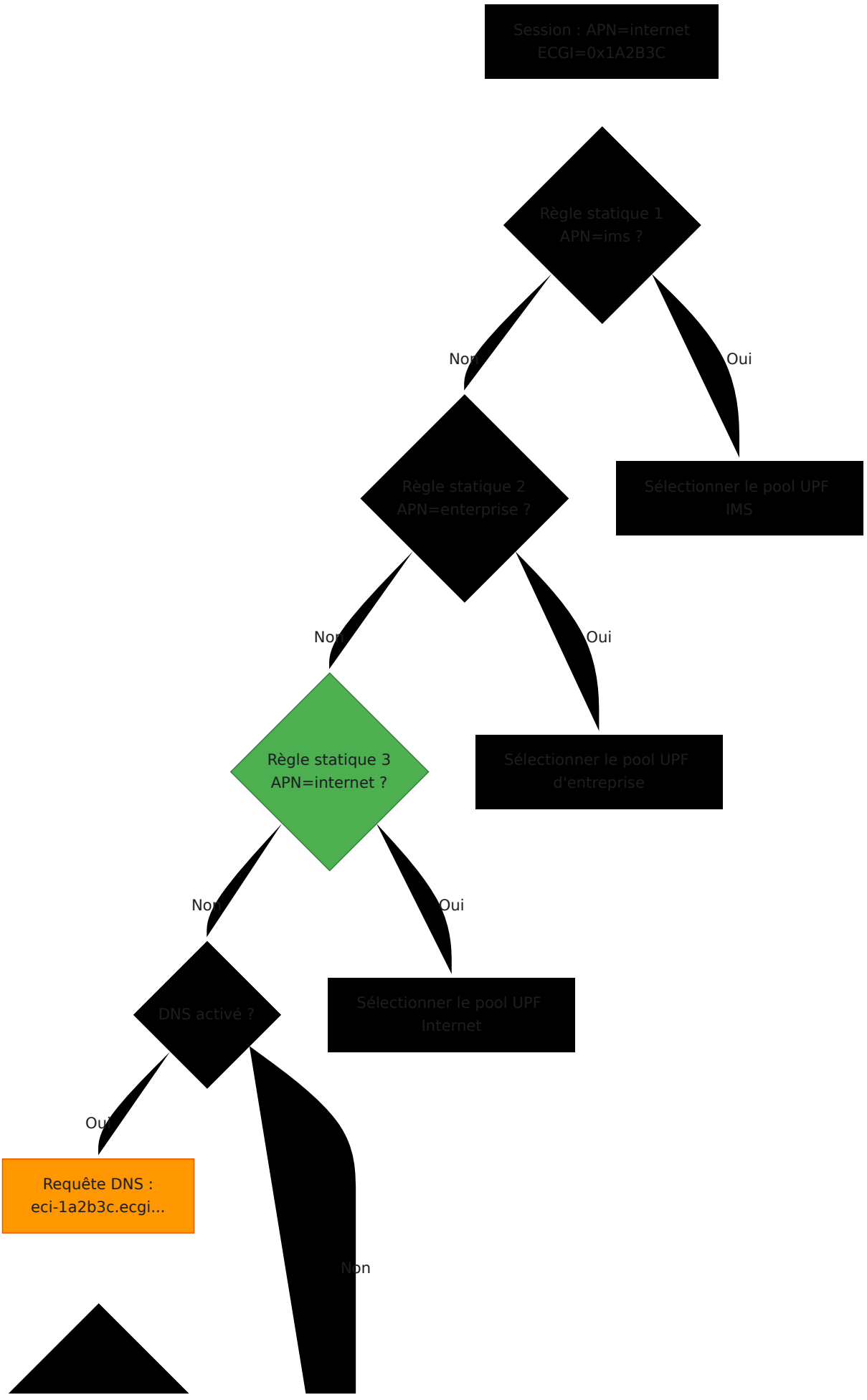
**Traitement par PGW-C :**

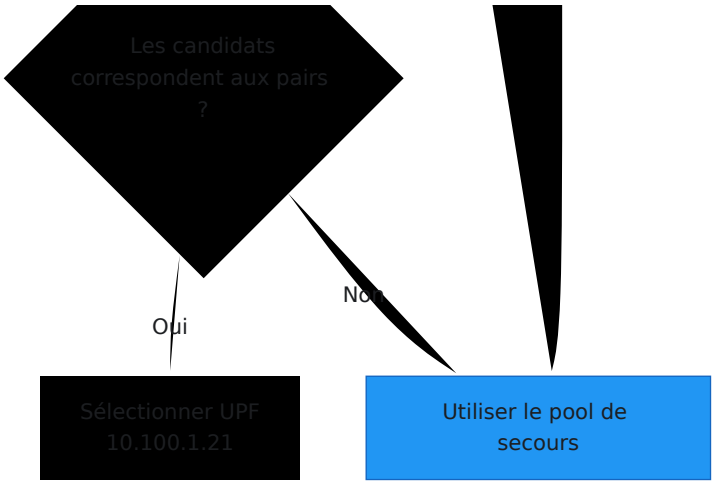
1. Analyser les enregistrements NAPTR pour extraire les adresses IP de l'UPF
2. Sélectionner le premier candidat de la réponse DNS
3. Enregistrer dynamiquement si non déjà configuré (ou mettre en œuvre une sélection basée sur la charge)

**Exemple :**

```
DNS renvoie : [10.100.1.21, 10.100.5.99]

Sélectionné :    10.100.1.21 (premier candidat)
Action :        Enregistrer dynamiquement si non dans
upf_selection
```

# Exemple de priorité de sélection


Session : APN=internet
ECGI=0x1A2B3C
Règle statique 1
APN=ims ?
Non
Oui
Sélectionner le pool UPF
IMS
Règle statique 2
APN=enterprise ?
Non
Oui
Sélectionner le pool UPF
d'entreprise
Règle statique 3
APN=internet ?
Non
Oui
Sélectionner le pool UPF
Internet
DNS activé ?
Oui
Requête DNS :
eci-1a2b3c.ecgi...
Non




# Cas d'utilisation

### 1. Équilibrage de charge géographique

**Scénario :** L'opérateur a des UPFs dans plusieurs villes

**Configuration DNS :**

```
# Cellule de Chicago
eci-aaa.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF-Chicago
(10.1.1.21)

# Cellule de New York
eci-bbb.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF-NewYork
(10.2.1.21)

# Cellule de Los Angeles
eci-ccc.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF-
LosAngeles (10.3.1.21)
```

**Avantage :** Les utilisateurs sont automatiquement dirigés vers l'UPF le plus proche, réduisant la latence et le transport

### 2. Informatique en périphérie

**Scénario :** UPFs MEC (Multi-access Edge Computing) déployés sur les sites cellulaires

**Configuration DNS :**

```
# Chaque cellule pointe vers l'UPF de périphérie local
eci-*.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF de
périphérie local
```

**Avantage :** Latence ultra-faible pour les applications de périphérie

**3. Topologie réseau dynamique**

**Scénario :** Les adresses UPF changent en raison de mises à niveau ou de maintenance

**Avantage :** Mettre à jour les enregistrements DNS sans changer la configuration de PGW-C

# Dépannage de la sélection DNS

**Échecs de requête DNS**

**Symptômes :**

- Journal : "Échec de la sélection UPF DNS : :nxdomain"
- Les sessions passent au pool de secours

**Causes possibles :**

1. Serveur DNS non configuré correctement
2. Zone DNS non peuplée pour les ID de cellule
3. ULI non présent dans le message GTP-C

**Résolution :**

```
# Tester la requête DNS manuellement
dig eci-1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org NAPTR

# Vérifiez les journaux PGW-C pour les requêtes DNS
grep "DNS UPF selection: querying" /var/log/pgw_c.log

# Vérifiez que l'ULI est présent dans la session
# Vérifiez le champ "uli" dans l'état de la session
```

**DNS renvoie un UPF inconnu**

**Comportement :**

- DNS renvoie un UPF candidat qui n'est pas dans `upf_selection`
- Le système tente automatiquement l'enregistrement dynamique
- Si l'association PFCP réussit, l'UPF est utilisé pour la session
- Si l'association PFCP échoue, passe au pool de secours

**Exemple :**

```
DNS renvoie : [10.99.1.50]
upf_selection : [10.100.1.21, 10.100.1.22]

Action : Enregistrer dynamiquement 10.99.1.50
  - Envoyer la configuration de l'association PFCP
  - Si succès : Utiliser pour la session
  - Si délai d'attente : Passer au pool de secours
```

**Options de résolution :**

1. Pré-configurer dans `upf_selection` pour un suivi immédiat :

```
upf_selection: %{
  fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.99.1.50", remote_port: 8805, weight:
100}
  ]
}
```

2. Mettre à jour DNS pour renvoyer des IPs UPF pré-configurées

3. Autoriser l'enregistrement dynamique (recommandé pour les scénarios MEC/périphérie)

**Délai d'attente de requête**

**Symptômes :**

- Journal : "DNS UPF selection: query timeout"
- Les sessions prennent plus de temps à s'établir

**Résolution :**

```
upf_selection: %{
  dns_timeout_ms: 10000  # Augmenter le délai d'attente à 10
secondes
}
```

# Surveillance de la sélection DNS

**Métriques :**

```
# Taux de réussite des requêtes DNS
rate(upf_selection_dns_success_total[5m]) /
rate(upf_selection_dns_attempts_total[5m])

# Latence des requêtes DNS
histogram_quantile(0.95,
rate(upf_selection_dns_duration_seconds_bucket[5m]))

# Utilisation du fallback (indique des problèmes DNS)
rate(upf_selection_fallback_used_total[5m])
```

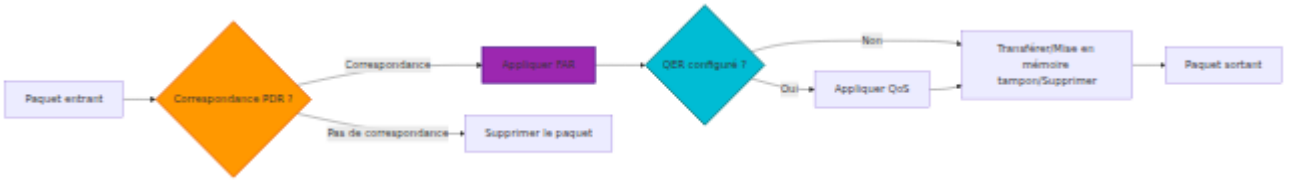
**Exemples de journaux :**

```
[debug] DNS UPF selection: querying eci-
1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
[debug] DNS UPF selection: got 2 candidates from DNS
[info]  DNS UPF selection: selected 10.100.1.21
```

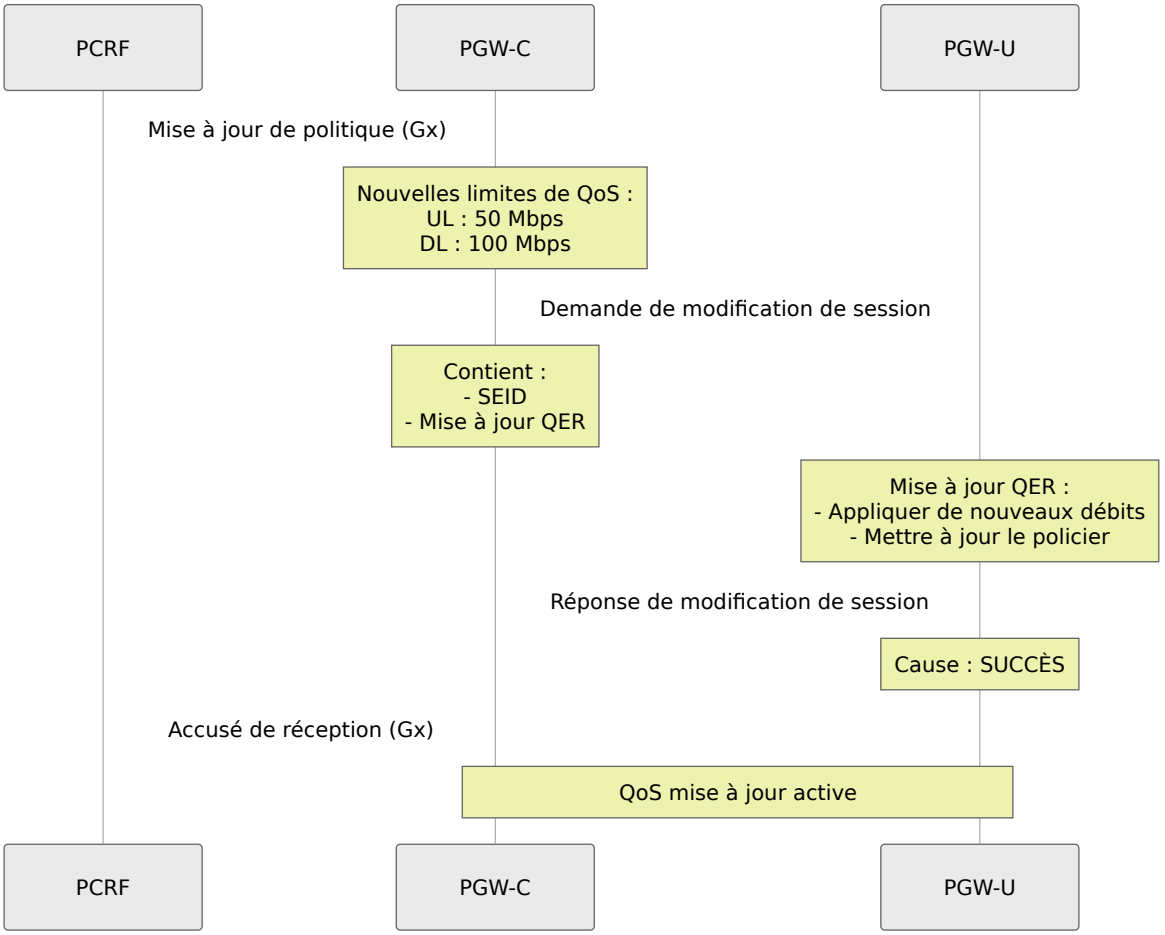
---

# Flux de messages

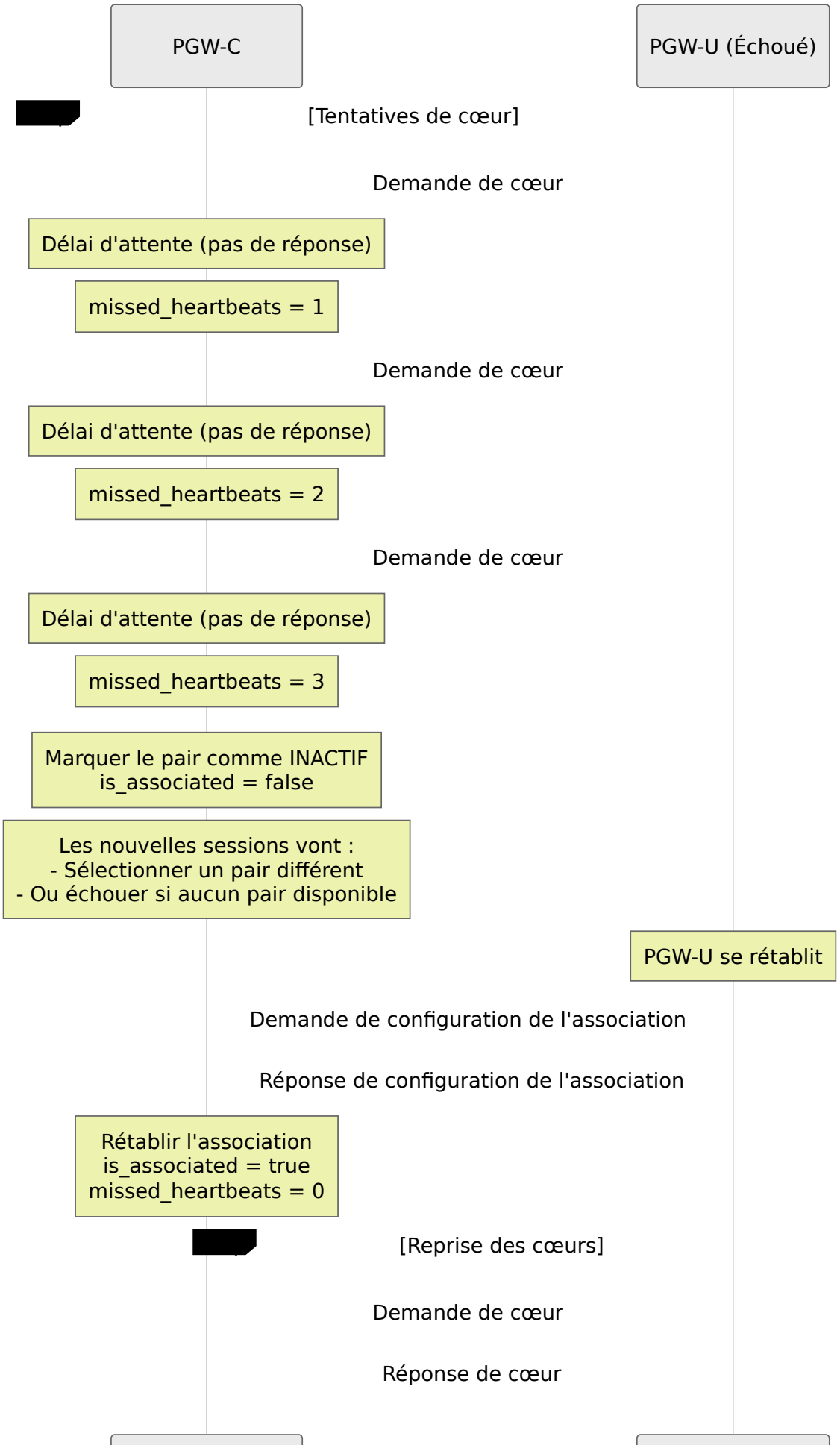
## Flux complet d'établissement de session




## Flux de modification de session



# Récupération après échec de cœur


PGW-C
PGW-U (Échoué)
[Tentatives de cœur]
Demande de cœur
Délai d'attente (pas de réponse)
missed_heartbeats = 1
Demande de cœur
Délai d'attente (pas de réponse)
missed_heartbeats = 2
Demande de cœur
Délai d'attente (pas de réponse)
missed_heartbeats = 3
Marquer le pair comme INACTIF
is_associated = false
Les nouvelles sessions vont :
- Sélectionner un pair différent
- Ou échouer si aucun pair disponible
PGW-U se rétablit
Demande de configuration de l'association
Réponse de configuration de l'association
Rétablir l'association
is_associated = true
missed_heartbeats = 0
[Reprise des cœurs]
Demande de cœur
Réponse de cœur

PGW-C

PGW-U (Échoué)

---

# Dépannage

## Problèmes courants

### 1. Échec de la configuration de l'association

**Symptômes :**

- Message journal : "Échec de la configuration de l'association PFCP"
- Pas de réponse à la demande de configuration de l'association

**Causes possibles :**

- PGW-U non accessible (problème réseau)
- PGW-U non en cours d'exécution
- Pare-feu bloquant le port UDP 8805
- `remote_ip_address` incorrect dans la configuration

**Résolution :**

```
# Tester la connectivité
ping <pgw_u_ip_address>

# Tester le port UDP
nc -u -v <pgw_u_ip_address> 8805

# Vérifier le pare-feu
iptables -L -n | grep 8805
```

### 2. Échecs de cœurs

**Symptômes :**

- Journal : "Échecs consécutifs de cœur : 3"

- Association marquée comme inactive

**Causes possibles :**

- Latence réseau ou perte de paquets
- PGW-U surchargé
- Intervalle de cœur trop agressif

**Résolution :**

La période de cœur est fixée à 5 secondes avec un seuil d'échec de 3 cœurs manqués consécutifs.

### 3. Échec de l'établissement de session

**Symptômes :**

- Réponse de création de session avec code d'erreur
- Journal : "Échec de l'établissement de session PFCP"

**Causes possibles :**

- Aucun pair PGW-U disponible
- Épuisement des ressources PGW-U
- Configuration de règle invalide

**Vérifiez :**

1. Vérifiez qu'au moins un pair a `is_associated = true`
2. Vérifiez les journaux PGW-U pour des erreurs
3. Vérifiez l'unicité du SEID

### 4. Erreurs de SEID en double

**Symptômes :**

- Réponse d'établissement de session : Cause "Contexte de session non trouvé"

**Cause :**

- Collision de SEID (très rare)
- Redémarrage de PGW-U sans connaissance de PGW-C

**Résolution :**

- Redémarrer l'association PFCP (déclenche un nouvel horodatage de récupération)
- PGW-C détectera le redémarrage de PGW-U et nettoiera les anciennes sessions

# Surveillance de la santé PFCP

**Métriques à surveiller :**

```
# État d'association des pairs PFCP
pfcp_peer_associated{peer="PGW-U Principal"} 1

# Sessions PFCP actives
seid_registry_count 150

# Taux de messages PFCP
rate(sxb_inbound_messages_total[5m])

# Erreurs PFCP
rate(sxb_inbound_errors_total[5m])

# Échecs de cœur
pfcp_consecutive_heartbeat_failures{peer="PGW-U Principal"} 0
```

**Exemples d'alerte :**

```yaml
# Alerte sur association inactive
- alert: PFCPAssociationDown
  expr: pfcp_peer_associated == 0
  for: 1m
  annotations:
    summary: "Le pair PFCP {{ $labels.peer }} est inactif"

# Alerte sur un taux élevé d'échecs d'établissement de session
- alert: PFCPSessionEstablishmentFailureHigh
  expr:
rate(sxb_inbound_errors_total{message_type="session_establishment_res
[5m]) > 0.1
  for: 5m
  annotations:
    summary: "Taux élevé d'échecs d'établissement de session PFCP"
```

---

# Interface Web - Surveillance PFCP

OmniPGW fournit deux pages Web UI pour surveiller les opérations PFCP/Sxb en temps réel.

## Page d'état UPF/PFCP Peer

**Accès :** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/upf_status`

**But :** Surveiller l'état de l'association PFCP avec tous les pairs PGW-U configurés

**Fonctionnalités :**

**1. Aperçu de l'état des pairs**

- **Nombre associé** - Nombre de pairs avec association PFCP active
- **Nombre non associé** - Nombre de pairs inactifs ou non connectés
- Actualisation automatique toutes les 2 secondes

**2. Informations par pair** Pour chaque pair PGW-U configuré :

- **Nom du pair** - Nom convivial de la configuration
- **Adresse IP** - IP distante de PGW-U
- **État de l'association** - Associé (vert) ou Non associé (rouge)
- **Identifiant de nœud** - Identifiant de nœud PFCP
- **Horodatage de récupération** - Dernière heure de redémarrage du pair
- **Période de cœur** - Intervalle de cœur configuré
- **Cœurs manqués consécutifs** - Compte actuel des échecs
- **Fonctionnalités de la fonction UP** - Capacités annoncées par PGW-U

**3. Détails extensibles** Cliquez sur n'importe quel pair pour voir :

- Configuration complète du pair
- Bitmap des fonctionnalités de la fonction UP
- Horodatages d'association
- État complet du pair

# Page des sessions PFCP

**Accès :** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/pfcp_sessions`

**But :** Voir les sessions PFCP actives entre OmniPGW et PGW-U

**Fonctionnalités :**

**1. Compte de session active**

- Nombre total de sessions PFCP actives
- Mises à jour en temps réel

**2. Informations sur la session** Pour chaque session PFCP :

- **Clé de session** - Clé de registre interne

- **ID de processus** - Identifiant du processus de session
- **IMSI** - Abonné associé (si disponible)
- **Statut** - État de la session

**3. État complet de la session** Vue extensible montrant :

- Contexte complet de la session PFCP
- PDRs, FARs, QERs, BARs (règles de transfert)
- F-SEIDs (identifiants de point de terminaison de session)
- Association du pair PGW-U

# Cas d'utilisation opérationnels

**Surveiller la santé de l'association PFCP :**

```
1. Ouvrir la page d'état UPF
2. Vérifier que tous les pairs affichent "Associé"
3. Vérifier que le compte de cœurs manqués = 0
4. Si un pair affiche "Non associé" :
   - Vérifier l'accessibilité IP du pair
   - Vérifier que le pair fonctionne
   - Vérifier le pare-feu (UDP 8805)
```

**Dépanner les échecs d'établissement de session :**

```
1. La session utilisateur échoue à s'établir
2. Vérifier la page des sessions PGW - la session existe-t-elle ?
3. Vérifier la page des sessions PFCP - session PFCP créée ?
4. Si aucune session PFCP :
   - Vérifier l'état UPF - un pair est-il associé ?
   - Vérifier les journaux pour des erreurs PFCP
5. Si la session PFCP existe :
   - Inspecter les PDRs/FARs pour vérifier les règles programmées
   - Le problème est probablement en aval (PGW-U ou réseau)
```

**Vérifier la distribution de charge des pairs :**

```
1. Avec plusieurs pairs PGW-U configurés
2. Vérifier la page des sessions PFCP
3. Vérifier que les sessions sont réparties entre les pairs
4. Identifier si un pair a une charge disproportionnée
```

**Détecter les pannes de pairs :**

- Un coup d'œil rapide à la page d'état UPF
- Badge rouge "Non associé" immédiatement visible
- Le compteur de cœurs manqués montre la dégradation avant l'échec total
- Configurer des alertes de surveillance basées sur les données de l'interface Web

**Avantages :**

- **Surveillance en temps réel** - Pas besoin de consulter des métriques ou de SSH
- **Statut visuel** - Code couleur associé/non associé
- **Tendances de santé des pairs** - Le compteur de cœurs manqués montre un avertissement précoce
- **Inspection au niveau de la session** - Voir les PDRs/FARs/QERs exacts programmés
- **Aucun outil requis** - Juste un navigateur web

