



Perfect Streamer

Version 2.0.0.206

Perfect Soft

juil. 29, 2026

Table des matières

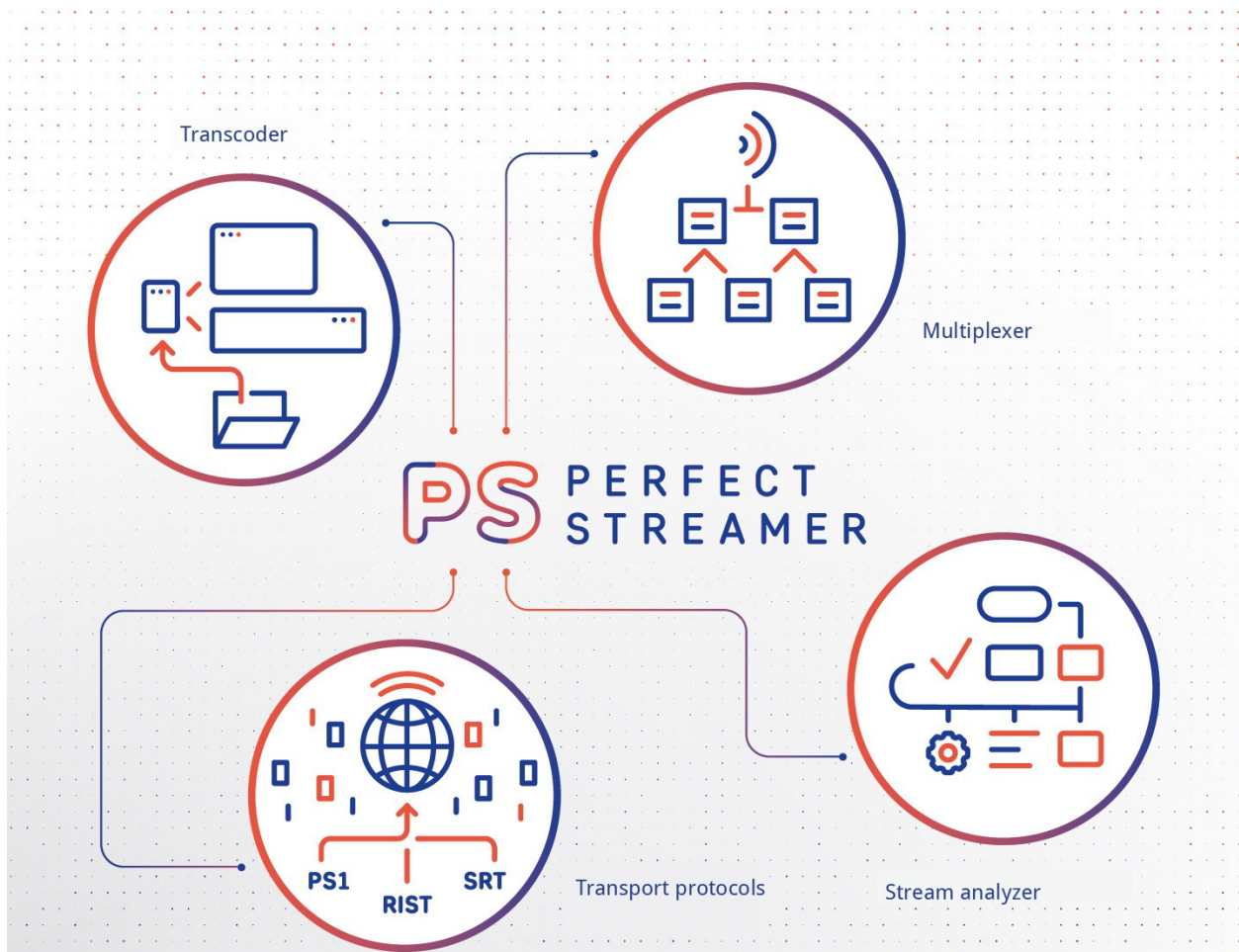
1	Perfect Streamer — Guide de l'utilisateur	1
1.1	Objet	2
1.1.1	Transport de flux entre nœuds	3
1.1.2	Fonctions principales	3
1.1.3	Pour les diffuseurs DVB	4
1.1.4	Pour les diffuseurs OTT	5
1.2	Installation	5
1.2.1	Configuration système requise	5
1.2.2	Installation sur les systèmes de la famille RHEL	6
1.2.3	Installation sur les systèmes de la famille Debian	6
1.2.4	Fichiers et services	7
1.2.5	Transcodeurs	8
1.3	Premier démarrage et activation	13
1.3.1	Activation temporaire et démarrage	13
1.3.2	Réglages initiaux	14
1.3.3	Activation permanente	14
1.3.4	À l'expiration de la licence annuelle ou d'essai	15
1.4	Planification et protocoles de transmission de données	15
1.4.1	Modèle de transmission : Stream, Sender, Receiver, Peer	15
1.4.2	Protocoles Peer de transmission fiable	16
1.4.3	Choix du protocole de transmission	17
1.4.4	Planification de la bande passante, de la latence et des ports	18
1.4.5	Chiffrement des flux	18
1.4.6	Autres entrées et sorties	18
1.4.7	Redondance des sources et diffusion	19
1.4.8	Exigences relatives au flux d'entrée	19
1.5	Démarrage rapide	20
1.5.1	Étape 1. Créer un flux	20
1.5.2	Étape 2. Ajouter une entrée	20
1.5.3	Étape 3. Démarrer et vérifier	20
1.5.4	Étape 4. Diffuser le flux	21
1.5.5	Pour aller plus loin	21
1.6	Meshwork	21
1.6.1	Notions clés	22
1.7	Streamer : détails d'implémentation	32
1.7.1	Flux SPTS	32

1.7.2	Flux MPTS	38
1.7.3	Analyseur	40
1.7.4	Démultiplexeur	43
1.7.5	Multiplexeur	44
1.7.6	Flux de test	46
1.7.7	OTT et DVR	47
1.7.8	Transcodeurs	52
1.7.9	Récepteur DVB	56
1.7.10	Publication et réception RTMP	59
1.7.11	Autres entrées et sorties	60
1.7.12	EPG/EIT	62
1.8	Interface web	64
1.8.1	Accès et rôles	64
1.8.2	Structure de l'interface	65
1.8.3	Utilisation au clavier	66
1.8.4	Fonctionnement de l'aide contextuelle	67
1.9	Ressources supplémentaires	104
1.9.1	Mise en cache et CDN pour la diffusion OTT	104
1.9.2	Connexion de systèmes de supervision externes	116
1.9.3	Optimisation du fonctionnement du nœud	120
1.9.4	Transcodeur Intel VPL : matériel pris en charge	121
1.10	FAQ	124
1.10.1	SRT : autorisation par identifiant et mot de passe dans un logiciel tiers	124
1.10.2	Recommandations pour l'utilisation du multicast UDP	125
1.10.3	Recommandations de configuration réseau pour le multicast	125
1.10.4	Flussonic et SRT	126
1.11	Outils	126
1.11.1	TS Analyze Perfect Streamer Toolkit v2.3 – TR 101 290	127
1.11.2	MPTS Migrate Perfect Streamer Toolkit v1.1 – migration de l'identité MPTS	134
1.12	Documents de référence	141
1.13	Historique des versions	141
1.13.1	version 2.0.0.206 Beta	141
1.14	Roadmap	145
1.14.1	Désembrouillage de flux individuels via un CAM	146
1.14.2	Systèmes DRM industriels pour la diffusion OTT	146
1.14.3	Signalisation des points d'insertion publicitaire dans la diffusion OTT	146

CHAPITRE 1

Perfect Streamer – Guide de l'utilisateur

1.1 Objet



Perfect Streamer est un logiciel serveur destiné à l'acheminement fiable de flux MPEG-TS sur le réseau Internet public sujet aux pertes de paquets et aux latences, ainsi qu'à la réception, au traitement, au multiplexage, au transcodage et à la diffusion OTT de chaînes de télévision. Le produit s'adresse aux diffuseurs et aux opérateurs de télécommunications : transport dorsal de chaînes entre opérateurs, têtes de réseau DVB-to-IP, plateformes IPTV/OTT et réseaux de distribution.

Perfect Streamer est fourni sous la forme d'une application unique pour Linux x86-64 dotée d'une interface web intégrée et d'une API HTTP. Une seule installation assure toutes les étapes de la chaîne : réception, traitement et remultiplexage, transcodage, transport entre nœuds, diffusion OTT et archivage (DVR), supervision et bien plus encore.

1.1.1 Transport de flux entre nœuds

Pour chaque flux, on configure un serveur émetteur (**Sender**) et un ou plusieurs récepteurs (**Receiver**). Pour le transport des flux entre l'émetteur et le récepteur, ainsi que pour la communication avec des équipements tiers, quatre protocoles **Peer** sont disponibles :

- **PS1** (Perfect Stream) – protocole propriétaire basé sur UDP, fonctionnant selon le principe Automatic Repeat reQuest (ARQ) avec retransmission sélective. Faible consommation de ressources ; transport de flux à haut débit, y compris un MPTS complet. Particulièrement efficace dans les configurations point-à-multipoint, un émetteur et plusieurs récepteurs.
- **SRT** – protocole ouvert, largement répandu et offrant de bonnes performances de compensation des pertes de paquets ; modes listener/caller ; compatible avec les équipements tiers et les services cloud.
- **RIST** – protocole ouvert basé sur RTP/RTCP. Il fonctionne selon le principe ARQ sans ACK, uniquement avec NACK, ce qui garantit une grande efficacité ; profils Simple et Main.
- **Pro-MPEG / RTP+FEC** (Pro-MPEG COP3, aussi appelé SMPTE 2022-1/2) – RTP avec correction d'erreurs sans voie de retour (FEC). Ses avantages sont la faible latence et la compatibilité avec les équipements de diffusion professionnels ; ses inconvénients sont le trafic supplémentaire permanent et la faible récupération en cas de pertes de paquets importantes.

Tous les protocoles Peer prennent en charge le chiffrement AES. Une description détaillée des protocoles et la planification des canaux de transport sont fournies dans la section [Planification et protocoles de transmission de données](#).

Outre les protocoles Peer, des entrées et sorties standard sont prises en charge : UDP (unicast/multicast), RTP, HLS/HTTP, RTMP/RTMPS, fichier/périphérique, tube nommé (pipe) et application externe (std) ; en complément, uniquement en entrée – TCP et RTSP.

1.1.2 Fonctions principales

- [Traitement sans réencodage](#) – listes de PID autorisés et interdits, réaffectation de PID et agencement automatique des PID du programme, modification de la SDT et des langues audio, changement de PNR, suppression des tables superflues (SDT/CAT/NIT/TDT, télétexte, sous-titres), mise en conformité des intervalles PAT/PMT avec TR 101 290 ; modes de débit, y compris CBR avec bourrage jusqu'à un débit constant compatible DVB.
- [Multiplexeur MPTS](#) – assemblage d'un multiplex à partir de programmes individuels avec génération PSI/SI et une sortie conforme à TR 101 290.
- [Démultiplexeur](#) – extraction de programmes individuels d'un MPTS vers des SPTS autonomes.
- [Transcodeur](#) – transcodage matériel sur GPU NVIDIA et Intel VPL, transcodage logiciel sur le CPU ; plusieurs encodeurs à partir d'un seul décodeur (par exemple, pour un débit adaptatif).

- **Analyseur** — contrôle de conformité à TR 101 290 (DVB) pour les SPTS et MPTS, détecteur de dérive PCR, modèle de tampon T-STD, analyse approfondie du flux, analyseur SCTE-35, détecteur CBR/VBR.
- **EPG et EIT** — capture de l'EIT à l'antenne dans une base EPG, import XMLTV, génération d'un EIT correct (present/following et schedule) dans le flux sortant, génération forcée de la SDT.
- **Serveur EPG** — fourniture du XMLTV complet sur /xmltv avec restriction de l'ensemble des canaux selon l'identifiant, pour les middleware OTT.
- **Flux de test** — générateur de signal de test intégré.
- **Meshwork** — regroupement de serveurs en domaines fondé sur le protocole gossip des réseaux décentralisés : état en direct des nœuds, répertoire commun des adresses et ports utilisés (bibliothèque de ressources), réplication des alertes sur le domaine.
- Comptabilisation des sessions et contrôle d'accès — limites de connexions par utilisateur, ACL par chaîne, identifiant prefix/suffix pour l'intégration avec le middleware. Autorisation des sessions des clients dans une facturation externe — vérification de chaque session lors de la connexion et réautorisation périodique avec révocation de l'accès en cours de session (cycle de vie de type RADIUS : Start / Interim / Stop) ; un HTTP connector universel pour connecter la facturation de l'opérateur. La comptabilisation est réalisée séparément pour chaque protocole — HLS/DASH pour l'OTT et PS1/SRT pour le peering de flux.
- **Interface web** — gestion de toutes les fonctions, rôles d'administrateurs, profils adaptatifs pour poste de travail, tablette et téléphone.
- Certificats TLS automatiques (ACME) — émission et renouvellement automatiques des certificats, rechargement à chaud du TLS ; HTTPS et HTTP/3 « prêts à l'emploi ».
- **Analyseur** et supervision — contrôle TR 101 290 (DVB) en entrée, alerting unifié avec distribution par Email, Telegram ou vers un script externe, mosaïque de chaînes.

Sont également disponibles : redondance des sources avec basculement automatique ; intégration avec des systèmes de supervision (Zabbix, Grafana, Prometheus, InfluxDB, Nagios) ; intégration avec un système de facturation externe pour l'autorisation des sessions des clients ; sauvegarde et export/import des paramètres.

1.1.3 Pour les diffuseurs DVB

Les têtes de réseau de diffusion satellite, câble et hertzienne (DVB-to-IP, remultiplexage, contribution entre sites) disposent de :

- **Réception depuis des cartes DVB** — DVB-S, DVB-S2, DVB-T, DVB-T2 et DVB-C avec l'ensemble complet des paramètres de configuration ; gestion du LNB et de DiSEqC 1.0, partage du LNB entre tuners.
- Scanner de transpondeurs et balayage « à l'aveugle » — parcours des listes de référence (satellites.xml, cables.xml, terrestrial.xml) avec collecte des PSI/SI, construction de l'arborescence multiplex → programme et mesure du SNR, du niveau et du BER ; recherche de transpondeurs non standard sans fichier de référence.
- Désembrouillage — CI/CAM matériel (EN 50221) avec CAM combiné au récepteur DVB, et BISS-1 / BISS-E logiciel (clés par PNR ou PLP, mise à jour à chaud). Nettoyage de l'accès conditionnel en sortie — suppression des ECM/EMM, des CAT et des descripteurs CA de la PMT pour obtenir un flux FTA propre.
- Décapsulation T2-MI (ETSI TS 102 773) — fourniture simultanée du multiplex DVB-S/S2 externe et de toutes les porteuses T2-MI imbriquées : réception du DVB-T2 régional par satellite sans passerelle dédiée.

- Moniteur de signal (femon) — mesure continue du lock, du niveau, du SNR, du BER et de l'UCB avec tracé de graphiques dans le temps.
- [Démultiplexeur](#) — extraction d'un programme individuel (par PNR) d'un transpondeur reçu vers un SPTS autonome.

1.1.4 Pour les diffuseurs OTT

Les opérateurs IPTV/OTT et les plateformes de distribution disposent de :

- [Diffusion OTT](#) — HLS, Low-Latency HLS et MPEG-DASH sur CMAF ; diffusion via HTTPS et HTTP/3 (QUIC) ; multidébit adaptatif (ABR) dans une master playlist unique ; segmentation alignée sur les GOP/IDR ; MPEG-TS brut over HTTP pour les clients TS.
- Sous-titres WebVTT — décodage du télétexte DVB et des sous-titres DVB en WebVTT pour les lecteurs OTT, y compris dans l'archive.
- [DVR réseau](#) — enregistrement de chaque canal OTT dans une archive sur disque en parallèle de la diffusion ; lecture de l'archive via les mêmes URL HLS/DASH (décalage temporel et VOD), transition transparente archive → live, catch-up basé sur l'EPG, VOD adaptative et archive CMAF, stockages multi-disques avec rétention et purge automatique.
- [Transcodeur et échelle ABR](#) — un seul décodeur alimente plusieurs encodeurs ayant chacun leur propre résolution, débit et codec (1toN) ; en matériel sur GPU (NVIDIA, Intel VPL) ou en logiciel sur CPU.
- Prêt pour le CDN — segments adressables par contenu avec en-têtes immuable, cache-key normalisé et CORS pour le passage à l'échelle derrière un proxy inverse ou un CDN.

1.2 Installation

Perfect Streamer s'installe à partir de paquets ; des dépôts sont disponibles pour les familles RHEL et Debian. Après l'installation, [procédez à l'activation et à la configuration initiale du service](#).

1.2.1 Configuration système requise

- **Perfect Streamer** fonctionne sous le système d'exploitation Linux. La principale exigence est la version GLIBC >= 2.17.
- Les interfaces réseau utilisées par le service streamer doivent disposer d'une configuration statique.
- Les scripts d'installation utilisent l'utilitaire **sudo**, c'est-à-dire qu'il doit être installé sur le système.

Des paquets d'installation et des dépôts sont disponibles pour les familles Red Hat et Debian. La version RHEL 7 et supérieure (CentOS, etc.) est prise en charge, ainsi que les distributions compatibles RPM — par exemple openSUSE Leap (voir la remarque à la fin de la section [Installation sur les systèmes de la famille RHEL](#)). Les systèmes basés sur Debian (Ubuntu, etc.) doivent disposer du service systemd.

Configuration matérielle indicative : 1 cœur à 2.4 GHz et 1 GB de RAM par 200 Mbps de trafic. Cette estimation est approximative et dépend des protocoles utilisés et des paramètres du service.

1.2.2 Installation sur les systèmes de la famille RHEL

Installer le dépôt pour RHEL 7 :

```
$ sudo yum install yum-utils
$ sudo yum-config-manager --add-repo=http://repo.pstreamer.tv/pub/pstreamer/
↪ pstreamer.repo
```

Ou pour RHEL 8+ :

```
$ sudo yum config-manager --add-repo=http://repo.pstreamer.tv/pub/pstreamer/
↪ pstreamer.repo
```

Installer le paquet :

```
$ sudo yum -y install pstreamer
```

Mettre à jour le paquet :

```
$ sudo yum -y update pstreamer
```

Supprimer tous les paquets :

```
$ sudo yum -y remove pstreamer aksusbd
```

Note : openSUSE (Leap, dernière version stable) est un système basé sur RPM. Il utilise le même dépôt que RHEL, mais les opérations sont effectuées avec le gestionnaire de paquets **zypper** :

```
$ sudo zypper addrepo http://repo.pstreamer.tv/pub/pstreamer/pstreamer.repo
$ sudo zypper --gpg-auto-import-keys refresh
$ sudo zypper install pstreamer
```

Mise à jour – `sudo zypper update pstreamer`, suppression – `sudo zypper remove pstreamer aksusbd`.

1.2.3 Installation sur les systèmes de la famille Debian

Installer le dépôt :

```
$ sudo wget http://repo.pstreamer.tv/pub/deb/dists/pstreamer/pstreamer.list -O /etc/
↪ apt/sources.list.d/pstreamer.list
$ sudo apt-get update
```

Installer le paquet :

```
$ sudo apt-get install pstreamer
```

Mettre à jour le paquet :

```
$ sudo apt install pstreamer
```

Supprimer tous les paquets :

```
$ sudo apt-get remove pstreamer aksusbd
```

1.2.4 Fichiers et services

/usr/local/bin/pss

Fichier exécutable.

/opt/pss/config/pss.properties

Paramètres globaux, journaux, chemins des dossiers, etc. Après toute modification, redémarrer le service.

/opt/pss/config/pss.json

Fichier de configuration principal. Créé et mis à jour automatiquement. Au démarrage, le service tente de charger précisément ce fichier.

/opt/pss/config/pss_back.json

Copie de sauvegarde de la configuration de travail précédente. Enregistrée automatiquement lors de l'action **Restaurer les paramètres** dans l'interface web et utilisée comme premier recours si le fichier principal *pss.json* ne peut pas être analysé.

/opt/pss/config/pss_default.json

Fichier de configuration par défaut. Livré avec le paquet et appliqué comme dernier recours si ni le fichier principal *pss.json* ni *pss_back.json* ne peuvent être chargés. C'est également à partir de lui qu'est créé le *pss.json* de travail lors du tout premier démarrage : le fichier définit le port de l'interface web 8808 et le compte *admin / admin*.

/opt/pss/config/bad/

Archive des fichiers *pss.json* endommagés. Si le fichier de configuration principal ne peut pas être analysé au démarrage, il est déplacé ici sous un nom de la forme *pss_YYYYMMDD_HHMMSS.json*. Le répertoire est créé automatiquement. Pour plus de détails, voir la section [Comportement au démarrage et en cas d'erreurs de configuration](#).

/opt/pss/data

Dossier de stockage des données. Créé et mis à jour automatiquement. Peut être modifié dans le fichier de configuration globale.

/usr/lib/systemd/system/pss.service

Fichier d'unité systemd du service.

/var/log/pss

Dossier d'écriture des journaux. Peut être modifié dans le fichier de configuration globale.

Nom du service : **pss**. S'exécute sous l'utilisateur **pss**.

Lors de l'installation, le paquet complémentaire **aksusbd** du système de protection est installé ; il comprend les services **hasplmd** et **aksusbd**.

Comportement au démarrage et en cas d'erreurs de configuration

Au démarrage, le service tente de charger successivement les fichiers de configuration du dossier `/opt/pss/config` :

1. *pss.json* — fichier de configuration principal.
2. *pss_back.json* — copie de sauvegarde de la configuration de travail précédente.
3. *pss_default.json* — paramètres par défaut livrés avec le paquet.

Le premier fichier chargé avec succès est utilisé. Si les trois fichiers sont absents ou endommagés, le service démarre avec des paramètres vides ; dans ce cas, une modification manuelle du mot de passe administrateur et un redémarrage sont nécessaires.

Fichier de configuration structurellement endommagé. Si *pss.json* contient une erreur de syntaxe JSON, des clés inconnues, un type de valeur incorrect ou une violation d'unicité (par exemple, deux flux ayant le même *id*), le service déplace le fichier endommagé dans l'archive `/opt/pss/config/bad/` sous le nom *pss_YYYYMMDD_HHMMSS.json* (date et heure du démarrage). Ensuite, le service poursuit ses tentatives de chargement dans l'ordre habituel et réenregistre la configuration de travail dans *pss.json* à partir de *pss_back.json* ou *pss_default.json*. Les détails (nom de la clé, description de l'erreur, nom du fichier dans l'archive) sont consignés dans le journal de fonctionnement.

Seul le fichier principal *pss.json* est placé dans l'archive. Les fichiers *pss_back.json* et *pss_default.json* ne sont pas archivés lorsqu'ils sont endommagés — les entrées du journal suffisent au diagnostic, et les fichiers eux-mêmes restent en place et peuvent être corrigés manuellement.

Si, au moment du chargement suivant, un fichier portant le même horodatage existe déjà dans `/opt/pss/config/bad/` (par exemple, lors de redémarrages rapides au cours de la même seconde), il est écrasé.

Valeurs numériques en dehors de la plage autorisée. Si le fichier de configuration contient une valeur numérique inférieure au minimum autorisé ou supérieure au maximum autorisé pour ce paramètre, le service ne rejette pas le fichier dans son intégralité. À la place, un avertissement est consigné dans le journal indiquant le nom du paramètre, la valeur lue et la limite appliquée, et la valeur elle-même est ramenée à la limite de plage autorisée la plus proche (le minimum ou le maximum). Une fois le chargement terminé, le service réenregistre automatiquement *pss.json* avec les valeurs déjà corrigées, de sorte que ces avertissements n'apparaissent plus au démarrage suivant.

Ce comportement ne s'applique qu'au chargement initial du fichier de configuration. Lors de la modification des paramètres via l'interface web ou l'API externe, les valeurs en dehors de la plage autorisée sont toujours rejetées avec une erreur — sans correction automatique.

1.2.5 Transcodeurs

Installation des transcodeurs pour Perfect Streamer.

Paquets disponibles :

- **pstreamer-tcsw** — transcodage sur CPU (Software).
- **pstreamer-tcnv** — transcodage sur GPU NVIDIA.
- **pstreamer-tcivpl** — transcodage sur GPU Intel (Intel VPL).

L'exigence principale est la version de GLIBC ≥ 2.28 .

Le transcodeur fonctionne sous AlmaLinux 8.9. Le transcodeur Intel VPL fonctionne sur les systèmes AlmaLinux 10 (RHEL 10) et Ubuntu 24.04.

Quel matériel Intel convient au transcodage, quels runtimes et codecs sont disponibles sur les différentes générations graphiques et comment vérifier que le matériel est reconnu — voir la section [Transcodeur Intel VPL : matériel pris en charge](#).

RHEL 8+

1. Installer pstreamer.
2. Pour NVIDIA, installer les dépôts et mettre à jour le système (s'ils n'ont pas encore été installés) :

```
sudo dnf config-manager --add-repo https://developer.download.nvidia.com/compute/
↪ cuda/repos/rhel9/x86_64/cuda-rhel9.repo
sudo dnf clean all
sudo dnf update -y
reboot
```

3. NVIDIA Encoder.

- Installer CUDA :

```
sudo dnf -y install cuda-toolkit-12-5
```

- Installer le pilote (choisissez une option) :

Legacy

```
sudo dnf -y module install nvidia-driver :latest-dkms
```

New

```
sudo dnf -y module install nvidia-driver :open-dkms
```

Après l'installation, il est impératif de redémarrer la machine :

```
reboot
```

Après le redémarrage, vérifier le fonctionnement du pilote :

```
nvidia-smi
modprobe nvidia
sudo lsmod | grep nvidia
```

ou

```
modprobe nouveau
sudo lsmod | grep nouveau
```

4. Intel VPL Encoder.

- Installation du pilote Intel et d'Intel VPL (RHEL 10) :

```
dnf install -y intel-gpu-firmware
dnf install -y https://mirrors.rpmfusion.org/free/el/rpmfusion-free-release-$(rpm -E
↪ %rhel).noarch.rpm https://mirrors.rpmfusion.org/nonfree/el/rpmfusion-nonfree-
↪ release-$(rpm -E %rhel).noarch.rpm
dnf install -y intel-media-driver
dnf install -y intel-vpl-gpu-rt
```

5. Installer les paquets du transcodeur.

- Méthode CPU Software :

```
sudo dnf install -y pstreamer-tcsw
```

- NVIDIA GPU :

```
sudo dnf install -y pstreamer-tcnv
```

- Intel VPL GPU :

```
sudo dnf install -y pstreamer-tcivpl
```

Ubuntu 22/24

1. Installer pstreamer.

2. NVIDIA Encoder.

- Installer le toolkit CUDA version 12.5 :

```
wget https://developer.download.nvidia.com/compute/cuda/repos/ubuntu2204/x86_64/cuda-keyring_1.1-1_all.deb  
sudo dpkg -i cuda-keyring_1.1-1_all.deb  
sudo apt-get update  
sudo apt-get -y install cuda-toolkit-12-5
```

- Installer le pilote (choisissez une option) :

legacy kernel module flavor:

```
sudo apt-get install -y cuda-drivers
```

ou

open kernel module flavor:

```
sudo apt-get install -y nvidia-driver-555-open  
sudo apt-get install -y cuda-drivers-555
```

Après l'installation, il est impératif de redémarrer la machine :

```
reboot
```

Après le redémarrage, vérifier le fonctionnement du pilote :

```
nvidia-smi
```

Le transcodeur nécessite la version CUDA 12.5 pour fonctionner. Une autre version de CUDA peut déjà être installée sur le système. De plus, lors de la mise à jour du système, CUDA peut être mis à niveau vers une version plus récente. Cela ne gêne pas le fonctionnement ; il n'est pas nécessaire de les supprimer, car les différentes versions de CUDA sont installées dans des répertoires distincts.

3. Intel VPL Encoder (Ubuntu 24.04).

Les composants clés d'Intel VPL proviennent du dépôt officiel Intel Graphics — dans les dépôts standard d'Ubuntu, ils sont plus anciens et ne prennent pas en charge les GPU modernes.

- Ajouter le dépôt Intel Graphics :

```
sudo apt-get update
sudo apt-get install -y ca-certificates gnupg wget
wget -q0 - https://repositories.intel.com/gpu/intel-graphics.key | sudo gpg --yes --
↳dearmor --output /usr/share/keyrings/intel-graphics.gpg
echo "deb [arch=amd64 signed-by=/usr/share/keyrings/intel-graphics.gpg] https://
↳repositories.intel.com/gpu/ubuntu noble unified" | sudo tee /etc/apt/sources.list.d/
↳intel-gpu-noble.list
sudo apt-get update
```

- Installer le runtime Intel VPL et le pilote :

```
sudo apt-get install -y libvpl2 libmfxgen1 intel-media-va-driver-non-free
```

- En complément, vous pouvez installer les outils de diagnostic :

```
sudo apt-get install -y libvpl-tools
```

- L'utilisateur **pss** sous lequel le service s'exécute doit appartenir aux groupes **render** et **video** (accès aux périphériques `/dev/dri/`) :

```
sudo usermod -aG render,video pss
sudo systemctl restart pss
```

- Vérifier que le GPU est visible (avec `libvpl-tools` installé) :

```
vainfo --display drm --device /dev/dri/renderD128
vpl-inspect
```

La sortie de `vainfo` doit contenir la ligne « Driver version : Intel iHD ... », et `vpl-inspect` doit répertorier l'implémentation matérielle (AccelerationMode VAAPL).

4. Installer les paquets du transcodeur.

- Méthode CPU Software :

```
sudo apt-get install -y pstreamer-tcsnw
```

- NVIDIA GPU :

```
sudo apt-get install -y pstreamer-tcnv
```

- Intel VPL GPU (Ubuntu 24.04) :

```
sudo apt-get install -y pstreamer-tcivpl
```

Fichiers et vérification de l'installation

Les paquets des transcodeurs installeront les fichiers suivants :

- `/usr/local/bin/tcsnw` — fichier exécutable du transcodeur SW (CPU).
- `/usr/local/bin/tcnv` — fichier exécutable du transcodeur NVIDIA (GPU).
- `/usr/local/bin/tcivpl` — fichier exécutable du transcodeur Intel VPL (GPU).
- `/opt/pss/config/pss_tc_sw.properties` — fichier de configuration de démarrage du transcodeur SW (CPU).

- `/opt/pss/config/pss_tc_nv.properties` — fichier de configuration de démarrage du transcodeur NVIDIA (GPU).
- `/opt/pss/config/pss_tc_ivpl.properties` — fichier de configuration de démarrage du transcodeur Intel VPL (GPU).

L'installation des paquets du transcodeur redémarrera le service **pss**. Vous pouvez vérifier l'installation des transcodeurs dans la section *About* de l'interface web : la version des transcodeurs ou une erreur sera affichée.

Autres systèmes d'exploitation basés sur Debian et RHEL

Pour installer le transcodeur `pstreamer-tcnv` sur des systèmes d'exploitation autres qu'Ubuntu 22/24 et RHEL 8+, utilisez le configurateur pour choisir la version de CUDA et du pilote requise sur le site NVIDIA :

<https://developer.nvidia.com/cuda-toolkit-archive>

Lors de la sélection de chaque version de CUDA, des informations sont disponibles sur la version du système d'exploitation à laquelle elle convient. L'architecture prise en charge est `x86_64`. Si vous avez besoin d'une version plus ancienne du système d'exploitation, vérifiez sa prise en charge dans les versions plus anciennes de CUDA. L'exigence principale pour le système d'exploitation est la prise en charge de la version de GLIBC `>= 2.28`.

Le pilote NVIDIA doit être installé à partir du dépôt proposé pour la version de votre système d'exploitation sur la page de la version de CUDA sélectionnée.

La prise en charge des cartes graphiques NVIDIA pour la fonctionnalité du transcodeur `pstreamer-tcnv` peut être vérifiée sur le site NVIDIA dans la [Video Encode and Decode Support Matrix](#). Cette page propose une matrice de prise en charge des formats vidéo pour le décodeur et l'encodeur, ainsi que d'autres caractéristiques.

Suppression de l'ancienne version de CUDA et du pilote

En cas d'installation d'une version incorrecte de CUDA et du pilote, il peut être nécessaire d'installer une autre version, après avoir préalablement supprimé celle installée.

<https://docs.nvidia.com/cuda/cuda-installation-guide-linux/index.html?highlight=uninstall#removing-cuda-toolkit>

Suppression de CUDA

RHEL :

```
dnf remove "cuda*" "*cublas*" "*cufft*" "*cufile*" "*curand*" "*cusolver*" "*cusparse*"
↳ "*gds-tools*" "*npp*" "*nvjpeg*" "nsight*" "*nvvm*" "*nvptx"
```

Debian/Ubuntu :

```
apt remove --autoremove --purge "cuda*" "*cublas*" "*cufft*" "*cufile*" "*curand*"
↳ "*cusolver*" "*cusparse*" "*gds-tools*" "*npp*" "*nvjpeg*" "nsight*" "*nvvm*"
↳ "*nvptx"
```

Suppression du pilote

Ubuntu 22/24 :

```
apt remove --autoremove --purge -V \
  cuda-compat\* \
  cuda-drivers\* \
  libnvidia-cfgl\* \
  libnvidia-compute\* \
  libnvidia-decode\* \
  libnvidia-encode\* \
  libnvidia-extra\* \
  libnvidia-fbc1\* \
  libnvidia-gl\* \
  libnvidia-gpucomp\* \
  libnvidia-nsq\* \
  libnvdm\* \
  libxnvctrl\* \
  nvidia-dkms\* \
  nvidia-driver\* \
  nvidia-fabricmanager\* \
  nvidia-firmware\* \
  nvidia-headless\* \
  nvidia-imex\* \
  nvidia-kernel\* \
  nvidia-modprobe\* \
  nvidia-open\* \
  nvidia-persistenced\* \
  nvidia-settings\* \
  nvidia-xconfig\* \
  xserver-xorg-video-nvidia\*
```

RHEL 9 :

```
dnf module remove --all nvidia-driver
dnf module reset nvidia-driver
```

RHEL 10 :

```
dnf remove nvidia-driver\*
```

1.3 Premier démarrage et activation

1.3.1 Activation temporaire et démarrage

La version temporaire n'impose aucune limite du nombre de flux. Après l'installation, le service **pss** est inactif, car une activation est requise pour le démarrer. Pour l'activation temporaire, exécuter le script :

```
$ /opt/pss/tools/activate.sh
```

Le service **pss** sera démarré et configuré pour le démarrage automatique. Il est possible de vérifier la réussite du démarrage :


```
$ systemctl status pss
```

En cas de problème, consulter les journaux :

```
$ tail -n 20 /var/log/pss/main.log
$ journalctl -u pss -n 20
```

1.3.2 Réglages initiaux

Se connecter à l'interface web via un navigateur :

`http://host:8808`

Identifiant : `admin`

Mot de passe : `admin`

Deux interfaces web sont disponibles : la nouvelle (principale) sous le chemin `/admin` et la classique sous le chemin `/classic`.

Ports des services par défaut :

Service	HTTP	HTTPS
Interface web et HTTP API	8808	43981
Distribution OTT (serveur HTTP)	43972	43982
Serveur EPG	43973	43983

Immédiatement après l'installation, seul le port HTTP de l'interface web est disponible — 8808. Il est défini dans le fichier `pss_default.json` livré avec le produit, à partir duquel le `pss.json` de travail est créé au premier démarrage ; ce fichier ne décrit aucun autre service, si bien que les autres ports du tableau ne s'ouvrent qu'après la configuration du service correspondant, et HTTPS — qu'après l'activation de TLS et l'installation d'un certificat. Si la clé `web-server.bind-port` est absente des réglages, le service utilise la valeur de repli intégrée 43971.

Impérativement changer l'identifiant et le mot de passe de l'administrateur — dans la liste des administrateurs de l'interface web. Des rôles sont attribués aux comptes : **Admin** (accès complet), **Restricted admin** (consultation et mise en pause des flux), **Viewer** (consultation uniquement).

Si nécessaire, changer le port de l'interface web — dans les paramètres du serveur web. La modification prend effet après le redémarrage du service ; le redémarrage peut être effectué depuis l'interface web.

Les données d'activation peuvent être vérifiées dans la section *About* de l'interface web.

1.3.3 Activation permanente

Le système de protection prend en charge les clés logicielles (SL) et USB (HL). Pour l'activation permanente :

1. Dans la section *About* de l'interface web, obtenir les données C2V pour la demande d'activation et les envoyer au fournisseur.
2. Saisir les données V2C reçues du fournisseur, depuis un fichier ou depuis le presse-papiers, dans la même section de l'interface web.
3. Dans la même section, vérifier les données d'activation.

Pour que Perfect Streamer détecte la clé USB lorsqu'une licence d'essai est active, il faut redémarrer le service **pss** — via la fonction de redémarrage de l'interface web ou avec la commande `sudo systemctl restart pss`. Si la durée de la licence d'essai arrive à expiration, le service basculera de lui-même sur la clé USB permanente.

1.3.4 À l'expiration de la licence annuelle ou d'essai

Si le service **pss** ne peut pas démarrer, saisir la commande :

```
$ journalctl -u pss -n 20
```

L'erreur suivante signifie que la licence de Perfect Streamer a expiré :

```
LDK Protection System : Feature has expired (H0041)
```

1.4 Planification et protocoles de transmission de données

Le cœur de **Perfect Streamer** est la livraison fiable de flux MPEG-TS entre nœuds sur un réseau public soumis aux pertes de paquets et aux délais. Cette section décrit le modèle de transmission, les protocoles de transport et la manière de planifier un canal : choisir un protocole, calculer la bande passante, la latence et les ports. Les réglages détaillés des différents champs sont traités dans la description contextuelle de l'interface web ([Interface web](#)), et le traitement du flux sur un nœud dans la section [Streamer : détails d'implémentation](#).

1.4.1 Modèle de transmission : Stream, Sender, Receiver, Peer

L'unité de travail est un flux (**Stream**), un seul canal MPEG-TS. Pour chaque flux, on configure un serveur émetteur (**Sender**) et un ou plusieurs récepteurs (**Receiver**) ; l'association émetteur-récepteur est désignée par **Peer**.

La configuration se résume à des listes d'entrées (**input**) et de sorties (**output**) pour chaque flux :

- sur l'émetteur, **input** correspond aux sources MPEG-TS, **output** à la transmission vers les récepteurs ;
- sur le récepteur, **input** correspond à la réception du flux depuis l'émetteur.

Plusieurs entrées dans la liste assurent la redondance des sources, plusieurs sorties assurent la diffusion simultanée d'un même canal vers de nombreux destinataires et via différents protocoles.

Pour les protocoles où le récepteur initie la connexion, un récepteur derrière un NAT se connecte lui-même à l'émetteur — aucune redirection des ports entrants de son côté n'est requise.

1.4.2 Protocoles Peer de transmission fiable

Quatre protocoles Peer sont disponibles pour la transmission entre l'émetteur et le récepteur. Ils se répartissent en deux classes selon le principe de compensation des pertes :

- **ARQ** (Automatic Repeat reQuest) – les paquets perdus sont retransmis à la demande du récepteur. Nécessite un canal de retour et un tampon sur le récepteur ; la profondeur de récupération est configurable. PS1, SRT et RIST appartiennent à cette classe.
- **FEC** (Forward Error Correction) – des données redondantes sont ajoutées en permanence au flux, permettant de récupérer les pertes sans canal de retour. Pro-MPEG / RTP+FEC appartient à cette classe.

PS1 (Perfect Stream)

Un protocole propriétaire basé sur UDP. Il fonctionne selon le principe ARQ avec retransmission sélective. Il se distingue par une faible consommation de ressources et transporte des flux à débit élevé, y compris un MPTS complet.

Le récepteur initie la connexion, l'émetteur exige donc une authentification : les récepteurs sont enregistrés en tant que Peer avec identifiant et mot de passe, ou sont autorisés par IP. La latence est déterminée par le tampon du récepteur (fenêtre de suppression de la gigue et de retransmission) ; le tampon de l'émetteur doit être plus grand que celui des récepteurs. Lors du changement de source active sur l'émetteur, les récepteurs ne se reconnectent pas – l'interruption est corrigée par une retransmission normale, sans reconnexion visible.

PS1 est un protocole propriétaire qui ne fonctionne qu'entre nœuds Perfect Streamer. Il est particulièrement efficace dans une configuration point-à-multipoint : un émetteur et de nombreux récepteurs.

SRT

Un protocole ouvert basé sur UDP (UDT). Il est largement répandu et compense bien les pertes de paquets. Il prend en charge les modes listener et caller, ce qui assure la compatibilité avec les équipements SRT tiers et les services cloud.

En mode listener sur l'émetteur, plusieurs récepteurs se connectent à un même flux ; pour l'autorisation, les récepteurs sont enregistrés en tant que Peer, et l'autorisation par IP est disponible. La partie initiatrice (caller) peut se trouver aussi bien sur le récepteur que sur l'émetteur. La marge de bande passante pour la retransmission se définit en pourcentage au-dessus du débit du flux.

Sur les nœuds de réception denses comportant un grand nombre d'entrées SRT en mode caller, il est possible de désactiver la mise en tampon intégrée du récepteur SRT (TSBPD) : la synchronisation est alors assurée par le tampon anti-gigue du nœud ([Synchronisation](#)), ce qui réduit sensiblement la charge CPU.

RIST

Un protocole ouvert basé sur RTP/RTCP. Il fonctionne selon le principe ARQ sans ACK, uniquement par NACK, ce qui assure une grande efficacité. Il utilise unicast et multicast.

Les profils Simple et Main sont implémentés : Simple occupe deux ports UDP consécutifs (le port de base doit être pair), Main multiplexe les données sur un seul port. Plusieurs chemins (peers) avec équilibrage pondéré sont pris en charge – pour la redondance et l'agrégation. En multicast, les récepteurs peuvent être nombreux, avec autorisation par IP.

Pro-MPEG / RTP+FEC (SMPTE 2022-1/2)

Livraison de MPEG-TS sur RTP avec correction d'erreurs anticipée (FEC), sans canal de retour. Le protocole est également connu sous le nom de Pro-MPEG COP3. PSS implémente une matrice FEC bidimensionnelle (lignes et colonnes, SMPTE 2022-2).

Le flux de paquets RTP est regroupé en une matrice de taille donnée, le long des lignes et colonnes de laquelle sont formés les paquets FEC. Plus la matrice est petite, meilleure est la récupération, mais plus le surcoût permanent est élevé. Les canaux FEC occupent deux ports supplémentaires (port+2 et port+4), ce qu'il faut prendre en compte lors du placement de plusieurs flux sur un même hôte ou dans un même groupe multicast.

Les avantages sont une faible latence fixe et la compatibilité avec les équipements de diffusion professionnels. Les inconvénients sont un trafic supplémentaire permanent et une faible récupération en cas de pertes importantes (au-delà de ~0,2 %), c'est pourquoi le protocole est conçu pour des canaux gérés à faibles pertes et non pour l'internet public « lourd ».

1.4.3 Choix du protocole de transmission

Protocole	Principe	Canal de retour	Latence	Compatibilité
PS1	ARQ sur UDP	requis	configurable	uniquement entre nœuds Perfect Streamer
SRT	ARQ sur UDP (UDT)	requis	configurable	ouvert ; équipements SRT tiers et cloud
RIST	ARQ (NACK) sur RTP/RTCP	requis	configurable	ouvert ; équipements RIST tiers ; unicast et multicast
Pro-MPEG / RTP+FEC	FEC sur RTP	non requis	faible, fixe	ouvert (SMPTE 2022-1/2) ; équipements de diffusion professionnels

Repères de choix :

- un canal entre nœuds Perfect Streamer, débit élevé ou MPTS complet, diffusion point-à-multipoint – **PS1** ;
- compatibilité avec des équipements tiers ou le cloud, réglage flexible de la marge de retransmission – **SRT** ;
- un transport ouvert basé sur RTP, multicast, équilibrage sur plusieurs chemins – **RIST** ;
- un canal géré à faibles pertes, latence minimale sans canal de retour, équipements de diffusion professionnels – **Pro-MPEG / RTP+FEC**.

1.4.4 Planification de la bande passante, de la latence et des ports

Protocoles ARQ (PS1, SRT, RIST). Les pertes sont compensées par la retransmission, il faut donc prévoir :

- un canal de retour du récepteur vers l'émetteur ;
- une marge de bande passante au-dessus du débit nominal — les pics de pertes provoquent des pics de trafic de retransmission ;
- un tampon sur le récepteur pour la latence du canal. Plus le tampon est grand, plus la récupération des pertes est profonde, mais plus la latence de bout en bout est élevée ; à titre de repère, plusieurs valeurs de RTT. Les flux à faible débit nécessitent un tampon plus grand en durée, afin qu'un nombre suffisant de paquets tienne dans la fenêtre de récupération.

Protocole FEC (Pro-MPEG / RTP+FEC). Les paquets redondants sont transmis en permanence, indépendamment des pertes réelles, de sorte que le surcoût est fixe et dépend de la taille de la matrice FEC. Aucun canal de retour n'est nécessaire, la latence est faible et fixe, mais la récupération est limitée — ce transport est destiné aux canaux à faibles pertes.

Ports. Chaque point d'écoute a besoin d'un port UDP unique au sein de l'hôte ou du groupe. Tenez également compte du fait que le profil RIST Simple occupe deux ports consécutifs (le port de base pair et le suivant), et Pro-MPEG le port de base plus deux ports FEC (port+2 et port+4). Dans un réseau Meshwork, un catalogue commun des adresses et des ports occupés aide à éviter les collisions (voir [Meshwork](#)).

1.4.5 Chiffrement des flux

Tous les protocoles Peer prennent en charge le chiffrement AES à l'aide d'une phrase secrète commune saisie des deux côtés. Pour SRT, la longueur de clé est en outre sélectionnée (128, 192 ou 256 bits). Le chiffrement ne modifie pas le débit du flux.

Pour Pro-MPEG, le chiffrement est une extension non standard ; par conséquent, lorsqu'il est activé, la compatibilité avec les logiciels et équipements tiers n'est pas garantie.

1.4.6 Autres entrées et sorties

Outre les protocoles Peer, des transports standard pour la réception et la transmission sont disponibles :

Protocole	Entrée	Sortie	Remarque
UDP	oui	oui	unicast/multicast, SSM, sélection de l'interface ; jusqu'à 7 paquets TS par datagramme
RTP	oui	oui	rétablissement de l'ordre des paquets désordonnés
TCP	oui	—	mode client ; réception là où UDP est bloqué
HLS / HTTP	oui	oui	en réception, la variante de la playlist adaptative est sélectionnée par un numéro configurable (la première par défaut) ; l'entrée est réservée au SPTS
RTSP	oui	—	caméras IP et serveurs RTSP ; auto-remux en MPEG-TS ; uniquement pour SPTS
RTMP / RTMPS	oui	oui	publication vers des récepteurs RTMP tiers ; H.264 et HEVC ; SPTS uniquement
file / device	oui	oui	enregistrement dans un fichier TS et sortie vers un périphérique (y compris SDI) ; lecture en boucle depuis un fichier
pipe (FIFO)	oui	oui	pont vers un processus externe via un canal nommé
std (application externe)	oui	oui	pont vers des protocoles non standard via une application console

La publication et la réception RTMP sont décrites dans [Publication et réception RTMP](#) ; le RTSP, l'entrée HLS/HTTP, les fichiers et périphériques, les tubes nommés et les applications externes sont décrits dans [Autres entrées et sorties](#). Les réglages détaillés de chaque transport figurent dans la section [Interface web](#). La diffusion OTT (HLS, LL-HLS, DASH) est décrite séparément dans [OTT et DVR](#).

1.4.7 Redondance des sources et diffusion

Redondance. Plusieurs entrées peuvent être définies pour un flux ; une seule est active à la fois. En cas de défaillance de l'entrée active, le flux bascule automatiquement vers la suivante de la liste et, après rétablissement, il peut revenir à la source prioritaire. Cela permet de planifier à l'avance les sources principale et de secours d'un canal ; les réglages détaillés de la commutation des entrées sont décrits dans [Flux SPTS](#).

Diffusion. Plusieurs sorties sur un même flux permettent de diffuser un même canal à de nombreux destinataires à la fois et via différents protocoles simultanément.

1.4.8 Exigences relatives au flux d'entrée

- Conformité à ISO/IEC 13818-1, Single Program (SPTS) ou Multi Program Transport Stream (MPTS).
- La composition des pistes dépend du type de contenu sélectionné pour le flux SPTS, voir [Flux SPTS](#).
- Les flux embrouillés (chiffrés) sont pris en charge, voir [Flux SPTS](#).
- Pour la synchronisation, le flux doit contenir des marques PCR valides.

Le filtrage, la modification et les modes de débit du flux d'entrée sont décrits dans [Flux SPTS](#), et les particularités du multiplexage dans [Flux MPTS](#).

1.5 Démarrage rapide

Scénario de bout en bout : d'un nœud installé jusqu'à un flux en fonctionnement avec sa diffusion. Il est supposé que Perfect Streamer est déjà installé ([Installation](#)), que le service est démarré et activé et que vous êtes connecté à l'interface web ([Premier démarrage et activation](#), accès et rôles — [Accès et rôles](#)).

1.5.1 Étape 1. Créer un flux

1. Ouvrez l'écran « Flux » ([Flux](#)) et cliquez sur « + Nouveau flux ».
2. Dans la fenêtre « Nouveau flux » ([Nouveau flux](#)), conservez le type SPTS — programme unique — et renseignez le « Nom du flux » (2–32 caractères : lettres latines, chiffres, trait d'union, tiret bas). Le type ne peut pas être modifié après la création.
3. Cliquez sur « Créer » — l'éditeur de flux s'ouvre ([Configurer le flux](#)).

Un nouveau flux est créé en pause — c'est normal : d'abord la configuration, ensuite le démarrage.

1.5.2 Étape 2. Ajouter une entrée

Dans l'onglet « Entrées » de l'éditeur, cliquez sur « Ajouter une entrée ». Pour une réception UDP/multicast classique, choisissez le type udp et indiquez l'adresse du groupe et le port — les champs Address (multicast group) et Port ; les noms des champs sont ceux de l'interface. La liste complète des protocoles de réception et leur choix sont décrits dans la section [Planification et protocoles de transmission de données](#).

Si aucune source réelle n'est disponible, utilisez le générateur de test — une entrée de type test-stream ([Flux de test](#)) ; le paquet du transcodeur logiciel doit être installé, [Transcodeurs](#)) : il produit une mire accompagnée d'un signal sonore, sans signal externe.

Un flux peut comporter plusieurs entrées — la première de la liste est l'entrée principale, les autres sont des entrées de secours ([Redondance des sources](#)).

1.5.3 Étape 3. Démarrer et vérifier

Les nouveaux objets sont créés en pause — reprenez-les : avec le bouton de pause dans la ligne de l'entrée sous l'onglet « Entrées » (« Reprendre l'entrée ») et avec le bouton de pause du flux dans sa ligne de la liste ou dans l'en-tête de l'éditeur (« Reprendre le flux »). Le flux passe alors à l'état « À l'antenne ».

Vérifiez la réception dans la fenêtre des statistiques du flux ([Statistiques du flux](#)) :

- l'état et l'entrée active — dans l'en-tête de la fenêtre ;
- la section « Vérificateur MPEG-TS » — tous les attributs doivent être cochés ([Vérification de la validité](#)) ;
- le débit d'entrée et les graphiques ;
- l'image du flux est visible dans la section « Instantané » de la fenêtre des statistiques ainsi que sur l'écran « Mosaïque » ([Mosaïque](#)).

1.5.4 Étape 4. Diffuser le flux

Variante A – OTT (HLS). Dans l'onglet « OTT » de l'éditeur de flux, réglez « Service HLS » sur la valeur OTT / HLS et enregistrez. Le modèle d'URL apparaît dans la fenêtre des statistiques (section « URL de diffusion ») — copiez-le et remplacez les parties login/password par les identifiants du login client créé sur l'écran « Utilisateurs / Identifiants » ([Utilisateurs / Identifiants](#)) ; l'URL s'ouvre ensuite dans un lecteur. Les modes de diffusion, DASH et Low-Latency HLS sont décrits dans [OTT et DVR](#).

Variante B – sortie de transport. Dans l'onglet « Sorties », ajoutez une sortie du protocole voulu (UDP, SRT, PS1, RIST et autres — [Planification et protocoles de transmission de données](#)), indiquez l'adresse du destinataire et reprenez la sortie. Un flux peut comporter plusieurs sorties — il est alors envoyé simultanément à tous les destinataires.

1.5.5 Pour aller plus loin

- Choix des protocoles de transmission et planification du schéma de diffusion — [Planification et protocoles de transmission de données](#).
- Traitement du flux sur le nœud : filtrage, débit, analyse, transcodage — [Streamer : détails d'implémentation](#).
- Enregistrement de l'archive et lecture (DVR) — [DVR : archive du flux](#).
- Fédération des nœuds en réseau et supervision du site — [Meshwork](#).
- Référence de tous les écrans de l'interface web — [Interface web](#).

1.6 Meshwork

Meshwork est un mécanisme permettant de réunir des serveurs Perfect Streamer en un réseau unique de nœuds. Les nœuds d'un même domaine se découvrent automatiquement et échangent des informations de service via le protocole gossip caractéristique des réseaux décentralisés. La réunion des nœuds offre trois possibilités :

- **Statut en direct des nœuds.** Depuis l'interface d'administration de n'importe quel nœud, on voit l'état de tous les autres nœuds du réseau : qui est en contact, qui reste silencieux, qui est derrière un NAT, et quand a eu lieu le dernier contact. Il n'est pas nécessaire d'ouvrir chaque serveur séparément. Un nœud qui cesse d'échanger des données passe à l'état offline — cela est immédiatement visible sur tous les nœuds.
- **Catalogue des ressources partagé (bibliothèque).** Les entrées et sorties UDP / RTP / Pro-MPEG / RIST / PS1 / SRT lancées sur les nœuds figurent dans un catalogue partagé, visible sur tous les nœuds du domaine : il est pratique de choisir une adresse et un port libres, d'éviter les collisions de multicast et de trouver où le stream voulu est déjà émis ou reçu. Au sein du domaine, le peer entre les nœuds est établi par autologin — sans saisie manuelle des identifiants et des mots de passe des deux côtés.
- **Réplication des alertes sur le domaine.** Les alertes d'un nœud sont visibles sur tous les nœuds du même domaine : une seule fenêtre suffit à l'opérateur de service pour surveiller l'ensemble du site. Il suffit de configurer les notifications externes sur un seul nœud du domaine — les notifications porteront alors sur tous les nœuds de ce domaine.

Meshwork est une couche de visibilité et de coordination : il ne transfère pas les streams entre serveurs et ne modifie pas la configuration de diffusion automatiquement. Vous construisez toujours vous-même le schéma de distribution, et Meshwork aide à le planifier et à l'observer.

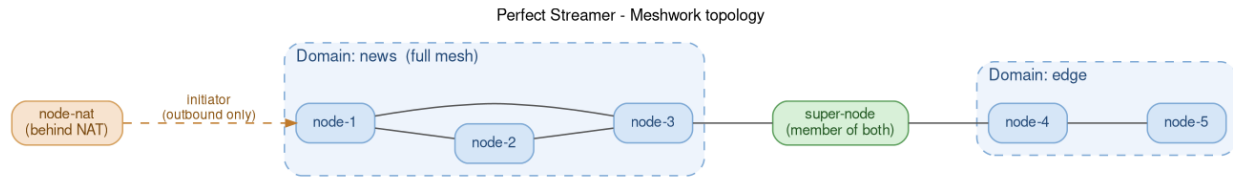


FIG.1: Topologie Meshwork : les nœuds d'un même domaine forment un maillage complet de liaisons directes ; un nœud derrière un NAT se connecte comme initiateur ; une super-node appartient à deux domaines mais ne les relie pas entre eux.

1.6.1 Notions clés

Nœud

Un seul serveur Perfect Streamer dans le réseau. Chaque nœud possède un nom court et unique par lequel les autres le reconnaissent. Sans nom ni secret de signature, un nœud ne participe pas au réseau.

Domaine

Un groupe logique de nœuds et, en même temps, une **frontière d'isolation**. Au sein d'un même domaine, les nœuds se découvrent automatiquement, partagent un catalogue des ressources commun et répliquent les alertes. Entre différents domaines, il n'y a aucun échange – les domaines sont indépendants.

Découverte automatique (mesh)

Il suffit d'attribuer aux nœuds le même domaine et au moins une liaison – ils se découvrent ensuite d'eux-mêmes, sans énumérer manuellement chaque peer. Au sein du domaine se construit un maillage complet de liaisons directes : tous les nœuds du domaine deviennent des peers directs, et aucune chaîne intermédiaire n'est constituée.

La liaison est déclarée en HTTP, mais les échanges ultérieurs s'effectuent en HTTPS. Pour un réseau public, un HTTPS configuré est obligatoire ; pour un réseau interne (intranet address), HTTPS n'est pas obligatoire.

Liaison explicite

Un peer peut être indiqué manuellement – par adresse, nom et secret partagé. Une telle liaison fonctionne toujours, y compris via un HTTP ordinaire, et n'exige pas de domaine commun. Elle convient pour connecter ponctuellement deux sites ou pour raccorder un nœud derrière un NAT.

Super-node

Un seul nœud peut appartenir simultanément à plusieurs domaines. Il voit les ressources et les nœuds de chacun de ses domaines, mais ne relie pas les domaines entre eux – l'isolation est préservée. Dans la carte du réseau, un tel nœud est marqué comme super.

Alertes

Le service d'alertes intégré surveille les streams, le matériel du nœud, la réception DVB et l'enregistrement DVR, et déclenche des alertes lorsque quelque chose dépasse les limites définies. Dans un réseau avec la réplification activée, chaque nœud affiche un ensemble consolidé des alertes de tout le domaine (voir [Alertes \(alerter\)](#)).

Construction d'un réseau Meshwork

La configuration de Meshwork se résume à faire en sorte que chaque nœud connaisse son propre nom et son domaine et dispose d'au moins un pair joignable. Ensuite, le domaine construit lui-même les liaisons restantes. Toutes les actions sont effectuées dans l'interface d'administration web ; la modification des paramètres Meshwork nécessite le rôle d'administrateur. Les champs exacts et leur emplacement sont décrits dans la section [Interface web](#).

Prérequis et joignabilité

- **Joignabilité réseau.** Un nœud doit pouvoir établir une connexion TCP vers le serveur web d'administration d'un pair. Le port est repris de l'adresse du pair (« hôte :port ») ou du port public que le pair annonce à son sujet (*Identité du nœud*) — c'est toujours le port sur lequel son serveur web est configuré et, lorsque HTTPS est activé chez le pair, son port TLS. Les valeurs pour une installation neuve sont indiquées dans [Réglages initiaux](#) ; le port requis d'un pair doit être ouvert du côté des autres nœuds.
- **HTTPS pour la découverte automatique via internet.** Si les nœuds du domaine découverts automatiquement communiquent via des adresses publiques (internet), ils doivent établir entre eux une connexion sécurisée (HTTPS) afin de confirmer en toute sécurité leur authenticité mutuelle sur le réseau ouvert. Activez donc HTTPS au moins sur les nœuds par lesquels s'effectue la découverte. L'activation de HTTPS prend effet après un **redémarrage** du serveur. Si les nœuds ne sont accessibles que par des adresses publiques et qu'aucun n'utilise HTTPS, les liaisons directes découvertes automatiquement ne sont pas authentifiées : le nœud reste visible (via un relais depuis un pair), mais sa liaison directe est signalée avec un motif (voir [Carte du réseau et catalogue des ressources](#)).
- **Réseau local — HTTPS non requis.** Si les nœuds du domaine communiquent via des adresses privées d'un même réseau de confiance (10 . x . x . x, 172 . 16–31 . x . x, 192 . 168 . x . x, ainsi que 127 . x . x . x et 169 . 254 . x . x), une connexion sécurisée pour la découverte automatique n'est pas nécessaire — les nœuds confirment l'authenticité également via un simple HTTP. Un nœud est reconnu comme local d'après son adresse IP, définissez donc les pairs sur un réseau local précisément par adresses IP et non par noms de domaine. HTTPS peut néanmoins être activé — il sera utilisé s'il est disponible.
- **Une liaison explicite fonctionne aussi via HTTP** — l'exigence HTTPS ne s'y applique en aucun cas.
- **Le nom et le secret sont obligatoires.** Un nœud ne participe au réseau que si un nom et un secret de signature lui sont définis. Sans nom ou sans secret, un nœud ne participe pas à Meshwork.
- **Restrictions sur les noms.** Un nom de nœud comporte de 2 à 16 caractères, un nom de domaine ne dépasse pas 16 caractères ; les lettres latines, les chiffres et les caractères `_`, `-`, `.` sont autorisés. Les espaces et autres caractères ne sont pas admis (par exemple, le domaine « Alex Home » ne peut pas être défini — utilisez `Alex_Home`).