---

# Documentation connexe

## Configuration

- **Guide de configuration** - Sélection de l'UPF, surveillance de la santé, configuration PFCP
- **Gestion des sessions** - Cycle de vie de la session PDN, établissement de bearer

## Facturation et surveillance

- **Interface Diameter Gx** - Règles PCC qui pilotent l'application de QoS PFCP
- **Interface Diameter Gy** - Gestion de quota de facturation en ligne via URRs
- **Format CDR de données** - Génération de CDR à partir des rapports d'utilisation PFCP
- **Guide de surveillance** - Métriques PFCP, suivi des sessions, alertes de santé UPF

## Interfaces réseau

- **Interface S5/S8** - Gestion des bearers du plan de contrôle
- **Allocation IP UE** - Attribution d'adresses UE via PFCP

---

**Retour au Guide des opérations**

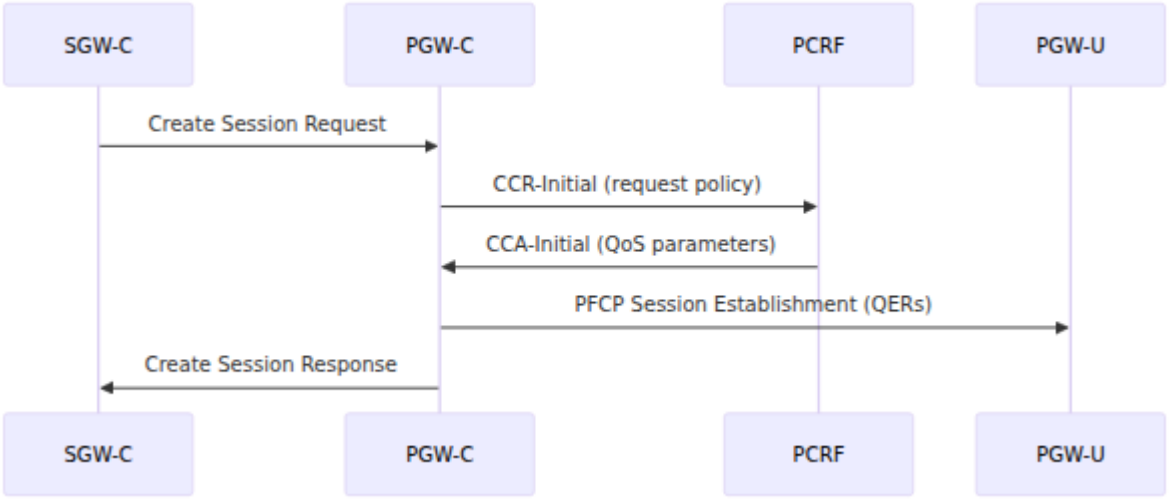
# Gestion de la QoS et des Porteuses

## Aperçu

Le PGW-C met en œuvre un système de gestion de la porteuse et de la QoS basé sur des politiques qui coordonne trois interfaces clés :

- **Gx (Diameter)** - Reçoit les décisions de politique et les paramètres de QoS du PCRF
- **S5/S8 (GTP-C)** - Gère les contextes de porteuse avec le SGW-C
- **Sxb (PFCP)** - Programme les règles d'application de la QoS dans le PGW-U

## Flux d'Architecture




## Concepts Clés

- **Session** : Contient des informations sur l'UE, une carte de porteuse, des cartes PDR/FAR/QER/BAR, et AMBR
- **Contexte de Porteuse** : Lie l'EBI (EPS Bearer ID) à des PDR, FAR, et QER spécifiques

- **QER (Règle d'Application de la QoS)** : Applique des limites MBR/GBR et l'état de la porte dans le plan utilisateur
- **Porteuse par Défaut** : Toujours créée avec la session PDN, fournit une connectivité de base
- **Porteuse Dédiée** : Créée dynamiquement en fonction de la politique du PCRF, fournit des garanties de QoS spécifiques

# Configuration

## Important : Politique de QoS Dynamique

Tous les paramètres de QoS sont reçus dynamiquement du PCRF via l'interface Diameter Gx et définis dans le PCRF (voir OmniHSS pour plus d'infos).

Les opérateurs configurent la **connexion PCRF** dans `config/runtime.exs` :

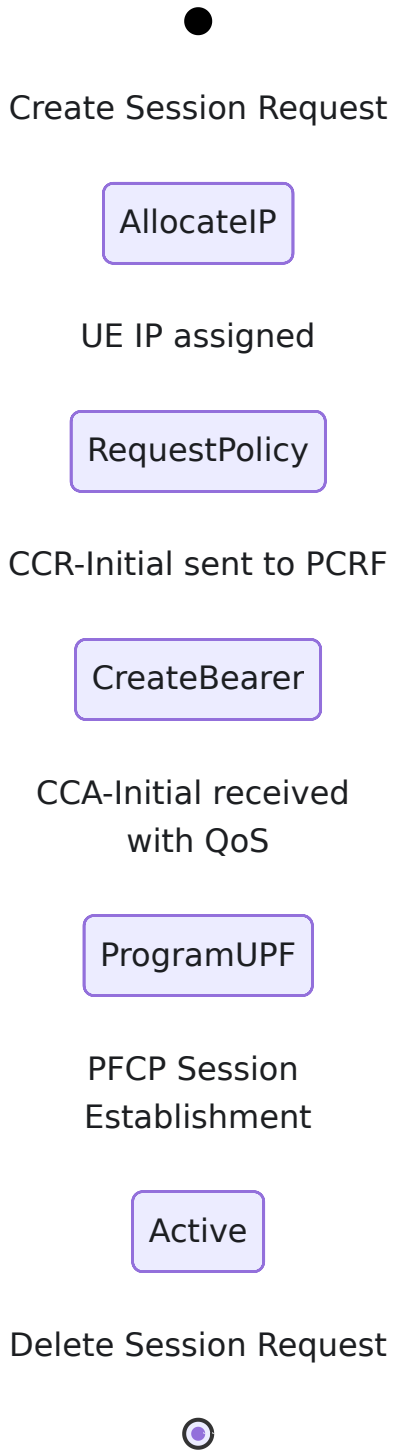
```
config :pgw_c,
  diameter: %{
    listen_ip: "0.0.0.0",
    host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    peer_list: [
      %{
        host: "pcrf.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        ip: "192.168.1.100",
        initiate_connection: true
      }
    ]
  }
```

**Les politiques de QoS, les règles de facturation et les limites de bande passante sont configurées sur le PCRF**, pas dans les fichiers de configuration du PGW-C.

# Cycle de Vie de la Porteuse

## Création de la Porteuse par Défaut

La porteuse par défaut est créée lors de l'établissement de la session PDN :




**Flux de travail :**

1. SGW-C envoie une demande de création de session
2. PGW-C alloue une adresse IP UE à partir du pool configuré
3. PGW-C envoie CCR-Initial au PCRF avec IMSI, APN, adresse IP
4. PCRF répond avec CCA-Initial contenant les paramètres de QoS :
    - Default-EPS-Bearer-QoS (QCI, ARP)
    - QoS-Information (ajustements AMBR)
5. PGW-C crée un contexte de porteuse avec :
    - IDs fixes : Downlink PDR=1, Uplink PDR=2, Downlink FAR=1, Uplink FAR=2, QER=1, BAR=1
    - QER programmé avec MBR de la QoS de la porteuse
6. PGW-C envoie une demande d'établissement de session PFCP au PGW-U
7. PGW-C envoie une réponse de création de session au SGW-C

**Caractéristiques de la porteuse par défaut :**

- Existe toujours pendant la durée de la session PDN
- Utilise généralement QCI 5 ou QCI 9 (non-GBR)
- EBI suivi dans l'état de session
- Ne peut pas être supprimée indépendamment (la supprimer termine la session)

# Création de la Porteuse Dédiée

Les porteuses dédiées sont créées dynamiquement en fonction de la politique du PCRF :

**Déclencheur :** Re-Auth Request (RAR) du PCRF avec Charging-Rule-Install

**Flux de travail :**

1. PCRF envoie RAR avec Charging-Rule-Definition contenant :
    - Charging-Rule-Name (identifiant de règle de politique)
    - Flow-Information (filtres de paquets)
    - QoS-Information (QCI, MBR, GBR, ARP)
    - Precedence (priorité de correspondance de règle)
2. PGW-C traduit la règle dynamique en entités PFCP :

    - Chaque entrée Flow-Information → nouveau PDR avec filtre SDF
    - QoS-Information → nouveau QER avec application MBR/GBR
    - Flow-Description → règles de correspondance IP 5-tuple
3. PGW-C envoie une demande de modification de session PFCP pour ajouter des PDR/FAR/QER
4. PGW-C initie une demande de création de porteuse au SGW-C
5. SGW-C répond avec une réponse de création de porteuse confirmant l'établissement

**Exemple de Charging-Rule-Definition :**

```
Charging-Rule-Name: "video_streaming"
Flow-Information:
  - Flow-Description: "permit in ip from any to 10.0.0.1 5000-
6000"
    Flow-Direction: 1 (downlink)
QoS-Information:
  QoS-Class-Identifier: 7
  Max-Requested-Bandwidth-UL: 5000000 (5 Mbps)
  Max-Requested-Bandwidth-DL: 10000000 (10 Mbps)
  Guaranteed-Bitrate-UL: 1000000 (1 Mbps)
  Guaranteed-Bitrate-DL: 2000000 (2 Mbps)
Precedence: 100
Flow-Status: 2 (ENABLED)
```

# Modification de la Porteuse

La QoS de la porteuse peut être modifiée via :

- **Gx RAR** avec Charging-Rule-Definition mise à jour
- **PFCP Session Modification** pour mettre à jour les QER existants (changer les débits), les FAR (changer le transfert), ou les PDR (changer les filtres de paquets)

# Suppression de la Porteuse

**Déclencheurs :**

- **Delete Session Request** (initié par SGW) - Supprime la porteuse par défaut et termine la session
- **Re-Auth Request avec Charging-Rule-Remove** (initié par PCRF) - Supprime la porteuse dédiée

**Flux de travail :**

1. Supprimer la porteuse de l'état de session
2. Supprimer les PDR/FAR/QER associés
3. Envoyer une demande de suppression de porteuse au SGW-C (si initié par PCRF)
4. Envoyer une modification de session PFCP (supprimer les règles) ou une suppression de session (si porteuse par défaut)

# Paramètres de QoS

## QCI (Identifiant de Classe de QoS)

**Source :** PCRF via Gx `QoS-Class-Identifier` AVP

**Valeurs Standards :**

- **QCI 1** : Voix Conversationnelle (GBR, budget de retard de 100 ms)
- **QCI 2** : Vidéo Conversationnelle (GBR, budget de retard de 150 ms)
- **QCI 3** : Jeux en Temps Réel (GBR, budget de retard de 50 ms)
- **QCI 4** : Vidéo Non-Conversationnelle (GBR, budget de retard de 300 ms)
- **QCI 5** : Signalisation IMS (non-GBR, budget de retard de 100 ms) - **Par défaut pour la porteuse par défaut**
- **QCI 6** : Vidéo (basé sur TCP), Streaming en Direct (non-GBR, budget de retard de 300 ms)
- **QCI 7** : Voix, Jeux Interactifs (non-GBR, budget de retard de 100 ms)
- **QCI 8** : Vidéo (basé sur TCP), par exemple, YouTube (non-GBR, budget de retard de 300 ms)
- **QCI 9** : Internet par Défaut (non-GBR, budget de retard de 300 ms)

**Remarque de l'Opérateur :**

- Le QCI est reçu du PCRF et signalé au SGW-C dans l'IE Bearer-Level-QoS
- Le PGW-C n'applique pas directement le comportement du QCI - l'application réelle se fait via MBR/GBR dans les QER
- Des valeurs de QCI plus faibles indiquent généralement une priorité plus élevée
- Le QCI détermine le traitement de transfert de paquets et la priorité de planification

# ARP (Priorité d'Allocation et de Rétention)

**Source :** PCRF via `Allocation-Retention-Priority` AVP groupé

**Composants :**

- **Priority-Level** : 1 (priorité la plus élevée) à 15 (priorité la plus basse)
- **Pre-emption-Capability** : Cette porteuse peut-elle préempter des porteuses de priorité inférieure ?
  - 0 = ACTIVÉ (peut préempter d'autres)
  - 1 = DÉSACTIVÉ (ne peut pas préempter)
- **Pre-emption-Vulnerability** : Cette porteuse peut-elle être préemptée par des porteuses de priorité supérieure ?
  - 0 = ACTIVÉ (peut être préemptée)
  - 1 = DÉSACTIVÉ (ne peut pas être préemptée)

**Valeurs Par Défaut :**

- Priority-Level : 1
- Pre-emption-Capability : ACTIVÉ (0)
- Pre-emption-Vulnerability : DÉSACTIVÉ (1)

**Remarque de l'Opérateur :**

- L'ARP est signalé au SGW-C et finalement à l'eNodeB
- **Non appliqué par le PGW-C** - l'application se fait généralement au niveau de l'eNodeB lors du contrôle d'admission radio
- Utilisé pendant la congestion du réseau pour déterminer quelles porteuses admettre ou supprimer

- Critique pour les services d'urgence (niveau de priorité 1) et les services de haute valeur

## MBR (Débit Maximum)

**Source :** PCRF via `Max-Requested-Bandwidth-UL` et `Max-Requested-Bandwidth-DL` AVPs

**Format :** Octets par seconde (converti en kbps en interne : `octets / 1000`)

**Appliqué à :** Toutes les porteuses (par défaut et dédiées)

**Comment ça fonctionne :**

- PGW-C crée un QER avec `mbr: %Bitrate{ul: kbps_ul, dl: kbps_dl}`
- QER envoyé au PGW-U via PFCP
- **PGW-U applique la limitation de débit** (policing de trafic)
- Le trafic excessif au-dessus du MBR est supprimé

**Exemple :**

```
Max-Requested-Bandwidth-UL: 5000000 (5 Mbps)
Max-Requested-Bandwidth-DL: 10000000 (10 Mbps)

→ QER créé avec mbr: {ul: 5000, dl: 10000} kbps
→ PGW-U supprime les paquets montants dépassant 5 Mbps
→ PGW-U supprime les paquets descendants dépassant 10 Mbps
```

## GBR (Débit Garanti)

**Source :** PCRF via `Guaranteed-Bitrate-UL` et `Guaranteed-Bitrate-DL` AVPs

**Format :** Octets par seconde (converti en kbps)

**Appliqué à :** Uniquement aux porteuses dédiées (porteuses GBR)

**Comment ça fonctionne :**

- Si le GBR est spécifié dans la Charging-Rule-Definition, la porteuse est de **type GBR**
- PGW-U applique une garantie de débit minimum via le QER
- Nécessite une planification appropriée au niveau de l'eNodeB pour réserver des ressources radio
- Les porteuses GBR ont un contrôle d'admission - peuvent être rejetées si les ressources ne sont pas disponibles

**Exemple :**

```
Guaranteed-Bitrate-UL: 1000000 (1 Mbps)
Guaranteed-Bitrate-DL: 2000000 (2 Mbps)

→ QER créé avec gbr: {ul: 1000, dl: 2000} kbps
→ Le réseau garantit au moins 1 Mbps en amont et 2 Mbps en aval
→ Utilisé pour VoIP, appels vidéo, streaming en direct
```

**Remarque de l'Opérateur :**

- Le GBR nécessite une planification de capacité réseau suffisante
- La surabondance des ressources GBR entraîne des échecs d'admission
- Surveillez l'utilisation du GBR via les comptes de session et les métriques de porteuse

# AMBR (Débit Maximum Agrégé)

**Source :** PCRF via `APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL` et `APN-Aggregate-Max-Bitrate-DL` AVPs

**Portée :** S'applique à **toutes les porteuses non-GBR** pour l'APN (pas par porteuse)

**Comment ça fonctionne :**

- L'AMBR est une limite agrégée sur toutes les porteuses non-GBR dans une session
- Envoyé au SGW-C dans la réponse de création de session

- L'application se fait généralement au niveau de l'eNodeB/SGW
- PGW-C stocke l'AMBR dans l'état de session et le signale au SGW-C

**Exemple :**

```
APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL: 50000000 (50 Mbps)
APN-Aggregate-Max-Bitrate-DL: 100000000 (100 Mbps)

→ Toutes les porteuses non-GBR combinées ne peuvent pas dépasser
50 Mbps en amont / 100 Mbps en aval
→ Les porteuses individuelles sont limitées par leur propre MBR
→ L'AMBR fournit un plafond global supplémentaire par UE/APN
```

**Remarque de l'Opérateur :**

- Défini via le profil d'abonné dans HSS/PCRF
- Utilisé pour appliquer des niveaux d'abonnement (par exemple, plan de 10 Mbps contre plan de 100 Mbps)
- N'affecte pas les porteuses GBR

# État de Flux et Contrôle

## Mapping de l'État de Flux (Gx) à l'État de Porte (PFCP)

Le PCRF contrôle si le trafic est autorisé via l'AVP `Flow-Status` dans la Charging-Rule-Definition :

| Flow-Status (Gx) | Gate-Status (PFCP QER) | Signification |
|---|---|---|
| 0 = ENABLED-UPLINK | ul: OPEN, dl: CLOSED | Seulement le trafic montant autorisé |
| 1 = ENABLED-DOWNLINK | ul: CLOSED, dl: OPEN | Seulement le trafic descendant autorisé |
| 2 = ENABLED | ul: OPEN, dl: OPEN | Les deux directions autorisées |
| 3 = DISABLED | ul: CLOSED, dl: CLOSED | Aucun trafic autorisé |
| 4 = REMOVED | ul: CLOSED, dl: CLOSED | Porteuse en cours de suppression |

**Cas d'utilisation :**

- **DISABLED** : Utilisé pour les services en attente ou l'épuisement de crédit (paquets supprimés mais porteuse conservée)
- **ENABLED-UPLINK** : Inhabituel, mais pourrait être utilisé pour des services uniquement de téléchargement
- **ENABLED-DOWNLINK** : Services uniquement de téléchargement ou scénarios limités par le crédit
- **ENABLED** : Fonctionnement normal

# Surveillance et Observabilité

## Métriques Prometheus

**Métriques au niveau de la session :**

```
session_registry_count        # Porteuses actives (paires IMSI,
EBI)
address_registry_count        # IPs UE allouées
charging_id_registry_count    # Sessions de facturation actives
```

**Métriques de l'interface Gx :**

```
gx_inbound_messages_total{message_type="gx_RAR"}     # Mises à
jour de politique du PCRF
gx_outbound_messages_total{message_type="gx_CCR"}    # Demandes de
politique au PCRF
gx_outbound_transaction_duration_bucket              # Latence
vers le PCRF
```

**Métriques de l'interface PFCP :**

```
sxb_outbound_messages_total{message_type="pfcp_session_establishment_
sxb_outbound_messages_total{message_type="pfcp_session_modification_r
sxb_outbound_transaction_duration_bucket
```

**Métriques de création de porteuse :**

```
s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}
# Porteuses par défaut
s5s8_outbound_messages_total{message_type="create_bearer_request"}
# Porteuses dédiées
```

# Surveillance de l'Interface Web

**Page des Sessions PGW** (`/pgw_sessions`) :

- Recherche par IMSI, adresse IP, MSISDN, ou APN
- Voir les porteuses actives par session
- Inspecter les paramètres de QoS de la porteuse (QCI, MBR, GBR, AMBR)
- Actualisation automatique en temps réel (2 secondes)

**Page Diameter** (`/diameter`) :

- État de connectivité du pair PCRF
- Nombre de sessions Gx
- État du pair (connecté/déconnecté)

**Page des Journaux** (`/logs`) :

- Diffusion en temps réel des journaux
- Filtrer par "Contrôle de Crédit" pour les échanges CCR/CCA
- Filtrer par "Re-Auth" pour les événements RAR (changements de politique)
- Filtrer par "PFCP" pour les événements de programmation du plan utilisateur

## Messages de Journal Clés

```
[debug] Sending Credit Control Request: ...          # CCR au PCRF
[debug] Handling Credit Control Answer: ...          # CCA du PCRF
(contient QoS)
[debug] Handling Re-Auth Request                     # RAR du PCRF
(changement de politique)
[debug] Sending Session Establishment Request        # PFCP au
PGW-U (programmer les QER)
[debug] Sending Session Modification Request         # PFCP au
PGW-U (mettre à jour les QER)
```

# Tâches Opérationnelles

## Vérifier la QoS Appliquée à la Session

1. Accéder à l'interface Web → page **PGW Sessions**
2. Rechercher l'IMSI (par exemple, `999000123456789`)
3. Développer les détails de la session
4. Vérifier la section **qer_map** :

```
qer_id: 1
gate_status: {ul: OPEN, dl: OPEN}
mbr: {ul: 50000, dl: 100000}  # kbps
gbr: {ul: 10000, dl: 20000}   # kbps (ou nil pour non-GBR)
```

5. Vérifier que les valeurs correspondent à la politique attendue du PCRF

# Dépanner la QoS Manquante

**Symptôme :** Session créée mais QoS non appliquée

**Étapes :**

1. **Vérifier la connectivité PCRF :**
   - Accéder à l'interface Web → page **Diameter**
   - Vérifier l'état du pair PCRF = "connecté"
   - Si déconnecté, vérifier la connectivité réseau et la configuration Diameter
2. **Vérifier l'échange CCR/CCA :**
   - Accéder à l'interface Web → page **Logs**
   - Rechercher "Credit Control Answer"
   - Vérifier que l'AVP `QoS-Information` est présent dans le journal CCA
   - Vérifier les erreurs dans la CCA (Result-Code devrait être 2001 = SUCCESS)
3. **Vérifier la programmation PFCP :**
   - Rechercher les journaux pour "PFCP Session Establishment Request"
   - Vérifier que le QER est inclus dans le message
   - Vérifier les journaux PGW-U pour les erreurs de traitement PFCP
4. **Vérifier la configuration de la politique PCRF :**
   - Vérifier le profil d'abonné dans le PCRF
   - Confirmer que les règles de politique spécifiques à l'APN existent
   - Vérifier les journaux PCRF pour les erreurs d'évaluation de politique

# Surveiller le Taux de Création de Porteuse

**Requêtes Prometheus :**

```
# Taux de création de porteuse par défaut (sessions/seconde)
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request
[5m])

# Taux de création de porteuse dédiée
rate(s5s8_outbound_messages_total{message_type="create_bearer_request
[5m])

# Taux de mise à jour de politique du PCRF
rate(gx_inbound_messages_total{message_type="gx_RAR"}[5m])
```

# Planification de Capacité

**Métriques clés à surveiller :**

```
# Utilisation de l'adresse IP UE (pourcentage)
(address_registry_count / <configured_pool_size>) * 100

# Nombre de porteuses actives
session_registry_count

# Latence de requête PCRF (P95)
histogram_quantile(0.95, gx_outbound_transaction_duration_bucket)
```

**Limites de capacité :**

- Taille du pool d'adresses : configurée dans `config/runtime.exs` sous `ue.subnet_map`
- Espace TEID : 32 bits (4 milliards d'identifiants uniques, gérés automatiquement)
- Sessions simultanées : généralement limitées par la taille du pool d'adresses

**Directives de planification :**

- Surveiller l'utilisation des adresses IP - étendre le pool avant de dépasser 80%
- Surveiller la latence PCRF - une latence élevée impacte le temps de mise en place de la session
- Surveiller le taux de création de porteuses dédiées - indique la complexité de la politique

# Documentation Connexe

- Gestion des Sessions - Cycle de vie de la session PDN
- Interface Diameter Gx - Détails du protocole de politique PCRF
- Interface PFCP - Programmation du plan utilisateur
- Guide de Configuration - Configuration du système
- Guide de Surveillance - Métriques et observabilité

# Documentation de l'Interface S5/S8

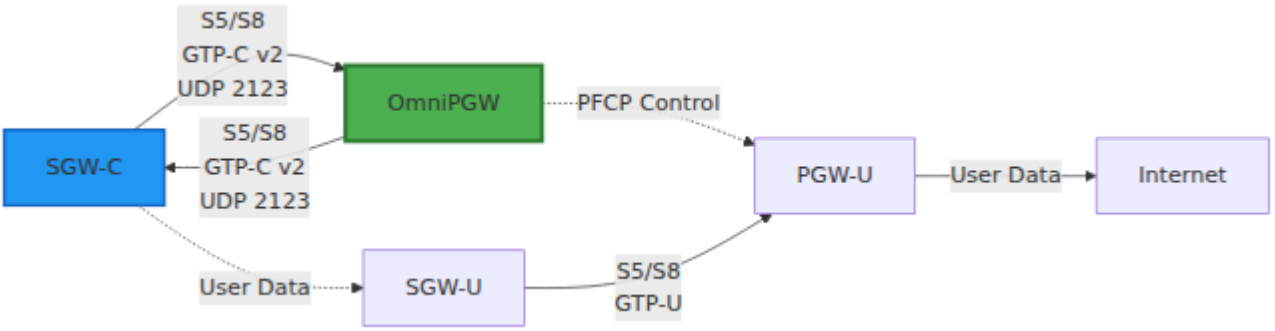
**Communication GTP-C avec SGW-C**

*OmniPGW par Omnitouch Network Services*

---

# Aperçu

L'**interface S5/S8** connecte OmniPGW au SGW-C (Serving Gateway Control plane) en utilisant le protocole **GTP-C v2** (GPRS Tunnelling Protocol - Control plane). Cette interface gère le signalement de gestion de session entre les passerelles.