Identité du nœud

Dans les paramètres du serveur, on définit comment le nœud se présente sur le réseau :

- **Nom du nœud** — un nom court et unique par lequel les autres reconnaissent le nœud. Un nom vide signifie que le nœud ne participe pas au réseau.
- **Note** — une étiquette libre du nœud (par exemple « Moscou, baie 3 »), affichée dans l'interface d'administration pour plus de commodité et sans effet sur le fonctionnement du réseau.

- **Domaine** — les nœuds ayant le même domaine se trouvent automatiquement, partagent un catalogue des ressources commun et répliquent les alertes. Une valeur vide désactive la découverte automatique (le nœud ne peut fonctionner que via la liste explicite de pairs).
- **Ports publics** (HTTP et HTTPS) — les ports que le nœud communique aux pairs pour la joignabilité en retour lors de la traduction d'adresses (NAT). S'ils ne sont pas définis, le nœud communique ses propres ports de serveur web.
- **Domaines supplémentaires** (mode super-node) — le nœud participe à la découverte automatique de chaque domaine listé au même titre que le domaine principal. Les ressources restent isolées par domaine — le nœud ne les mélange pas.

Pairs et secrets

On définit ici avec quels pairs le nœud maintient une liaison directe et comment les parties se vérifient mutuellement. Les requêtes entre nœuds sont signées avec un secret partagé, de sorte qu'aucune liaison ne s'établit sans secrets concordants. La longueur de chaque secret est de 16 à 128 caractères.

La liste des pairs est constituée d'entrées de la forme « adresse — nom — secret » :

- **Adresse** d'un pair — le « hôte :port » de son interface d'administration. Une entrée peut être sans adresse : un tel pair n'est jamais appelé par ce nœud (il ne fait que se connecter lui-même) et est identifié par son nom et son secret — cela s'utilise pour un nœud derrière un NAT qui ne peut qu'initier une connexion.
- **Nom** d'un pair doit correspondre exactement au nom défini sur le pair lui-même.
- **Secret partagé** de la liaison avec ce pair doit être identique aux deux extrémités.

Outre la liste des pairs, un nœud possède son **propre secret de signature** : c'est avec lui que le nœud signe ses requêtes sortantes. Un pair vérifie la signature avec le secret qu'il conserve pour ce nœud, de sorte que le propre secret du nœud doit correspondre au secret enregistré à son sujet chez chaque pair.

Note : Règle pratique : pour un site simple, définissez un unique secret partagé et utilisez-le à la fois comme propre secret de signature sur chaque nœud et comme secret dans chaque entrée de pair — alors toute paire de nœuds s'authentifie de la même manière. Pour une séparation plus stricte, vous pouvez conserver un secret distinct par liaison.

Démarrage rapide

Variante A. Deux nœuds directement (liaison explicite)

Le Meshwork le plus simple, ce sont deux serveurs connectés manuellement.

1. Sur chaque nœud, définissez un nom court unique (par exemple, node1 et node2).
2. Sur chaque nœud, ajoutez une entrée de pair : l'adresse de son interface d'administration, son nom et le secret partagé.
3. Sur chaque nœud, définissez le propre secret de signature. Le plus simple est de conserver un unique secret partagé pour les deux nœuds.
4. Ouvrez la carte du réseau dans l'interface d'administration. En quelques secondes, les deux nœuds se voient mutuellement à l'état « online ».

Un domaine n'a pas besoin d'être défini pour cela, mais sans domaine commun vous n'obtiendrez que la visibilité mutuelle des nœuds. Le catalogue des ressources commun et la réplication des alertes ne fonctionnent qu'entre nœuds du même domaine — si vous en avez besoin, définissez un domaine commun pour les nœuds (variante B).

Variante B. Un domaine avec découverte automatique

Lorsqu'il y a plus de deux nœuds, il est plus commode de leur attribuer un domaine commun que de lister chaque liaison manuellement.

1. Sur chaque nœud, définissez un nom unique et le domaine commun du site.
2. Si les nœuds du domaine communiquent via internet (par adresses publiques), activez HTTPS sur au moins un ou deux nœuds du domaine et redémarrez-les (voir [Prérequis et joignabilité](#)). Sur un réseau local, cette étape peut être ignorée.
3. Reliez les nœuds via un « point d'entrée » : sur chaque nœud, indiquez au moins un pair déjà opérationnel (adresse, nom, secret partagé), comme dans la variante A. Le nœud trouvera de lui-même les autres nœuds du domaine.
4. Ouvrez la carte du réseau. En quelques secondes, tous les nœuds du domaine y apparaissent : ceux indiqués explicitement comme permanents, ceux trouvés automatiquement comme découverts automatiquement.

Nœuds derrière un NAT

Un nœud sur un réseau privé, injoignable directement depuis l'extérieur, peut participer pleinement au réseau en tant qu'**initiateur**. Il établit lui-même une connexion vers un pair joignable, et via cette unique connexion les données circulent dans les deux sens — le nœud se signale et reçoit des informations sur les autres. Pour un tel nœud, il suffit d'indiquer au moins un pair joignable.

Les informations sur un nœud NAT se propagent automatiquement dans le domaine : un pair qui est online avec lui relaie son état aux autres. Chez les pairs distants, un tel nœud est affiché comme reçu via relais, mais à l'état « online ».

Pour qu'un nœud derrière un NAT soit joignable aussi pour les connexions entrantes (par exemple, pour servir de point d'entrée du domaine), configurez la publication du port public (voir [Identité du nœud](#)) et transférez ce port sur le routeur/pare-feu vers le serveur web d'administration du nœud. Du côté des pairs, un tel nœud est conservé sous une entrée « nom + secret sans adresse » : le pair n'essaiera pas en vain de joindre l'adresse privée, mais identifiera le nœud par son nom et son secret lorsqu'il se connectera de lui-même.

Problèmes courants

- **Les nœuds ne se voient pas.** Vérifiez : les deux ont un nom de nœud défini ; chacun a un secret de signature et il correspond à celui enregistré à son sujet chez le pair ; l'adresse du pair est correcte et son port d'administration est ouvert du côté de l'autre nœud.
- **Un pair est à l'état « offline ».** Le nœud a dépassé la fenêtre d'attente : vérifiez le réseau et le bon fonctionnement de son serveur web. Pour un nœud derrière un NAT, assurez-vous qu'il initie lui-même la connexion vers un pair joignable ou que la publication et le transfert de port sont configurés.
- **Un pair découvert automatiquement est signalé avec un motif, la liaison directe ne fonctionne pas.** Le domaine ne parvient pas à confirmer l'authenticité des nœuds. S'ils communiquent via internet,

activez HTTPS sur au moins un nœud du domaine et redémarrez-le ; sur un réseau local, vérifiez que les pairs sont indiqués par adresses IP et non par noms de domaine. Via une liaison explicite (nœuds permanents), la liaison fonctionne aussi sans HTTPS.

- **Indication NAT erronée.** Si les nœuds sont indiqués par noms de domaine et non par IP, l'indication NAT peut ne pas être déterminée d'après l'adresse — cela ne gêne pas le fonctionnement. Pour un diagnostic NAT fiable, utilisez des adresses IP.
- **Le changement de domaine a « réinitialisé » la carte.** La modification du domaine ou de l'ensemble des domaines supplémentaires reconstruit l'appartenance : les liaisons découvertes automatiquement et le catalogue commun sont temporairement réinitialisés et reconstruits. C'est normal.

Carte du réseau et catalogue des ressources

Meshwork fournit deux écrans de synthèse dans l'interface d'administration : une carte des nœuds du réseau et un catalogue commun des ressources réseau occupées. Les deux se mettent à jour automatiquement et regroupent à l'échelle du domaine des informations qu'il faudrait sinon collecter manuellement sur chaque serveur.

Carte du réseau

La carte présente la composition du réseau — une ligne par nœud connu, y compris celui depuis lequel vous la consultez. Les nœuds vérifient la connectivité entre eux environ toutes les 5 secondes, et l'affichage se met à jour de lui-même. Si Meshwork n'est pas configuré, la liste est vide.

Ce qu'affiche la ligne d'un nœud :

- **Nom du nœud** et l'adresse de son interface d'administration.
- **Nœud local** — la ligne du nœud sur lequel vous consultez la carte ; elle est marquée de façon particulière et toujours affichée comme « online ».
- **Type de liaison** — permanente (un nœud issu de la liste explicite de peers) ou auto-découverte (trouvé automatiquement via un domaine commun).
- **État** — « online » ou « offline ». S'il n'y a aucune confirmation d'un nœud pendant environ 15 secondes, il est marqué « offline ». Le redémarrage d'un peer est détecté automatiquement, aussi un bref clignotement de l'état juste après son redémarrage est normal.
- **Dernier contact** — quand a eu lieu la dernière liaison réussie.
- **Domaine** — le ou les domaines du nœud. Un super-node en possède plusieurs, et le nœud est en outre marqué super.
- **NAT** — l'indication qu'une traduction d'adresses a été détectée sur le chemin vers le nœud.
- **Relais / Via** — si les informations de disponibilité et de NAT d'un nœud sont obtenues non pas directement mais via un nœud voisin, la ligne est marquée « relais », et le champ « via » affiche le nom de ce nœud voisin. C'est ainsi que sont affichés, par exemple, les nœuds derrière un NAT que ce nœud ne peut pas joindre directement. Dès qu'une liaison directe est établie, elle a priorité sur les informations relayées.
- **Raison** — apparaît si un peer auto-découvert est joignable directement mais ne peut pas être authentifié. Cela signifie généralement que les nœuds communiquent via des adresses publiques alors qu'aucun nœud du domaine n'a HTTPS activé, par lequel les nœuds confirment mutuellement leur authenticité (voir [Prérequis et joignabilité](#)). Cette mention signifie que la liaison **directe** ne fonctionne pas ; le nœud lui-même peut cependant rester « online » via un relais. Sur un réseau local (nœuds sur des adresses IP privées), cette mention n'apparaît pas.

Catalogue commun des ressources

Un écran distinct de l'interface d'administration affiche un catalogue distribué des ressources réseau occupées — toutes les entrées et sorties UDP / RTP / Pro-MPEG / RIST exécutées sur les nœuds du domaine. Il s'agit d'une liste à l'échelle du domaine des adresses et ports occupés ; elle permet de choisir facilement une ressource libre et de voir où chaque stream est déjà utilisé.

Pour chaque entrée, le catalogue affiche le protocole et la direction (entrée/sortie), le nœud source, le domaine, l'adresse/groupe/port, le VLAN, si nécessaire la source pour le source-specific multicast et une note.

Le même catalogue répond aussi à la question inverse — qui d'autre travaille avec l'adresse d'une entrée ou d'une sortie donnée : à côté de l'adresse se trouve le bouton « Afficher dans la bibliothèque » ([Bibliothèque — ce flux](#)).

La publication est gérée par deux champs supplémentaires de l'entrée/sortie elle-même (ils ne sont affichés que pour les transports qui figurent dans le catalogue — UDP / RTP / Pro-MPEG / RIST / PS1 / SRT ; les noms sont ceux de l'interface) : Peer note (meshwork library) — une note publique destinée au catalogue (si elle est vide, la note ordinaire de l'enregistrement est utilisée) et Peer private — l'exclusion de l'enregistrement de la publication.

Type de liaison PS1 / SRT

Outre UDP / RTP / Pro-MPEG / RIST, le catalogue inclut aussi les connexions [PS1](#) et [SRT](#). Une telle connexion a deux côtés : l'appelant (compose une adresse distante) et l'écouter (accepte la connexion). Pour le côté appelant, le catalogue affiche le type de liaison :

- **interne** — l'entrée/sortie est configurée pour se connecter en tant que membre du domaine (auto-login de domaine activé) : elle se connecte à un autre nœud du réseau et confirme son appartenance au domaine ;
- **externe** — il n'y a aucune confirmation de membre du domaine : il s'agit d'une connexion ordinaire vers un point quelconque. Même si un nœud du réseau se trouve à l'adresse indiquée, sans auto-login de domaine la liaison est considérée comme externe — le type reflète la façon dont la connexion est configurée, et non le fait que le destinataire appartienne ou non au réseau.

Il s'agit d'une mention indicative : elle n'affecte pas la transmission elle-même mais aide à distinguer les liaisons intra-domaine confirmées des liaisons externes. Pour les côtés en écoute et pour la famille UDP / RTP, le type n'est pas affiché.

Alertes (alerter)

L'alerter est un service de notification intégré. Il surveille l'état des flux, du matériel du nœud, de la réception DVB et de l'enregistrement DVR, et déclenche des **alertes** (incidents) lorsqu'un élément dépasse les limites définies. La liste des alertes actives est visible dans l'interface d'administration ; dans un réseau où la réplication à l'échelle du domaine est activée, chaque nœud affiche un ensemble consolidé d'alertes pour l'ensemble du domaine.

L'alerter fonctionne aussi sur un nœud isolé — Meshwork n'est nécessaire que pour la réplication des alertes à l'échelle du domaine.

Fonctionnement d'une alerte

- Chaque incident possède un **identifiant stable** : la réapparition du même problème constitue le même incident, et non un nouveau.
- Un incident passe par des états : **déclenché** (observé pour la première fois), **mis à jour** (observé à nouveau avec un changement significatif), **résolu** (le problème a disparu). L'ensemble actif regroupe les incidents qui n'ont pas encore été résolus.
- Chaque alerte possède un **niveau de gravité** (par ordre croissant : information, avertissement, erreur, critique, nécessite une action de l'administrateur), un **code** (le type numérique d'incident — voir le catalogue ci-dessous), une **source** (flux, nœud, stockage), un **nœud source** (qui a déclenché l'alerte) et un nom d'objet lisible.
- La plupart des alertes sont **à seuil** : le service réévalue périodiquement la condition et déclenche ou résout l'alerte de lui-même. Une partie des alertes nécessitant une action de l'administrateur sont **persistantes** — elles ne se résolvent pas d'elles-mêmes tant que la cause n'est pas éliminée (elles se résolvent manuellement, voir [Consultation et résolution des alertes](#)).

La liste des alertes actives est conservée en mémoire et est effacée au redémarrage du service.

Contrôle au niveau du flux. Chaque flux dispose d'un interrupteur qui coupe entièrement ses alertes (ainsi que les alertes de ses entrées et sorties) et d'un délai d'alerte : une source qui se rétablit dans le temps imparti ne déclenche pas d'alerte — cela lisse les fluctuations de courte durée.

Paramètres de l'alerter

Les paramètres se trouvent dans la section des alertes et nécessitent le rôle d'administrateur. Les champs exacts sont décrits dans la section [Interface web](#) ; ci-dessous, ce qui peut être configuré.

- **Interrupteur principal** du service de notification (activé par défaut).
- **Réplication à l'échelle du domaine** (activée par défaut) : un nœud partage ses alertes avec les nœuds du même domaine et reçoit les leurs — chaque nœud affiche un ensemble consolidé. Effective uniquement lorsqu'un domaine est défini.
- **Réplication des alertes système** (désactivée par défaut) : les alertes concernant le matériel du nœud (CPU et mémoire de l'hôte, processus du streamer et transcodeurs, charge réseau et GPU, threads de travail et frontend DVB — codes 16–23 et 40–45) sont locales par défaut ; activez cette option pour qu'elles soient également répliquées à l'échelle du domaine. Les alertes de stockage (codes 24–25) restent toujours locales.
- **Seuils de flux** : délai d'absence de données (par défaut 15 s), débit minimal admissible (contrôle désactivé par défaut), seuil d'erreurs du compteur de continuité sur une fenêtre de 10 s (niveaux avertissement et erreur).
- **Seuils des ressources du nœud** — paires « avertissement / erreur » en pourcentage pour le CPU et la mémoire de l'hôte, le processus du streamer et les transcodeurs, la charge de l'interface réseau et du GPU, ainsi que le remplissage du stockage DVR. Les seuils de l'hôte sont fixés plus haut que ceux du processus du streamer et des transcodeurs, afin qu'un composant individuel avertisse plus tôt que la saturation de toute la machine. La valeur 0 désactive le niveau correspondant.
- **Seuils du frontend DVB** — niveau du signal, SNR/qualité, taux d'erreur binaire et blocs non corrigés ; appliqués à un adaptateur ayant acquis le verrouillage du signal.
- **Seuils d'enregistrement DVR** — le nombre d'écritures échouées consécutives, le multiplicateur de blocage de l'enregistrement, le taux de non-couverture de l'archive et le temps de lecture/écriture des chunks sur le disque.

Catalogue des codes d'alerte

Le code est le type numérique d'incident, pratique pour le regroupement et la localisation. La colonne « Réplication » indique si l'alerte est répliquée à l'échelle du domaine (lorsque la réplication est activée) ou reste locale au nœud.

Flux : état et cycle de travail (source – flux)

Code	Événement	Réplication
1	une entrée ou une sortie est passée à l'état d'erreur	à l'échelle du domaine
2	erreur irrécupérable du cycle de travail, réinitialisation manuelle requise (nécessite une action de l'administrateur)	à l'échelle du domaine
3	un flux en cours ne fournit aucune donnée au-delà du délai	à l'échelle du domaine
4	le débit du flux reste inférieur au minimum	à l'échelle du domaine
13	le flux est en pause : plus aucune entrée utilisable (nécessite une action de l'administrateur)	à l'échelle du domaine
14	une entrée ou une sortie s'est auto-mise en pause et ne se rétablit pas après une nouvelle tentative (nécessite une action de l'administrateur)	à l'échelle du domaine
27	le flux fonctionne sur l'entrée de secours – un basculement a eu lieu	à l'échelle du domaine
39	charge CPU élevée par le thread de travail du flux	à l'échelle du domaine

Conformité du flux de transport (analyseur TR 101 290) (source – flux ; toutes répliquées à l'échelle du domaine)

Code	Événement
5	discontinuités PCR répétées (TR 101 290, 2.3)
6	intervalle de répétition PCR supérieur à 40 ms (2.3a)
7	intervalle de répétition PAT supérieur à 500 ms (1.3)
8	intervalle de répétition PMT supérieur à 500 ms (1.5)
9	intervalle de répétition PTS supérieur à 700 ms (2.5)
10	précision PCR inférieure à 500 ns (2.4)
11	débordement ou sous-alimentation du buffer T-STD pour la vidéo (3.3)
12	dérive PCR supérieure à 30 ppm (historique : l'alerte n'est plus déclenchée, la dérive est présentée comme une métrique – Mesures permanentes)
15	erreurs du compteur de continuité au-dessus du seuil sur une courte fenêtre (1.4)
46	erreur CRC des tables PSI (2.2)
47	l'indicateur transport_error_indicator est activé (2.1)
48	intervalle de répétition de la table SI dépassé (SDT / EIT / TDT / NIT)
49	verdict global : le flux n'est pas conforme à TR 101 290

Une partie des codes de l'analyseur n'apparaît que lorsque les options d'analyse sont activées (analyse approfondie, analyse des discontinuités PTS, analyse du buffer T-STD) et ne s'applique qu'aux flux à débit constant ; le verdict global (49) n'est rendu que pour un débit constant fiable. Pour en savoir plus, voir la section [Analyseur](#).

Ressources et matériel du nœud (source – système)

Code	Événement
16	charge CPU de l'hôte au-dessus du seuil
17	utilisation de la mémoire de l'hôte au-dessus du seuil
18	CPU du processus du streamer au-dessus du seuil
19	mémoire du processus du streamer au-dessus du seuil
20	CPU total des transcodeurs au-dessus du seuil
21	mémoire totale des transcodeurs au-dessus du seuil
22	charge de l'interface réseau au-dessus du seuil (par interface)
23	charge GPU au-dessus du seuil (par périphérique)
24	remplissage du stockage DVR au-dessus du seuil (par stockage)
25	le système de fichiers du stockage DVR est indisponible (nécessite une action de l'administrateur)
40	charge CPU élevée par le thread de travail de l'adaptateur DVB
41	le frontend DVB a perdu le signal (lock)
42	niveau du signal DVB en dessous du seuil
43	SNR/qualité du signal DVB en dessous du seuil
44	taux d'erreur binaire (BER) DVB au-dessus du seuil
45	blocs non corrigés DVB au-dessus du seuil

Toutes les alertes de ce groupe sont locales par défaut. Les codes 16–23 et 40–45 peuvent être répliqués à l'échelle du domaine à l'aide de l'interrupteur de réplication des alertes système ; les codes 24–25 restent toujours locaux. Les alertes de seuil du frontend DVB (42–45) ne sont évaluées que sur un adaptateur ayant acquis le verrouillage du signal ; le code 41 est déclenché en cas de perte du verrouillage (lock). Le BER (44) est désactivé par défaut, car l'échelle brute dépend du récepteur (voir [Récepteur DVB](#)).

Meshwork et cycle de vie (source – réseau/système ; local)

Code	Événement
26	un nœud du réseau s'est tu – a cessé de confirmer la connexion
28	le processus du streamer a terminé son démarrage (notification de courte durée)
37	deux nœuds portant le même nom dans un même domaine (nécessite une action de l'administrateur)

Santé de l'enregistrement DVR (source – flux ; local)

Code	Événement
29	les écritures des segments ou de l'index DVR échouent – l'archive n'est pas enregistrée
30	l'enregistrement DVR est bloqué : l'entrée est présente, mais aucun nouveau segment n'est enregistré depuis longtemps
31	l'archive DVR s'est dégradée – lacunes dans la couverture récente
32	l'index de l'archive DVR est corrompu (nécessite une action de l'administrateur)
50	temps de lecture/écriture élevé des chunks DVR sur le disque

Configuration, transcodeurs, OTT et certificats (source – système/flux)

Code	Événement	Réplication
33	la configuration principale n'a pas pu être chargée au démarrage, le service a démarré sur celle de secours (nécessite une action de l'administrateur)	à l'échelle du domaine
34	en mode low-latency HLS/DASH, les pistes audio dans un codec non pris en charge ont été supprimées (AAC et AC-3 sont pris en charge)	à l'échelle du domaine
35	impossible d'émettre ou de renouveler le certificat HTTPS via le client ACME intégré	à l'échelle du domaine
36	un transcodeur configuré n'a pas pu être chargé au démarrage – pas de fichier exécutable ou de périphérique (nécessite une action de l'administrateur)	à l'échelle du domaine
38	le flux nécessite un transcodeur (logiciel, NVIDIA ou Intel VPL) indisponible sur ce nœud (nécessite une action de l'administrateur)	local

Module d'accès conditionnel (CI/CAM, EN 50221) (source – système ; local)

Code	Événement
51	le module CAM a été retiré (nécessite une action de l'administrateur)
52	pas d'abonnement : le module signale que le programme n'est pas payé
53	erreur CI/CA – une erreur irrécupérable de canal ou d'accès conditionnel

Consultation et résolution des alertes

L'interface d'administration comporte une section des alertes avec une liste d'alertes. Elle peut être filtrée par ensemble (actives uniquement / résolues uniquement / toutes), par niveau de gravité, par type et identifiant de source, par code, par domaine et par heure, et vous pouvez également effectuer une recherche par texte du message. Par défaut, les enregistrements actifs et récemment résolus sont affichés (le journal des transitions), de sorte que le nombre total de lignes peut dépasser le nombre d'incidents actifs – pour l'ensemble actif actuel, choisissez le mode « actives uniquement ».

Il n'est pas nécessaire d'interroger l'état manuellement : l'interface d'administration reçoit les modifications de l'ensemble actif en temps réel et met à jour la liste d'elle-même, dès qu'une alerte est déclenchée, mise à jour ou résolue.

Les alertes à seuil se résolvent automatiquement lorsque la condition disparaît. Les alertes persistantes nécessitant une action de l'administrateur (par exemple, une erreur de chargement de la configuration, l'indisponibilité du stockage, une erreur grave du cycle de travail) ne se résolvent pas d'elles-mêmes : une fois la cause éliminée, un tel incident est résolu (acquitté) manuellement. La résolution prend effet sur le nœud qui a déclenché l'alerte : si vous voyez dans le réseau un incident d'un autre nœud (répliqué à l'échelle du domaine), vous devez le résoudre sur le nœud source (il est indiqué dans la ligne).

Réplication des alertes à l'échelle du domaine

Lorsque la réplication est activée et qu'un domaine est défini, chaque nœud affiche un ensemble actif consolidé pour l'ensemble du domaine : les alertes propres au nœud plus les alertes des peers du même domaine. Chaque ligne indique le nœud source, de sorte que l'on voit sur quel nœud précis le problème s'est produit.

- **Répliquées à l'échelle du domaine** : les alertes de flux et les alertes de conformité du flux de transport, le basculement vers l'entrée de secours, les erreurs de chargement de la configuration et du transcodeur, le rejet de l'audio OTT, l'erreur de certificat ACME.

- **Restent locales** : les alertes de ressources concernant le matériel et le stockage, « nœud silencieux », la collision de noms de nœuds, la notification de démarrage du service, les alertes de santé de l'enregistrement DVR et les alertes du module d'accès conditionnel. Les alertes système matérielles (codes 16–23 et 40–45) peuvent être basculées en réplcation à l'aide de l'interrupteur de réplcation des alertes système.

Chaque nœud déclenche lui-même l'alerte « nœud du réseau silencieux » à propos du peer qui a cessé de répondre — c'est pourquoi, pour un même nœud tombé en panne, ses peers déclencheront une telle alerte indépendamment les uns des autres.

Livraison externe des alertes

Outre la liste dans le navigateur, les alertes peuvent être livrées à une commande externe, dans un chat Telegram et par e-mail (SMTP). Chaque canal est indépendant et désactivé par défaut, et effectue la livraison sur son propre thread d'arrière-plan, de sorte qu'un destinataire lent ou inaccessible ne retarde pas les autres canaux ni le service lui-même.

Chaque canal possède un niveau de gravité minimal pour la livraison (avertissement par défaut) : chaque alerte visible sur le nœud (la sienne ou celle réplquée à l'échelle du domaine) au moins égale à ce niveau est livrée, tant au déclenchement qu'à la résolution. Les paramètres de connexion de chaque canal sont décrits dans la section [Interface web](#).

Problèmes courants

- **Les alertes des peers ne sont pas visibles.** Vérifiez que la réplcation à l'échelle du domaine est activée sur les nœuds et qu'un domaine commun est défini. Les alertes système matérielles sont locales par défaut — activez la réplcation des alertes système si vous devez également les voir à l'échelle du domaine.
- **Une alerte persistante ne disparaît pas après l'élimination de la cause.** Résolvez-la manuellement sur le nœud source.

1.7 Streamer : détails d'implémentation

Cette section décrit comment un nœud traite les flux : les chaînes de traitement SPTS et MPTS, l'analyseur, le démultiplexeur et le multiplexeur, les flux de test, la diffusion OTT et le DVR, les transcodeurs, la réception DVB, la publication et la réception RTMP, le travail avec les fichiers et les applications externes, l'EPG. Le modèle général de transmission et les protocoles sont décrits dans la section [Planification et protocoles de transmission de données](#), la commande via l'interface web dans la section [Interface web](#).

1.7.1 Flux SPTS

SPTS (Single Program Transport Stream) — flux MPEG-TS comportant un seul programme ; c'est l'unité de traitement de base de Perfect Streamer. Le type de flux — SPTS ou MPTS — est choisi à la création et ne peut pas être modifié par la suite. Pour un flux SPTS, on choisit en outre le type de contenu (valeurs telles qu'affichées dans l'interface) : Default (audio + vidéo), Audio only (son sans vidéo, chaînes radio) ou Video only.

Les flux embrouillés (chiffrés) sont pris en charge : l'embrouillage est détecté automatiquement et les contrôles des flux élémentaires sont suspendus pendant ce temps. Le paramètre « Canal embrouillé » déclare le flux embrouillé en permanence et désactive la détection automatique.

Les exigences générales relatives au flux d'entrée sont énumérées dans [Exigences relatives au flux d'entrée](#), les protocoles de réception et de transmission — dans la section [Planification et protocoles de transmission de données](#). Le traitement des multiplex est décrit dans [Flux MPTS](#). La création et la configuration des flux s'effectuent dans l'interface web ([Flux](#)).

Chaîne de traitement

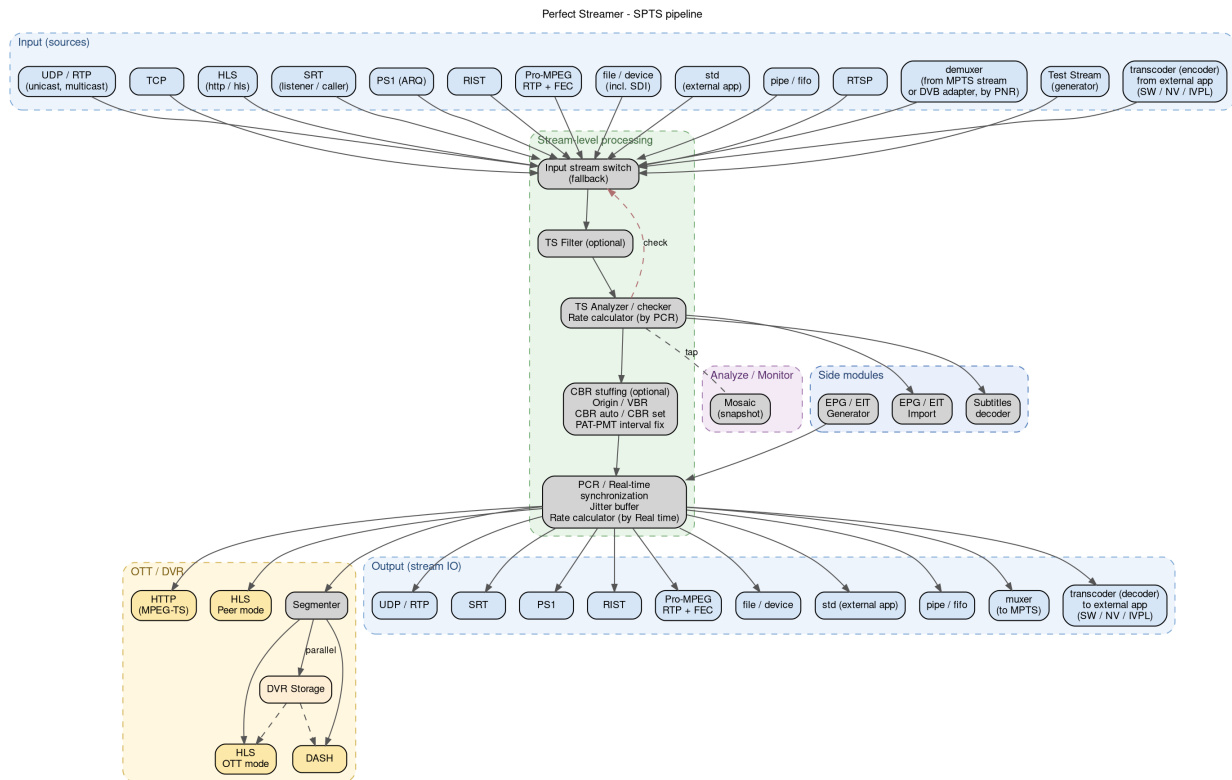


FIG.2: Chaîne de traitement d'un flux SPTS : entrées, traitement au niveau du flux (commutateur d'entrées, filtre TS, analyseur, lissage du débit, synchroniseur), sous-système OTT / DVR et sorties.

Toutes les entrées du flux convergent vers le commutateur d'entrées, après quoi le flux traverse les étapes de traitement successives :

1. **Commutateur d'entrées** — sélectionne la source active et bascule le flux vers une entrée de secours en cas de défaillance ([Redondance des sources](#)).
2. **Filtre TS** — filtrage et modification MPEG-TS optionnels ([Filtrage MPEG-TS](#), [Modification du flux](#)).
3. **Analyseur** — contrôle continu de la validité et mesure du flux ([Analyseur](#)) ; c'est sur son verdict que le commutateur d'entrées déclare une source défaillante. Les données de l'analyseur sont également utilisées par la mosaïque ([Mosaïque](#), désactivée par le paramètre « Générer la mosaïque »), par l'import EPG et par le décodeur de sous-titres.
4. **Lissage du débit** — bourrage optionnel jusqu'à un débit constant et correction de l'intervalle PAT/PMT ([Gestion du débit](#)).

5. **Synchroniseur** — émission des paquets au rythme des PCR avec compensation de la gigue réseau (*Synchronisation*). C'est également ici que le générateur EIT insère les tables du guide des programmes (*Générateur EIT*).

Depuis la sortie du synchroniseur, le flux est distribué vers toutes les sorties : protocoles de transport (*Protocoles Peer de transmission fiable*), enregistrement dans un fichier, multiplexeur MPTS (*Multiplexeur*), transcodeur (*Transcodeurs*), ainsi que vers le sous-système OTT / DVR (*OTT et DVR*). Un flux SPTS peut également avoir pour source un programme individuel d'un multiplex — une entrée démultiplexeur (type demuxer) l'extrait d'un flux MPTS ou d'un récepteur DVB d'après le numéro de programme (*Démultiplexeur*).

Redondance des sources

Un flux peut comporter plusieurs entrées, mais une seule est active à tout instant. L'ordre des entrées dans la liste définit leur priorité : la première est l'entrée principale, les autres sont des entrées de secours. Si l'entrée active est déclarée défaillante, le flux bascule vers l'entrée suivante de la liste ; après la dernière entrée, le parcours reprend à la première. Une entrée mise en pause n'est pas prise en compte lors du basculement.

La défaillance est déterminée par l'analyseur : une entrée est considérée comme défaillante si le flux ne passe pas le contrôle de validité ou si aucune donnée n'arrive pendant une durée supérieure au délai configuré. Le fonctionnement du flux sur une entrée de secours est consigné par une alerte (*Alertes (alerter)*).

Les paramètres de basculement se trouvent sur l'onglet « Flux » de l'éditeur de flux (*Configurer le flux*) :

« **Délai d'attente du flux (s)** »

Durée sans flux d'entrée valide au terme de laquelle le basculement vers l'entrée suivante est effectué.
30 secondes par défaut.

« **Intervalle de vérification (s)** »

Période de revérification des sources. 60 secondes par défaut.

« **Revérifier l'entrée principale** »

Tant que le flux fonctionne sur une entrée de secours, les entrées situées plus haut dans la liste sont revérifiées à l'intervalle de vérification. Dès qu'une source de priorité supérieure redevient valide, le flux y revient. Activé par défaut.

Filtrage MPEG-TS

Par défaut, le flux est transmis tel quel. Le filtrage s'applique à deux niveaux : les règles PID — séparément sur chaque entrée, les filtres de tables — au niveau du flux.

Les règles PID se configurent sur l'onglet « MPEG-TS PID » de la fenêtre de l'entrée (*Éditeur d'entrée et de sortie*) :

« **Accepter les PID (liste blanche)** »

Liste des PID autorisés. Si la liste est vide, tout est autorisé, hormis ce qu'interdit la liste noire.

« **Rejeter les PID (liste noire)** »

Liste des PID interdits. Un PID figurant simultanément dans les deux listes est rejeté.

Après le filtrage, la PMT est régénérée à partir de la composition réelle des flux élémentaires. Les règles de PID sont appliquées avant l'agencement automatique des PID (*Agencement automatique des PID*), s'il est activé.

Les filtres de niveau flux se trouvent sur l'onglet « MPEG-TS » de l'éditeur de flux, section « Filtres » (tous désactivés par défaut) :

« Nettoyer les tables inutiles »

Supprime les données de service n'appartenant pas au programme ainsi que les flux élémentaires de types inconnus ; les flux de types connus (vidéo, audio, télétexte, sous-titres) et les tables PAT/PMT sont conservés. Les tables individuelles (SDT, EIT, NIT, TDT, CAT) sont commandées par leurs propres filtres.

« Supprimer CAT / ECM / EMM »

Supprime les tables et les messages des systèmes d'accès conditionnel (CAS), y compris les descripteurs CA de la PMT — par exemple pour éliminer les résidus de CAS après désembrouillage.

« Supprimer EIT »

Supprime les tables du guide des programmes de la source. Par défaut, l'EIT est transmise telle quelle.

« Supprimer NIT », « Supprimer TDT »

Suppriment les tables de réseau et d'horodatage de la source.

« Supprimer le télétexte », « Supprimer les sous-titres »

Suppriment les flux de télétexte et de sous-titres DVB ainsi que leurs entrées dans la PMT.

« Supprimer la SDT d'origine » (section « SDT »)

Supprime la table de description de service de la source — par exemple lorsque le flux est transmis à un multiplexage ultérieur. Lorsqu'un nom de service propre est attribué (*Modification du flux*), la SDT d'origine est remplacée automatiquement et il n'est pas nécessaire d'activer ce filtre séparément.

Note : La suppression des tables obligatoires (SDT, NIT, TDT, EIT, CAT) enfreint les exigences de TR 101 290 quant à leur présence dans le flux — il s'agit d'un choix délibéré de l'opérateur, justifié par exemple lorsque le flux est transmis à un multiplexage ultérieur. En outre, tout filtrage modifie la composition des paquets du flux ; pour l'incidence sur la précision des PCR, voir *Gestion du débit*.

Modification du flux

Les données de service propres sont définies dans la section « SDT » de l'onglet « MPEG-TS ». La génération de la table est activée par le champ « Nom du service » (ainsi que par une génération EIT à partir de l'EPG active) : si la source ne comporte pas de SDT, la table est générée ; si elle en comporte une, celle-ci est remplacée par la table générée. Les champs « Nom du fournisseur » et « Langue » renseignent les champs correspondants de la table générée. Le paramètre « ID de réseau » définit l'identifiant de réseau des tables EIT générées lorsque la source ne signale pas d'identifiant de réseau propre ; si la source en comporte un, c'est celui-ci qui est utilisé.

Le numéro de programme est réattribué dans la section « Numéro de programme » : activez « Modifier le numéro de programme » et indiquez « Nouveau numéro de programme ». Les tables PAT et PMT sont régénérées avec le nouveau numéro ; la SDT et l'EIT sont également régénérées.

« Fixer l'intervalle PAT/PMT » — régénère les PAT/PMT et les insère à un intervalle conforme à TR 101 290. S'applique aux sources dont les tables sont rares ou irrégulières.

La réattribution des PID et des langues s'effectue sur l'entrée, onglet « MPEG-TS PID » de la fenêtre de l'entrée :

« Réattribuer les PID »

Paires « De PID » / « Vers PID » — remplacement des identifiants des flux élémentaires, par exemple pour aligner le flux sur le plan de PID du réseau. Lorsque l'agencement automatique des PID (*Agencement automatique des PID*) est activé, ces paires sont sans effet.

« Réattribuer la langue audio »

Paires « PID audio » / « Nouvelle langue » — remplacement de la langue de la piste audio dans la PMT.

La génération de l'EIT à partir d'une source EPG externe s'active dans la section « Générer l'EIT à partir de l'EPG » de l'onglet « Flux » : on y sélectionne la « Source EPG » et le « Canal EPG », et des tables EIT contenant le guide des programmes sont insérées dans le flux ([Générateur EIT](#)). L'opération inverse est le paramètre « Extraire l'EIT vers la base de données EPG », qui exporte le guide des programmes du flux vers la base EPG du nœud ([Import EPG/XMLTV](#)).

Pour les entrées qui reçoivent le flux de transport d'origine, un désembrouillage logiciel BISS est disponible : une clé BISS-1 ou BISS-E est définie sur l'entrée, et le flux est déchiffré avant l'analyse et les traitements ultérieurs. La réception de services embrouillés depuis un récepteur DVB (CAM, BISS au niveau de l'adaptateur) est décrite dans [Récepteur DVB](#).

Agencement automatique des PID

Par défaut, les identifiants des flux élémentaires passent de la source au flux de sortie sans modification ; lors du basculement sur une entrée de secours, l'agencement des PID en sortie suit donc celui de la source. L'agencement automatique attribue les PID lui-même, selon la même règle pour toutes les entrées : le plan de PID du flux de sortie reste inchangé quelle que soit la source active.

Le mode n'est disponible que pour le SPTS et s'active dans la section « MPEG-TS » de l'onglet « MPEG-TS » de l'éditeur de flux :

« Agencement automatique des PID »

Active le mode.

« PID de base »

Le premier PID de la fenêtre : de 32 à 8127, 32 par défaut. La borne inférieure place la fenêtre hors de la plage réservée aux tables PSI/SI, la borne supérieure maintient toute la fenêtre en dessous du PID des paquets nuls.

Le programme est renuméroté dans une fenêtre de 64 PID commençant au PID de base :

PID	Rôle
base	PMT
base + 1	vidéo
ensuite	pistes audio
ensuite	les autres flux élémentaires : télétexte, sous-titres DVB, données, SCTE-35
ensuite	PCR, s'il n'est pas transporté dans l'un des flux ci-dessus
ensuite	ECM : d'abord d'après les descripteurs de niveau programme, puis d'après ceux des flux individuels
depuis la fin de la fenêtre vers le bas	EMM

Au sein de chaque groupe, l'ordre de la PMT d'origine est conservé. Si le programme ne comporte pas de vidéo, l'agencement se resserre : la première piste audio suit immédiatement la PMT. Les EMM sont attribués depuis la fin de la fenêtre, car la CAT est analysée indépendamment de la PMT et peut arriver avant — leurs adresses ne doivent pas dépendre du nombre de flux élémentaires.

Les tables PAT, PMT et CAT sont reconstruites pour le nouvel agencement. Les SDT, NIT, EIT et TDT restent inchangées : elles ne contiennent aucune référence de PID.

À prendre en compte lors de l'activation du mode :

- Le mode force le filtrage MPEG-TS : les PID non déclarés dans la PMT et la CAT ne sortent plus. Un flux qui comptait sur le transit des PID non déclarés les perdra.

- La réaffectation manuelle des PID sur les entrées est sans effet et ignorée, avec un avertissement inscrit au journal. L'interface web masque ces champs tant que le mode est actif ; les paires enregistrées ne sont pas perdues et réapparaissent à sa désactivation.
- Les listes d'acceptation et de rejet de PID continuent de fonctionner et s'appliquent avant la renumérotation : seuls les flux élémentaires conservés reçoivent un emplacement, et aucun trou ne subsiste dans la fenêtre (*Filtrage MPEG-TS*).
- Le mode ne s'applique pas à l'entrée transcodeur (*Transcodeurs*) ni à l'entrée du générateur de test (*Flux de test*) : le plan de PID y est construit par l'encodeur ou le générateur, leurs propres champs PMT PID restent donc accessibles.
- Si le programme ne tient pas dans la fenêtre, aucune renumérotation n'est effectuée — l'agencement reste celui d'origine et un avertissement est consigné au journal ; un flux à moitié renuméroté n'est jamais émis.
- La modification de l'un ou l'autre des deux paramètres est appliquée à la volée : le flux lui-même n'est pas redémarré, mais ses entrées et sorties sont relancées — quelques secondes de resynchronisation.

Dans les statistiques du flux, le bloc « Informations média — source » affiche les PID arrivés en entrée, tandis que « Informations média — résultat » et le tableau des débits par PID affichent les PID attribués ; lorsque le mode est activé, un écart entre les deux est normal.

L'agencement automatique des PID n'a aucun rapport avec l'attribution des PID dans le multiplexeur MPTS (*Affectation des PID*) — il s'agit d'un paramètre distinct de l'entrée muxer.

Gestion du débit

Le mode de gestion du débit est défini par le champ « Mode de débit » de l'onglet « MPEG-TS » (valeurs telles qu'affichées dans l'interface) :

Original (par défaut)

Le flux est transmis sans modification ; les marques PCR de la source ne sont pas recalculées.

VBR

Supprime les paquets NULL de la source, ce qui réduit le débit au minimum. Convient lorsque le flux n'est utilisé que pour la diffusion OTT ou le transit. Les marques PCR ne sont pas recalculées dans ce mode, la précision des PCR selon TR 101 290 n'est donc pas garantie en sortie.

CBR (auto stuffing)

Lisse le débit jusqu'à une valeur constante par insertion de paquets NULL (bourrage). Le débit cible est déterminé automatiquement : il est figé quelques secondes après l'activation, relevé en cas de dépassement durable et abaissé progressivement si le pic de contenu reste longtemps inférieur à la cible. Un changement de cible n'interrompt pas l'émission du flux.

CBR (explicit stuffing)

Identique, mais le débit cible est défini explicitement par le champ « Débit de bourrage (kbps) ». Indiquez une valeur supérieure au débit réel du contenu, avec une marge.

Dans les modes CBR, les marques PCR sont recalculées d'après les octets effectivement transmis ; la sortie est donc conforme aux exigences de TR 101 290 en matière de précision des PCR. De plus, lorsque le bourrage est actif, la fréquence de répétition des PCR en sortie est maintenue dans les limites de la norme, y compris sur les images vidéo longues. L'analyseur mesure alors précisément le flux émis, lissé (*Analyseur*).

Quand le CBR est nécessaire. Toute opération qui insère ou supprime des paquets — filtres de tables et de PID, génération de la SDT et de l'EIT, correction de l'intervalle PAT/PMT, changement du numéro de programme, ainsi que le mode VBR lui-même — déplace le contenu par rapport à ses marques PCR. Si le destinataire du flux exige la conformité à TR 101 290, par exemple pour une diffusion DVB, activez un mode

CBR : le bourrage masque ces modifications par le recalcul des PCR. Pour un flux situé après le transcodeur, activez un mode CBR sur le flux récepteur ([PCR et débit du flux de sortie](#)).

L'état courant du bourrage — débit cible et débit d'insertion des paquets NULL — est affiché dans les données de l'entrée active sur la page du flux ([Flux](#), section « Bourrage » ; la section n'est visible que tant que le bourrage est actif).

Synchronisation

Le synchroniseur émet les paquets vers les sorties au rythme des marques PCR de la source — des PCR valides sont donc obligatoires pour le flux d'entrée. Entre la réception et l'émission, le flux est retardé dans un tampon de gigue, qui lisse l'irrégularité d'arrivée des paquets en provenance du réseau.

Le tampon se configure séparément sur chaque entrée (fenêtre de l'entrée, [Éditeur d'entrée et de sortie](#) ; paramètres avancés, noms tels qu'affichés dans l'interface) :

Auto jitter buffer

Sélection automatique du retard selon le type d'entrée : les entrées TCP et HLS utilisent un tampon agrandi, les autres un tampon standard. Activé par défaut.

Jitter buffer (ms)

Taille du tampon définie manuellement, lorsque le mode automatique est désactivé (500 ms par défaut). Augmentez la valeur si, sur un réseau instable, le tampon se vide régulièrement.

PCR discontinuity window (ms)

Fenêtre de saut de PCR admissible (1000 ms par défaut). Un saut au-delà de la fenêtre est considéré comme une discontinuité du flux et provoque une resynchronisation forcée.

Un écart lent entre le rythme des PCR de la source et l'horloge du nœud est corrigé par le compensateur de dérive : la correction est appliquée en douceur, par micro-décalages, sans resynchronisation forcée ni interruption de l'émission. La commande se trouve sur l'onglet « Analyse » de l'éditeur de flux : « Compensation de la dérive de synchronisation » (activée par défaut) et « Fenêtre souple de dérive de synchronisation (ms) » — la zone d'insensibilité à l'intérieur de laquelle aucune correction n'est appliquée (500 ms par défaut). La resynchronisation forcée reste le mécanisme de repli en cas de véritables discontinuités du flux.

1.7.2 Flux MPTS

MPTS (Multi Program Transport Stream) — flux MPEG-TS contenant plusieurs programmes (services) ; chaque programme possède un numéro unique (PNR). Les principales applications sont la diffusion DVB et le transit de multiplex déjà constitués. Le type de flux — SPTS ou MPTS — est choisi à la création et ne peut plus être modifié par la suite ([Nouveau flux](#)).

Transit du multiplex

Un flux MPTS est un flux de transit : le multiplex est transmis tel quel. Le filtrage et la modification du MPEG-TS ([Filtrage MPEG-TS](#), [Modification du flux](#)), les modes de débit ([Gestion du débit](#)), la diffusion OTT et l'enregistrement DVR ([OTT et DVR](#)) ne s'appliquent pas à un flux MPTS. Le débit constant et la composition d'un multiplex propre sont définis lors de son assemblage par le multiplexeur ([Multiplexeur](#)) ; le traitement d'un programme particulier s'effectue après son extraction dans un flux SPTS ([Démultiplexeur](#)).

Les sources d'un flux MPTS sont les transports réseau qui reçoivent un multiplex déjà constitué (UDP / RTP, SRT, PS1, RIST, Pro-MPEG, TCP, fichier et autres — section [Planification et protocoles de transmission de données](#)), le récepteur DVB ([Récepteur DVB](#)) et le multiplexeur ([Multiplexeur](#)). Les sources monoprogramme

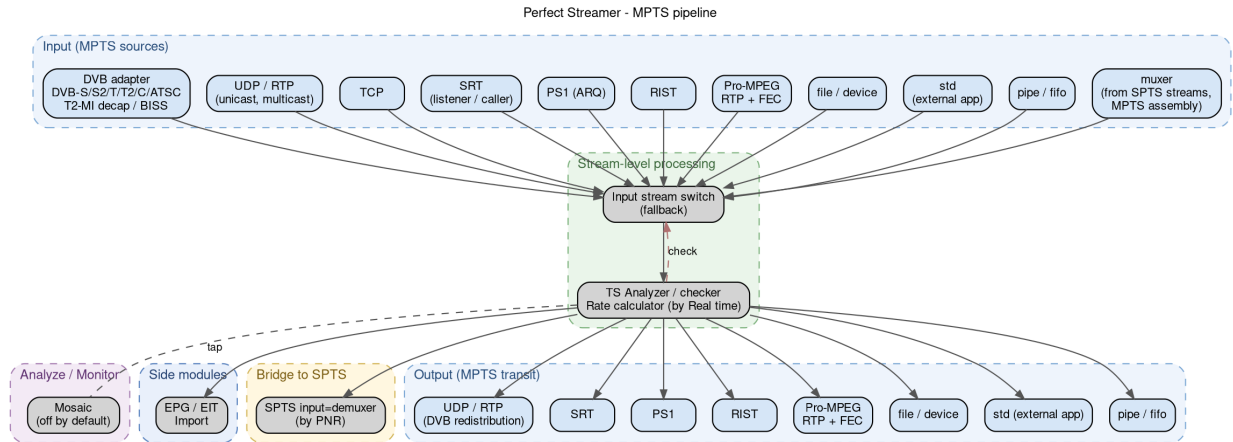


FIG.3: Chaîne de traitement d'un flux MPTS : transit du multiplex sans modification de sa composition ; le traitement des programmes individuels s'effectue via le démultiplexeur dans des flux SPTS.

— HLS, RTSP, RTMP, démultiplexeur, transcodeur, générateur de test — ne sont pas disponibles pour le MPTS. Les sorties sont des sorties de transport, y compris la diffusion du multiplex vers un réseau de distribution DVB ; un flux MPTS n'a pas de sorties OTT.

La redondance des sources fonctionne de la même manière que pour les flux SPTS : plusieurs entrées classées par priorité, délai d'expiration du flux, intervalle de vérification et retour sur l'entrée principale ([Redondance des sources](#)).

Analyse par programme

L'analyseur d'un flux MPTS effectue son suivi séparément pour chaque programme et globalement pour le multiplex : débit, état et erreurs de continuité, embrouillage, informations sur les médias de chaque programme, ainsi que les identifiants du multiplex (TS ID et identifiant de réseau). Les compteurs globaux de programmes — total, en clair, embrouillés et en erreur — sont affichés dans la fenêtre des statistiques du flux ([Statistiques du flux](#)) ; dans la liste des flux, les flux MPTS sont signalés par un badge MPTS et regroupés séparément. Un programme embrouillé est considéré comme valide et n'est pas comptabilisé dans le compteur d'erreurs.

Le moniteur TR 101 290 (onglet « Analyse », paramètre « Moniteur TR 101 290 ») rend pour le MPTS un verdict unique pour l'ensemble du multiplex : erreurs de transport, continuité sur tous les PID, répétition et discontinuités de PCR sur tous les programmes, présence des tables PAT/PMT et SI (NIT, SDT, EIT, TDT). La fenêtre de saut de PCR admissible est définie par le paramètre d'entrée « PCR discontinuity window (ms) » — comme pour les flux SPTS ([Synchronisation](#)). Les métriques SPTS avancées — précision du PCR, analyse du tampon vidéo T-STD, intervalles PTS — ne s'appliquent pas au multiplex dans son ensemble : pour une analyse détaillée d'un programme, extrayez-le dans un flux SPTS distinct ([Démultiplexeur](#), [Analyseur](#)).

Pour un flux MPTS, la mosaïque est désactivée par défaut (paramètre « Générer la mosaïque ») ; lorsqu'elle est activée, une vignette est produite pour chaque programme du multiplex. Cela représente une charge supplémentaire notable — il est déconseillé d'activer la mosaïque d'un multiplex sur des serveurs chargés.

Désembrouillage BISS

Sur les entrées réseau et fichier d'un flux MPTS (UDP / RTP, SRT, RIST, Pro-MPEG, TCP, PS1, fichier et similaires), un désembrouillage logiciel BISS par programme est disponible : des paires « numéro de programme – clé » (BISS-1 ou BISS-E) sont définies, et chaque programme indiqué est déchiffré avant l'analyse et la transmission ultérieure. Le désembrouillage au niveau de l'adaptateur DVB – CAM et BISS, y compris les clés pour T2-MI – est décrit dans [Récepteur DVB](#).

EPG du multiplex

Le guide des programmes contenu dans le multiplex est extrait vers la base EPG du nœud par le paramètre « Extraire l'EIT vers la base de données EPG » ([Import EPG/XMLTV](#)). La génération de l'EIT n'est pas effectuée sur un flux MPTS de transit : les tables EIT des programmes sont reportées par le multiplexeur depuis les flux sources lors de l'assemblage ([Multiplexeur](#), [Générateur EIT](#)).

1.7.3 Analyseur

L'analyseur intégré vérifie et mesure en continu l'entrée active de chaque flux. Les résultats sont utilisés par plusieurs sous-systèmes du nœud : le verdict de validité pilote la commutation des entrées ([Redondance des sources](#)), les métriques et les graphiques sont affichés dans la fenêtre des statistiques du flux ([Statistiques du flux](#)), les pastilles de synthèse – dans la liste des flux, et les violations génèrent des alertes ([Alertes \(alerter\)](#)). Les données du décodeur de l'analyseur sont utilisées par la mosaïque, par l'import EPG et par le décodeur de sous-titres ([Chaîne de traitement](#)).

Les vérifications et les mesures de base sont toujours activées. Les analyses avancées s'activent par des paramètres distincts dans l'onglet « Analyse » de l'éditeur de flux – chacune ajoute de la charge CPU et ne s'active qu'en cas de besoin. Les compteurs cumulatifs sont remis à zéro par le bouton « Réinitialiser les statistiques » de la fenêtre des statistiques.

Vérification de la validité

Le flux d'entrée est vérifié par étapes : verrouillage de la synchronisation TS, réception des tables PAT et PMT, présence des marques PCR, analyse des pistes audio et vidéo jusqu'au décodage d'une image clé. Le résultat est affiché dans la fenêtre des statistiques, section « Vérification MPEG-TS » – les indicateurs distincts TS, PAT, PMT, PCR, Audio, Audio ES, Video, Video ES. La vérification est répétée selon l'intervalle de vérification du flux ; une entrée est déclarée en défaut si le flux n'a pas passé la vérification ou si aucune donnée n'arrive pendant une durée supérieure au délai d'attente du flux – une commutation vers l'entrée de secours est alors effectuée ([Redondance des sources](#)).

Un transport embrouillé est un état valide ([Flux SPTS](#)) : les couches transport et PSI continuent d'être vérifiées et, dès l'apparition de données en clair, l'analyse complète reprend automatiquement.

Mesures permanentes

Sans paramétrage supplémentaire, l'analyseur mesure :

- **Débit** — la vitesse du flux d'entrée (pour le SPTS, d'après les marques PCR ; pour le MPTS, par rapport au temps réel) et le débit de sortie après le synchroniseur ; graphique « Débit » dans la fenêtre des statistiques.
- **Débit par PID** — la vitesse courante et le nombre de paquets par seconde pour chaque PID de l'entrée active ; le tableau du bloc « Analyseur » de la fenêtre des statistiques. Le type de PID provient de l'analyse des tables du flux (PAT, PMT, video, aac et similaires) ; le PID des paquets NULL (8191) porte la mention NULL, tandis qu'un flux dont le type n'a pas pu être déterminé porte un tiret. La mesure ne concerne que le SPTS : un flux MPTS ne dispose de ce tableau avec aucune source de multiplex, et la composition ainsi que les débits des programmes sont donnés par le tableau du multiplex ([Analyse par programme](#)).
- **Continuité et transport** — erreurs de continuité CC (sur fenêtre et cumulées), erreurs de transport (TEI), compteurs de paquets embrouillés ; graphique « Continuité et embrouillage ».
- **Intervalle PCR** — l'intervalle moyen et l'intervalle maximal entre les marques PCR. Lorsque le moniteur TR 101 290 est activé, la limite stricte de 40 ms s'applique ; sans lui, la limite ISO/IEC 13818-1 de 100 ms.
- **Gigue PCR** — le retard de l'ordonnanceur d'émission par rapport à la cadence PCR ; graphique « Gigue PCR ».
- **Dérive PCR** — l'écart systématique de la fréquence d'horloge de la source par rapport au temps réel, en ppm. À la différence de la gigue, la dérive caractérise la stabilité du quartz de l'encodeur et s'accumule sur plusieurs minutes ; un verdict fiable se forme sur une fenêtre d'au moins 300 secondes. La tolérance ISO/IEC 13818-1 est de ± 30 ppm ; un dépassement persistant est mis en évidence dans la fenêtre des statistiques (« Dérive PCR »), séparément du verdict TR 101 290 : la dérive du quartz est un défaut de l'encodeur du côté de la source, et non de l'intégrité du transport.
- **Précision PCR** — l'erreur d'insertion des marques PCR par rapport à l'instant réel de transmission ; la tolérance TR 101 290 est de ± 500 ns. Cette métrique n'a de sens que pour les flux à débit constant (voir le détecteur de mode ci-dessous).

Détecteur de mode du multiplex. L'analyseur classe automatiquement la source comme CBR ou VBR d'après la régularité du PCR par rapport à la position des paquets ; le verdict est figé avec hystérésis afin d'exclure des basculements fréquents. Un verdict établi est signalé par une pastille CBR ou VBR dans la liste des flux ; tant que les données sont insuffisantes, aucune pastille n'est affichée. Le VBR n'est pas un défaut : c'est un mode normal, dans lequel les vérifications qui n'ont de sens que pour le CBR (précision PCR, tampon vidéo T-STD) ne sont automatiquement pas évaluées.

Analyses avancées

Trois analyses indépendantes s'activent dans l'onglet « Analyse » de l'éditeur de flux (toutes sont désactivées par défaut) :

« Analyse approfondie »

Fait passer l'analyseur en mode d'analyse continue du flux (charge CPU notable) et ajoute :

- les intervalles des tables PAT et PMT (recommandation — au plus 500 ms) ;
- les intervalles des images clés (GOP) et des images IDR. Pour les lecteurs qui se connectent à un instant quelconque, un GOP d'au plus 1 seconde est recommandé. Si l'intervalle IDR coïncide approximativement avec l'intervalle des images clés, le flux est en closed-GOP — chaque GOP s'ouvre sur un point d'entrée complet ; si la métrique IDR est absente, le flux est en open-GOP ;

- l'intervalle entre le PAT et l'image clé — il détermine la rapidité de démarrage de la lecture lors d'une connexion à un instant quelconque ;
- la fiche technique du codec vidéo (type de flux, profil et niveau, résolution, balayage, paramètres VBV) et les paramètres des pistes audio ;
- les données d'aptitude à l'insertion publicitaire : structure du GOP, marques d'accès aléatoire (RAI), événements SCTE-35 et points de raccord. Le seuil de notification anticipée d'un point de raccord est défini par le paramètre « Notifier le point de raccord à l'avance (images) » (paramètre avancé) ;
- le contrôle de la présence des tables SI (SDT, EIT, NIT, TDT) et les erreurs de structure des flux élémentaires.

« Analyser l'écart PCR/PTS »

L'écart entre le PCR et les marques PTS/DTS de chaque flux élémentaire. Un écart trop important provoque des problèmes chez les lecteurs dotés d'un petit tampon de synchronisation. L'intervalle de répétition des marques PTS vidéo est en outre mesuré (indicateur 2.5 du rapport TR 101 290, limite 700 ms).

« Analyser le tampon vidéo T-STD »

Le modèle du tampon du décodeur de référence T-STD (ISO/IEC 13818-1) : vérification que le tampon vidéo ne déborde pas et ne se vide pas. MPEG-2, H.264/AVC et HEVC sont pris en charge ; la vitesse de vidage s'adapte au débit vidéo réel. Évalué uniquement sur les flux à débit constant.

Les résultats sont affichés dans la fenêtre des statistiques, dans les sections « Analyse approfondie » et « Analyseur ». Les paramètres « Trace » et « Trace MPEG-TS » activent la journalisation détaillée de la vérification du flux — à des fins de diagnostic uniquement, ne les laissez pas activés en permanence.