---

# Détails du Protocole

## GTP-C Version 2

- **Protocole :** GTP-C v2 (3GPP TS 29.274)
- **Transport :** UDP
- **Port :** 2123 (standard)
- **Type d'Interface :** Plan de Contrôle

# TEID (Identifiant de Point de Terminaison de Tunnel)

Chaque session a un **TEID** unique pour le routage des messages :

- **TEID Local** - Alloué par OmniPGW pour les messages entrants
- **TEID Distant** - Alloué par SGW-C pour les messages sortants

```
Flux de Message :
  SGW-C → OmniPGW : TEID de Destination = TEID Local d'OmniPGW
  OmniPGW → SGW-C : TEID de Destination = TEID Distant de SGW-C
```

---

# Configuration

## Configuration de Base

```
# config/runtime.exs
config :pgw_c,
  s5s8: %{
    # Adresse IPv4 locale pour l'interface S5/S8
    local_ipv4_address: "10.0.0.20",

    # Optionnel : Adresse IPv6 locale
    local_ipv6_address: nil,

    # Optionnel : Remplacer le port par défaut
    local_port: 2123,

    # Délai d'attente de la requête GTP-C en millisecondes (par
défaut : 500ms)
    # Délai d'attente par tentative lors de l'attente des réponses
GTP-C (Créer Bearer, Supprimer Bearer, etc.)
    request_timeout_ms: 500,

    # Nombre de tentatives de réessai pour les requêtes GTP-C (par
défaut : 3)
    # Temps d'attente total maximum = request_timeout_ms *
request_attempts
    # Exemple : 500ms * 3 tentatives = 1500ms (1,5 secondes) au
total
    request_attempts: 3
  }
```

## Configuration des Délais d'Attente

L'interface S5/S8 utilise des délais d'attente configurables pour les transactions de requête/réponse GTP-C.

**Paramètres :**

- **`request_timeout_ms`** - Délai d'attente en millisecondes par tentative de réessai (par défaut : 500ms)

- `request_attempts` - Nombre de tentatives de réessai avant d'abandonner (par défaut : 3)

**Temps d'Attente Total :** `request_timeout_ms × request_attempts`

**Comportement par Défaut :** 500ms × 3 tentatives = **1,5 secondes au total maximum d'attente**

**Directives de Réglage :**

| Latence Réseau | `request_timeout_ms` Recommandé | Temps d'Attente Total |
|---|---|---|
| Faible latence (<50ms) | 200-300ms | 600-900ms (3 tentatives) |
| Normal (50-150ms) | 500ms (par défaut) | 1.5s (3 tentatives) |
| Haute latence (>150ms) | 1000-2000ms | 3-6s (3 tentatives) |
| Instable/satellite | 2000-3000ms | 6-9s (3 tentatives) |

**Exemple - Réseau à Haute Latence :**

```
s5s8: %{
  local_ipv4_address: "10.0.0.20",
  request_timeout_ms: 1500,  # 1,5 secondes par tentative
  request_attempts: 3         # Total : 4,5 secondes max
}
```

**Lorsque le délai d'attente se produit :**

- OmniPGW enregistre une erreur : `"Délai d'attente de la requête de création de bearer"`
- Retourne une erreur au PCRF (Diameter Result-Code : 5012 UNABLE_TO_COMPLY)

- Le bearer reste en stockage précoce pour nettoyage via Charging-Rule-Remove

## Exigences Réseau

**Règles de Pare-feu :**

```
# Autoriser GTP-C depuis le réseau SGW-C
iptables -A INPUT -p udp --dport 2123 -s <sgw_network>/24 -j
ACCEPT

# Autoriser GTP-C sortant vers SGW-C
iptables -A OUTPUT -p udp --dport 2123 -d <sgw_network>/24 -j
ACCEPT
```

**Routage :**

```
# Assurer la route vers le réseau SGW-C
ip route add <sgw_network>/24 via <gateway_ip> dev eth0
```

---

# Types de Messages

L'interface S5/S8 gère le signalement GTP-C pour la gestion des sessions PDN. Pour un cycle de vie de session détaillé et la gestion d'état, voir Guide de Gestion de Session.

## Gestion de Session

**Demande de Création de Session**

**Direction :** SGW-C → OmniPGW

**Objectif :** Établir une nouvelle connexion PDN

**IEs Clés (Éléments d'Information) :**

| Nom IE | Type | Description |
|---|---|---|
| IMSI | Identité | Identité Internationale de l'Abonné Mobile |
| MSISDN | Identité | Numéro de téléphone mobile |
| APN | Chaîne | Nom du Point d'Accès (par exemple, "internet") |
| Type RAT | Enum | Technologie d'Accès Radio (EUTRAN) |
| Contexte de Bearer | Groupé | Informations sur le bearer par défaut |
| Fuseau Horaire UE | Horodatage | Fuseau horaire de l'UE |
| ULI | Groupé | Informations de Localisation de l'Utilisateur (TAI, ECGI) |
| Réseau de Service | PLMN | MCC/MNC du réseau de service |

**Exemple :**

```
Demande de Création de Session
├── IMSI : 310260123456789
├── MSISDN : 14155551234
├── APN : internet
├── Type RAT : EUTRAN (6)
├── Contexte de Bearer
│   ├── EBI : 5
│   ├── QoS de Bearer (QCI 9, ARP, débits)
│   └── S5/S8 F-TEID (point de terminaison de tunnel SGW-U)
└── ULI
    ├── TAI : MCC 310, MNC 260, TAC 12345
    └── ECGI : MCC 310, MNC 260, ECI 67890
```

**Réponse de Création de Session**

**Direction :** OmniPGW → SGW-C

**Objectif :** Accuser réception de la création de session

**IEs Clés :**

| Nom IE | Type | Description |
|---|---|---|
| Cause | Résultat | Code de succès ou d'erreur |
| Contexte de Bearer | Groupé | Informations sur le bearer |
| Allocation d'Adresse PDN | IP | Adresse IP UE allouée (voir Allocation IP UE) |
| Restriction APN | Enum | Restrictions d'utilisation de l'APN |
| PCO | Options | Options de Configuration de Protocole (voir Configuration PCO) |

**Réponse de Succès :**

```
Réponse de Création de Session
├── Cause : Demande acceptée (16)
├── Allocation d'Adresse PDN
│   ├── IPv4 : 100.64.1.42
├── Contexte de Bearer
│   ├── EBI : 5
│   ├── Cause : Demande acceptée
│   └── S5/S8 F-TEID (point de terminaison de tunnel PGW-U depuis PFCP)
├── Restriction APN : Public-1 (1)
└── PCO
    ├── Serveur DNS : 8.8.8.8
    ├── Serveur DNS : 8.8.4.4
    └── MTU de Lien : 1400
```

**Demande de Suppression de Session**

**Direction :** SGW-C → OmniPGW

**Objectif :** Terminer la connexion PDN

**IEs Clés :**

| Nom IE | Description |
|---|---|
| EBI | ID de Bearer EPS à supprimer |
| EBI Lié | Bearer associé (optionnel) |

**Réponse de Suppression de Session**

**Direction :** OmniPGW → SGW-C

**Objectif :** Accuser réception de la suppression de session

**IEs Clés :**

| Nom IE | Description |
|---|---|
| Cause | Code de succès ou d'erreur |

# Gestion de Bearer

**Demande de Création de Bearer**

**Direction :** OmniPGW → SGW-C

**Objectif :** Créer un bearer dédié (initié par la politique PCRF)

**Déclenché par :**

- PCRF envoie une nouvelle règle PCC nécessitant un bearer dédié
- OmniPGW demande à SGW-C d'établir le bearer

**Demande de Suppression de Bearer**

**Direction :** OmniPGW → SGW-C ou SGW-C → OmniPGW

**Objectif :** Supprimer un bearer dédié

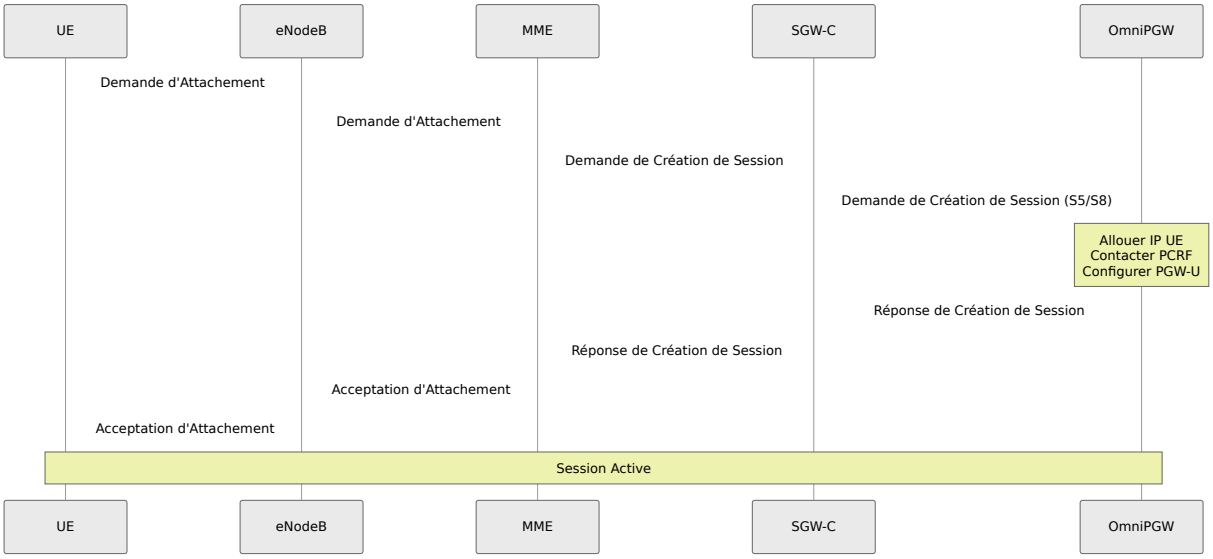
**Scénarios :**

- **Initié par PGW :** Changement de politique PCRF supprime le bearer dédié
- **Initié par SGW :** Libération des ressources radio

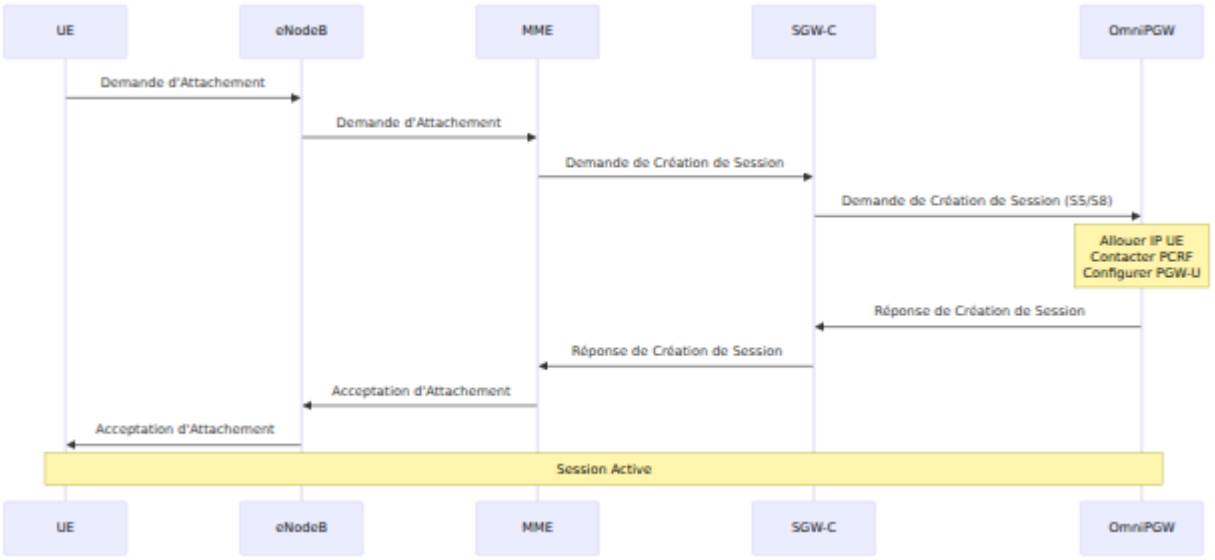
---

# Flux de Messages

## Établissement de Session



## Terminaison de Session




---

# Codes de Cause

## Succès

| Code | Nom | Description |
|---|---|---|
| 16 | Demande acceptée | Opération réussie |

## Erreurs (Échecs Permanents)

| Code | Nom | Quand Utilisé |
|---|---|---|
| 65 | Utilisateur Inconnu | Rejeté par PCRF (IMSI non trouvé) |
| 66 | Pas de ressources disponibles | Pool IP épuisé |
| 93 | Service non pris en charge | APN invalide |
| 94 | Erreur sémantique dans TFT | Modèle de flux de trafic invalide |

## Erreurs (Échecs Transitoires)

| Code | Nom | Quand Utilisé |
|---|---|---|
| 72 | Pair distant ne répond pas | Délai d'attente PCRF/PGW-U |
| 73 | Collision avec une demande initiée par le réseau | Opérations simultanées |

---

# Surveillance

## Métriques S5/S8

```
# Compteurs de messages
s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}
s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request"}

# Compteurs d'erreurs
s5s8_inbound_errors_total

# Latence de traitement des messages
s5s8_inbound_handling_duration_bucket

# TEIDs actifs
teid_registry_count
```

## Requêtes Utiles

**Taux de Création de Session :**

```
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request
[5m])
```

**Taux d'Erreur :**

```
rate(s5s8_inbound_errors_total[5m])
```

**Latence (p95) :**

```
histogram_quantile(0.95,

rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="crea
[5m])
)
```

---

# Dépannage

## Problème : Pas de Réponse d'OmniPGW

**Symptômes :**

- SGW-C envoie une Demande de Création de Session
- Pas de réponse reçue
- Délai d'attente à SGW-C

**Causes :**

1. Problème de connectivité réseau
2. OmniPGW ne répond pas à l'IP configurée
3. Pare-feu bloquant UDP 2123
4. Mauvais TEID dans la demande

**Débogage :**

```
# Vérifier qu'OmniPGW écoute
netstat -ulnp | grep 2123

# Vérifier les paquets entrants
tcpdump -i any -n port 2123

# Vérifier la configuration
grep "local_ipv4_address" config/runtime.exs

# Vérifier le pare-feu
iptables -L -n | grep 2123
```

# Problème : Échec de Création de Session

**Symptômes :**

- Réponse de Création de Session avec cause d'erreur
- Session non établie

**Causes Courantes :**

```
Cause 65 (Utilisateur Inconnu) :
  → PCRF a rejeté l'abonné
  → Vérifier l'IMSI dans HSS/SPR

Cause 66 (Pas de ressources) :
  → Pool IP épuisé
  → Vérifier : curl http://pgw:9090/metrics | grep
address_registry_count
  → Étendre le pool IP

Cause 72 (Pair distant ne répond pas) :
  → Délai d'attente PCRF ou PGW-U hors service
  → Vérifier la connectivité Gx
  → Vérifier l'association PFCP
```

# Problème : Collision de TEID

**Symptômes :**

- Message routé vers la mauvaise session
- Comportement inattendu

**Cause :**

- TEID réutilisé avant nettoyage
- Bug dans l'allocation de TEID

**Résolution :**

- Assurer une allocation unique de TEID
- Vérifier le registre de TEID pour les fuites

---

# Meilleures Pratiques

## Conception Réseau

1. **Interface Réseau Dédiée**
    - Utiliser un VLAN séparé pour S5/S8
    - Isoler du trafic de gestion
2. **Optimisation de MTU**
    - Assurer que le MTU prend en charge les en-têtes GTP
    - MTU minimum : 1500 octets (1464 charge utile + 36 GTP)
3. **Redondance**
    - Plusieurs instances d'OmniPGW
    - Équilibrage de charge basé sur DNS depuis SGW-C

## Performance

1. **Tailles de Tampons UDP**
    - Augmenter les tampons de socket pour une charge élevée

    - Typique : 4-8 Mo par socket

2. **Limites de Connexion**
    - Planifier le nombre de sessions attendues
    - Surveiller le compte du registre de TEID

## Sécurité

1. **Filtrage IP**
    - Autoriser uniquement GTP-C depuis des IP SGW-C connues
    - Utiliser iptables ou ACL réseau

2. **Validation des Messages**
    - OmniPGW valide tous les messages entrants
    - Rejette les paquets GTP-C malformés

---

# Documentation Connexe

## Fonctions Principales

- **Guide de Configuration** - Configuration de l'interface S5/S8, configuration IP locale
- **Gestion de Session** - Cycle de vie de session PDN, établissement de bearer
- **Allocation IP UE** - Livraison d'adresse IP via Réponse de Création de Session
- **Configuration PCO** - Paramètres PCO dans les messages GTP-C

## Interfaces Connexes

- **Interface PFCP** - Coordination du plan utilisateur avec le plan de contrôle S5/S8

- **Interface Diameter Gx** - Intégration des politiques avec l'établissement de bearer
- **Interface Diameter Gy** - Intégration de facturation avec la gestion de bearer

## Opérations

- **Guide de Surveillance** - Métriques GTP-C S5/S8, suivi des messages
- **Format de CDR de Données** - Génération de CDR à partir de sessions GTP-C

---

**Retour au Guide des Opérations**

---

# Guide de Gestion des Sessions

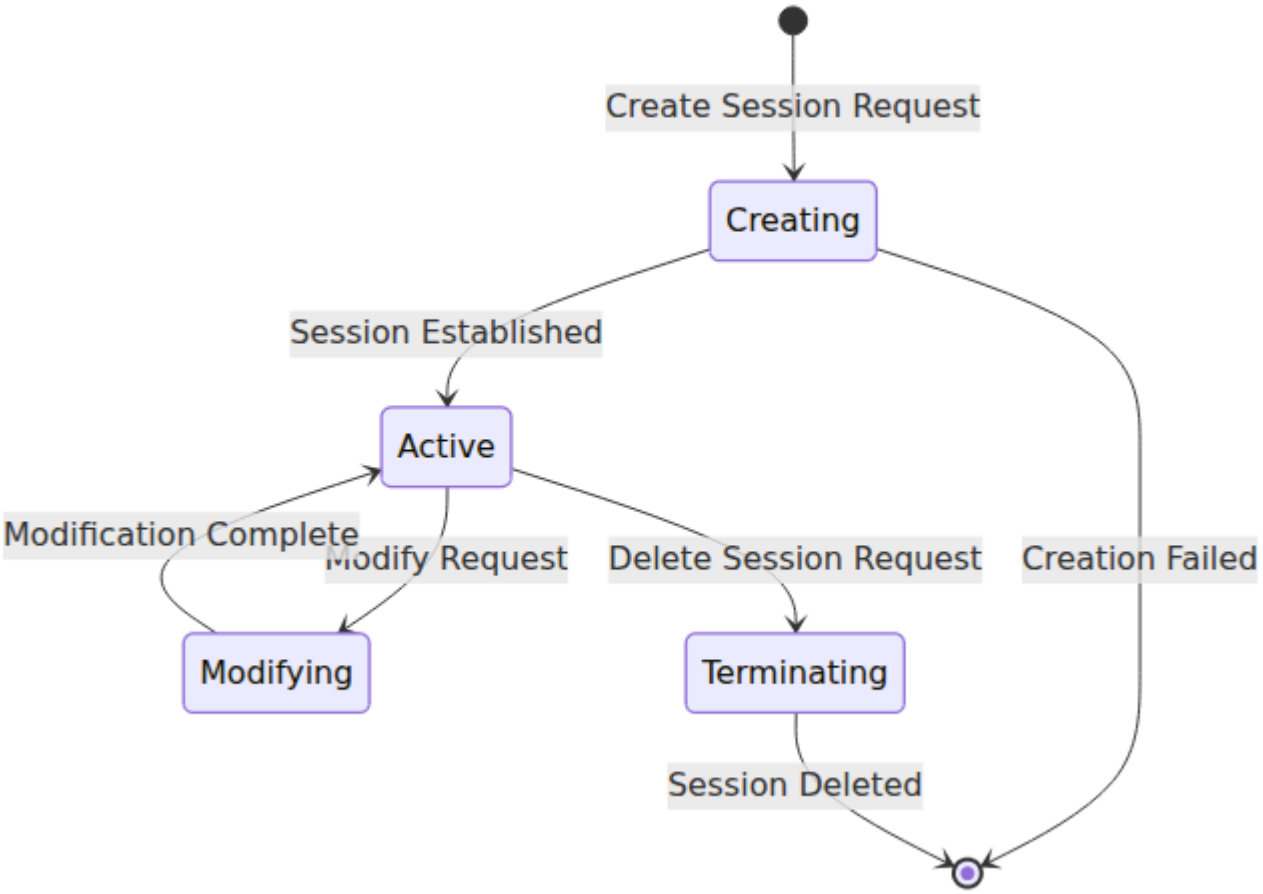
**Cycle de Vie et Opérations de Connexion PDN**

*OmniPGW par Omnitouch Network Services*

---

## Aperçu

Une **Session PDN (Packet Data Network)** représente la connexion de données d'un UE à travers OmniPGW. Chaque session coordonne plusieurs interfaces et ressources pour permettre la connectivité des données.




---

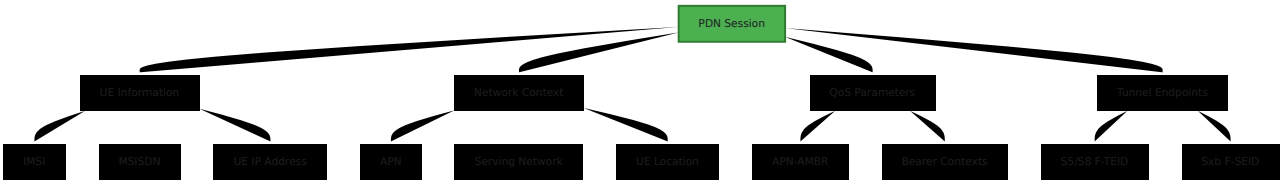
# Composants de la Session

## Identifiants de Session

Chaque session a plusieurs identifiants pour différentes interfaces :

| Identifiant | Interface | But |
|---|---|---|
| **TEID** | S5/S8 (GTP-C) | ID de Point de Terminaison de Tunnel pour la communication SGW-C |
| **SEID** | Sxb (PFCP) | ID de Point de Terminaison de Session pour la communication PGW-U |
| **Session-ID** | Gx (Diameter) | Session Diameter pour la communication PCRF |
| **Charging-ID** | Comptabilité | ID unique pour la facturation |

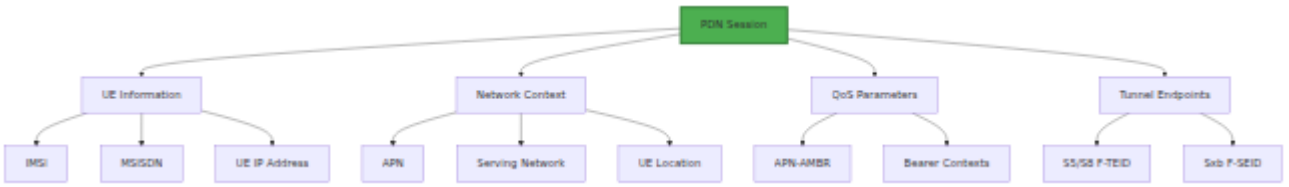
## Données de Session




---

# Création de Session

## Flux d'Appel




## Étapes

### 1. Recevoir la Demande de Création de Session (S5/S8)

La création de session est initiée via le signalement GTP-C sur l'interface S5/S8. Voir Interface S5/S8 pour les détails complets du protocole GTP-C et des formats de message.