Moniteur TR 101 290

Le paramètre « Moniteur TR 101 290 » (onglet « Analyse ») active le contrôle continu de la conformité du flux à la norme ETSI TR 101 290. Le moniteur est léger — il n'active pas l'analyse lourde des flux élémentaires — et fonctionne indépendamment des analyses avancées.

Le résultat est un verdict unique pour le flux : « Normal », « Problème » ou « Vérification... » pendant l'accumulation des données. Le verdict est signalé par une pastille TR-290 colorée dans la liste des flux et dans la fenêtre des statistiques ; un clic ouvre le rapport « TR 101 290 » — un tableau d'indicateurs regroupés par priorités de la norme (priorité 1 — nécessaire au décodage, priorité 2 — recommandée pour la surveillance, priorité 3 — dépend de l'application), avec les valeurs mesurées et les limites.

Particularités de l'évaluation :

- Une violation n'entre dans le verdict que lorsqu'elle est persistante (observée pendant au moins 30 des 60 dernières secondes) — les brèves salves n'allument pas l'indicateur. Le niveau de recette est suivi séparément : une violation durant 300 secondes sans interruption constitue le critère de recette technique d'une chaîne.
- Une partie des indicateurs nécessite des analyses supplémentaires. Les lignes qui dépendent des paramètres « Analyser l'écart PCR/PTS » et « Analyser le tampon vidéo T-STD » sont signalées comme désactivées dans le rapport lorsque le paramètre est désactivé et n'influent pas sur le verdict. Les intervalles numériques PAT/PMT et le contrôle de la présence des tables SI ne sont mesurés qu'avec l'« Analyse approfondie » activée — sans elle, les lignes correspondantes restent sans valeurs mesurées.
- La précision PCR et le tampon vidéo T-STD ne sont évalués qu'après que le détecteur de mode a confirmé un débit constant de la source — et ils continuent d'être évalués jusqu'à la réinitialisation des statistiques ou la modification des paramètres de lissage du débit, même si le verdict du détecteur

change par la suite. Sur les flux qui n'ont jamais été confirmés comme CBR, ces lignes ne sont pas évaluées.

- Lorsque le lissage du débit est actif, le moniteur mesure précisément le flux émis, lissé ([Gestion du débit](#)).
- Pour un flux MPTS, un seul verdict est rendu pour l'ensemble du multiplex ([Analyse par programme](#)).

Les violations persistantes génèrent en outre des alertes portant des codes de l'analyseur — la liste complète figure dans [Catalogue des codes d'alerte](#). Les compteurs du moniteur et les statistiques cumulées sont remis à zéro par le bouton « Réinitialiser les statistiques ».

Assistant de réclamation

Si une chaîne présente des violations TR 101 290 persistantes ou une dérive PCR, l'opérateur peut obtenir un texte de consigne prêt à l'emploi pour un chat IA, à partir duquel celui-ci rédigera une lettre de réclamation formelle au fournisseur du flux. La requête s'effectue via l'API HTTP du nœud :

```
GET /data/stream/<id>/ai-complaint-prompt
```

La réponse est un texte énumérant les violations actives, les valeurs mesurées, les seuils de la norme et l'incidence de chaque erreur sur le décodeur du destinataire. Le nom du flux, ses identifiants et les adresses de la source ne sont délibérément pas inclus dans le texte — un espace réservé y est substitué, que l'opérateur remplit lui-même, afin que les données de service ne soient pas transmises à un service d'IA tiers. La fonction n'est disponible que pour les flux SPTS.

1.7.4 Démultiplexeur

Une entrée démultiplexeur (type demuxer) extrait un seul programme d'un multiplex et le transforme en un flux SPTS ordinaire. Une fois extrait, le programme peut faire l'objet de tout le traitement de la chaîne SPTS ([Flux SPTS](#)) : filtrage et modification, transcodage, diffusion OTT et enregistrement DVR. C'est l'unique voie de traitement d'un multiplex reçu programme par programme ([Flux MPTS](#)).

Pour raccorder un programme, une entrée de type demuxer est ajoutée au flux SPTS et l'on sélectionne (les noms des champs sont ceux de l'interface) :

- **Source** (champs Source kind et Source id) — un flux MPTS du même nœud ou un adaptateur DVB ([Récepteur DVB](#)).
- **Programme** (champ PNR) — le numéro de programme. Pour une source de type flux MPTS, si celle-ci est active et déjà analysée, le numéro est choisi dans la liste des services détectés avec leurs noms ; pour un adaptateur DVB et pour une source pas encore analysée, le PNR est saisi manuellement.

Particularités :

- Le démultiplexeur reçoit un multiplex déjà désembrouillé : les clés BISS sont définies sur l'entrée du flux MPTS ([Désembrouillage BISS](#)), tandis que le désembrouillage CAM et BISS au niveau de l'adaptateur est configuré dans les réglages de l'adaptateur DVB ([Récepteur DVB](#)).
- La source est protégée contre la suppression : tant qu'au moins un démultiplexeur référence un flux MPTS ou un adaptateur DVB, celui-ci ne peut pas être supprimé — le nœud indique quels objets y font référence.
- Pour les multiplex internes T2-MI, on utilise un numéro de programme composite qui combine le numéro de la porteuse et le PNR à l'intérieur de celle-ci : numéro de porteuse × 65536 + PNR (par exemple, porteuse 1, PNR 7 → 65543 ; la porteuse 0 correspond au multiplex externe, PNR ordinaire).

La valeur composite est saisie dans le champ PNR. La réception T2-MI est décrite dans [Récepteur DVB](#).

Un même multiplex peut être diffusé simultanément en intégralité (flux MPTS avec sorties de transport) et par parties — sous forme de flux SPTS distincts via des démultiplexeurs.

1.7.5 Multiplexeur

Le multiplexeur assemble un flux MPTS à partir des différents flux SPTS du nœud et constitue un multiplex DVB complet : il génère les tables PSI/SI, tient un ordonnancement de diffusion fondé sur le modèle T-STD et lisse le débit par insertion de paquets NULL. Lorsqu'un débit cible est défini, la sortie est conforme à TR 101 290 et convient à l'attaque de modulateurs ainsi qu'aux réseaux de distribution DVB.

Assemblage du multiplex

1. Créer un flux de type MPTS ([Nouveau flux](#)).
2. Y ajouter une entrée de type muxer — elle est unique et contient les réglages de l'ensemble du multiplex (voir ci-dessous).
3. Rattacher les programmes — de l'une des deux manières suivantes :
 - depuis l'éditeur de programmes du multiplex : bouton « Modifier les programmes... » sur l'entrée muxer, puis « Ajouter un programme » et sélection du flux source ;
 - côté source : ajouter au flux SPTS une sortie de type muxer et indiquer le flux MPTS cible.

Un nouveau rattachement est créé en pause — le programme apparaît dans la liste avec une icône de pause ; une fois les réglages vérifiés, sa pause est levée.

4. Répéter l'opération pour tous les programmes du multiplex.

Les membres d'un multiplex sont des flux SPTS ordinaires : tout le traitement ([Flux SPTS](#) — filtrage, modification, transcodage) est effectué sur le flux source avant l'assemblage. Un même flux SPTS peut être diffusé directement et faire partie d'un multiplex simultanément.

Paramètres du multiplex

Définis sur l'entrée muxer du flux MPTS (les intitulés sont ceux de l'interface) :

Transport stream id, Network id, Network name

Les identifiants du flux de transport et du réseau ainsi que le nom du réseau — ils sont repris dans les tables PAT/SDT/NIT générées.

Country code (ISO 3166 alpha-3)

Le code du pays — utilisé dans la table TOT (fuseau horaire, décalage horaire local) et dans les descripteurs régionaux de la NIT.

Output bitrate (kbps)

Débit cible du multiplex. Il est défini avec une marge au-dessus du débit cumulé de tous les programmes. La valeur 0 désactive le lissage — le débit cumulé suit simplement les flux d'entrée, sans bourrage par paquets NULL (stuffing) et sans modèle T-STD.

SDT provider name

Nom du fournisseur — commun à tous les services du multiplex (réglage supplémentaire).

Paramètres des programmes

Définis sur la sortie muxer du flux source (les intitulés sont ceux de l'interface) ; l'éditeur de programmes gère la composition, l'ordre, la mise en pause et — lorsque l'affectation automatique des PID est désactivée — la modification des PID :

SDT service name (empty = stream name)

Nom du service dans la table SDT ; une valeur vide signifie que le nom du flux source est utilisé.

PNR (0 = stream id)

Numéro du programme dans le multiplex ; 0 — l'identifiant du flux source est utilisé.

Logical channel number (0 = PNR)

Numéro logique de canal (LCN) destiné aux récepteurs ; 0 — identique au PNR.

Service type (0 = auto, ETSI)

Type de service selon la classification ETSI : 0 — déterminé automatiquement d'après la composition du programme (SD/HD, codec, radio), sinon défini manuellement.

L'ordre des programmes dans les tables du multiplex se modifie en faisant glisser les lignes dans l'éditeur de programmes.

Affectation des PID

Le mode d'affectation des PID se choisit au moyen du commutateur « Automatic PID mapping » sur l'entrée muxer :

- **Activé** (par défaut) — de nouveaux PID pris dans la plage automatique sont affectés à chaque programme ; les collisions sont exclues.
- **Désactivé** — les PID d'origine des flux sources sont conservés. Cela est nécessaire, par exemple, lors de la migration d'un multiplex en exploitation, afin que les récepteurs n'aient pas à effectuer un nouveau balayage. Des PID particuliers peuvent au besoin être modifiés dans l'éditeur de PID du programme (bouton « PID » de l'éditeur de programmes) : le PID de la PMT et les PID cibles des flux élémentaires ; les doublons à l'intérieur d'un programme sont refusés par l'éditeur. Dans ce mode, l'unicité des PID entre les programmes relève de l'opérateur — en cas de collision, le nœud inscrit un avertissement dans le journal, mais le multiplex continue de fonctionner. Les PID réservés de la source (inférieurs à 32) ne peuvent pas être conservés — un nouveau PID leur est affecté, avec un avertissement dans le journal.

Si l'agencement automatique des PID est activé sur un flux participant ([Agencement automatique des PID](#)), l'éditeur de PID du programme affiche les identifiants qu'il a déjà attribués et non ceux d'origine, et le signale : les paires de réaffectation saisies avant l'activation de l'agencement ne correspondent plus, et ces flux élémentaires reçoivent leur PID automatiquement. Le moment délicat est donc l'activation de l'agencement sur un flux déjà intégré au multiplex, et non la configuration à partir de zéro.

Le changement de mode est appliqué à la volée, sans redémarrage du flux.

Génération des tables

Le multiplexeur constitue ses propres tables PSI/SI : PAT, PMT de chaque programme, SDT (noms des services et du fournisseur), NIT (identifiant et nom du réseau, liste des services, LCN) et TDT/TOT (marques temporelles). La table CAT est constituée lorsque les programmes contiennent des données de systèmes d'accès conditionnel.

Le multiplexeur ne génère pas les tables EIT (guide des programmes) : il les reporte depuis les flux sources – y compris une EIT générée à la source à partir d'un EPG externe ([Générateur EIT](#)).

Supervision du multiplex

L'état du multiplex assemblé est affiché dans la fenêtre des statistiques du flux MPTS ([Statistiques du flux](#)) : débits de sortie, cible et d'entrée, nombre de programmes, tableau des programmes avec le débit et l'état de chacun, identifiants du TS et du réseau, état de l'ordonnanceur et du bourrage.

Si le débit cumulé des programmes dépasse la valeur cible, l'avertissement « Surcharge de débit – les programmes sources dépassent le débit cible du mux » est affiché. Un multiplex sous-dimensionné perd des paquets de programmes – coupures du son et de l'image, erreurs de continuité chez les destinataires ; en cas de surcharge prolongée, des tables PSI peuvent également être perdues. Augmentez le débit cible ou réduisez le débit des programmes (par exemple par transcodage des sources, [Transcodeurs](#)).

La conformité du multiplex à TR 101 290 est contrôlée par le moniteur de l'analyseur ([Analyse par programme](#)).

1.7.6 Flux de test

Le générateur de flux de test produit entièrement par logiciel un flux SPTS complet, avec mire et signal sonore – aucune source externe n'est nécessaire. Il sert de bouche-trou à l'antenne pendant une panne de la source principale, à contrôler les chaînes de transmission et les récepteurs, ainsi qu'aux essais de réglage et de charge.

La source de test est une entrée de type test-stream d'un flux SPTS (indisponible pour le MPTS). La génération est assurée par le module de transcodage logiciel – le paquet correspondant doit être installé sur le nœud ([Transcodeurs](#)). Comme il s'agit d'une entrée ordinaire, les règles générales de redondance s'appliquent : le générateur est placé en dernier dans la liste des entrées – il reprend automatiquement l'antenne en cas de défaillance de toutes les sources principales ; le retour vers une entrée prioritaire s'effectue selon les règles générales de nouvelle vérification ([Redondance des sources](#)).

Le flux généré traverse la chaîne de traitement habituelle ([Chaîne de traitement](#)) : il peut être analysé, diffusé par les protocoles de transport et en OTT, enregistré en DVR, envoyé au multiplexeur et au transcodeur.

Paramètres du générateur

Ils se règlent sur l'entrée test-stream (les noms sont ceux de l'interface ; certains d'entre eux sont des paramètres avancés) :

Vidéo

Video encoder – le codec : MPEG-2, H.264 (par défaut) ou HEVC ; Video bitrate (kbps) – le débit vidéo (3000 par défaut) ; Width et Height – la résolution (1920 × 1080 par défaut) ; Frame rate – la fréquence d'images (25 par défaut) ; GOP interval – la longueur du GOP en images ; Video pattern – le type de mire ; Width PAR / Height PAR – le rapport de forme du pixel.

Son

Audio encoder — le codec : MPEG-1 Layer II (par défaut) ou AAC ; Audio waveform — la forme du signal sonore ; Audio frequency (Hz) — la fréquence de la tonalité ; Audio volume — le volume (0...1).

Incrustation

Enable overlay — active l'incrustation par-dessus la mire (activée par défaut) ; Overlay text — un texte libre, par exemple le nom de la chaîne ; Time format (strftime) — le format de l'heure incrustée, par défaut heures :minutes :secondes.

Flux de transport

Total bitrate (kbps) — le débit total du flux, complété par des paquets NULL (stuffing) jusqu'à une valeur constante, 0 — sans remplissage ; PNR, PMT PID, Video PID, Audio PID — le numéro de programme et les identifiants de la table PMT et des flux élémentaires, afin d'inscrire le flux de test dans le plan de PID du réseau.

L'écran « Flux de test » de l'interface web ([Flux de test](#)) est en cours de préparation ; les entrées de test se configurent dans l'éditeur de flux ([Éditeur d'entrée et de sortie](#)).

1.7.7 OTT et DVR

Le sous-système OTT diffuse les flux au moyen de protocoles fondés sur HTTP : HLS (sur MPEG-TS), MPEG-DASH et Low-Latency HLS (sur CMAF — MP4 fragmenté), ainsi que MPEG-TS over HTTP. HTTPS et HTTP/3 (QUIC) sont pris en charge. La diffusion s'active dans l'onglet « OTT » de l'éditeur de flux ([Configurer le flux](#)) et n'est disponible que pour les flux SPTS ; un programme de multiplex est extrait en flux SPTS par le démultiplexeur ([Démultiplexeur](#)).

Le DVR est une archive permanente du flux sur disque. Elle est écrite en parallèle de la diffusion OTT — aucun service d'enregistrement distinct n'est requis — et se lit au moyen des mêmes URL que la diffusion en direct ; seuls les paramètres de requête diffèrent ([DVR : archive du flux](#)).

Modes de diffusion

La diffusion progressive MPEG-TS sur HTTP s'active par le paramètre « Service HTTP » (valeur Live) : transmission continue du flux de transport source dans une seule réponse HTTP.

La diffusion segmentée est commandée par le paramètre « Service HLS » (valeurs telles qu'affichées dans l'interface) :

Peering / HLS

Segmentation simple. Ce mode est destiné au transfert d'un flux entre nœuds Perfect Streamer : le nœud émetteur diffuse du HLS sur MPEG-TS, le nœud récepteur se connecte avec une entrée de type HLS. Les sous-titres WebVTT et le DRM ne sont pas disponibles dans ce mode, et l'enregistrement DVR n'y est pas configurable.

OTT / HLS

Segmentation optimisée pour un démarrage rapide des lecteurs en diffusion OTT (la charge CPU est plus élevée). Le HLS est diffusé sur MPEG-TS ; l'alignement des segments sur les GOP s'applique ([Segmenteur](#)).

OTT / LL-HLS / DASH

Diffusion sur CMAF : le flux produit des segments fMP4 au-dessus desquels sont diffusés MPEG-DASH et Low-Latency HLS. Lorsque le paramètre « Chunks MPEG-TS HLS hérités » est activé (activé par défaut), du HLS classique sur MPEG-TS est diffusé en complément ; sa désactivation économise le disque et le CPU. MPEG-DASH et Low-Latency HLS ne sont disponibles que dans ce mode.

Low-Latency HLS découpe la playlist média en segments partiels (parts) : le lecteur commence la lecture sans attendre le segment complet ; le rechargement bloquant de la playlist et l'indication de préchargement sont mis en œuvre. La durée cible d'une part est définie par le paramètre « Durée cible de la part LL (ms) » (paramètre avancé ; 500 ms par défaut, appliqué à chaud, elle doit être inférieure à l'intervalle minimal de chunk). Pour une faible latence précise, le manifeste DASH contient la correspondance entre le temps média et UTC, et les segments CMAF portent les horodatages de référence du producteur.

Note : L'encapsulation CMAF ne transporte que les pistes audio AAC et AC-3 ; les pistes dans d'autres codecs sont écartées, ce qui déclenche une alerte ([Alertes \(alerter\)](#)).

Segmenteur

Dans les modes OTT, le flux est analysé d'après les tables PAT/PMT et les images clés, et les segments sont découpés selon un critère de démarrage rapide des lecteurs. Le découpage est commandé par les paramètres « Intervalle min. de chunk (s) » et « Intervalle max. de chunk (s) » : l'analyse débute à l'intervalle minimal et, si aucun point de découpe n'est trouvé, le segment est clos de force à l'intervalle maximal.

« Segments alignés sur les GOP » (activé par défaut ; effectif dans le mode OTT / HLS) — le segmenteur aligne les frontières des segments sur les points d'accès aléatoire et distingue une image IDR d'une image I ordinaire. Pour les sources à GOP fermé (closed-GOP), chaque segment commence à coup sûr par SPS/PPS/IDR — un point d'entrée complet ; la « queue » du GOP précédent est retirée. Cela élimine l'image noire au démarrage des sessions VOD et met la diffusion en conformité avec les exigences HLS (RFC 8216). Le type de structure GOP de la source est visible dans les métriques de l'analyseur ([Analyses avancées](#)). En raison de l'alignement, la durée réelle d'un segment peut dépasser l'intervalle minimal — la durée cible déclarée dans la playlist reflète le maximum réel.

URL et autorisation

La diffusion est assurée par le serveur HTTP de diffusion du nœud ([Serveur HTTP de diffusion](#)). L'URL est construite selon le schéma :

http ://host :port/hls/<flux>/<identifiant>/<mot-de-passe>/index.m3u8	
http ://host :port/hls/<flux>/<identifiant>	– autorisation par jeton
http ://host :port/hls/<flux>/	– autorisation par IP

À la place de /hls/ on substitue /dash/, /llhls/ ou /http/ ; pour les ensembles adaptatifs — /hls/ adaptive/ et analogues ([Ensembles adaptatifs](#)). <flux> est l'identifiant du flux ou le nom défini par le paramètre « Nom du flux dans l'URL ». L'accès non autorisé est interdit : les identifiants et les permissions des clients se configurent dans l'interface web ([Utilisateurs / Identifiants](#)).

Des modèles d'URL prêts à l'emploi, correspondant aux modes de diffusion actifs, sont affichés dans la fenêtre de statistiques du flux — la section « URL de diffusion », avec un bouton de copie ([Statistiques du flux](#)). Les sessions clientes actives sont visibles sur l'écran « Clients » ([Clients](#)).

HTTP/3 (QUIC)

Le serveur HTTP de diffusion sait servir les routes OTT (HLS, DASH, LL-HLS, MPEG-TS over HTTP) sur QUIC. HTTP/3 s'active dans les paramètres du serveur HTTP de diffusion ([Serveur HTTP de diffusion](#)) ; le certificat utilisé est le même que pour HTTPS, mais il n'est pas obligatoire d'activer HTTPS lui-même — QUIC écoute séparément et lit directement les fichiers du certificat. Ce sont précisément eux qui sont nécessaires : sans certificat ni clé, l'écouteur HTTP/3 ne démarre pas.

Les clients navigateur basculent vers QUIC au moyen de l'annonce standard Alt-Svc : l'annonce est émise sur demande explicite du client — le paramètre ?h3 sur l'URL maîtresse. Si la connexion QUIC ne s'établit pas (port UDP fermé, certificat non approuvé), le client reste de manière transparente sur HTTPS — la diffusion n'est pas interrompue. Les requêtes d'administration ne sont servies que sur TCP. Low-Latency HLS et DASH sur QUIC sont diffusés de manière incrémentale — les parts sont envoyées au client au fur et à mesure qu'elles sont prêtes.

Sous-titres WebVTT

Le paramètre « Sous-titres télétexte vers WebVTT » (activé par défaut, effectif dans les modes OTT) convertit les sous-titres DVB Teletext / DVB Subtitling du flux d'entrée en pistes WebVTT : une piste de sous-titres est ajoutée à la playlist maîtresse HLS et un ensemble d'adaptation textuel au manifeste DASH. La présence de sous-titres dans la source apparaît dans les informations média de la fenêtre de statistiques. Les sous-titres sont archivés dans le DVR en parallèle des segments média et sont disponibles lors de la lecture de l'archive ; ils ne sont pas chiffrés par la protection DRM. Le paramètre « Journaliser les messages de sous-titres » (paramètre avancé) sert au diagnostic.

Ensembles adaptatifs

Un ensemble adaptatif réunit plusieurs flux OTT d'une même chaîne, à des débits différents, sous une seule playlist maîtresse HLS ou un seul manifeste DASH — le lecteur bascule lui-même entre les variantes en fonction de la bande passante.

L'ensemble se crée comme un flux de type « Adaptatif » ([Nouveau flux](#), éditeur de l'ensemble — [Ensemble adaptatif](#)). Les membres sont des flux SPTS dont le mode OTT est activé : OTT / HLS pour le HLS adaptatif sur MPEG-TS, OTT / LL-HLS / DASH pour le DASH et le Low-Latency HLS adaptatifs. Le débit peut être défini manuellement pour chaque membre ; la valeur 0 signifie que le débit mesuré est utilisé.

Les URL maîtresses de l'ensemble sont construites selon les schémas /hls/adaptive/, /dash/adaptive/, /llhls/adaptive/, avec les mêmes variantes d'autorisation. L'accès accordé à un client sur un ensemble adaptatif s'étend automatiquement à tous les flux qu'il contient.

Protection du contenu (DRM)

La diffusion OTT d'un flux peut être chiffrée. Le chiffrement est effectué une seule fois, au moment de la production du segment : la diffusion en direct et l'archive DVR reçoivent les mêmes données chiffrées ; l'archive est conservée sur disque sous forme chiffrée. Les paramètres sont regroupés dans la section « Protection du contenu » de l'onglet « OTT » ; l'application de l'un quelconque d'entre eux redémarre la diffusion OTT du flux.

Modes (champ « DRM », valeurs telles qu'affichées dans l'interface) :

HLS AES-128

Chiffrement du segment entier pour les segments TS ; le déchiffrement est effectué par tout lecteur HLS standard. Nécessite « Service HLS » = OTT / HLS.

CENC cenc (DASH), CENC cbcs (DASH)

Chiffrement image par image selon MPEG Common Encryption (ISO/IEC 23001-7) – schéma cenc (AES-CTR) ou cbcs (AES-CBC par motif, écosystème Apple FairPlay). Ils nécessitent le mode OTT / LL-HLS / DASH avec la diffusion des chunks TS désactivée ; la diffusion se fait uniquement en MPEG-DASH.

Tout mode de protection exige que le « Service HTTP » soit désactivé – la diffusion progressive contourne le chiffrement. Le serveur rejette une combinaison de paramètres incompatible en indiquant la raison.

Clés et distribution :

- « Clé de contenu (32 hex) » – la clé de chiffrement (pour l'AES-128 statique et pour CENC). « ID de clé (CENC KID) » – l'identifiant de clé CENC ; si le champ est vide, l'identifiant est dérivé de manière déterministe de l'identifiant du flux.
- « Distribution de la clé » (AES-128, valeurs telles qu'affichées dans l'interface) : Built-in (PSS serves the key) – le serveur distribue lui-même la clé au moyen d'une URL de session soumise à la même autorisation que les segments ; External key server – la balise de clé de la playlist pointe vers « URI de la clé (EXT-X-KEY) » et la distribution intégrée est désactivée. Pour CENC, le serveur ne délivre pas de clé aux lecteurs – la distribution des clés est assurée par l'infrastructure DRM (serveurs de licences).
- Rotation des clés (AES-128 uniquement) : « Source de la clé » = Derived (rotating), « Secret de rotation » (au moins 16 caractères) et « Fenêtre de clé (minutes) ». La clé de chaque fenêtre est calculée à partir du secret par une fonction à sens unique ; l'archive DVR se lit à travers un nombre quelconque de rotations – le numéro de la fenêtre est reconstitué d'après l'heure d'enregistrement du segment.

Avertissement : Le changement de l'« identité de clé » d'un flux – clé de contenu, secret ou paramètres de rotation – rend illisible l'archive chiffrée enregistrée auparavant ; l'interface web demande la confirmation de telles modifications. Les clés sont conservées en clair dans la configuration du serveur – restreignez l'accès aux fichiers de configuration et aux sauvegardes.

DVR : archive du flux

L'enregistrement s'active dans l'onglet « OTT », section « DVR » (visible dans les modes OTT) :

« Stockage DVR »

Le stockage dans lequel l'archive est écrite ([Stockages DVR](#)). La valeur « Aucun » signifie que l'enregistrement est désactivé.

« Rétention (heures) »

La profondeur de l'archive du flux, de 1 heure à 90 jours. Les segments plus anciens sont supprimés par le nettoyage régulier.

« Minimum protégé (heures) »

Le seuil inférieur de protection : le nettoyage ne supprime jamais les enregistrements plus récents que cette valeur, même en cas de manque d'espace disque.

L'enregistrement démarre automatiquement dès que le flux passe à l'état de fonctionnement. La dissociation du stockage arrête l'enregistrement (les fichiers restent sur le disque, la lecture de l'archive cesse) ; lors d'un changement de stockage, l'enregistrement reprend à zéro et les fichiers ne sont pas transférés. L'interface web confirme les modifications destructrices par la boîte de dialogue « Confirmer les modifications DVR ».

Stockages DVR

Les stockages se configurent sur l'écran « Stockages DVR » ([Stockages DVR](#)). Pour chacun d'eux sont définis le chemin du répertoire (non modifiable après la création), la limite d'utilisation du disque en pourcentage et — dans les paramètres avancés — l'intervalle de nettoyage, le délai de grâce et la portion de troncature en cas de saturation, la réserve d'espace d'urgence et l'hystérésis. Un seul stockage par disque est recommandé : plusieurs stockages sur un même disque se disputent l'espace libre. La suppression d'un stockage de la configuration ne supprime pas les fichiers du disque.

Le nettoyage de l'archive opère à plusieurs niveaux :

- par profondeur — les segments plus anciens que la valeur « Rétention (heures) » de chaque flux ;
- par espace — en cas de dépassement durable de la limite d'utilisation du disque, les segments les plus anciens sont supprimés proportionnellement sur tous les flux, mais jamais ceux plus récents que le minimum protégé ;
- d'urgence — en cas de manque critique d'espace, l'enregistrement est arrêté jusqu'au rétablissement de l'espace libre ;
- le nettoyage des fichiers orphelins à l'intérieur des archives des flux en cours d'enregistrement s'effectue automatiquement ; les répertoires d'archives laissés par des flux supprimés ne sont retirés que manuellement — par le bouton « Effacer les archives orphelines » de l'écran « Moniteur DVR » ([Moniteur DVR](#)).

L'état des stockages et des flux enregistrés — remplissage, volume de l'archive, latences d'écriture et de lecture, tâches de nettoyage actives — est affiché sur ce même écran « Moniteur DVR ». L'archive d'un flux donné peut être supprimée irrémédiablement par le bouton « Effacer l'archive DVR » de la fenêtre de statistiques du flux ; l'enregistrement se poursuit alors.

Lecture de l'archive (VOD)

L'archive se lit au moyen des mêmes URL que la diffusion en direct HLS / DASH — seuls les paramètres de requête diffèrent :

t=<temps>

Le début de la fenêtre VOD (temps Unix, secondes). $t=0$ — depuis le début de l'archive. La présence du paramètre t active le mode VOD.

d=<secondes>

La durée de la fenêtre VOD. Sans le paramètre (ou avec $d=0$) — jusqu'à l'instant courant. N'est effectif qu'avec t .

epg=<temps>

VOD selon le guide des programmes : le serveur recherche l'événement EPG actif à l'instant indiqué et prend son début et sa durée comme bornes de la fenêtre. Cela exige que le flux soit rattaché à une source EPG — les champs « Source EPG » et « Canal EPG » de l'onglet « Flux » ([Modification du flux, Générateur EIT](#)) ; les paramètres t et d sont alors ignorés. Pour un catalogue de programmes, il suffit que l'interface fournisse l'heure de l'événement — les bornes exactes sont calculées par le serveur.

Particularités de la lecture :

- Les bornes de la fenêtre sont normalisées : une requête antérieure au début de l'archive est ramenée au premier segment disponible ; une fenêtre située entièrement hors de l'archive renvoie une playlist vide mais valide.
- La playlist HLS VOD est close (elle porte l'indication de fin) ; le manifeste DASH est statique. Les interruptions d'enregistrement dans DASH sont rendues par des périodes distinctes — les lecteurs se déplacent au-delà de la frontière sans réglages particuliers.

- Si le client atteint la borne droite de la fenêtre, les segments manquants sont servis depuis la mémoire du flux en direct – sans redirections ni nouvelle autorisation.
- Une session VOD ouverte protège sa fenêtre du nettoyage régulier jusqu'à la fermeture de la session ; le nettoyage d'urgence et le minimum protégé restent prioritaires.
- Les sous-titres WebVTT sont également restitués depuis l'archive (*Sous-titres WebVTT*).
- Les ensembles adaptatifs prennent en charge les mêmes paramètres VOD. Seules les variantes rattachées à un stockage DVR figurent dans le manifeste DASH ; la playlist maîtresse HLS contient toutes les variantes, mais celles dépourvues d'archive répondent par une erreur à une requête d'archive et le lecteur les ignore.