**Entrée :**

- IMSI, MSISDN, IMEI
- APN (par exemple, "internet")
- Type de RAT (EUTRAN)
- Localisation UE (TAI, ECGI)
- Contexte de Porteuse (QoS, F-TEID)

### 2. Allocation des Ressources

```
- Allouer IP UE à partir du pool APN
- Générer ID de Facturation
- Générer Gx Session-ID
- Allouer S5/S8 TEID
- Sélectionner le pair PGW-U
```

### 3. Demande de Politique (Gx)

Demander la politique au PCRF :

- Envoyer CCR-Initial
- Recevoir CCA-Initial avec QoS et règles PCC

**4. Configuration du Plan Utilisateur (PFCP)**

Programmer PGW-U avec des règles de transfert :

- Envoyer la Demande d'Établissement de Session
- Inclure PDRs, FARs, QERs, BAR
- Recevoir F-TEID pour le tunnel S5/S8

**5. Réponse au SGW-C**

Envoyer la Réponse de Création de Session :

- Adresse IP UE
- S5/S8 F-TEID (du PGW-U)
- PCO (DNS, P-CSCF, MTU)
- Contexte de Porteuse

---

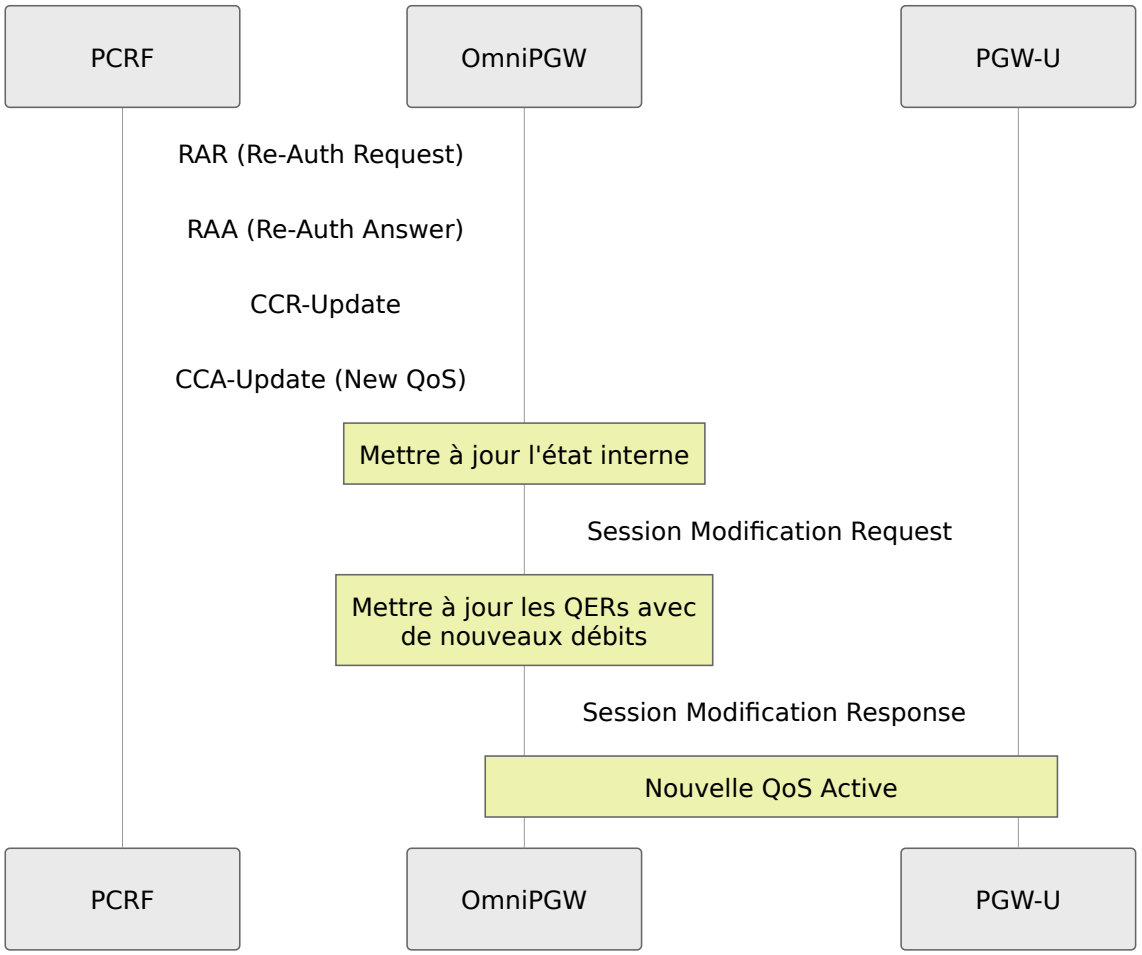
# Modification de Session

## Déclencheurs

Les sessions peuvent être modifiées en raison de :

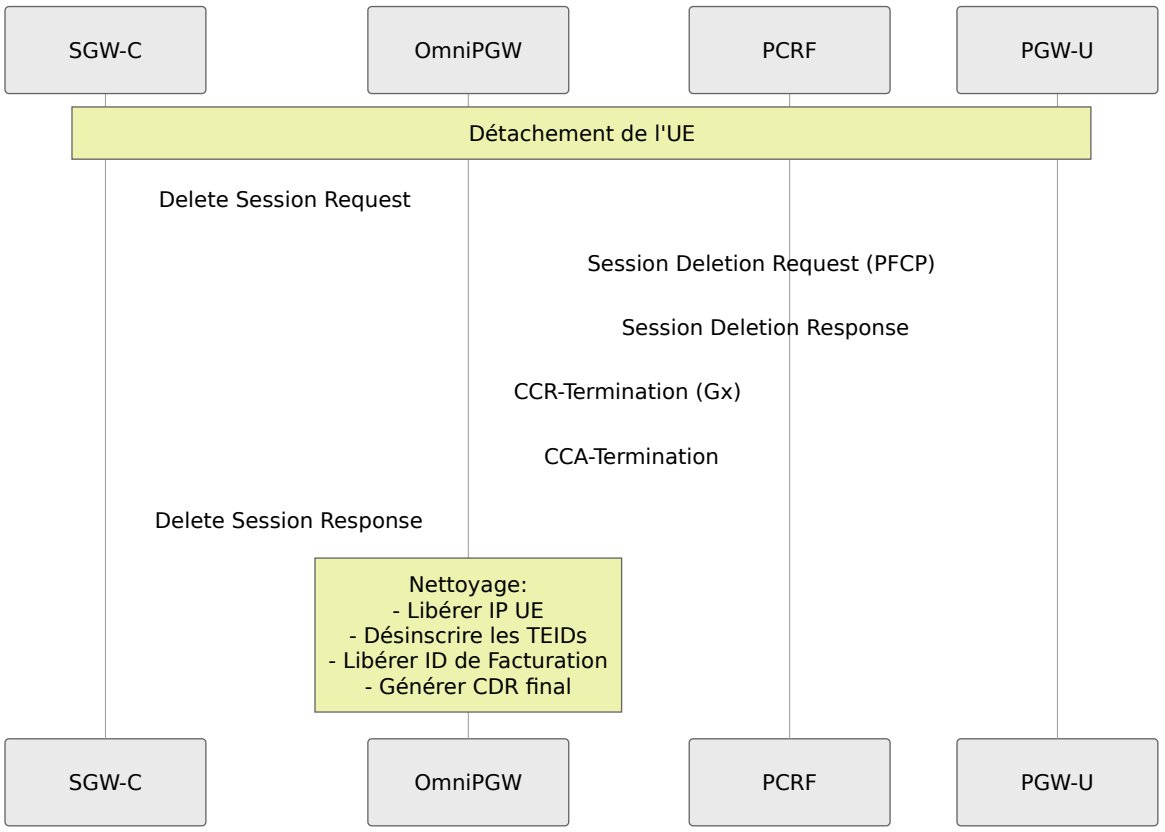
- **Changements de QoS** - Mises à jour des débits par le PCRF
- **Opérations de Porteuse** - Ajouter/retirer des porteuses dédiées
- **Transfert** - Changement de SGW
- **Mises à jour de Politique** - Nouvelles règles PCC du PCRF

# Flux de Modification de QoS



# Suppression de Session

## Flux d'Appel




## Processus de Nettoyage

**Ressources Libérées :**

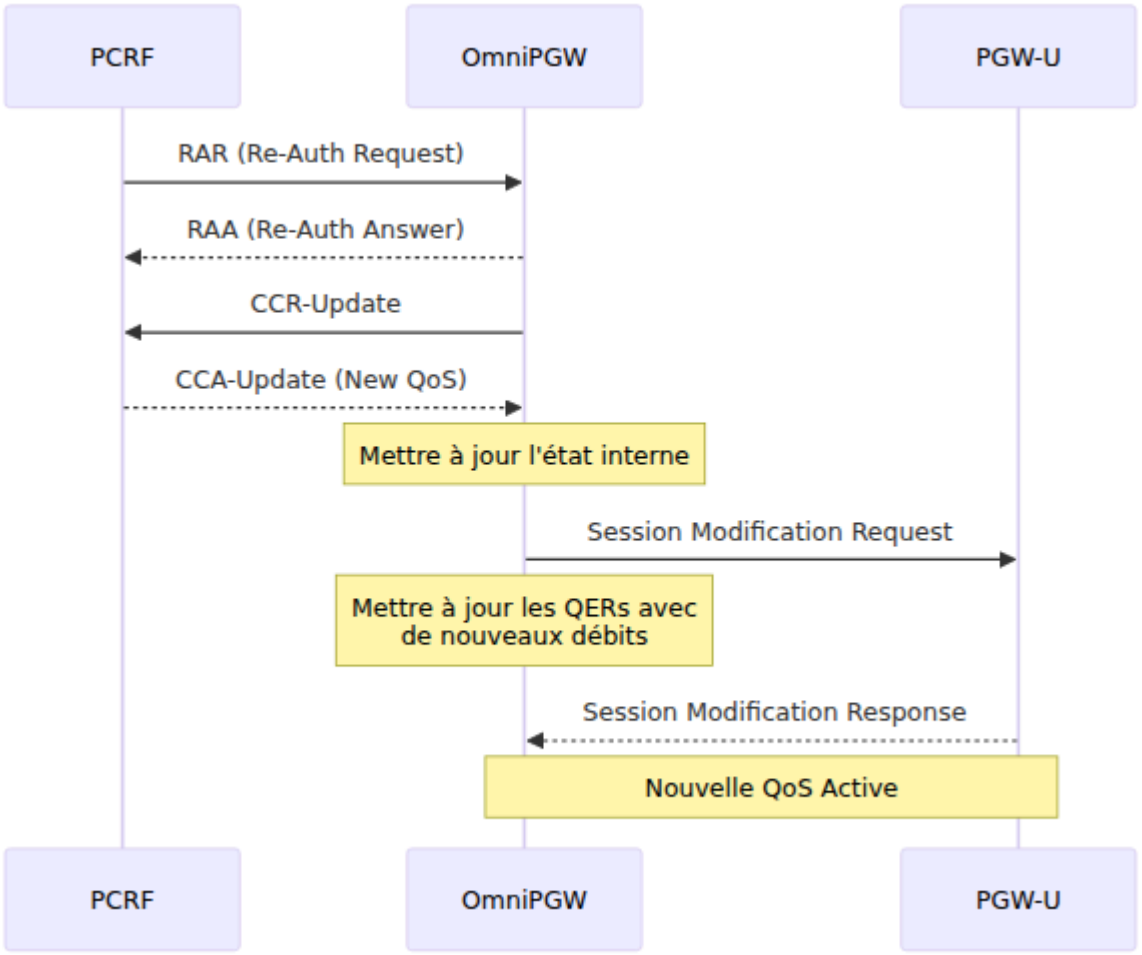
1. Adresse IP UE → retour au pool
2. TEID → retiré du registre
3. SEID → retiré du registre
4. Session-ID → retiré du registre
5. Charging-ID → libéré
6. Processus de session terminé

**Enregistrements de Facturation Générés :**

- CDR final (Charging Data Record) écrit pour la facturation hors ligne - Voir Format de CDR de Données

# État de Session

## Machine d'État




## Suivi de Session

**Requêtes de Registre :**

```
Par TEID (S5/S8):
  TEID 0x12345678 → Session PID

Par SEID (Sxb):
  SEID 0xABCDEF → Session PID

Par Session-ID (Gx):
  "pgw.example.com;123;456" → Session PID

Par IP UE:
  100.64.1.42 → Session PID

Par IMSI + EBI:
  "310260123456789" + EBI 5 → Session PID
```

---

# Surveillance des Sessions

## Compte de Sessions Actives

```
# Total des sessions actives
teid_registry_count

# Sessions PFCP
seid_registry_count

# Sessions Gx
session_id_registry_count
```

## Métriques de Session

```
# Taux de création de session
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request

# Taux de suppression de session
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request

# Latence de création de session (p95)
histogram_quantile(0.95,

rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="crea
[5m])
)
```

---

# Problèmes Courants

## Échecs de Création de Session

**Causes :**

1. **Pool IP Épuisé** - Pas d'IP disponibles
2. **PCRF Injoignable** - Délai d'attente Gx
3. **PGW-U Hors Service** - Pas de pair PFCP disponible
4. **Rejet PCRF** - Utilisateur inconnu, non autorisé

**Débogage :**

```
# Vérifier le pool IP
curl http://pgw:9090/metrics | grep address_registry_count

# Vérifier la connectivité PCRF
# Vérifier les erreurs Gx dans les journaux

# Vérifier l'association PGW-U
# Vérifier l'état du pair PFCP
```

# Session Bloquée/Obsolète

**Symptômes :**

- Session non supprimée correctement
- Ressources non libérées
- Les registres montrent un nombre plus élevé que prévu

**Causes :**

1. Demande de suppression de session non reçue
2. Plantage du processus de session sans nettoyage
3. Fuite de registre

**Résolution :**

```
# Redémarrer OmniPGW (libère toutes les sessions)
# Implémenter un mécanisme de délai d'expiration de session
```

# UE Ne Peut Pas Établir de Session

**Symptômes :**

- Échec de l'attachement de l'UE
- Réponse de création de session avec cause d'erreur

**Causes & Réponses Courantes :**

| Valeur de Cause | Signification | Action |
|---|---|---|
| Utilisateur Inconnu | Rejet PCRF (IMSI non dans la base de données) | Provisionner l'abonné |
| Pas de Ressources Disponibles | Pool IP épuisé | Étendre le pool IP |
| Pair Distant Ne Répond Pas | Délai d'attente PCRF/PGW-U | Vérifier la connectivité |
| Service Non Supporté | APN invalide | Configurer le pool APN |

---

# Meilleures Pratiques

## Limites de Session

**Configurer une capacité appropriée :**

```
Utilisateurs concurrents attendus : 10,000
Surcharge de session par utilisateur : ~10 Ko RAM
RAM totale pour les sessions : ~100 Mo

Paramètres de la VM Erlang :
  - Max processus : 262,144 (par défaut)
  - Taille du tas de processus : Ajuster en fonction de la charge
```

## Nettoyage de Session

**Assurer un nettoyage approprié :**

1. Toujours répondre aux demandes de suppression de session
2. Implémenter un délai d'expiration de session pour les sessions obsolètes

3. Surveiller les comptes de registre pour les fuites

## Haute Disponibilité

**Redondance de Session :**

- Utiliser un design sans état (sessions liées à l'instance)
- Implémenter une base de données de session pour la HA (futur)
- DNS/équilibreur de charge pour la bascule

---

# Éléments de Données de Session

## Quelles Informations Une Session Stocke-t-elle ?

Chaque session PDN active maintient les informations suivantes :

**Identification de l'UE :**

- IMSI : "310260123456789" (identité de l'abonné)
- MSISDN : "14155551234" (numéro de téléphone)
- MEI/IMEI : Identifiant de l'appareil

**Détails de Connexion PDN :**

- APN : "internet" (nom du réseau)
- Adresse IP UE : 100.64.1.42 (IP allouée)
- Type de PDN : IPv4, IPv6, ou IPv4v6

**Identifiants de Session :**

- ID de Facturation : Identifiant de facturation unique
- EBI de Porteuse par Défaut : Identifiant de Porteuse EPS (typiquement 5)

**Paramètres de QoS :**

- APN-AMBR : Débit Maximum Agrégé
  - Montée : 100 Mbps
  - Descente : 50 Mbps

**Règles de Transfert :**

- PDRs (Règles de Détection de Paquets) : Correspondre aux paquets
- FARs (Règles d'Action de Transfert) : Actions de transfert/droppage
- QERs (Règles d'Application de QoS) : Limitation de débit
- BAR (Règle d'Action de Tampon) : Tamponnement de descente

**Contexte d'Interface :**

- État S5/S8 : TEIDs locaux/distants, adresse SGW-C
- État Sxb : SEIDs locaux/distants, adresse PGW-U
- État Gx : Session-ID Diameter, compteur de requêtes

---

# Interface Web - Surveillance des Sessions en Direct

OmniPGW inclut une **Interface Web** en temps réel pour surveiller les sessions actives sans avoir besoin d'interroger des métriques ou des journaux.

## Recherche UE & Analyse Approfondie

**Accès :** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/ue_search`

**But :** Rechercher des sessions UE spécifiques et afficher des informations détaillées

**Fonctionnalités :**

**1. Fonctionnalité de Recherche** Rechercher des sessions par :

- **IMSI** (par exemple, "310170123456789")
- **MSISDN** (numéro de téléphone)
- **Adresse IP** (par exemple, "100.64.1.42")

**2. Options de Recherche**

- Sélecteur déroulant pour choisir le type de recherche
- Recherche en temps réel avec résultats instantanés
- Interface claire avec des indices de recherche

**3. Résultats d'Analyse Approfondie** Une fois trouvée, affiche des informations complètes sur la session :

**a) Sessions Actives**

- Toutes les sessions actives pour cet abonné

- IMSI, MSISDN, Adresse IP UE
- APN, Type de RAT
- TEID PGW, TEID SGW

**b) Localisation Actuelle** Données de localisation en temps réel de la session :

- **TAC** (Code de Zone de Suivi) - Zone de suivi où se trouve l'UE
- **ID de Cellule (ECI)** - Identifiant de Cellule E-UTRAN
- **ECGI** - Identifiant Global de Cellule E-UTRAN (PLMN + ECI)
- **MCC/MNC** - Code Pays Mobile / Code Réseau Mobile

**Intégration de la Base de Données des Tours de Cellules :** Si la base de données OpenCellID est configurée, l'interface affiche :

- Coordonnées géographiques de la tour de cellule (latitude/longitude)
- Google Maps intégré montrant l'emplacement exact de la tour
- Carte visuelle du dernier site de cellule connu de l'UE

Voir Configuration de la Base de Données des Tours de Cellules ci-dessous pour les instructions de configuration.

**c) Informations sur la Porteuse** Liste détaillée des porteuses avec paramètres QoS :

*Porteuse par Défaut :*

- EBI (Identifiant de Porteuse EPS)
- QCI (Identifiant de Classe de QoS)
- Nom de Règle de Facturation
- APN-AMBR (montée/descente)

*Porteuses Dédiées* (si actives) :

- EBI, QCI, Nom de Règle de Facturation
- MBR UL/DL (Débit Maximum)
- GBR UL/DL (Débit Garanti)

**d) Informations de Facturation** (Interface Gy)

- ID de Session Gy
- Quota Accordé, Quota Utilisé
- Caractéristiques de Facturation

**e) Informations de Politique** (Interface Gx)

- ID de Session Gx
- Hôte d'Origine/Destination PCRF
- Numéro de Demande CC
- Règles de Facturation Installées (règles PCC des porteuses)

**f) Événements Récents**

- Historique des événements pour cet abonné
- Événements de création/mise à jour/suppression de session

**Cas d'Utilisation :**

- Dépanner des problèmes spécifiques d'abonné
- Vérifier l'établissement de session
- Vérifier l'adresse IP assignée
- Inspecter les paramètres de session

# Page des Sessions PGW

**Accès :** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/pgw_sessions`

**But :** Vue en temps réel de toutes les sessions PDN actives

**Fonctionnalités :**

**1. Aperçu de la Session**

- Compte de sessions en direct (mise à jour toutes les 2 secondes)
- Vue en grille de toutes les sessions actives
- Pas de rafraîchissement nécessaire - mises à jour automatiques

**2. Informations Rapides sur la Session** Visibles pour chaque session :

- **IMSI** - Identité de l'abonné
- **UE IP** - Adresse IP allouée
- **SGW TEID** - ID de tunnel S5/S8 du SGW
- **PGW TEID** - ID de tunnel S5/S8 de l'OmniPGW
- **APN** - Nom du Point d'Accès

**3. Fonctionnalité de Recherche** Rechercher des sessions par :

- IMSI (par exemple, "310260")
- Adresse IP UE (par exemple, "100.64")
- MSISDN / numéro de téléphone
- Nom APN

**4. Détails Développables** Cliquez sur n'importe quelle ligne de session pour voir les détails complets :

- Informations complètes sur l'abonné (IMSI, MSISDN, IMEI)
- Contexte réseau (type de RAT, réseau de service MCC/MNC)
- Paramètres QoS (AMBR montée/descente en format lisible)
- Identifiants de tunnel (les deux TEIDs en format hexadécimal)
- ID de processus pour le débogage
- État complet de la session (structure de données brute)

# Vue de Topologie Réseau

**Accès :** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/topology`

**But :** Représentation visuelle des connexions réseau et des sessions actives

**Fonctionnalités :**

**1. Visualisation de la Topologie**

- Graphique visuel des éléments du réseau
- Montre le nœud PGW-C (Plan de Contrôle)
- Pairs HSS (Home Subscriber Server) connectés
- Affichage du compte de sessions actives

**2. Éléments Interactifs**

- Contrôles de zoom (+/-)
- Bouton de centrage de vue
- Cliquez sur les nœuds pour des détails
- Montre l'état de connexion (vert = actif, rouge = hors service)

**3. Compte de Sessions**

- Compteur de sessions actives en temps réel
- Mises à jour automatiques
- Indication visuelle de la charge

**Cas d'Utilisation :**

- Comprendre l'architecture réseau d'un coup d'œil
- Vérifier les connexions de pairs
- Surveiller les changements de topologie
- Vérification rapide de la santé du réseau

# Historique des Sessions & Journal d'Audit

**Accès :** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/session_history`

**But :** Suivre les événements historiques de session et la piste d'audit

**Fonctionnalités :**

**1. Filtrage des Événements**

- Filtrer par type d'événement (Tous les Événements, Session Créée, Session Supprimée, etc.)
- Sélection de la plage de dates (De Date / À Date)
- Recherche par IMSI, MSISDN, adresse IP ou TEID

**2. Fonctionnalité d'Exportation**

- Exporter au format CSV pour analyse
- Inclut tous les résultats filtrés
- Utile pour la conformité et les rapports

**3. Types d'Événements Suivis**

- Événements de création de session
- Événements de suppression de session
- Événements de modification
- Événements d'erreur

**Cas d'Utilisation :**

- Piste d'audit pour la conformité
- Analyse historique des sessions
- Dépanner des problèmes passés
- Générer des rapports d'utilisation
- Suivre les modèles de session au fil du temps

# Cas d'Utilisation Opérationnels

**Vérification de Session :**

```
1. L'utilisateur signale un problème de connectivité
2. Rechercher dans l'Interface Web par IMSI ou numéro de téléphone
3. Vérifier que la session existe et que l'UE a une adresse IP
4. Vérifier que les valeurs QoS correspondent au plan d'abonnement
5. Vérifier que les points de terminaison de tunnel sont établis
```

**Surveillance de Capacité :**

- Jeter un œil au compte de sessions actives
- Comparer avec la capacité sous licence
- Identifier les modèles d'utilisation par APN

**Dépannage :**

- Trouver une session spécifique par n'importe quel identifiant
- Inspecter l'état complet de la session sans SSH/IEx
- Vérifier que les TEIDs SGW et PGW correspondent entre les systèmes
- Vérifier les valeurs AMBR appliquées par le PCRF

**Avantages par Rapport aux Métriques :**

- Voir les détails de session individuels (les métriques montrent des agrégats)
- Capacités de recherche et de filtrage
- Format lisible par l'homme (bande passante en Mbps, pas en bps)
- Inspection de l'état en temps réel
- Aucun accès à la ligne de commande requis

---

# Configuration de la Base de Données des Tours de Cellules

OmniPGW peut s'intégrer à la base de données OpenCellID pour afficher les emplacements des tours de cellules dans l'interface de recherche UE. Cette fonctionnalité permet une visualisation géographique de l'emplacement des abonnés en fonction de leur site de cellule de service.

## Aperçu

Lorsqu'elle est configurée, l'interface de recherche UE affichera :

- Coordonnées des tours de cellules (latitude/longitude)
- Vue Google Maps intégrée de l'emplacement de la tour
- Confirmation visuelle de l'emplacement de l'abonné
- Aider à dépanner les problèmes de routage basés sur la localisation

# Configuration

Accédez à la page des Tours de Cellules à `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/cell_towers` et cliquez sur le bouton **"Télécharger à Nouveau la Base de Données"**. Cela déclenche un processus de téléchargement et d'importation automatique en arrière-plan.

**Fonctionnalités :**

- Télécharge des données fraîches depuis OpenCellID.org
- Extrait et importe automatiquement dans SQLite
- S'exécute en arrière-plan (prend 10-15 minutes)
- Affiche des notifications de progression via l'interface web
- Sûr : supprime uniquement l'ancienne base de données après confirmation que le nouveau téléchargement réussit

**Configuration Initiale :** Lorsque vous accédez pour la première fois à la page des Tours de Cellules, elle affichera des instructions de configuration avec le bouton "Télécharger à Nouveau la Base de Données". Il suffit de cliquer dessus pour initialiser la base de données.

# Informations sur la Base de Données

**Emplacement de la Base de Données :**

- DB SQLite : `priv/cell_towers.db`
- Téléchargement CSV (temporaire) : `priv/data/cell_towers.csv.gz`
- Index : Créés automatiquement sur MCC, MNC, LAC, CellID pour des recherches rapides

**Taille de la Base de Données :**

- ~107 Mo de téléchargement compressé depuis OpenCellID.org
- Temps d'importation : 10-15 minutes selon le matériel

**Performance de Recherche :**

- Les recherches de tours de cellules sont indexées et très rapides (<1ms)

- Pas d'impact sur la performance de l'établissement de session
- Les recherches se produisent uniquement lors de la visualisation des résultats de recherche UE

# Fonctionnalités Activées

Après la configuration, les fonctionnalités suivantes deviennent disponibles :

**Page de Recherche UE :**

- La section Localisation Actuelle affiche les coordonnées des tours de cellules
- Google Maps intégré affichant l'emplacement de la tour
- Représentation visuelle du dernier site de cellule connu de l'abonné

**Interface Web des Tours de Cellules :**

- Voir les statistiques de la base de données (total des enregistrements, taille de la base de données, date de création)
- **Bouton Télécharger à Nouveau la Base de Données** - Mise à jour en un clic des dernières données OpenCellID
- Parcourir la base de données des tours de cellules
- Rechercher par MCC, MNC, LAC, ID de Cellule
- Voir la distribution géographique des tours
- Voir les instructions de configuration si la base de données n'est pas encore configurée

**Avantages Opérationnels :**

- Identifier rapidement l'emplacement géographique de l'abonné
- Vérifier les scénarios de roaming
- Dépanner les problèmes basés sur la localisation
- Soutenir les exigences de localisation des services d'urgence

# Mise à Jour de la Base de Données

La base de données OpenCellID est maintenue par la communauté et mise à jour régulièrement.

**Pour rafraîchir votre base de données locale :**

1. Naviguez vers `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/cell_towers`
2. Cliquez sur le bouton **"Télécharger à Nouveau la Base de Données"**
3. Confirmez l'action dans la boîte de dialogue contextuelle
4. Attendez 10-15 minutes pour que le téléchargement/l'importation en arrière-plan soit terminé
5. Rafraîchissez la page pour voir les statistiques mises à jour

**Fréquence de Mise à Jour Recommandée :** Mensuelle ou trimestrielle

**Remarque :** OpenCellID peut limiter les téléchargements. Si vous avez téléchargé récemment, attendez quelques heures avant d'essayer à nouveau.

# Dépannage

**Échec de Téléchargement à Nouveau :**

- Vérifiez la connectivité Internet vers OpenCellID.org
- Vérifiez que le pare-feu permet les téléchargements HTTPS
- Vérifiez l'espace disque (environ 200 Mo d'espace libre requis)
- Vérifiez les journaux d'application pour des messages d'erreur spécifiques
- OpenCellID peut limiter les taux - attendez quelques heures et réessayez
- Vérifiez que l'interface web affiche le message d'erreur de la tâche en arrière-plan

**Erreurs d'Écriture de Base de Données :**

- Vérifiez les permissions d'écriture de la base de données dans le répertoire `priv/`
- Assurez-vous d'avoir suffisamment d'espace disque (environ 150 Mo pour la base de données)

- Vérifiez que l'application a la permission de créer/supprimer des fichiers dans `priv/`

**Tour de Cellule Non Trouvée :**

- La base de données peut ne pas avoir de couverture pour tous les sites de cellules
- OpenCellID est contribué par la communauté et peut avoir des lacunes
- Les données des tours de cellules peuvent être obsolètes pour les sites récemment déployés

**Carte Non Affichée :**

- Vérifiez la console JavaScript du navigateur pour des erreurs
- Vérifiez les permissions d'intégration de Google Maps
- Vérifiez si les coordonnées de la tour de cellule sont valides

---

# Documentation Connexe

## Fonctions de Session de Base

- **Interface PFCP** - Établissement de session du plan utilisateur, PDRs, FARs, QERs, URRs
- **Allocation IP UE** - Attribution d'adresse IP, gestion du pool APN
- **Configuration PCO** - DNS, P-CSCF, paramètres MTU livrés à l'UE
- **Guide de Configuration** - Sélection UPF, flux d'établissement de session

## Politique et Facturation

- **Interface Diameter Gx** - Contrôle de politique PCRF, règles PCC, gestion de QoS
- **Interface Diameter Gy** - Facturation en ligne OCS, suivi des quotas
- **Format de CDR de Données** - Génération d'enregistrements de facturation hors ligne

## Interfaces Réseau

- **Interface S5/S8** - Protocole GTP-C, communication SGW-C
- **Gestion de QoS & Porteurs** - Application de QoS des porteuses

## Opérations

- **Guide de Surveillance** - Métriques de session, suivi des sessions actives, alertes
- **Surveillance P-CSCF** - Surveillance des sessions IMS

---

**Retour au Guide des Opérations**

---

# Guide de Dépannage OmniPGW

**Procédures de Dépannage et Problèmes Courants**

*par Omnitouch Network Services*

---

## Table des Matières



---

## Aperçu

Ce guide fournit des procédures de dépannage étape par étape pour les problèmes opérationnels courants d'OmniPGW. Chaque problème comprend :

- **Symptôme** : Ce que vous allez observer
- **Causes Probables** : Causes racines courantes
- **Diagnostic** : Comment confirmer la cause
- **Résolution** : Solution étape par étape
- **Prévention** : Comment éviter la récurrence

## Documentation Connexe

- **Guide de Surveillance** - Métriques Prometheus, alertes, surveillance de la performance
- **Guide de Configuration** - Référence de configuration du système

---

# Outils de Dépannage

## Interface Web

**Accès :** `http://<omnipgw_ip>:4000`

**Pages Clés :**

- **/pgw_sessions** - Visionneuse de session en temps réel (recherche par IMSI, IP, MSISDN, APN)
- **/diameter** - Statut des pairs Diameter (Gx PCRF, Gy OCS)
- **/pfcp_peers** - Statut des pairs PFCP (connectivité PGW-U)
- **/logs** - Diffusion de journaux en temps réel avec filtrage

## Métriques Prometheus

**Accès :** `http://<omnipgw_ip>:9090/metrics`

**Métriques Clés :**

- `teid_registry_count` - Sessions actives
- `address_registry_count` - IPs UE allouées
- `sxb_inbound_errors_total` - Erreurs PFCP
- `gx_inbound_errors_total` - Erreurs Diameter Gx
- `gy_inbound_errors_total` - Erreurs Diameter Gy

Voir le Guide de Surveillance pour la référence complète des métriques.

## Analyse des Journaux

**Interface Web :** Accédez à la page **/logs** et utilisez les filtres de recherche

**Filtres de Journaux Courants :**

- "create_session_request" - Établissement de session
- "Credit Control" - Interactions Gx/Gy
- "PFCP Session" - Programmation du plan utilisateur
- "error" ou "ERROR" - Messages d'erreur
- "timeout" - Problèmes de délai d'attente

---

# Problèmes d'Établissement de Session

## Problème : Requête de Création de Session Rejetée avec "Aucune Ressource Disponible"

**Symptôme :**

- SGW-C reçoit une Réponse de Création de Session avec la cause "Aucune ressource disponible" (73)
- Tous les nouveaux essais de session échouent
- Les sessions existantes continuent de fonctionner
- Journaux : `[PGW-C] Requête de Création de Session bloquée - licence invalide`

*Capture Wireshark montrant la Réponse de Création de Session avec la cause "Aucune ressource disponible"*

**Cause Probable :**

- Licence OmniPGW invalide ou expirée
- Serveur de licences inaccessible

**Diagnostic :**

1. **Vérifiez la métrique de licence :**

   ```
   license_status
   ```

   - Une valeur de 0 indique une licence invalide

2. **Vérifiez les journaux pour les avertissements de licence :**

   - Recherchez "license" ou "License"
   - Recherchez les messages "Impossible de contacter le serveur de licences"

3. **Vérifiez la connectivité du serveur de licences :**

- Vérifiez l'URL configurée dans `config/runtime.exs` sous `:license_client`
- Par défaut : `https://localhost:10443/api`

**Résolution :**

1. **Vérifiez que le serveur de licences est accessible :**

```
curl -k https://<license_server_ip>:10443/api/status
```

2. **Vérifiez la configuration de la licence dans `config/runtime.exs` :**

```
config :license_client,
  license_server_api_urls:
["https://<license_server_ip>:10443/api"],
  licensee: "Votre Nom de Société"
```

3. **Vérifiez que le produit est sous licence :**
   - Nom du produit : `omnipgwc`
   - Contactez Omnitouch pour vérifier le statut de la licence
4. **Redémarrez OmniPGW après les modifications de configuration**

**Prévention :**

- Surveillez la métrique `license_status` avec des alertes critiques
- Assurez-vous de la haute disponibilité du serveur de licences
- Configurez des alertes d'expiration de licence avant l'expiration

---

# Problème : Requête de Création de Session Rejetée (Autres Causes)

**Symptôme :**

- SGW-C reçoit une Réponse de Création de Session avec une cause d'erreur

- Les utilisateurs ne peuvent pas établir de connexions PDN
- Métrique : `s5s8_inbound_errors_total` en augmentation

**Causes Probables :**

1. Pool IP épuisé
2. PCRF (Gx) inaccessible ou rejetant la politique
3. PGW-U (PFCP) indisponible
4. Configuration APN invalide

**Diagnostic :**

1. **Vérifiez l'utilisation du pool IP :**

   ```
   address_registry_count
   ```

   - Si égal à la taille du pool configuré, le pool est épuisé

2. **Vérifiez la connectivité du PCRF :**

   - Interface Web → page **/diameter**
   - Recherchez le statut du pair PCRF = "déconnecté"
   - Journaux : Recherchez "Credit Control Answer" pour des erreurs

3. **Vérifiez le statut du pair PFCP :**

   - Interface Web → page **/pfcp_peers**
   - Recherchez "Association : DOWN"
   - Métrique : `pfcp_peer_associated` = 0

4. **Vérifiez la configuration APN :**

   - Examinez `config/runtime.exs` sous `ue.apn_map`
   - Vérifiez que l'APN demandé existe dans la configuration

**Résolution :**

**Pour l'Épuisement du Pool IP :**

1. Identifiez les sessions obsolètes : Interface Web → **/pgw_sessions**, recherchez les anciennes sessions
2. Étendez le pool IP dans `config/runtime.exs` :

```
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      "internet" => "10.0.0.0/23"  # Changé de /24 à /23
(double la capacité)
    }
  }
```

3. Redémarrez OmniPGW
4. Vérifiez : `curl http://<ip>:9090/metrics | grep address_registry_count`

**Pour les Problèmes de Connectivité PCRF :**

1. Vérifiez la connectivité réseau : `ping <pcrf_ip>`
2. Vérifiez le service Diameter du PCRF : `telnet <pcrf_ip> 3868`
3. Vérifiez la configuration du pair Diameter dans `config/runtime.exs`
4. Redémarrez OmniPGW si la configuration a changé
5. Vérifiez via l'interface Web → **/diameter** (le pair doit afficher "connecté")

**Pour les Problèmes PFCP :**

- Voir la section PFCP / Plan Utilisateur

**Prévention :**

- Surveillez l'utilisation du pool IP avec des alertes à 80%
- Surveillez la connectivité PCRF avec des alertes de pair Diameter
- Mettez en œuvre un nettoyage de session pour les sessions inactives

---

# Problème : Sessions Bloquées dans un État Intermédiaire

**Symptôme :**

- La session apparaît dans l'interface Web mais est incomplète
- Les métriques montrent un nombre de sessions croissant mais aucun trafic utilisateur
- La Requête de Suppression de Session échoue ou expire

**Causes Probables :**

1. Établissement de session PFCP échoué mais session S5/S8 créée
2. CCR-Initial du PCRF expiré
3. Échec de la Requête de Création de Porteuse (porteuse dédiée)
4. Disruption réseau pendant l'établissement de session

**Diagnostic :**

1. **Recherchez la session dans l'interface Web :**
   - **/pgw_sessions** → Recherchez par IMSI
   - Vérifiez si `pfcp_seid` est présent (s'il manque, PFCP a échoué)
   - Vérifiez si `gx_session_id` est présent (s'il manque, Gx a échoué)
2. **Vérifiez les journaux pour l'IMSI :**
   - Filtrez les journaux par IMSI
   - Recherchez "Requête d'Établissement de Session" (PFCP)
   - Recherchez "Requête de Contrôle de Crédit" (Gx)
   - Recherchez des messages de délai d'attente ou d'erreur
3. **Vérifiez les métriques :**

```
# Sessions avec TEID mais pas de session PFCP
teid_registry_count - seid_registry_count

# Sessions avec TEID mais pas de session Gx
teid_registry_count - session_id_registry_count
```

**Résolution :**

1. **Pour les échecs d'établissement PFCP :**

- Vérifiez la santé et les journaux de PGW-U
- Vérifiez l'association PFCP : Interface Web → **/pfcp_peers**
- Envoyez une Requête de Suppression de Session depuis SGW-C pour nettoyer

2. **Pour les problèmes de délai d'attente Gx :**
   - Vérifiez la latence du PCRF : `histogram_quantile(0.95, rate(gx_outbound_transaction_duration_bucket[5m]))`
   - Augmentez le délai d'attente Gx dans `config/runtime.exs` si nécessaire
   - Envoyez une Requête de Suppression de Session pour nettoyer
3. **Nettoyage manuel (dernier recours) :**
   - Nécessite actuellement un redémarrage d'OmniPGW pour effacer les sessions bloquées
   - Surveillez `teid_registry_count` avant/après le redémarrage pour confirmer le nettoyage

**Prévention :**

- Surveillez les métriques de latence PFCP et Gx
- Mettez en œuvre un délai d'attente/nettoyage de session pour les sessions incomplètes
- Alertez sur les incohérences de compte de registre

---

# PFCP / Plan Utilisateur

## Problème : Association PFCP Hors Service

**Symptôme :**

- Interface Web → **/pfcp_peers** montre "Association : DOWN"
- Tous les nouveaux établissements de session échouent
- Métrique : `pfcp_peer_associated` = 0

- Journaux : "Délai d'attente de battement PFCP" ou "Échec de la configuration de l'association"

**Causes Probables :**

1. PGW-U inaccessible (problème réseau)
2. PGW-U planté ou redémarré
3. Mismatch de configuration PFCP (IP, port)
4. Pare-feu bloquant UDP 8805

**Diagnostic :**

1. **Vérifiez la connectivité réseau :**

   ```
   ping <pgw_u_ip>
   nc -u -v <pgw_u_ip> 8805
   ```

2. **Vérifiez la configuration PFCP :**

   - Examinez `config/runtime.exs` sous `upf.peer_list`
   - Vérifiez que l'adresse IP et l'ID de nœud correspondent à la configuration PGW-U

3. **Vérifiez le statut de PGW-U :**

   - Accédez aux journaux de PGW-U
   - Vérifiez que PGW-U fonctionne : `systemctl status omnipgw_u` (ou équivalent)

4. **Vérifiez les métriques :**

   ```
   # Échecs de battement
   pfcp_consecutive_heartbeat_failures

   # Taux d'erreur PFCP
   rate(sxb_inbound_errors_total[5m])
   ```

**Résolution :**

1. **Pour les problèmes réseau :**
    - Vérifiez le routage : `traceroute <pgw_u_ip>`
    - Vérifiez les règles de pare-feu : Assurez-vous que UDP 8805 est autorisé
    - Vérifiez les groupes de sécurité (si déploiement cloud)
2. **Pour les plantages de PGW-U :**
    - Redémarrez le service PGW-U
    - Attendez 30 secondes pour la réétablissement de l'association
    - Vérifiez via l'interface Web → **/pfcp_peers** (devrait afficher "Association : UP")
3. **Pour les problèmes de configuration :**
    - Corrigez la configuration du pair PFCP dans `config/runtime.exs`
    - Redémarrez OmniPGW
    - Vérifiez que l'association est établie

**Prévention :**

- Surveillez la métrique `pfcp_peer_associated` avec des alertes critiques
- Surveillez `pfcp_consecutive_heartbeat_failures` (alerte à > 2)
- Mettez en œuvre des instances redondantes de PGW-U
- Activez le keepalive/battement PFCP (doit être par défaut)

---

# Problème : Échecs de Modification de Session PFCP

**Symptôme :**

- La création de porteuse dédiée échoue
- Les mises à jour de politique QoS (de PCRF RAR) échouent
- Journaux : "Échec de la Requête de Modification de Session"
- Métrique : `sxb_inbound_errors_total{message_type="session_modification_response"}` en augmentation

**Causes Probables :**

1. Règles PFCP invalides (références PDR/FAR/QER)
2. Épuisement des ressources PGW-U
3. Conflits d'ID de règle
4. Bug logiciel PGW-U

**Diagnostic :**

1. **Vérifiez les journaux :**
    - Filtrez pour "Modification de Session" et SEID
    - Recherchez des codes de cause d'erreur dans la réponse PFCP
    - Causes courantes : "L'ID de règle existe déjà", "Ressources épuisées"
2. **Vérifiez les journaux PGW-U :**
    - Recherchez des erreurs de traitement PFCP
    - Vérifiez l'utilisation des ressources (CPU, mémoire)
3. **Vérifiez l'état de la session dans l'interface Web :**
    - **/pgw_sessions** → Trouvez la session par IMSI
    - Examinez `pdr_map`, `far_map`, `qer_map` pour des conflits
    - Recherchez des IDs en double

**Résolution :**

1. **Pour les conflits de règles :**
    - Supprimez et recréez la porteuse dédiée
    - Si persistant, supprimez la session et faites reconnecter l'UE
2. **Pour les problèmes de ressources PGW-U :**
    - Vérifiez la capacité de PGW-U (sessions, PDRs, débit)
    - Élargissez PGW-U si nécessaire
    - Réduisez la charge de session sur l'instance PGW-U affectée
3. **Pour les bugs logiciels :**

- Capturez l'état complet de la session (détails de session de l'interface Web)
- Capturez les journaux de messages PFCP
- Signalez au fournisseur avec les étapes de reproduction

**Prévention :**

- Surveillez l'utilisation des ressources PGW-U
- Testez la création de porteuse dédiée en staging
- Surveillez `sxb_inbound_errors_total` avec des alertes

---

# Problèmes de Diamètre (Gx/Gy)

## Problème : Pair PCRF Déconnecté (Gx)

**Symptôme :**

- Interface Web → **/diameter** montre le pair PCRF "déconnecté"
- Sessions créées sans politiques QoS (QCI par défaut=5 appliqué)
- Journaux : "Échec de la connexion au pair Diameter" ou "Délai d'attente CER/CEA"

**Causes Probables :**

1. PCRF inaccessible (problème réseau)
2. Service PCRF hors service
3. Mismatch de configuration Diameter (Origin-Host, Realm)
4. Pare-feu bloquant TCP 3868

**Diagnostic :**

1. **Vérifiez la connectivité réseau :**

```
ping <pcrf_ip>
telnet <pcrf_ip> 3868
```

2. **Vérifiez la configuration Diameter :**
    - Examinez `config/runtime.exs` sous `diameter.peer_list`
    - Vérifiez que `host`, `realm`, `ip` correspondent à la configuration PCRF
    - Vérifiez que `origin_host` correspond à ce que le PCRF attend
3. **Vérifiez les journaux du PCRF :**
    - Recherchez CER (Capabilities-Exchange-Request) du PGW-C
    - Recherchez des raisons de rejet
4. **Vérifiez les métriques :**

```
# Erreurs de connexion Diameter
diameter_peer_connected{peer="<pcrf_host>"}
```

**Résolution :**

1. **Pour les problèmes réseau :**
    - Vérifiez le routage vers le PCRF
    - Vérifiez les règles de pare-feu : Assurez-vous que TCP 3868 est autorisé
    - Testez la connectivité : `nc -v <pcrf_ip> 3868`
2. **Pour le service PCRF hors service :**
    - Redémarrez le service PCRF
    - Attendez la reconnexion automatique (intervalle de réessai de 30s)
    - Vérifiez via l'interface Web → **/diameter**
3. **Pour le mismatch de configuration :**
    - Corrigez la configuration Diameter dans `config/runtime.exs` :

```
config :pgw_c,
  diameter: %{
    host: "pgw-c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",  #
Doit correspondre à la config PCRF
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    peer_list: [
      %{
        host: "pcrf.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        ip: "192.168.1.100",
        initiate_connection: true
      }
    ]
  }
```

- Redémarrez OmniPGW
- Vérifiez que la connexion est établie

**Prévention :**

- Surveillez la connectivité des pairs Diameter avec des alertes critiques
- Mettez en œuvre des instances PCRF redondantes (si supporté)
- Documentez la configuration Diameter dans le runbook

---

# Problème : Délai d'Attente CCR/CCA (Demandes de Politique Gx)

**Symptôme :**

- Établissement de session lent (> 5 secondes)
- Journaux : "Délai d'attente de Requête de Contrôle de Crédit"
- Métrique : `gx_outbound_transaction_duration` très élevée (> 5s)
- Sessions créées avec QoS par défaut (comportement de secours)

**Causes Probables :**

1. PCRF surchargé
2. Base de données PCRF lente

3. Latence réseau
4. Problème logiciel PCRF

**Diagnostic :**

1. **Vérifiez la latence Gx :**

```
# Latence P95
histogram_quantile(0.95,
rate(gx_outbound_transaction_duration_bucket[5m]))

# Latence P99 (valeurs aberrantes)
histogram_quantile(0.99,
rate(gx_outbound_transaction_duration_bucket[5m]))
```

2. **Vérifiez la santé du PCRF :**
   - Accédez aux tableaux de bord de surveillance du PCRF
   - Vérifiez CPU, mémoire, connexions à la base de données
   - Consultez les journaux du PCRF pour des requêtes lentes
3. **Vérifiez la latence réseau :**

```
ping -c 100 <pcrf_ip> | tail -1  # Vérifiez la latence moyenne
```

4. **Vérifiez les journaux :**
   - Comptez les échanges CCR/CCA : Filtrez "Credit Control"
   - Mesurez le temps entre "Envoi CCR" et "Reçu CCA"

**Résolution :**

1. **Pour la surcharge du PCRF :**
   - Élargissez le PCRF (ajoutez des instances)
   - Réduisez la taille des messages CCR si possible
   - Ajustez les pools de threads/travailleurs du PCRF
2. **Pour la latence réseau :**

- Enquêtez sur le chemin réseau (routeurs, commutateurs)
- Envisagez de co-localiser PGW-C et PCRF

3. **Solution temporaire (augmenter le délai d'attente) :**
   - Modifiez `config/runtime.exs` :

```
config :pgw_c,
  diameter: %{
    transaction_timeout_ms: 10000  # Augmentez de 5000 par
défaut
  }
```

   - Redémarrez OmniPGW
   - **Remarque :** Cela ne masque que le problème ; corrigez la cause profonde

**Prévention :**

- Surveillez la latence Gx avec des alertes (avertissement > 1s, critique > 5s)
- Planifiez la capacité du PCRF pour le taux de session attendu
- Testez la performance du PCRF sous charge

---

# Problème : Pair OCS Déconnecté (Gy)

**Symptôme :**

- Interface Web → **/diameter** montre le pair OCS "déconnecté"
- Les sessions ne peuvent pas être facturées (la facturation en ligne échoue)
- Journaux : "Échec de la connexion au pair Gy"

**Diagnostic et Résolution :**

Similaire à Pair PCRF Déconnecté, mais pour l'interface Gy.

**Différences Clés :**

- Port : Typiquement TCP 3868 (même que Gx)
- Impact : La facturation échoue, les sessions peuvent être rejetées ou autorisées sans facturation (dépend de la configuration)
- Configuration : Vérifiez `diameter.peer_list` pour l'entrée OCS

**Voir :** Interface Diameter Gy pour le dépannage spécifique à Gy

---

# Problèmes d'Attribution d'IP

## Problème : Pool IP Épuisé

**Symptôme :**

- Requête de Création de Session rejetée avec la cause "Aucune ressource disponible"
- Métrique : `address_registry_count` égale à la taille du pool configuré
- Interface Web → **/pgw_sessions** montre de nombreuses sessions actives
- Journaux : "Échec de l'attribution IP : pool épuisé"

**Causes Probables :**

1. Pool trop petit pour la base d'abonnés
2. Sessions ne libérant pas les IP (échecs de Suppression de Session)
3. Churn rapide de session sans nettoyage
4. Fuite d'adresse IP

**Diagnostic :**

1. **Vérifiez l'utilisation du pool :**

```
# Pour le sous-réseau /24 (254 IPs)
(address_registry_count / 254) * 100
```

2. **Vérifiez la taille du pool configuré :**

- Examinez `config/runtime.exs` sous `ue.subnet_map`
- Exemple : "10.0.0.0/24" = 254 IPs utilisables

3. **Comparez le nombre de sessions au nombre d'IP :**

```
# Devrait être approximativement égal
teid_registry_count
address_registry_count
```

4. **Examinez les sessions actives :**

- Interface Web → **/pgw_sessions**
- Triez par heure de début de session
- Recherchez des sessions très anciennes (fuites potentielles)

**Résolution :**

**Immédiate (étendre le pool) :**

1. Modifiez `config/runtime.exs` :

```
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      "internet" => "10.0.0.0/22"  # 1022 IPs (était /24 = 254
IPs)
    }
  }
```

2. Redémarrez OmniPGW
3. Vérifiez : Les sessions peuvent maintenant s'établir

**À Long Terme (nettoyage) :**

1. Identifiez les sessions obsolètes dans l'interface Web
2. Coordonnez-vous avec SGW-C pour envoyer des Requêtes de Suppression de Session
3. Mettez en œuvre une politique de délai d'attente de session sur PCRF/SGW

4. Surveillez `address_registry_count` pour vérifier que le pool a été libéré après nettoyage

**Prévention :**

- Surveillez l'utilisation du pool IP avec des alertes :
  - Avertissement : > 70%
  - Critique : > 85%
- Analyse des tendances pour prédire l'épuisement
- Mettez en œuvre un délai d'attente inactif de session
- Audits réguliers des sessions

---

# Problème : Adresse IP Dupliquée Assignée

**Symptôme :**

- UE signale un conflit d'adresse IP
- Journaux : Avertissement "IP déjà allouée"
- Deux sessions dans l'interface Web avec la même adresse IP

**Causes Probables :**

1. Bug logiciel (rare)
2. Incohérence de base de données après un plantage
3. Erreur d'intervention manuelle

**Diagnostic :**

1. **Recherchez l'IP dans l'interface Web :**
   - **/pgw_sessions** → Recherchez par adresse IP
   - Vérifiez si plusieurs IMSIs ont la même IP
2. **Vérifiez les journaux :**
   - Recherchez l'adresse IP
   - Recherchez des événements "attribution IP"

**Résolution :**

1. **Identifiez les sessions affectées :**
    - Notez les deux IMSIs avec l'IP dupliquée
2. **Supprimez une session :**
    - Coordonnez-vous avec SGW-C pour envoyer une Requête de Suppression de Session pour un IMSI
    - Préférez supprimer la session la plus récente
3. **L'UE se reconnecte :**
    - L'UE devrait se reconnecter automatiquement
    - Recevra une nouvelle IP unique
4. **Si persistant :**
    - Redémarrez OmniPGW pour reconstruire le registre IP
    - Toutes les sessions seront perdues (coordonnez la fenêtre de maintenance)

**Prévention :**

- Surveillez les allocations dupliquées (aucune métrique intégrée actuellement)
- Vérifications régulières de l'intégrité de la base de données (si applicable)

---

# Référence Rapide

## Requêtes Prometheus Courantes

```
# Sessions actives
teid_registry_count

# Taux de mise en place de session (par seconde)
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request

# Utilisation du pool IP (pour le sous-réseau /24)
(address_registry_count / 254) * 100

# Latence de mise en place de session P95
histogram_quantile(0.95,
rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="crea
[5m]))

# Taux d'erreur
rate(s5s8_inbound_errors_total[5m])

# Latence PCRF
histogram_quantile(0.95, rate(gx_outbound_transaction_duration_bucket

# Statut d'association PFCP
pfcp_peer_associated
```

# Filtres de Journaux Courants (Interface Web)

| Filtre | But |
|---|---|
| IMSI | Trouver tous les journaux pour un abonné spécifique |
| "create_session" | Flux d'établissement de session |
| "delete_session" | Flux de démantèlement de session |
| "Credit Control" | Interactions PCRF Gx |
| "PFCP Session" | Programmation du plan utilisateur |
| "error" | Tous les messages d'erreur |
| "timeout" | Problèmes de délai d'attente |
| "Association" | Événements d'association PFCP |