1.7.8 Transcodeurs

Les transcodeurs réencodent la vidéo et l'audio d'un flux : ils abaissent le débit pour l'OTT ou pour un multiplex, changent le codec et la résolution, et préparent les déclinaisons des ensembles adaptatifs. Chaque transcodeur s'exécute comme un processus distinct du nœud ; le schéma « un vers plusieurs » est pris en charge – un seul décodeur permet d'obtenir plusieurs flux de sortie avec des réglages d'encodage différents. Le transcodage n'est disponible que pour les flux SPTS ; le flux source doit contenir à la fois de la vidéo et de l'audio.

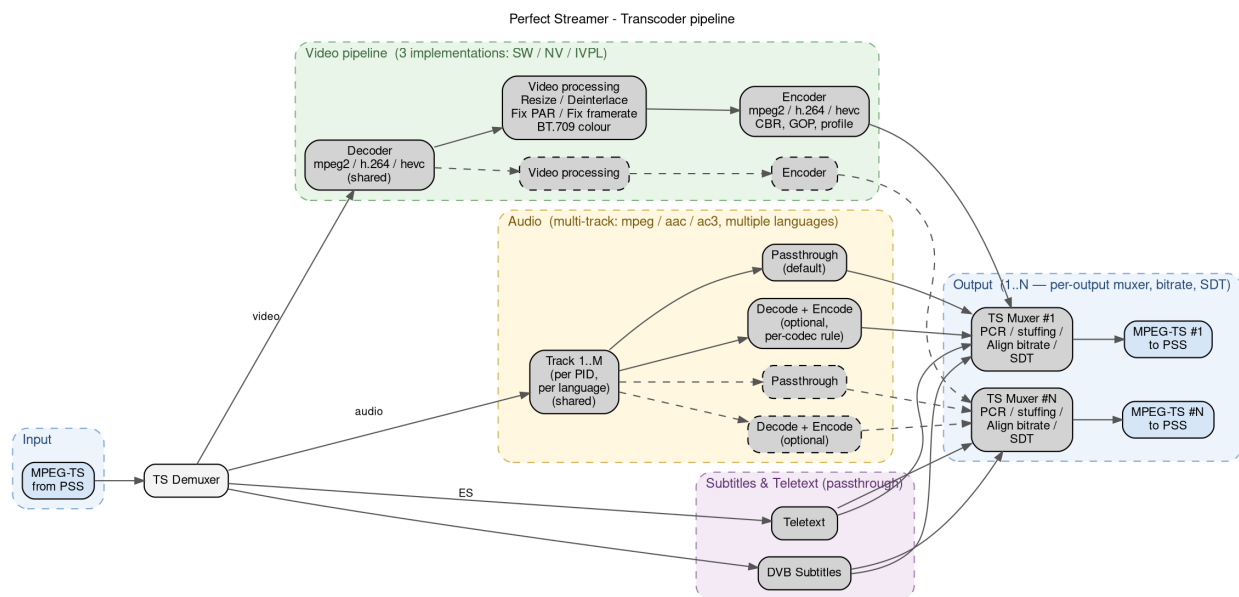


FIG.4: Architecture du transcodeur : un décodeur (commun) et N branches indépendantes « traitement + encodeur » ; les pistes audio sont traitées séparément de la vidéo, les sous-titres et le télétexte transitent sans modification.

Raccordement

Un transcodeur relie deux flux ou plus :

1. Sur le flux source, une **sortie de type transcoder** est ajoutée : c'est le décodeur. Ses réglages permettent de choisir le backend de transcodage (voir ci-dessous).
2. Sur le flux résultant, une **entrée de type transcoder** est ajoutée : c'est l'encodeur. Ses réglages permettent de choisir le décodeur source en fonctionnement (champ Decoder).
3. L'étape 2 est répétée pour chaque déclinaison supplémentaire – toutes utilisent le décodeur commun.

Ensuite, le flux résultant est un flux SPTS ordinaire : il peut être diffusé en OTT, enregistré en DVR ou fourni au multiplexeur.

Backends et codecs

Le backend est choisi sur le décodeur (champ Transcoder backend ; les valeurs sont celles de l'interface) :

Video pass-through

La vidéo transite sans réencodage, seul l'audio est transcodé. Ce mode est exécuté par le transcodeur logiciel – le paquet de transcodage logiciel doit être installé ([Transcodeurs](#)).

Software (CPU)

Transcodage logiciel sur le processeur.

NVidia (GPU)

Transcodage matériel sur les processeurs graphiques NVIDIA.

Intel VPL (GPU)

Transcodage matériel sur les processeurs graphiques Intel.

Pour les backends GPU, le périphérique est choisi par le champ GPU device selector (paramètre avancé) – utile sur les serveurs équipés de plusieurs cartes. Les paquets de transcodeurs s'installent séparément ([Transcodeurs](#)) ; les backends installés, leurs versions et les périphériques détectés sont affichés sur l'écran « À propos » ([À propos](#)).

Codecs du décodeur – MPEG-2, H.264, HEVC ; audio – MPEG (Layer 1–3), AAC, AC-3. Codecs de l'encodeur – H.264 et HEVC (l'encodeur NVIDIA ne prend pas en charge MPEG-2 ; MPEG-2 est encodé par les backends Software et Intel VPL) ; audio – MPEG Layer II et AAC.

Particularités du décodeur :

- les flux entrelacés (interlace) sont pris en charge en entrée comme en sortie ; pour H.264 et HEVC, le format interlace alterné (trames séparées) est converti en interleaved ;
- pour HEVC, le profil Main10 avec BT.709 (SDR) et BT.2020 (HDR) est pris en charge ; l'encodeur HEVC utilise toujours le profil Main avec BT.709 ;
- la fréquence d'images variable (VFR) est convertie en fréquence constante ;
- les flux dépourvus d'images IDR sont pris en charge.

Paramètres du décodeur

Ils se règlent sur la sortie de type transcoder du flux source (les intitulés sont ceux de l'interface ; tous les paramètres énumérés ci-dessous sont des paramètres avancés) :

Fix PAR (N/D), Fix framerate (N/D)

Indications servant à corriger les données du flux d'entrée — elles ne transforment pas le flux, elles rectifient les paramètres lorsque la source ne les signale pas ou les signale de façon erronée. Fix PAR — le rapport d'aspect des pixels sous forme de fraction (par exemple, 16/9 pour le Wide SD) ; Fix framerate — la fréquence d'images sous forme de fraction, si elle est absente du flux (PAL — 25/1, NTSC — 30000/1001, cinéma — 24/1).

Convert to BT.709

Conversion des formats colorimétriques SD (BT.470-2 PAL, SMPTE 170M NTSC) en BT.709.

Watchdog timeout

Délai du redémarrage du processus de transcodage par le chien de garde (watchdog).

Le processus du transcodeur tient toujours un journal détaillé — un réglage de traçage distinct n'est pas nécessaire ([Supervision](#)).

Paramètres de l'encodeur

Ils se règlent sur l'entrée de type transcoder du flux résultant :

Encoder

Codec vidéo : MPEG-2, H.264 (par défaut) ou HEVC.

Video profile (H.264)

Profil d'encodage H.264 : Main ou High.

Video bitrate (kbps)

Débit vidéo. L'encodage s'effectue toujours en mode CBR ; le débit total du flux sera supérieur en raison des pistes audio.

Resize

Redimensionnement de l'image : réduction proportionnelle par 2 ou par 4 ; conversion en SD — options SD, SD PAL et SD NTSC, toutes au format large 16 : 9 ; mise à l'échelle du SD vers le HD ; définition de la largeur ou de la hauteur (l'autre côté est recalculé proportionnellement). Une taille arbitraire n'est pas prise en charge — elle fausserait les proportions.

Deinterlace

Conversion de la vidéo entrelacée en vidéo progressive (activée par défaut ; appliquée automatiquement lors de la mise à l'échelle du SD vers le HD).

Paramètres de qualité et de structure du flux (paramètres avancés) :

GOP interval

Intervalle entre images clés, exprimé en images. La valeur par défaut est 25 — une seconde en 25p ; elle est recommandée lorsque les lecteurs se connectent au flux à un instant quelconque.

B-frames, Lookahead

Ils améliorent la qualité d'encodage ; les valeurs recommandées sont respectivement 3 et 20–50 images.

Speed preset

Préréglage de la vitesse d'encodage, de 1 à 7 : plus la valeur est faible, meilleure est la qualité et plus la charge est élevée. Valeur par défaut : 4.

Framerate resample

Décimation de la fréquence d'images par 2 ou par 4.

Encoder PMT PID, PAT/PMT interval (90kHz)

PID de la table PMT et intervalle de répétition des tables PAT/PMT dans le flux de sortie — lorsqu'il faut faire entrer le flux dans le plan du réseau.

Des combinaisons de paramètres incompatibles sont possibles — les erreurs sont visibles dans le journal du transcodeur ([Supervision](#)).

Traitement de l'audio

Par défaut, toutes les pistes audio transitent de l'entrée vers la sortie sans réencodage. Les pistes superflues sont supprimées par les filtres PID sur l'entrée du flux ([Filtrage MPEG-TS](#)).

Le réencodage de l'audio se configure par des règles, séparément pour chaque codec source (paramètres avancés) : une piste peut transiter sans modification, être réencodée (MPEG — en AAC ; AAC — en MPEG Layer II ; AC-3 — en MPEG Layer II ou AAC) ou être supprimée (valeur Skip). On définit en outre le débit audio (Audio bitrate, 128 kbit/s par défaut) et le volume du mixage réducteur 5.1 (5.1 downmix volume). Si, après application des règles, aucune piste audio ne subsiste dans le flux de sortie, l'encodeur signale une erreur dans le journal.

PCR et débit du flux de sortie

Le multiplexeur du transcodeur génère de nouvelles marques PCR cohérentes. Par défaut, le flux de sortie est en VBR : le débit total suit le débit réel de la vidéo et de l'audio, et la précision des PCR selon TR 101 290 n'est pas garantie du côté réception. Si le flux transcodé est destiné à la diffusion DVB, activez le mode CBR sur le flux récepteur — le bourrage égalisera le débit et recalculera les PCR ([Gestion du débit](#)).

Supervision

L'écran « Transcodeurs » ([Transcodeurs](#)) affiche toutes les instances : chaque ligne correspond à une instance distincte (un décodeur et les encodeurs qui lui sont raccordés) avec son état, le type de backend, le temps de fonctionnement, la charge CPU et la mémoire. La fenêtre « Instance de transcodeur » ([Instance de transcodeur](#)) détaille la source, la liste des encodeurs avec les paramètres de la vidéo de sortie, les ressources du processus ainsi que les journaux de l'exécution courante et de la précédente — le premier endroit à consulter pour diagnostiquer un problème.

La charge des périphériques GPU est affichée sur l'écran « Moniteur système » ([Moniteur système](#)). Le dépassement des seuils de charge CPU, de mémoire et de charge GPU, ainsi que l'indisponibilité du backend configuré, déclenchent des alertes ([Catalogue des codes d'alerte](#)).

1.7.9 Récepteur DVB

Perfect Streamer fonctionne avec les adaptateurs DVB installés dans le système : les standards DVB-S, DVB-S2, DVB-T, DVB-T2, DVB-C et ATSC sont pris en charge. Sont en outre implémentées la décapsulation T2-MI (ETSI TS 102 773) et le désembrouillage BISS-1 / BISS-E et CI/CAM. La condition essentielle est un pilote d'adaptateur correctement installé et fonctionnel ; l'écran « Adaptateurs DVB » ([Adaptateurs DVB](#)) est disponible dès que des périphériques DVB sont détectés dans le système. Les périphériques DVB-ASI se raccordent différemment — par une entrée de flux de type fichier pointant vers le chemin du périphérique, sans enregistrement d'adaptateur DVB.

Adaptateurs

Un adaptateur est un enregistrement qui associe un tuner physique (la paire « adaptateur/périphérique » du système) à des paramètres de réception ; lorsque le signal est verrouillé, l'adaptateur délivre le multiplex MPTS du transpondeur. Un adaptateur s'ajoute dans la fenêtre « Ajouter un adaptateur DVB » ([Éditeur d'adaptateur DVB](#)) :

- **Mode** : Stream — réception du flux ; Frontend monitor — surveillance du signal uniquement, sans lecture du flux (la valeur obsolète Scanner n'est pas utilisée). Le mode et le « Système de diffusion » sont définis à la création et ne sont plus modifiables.
- **Matériel** — le tuner est choisi dans la liste de ceux détectés dans le système ; les tuners occupés sont signalés.
- **Paramètres de réglage** — dépendent du système de diffusion : la fréquence (en MHz pour le satellite, en kHz pour le terrestre et le câble), « Débit de symboles, ksym/s », « FEC », « Modulation », « Inversion spectrale », « Stream id (ISI/PLP) » — l'identifiant de flux DVB-S2 multistream ou le PLP DVB-T2 au niveau du tuner ; pour la réception terrestre — « Largeur de bande », « Mode de transmission », « Intervalle de garde », « Hiérarchie ».

Pour les systèmes satellite, la section « LNB » est configurée : les fréquences des oscillateurs locaux (Ku universel — 9750/10600, commutation à 11700 MHz ; la polarisation circulaire et la bande C ont leurs propres valeurs), « Polarisation » (l'adaptateur commande l'alimentation du convertisseur : 18 V — horizontale, 13 V — verticale), « Port DiSEqC » et « Tonalité 22 kHz forcée ».

« Partage du LNB » désactive la commande de l'alimentation, de la polarisation et de la tonalité — celles-ci sont imposées par un autre récepteur, propriétaire du convertisseur. Ce mode est utilisé lorsque plusieurs tuners sont raccordés à un même LNB par l'intermédiaire d'un répartiteur (seules la polarisation et la bande choisies par le propriétaire peuvent être reçues), ainsi que pour répartir différents PLP d'un même transpondeur sur des adaptateurs distincts.

Les clés de désembrouillage et la liste des programmes CAM sont appliquées à la volée ; toute modification des paramètres de réglage réaccorde le frontend. Le paramètre « Export EPG » enregistre le guide des programmes du multiplex dans la base EPG du nœud ([Import EPG/XMLTV](#)).

Connexion aux flux

Le multiplex reçu est exploité de deux manières :

- **dans son intégralité** — une entrée de type dvb sur un flux MPTS : l'ensemble du transpondeur part en transit ou en remultiplexage (*Flux MPTS*) ;
- **par programmes individuels** — une entrée démultiplexeur sur des flux SPTS (*Démultiplexeur*) : le programme est sélectionné par PNR dans la liste des services détectés.

La liste des programmes de l'adaptateur indique quels programmes sont déjà consommés : la mention « Actif », assortie d'une précision — extrait en tant que programme individuel (SPTS) ou lu au sein du multiplex complet (MPTS). Tant qu'au moins un flux référence l'adaptateur, celui-ci ne peut pas être supprimé.

Balayage

Pour éviter la saisie manuelle des paramètres de réception, un scanner de transpondeurs est intégré (fenêtre « Scan DVB », *Scan DVB*). Le scanner parcourt les transpondeurs du satellite ou de la bande régionale sélectionnés, effectue le verrouillage de chacun d'eux, collecte les tables PSI/SI et constitue une liste des multiplex avec leurs programmes : PNR, nom du service, fournisseur, indicateur d'embrouillage et PID principaux. Tout multiplex trouvé se transforme en adaptateur configuré d'un seul bouton ; il est possible d'en sélectionner et d'en ajouter plusieurs à la fois.

Particularités :

- la source des fréquences est le « Catalogue » (les répertoires de satellites et de bandes régionales) ou le « Balayage à l'aveugle » sur une grille de fréquences synthétisée, avec une plage et un pas facultatifs ;
- pour le satellite, on choisit un « Préréglage LNB » (Ku universel, polarisation circulaire, bande C) ou des fréquences d'oscillateur local personnalisées ;
- le scanner monopolise entièrement le tuner physique — il faut un tuner qui ne soit occupé ni par le système ni par d'autres enregistrements actifs ; un enregistrement mis en pause libère son tuner, si bien qu'un adaptateur en service peut être suspendu temporairement puis balayé ; les tuners libres et occupés sont visibles dans la liste ;
- le scanner ne pénètre pas à l'intérieur du T2-MI : les paramètres de décapsulation se définissent ensuite, dans les réglages de l'adaptateur créé.

Décapsulation T2-MI

Le T2-MI (T2-Modulator Interface, ETSI TS 102 773) est un format de transport des flux DVB-T2 sur des liaisons de distribution, généralement satellite DVB-S/S2 (multistream compris) : le transpondeur externe achemine une ou plusieurs porteuses T2-MI, chacune encapsulant des BBFRAME contenant un ou plusieurs PLP. La décapsulation extrait le MPEG-TS interne, avec ses programmes et ses tables PSI/SI.

Perfect Streamer fonctionne en mode multi-carrier : un même adaptateur délivre simultanément le multiplex externe et toutes les porteuses T2-MI décapsulées. Les réglages (section « T2-MI ») :

« Mode T2-MI »

Off — la décapsulation est désactivée, le flux externe est transmis tel quel (lorsqu'un T2-MI est détecté dans le multiplex, le nœud le signale dans le journal) ; Manual — la décapsulation est toujours activée ; Auto — les porteuses sont détectées automatiquement d'après les tables PMT ; en leur absence, l'adaptateur fonctionne comme un multiplex ordinaire.

« T2-MI PID »

Création anticipée d'une porteuse sur un PID connu, avant l'arrivée des tables ; les autres porteuses sont malgré tout détectées automatiquement.

« T2-MI PLP »

Numéro de PLP extrait de chaque porteuse ; il n'existe pas de valeur distincte par porteuse — pour des PLP différents, on configure des adaptateurs distincts en partage de LNB. Si aucune BBFRAME portant le PLP indiqué n'arrive, le nœud inscrit dans le journal la liste des PLP observés ; celle-ci est également visible dans les statistiques de l'adaptateur. Le champ « Filtre T2-MI TSID (-1 = quelconque) » est réservé.

Les programmes des multiplex internes apparaissent dans la liste commune des programmes de l'adaptateur, assortis de la mention de leur PLP. Pour raccorder un tel programme à un flux SPTS, on utilise un PNR composé — numéro de la porteuse $\times 65536$ + PNR à l'intérieur de celle-ci ([Démultiplexeur](#)) ; la porteuse 0 correspond au multiplex externe. Les doublons de service et les flux de test présents dans les porteuses sont automatiquement marqués « [test] » et n'influent pas sur le contrôle de santé.

Désembrouillage

BISS. Désembrouilleur logiciel BISS-1 / BISS-E (section « Déchiffrement BISS »). Des paires « emplacement — clé » sont définies ; plusieurs désembrouilleurs peuvent être actifs sur un même adaptateur :

- emplacement — le numéro de programme (PNR) du multiplex externe : tous les PID du programme sont déchiffrés ;
- emplacement — le PLP d'une porteuse T2-MI : la clé s'applique à la porteuse entière, avant la décapsulation. C'est indispensable pour les flux multistream chiffrés — sans la clé, le décapsuleur rejette chaque paquet chiffré.

Le format de la clé est déterminé par sa longueur : 12 chiffres hexadécimaux — BISS-1 (les octets de contrôle sont calculés automatiquement), 16 — BISS-E. Les clés sont appliquées à la volée, sans redémarrage de l'adaptateur. Le fonctionnement d'une clé se juge aux compteurs des statistiques de l'adaptateur : une progression de « déchiffrés » — la clé fonctionne ; une progression de « clé absente » — la clé n'est pas définie ou l'est au mauvais niveau ; une progression d'« erreurs » — la clé est incorrecte.

CI/CAM. Un adaptateur équipé d'un module CAM désembrouille les programmes sélectionnés via la Common Interface (section « Déchiffrement CI/CAM ») : les numéros de programme y sont énumérés et le module les déchiffre directement dans la chaîne de réception. La liste est appliquée à la volée et ne dépend pas du système de diffusion. L'état du module, les systèmes CA pris en charge et le statut de déchiffrement de chaque programme sont visibles dans les statistiques de l'adaptateur et sur l'écran « Matériel » ([Matériel](#)) ; le retrait du module, l'absence d'abonnement et les erreurs CA déclenchent des alertes ([Catalogue des codes d'alerte](#)).

« Supprimer les CA de la sortie déchiffrée » (paramètre avancé) élimine les tables et les messages CAS des programmes déjà déchiffrés — de la même manière que le filtre de flux « Supprimer CAT / ECM / EMM » ([Filtrage MPEG-TS](#)).

Surveillance du signal

La liste des adaptateurs affiche, pour chaque adaptateur, le verrouillage du signal, le niveau, le SNR, le BER et le débit d'entrée. La fenêtre de statistiques de l'adaptateur ([Statistiques de l'adaptateur](#)) présente l'historique du signal (niveau, SNR, BER, blocs non corrigés), les métriques courantes du frontend, la liste des programmes avec leurs données média, les compteurs des porteuses T2-MI et des désembrouilleurs, l'état du module CAM ainsi que le journal ; les compteurs cumulatifs sont remis à zéro par le bouton « Réinitialiser les statistiques ». Pour surveiller l'antenne sans lire le flux, l'adaptateur est créé en mode Frontend monitor.

La perte du verrouillage, la baisse du niveau ou de la qualité du signal, l'augmentation des erreurs BER et des blocs non corrigés déclenchent des alertes à seuils configurables ([Alertes alerter](#)), les seuils se trouvent dans les paramètres de l'alerter).

Tampon de réception. « Tampon du démultiplexeur (blocs) » (paramètre avancé) définit la taille du tampon circulaire de réception, en blocs de 64 Ko. La valeur par défaut, 512 (32 Mo), couvre les scénarios de transpondeur complet DVB-S/S2 avec plusieurs consommateurs ; sur les systèmes peu chargés ou embarqués, elle peut être réduite. En cas de débordements du tampon (le compteur est visible dans les statistiques, le message dans le journal), augmentez le tampon ou réduisez le volume de données reçues — par exemple, renoncez à la lecture du multiplex complet s'il n'est pas nécessaire. Tenez compte de la mémoire : chaque adaptateur réserve « blocs × 64 Ko ».

Droits d'accès aux périphériques

Si les adaptateurs DVB n'apparaissent pas dans Perfect Streamer alors qu'ils sont présents dans le système, accordez au service les droits sur les périphériques DVB. Créez le fichier `/etc/udev/rules.d/99-dvb-permissions.rules` contenant la ligne

```
SUBSYSTEM=="dvb", GROUP="video", MODE="0660"
```

Ajoutez ensuite l'utilisateur du service au groupe video et appliquez les droits :

```
sudo usermod -aG video pss
sudo chown -R root :video /dev/dvb/*
sudo systemctl restart pss
```

Après un redémarrage du système, la règle udev applique les droits automatiquement.

1.7.10 Publication et réception RTMP

Perfect Streamer fonctionne avec RTMP et RTMPS en tant que client : il publie un flux SPTS vers un point de réception externe (l'ingest d'une plateforme vidéo ou tout récepteur RTMP) et récupère un flux depuis une source RTMP à la demande (pull). Le mode de réception des publications entrantes (push ingest, « comme sur les plateformes vidéo ») n'est pas pris en charge — pour de tels scénarios, utilisez un pont via une application externe ([Autres entrées et sorties](#)). RTMP n'est disponible que pour les flux SPTS.

Publication (sortie de type rtmp)

La sortie s'ajoute dans l'onglet « Sorties » du flux (les noms des champs sont ceux de l'interface) :

URL (rtmp(s) ://...)

L'adresse du point de réception, y compris la clé de diffusion telle que la fournit la plateforme réceptrice.

Bind interface

L'interface locale de la connexion sortante.

Client timeout

Le délai d'attente de connexion, 10 secondes par défaut.

Allow HEVC (Enhanced RTMP)

Le HEVC est publié via l'extension Enhanced RTMP (activée par défaut ; réglage supplémentaire). Pour les récepteurs ne prenant pas en charge Enhanced RTMP, désactivez-la — seul le H.264 sera alors publié.

Verify TLS certificate

Pour RTMPS : vérification du certificat du serveur (désactivée par défaut ; réglage supplémentaire).

Le format de publication est un programme unique : une vidéo H.264 ou HEVC et au plus une piste audio AAC. Une source multipiste est restreinte par les filtres PID à l'entrée du flux ([Filtrage MPEG-TS](#)) ; les pistes audio dans d'autres formats sont écartées. Si la disposition des pistes est incompatible avec RTMP, la publication n'a pas lieu — la raison est affichée dans les statistiques de la sortie ([Statistiques du flux](#)).

Réception (entrée de type rtmp)

Une entrée de type rtmp récupère un flux depuis une source RTMP par son URL : le nœud se connecte en tant que client, le flux reçu est remultiplexé en MPEG-TS et traverse la chaîne de traitement SPTS habituelle ([Chaîne de traitement](#)). Les réglages sont les mêmes : URL (rtmp(s) ://...), Bind interface, Client timeout et Verify TLS certificate pour RTMPS.

1.7.11 Autres entrées et sorties

Détails de configuration des entrées et sorties brièvement énumérées dans l'aperçu des protocoles ([Autres entrées et sorties](#)) : réception depuis des sources RTSP et via HLS/HTTP, utilisation des fichiers et des périphériques, canaux nommés et pont vers des applications externes. Les noms des champs sont ceux de l'interface.

Entrée RTSP

Réception d'un flux vidéo depuis des sources RTSP — caméras IP et serveurs RTSP. Le nœud ouvre une session RTSP, lit les flux élémentaires et les remultiplexe dans le MPEG-TS interne ; le flux traverse ensuite la chaîne de traitement SPTS habituelle. Si la source ne comporte aucune piste audio, une piste MPEG-1 Layer II silencieuse est ajoutée — la chaîne de traitement exige au moins une piste audio. RTSP est une source monoprogramme, disponible uniquement pour les flux SPTS.

Paramètres :

- URI ([rtsp://...](#)) — l'adresse complète de la session ; Login et Password — les identifiants, si le serveur exige une autorisation ;

- Transport — le transport RTP à l'intérieur de RTSP : UDP (par défaut ; faible latence, sensible aux pertes), TCP (traverse le NAT et les pare-feu) ou tunnel HTTP (pour passer à travers un proxy HTTP) ;
- User-Agent et Cookies (paramètres avancés) — pour les serveurs à autorisation non standard ;
- Client timeout — le délai d'ouverture et de lecture, 10 secondes par défaut.

Entrée HLS / HTTP

Réception de MPEG-TS sur HTTP : liste de lecture HLS classique ou transfert HTTP continu. Par défaut, le mode est déterminé automatiquement d'après le type de contenu de la réponse ; si nécessaire, il est défini explicitement. Pour une liste de lecture adaptative, la première variante de la master playlist est retenue par défaut ; le numéro de variante peut être indiqué explicitement (paramètre avancé). Sont pris en charge l'autorisation par login et mot de passe, les Cookies et un User-Agent personnalisé, ainsi que les listes de lecture redirigeant vers la liste de lecture d'une nouvelle session. L'entrée n'est disponible que pour les flux SPTS ; pour le MPTS, utilisez UDP / RTP / TCP, un fichier ou un adaptateur DVB.

Fichiers et périphériques

Le type file sert à la fois d'entrée et de sortie :

- **Sortie** — enregistrement dans un fichier TS (par exemple, en vue d'un diagnostic ultérieur par des analyseurs externes) ou sortie vers un périphérique : n'importe quel périphérique de /dev, y compris les cartes SDI et ASI. Pour un périphérique, activez l'indicateur `Is device node`.
- **Entrée** — lecture en boucle depuis un fichier TS ou capture depuis un périphérique (par exemple, réception DVB-ASI — [Récepteur DVB](#)).

Le chemin est défini par le champ File path — le chemin complet vers le fichier ou le périphérique.

Canaux nommés (pipe)

Lecture depuis un canal nommé (FIFO) existant et écriture dans celui-ci. À la différence du type std, le nœud ne lance pas de processus fils : le programme externe source ou destinataire doit être démarré indépendamment et maintenir le canal ouvert de son côté. Le champ FIFO path (empty = auto) définit le chemin vers un FIFO existant (créé, par exemple, par la commande `mkfifo`) ; si la valeur est vide, le nœud crée lui-même le FIFO et lui attribue un chemin automatiquement (le chemin est visible dans les statistiques de l'entrée ou de la sortie). Disponible pour SPTS et MPTS.

Applications externes (std)

Le type std est un pont vers les protocoles non pris en charge par les moyens intégrés : le flux MPEG-TS est reçu et transmis via les flux d'entrée-sortie standard d'une application console tierce, que le nœud lance et supervise lui-même (en la relançant lorsqu'elle se termine).

Contrat de l'application :

- **entrée** — l'application écrit le MPEG-TS sur stdout ; n'émettez les messages de diagnostic que sur stderr — stdout est réservé au flux ;
- **sortie** — l'application lit le MPEG-TS depuis stdin ; le paramètre Packets per write définit le regroupement des écritures (1–16 paquets TS par opération, paramètre avancé).

Paramètres : Command (absolute path) — le chemin absolu vers l'application ; Arguments — la ligne de commande (les guillemets préservent les espaces à l'intérieur d'un argument, la barre oblique inverse échappe les caractères) ; Env names et Env values — les paires de variables d'environnement transmises à l'application.

1.7.12 EPG/EIT

Le nœud tient à jour une base de données EPG — le guide des programmes constitué à partir des flux reçus et de sources XMLTV externes. Les données de cette base sont utilisées par plusieurs sous-systèmes : génération des tables EIT dans les flux SPTS ([Générateur EIT](#)), lecture de l'archive DVR selon le guide des programmes ([Lecture de l'archive \(VOD\)](#)) et diffusion du guide vers des systèmes externes — boîtiers décodeurs et middleware OTT ([EPG pour middleware OTT](#)).

Import EPG/XMLTV

La base EPG est alimentée par trois types de sources :

- **EIT issu des flux reçus** — le paramètre « Extraire l'EIT vers la base de données EPG » du flux (SPTS et MPTS, [Modification du flux](#)) ;
- **EIT issu des adaptateurs DVB** — le paramètre « Export EPG » de l'adaptateur ([Récepteur DVB](#)) ;
- **sources XMLTV externes** — via un lien vers une ressource web ou depuis un fichier local.

L'EIT extrait des flux et des adaptateurs DVB s'accumule dans une source intégrée commune, « flux-import » ; chaque source XMLTV externe tient sa propre base. L'identifiant de chaîne est unique au sein de sa propre source ; les noms des chaînes et les textes des événements sont conservés en plusieurs langues.