## Commandes de Vérification de Santé

```
# Vérifiez le statut du service
systemctl status omnipgw_c

# Vérifiez l'interface web
curl http://<omnipgw_ip>:4000

# Vérifiez le point de terminaison des métriques
curl http://<omnipgw_ip>:9090/metrics

# Vérifiez les sessions actives
curl http://<omnipgw_ip>:9090/metrics | grep teid_registry_count

# Vérifiez l'association PFCP
curl http://<omnipgw_ip>:9090/metrics | grep pfcp_peer_associated

# Vérifiez l'utilisation du pool IP
curl http://<omnipgw_ip>:9090/metrics | grep
address_registry_count
```

---

# Documentation Connexe

- **Guide de Surveillance** - Métriques Prometheus, tableaux de bord Grafana, alertes
- **Guide de Configuration** - Référence de configuration du système
- **Gestion des Sessions** - Détails sur le cycle de vie des sessions
- **Interface PFCP** - Détails de dépannage PFCP
- **Interface Diameter Gx** - Dépannage de la politique Gx
- **Interface Diameter Gy** - Dépannage de la facturation Gy
- **Gestion QoS & Porteuses** - Problèmes liés à la QoS

---

**Retour au Guide des Opérations**

---

**Guide de Dépannage OmniPGW** - *par Omnitouch Network Services*

# Documentation sur l'allocation de pools IP UE

**Gestion des adresses IP pour les appareils mobiles**

---

## Table des matières

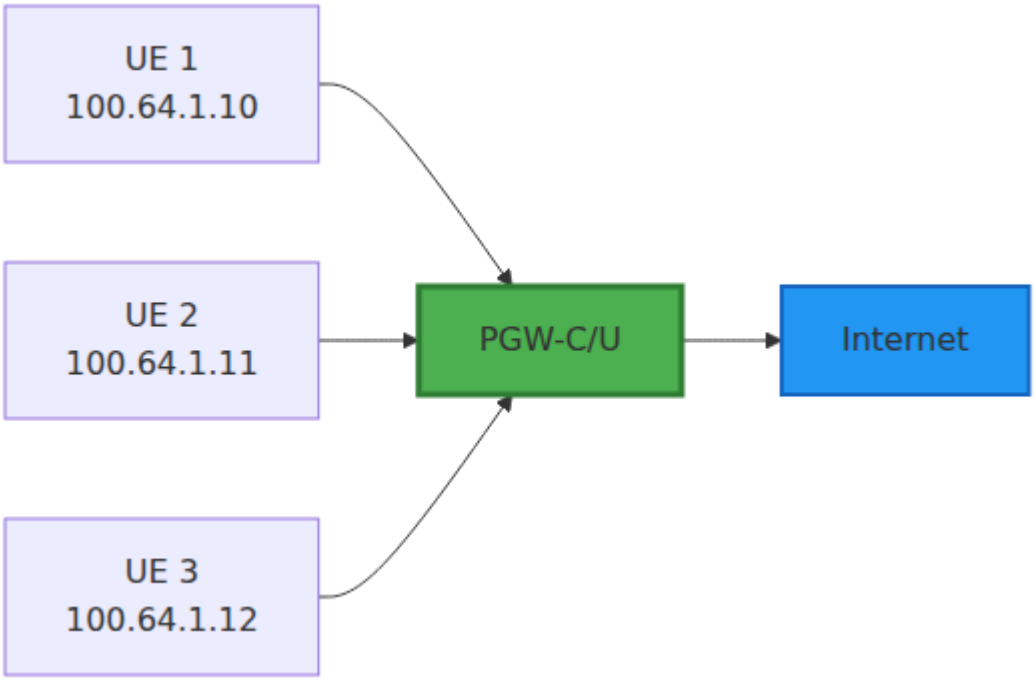


---

## Aperçu

Le PGW-C alloue des adresses IP aux appareils UE (User Equipment) lorsqu'ils établissent des connexions PDN (Packet Data Network). C'est une fonction critique qui permet aux appareils mobiles de communiquer avec des réseaux externes.

## Pourquoi l'allocation IP est importante




Chaque UE reçoit une **adresse IP unique** du PGW-C qui :

- Identifie l'appareil sur le réseau
- Achemine le trafic vers/depuis l'appareil
- Permet la facturation et l'application des politiques
- Persiste pendant la durée de la connexion PDN

## Versions IP prises en charge

| Version IP | Support | Description |
|---|---|---|
| **IPv4** | □ Complet | Adresses IPv4 standard |
| **IPv6** | □ Complet | Adresses et préfixes IPv6 |
| **IPv4v6** | □ Complet | Dual-stack (IPv4 et IPv6) |

---

# Concepts d'allocation IP

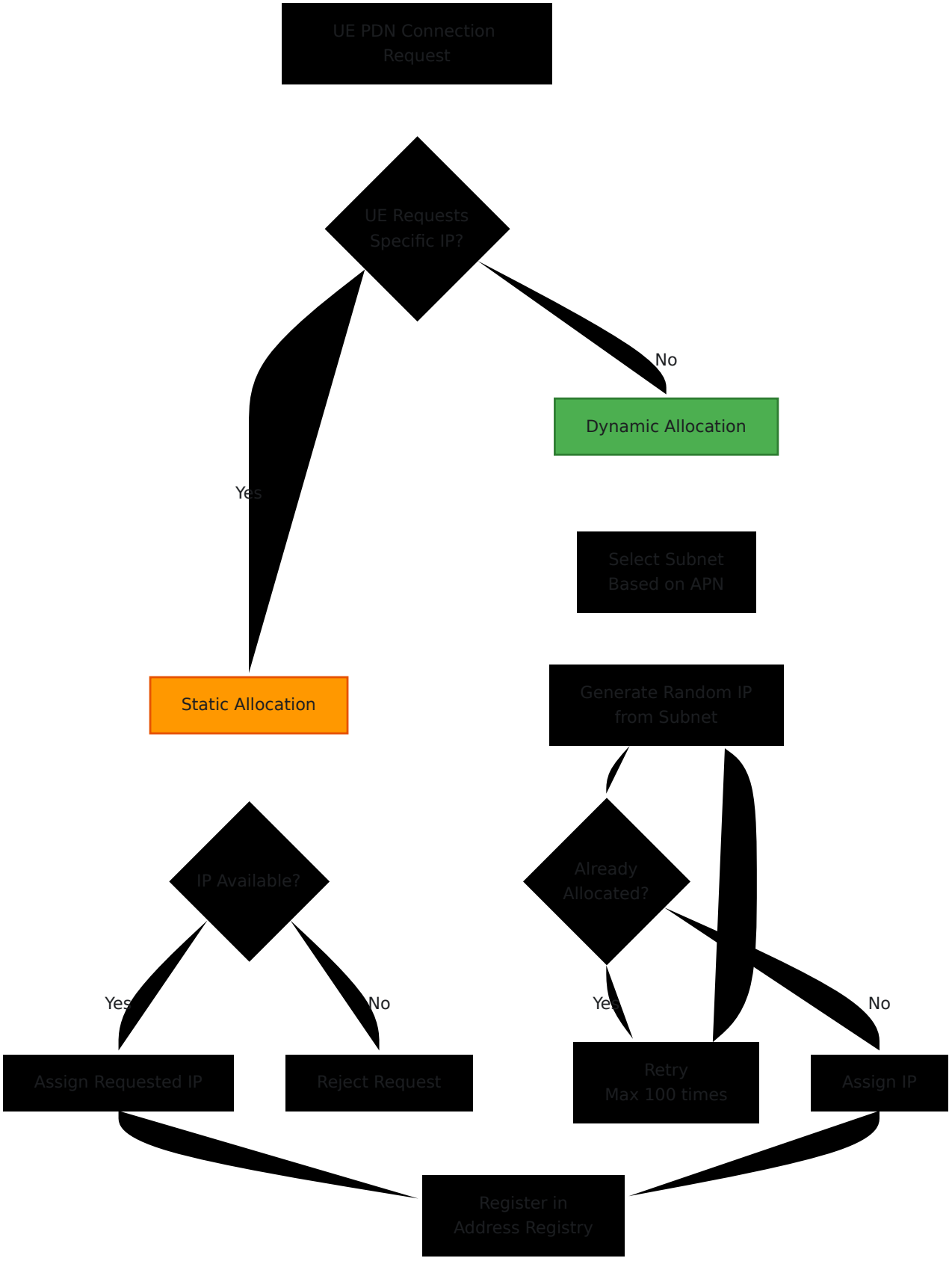
## Type de PDN

Lorsqu'un UE demande une connexion PDN, il spécifie un **Type de PDN** :

| Type de PDN | Description | Adresses allouées |
|---|---|---|
| **IPv4** | Connexion uniquement IPv4 | Adresse IPv4 unique |
| **IPv6** | Connexion uniquement IPv6 | Préfixe IPv6 (par ex., /64) |
| **IPv4v6** | Connexion dual-stack | Adresse IPv4 et préfixe IPv6 |

## Méthodes d'allocation

Le PGW-C prend en charge deux méthodes d'allocation IP :




**1. Allocation dynamique (la plus courante) :**

- Le PGW-C sélectionne une IP dans le pool configuré
- Sélection aléatoire pour éviter la prévisibilité

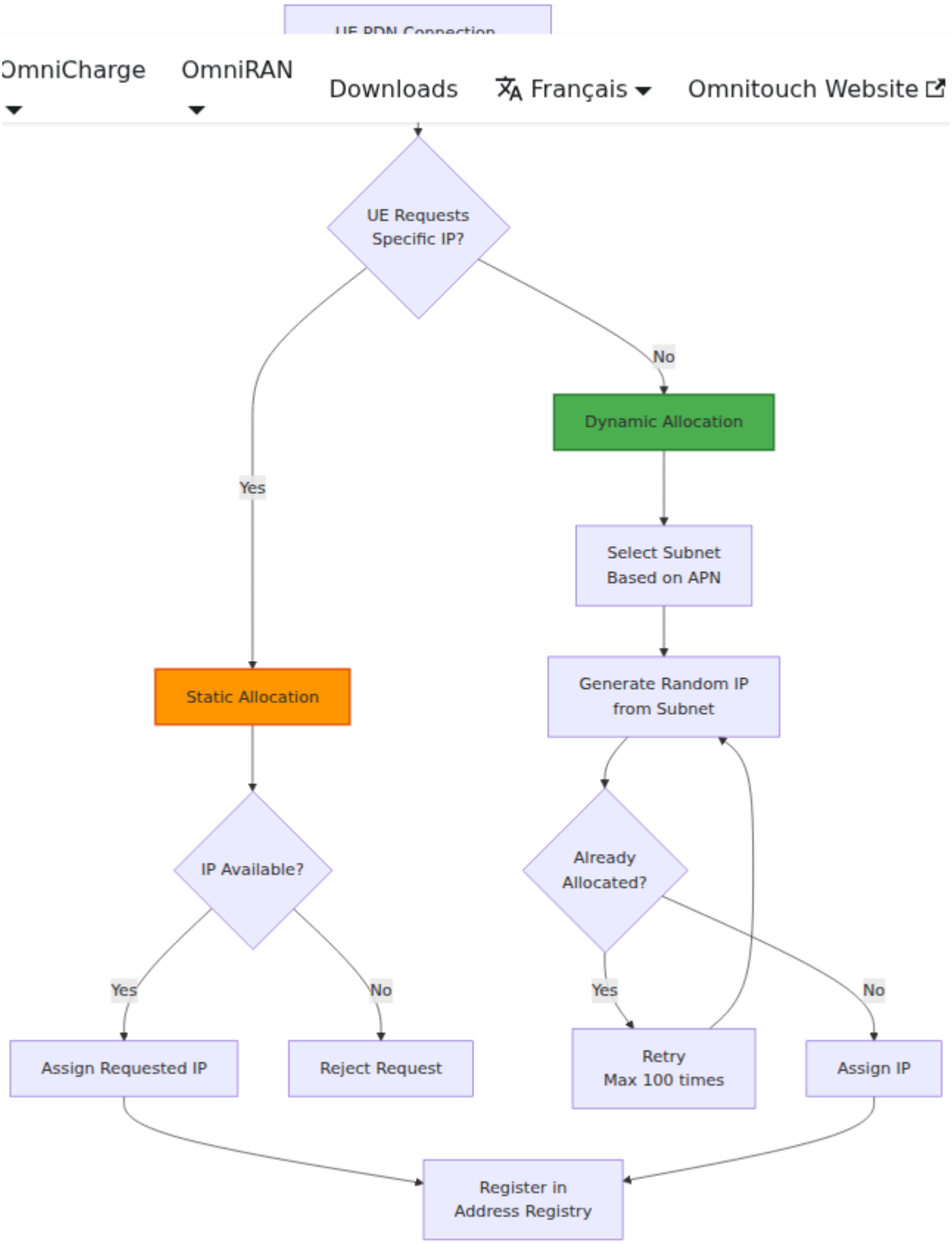
- La détection de collision assure l'unicité

**2. Allocation statique :**

- L'UE demande une IP spécifique dans le message GTP-C
- Le PGW-C valide la disponibilité
- Utile pour les appareils d'entreprise avec des IP fixes

## Sélection de sous-réseau basée sur l'APN

Différents **APN (Access Point Names)** peuvent utiliser différents pools IP :




**Avantages :**

- **Séparation du trafic** - Différents APN acheminent vers différents réseaux
- **Différenciation des politiques** - Appliquer différentes politiques par APN

- **Planification de capacité** - Dimensionner les pools en fonction de l'utilisation prévue
- **Facturation** - Suivre l'utilisation par type de service

## Registre des adresses

Le **Registre des adresses** suit les IP allouées :

| Fonction | Description |
|---|---|
| **Enregistrement** | Map UE IP → PID du processus de session |
| **Recherche** | Trouver la session par UE IP |
| **Désenregistrement** | Libérer l'IP lorsque la session se termine |
| **Détection de collision** | Prévenir les allocations en double |

---

# Configuration

## Configuration de base

Modifier `config/runtime.exs` :

```
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      # L'APN "internet" utilise deux sous-réseaux
      "internet" => [
        "100.64.1.0/24",    # 254 IPs utilisables
        "100.64.2.0/24"     # 254 IPs utilisables
      ],

      # L'APN "ims" utilise un sous-réseau
      "ims" => [
        "100.64.10.0/24"
      ],

      # Pool par défaut pour les APNs inconnus
      default: [
        "42.42.42.0/24"
      ]
    }
  }
```

## Notation de sous-réseau

**Notation CIDR :** `<network>/<prefix_length>`

| CIDR | IPs utilisables | Plage d'exemple |
|---|---|---|
| /24 | 254 | 100.64.1.1 - 100.64.1.254 |
| /23 | 510 | 100.64.0.1 - 100.64.1.254 |
| /22 | 1022 | 100.64.0.1 - 100.64.3.254 |
| /20 | 4094 | 100.64.0.1 - 100.64.15.254 |
| /16 | 65534 | 100.64.0.1 - 100.64.255.254 |

**Remarques :**

- L'adresse réseau (par ex., 100.64.1.0) n'est pas allouée
- L'adresse de diffusion (par ex., 100.64.1.255) n'est pas allouée
- Le PGW-C alloue de `<network> + 1` à `<broadcast> - 1`

# Plusieurs sous-réseaux par APN

**Équilibrage de charge entre sous-réseaux :**

```
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      "internet" => [
        "100.64.1.0/24",
        "100.64.2.0/24",
        "100.64.3.0/24",
        "100.64.4.0/24"
      ]
    }
  }
```

**Méthode de sélection :**

- Le PGW-C sélectionne aléatoirement un sous-réseau dans la liste
- Fournit un équilibrage de charge de base
- Chaque session sélectionne indépendamment un sous-réseau

**Avantages :**

- Distribuer la charge entre plusieurs sous-réseaux
- Expansion de capacité plus facile (ajouter de nouveaux sous-réseaux)
- Flexibilité pour les politiques de routage

## Exemple du monde réel

```
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      # Accès général à Internet
      "internet" => [
        "100.64.0.0/20"     # 4094 IPs pour usage général
      ],

      # IMS (Voix sur LTE)
      "ims" => [
        "100.64.16.0/22"    # 1022 IPs pour IMS
      ],

      # APN d'entreprise
      "enterprise.corp" => [
        "10.100.0.0/16"     # 65534 IPs pour entreprise
      ],

      # Appareils IoT (débit faible)
      "iot.m2m" => [
        "100.64.20.0/22"    # 1022 IPs pour IoT
      ],

      # Sauvegarde par défaut
      default: [
        "42.42.42.0/24"     # 254 IPs pour APNs inconnus
      ]
    }
  }
```

# Configuration IPv6

```
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      "internet" => [
        # Pools IPv4
        "100.64.1.0/24"
      ],
      "internet.ipv6" => [
        # Pools IPv6 (délégation de préfixe)
        "2001:db8:1::/48"
      ],
      default: [
        "42.42.42.0/24"
      ]
    }
  }
```

**Délégation de préfixe IPv6 :**

- L'UE reçoit généralement un préfixe /64
- Permet à l'UE d'assigner plusieurs IPs (par ex., pour le partage de connexion)
- Exemple : L'UE reçoit `2001:db8:1:a::/64`

# Configuration Dual-Stack (IPv4v6)

```
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      "internet" => [
        "100.64.1.0/24",        # Pool IPv4
        "2001:db8:1::/48"       # Pool IPv6 (sera utilisé pour
l'allocation IPv6)
      ]
    }
  }
```

**Allocation Dual-Stack :**

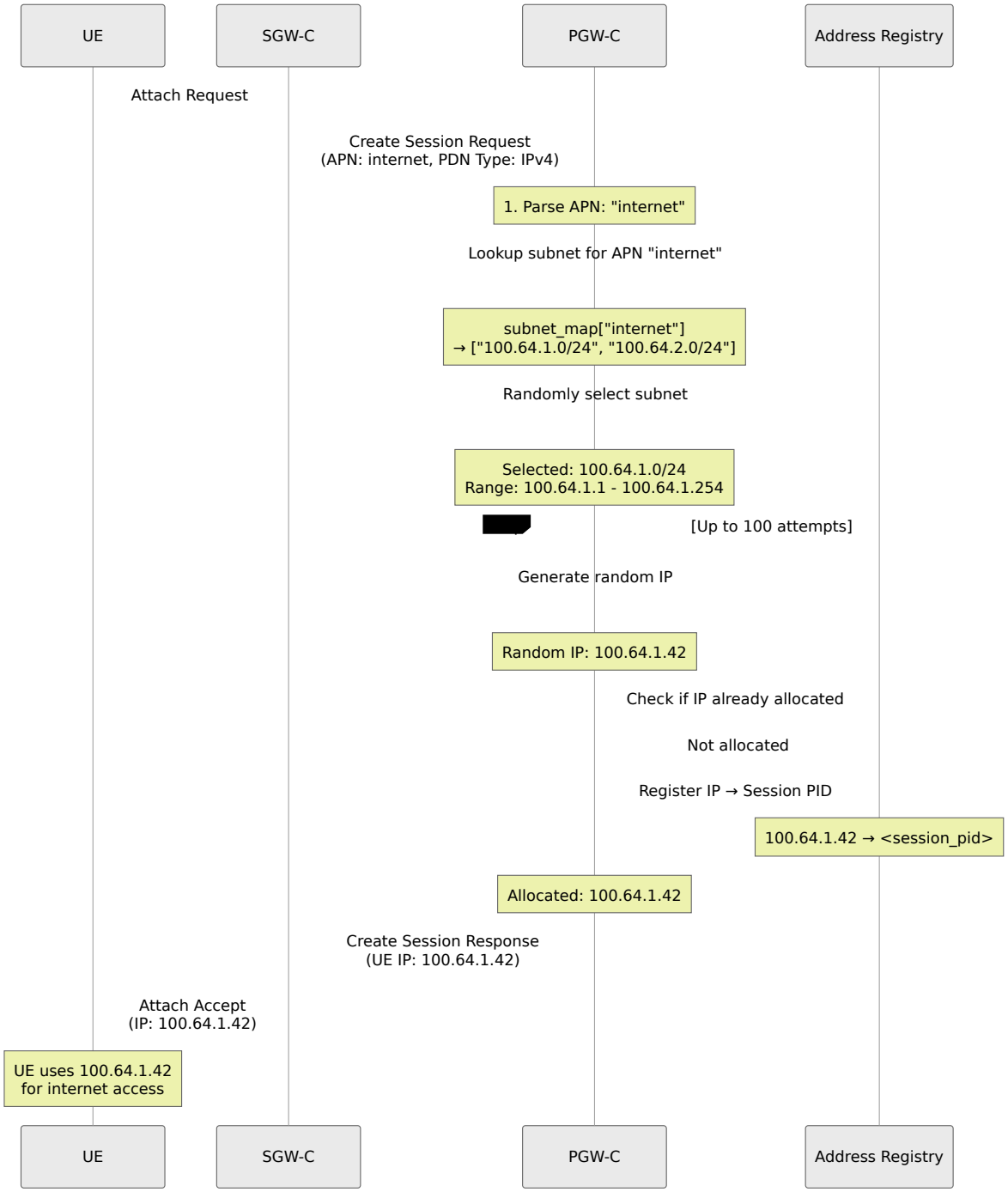
- L'UE demande un Type de PDN : IPv4v6
- Le PGW-C alloue à la fois une adresse IPv4 et un préfixe IPv6
- Les deux adresses sont actives simultanément

---

# Processus d'allocation

L'allocation IP se produit lors de la création de session lorsque le PGW-C reçoit une demande de création de session via l'interface S5/S8. Voir Interface S5/S8 pour les détails du message GTP-C et Gestion de session pour le cycle de vie de la session.

# Étape par étape : Allocation dynamique IPv4




# Comment ça fonctionne

### Processus d'allocation dynamique :

1. **Recherche de sous-réseau :** Le système récupère les sous-réseaux configurés pour l'APN demandé

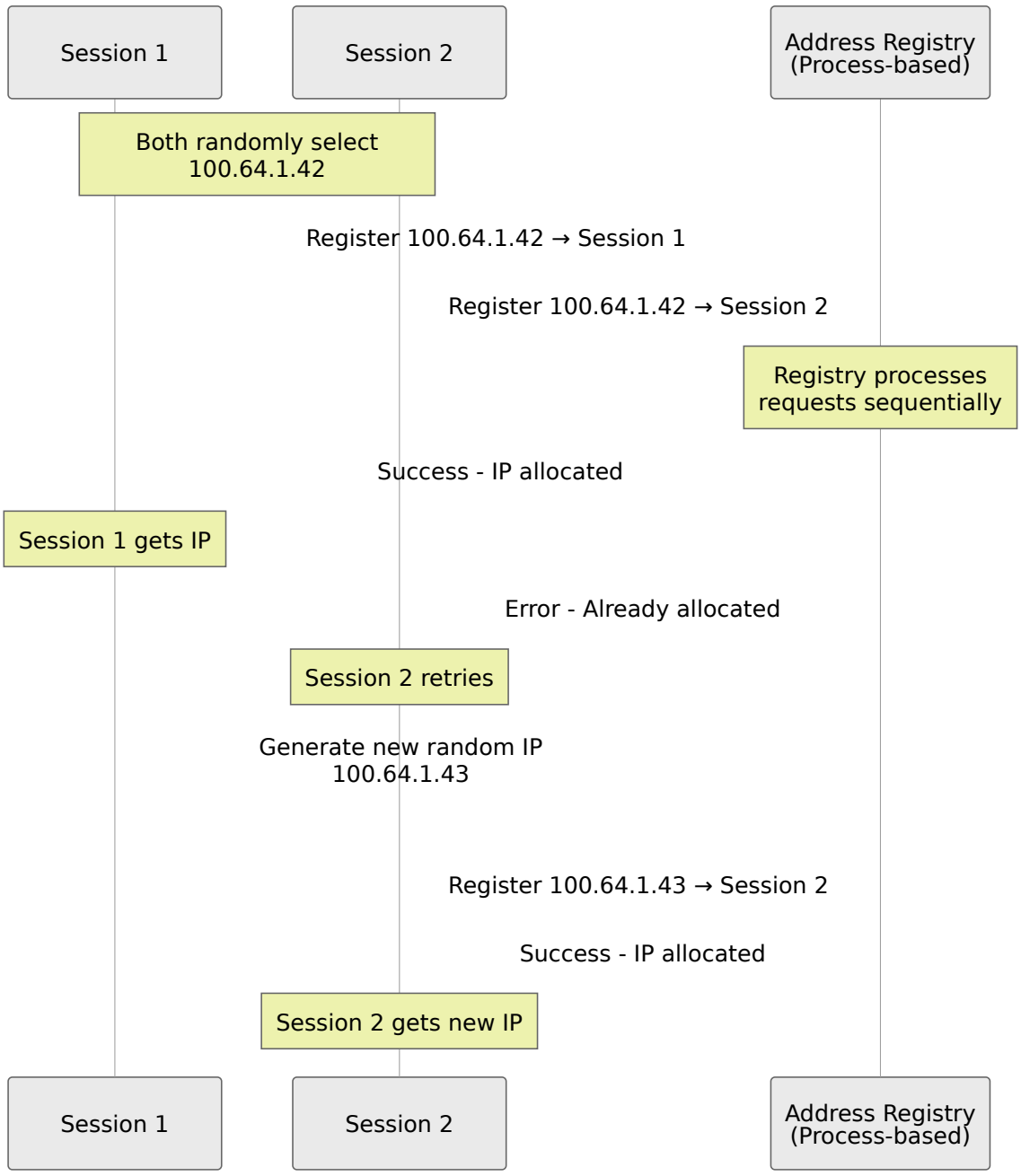
2. **Sélection aléatoire :** Un sous-réseau est sélectionné aléatoirement dans la liste disponible
3. **Génération d'IP :** Une IP aléatoire est générée dans la plage de sous-réseau
4. **Vérification d'unicité :** Le système vérifie que l'IP n'a pas été allouée
5. **Logique de réessai :** Si une collision est détectée, réessayer jusqu'à 100 fois avec une nouvelle IP aléatoire
6. **Enregistrement :** Une fois l'IP unique trouvée, elle est enregistrée à la session

**Points de conception clés :**

- **Max 100 tentatives :** Empêche les boucles infinies lorsque le pool est presque épuisé
- **Sélection aléatoire :** Évite les modèles d'attribution IP prévisibles pour la sécurité
- **Opérations atomiques :** Le registre basé sur les processus assure qu'aucune allocation en double n'est possible
- **Repli sur le par défaut :** Si l'APN n'est pas trouvé dans la configuration, utilise le pool par défaut

# Gestion des collisions

**Scénario :** Deux sessions essaient d'allouer la même IP simultanément




**Comment la prévention des collisions fonctionne :**

- Le registre traite les demandes une à la fois (sérialisé)
- Aucune condition de concurrence possible
- La première demande à enregistrer une IP réussit
- Les demandes ultérieures pour la même IP sont rejetées
- Les sessions rejetées réessaient automatiquement avec une nouvelle IP aléatoire

# Repli sur le sous-réseau par défaut

**Scénario :** L'UE demande un APN inconnu

**Configuration d'exemple :**

```
# Config
subnet_map: %{
  "internet" => ["100.64.1.0/24"],
  default: ["42.42.42.0/24"]
}
```

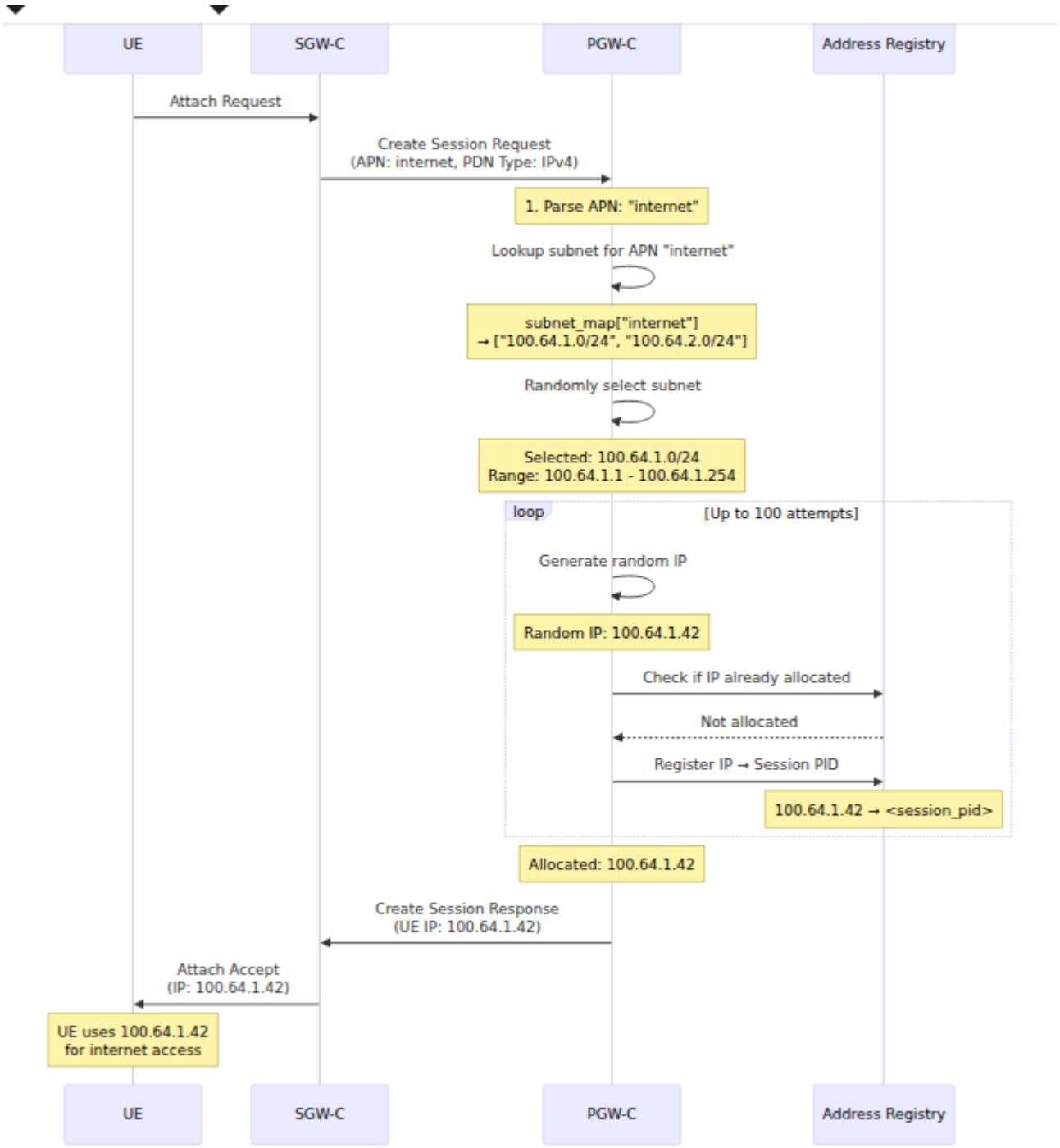
**Comportement :**

- L'UE demande l'APN : "unknown.apn"
- Le système cherche "unknown.apn" dans subnet_map
- Non trouvé, donc se replie sur le pool par défaut
- Alloue une IP de 42.42.42.0/24

**Logique de repli :**

1. D'abord, essayer de trouver le pool spécifique à l'APN dans la configuration
2. Si non trouvé, utiliser le pool `default`
3. Si aucun défaut configuré, l'allocation échoue

# Désallocation à la fin de la session




**Nettoyage automatique :**

- Lorsque le processus de session se termine, le registre nettoie
- L'IP est immédiatement disponible pour de nouvelles allocations
- Aucune intervention manuelle requise

---

# Sujets avancés

## Épuisement du pool

**Scénario :** Toutes les IPs du pool sont allouées

```
Pool: 100.64.1.0/24 (254 IPs utilisables)
Allouées: 254 IPs
Nouvelle demande arrive → Épuisement
```

**Que se passe-t-il :**

1. Le PGW-C tente 100 allocations aléatoires
2. Toutes les tentatives trouvent l'IP déjà allouée
3. Retourne : `{:error, :ue_ip_address_allocation_failed}`
4. L'établissement de session échoue
5. Le SGW-C reçoit une réponse d'erreur

**Prévention :**

```
# Surveiller l'utilisation du pool
address_registry_count / total_pool_size > 0.8  # Alerte à 80%

# Élargir le pool avant épuisement
"internet" => [
  "100.64.1.0/24",
  "100.64.2.0/24",  # Ajouter un sous-réseau supplémentaire
  "100.64.3.0/24"
]
```

## Allocation IP statique

**Cas d'utilisation :** L'appareil d'entreprise a besoin d'une IP fixe

**Format de message GTP-C :**

```
Create Session Request
├── IMSI: 310260123456789
├── APN: enterprise.corp
├── PDN Address Allocation (IE)
│   └── PDN Type: IPv4
│   └── IPv4 Address: 10.100.0.50  ← UE requests specific IP
```

**Traitement OmniPGW :**

1. **Extraire l'IP demandée :** Analyser l'IE d'allocation d'adresse PDN à partir de la demande
2. **Valider l'IP :** Vérifier si l'IP demandée est dans le pool configuré pour cet APN
3. **Vérifier la disponibilité :** Vérifier que l'IP n'est pas déjà allouée à une autre session
4. **Allouer ou rejeter :**
   - Si disponible : Allouer l'IP demandée à cette session
   - Si indisponible : Rejeter la session avec un code de cause approprié

**Résultats possibles :**

- **Succès :** L'UE reçoit exactement l'adresse IP qu'elle a demandée
- **Échec (IP en cours d'utilisation) :** Session rejetée - IP déjà allouée
- **Échec (IP non dans le pool) :** Session rejetée - IP non dans la plage configurée

# Délégation de préfixe IPv6

**L'UE demande IPv6 :**

```
Create Session Request
├── PDN Type: IPv6
```

**Le PGW-C alloue un préfixe /64 :**

```
Préfixe alloué : 2001:db8:1:a::/64

L'UE peut utiliser :
- 2001:db8:1:a::1
- 2001:db8:1:a::2
- ... (18 quintillions d'adresses)
```

**Avantages :**

- L'UE peut assigner plusieurs IPs (par ex., partage de connexion)
- Prend en charge SLAAC (Stateless Address Autoconfiguration)
- Élimine le besoin de NAT

# Allocation Dual-Stack

**L'UE demande IPv4v6 :**

```
Create Session Request
├── PDN Type: IPv4v6
```

**Le PGW-C alloue les deux :**

```
IPv4: 100.64.1.42
IPv6: 2001:db8:1:a::/64
```

**Gestion du trafic :**

- Le trafic IPv4 utilise l'adresse IPv4
- Le trafic IPv6 utilise le préfixe IPv6
- Les deux actifs simultanément
- Tunnels GTP séparés (ou tunnel dual-stack)

# Adresses IP privées vs publiques

**Pools IP privées (RFC 1918) :**

```
# Non routables sur Internet public
subnet_map: %{
  "internet" => [
    "10.0.0.0/8",
    "172.16.0.0/12",
    "192.168.0.0/16"
  ]
}
```

**Nécessite NAT au PGW-U** pour accéder à Internet

**Pools IP publiques :**

```
# IP publiques routables (exemple seulement)
subnet_map: %{
  "internet" => [
    "203.0.113.0/24"  # Bloc IP public
  ]
}
```

**Aucun NAT requis** - routage direct vers Internet

**Recommandation :**

- Utiliser **IP privées (RFC 6598)** : `100.64.0.0/10` (NAT de niveau opérateur)
- Réserver les IP publiques uniquement pour des services spéciaux

---

# Surveillance

## Interface Web - Gestion des pools IP

OmniPGW fournit une interface web en temps réel pour surveiller l'allocation et l'utilisation des pools IP.

**Accès :** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/ip_pools`

**Fonctionnalités :**

**1. Vue d'ensemble du pool**

- Total d'IPs dans tous les pools
- Adresses actuellement allouées
- IPs disponibles restantes
- Pourcentage d'utilisation en temps réel

**2. État du pool par APN** Chaque pool configuré affiche :

- **Nom du pool** - Identifiant APN (par ex., "default", "ims.something.else", "Internet")
- **Étiquette APN** - Badge du nom APN configuré
- **Plage IP** - Notation CIDR montrant la plage de sous-réseau
- **Utilisation** - Indicateur visuel montrant le pourcentage utilisé
- **Statistiques d'allocation :**
  - Total : Nombre d'IPs dans le pool
  - Allouées : IPs actuellement assignées
  - Disponibles : IPs restantes pour allocation

**3. Mises à jour en temps réel**

- Actualisation automatique toutes les 2 secondes
- Aucune actualisation de page requise
- Suivi en direct de l'utilisation

**Cas d'utilisation :**

- Vérification rapide de la capacité avant maintenance
- Identifier les pools approchant de l'épuisement
- Vérifier la configuration du pool
- Surveiller les modèles d'allocation par APN

# Métriques clés

**Nombre d'enregistrements d'adresses :**

```
# IPs actuellement allouées
address_registry_count

# Utilisation du pool (nécessite un calcul)
address_registry_count / <total_pool_size> * 100
```

**Exemple :**

```
Pool: 100.64.1.0/24 (254 IPs)
Allouées: 150 IPs
Utilisation: 150 / 254 = 59%
```

## Alertes

```yaml
# Alerte sur une utilisation élevée du pool
- alert: UEIPPoolUtilizationHigh
  expr: address_registry_count > 200  # Pour un pool /24
  for: 10m
  annotations:
    summary: "Utilisation du pool IP UE supérieure à 80%"
    description: "Actuel : {{ $value }} / 254 IPs allouées"

# Alerte sur l'épuisement du pool
- alert: UEIPPoolExhausted
  expr: address_registry_count >= 254  # Pour un pool /24
  for: 1m
  annotations:
    summary: "Pool IP UE épuisé - aucune IP disponible"

# Alerte sur les échecs d'allocation
- alert: UEIPAllocationFailures
  expr: rate(ue_ip_allocation_failures_total[5m]) > 0
  for: 5m
  annotations:
    summary: "Échecs d'allocation IP UE en cours"
```

## Tableau de bord Grafana

### Panneau 1 : Utilisation du pool IP

```
# Jauge montrant le pourcentage
(address_registry_count / 254) * 100
```

### Panneau 2 : IPs allouées dans le temps

```
# Série temporelle
address_registry_count
```

### Panneau 3 : Taux d'allocation

```
# Taux de nouvelles allocations
rate(address_registry_count[5m])
```

**Panneau 4 : Risque d'épuisement du pool**

```
# Jours jusqu'à épuisement (basé sur le taux actuel)
(254 - address_registry_count) / rate(address_registry_count[1h])
```

---

# Dépannage

## Problème 1 : Établissement de session échoue (Aucune IP disponible)

**Symptômes :**

- Réponse de création de session : Cause "Demande rejetée"
- Journal : "Échec de l'allocation d'adresse IP UE"

**Causes possibles :**

1. **Pool épuisé**

   ```
   # Vérifier l'allocation actuelle
   curl http://<pgw_c_ip>:42069/metrics | grep
   address_registry_count
   ```

2. **Erreur de configuration**

```
# Vérifier la configuration des sous-réseaux
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      "internet" => [
        "100.64.1.0/24"  # Assurez-vous que CIDR est valide
      ]
    }
  }
```

3. **Mauvaise configuration de l'APN**

```
# Si l'APN n'est pas trouvé, se replie sur le défaut
# Assurez-vous que le pool par défaut existe
subnet_map: %{
  default: ["42.42.42.0/24"]
}
```

**Résolution :**

- **Élargir le pool :** Ajouter plus de sous-réseaux
- **Nettoyer les sessions obsolètes :** Redémarrer le PGW-C pour libérer les IPs fuyantes
- **Vérifier la config :** Vérifier `runtime.exs` pour des fautes de frappe

# Problème 2 : Collision d'adresse IP

**Symptômes :**

- Deux UEs reçoivent la même IP (très rare)
- Problèmes de routage

**Cause :**

- Bug dans le registre d'adresses (ne devrait pas se produire)

**Débogage :**

```
# Vérifier les IPs en double dans les journaux
grep "already_registered" /var/log/pgw_c.log
```

**Résolution :**

- Devrait se corriger tout seul (la deuxième session réessaie)
- Si persistant, signaler un bug

# Problème 3 : Mauvais pool IP utilisé

**Symptômes :**

- L'UE reçoit une IP d'un sous-réseau inattendu
- L'APN "internet" obtient une IP du pool "ims"

**Cause :**

- Configuration incorrecte de subnet_map

**Vérifier :**

```
# Vérifier la correspondance exacte de la chaîne APN
subnet_map: %{
  "internet" => [...],    # Sensible à la casse
  "Internet" => [...]     # APN différent !
}
```

**Résolution :**

- Assurez-vous que les noms d'APN correspondent exactement (sensible à la casse)
- Utilisez le pool par défaut pour attraper tout

# Problème 4 : Échec de l'allocation IPv6

**Symptômes :**

- L'UE demande IPv6, reçoit une erreur

**Causes possibles :**

1. **Aucun pool IPv6 configuré**

```
# Sous-réseaux IPv6 manquants
subnet_map: %{
  "internet" => [
    "100.64.1.0/24"  # Seulement IPv4
  ]
}
```

2. **Préfixe IPv6 invalide**

```
# Préfixe trop petit (devrait être /48 ou plus grand)
"internet" => [
  "2001:db8::/128"  # Incorrect - pas de place pour allocation
]
```

**Résolution :**

```
# Ajouter un pool IPv6
subnet_map: %{
  "internet" => [
    "100.64.1.0/24",
    "2001:db8:1::/48"  # Pool IPv6
  ]
}
```

# Problème 5 : Utilisation élevée du pool

**Symptômes :**

- Approchant de l'épuisement du pool
- `address_registry_count` approchant du maximum

**Mesures proactives :**

1. **Ajouter des sous-réseaux :**

```
"internet" => [
  "100.64.1.0/24",   # Existant
  "100.64.2.0/24",   # Nouveau sous-réseau (ajoute 254 IPs)
  "100.64.3.0/24"    # Nouveau sous-réseau (ajoute 254 IPs)
]
```

2. **Utiliser des sous-réseaux plus grands :**

```
# Remplacer /24 par /22
"internet" => [
  "100.64.0.0/22"  # 1022 IPs utilisables
]
```

3. **Nettoyage des sessions :**

   - Surveiller les sessions obsolètes
   - Assurer un traitement correct des demandes de suppression de session

---

# Meilleures pratiques

## Planification de capacité

**Calculer la taille requise du pool :**

```
Utilisateurs concurrents attendus : 10 000
Concurrence de pointe : 30 % (3 000 sessions simultanées)
Marge de croissance : 50 %
IPs requises : 3 000 * 1,5 = 4 500 IPs

Sous-réseau : /20 (4 094 IPs utilisables) - Trop petit
Sous-réseau : /19 (8 190 IPs utilisables) - Suffisant
```

# Sélection de sous-réseau

**Recommandé :**

- Utiliser `100.64.0.0/10` (RFC 6598 - NAT de niveau opérateur)
- Fournit 4 millions d'IPs
- Réservé pour le NAT des fournisseurs de services

**À éviter :**

- IPs publiques (coûteuses, limitées)
- Plages privées courantes qui entrent en conflit avec les VPN d'entreprise

## Disposition de la configuration

```
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      # APN principal Internet - grand pool
      "internet" => [
        "100.64.0.0/18"  # 16 382 IPs
      ],

      # IMS - pool dédié plus petit
      "ims" => [
        "100.64.64.0/22"  # 1 022 IPs
      ],

      # Entreprise - pool moyen
      "enterprise.corp" => [
        "100.64.68.0/22"  # 1 022 IPs
      ],

      # IoT - grand pool pour de nombreux appareils
      "iot.m2m" => [
        "100.64.72.0/20"  # 4 094 IPs
      ],

      # Par défaut - petite sauvegarde
      default: [
        "100.64.127.0/24"  # 254 IPs
      ]
    }
  }
```

---

# Documentation connexe

## Configuration

- **Guide de configuration** - Configuration du pool IP UE, mappage des sous-réseaux APN

- **Configuration PCO** - DNS, P-CSCF, MTU livrés avec l'adresse IP
- **Gestion de session** - Cycle de vie de la session, allocation IP lors de la configuration PDN
- **Interface PFCP** - Attribution d'adresse UE via PFCP au UPF

## Planification réseau

- **Interface S5/S8** - Livraison d'adresse IP via GTP-C
- **Interface Diameter Gx** - Contrôle des politiques pour l'allocation IP

## Opérations

- **Guide de surveillance** - Métriques d'utilisation du pool IP, suivi des allocations
- **Format CDR de données** - Adresses IP UE dans les CDR pour la corrélation de facturation

---

**Retour au guide des opérations**

# Guide des opérations OmniPGW

**OmniPGW - Plan de contrôle de la passerelle de paquets (PGW-C)**

*par Omnitouch Network Services*

---

## Table des matières

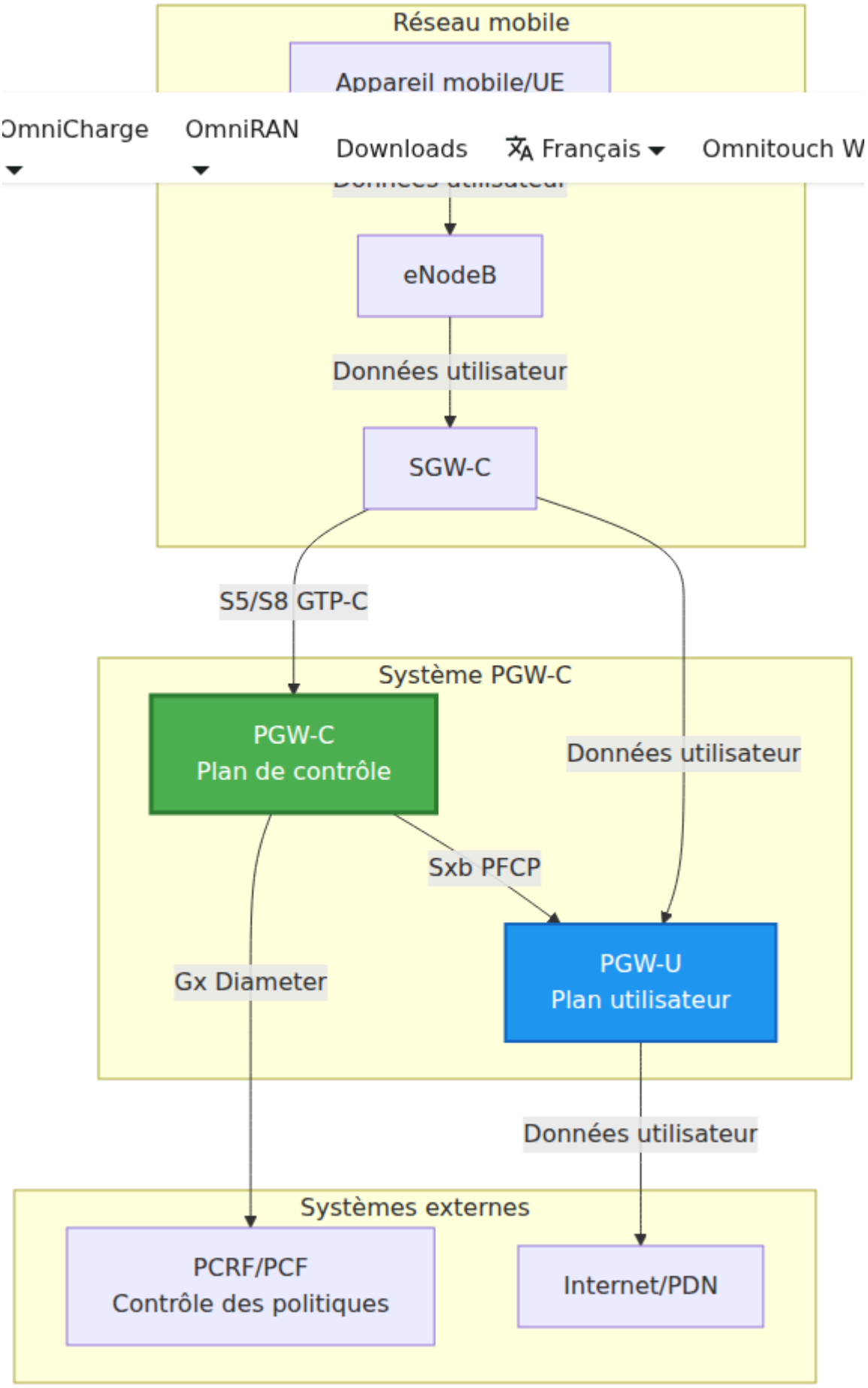


---

## Aperçu

**OmniPGW** est une implémentation de haute performance du Plan de contrôle de la passerelle de paquets (PGW-C) pour les réseaux 3GPP LTE Evolved Packet Core (EPC), développée par Omnitouch Network Services. Il gère les fonctions du plan de contrôle pour les sessions de données, y compris :

- **Gestion des sessions** - Création, modification et terminaison des sessions de données UE (Équipement utilisateur)
- **Allocation d'adresses IP** - Attribution d'adresses IP aux appareils mobiles à partir de pools configurés
- **Contrôle des politiques et de la facturation** - Interface avec PCRF pour l'application des politiques et la facturation
- **Coordination du plan utilisateur** - Contrôle du PGW-U (Plan utilisateur) pour le transfert de paquets


Réseau mobile
Appareil mobile/UE
eNodeB
Données utilisateur
SGW-C
S5/S8 GTP-C
Système PGW-C
PGW-C
Plan de contrôle
Données utilisateur
Sxb PFCP
PGW-U
Plan utilisateur
Gx Diameter
Données utilisateur
Systèmes externes
PCRF/PCF
Contrôle des politiques
Internet/PDN

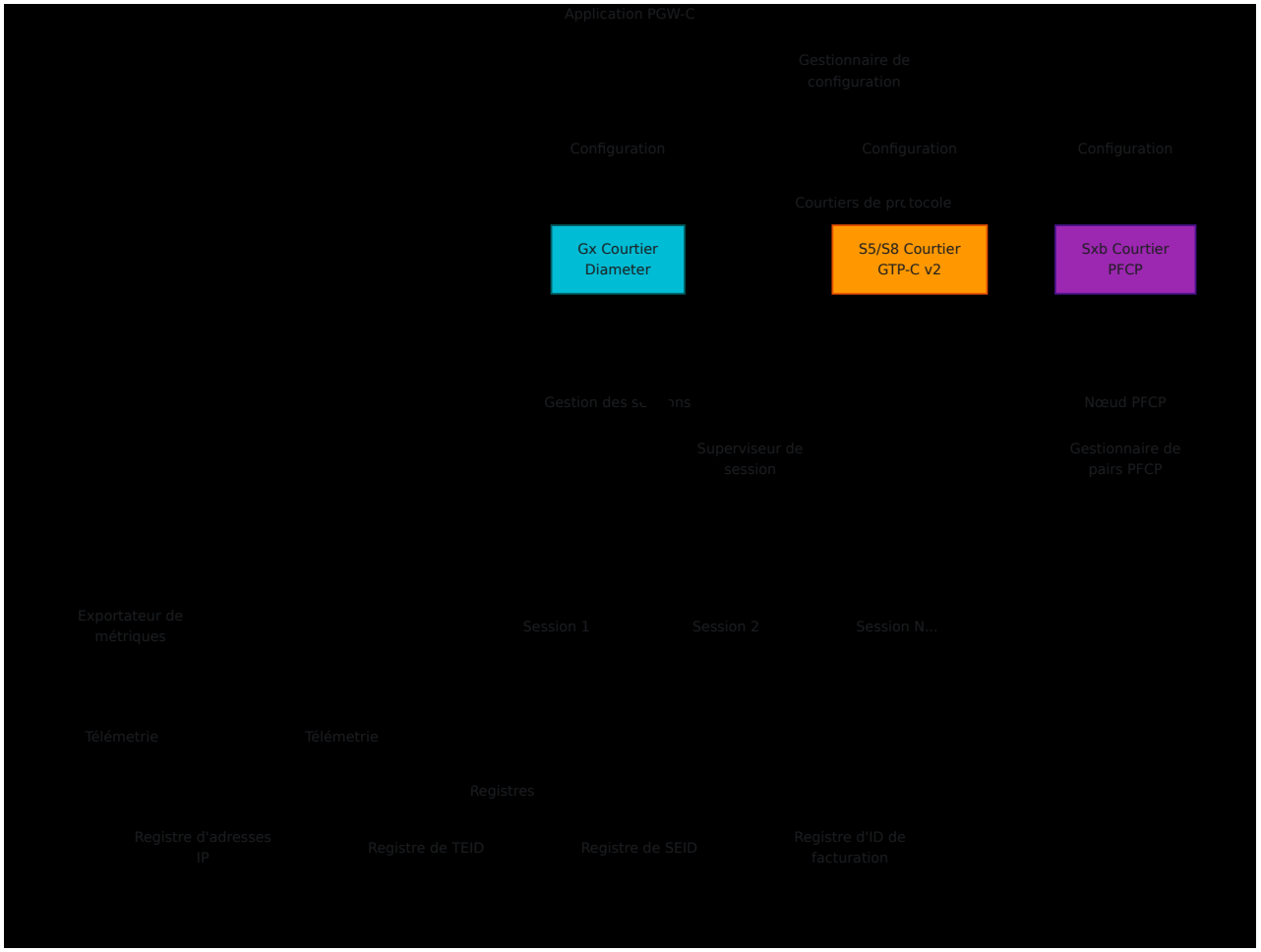
## Ce que fait le PGW-C

- **Accepte les demandes de session** du SGW-C via l'interface S5/S8 (GTP-C)
- **Alloue des adresses IP UE** à partir de pools de sous-réseaux configurés
- **Demande des décisions de politique** au PCRF via l'interface Gx (Diameter)
- **Programme des règles de transfert** dans le PGW-U via l'interface Sxb (PFCP)
- **Gère l'application de la QoS** à travers des contextes de bearer et des règles de QoS
- **Suit les informations de facturation** pour les systèmes de facturation

---

# Architecture

## Vue d'ensemble des composants




## Architecture des processus

Le PGW-C est construit sur Elixir/OTP et utilise une architecture de processus supervisée :

- **Superviseur d'application** - Superviseur de niveau supérieur gérant tous les composants
- **Courtiers de protocole** - Gèrent les messages de protocole entrants/sortants
- **Processus de session** - Un GenServer par connexion PDN active
- **Registres** - Suivent les ressources allouées (IPs, TEIDs, SEIDs, etc.)