Configuration des sources

Les sources se configurent sur l'écran « Paramètres EPG » ([Paramètres EPG](#)). L'onglet « Import » regroupe les paramètres généraux : « Activer l'import », « Conserver l'historique, jours » (profondeur de conservation des événements passés) et « Nettoyage automatique des chaînes orphelines » (suppression des chaînes pour lesquelles il ne reste plus aucun événement).

Les sources XMLTV externes s'ajoutent sur l'onglet « Sources » : le nom, « URL / chemin de la source », « Activé », « Intervalle de mise à jour, s » (une fois par heure par défaut), « Encodage du contenu » (détection automatique ou GZip forcé), les identifiants de connexion et les Cookies pour les sources web à accès restreint, « Conserver la copie téléchargée » pour le diagnostic.

Base de données EPG

Le guide des programmes accumulé se consulte sur l'écran « Base de données EPG » ([Base de données EPG](#)). L'onglet « Base de données » permet de sélectionner la source et donne accès à la recherche de chaînes ainsi qu'à un filtre par ensemble de chaînes ; la grille d'une chaîne se feuillette par jour et l'émission en cours est mise en évidence. Pour chaque chaîne, il est possible de modifier :

- « Nom de la chaîne » — le nom utilisé pour l'export XMLTV ;
- « Fuseau horaire » — si les heures des événements n'ont pas été rapportées à UTC lors de l'import ;
- « URL de l'icône » — l'icône de la chaîne ;

- « Ensembles de chaînes » — l'appartenance aux ensembles distribués aux consommateurs externes (*EPG pour middleware OTT*).

Les modifications manuelles peuvent être écrasées lors de la prochaine mise à jour de la source — l'interface web en avertit.

L'onglet « État des sources » indique la progression de l'import : l'heure de la dernière et de la prochaine mise à jour, le nombre de chaînes et d'événements, les erreurs ; le bouton « Mettre à jour maintenant » lance la mise à jour de la source immédiatement, sans attendre l'échéance planifiée.

Générateur EIT

Le générateur EIT insère dans le flux SPTS les tables du guide des programmes issues de la base EPG du nœud — aussi bien l'émission en cours et la suivante que la grille complète. Cela permet de constituer un signal DVB complet pour les flux dont la source ne transporte pas d'EIT : le guide des programmes est repris de n'importe quelle source de la base EPG (*Import EPG/XMLTV*).

La génération s'active dans la section « Générer l'EIT à partir de l'EPG » de l'onglet « Flux » de l'éditeur de flux : on y sélectionne la « Source EPG » et le « Canal EPG » (*Modification du flux*). Si la source ne transporte pas de SDT, la table de description de service est générée automatiquement en même temps que l'EIT. L'état du générateur est affiché dans la fenêtre de statistiques du flux, section « Génération EIT » : le nombre d'événements, l'heure de la dernière mise à jour et les erreurs de la source EPG.

Particularités :

- L'insertion des tables modifie la composition des paquets du flux : pour assurer la conformité à TR 101 290 en sortie, activez le mode CBR (*Gestion du débit*).
- Si la source transporte déjà son propre EIT, celui-ci peut être supprimé par le filtre « Supprimer EIT » et remplacé par l'EIT généré (*Filtrage MPEG-TS*).
- Lors de l'assemblage d'un multiplex, l'EIT des programmes participants — y compris celui qui a été généré — est repris par le multiplexeur ; les identifiants des tables sont alignés sur le plan du multiplex (*Génération des tables*).
- Le guide des programmes inséré par le générateur sert également à la lecture de l'archive DVR par événement (*Lecture de l'archive (VOD)*).

EPG pour middleware OTT

Le programme des émissions issu de la base de données EPG est fourni aux systèmes externes — boîtiers décodeurs, applications et middleware OTT — de deux manières : sous forme de document XMLTV complet distribué par le serveur EPG dédié, et sous forme de programme quotidien d'une chaîne en JSON distribué par l'API HTTP du nœud.

Distribution XMLTV

XMLTV est distribué par un serveur EPG intégré distinct. Il s'active sur l'écran « Serveur EPG » (*Serveur EPG*) : « Activer le serveur EPG », le port HTTP (43973 par défaut), le cas échéant HTTPS avec un certificat (port 43983 par défaut) et le « Nom d'hôte ».

L'accès s'effectue par comptes (onglet « Comptes » de l'écran « Paramètres EPG », *Paramètres EPG*) : identifiant et mot de passe, « Ensemble de chaînes », « Date d'expiration », « IP autorisée » et l'indicateur « En pause ». Le contenu distribué est déterminé par l'ensemble de chaînes :

- les ensembles sont créés dans l'onglet « Ensembles de chaînes » ;

- les chaînes sont incluses dans les ensembles depuis la base de données EPG ([Base de données EPG](#)) ; une chaîne peut appartenir à plusieurs ensembles ;
- un seul ensemble est attribué à un compte — sans ensemble, la distribution est vide.

Le document est accessible au chemin /xmltv (et /xmltv.gz — le fichier compressé) ; l'autorisation s'effectue par HTTP Digest ou via les paramètres de requête. Les heures des émissions sont fournies avec le fuseau horaire de la chaîne ; seuls les événements en cours et à venir figurent dans le document. Si un même identifiant de chaîne provient de sources différentes, la chaîne n'est fournie qu'une seule fois et l'omission est signalée dans le journal.

Programme quotidien en JSON

Pour les interfaces middleware, le nœud fournit le programme d'une chaîne pour une journée par une seule requête à l'API HTTP au format JSON (l'autorisation est la même que pour les autres requêtes de l'API) :

```
GET /data/epg/channel?src=<source>&ch=<chaîne>&lang=<langue>&t=<heure>
```

La réponse est la liste des événements de la journée (en UTC) qui contient l'heure t : début, fin, titre et description de chaque émission dans la langue demandée ; si la traduction est absente, la langue par défaut est utilisée, puis toute langue disponible. Une journée vide constitue une liste vide valide. Les réponses sont mises en cache par le serveur et actualisées automatiquement à l'arrivée de nouvelles données EPG.

Le cache intégré est prévu pour environ un millier de clients simultanés ; pour les installations plus importantes, il est recommandé de placer aussi bien la distribution XMLTV que la distribution JSON derrière un proxy inverse à cache ou un CDN.

La lecture de l'archive DVR à partir d'un événement du programme des émissions (paramètre epg dans l'URL de lecture) est décrite dans [Lecture de l'archive \(VOD\)](#).

1.8 Interface web

L'interface web est le principal moyen de gérer un nœud Perfect Streamer et de le superviser. Cette section constitue l'aide contextuelle : sa structure reproduit celle de l'interface web, et chaque écran ainsi que chaque boîte de dialogue importante possède sa propre section, vers laquelle mène le bouton d'appel de l'aide.

La section décrit la destination de chaque écran et son lien avec le reste de la documentation. La signification des différents champs et les règles de saisie sont indiquées directement dans l'interface (brèves info-bulles près des champs), tandis que les concepts sous-jacents aux réglages sont exposés dans les sections thématiques du manuel auxquelles il est renvoyé.

1.8.1 Accès et rôles

L'interface web s'ouvre dans un navigateur à l'adresse du nœud et au port du serveur web : par défaut `http ://<adresse> :8808` (ou `https ://<adresse> :43981` lorsque TLS est activé). Deux interfaces sont disponibles : la nouvelle (principale) et la classique, accessible par le chemin /classic. La première connexion, les ports des services et le changement du mot de passe par défaut sont décrits dans la section [Réglages initiaux](#).

La connexion s'effectue avec un identifiant et un mot de passe (authentification Digest). Les droits sont déterminés par le rôle du compte :

Admin

Accès complet : configuration des flux et des services, administration, consultation.

Restricted admin

Consultation et mise en pause — d'un flux, d'une de ses entrées ou sorties et d'un adaptateur DVB.

Viewer

Consultation de l'état uniquement : ce rôle ne dispose d'aucun bouton de pause.

Le rôle détermine aussi l'ensemble des écrans. Seul l'administrateur a accès à « Utilisateurs / Identifiants » et « Paramètres EPG », à tout le groupe « Administration » et, dans « Supervision », à « Journaux » et « Alertes » ; les autres écrans s'ouvrent dans les trois rôles. La restriction ne joue pas uniquement dans le menu : un lien direct vers un écran fermé affiche la page « Accès refusé ». À l'intérieur des écrans accessibles à tous, les actions qui modifient la configuration ne sont pas désactivées, elles ne sont tout simplement pas affichées — un rôle sans droits ne les voit pas.

Le nœud ne transmet le flux des alertes qu'à l'administrateur. C'est pourquoi, dans les deux autres rôles, tous les indicateurs d'alarme de l'interface restent vides : les marques d'alerte sur les lignes des flux, les points sur les graphes et les fiches, la couleur d'état issue d'une alerte. La supervision continue pourtant de fonctionner — seul le canal des alertes est fermé ([Alertes](#)).

La gestion des comptes et des rôles s'effectue sur l'écran [Serveur web et comptes](#).

Connexion

Le formulaire de connexion s'affiche avant le chargement de l'application et demande un identifiant et un mot de passe. Après une connexion réussie, le dernier écran consulté est rouvert. Le changement du mot de passe par défaut est obligatoire à la première connexion (voir [Réglages initiaux](#)).

1.8.2 Structure de l'interface

À gauche se trouve le menu de navigation, groupé par sections ; en haut, la barre regroupant les éléments communs. Le menu fonctionne dans deux zones, commutées depuis la barre supérieure :

- **Nœud** — gestion et supervision du nœud courant. Trois groupes de menu :
 - [Supervision](#) — état des flux, des clients, du matériel et des services ;
 - [Configuration](#) — utilisateurs et EPG ;
 - [Administration](#) — services serveur, stockages, licence, maintenance.
- **Meshwork** — écrans de synthèse du réseau de nœuds : la carte, les liaisons et le catalogue de ressources partagé (voir [Meshwork](#) et la section [Meshwork](#)).

La composition du menu dépend du rôle et de ce qui est présent sur le nœud. Une entrée pour laquelle les droits manquent n'est pas affichée. « Adaptateurs DVB » et « Matériel » apparaissent selon les périphériques détectés, et non selon ceux qui sont configurés. Les autres entrées conditionnelles ne dépendent pas du matériel mais des objets eux-mêmes : « DVR » exige au moins un stockage, « Transcodeurs » au moins une instance de transcodeur, « Flux de test » une entrée de test en fonctionnement.

Les listes se manipulent de la même façon dans toute l'interface. Dans les listes de configuration — entrées et sorties d'un flux, identifiants, serveurs de facturation, sources, ensembles de chaînes et comptes EPG, stockages DVR, comptes du serveur web — un clic n'importe où sur la ligne ouvre son éditeur, comme le bouton « Modifier » en fin de ligne ; un clic sur un élément imbriqué (pause, suppression, bouton de la bibliothèque) n'exécute que l'action de cet élément. Dans les listes de supervision, un clic sur la ligne déploie les détails, et la ligne dépliée est signalée par une mise en évidence et une bande sur le bord gauche. L'utilisation au clavier est décrite dans [Utilisation au clavier](#).

Barre commune

Outre le commutateur de zone, la barre supérieure propose : l'indicateur de temps de fonctionnement, la cloche des alertes (réservée au rôle administrateur ; menant à l'écran [Alertes](#)), la liste des raccourcis clavier, le bouton d'appel de l'aide, le sélecteur de langue, le commutateur d'ouverture des nœuds voisins, le commutateur de thème et la déconnexion. Le commutateur d'ouverture des nœuds affiche sa valeur courante — « Nouvel onglet » ou « Onglet courant » (info-bulle « Ouvrir les nœuds dans ») — et s'applique partout où l'interface mène à l'administration d'un autre nœud.

1.8.3 Utilisation au clavier

L'interface peut s'utiliser sans souris. La première pression sur Tab fait apparaître, sur n'importe quel écran, le bouton « Aller au contenu » : il déplace le focus dans la zone de l'écran en contournant la barre supérieure et le menu. L'élément sous le focus est toujours entouré d'un cadre ; lors du travail à la souris, le cadre n'apparaît pas.

Quatre combinaisons fonctionnent sur n'importe quel écran :

Touches	Action
?	Ouvrir la fenêtre « Raccourcis clavier ».
/	Placer le curseur dans le champ de recherche de l'écran. Ce champ existe sur les écrans « Flux », « Clients », « Base de données EPG », « Journaux » et « Chaîne de traitement » ; sur les autres, la touche reste au navigateur et sa propre recherche dans la page fonctionne.
Alt+N	Passer au menu de navigation, sur l'élément courant.
Alt+M	Passer au contenu de l'écran.

Tant que le curseur se trouve dans un champ de saisie et tant qu'une boîte de dialogue est ouverte, ces combinaisons n'agissent pas : les caractères sont saisis et le clavier appartient à la fenêtre. Alt+N et Alt+M sont déterminées par la position de la touche et fonctionnent donc aussi sur les dispositions où Alt+N produit un signe diacritique.

Une liste de données constitue un seul arrêt de Tab : on y entre une fois, puis on se déplace avec les flèches. Les touches ↑ et ↓ passent d'une ligne à l'autre, Home et End — à la première et à la dernière, Enter ou la barre d'espace ouvrent ou déplient une ligne, → et ← la déplient et la replient. Tab à l'intérieur de la liste parcourt les boutons de la ligne courante puis quitte la liste entièrement ; la position du curseur est mémorisée, y compris après un clic de souris. Le simple déplacement du curseur n'ouvre rien : c'est par Enter qu'une ligne devient celle sur laquelle portent les actions de l'en-tête.

Là où l'ordre des lignes se définit par glisser-déposer, le même déplacement s'effectue par les combinaisons Alt+↑ et Alt+↓ — dans la liste « Flux », dans la liste « Serveurs de facturation » ([Utilisateurs / Identifiants](#)) et dans la fenêtre « Programmes » ([Programmes](#)). Le nouvel ordre est enregistré aussitôt ; en cas de refus, la ligne revient à sa place. Contrairement au glisser-déposer, le déplacement au clavier reste disponible sur un écran étroit.

Sur le canevas d'un graphe ([Chaîne de traitement](#), [Topologie](#), [Paires du nœud](#)), les flèches ne parcourent pas les lignes mais déplacent l'image ; + et – modifient l'échelle, 0 ajuste le graphe entier.

Dans toute boîte de dialogue, Esc ferme la fenêtre, Tab parcourt ses éléments en boucle et ne conduit pas hors de la fenêtre, et après la fermeture le focus revient sur l'élément depuis lequel la fenêtre a été ouverte.

La fenêtre « Raccourcis clavier » s'ouvre par la touche ? et par le bouton de la barre commune. Sur un écran étroit, ce bouton n'existe pas, mais les combinaisons elles-mêmes fonctionnent : avec un clavier connecté, la fenêtre s'appelle par la touche. Elle énumère les combinaisons en quatre groupes — « Partout », « Dans

une liste », « Sur une ligne déplaçable » et « Dans une boîte de dialogue » — et rappelle que sous macOS la touche  Option remplace Alt. Les libellés des touches dans la fenêtre ne sont pas traduits.

1.8.4 Fonctionnement de l'aide contextuelle

L'aide est appelée depuis l'interface et ouvre la section correspondant au contexte courant :

- pour un **écran**, l'aide s'ouvre par le bouton d'aide commun et mène à la section de cet écran ;
- pour une **boîte de dialogue**, l'aide est appelée par le bouton « ? » de la boîte elle-même et mène à la section de cette boîte.

Chaque écran et chaque boîte de dialogue importante possède sa propre section d'aide ; le passage depuis l'interface mène donc toujours à la description de ce qui est précisément ouvert à l'écran.

Supervision

Le groupe **Supervision** de la zone « Nœud » réunit les écrans d'observation du nœud courant : état des flux, des clients, du matériel et des services. Ces écrans se rafraîchissent automatiquement. La plupart d'entre eux se contentent d'afficher les données, mais certains permettent aussi d'agir sur l'objet : « Flux » — créer et configurer des flux, « Adaptateurs DVB » — ajouter, configurer et scanner un adaptateur, « Base de données EPG » — modifier une chaîne. La configuration des services, des comptes et des stockages est placée dans les groupes [Configuration](#) et [Administration](#).

L'écran central du groupe — « Flux » — est traité dans une section distincte [Flux](#).

Vue d'ensemble du nœud

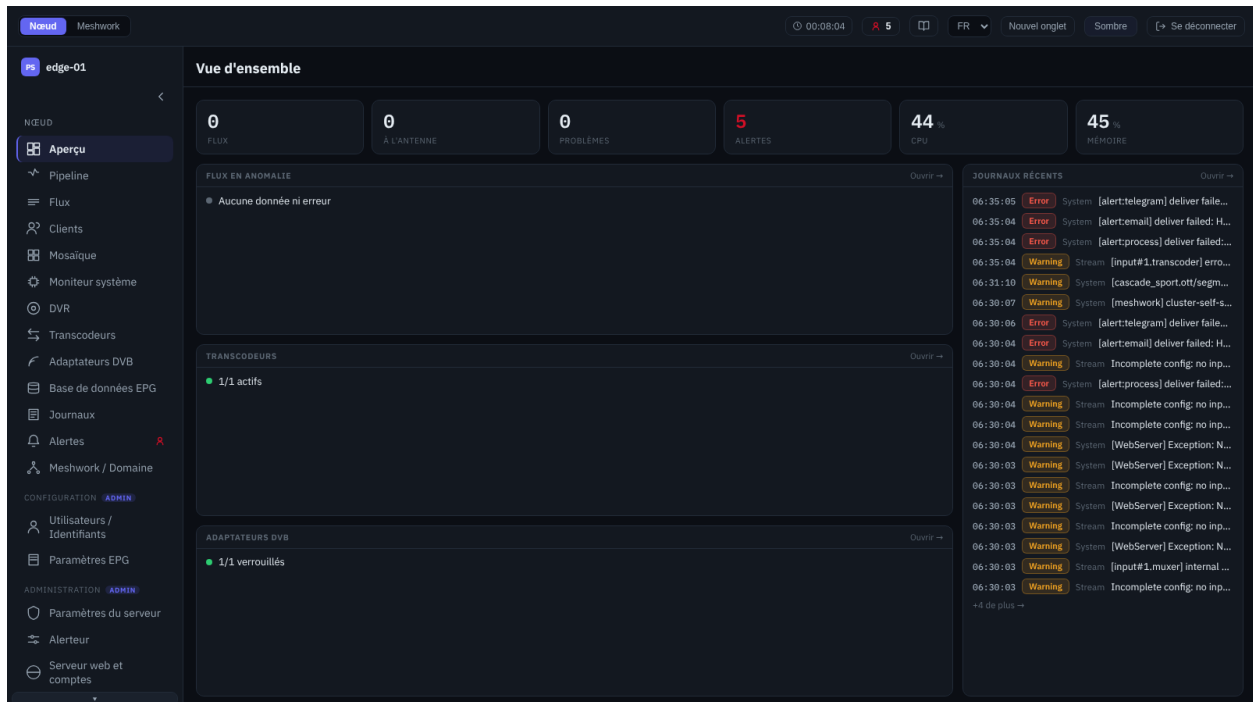


FIG.5: Vue d'ensemble du nœud.

Tableau de bord de démarrage du nœud. La bande supérieure regroupe les tuiles des indicateurs clés : le nombre de flux et, parmi eux, ceux « À l'antenne », le compteur « Problèmes », les « Alertes » actives (dans le rôle d'administrateur), la charge CPU et mémoire. En dessous se trouvent les panneaux des sous-systèmes en défaut : « Flux en défaut », « Transcodeurs », « Adaptateurs DVB » et (pour l'administrateur) « Journaux récents » ; chacun énumère les objets défaillants ou un bref résumé « normal » ; l'en-tête du panneau mène à l'écran correspondant. Tout en bas se trouve la bande « Favoris » avec les graphiques de signal des adaptateurs DVB et les tuiles de mosaïque épinglées (l'épinglage se fait sur leurs écrans respectifs). L'évaluation de la charge du nœud est détaillée sur l'écran [Moniteur système](#).

Chaîne de traitement

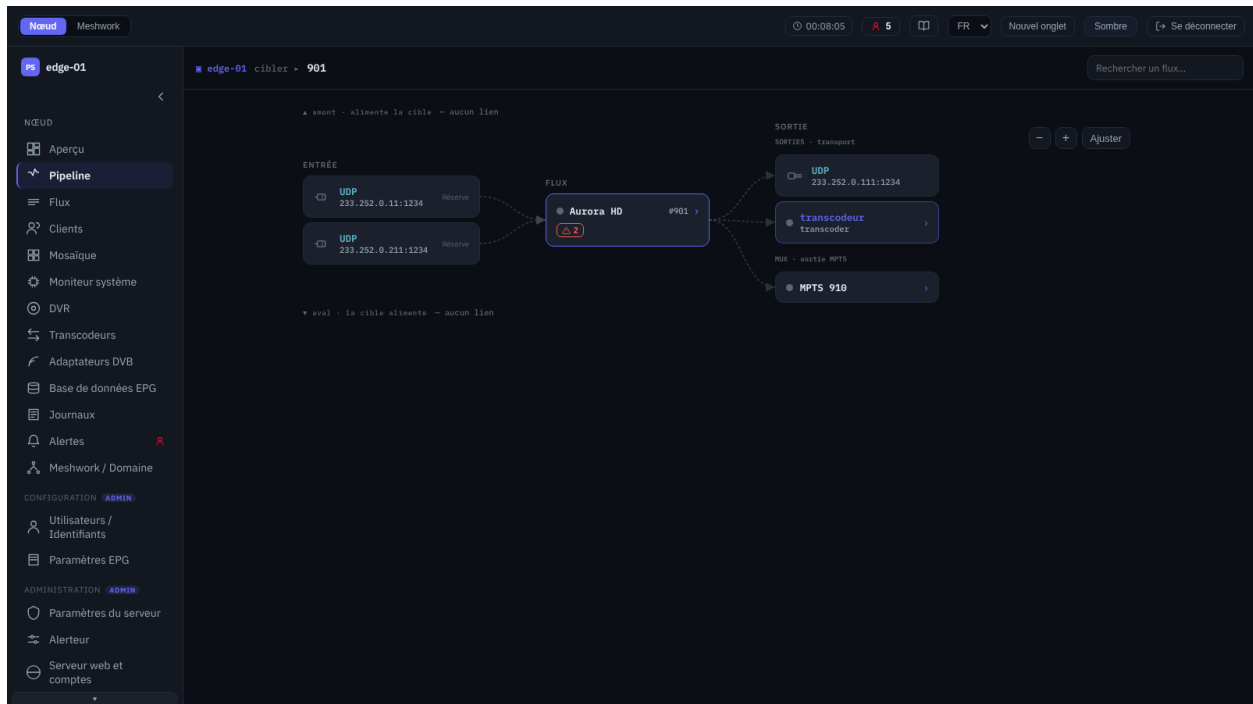


Fig.6: Graphe de la chaîne de traitement : flux unique (SPTS).

Graphe de traitement d'une entité sélectionnée : comment les sources, le flux et les sorties sont reliés en une seule chaîne de traitement (ENTRÉE → FLUX → SORTIE). La vue du focus est choisie selon le type : flux SPTS ou MPTS (avec affichage des programmes entrants et sortants du multiplex ; la liste des flux – [Flux](#)), [Ensembles adaptatifs](#), transcodeur ([Transcodeurs](#)) ou adaptateur DVB ([Adaptateurs DVB](#)). On passe d'une entité à l'autre par les flèches vers les voisins, par la recherche par nom ou depuis d'autres écrans ; le focus courant est conservé dans l'adresse (un lien direct peut être communiqué). Un bloc distinct rassemble les retransmissions locales du nœud (peer), tandis que les « portes » vers les nœuds voisins ouvrent leur interface d'administration sur le même focus. Les fiches du transcodeur – celle de l'entrée comme celle de la sortie – conduisent au graphe de ce transcodeur ; pour l'entrée, un décodeur doit être défini à cet effet. Les fiches des entrées et des sorties dans les transports du catalogue commun du domaine comportent un bouton « Afficher dans la bibliothèque » ([Bibliothèque – ce flux](#)). Le graphe n'affiche que les flux et les IO actifs ; les entrées et les sorties suspendues n'y figurent pas. Le modèle de transmission est décrit dans [Modèle de transmission : Stream, Sender, Receiver, Peer](#), le traitement du flux sur le nœud – dans [Streamer : détails d'implémentation](#), les multiplex MPTS – dans [Flux MPTS](#).

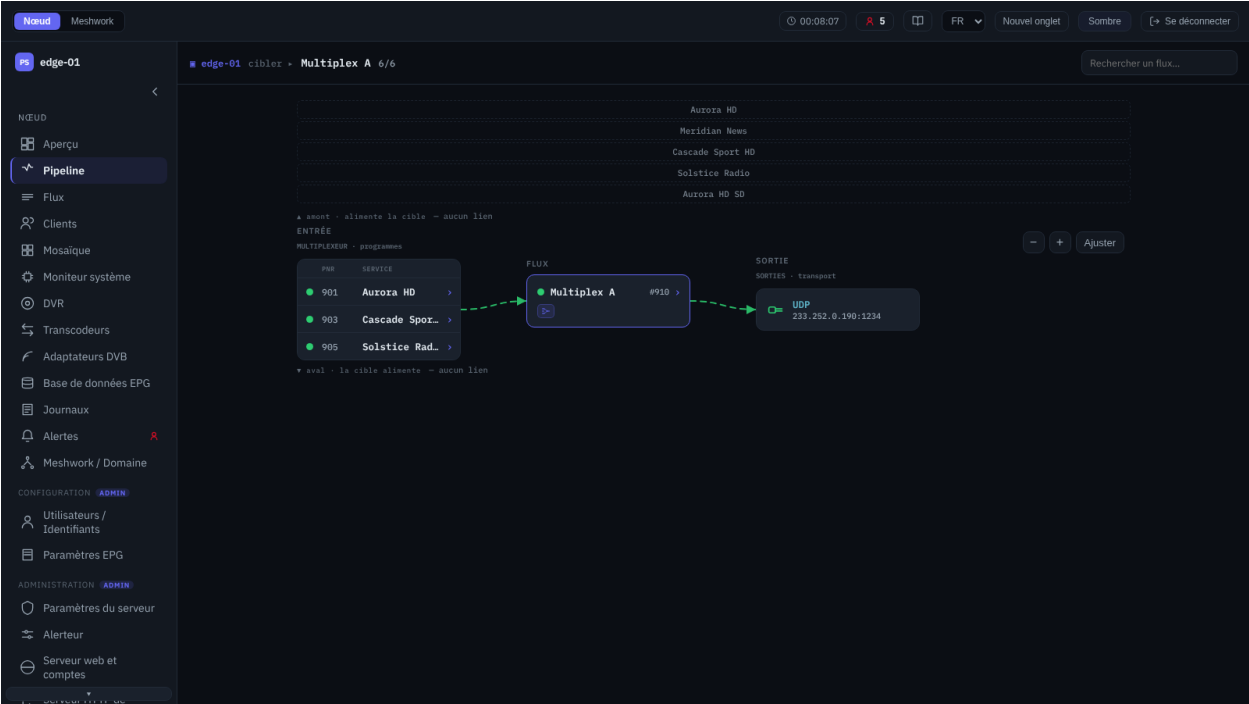


FIG.7: Graphe de la chaîne de traitement : multiplexeur MPTS.

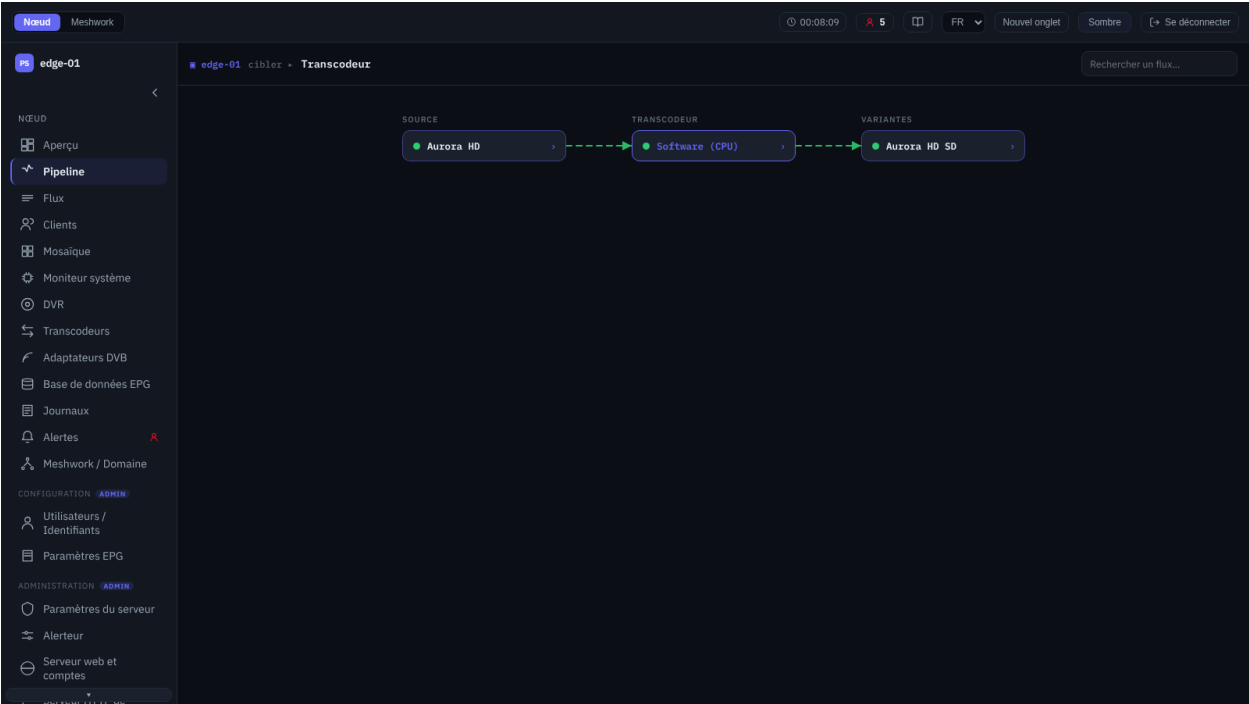


FIG.8: Graphe de la chaîne de traitement : transcodeur.