- **Gestionnaire de nœud PFCP** - Maintient les associations PFCP avec les pairs PGW-U

Chaque composant est supervisé et redémarrera automatiquement en cas de défaillance, garantissant la fiabilité du système.

---

# Interfaces réseau

Le PGW-C implémente trois interfaces 3GPP principales :

## Interface S5/S8 (GTP-C v2)

**But :** Signalisation du plan de contrôle entre SGW-C et PGW-C

**Protocole :** GTP-C Version 2 sur UDP

**Messages clés :**

- Demande/Réponse de création de session
- Demande/Réponse de suppression de session
- Demande/Réponse de création de bearer
- Demande/Réponse de suppression de bearer

**Configuration :** Voir Configuration S5/S8

## Interface Sxb (PFCP)

**But :** Signalisation du plan de contrôle entre PGW-C et PGW-U

**Protocole :** PFCP (Protocole de contrôle de transfert de paquets) sur UDP

**Messages clés :**

- Demande/Réponse de configuration d'association
- Demande/Réponse d'établissement de session
- Demande/Réponse de modification de session

- Demande/Réponse de suppression de session
- Demande/Réponse de heartbeat

**Configuration :** Voir Documentation de l'interface PFCP/Sxb

# Interface Gx (Diameter)

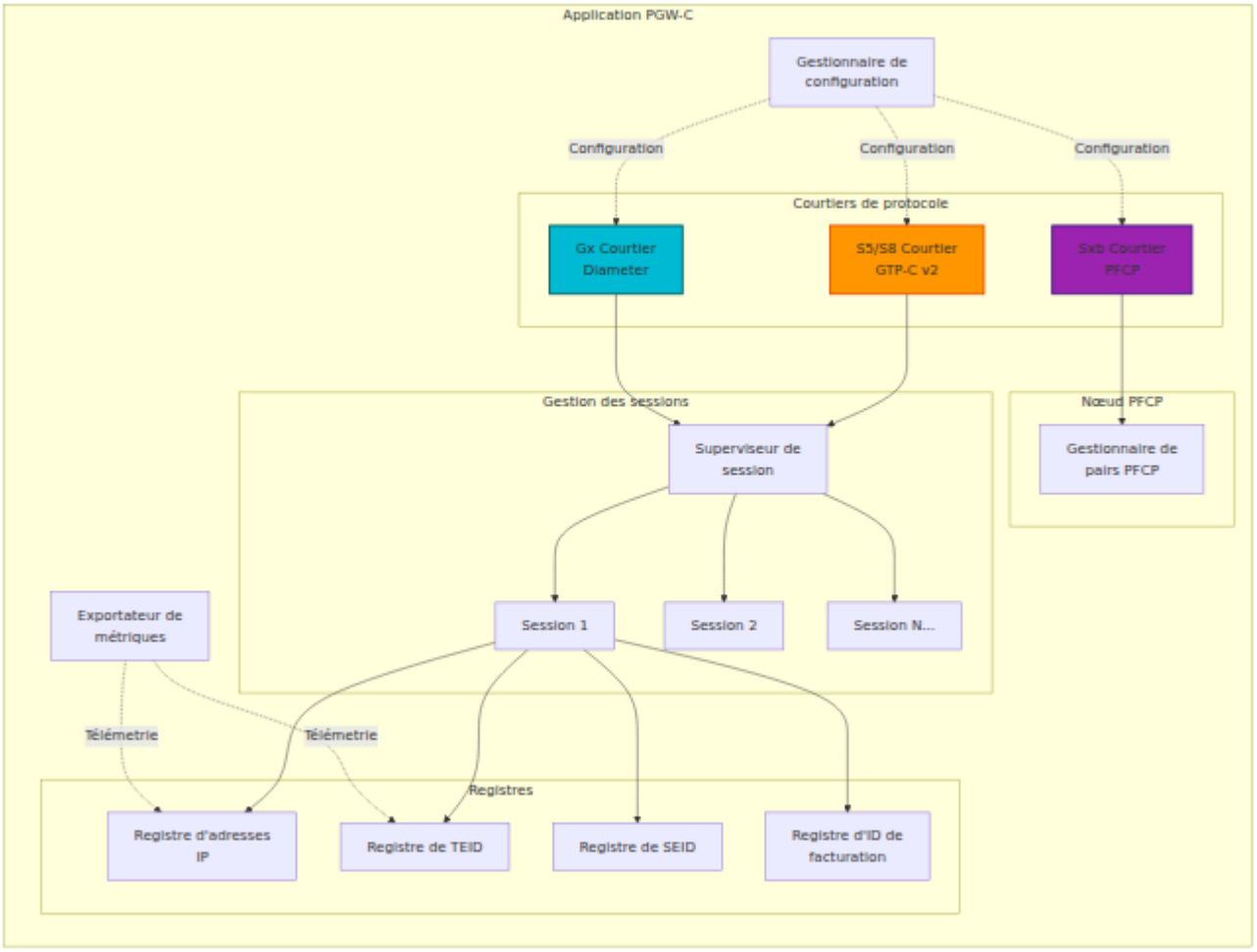
**But :** Interface de la fonction de règles de politique et de facturation (PCRF)

**Protocole :** Diameter (IETF RFC 6733)

**Messages clés :**

- Demande/Réponse de contrôle de crédit initial (CCR-I/CCA-I)
- Demande/Réponse de terminaison de contrôle de crédit (CCR-T/CCA-T)

**Configuration :** Voir Documentation de l'interface Diameter Gx



# Concepts clés

## Session PDN

Une session PDN (Packet Data Network) représente la connexion de données d'un UE à un réseau externe (comme Internet). Chaque session a :

- **Adresse IP UE** - Allouée à partir d'un pool de sous-réseaux configuré
- **APN** (Nom de point d'accès) - Identifie le réseau externe
- **Contexte de bearer** - Contient des paramètres de QoS et des informations de tunnel
- **ID de facturation** - Identifiant unique pour la facturation
- **TEID** (Identifiant de point de terminaison de tunnel) - Identifiant de tunnel de l'interface S5/S8
- **SEID** (Identifiant de point de terminaison de session) - Identifiant de session de l'interface Sxb

## Contexte de bearer

Un bearer représente un flux de trafic avec des caractéristiques de QoS spécifiques :

- **Bearer par défaut** - Créé avec chaque session PDN
- **Bearers dédiés** - Bearers supplémentaires pour des besoins de QoS spécifiques
- **EBI** (Identifiant de bearer EPS) - Identifiant unique pour chaque bearer
- **Paramètres de QoS** - QCI, ARP, débits (MBR, GBR)

## Règles PFCP

Le PGW-C programme le PGW-U avec des règles de traitement des paquets :

- **PDR** (Règle de détection de paquets) - Correspond aux paquets (montant/descendant)
- **FAR** (Règle d'action de transfert) - Spécifie le comportement de transfert
- **QER** (Règle d'application de QoS) - Applique des limites de débit

- **BAR** (Règle d'action de mise en mémoire tampon) - Contrôle la mise en mémoire tampon des paquets

Voir Documentation de l'interface PFCP pour plus de détails.

## Allocation d'adresses IP

Les adresses IP des UE sont allouées à partir de pools de sous-réseaux configurés :

- **Sélection basée sur l'APN** - Différents APN peuvent utiliser différents sous-réseaux
- **Allocation dynamique** - Sélection aléatoire d'IP à partir de la plage disponible
- **Allocation statique** - Support pour les adresses IP demandées par l'UE
- **Détection de collision** - Assure une attribution unique des IP

Voir Allocation de pool IP UE pour la configuration.

---

# Prise en main

## Prérequis

- Elixir ~1.16
- Erlang/OTP 26+
- Connectivité réseau vers SGW-C, PGW-U et PCRF
- Compréhension de l'architecture EPC LTE

## Démarrer OmniPGW

1. **Configurer les paramètres d'exécution** dans `config/runtime.exs`
2. **Compiler l'application :**

```
mix deps.get
mix compile
```

3. **Démarrer l'application :**

```
mix run --no-halt
```

## Vérification du fonctionnement

Vérifiez les journaux pour un démarrage réussi :

```
[info] Démarrage d'OmniPGW...
[info] Démarrage de l'exportateur de métriques sur
127.0.0.42:42069
[info] Démarrage du courtier S5/S8 sur 127.0.0.10
[info] Démarrage du courtier Sxb sur 127.0.0.20
[info] Démarrage du courtier Gx
[info] Démarrage du gestionnaire de nœud PFCP
[info] OmniPGW démarré avec succès
```

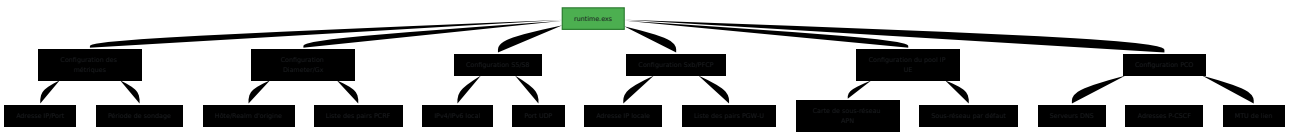
Accédez aux métriques à `http://127.0.0.42:42069/metrics` (adresse configurée).

---

# Configuration

Toute la configuration d'exécution est définie dans `config/runtime.exs`. La configuration est structurée en plusieurs sections :

## Vue d'ensemble de la configuration



## Référence de configuration rapide

| Section | But | Documentation |
|---|---|---|
| **metrics** | Exportateur de métriques Prometheus | Guide de surveillance |
| **diameter** | Interface Gx vers PCRF | Configuration Diameter Gx |
| **s5s8** | Interface GTP-C vers SGW-C | Configuration S5/S8 |
| **sxb** | Interface PFCP vers PGW-U | Configuration PFCP |
| **ue** | Pools d'adresses IP UE | Configuration du pool IP |
| **pco** | Options de configuration de protocole | Configuration PCO |
| **CDR** | Facturation hors ligne & rapport d'utilisation | Format CDR |

**Voir le Guide de configuration complet pour des informations détaillées.**

---

# Interface Web - Tableau de bord des opérations en temps réel

OmniPGW comprend une **Interface Web** intégrée pour la surveillance et les opérations en temps réel, offrant une visibilité instantanée sur l'état du système sans avoir besoin d'outils en ligne de commande ou de requêtes de métriques.

# Accéder à l'Interface Web

```
http://<omnipgw-ip>:<web-port>/
```

**Pages disponibles :**

| Page | URL | But | Taux de rafraîchissement |
|---|---|---|---|
| **Recherche UE** | `/ue_search` | Plongée dans des sessions d'abonnés spécifiques | À la demande |
| **Sessions PGW** | `/pgw_sessions` | Voir toutes les sessions PDN actives | 2 secondes |
| **Historique des sessions** | `/session_history` | Journal des événements de session | 5 secondes |
| **Topologie réseau** | `/topology` | Vue de la topologie réseau visuelle | 5 secondes |
| **Pools IP** | `/ip_pools` | Utilisation du pool d'adresses IP UE | 2 secondes |
| **Sessions PFCP** | `/pfcp_sessions` | Voir les sessions PFCP avec PGW-U | 2 secondes |
| **État UPF** | `/upf_status` | Surveiller les associations de pairs PFCP | 2 secondes |
| **Sélection UPF** | `/upf_selection` | Voir les règles de sélection UPF & état P-CSCF | Statique |

| Page | URL | But | Taux de rafraîchissement |
|---|---|---|---|
| **Pairs Diameter** | `/diameter` | Surveiller la connectivité PCRF | 1 seconde |
| **Moniteur P-CSCF** | `/pcscf_monitor` | État de découverte DNS P-CSCF | 5 secondes |
| **Simulateur Gy** | `/gy_simulator` | Tester la facturation en ligne Gy/Ro | À la demande |
| **Tours de cellules** | `/cell_towers` | Parcourir la base de données OpenCellID | Statique |
| **Journaux** | `/logs` | Diffusion en temps réel des journaux | En direct |

## Fonctionnalités clés

**Mises à jour en temps réel :**

- Toutes les pages se rafraîchissent automatiquement (pas besoin de rechargement manuel)
- Diffusion de données en direct depuis les processus OmniPGW
- Indicateurs de statut codés par couleur (vert/rouge)

**Recherche & Filtre :**

- Rechercher des sessions par IMSI, IP, MSISDN ou APN
- Filtrage instantané sans rechargement de page

**Détails extensibles :**

- Cliquez sur n'importe quelle ligne pour voir les détails complets
- Inspecter l'état complet de la session
- Voir la configuration et les capacités des pairs

**Aucune authentification requise (usage interne) :**

- Accès direct depuis le réseau de gestion
- Conçu pour l'utilisation de l'équipe NOC/opérations
- Lier uniquement à l'IP de gestion pour la sécurité

# Flux de travail opérationnels

**Dépannage de session (Plongée approfondie) :**

```
1. L'utilisateur signale un problème de connexion
2. Ouvrir la page de recherche UE (/ue_search)
3. Rechercher par IMSI, MSISDN ou adresse IP
4. Examiner les détails complets de la session :
   a) Sessions actives - Vérifier que la session existe avec les
bons paramètres
   b) Emplacement actuel - Vérifier TAC, ID de cellule,
emplacement géographique
   c) Informations sur le bearer - Vérifier les bearers par défaut
et dédiés
      - QCI, MBR/GBR, Noms de règles de facturation
      - Limites APN-AMBR
   d) Informations de facturation - ID de session Gy, état du
quota
   e) Informations de politique - Session Gx, règles PCC
installées
   f) Événements récents - Historique des sessions et changements
d'état
5. Si la session n'est pas trouvée → Vérifier la page Diameter
pour la connectivité PCRF
6. Si des problèmes de localisation → Vérifier les données de la
tour de cellules dans la section Emplacement actuel
```

**Recherche rapide de session :**

```
1. L'utilisateur signale un problème
2. Ouvrir la page des sessions PGW (/pgw_sessions)
3. Rechercher par IMSI ou numéro de téléphone
4. Vérifier que la session existe avec des détails de base :
   - Adresse IP UE allouée
   - Paramètres de QoS
   - Points de terminaison de tunnel établis
5. Pour une analyse détaillée → Cliquez sur la session pour
l'étendre ou utilisez la recherche UE
```

**Vérification de la santé du système :**

```
1. Ouvrir la page État UPF → Vérifier que tous les pairs PGW-U
sont "Associés"
2. Ouvrir la page Diameter → Vérifier que tous les pairs PCRF sont
"Connectés"
3. Ouvrir les sessions PGW → Vérifier le nombre de sessions
actives par rapport à la capacité
```

**Surveillance de la capacité :**

- Jeter un œil au nombre de sessions PGW
- Comparer à la capacité licenciée/attendue
- Identifier les heures de pointe d'utilisation
- Surveiller la distribution à travers les APN

# Interface Web vs. Métriques

**Utilisez l'Interface Web pour :**

- Dépannage approfondi des abonnés (Recherche UE)
- Détails et inspection de session individuelles
- État en temps réel des pairs (PFCP, Diameter)
- Vérifications rapides de la santé à travers toutes les interfaces
- Dépannage d'utilisateurs spécifiques par IMSI/MSISDN/IP
- Vérification de l'emplacement géographique (intégration de la tour de cellules)

- Analyse de la QoS du bearer (MBR, GBR, QCI)
- Inspection des règles de politique et de facturation
- Historique des sessions et pistes d'audit
- Surveillance de la capacité du pool IP
- Vérification de la configuration et des règles

**Utilisez les métriques Prometheus pour :**

- Tendances historiques
- Alertes et notifications
- Graphiques de planification de capacité
- Analyse de performance
- Surveillance à long terme

**Meilleure pratique :** Utilisez les deux ensemble - Interface Web pour les opérations immédiates, Prometheus pour les tendances et les alertes.

---

# Surveillance & Métriques

En plus de l'Interface Web, OmniPGW expose des métriques compatibles avec Prometheus pour la surveillance :

## Métriques disponibles

- **Métriques de session**
  - `teid_registry_count` - Sessions S5/S8 actives
  - `seid_registry_count` - Sessions PFCP actives
  - `session_id_registry_count` - Sessions Gx actives
  - `address_registry_count` - Adresses IP UE allouées
  - `charging_id_registry_count` - IDs de facturation actifs
- **Métriques de message**
  - `s5s8_inbound_messages_total` - Messages GTP-C reçus

    - `sxb_inbound_messages_total` - Messages PFCP reçus
    - `gx_inbound_messages_total` - Messages Diameter reçus
    - Durées de traitement des messages

- **Métriques d'erreur**

    - `s5s8_inbound_errors_total` - Erreurs de protocole S5/S8
    - `sxb_inbound_errors_total` - Erreurs de protocole PFCP
    - `gx_inbound_errors_total` - Erreurs Diameter

## Accéder aux métriques

Les métriques sont exposées via HTTP à l'endpoint configuré :

```
curl http://127.0.0.42:42069/metrics
```

**Voir Guide de surveillance & métriques pour la configuration du tableau de bord et des alertes.**

---

# Documentation détaillée

Cette section fournit un aperçu complet de toute la documentation d'OmniPGW. Les documents sont organisés par sujet et cas d'utilisation.

## Structure de la documentation

```
Documentation OmniPGW
├── OPERATIONS.md (Ce guide)
│
└── docs/
    ├── Configuration & Mise en place
    │   ├── configuration.md          Référence complète de
runtime.exs
    │   ├── ue-ip-allocation.md       Configuration du pool IP
    │   └── pco-configuration.md      Paramètres DNS, P-CSCF, MTU
    │
    ├── Interfaces réseau
    │   ├── pfcp-interface.md         Sxb/PFCP (communication PGW-
U)
    │   ├── diameter-gx.md            Gx (communication PCRF)
    │   ├── diameter-gy.md            Gy/Ro (communication OCS)
    │   └── s5s8-interface.md         S5/S8 (communication SGW-C)
    │
    └── Opérations
        ├── session-management.md     Cycle de vie de la session
PDN
        └── monitoring.md             Métriques Prometheus &
alertes
```

## Documentation par sujet

### Prise en main

| Document | Description | But |
|---|---|---|
| **OPERATIONS.md** | Guide principal des opérations (ce document) | Aperçu et démarrage rapide |

### ⚙ Configuration

| Document | Description | Lignes |
|---|---|---|
| **configuration.md** | Référence complète de runtime.exs | 1,600+ |
| **ue-ip-allocation.md** | Gestion et allocation des pools IP UE | 943 |
| **pco-configuration.md** | Options de configuration de protocole (DNS, P-CSCF, MTU) | 344 |

### Interfaces réseau

| Document | Description | Lignes |
|---|---|---|
| **pfcp-interface.md** | Interface PFCP/Sxb vers PGW-U | 1,355 |
| **diameter-gx.md** | Interface Diameter Gx vers PCRF (Contrôle de politique) | 941 |
| **diameter-gy.md** | Interface Diameter Gy/Ro vers OCS (Facturation en ligne) | 1,100+ |
| **s5s8-interface.md** | Interface GTP-C S5/S8 vers SGW-C | 456 |

### Opérations & Surveillance

| Document | Description | Lignes |
|---|---|---|
| **session-management.md** | Cycle de vie et opérations de session PDN | 435 |
| **monitoring.md** | Métriques Prometheus, tableaux de bord Grafana, alertes | 807 |
| **data-cdr-format.md** | Format de fichier CDR, configuration URR, facturation hors ligne | 847 |
| **qos-bearers.md** | Gestion de la QoS et des bearers, contrôle de politique | 448 |
| **troubleshooting.md** | Procédures de dépannage et problèmes courants | 687 |

### □ Fonctionnalités avancées

| Document | Description | Lignes |
|---|---|---|
| **pcscf-monitoring.md** | Découverte P-CSCF et surveillance de santé | 894 |

## Fonctionnalités de la documentation

### □ Diagrammes Mermaid

Tous les documents incluent des **diagrammes Mermaid** pour une compréhension visuelle :

- Diagrammes d'architecture
- Diagrammes de séquence (flux de messages)
- Machines d'état
- Topologie réseau

**🔧 Exemples pratiques**

Chaque document comprend :

- Exemples de configuration du monde réel
- Configurations prêtes à copier-coller
- Cas d'utilisation courants

**🔍 Dépannage**

Chaque document d'interface comprend :

- Problèmes courants et solutions
- Commandes de débogage
- Métriques pour le diagnostic

**🔗 Références croisées**

Les documents sont largement interconnectés pour une navigation facile.

## Chemins de lecture

### Pour les opérateurs de réseau

1. OPERATIONS.md - Aperçu (ce document)
2. configuration.md - Mise en place
3. monitoring.md - Surveillance
4. session-management.md - Opérations quotidiennes

### Pour les ingénieurs réseau

1. OPERATIONS.md - Aperçu de l'architecture (ce document)
2. pfcp-interface.md - Contrôle du plan utilisateur
3. diameter-gx.md - Contrôle de politique
4. diameter-gy.md - Facturation en ligne
5. s5s8-interface.md - Gestion des sessions
6. ue-ip-allocation.md - Gestion des IP

### Pour la configuration & le déploiement

1. configuration.md - Référence complète
2. ue-ip-allocation.md - Pools IP
3. pco-configuration.md - Paramètres réseau
4. monitoring.md - Configurer la surveillance

## Statistiques sur les documents

- **Total de documents :** 14
- **Total de lignes :** ~10,900+
- **Taille totale :** ~265 Ko
- **Diagrammes Mermaid :** 75+
- **Exemples de code :** 150+

## Concepts clés abordés

### Architecture

- □ Séparation du plan de contrôle/plan utilisateur
- □ Architecture OTP/Elixir
- □ Supervision des processus
- □ Sessions basées sur GenServer

### Protocoles

- □ PFCP (Protocole de contrôle de transfert de paquets)
- □ GTP-C v2 (Protocole de tunneling GPRS)
- □ Diameter (RFC 6733)

### Interfaces 3GPP

- □ Sxb (PGW-C ↔ PGW-U)
- □ Gx (PGW-C ↔ PCRF)
- □ Gy/Ro (PGW-C ↔ OCS)
- □ S5/S8 (SGW-C ↔ PGW-C)

**Opérations**

- □ Gestion des sessions
- □ Stratégies d'allocation IP
- □ Application de la QoS
- □ Intégration de la facturation
- □ Surveillance & alertes

---

# Ressources supplémentaires

## Spécifications 3GPP

| Spécification | Titre |
|---|---|
| TS 29.274 | GTP-C v2 (interface S5/S8) |
| TS 29.244 | PFCP (interface Sxb) |
| TS 29.212 | Interface Diameter Gx (Contrôle de politique) |
| TS 32.299 | Applications de facturation Diameter (Gy/Ro) |
| TS 32.251 | Facturation du domaine commuté par paquets |
| TS 23.401 | Architecture EPC |

## Documentation connexe

- Fichier de configuration : config/runtime.exs

---