Clients

Liste des destinataires connectés, répartie en onglets par protocole de diffusion : « HTTP / OTT », « SRT », « PS1 » et « RIST » ; chaque onglet porte un compteur en direct des sessions actives. Les colonnes utiles à l'exploitation sont affichées : le client (avec une marque d'origine — « Identifiant local » ou « Facturation externe »), l'adresse, le flux, l'identifiant, pour SRT — le mode (caller/listener), les pertes et le RTT, pour OTT — le type de session et la « Qualité » de diffusion, l'heure de connexion. La recherche fonctionne sur la liste (nom, identifiant, adresse), les listes longues sont paginées. Le déploiement d'une ligne ouvre l'ensemble complet des compteurs de diagnostic de la session, mis à jour en temps réel. L'administrateur dispose de l'action « Déconnecter » — elle met fin à toutes les sessions de l'identifiant sélectionné. Les protocoles de transmission sont décrits dans [Protocoles Peer de transmission fiable](#), la diffusion OTT — dans [OTT et DVR](#), les comptes des destinataires — sur l'écran [Configuration \(2. Comportement des clients\)](#).

Mosaïque

Mur de prévisualisation : vignettes d'images en direct — une tuile par flux SPTS actif et par programme d'un MPTS actif (les programmes du multiplex sont marqués d'une icône). La grille s'adapte à la largeur de l'écran, la taille des tuiles se règle par l'élément « Taille » (1, 1/2, 1/3). Les flux suspendus et les flux arrêtés n'apparaissent pas dans la mosaïque. Un clic sur une vignette ouvre l'image agrandie ; l'étoile permet d'épingler la tuile dans les « Favoris » de l'écran [Vue d'ensemble du nœud](#).

Image originale

Fenêtre d'affichage agrandi de l'image sélectionnée dans sa résolution d'origine — pour un contrôle visuel détaillé de l'image. À l'intérieur de la fenêtre, on fait défiler les tuiles voisines de la mosaïque.

Moniteur système

État du serveur présenté sous forme de cartes : « CPU » (charge globale et part du processus PSS, nombre de cœurs), « Mémoire » (utilisée et part de PSS, volume en Go), « Réseau » (par interface — réception/émission et charge du lien, les VLAN étant imbriqués sous l'adaptateur physique) et les cartes d'accélération matérielle (NVIDIA — GPU/mémoire/décodeur/encodeur, Intel VPL). En dessous figurent les graphiques des indicateurs dans le temps. Sur les nœuds équipés de tuners DVB, une section distincte affiche les graphiques de qualité du signal des frontends ([Surveillance du signal](#)). Cet écran aide à évaluer la marge de charge ; les recommandations de réglage des ressources figurent dans [Optimisation du fonctionnement du nœud](#), la collecte externe de métriques — dans [Connexion de systèmes de supervision externes](#).

Moniteur DVR

Observation de l'enregistrement DVR par stockage (en lecture seule). Pour chaque stockage sont indiqués : le remplissage par rapport à la cible de nettoyage (barre avec repère de cible), les volumes (utilisé, libre, total, taille de l'archive ventilée en TS/MP4), l'indicateur « Pression sur le disque », la tâche d'arrière-plan en cours et le nombre de flux rattachés ; les alertes actives du stockage sont affichées à côté. Le déploiement montre ligne par ligne les flux de l'archive (enregistrement en cours / inactif, profondeur de conservation, volume accumulé, latences de lecture/écriture) ainsi que le diagnostic de la maintenance (collecte des répertoires orphelins, rognage sous pression disque). Pour un flux, la fenêtre [Statistiques du flux](#) s'ouvre ; l'administrateur dispose en outre du nettoyage de l'archive d'un flux particulier et de la commande générale « Nettoyer les archives orphelines ». La configuration des stockages eux-mêmes se fait sur l'écran [Stockages DVR](#) ; l'enregistrement et la lecture de l'archive sont décrits dans [OTT et DVR](#) et [DVR : archive du flux](#).

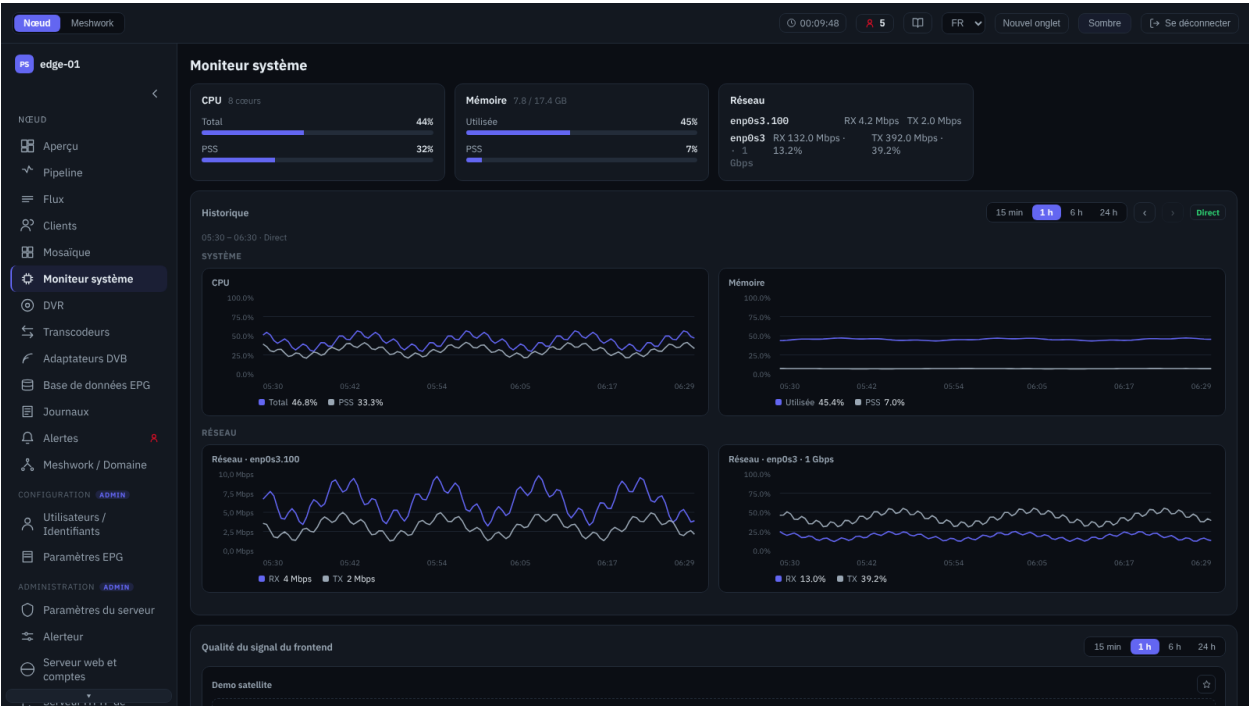


FIG.9: Moniteur système.

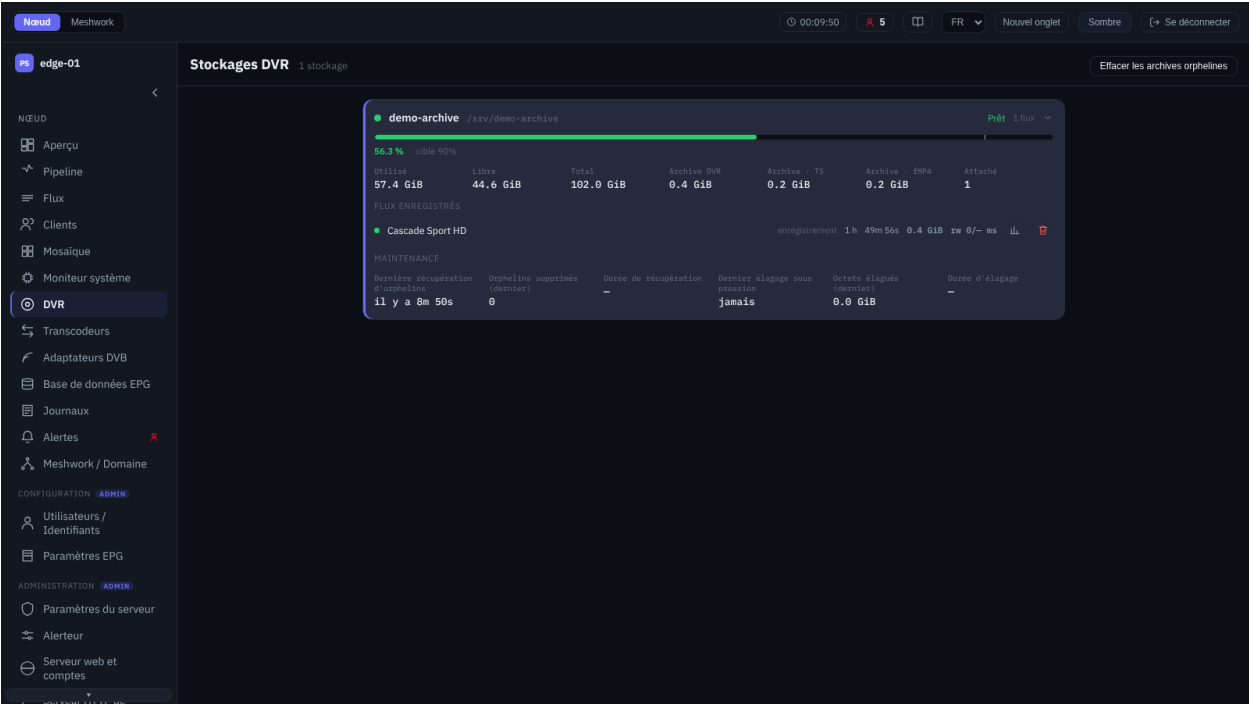


FIG.10: Moniteur des stockages DVR.

Transcodeurs

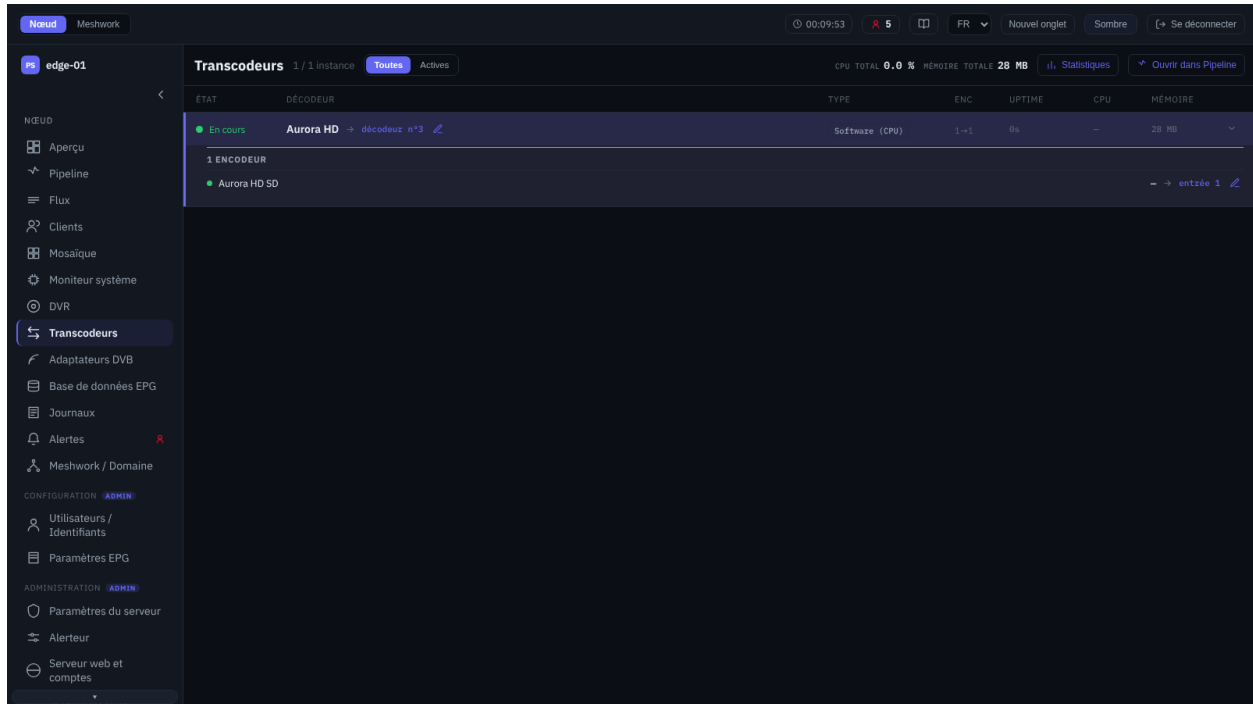


FIG.11: L'écran « Transcodeurs ».

Liste des instances de transcodeur actives du nœud, avec le filtre « Tous / Actifs ». L'en-tête affiche la charge cumulée « CPU total » et « Mémoire totale », ainsi que les actions sur l'instance sélectionnée : « Statistiques » et « Ouvrir dans la chaîne de traitement » (*Chaîne de traitement*). Par ligne — l'état, le décodeur (source), le type, le nombre d'encodeurs, la durée de fonctionnement, le CPU et la mémoire ; le déploiement montre les encodeurs avec leurs paramètres de sortie (codec vidéo, résolution, fréquence d'images/balayage, codecs audio, débit réel). Les étiquettes de la chaîne de traitement ouvrent les statistiques du flux correspondant. L'administrateur dispose, au niveau du décodeur et de chaque encodeur, d'un bouton de configuration : il ouvre l'éditeur du flux correspondant par-dessus la liste (*Configurer le flux*). Les possibilités et la configuration du transcodage sont décrites dans *Transcodeurs*, la supervision — dans *Supervision*, l'installation des paquets et des pilotes — dans *Transcodeurs*.

Instance de transcodeur

Fiche d'un transcodeur particulier — fenêtre de statistiques ouverte depuis l'en-tête de l'écran ou depuis le nœud central du graphe du transcodeur. Elle présente la source (décodeur), la liste des encodeurs (1 → N), les ressources (CPU, durée de fonctionnement, PID, mémoire) et le journal du processus : dernier code de sortie, journaux de l'exécution courante et de la précédente (avec copie) — pour le diagnostic. Ouverte par un lien, la fenêtre déplie et met en évidence la ligne de cette instance dans la liste située derrière, de sorte qu'après la fermeture l'opérateur reste dessus ; si la ligne est masquée par le mode « Actifs », la liste ne défile pas jusqu'à elle.

Adaptateurs DVB

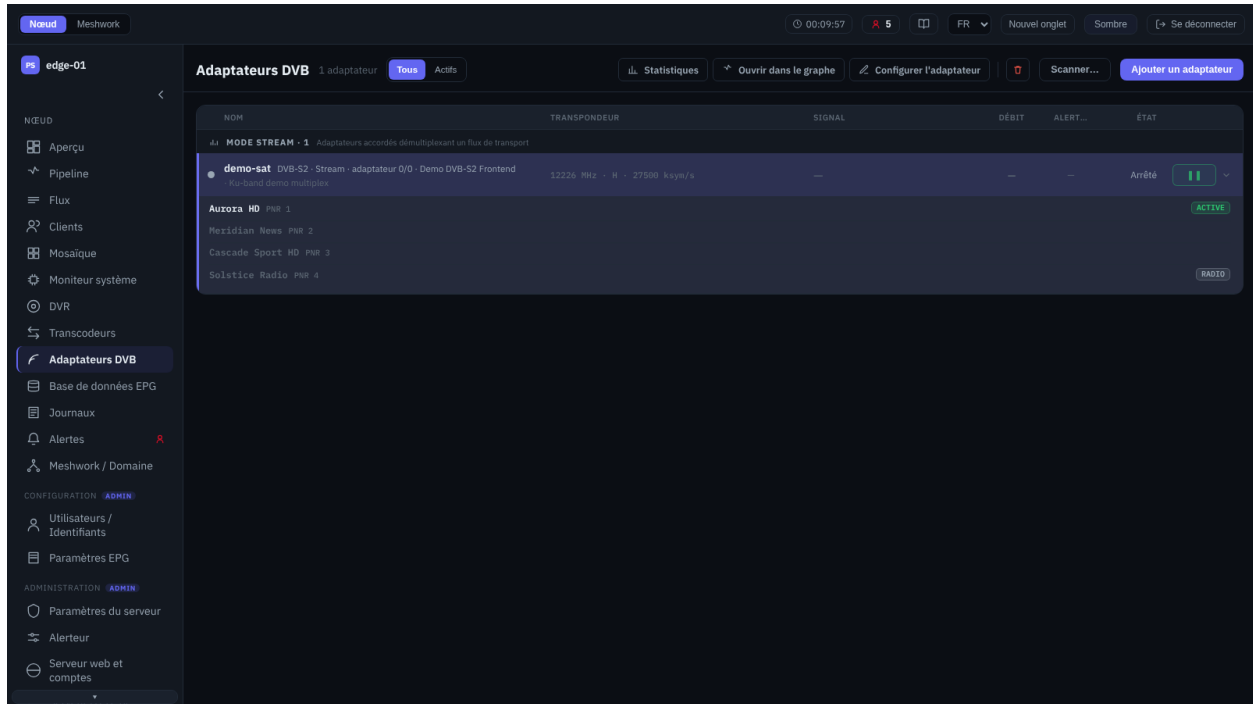


FIG.12: L'écran « Adaptateurs DVB ».

Écran unique de la réception DVB : la configuration des adaptateurs, enrichie de l'état en direct (accrochage du signal, qualité, débit). Les lignes sont groupées par mode — « Mode Stream » (réception vers un flux) et « FE Monitor » (surveillance d'un frontend réglé par une autre application) ; les colonnes sont le nom, le transpondeur, le signal, le débit, les alertes et l'état ; chaque ligne dispose d'un commutateur de pause. Les actions sur l'adaptateur sélectionné sont placées dans l'en-tête : « Statistiques », « Ouvrir dans le graphe » ([Chaîne de traitement](#)), ainsi que (pour l'administrateur) « Configurer l'adaptateur » et « Supprimer l'adaptateur ». On y trouve également le filtre « Tous / Actifs », « Ajouter un adaptateur » et « Scanner... » (pour l'administrateur). La réception DVB est décrite dans [Récepteur DVB](#), la surveillance des adaptateurs — dans [Surveillance du signal](#).

Éditeur d'adaptateur DVB

Fenêtre d'ajout et de configuration d'un adaptateur DVB. Le « Mode » et le « Système de diffusion » sont définis lors de l'ajout et ne sont plus modifiables ensuite — ils déterminent l'ensemble des réglages. Le matériel est choisi dans la liste des frontends détectés (voir [Matériel](#)). Le mode Stream donne accès aux paramètres d'accord (fréquence, débit de symboles, FEC, modulation, etc. — selon le système de diffusion), à la section LNB pour la réception satellite, à « T2-MI », au « Désembrouillage BISS » et au « Désembrouillage CI/CAM ». La mise en sourdine des alertes de l'adaptateur et la section « Avancé » (paramètres étendus) sont disponibles dans les deux modes ; le mode FE Monitor lit le signal sans réaccorder le tuner. La réception et le désembrouillage sont décrits dans [Adaptateurs](#), [Désembrouillage](#) et [Décapsulation T2-MI](#).

Scan DVB

Assistant de recherche de chaînes sur un tuner libre (pour l'administrateur). Il procède par étapes : choix du tuner et du système de diffusion, choix de la source — « Catalogue » (satellite, câble ou hertzien avec les paramètres LNB) ou « Balayage à l'aveugle » sur une plage de fréquences ; vient ensuite le parcours des transpondeurs avec indication de la progression et accumulation des multiplex trouvés, chacun avec sa liste de services. Les multiplex trouvés peuvent être ajoutés un par un (la fenêtre de configuration de l'adaptateur s'ouvre avec les paramètres pré-remplis) ou sélectionnés à plusieurs et ajoutés en une fois ; les noms sont formés automatiquement et vérifiés pour détecter les doublons. La recherche de chaînes est décrite dans [Balayage](#).

Statistiques de l'adaptateur

Fenêtre des paramètres en direct de l'adaptateur sélectionné. Elle contient : le résumé de l'état et les paramètres d'accord, les alertes actives, les graphiques de l'historique du signal (niveau, SNR, BER, UCB), la section « Métriques » (frontend, statut d'accrochage, fréquence, SNR, niveau du signal, compteurs d'erreurs, et pour le mode Stream — le débit), la liste des programmes, « Porteuses T2-MI », « Désembrouilleurs BISS », « Module CI/CAM », « Profileur » (charge du thread de traitement, débordement de l'anneau DVR) et le journal de l'adaptateur. L'administrateur dispose de « Réinitialiser les statistiques ». Sert au réglage de l'antenne et au contrôle de la stabilité de la réception ([Surveillance du signal](#)).

Flux de test

Écran des flux de test — génération de flux de service pour le contrôle des chaînes de transmission ([Flux de test](#)). Cette section est en préparation.

Base de données EPG

Le guide des programmes collecté et l'état de ses sources. L'écran comporte les onglets :

Base de données

Consultation du guide accumulé : choix de la source, liste des chaînes avec recherche et filtre par ensembles, grille horaire de la chaîne sélectionnée par jour (changement de jour et de langue, mise en évidence de l'émission en cours). L'administrateur peut modifier une chaîne — nom, fuseau horaire, icône, appartenance aux ensembles.

État des sources

Statut de l'import pour chaque source : état, heure de la mise à jour précédente et de la suivante, nombre de chaînes et d'événements, erreur ; l'administrateur peut forcer la mise à jour d'une source.

L'import et le traitement de l'EPG sont décrits dans [Base de données EPG](#) et [Import EPG/XMLTV](#) ; les sources et leur configuration — dans [Configuration des sources](#) et sur l'écran [Paramètres EPG](#).

Journaux

The screenshot displays the 'Journaux' (Logs) section of the Perfect Streamer interface. The top bar shows the user 'Nœud' and 'Meshwork' with a timer at 00:02:40 and 4 alerts. The left sidebar lists various system components, with 'Journaux' highlighted. The main area features a table of log entries with columns: HEURE, GRAVITÉ, SOURCE, and MESSAGE. Filters for 'Gravité ≥', 'Type de source', 'ID de source', and 'Rechercher' are at the top. The log entries include various system messages, errors, and warnings, such as Telegram delivery failures and stream state changes.

HEURE	GRAVITÉ	SOURCE	MESSAGE
27/07/2026 10:19:11	Error	System	[alert:telegram] deliver failed: Runtime exception: telegram send failed (-1000000000000: Runtime exception: HTTP 401 {"ok":false,"error_code":401,"description":"Unauthorized: invalid token specified"}) (x15)
27/07/2026 10:19:09	Error	System	[alert:email] deliver failed: Host not found: smtp.example.net (x15)
27/07/2026 10:19:09	Info	Stream #901 · Aurora HD	[input#1.udp] Change state Try run -> Running
27/07/2026 10:19:08	Info	Stream #901 · Aurora HD	[input#1.udp] Change state Stop -> Try run
27/07/2026 10:19:08	Warning	Stream #901 · Aurora HD	Fallback: restore, change input to #1
27/07/2026 10:19:08	Info	Stream #901 · Aurora HD	[input#2.udp] Change state Running -> Stop
27/07/2026 10:19:07	Info	Stream #901 · Aurora HD	Fallback: check #1 and try restore
27/07/2026 10:19:07	Error	System	[alert:process] deliver failed: File access error: process-command not executable: /usr/local/bin/demo-alert-hook (x14)
27/07/2026 10:18:43	Warning	System	[cascade_sport.ott/segmenter] MP4/CMAF audio frames not de-framed (LATM?); building video-only fMP4

FIG.13: Journaux.

Journal structuré des événements du nœud (accessible à l'administrateur), avec filtres et affichage paginé. La sélection se fait par gravité (« Gravité ≥ »), par type et identifiant de source, par texte du message et par plage de dates ; l'ordre de tri est commutable (les plus récents / les plus anciens d'abord). Les colonnes sont l'heure, la gravité, la source et le message ; une source de type flux ouvre sa fenêtre *Statistiques du flux*, les autres sources mènent à l'écran spécialisé. Sert au diagnostic et à l'analyse des incidents.

La source d'une entrée est désignée par le type d'objet et, pour les flux, également par le numéro et le nom : Stream #43 · orig CBC HD ; si aucun nom d'affichage n'est défini, le nom du flux est utilisé. Les flux portent ce même nom avec numéro dans la liste de sélection du filtre « ID de source ». Les entrées produites par une entrée ou une sortie d'un flux sont rattachées au flux lui-même et affichent son nom, tandis que l'entrée ou la sortie concernée est nommée au début du texte du message.

Alertes

Écran récapitulatif des alertes en vigueur : les siennes (celles du nœud courant) ou celles de tout le domaine — le choix se fait par la portée indiquée dans l'en-tête. L'écran n'affiche que le jeu actif — une alerte levée disparaît de la liste. Les colonnes sont la gravité, la source, le message et l'ancienneté ; une source de type flux ouvre sa fenêtre *Statistiques du flux*. Dans un domaine composé de plusieurs nœuds, la ligne indique le nœud d'origine (avec accès à son interface d'administration). Les alertes du niveau « action de l'administrateur » sont dotées d'un bouton « Réinitialiser » (acquiescement manuel) qui agit sur leur propre nœud. Pour ces alertes, l'endroit où éliminer la cause est indiqué sous la source ; lorsqu'il s'agit d'une entrée ou d'une sortie, la ligne sert de lien à l'administrateur et ouvre l'éditeur du flux propriétaire (*Configurer le flux*). Une alerte provenant d'un autre nœud ne donne pas de lien — les numéros de flux sont propres à chaque nœud. Le modèle des alertes, leur analyse et la liste complète des codes figurent dans *Alertes (alerter)* et *Catalogue des codes d'alerte* ; le réglage des seuils et de la livraison externe — sur l'écran *Alerteur*.

The screenshot shows the 'Alertes' (Alerts) section of the Perfect Streamer interface. The left sidebar contains a navigation menu with options like 'Aperçu', 'Pipeline', 'Flux', 'Clients', 'Mosaïque', 'Moniteur système', 'DVR', 'Transcodeurs', 'Adaptateurs DVB', 'Base de données EPG', 'Journaux', 'Alertes' (selected), 'Meshwork / Domaine', 'Configuration', 'Utilisateurs / Identifiants', 'Paramètres EPG', 'Administration', 'Paramètres du serveur', 'Alerteur', and 'Serveur web et comptes'. The main area displays a table of active alerts.

GRAVITÉ	SOURCE	MESSAGE	ÂGE
AdminAction	Meridian News admin-wait Répondre aux stream-config Stream:902 - 2:902:13	[meridian_news] admin action: no active input (add or unpause an input)	-
Critical	Aurora HD SD - input #0 is-exist Stream:906 input#1 - 2:906:1:1:1	[aurora_sd][input#1.transcoder] error: input timeout 300 sec (no input data), try reopen	-
Error	Aurora HD tr101290 Stream:901 - 2:901:49	Stream is not TR 101 290 compliant	-
Error	Aurora HD pcr-int Stream:901 - 2:901:6	PCR interval > 40 ms (TR 101 290 2.3a PCR_repetition_error)	-
Warning	Aurora HD SD no-data Stream:906 - 2:906:3	[aurora_sd] no data 15s (no-data threshold 15s)	-

FIG.14: Alertes actives.

Meshwork / Domaine

Vue du réseau Meshwork du point de vue du nœud courant. L'en-tête affiche le nom du nœud, sa note, l'adresse externe observée (« vu comme ... ») et les domaines liés ; en l'absence de domaines, « Aucun domaine lié » est affiché.

Le corps de l'écran est le tableau des pairs : les nœuds du domaine visibles depuis ce nœud, avec les colonnes « Type » (« Configuré » ou « Réplication »), « Statut » (« Actif » / « Inactif »), « Nœud », « Domaine », « Adresse », « NAT » et « Dernier contact ». Les voisins configurés sont énumérés en premier, puis ceux découverts automatiquement, et à l'intérieur par nom de nœud. La ligne du nœud courant porte la mention « ce nœud », un super-nœud est signalé à part, les échecs de keep-alive par le libellé « Dégradé » ; un nœud derrière un NAT affiche « Réseau interne » au lieu d'une adresse privée inaccessible.

La flèche en fin de ligne déploie les détails du pair : les points d'entrée publics (HTTP et HTTPS), l'heure exacte du dernier contact, la télémétrie du contact (latence, nombre d'échecs consécutifs et au total, dernière erreur), les adresses déclarée et observée ainsi que le nonce de l'instance ; un bouton y ouvre l'interface d'administration du nœud voisin. La vue réseau des pairs du domaine est [Pairs du nœud](#) ; le catalogue commun des ressources du domaine est présenté par un écran distinct, [Bibliothèque](#).

Les concepts et les écrans récapitulatifs du réseau sont décrits dans la section [Meshwork](#) (carte – [Carte du réseau et catalogue des ressources](#), catalogue – [Catalogue commun des ressources](#), pairs – [Pairs et secrets](#)) ; les écrans de la zone « Meshwork » – dans [Meshwork](#).

TYPE	STATUT	NŒUD	DOMAINE	ADRESSE	NAT	DERNIER CONTACT
Configuré	Actif	edge-01 ce nœud	demo	192.0.2.10:43971	—	11 y a - s
Configuré	Inactif	edge-04	demo	198.51.100.24:43971	—	11 y a 15m 12s
Configuré	Actif	studio-core	demo	198.51.100.20:43971	—	11 y a 3s
HTTPS public studio-core.example.net:8443 Dernier contact 24/07/2026 02:26:37 Nonce d'instance 1123581321 Ouvrir l'admin						
Réplication	Actif	edge-02	demo	198.51.100.22:43971	—	11 y a 10s
Réplication	Actif	edge-03	demo	Réseau interne	NAT	11 y a 15s

Fig.15: Domaine Meshwork : pairs du nœud.

Flux

L'écran **Flux** est le poste de travail central du nœud : une liste unique des flux configurés avec leur état, leur entrée active, leur débit, « Durée d'activité » et le compteur d'erreurs de continuité « CC ». Chaque ligne se déplie au clic et affiche les entrées et les sorties du flux avec leur état, leur priorité de redondance, leurs notes et leurs alertes actives ; une entrée ou une sortie individuelle peut être mise en pause et reprise depuis cet écran, tandis que le bouton « Afficher dans la bibliothèque » situé à côté de l'adresse ouvre la liste des autres points du domaine à cette adresse (*Bibliothèque – ce flux*). La notion de flux et le modèle de transmission sont décrits dans *Modèle de transmission : Stream, Sender, Receiver, Peer* ; le traitement SPTS – dans *Flux SPTS*, le multiplex MPTS – dans *Flux MPTS*.

La liste est groupée par type : les flux simples (SPTS) forment une liste commune, en dessous se trouvent les groupes « Flux MPTS » et « Flux adaptatifs » (ensembles ABR). Les moyens de navigation et de commande sont placés au-dessus de la liste :

Recherche et filtres

Le champ « Rechercher un flux... » effectue la recherche par nom, note et adresse d'entrée/sortie et met en évidence la ligne trouvée sans réduire la liste. Le filtre « Étiquettes » restreint la liste selon les étiquettes des flux, le commutateur « SPTS / MPTS / Adaptatif » affiche ou masque les groupes de types, et le segment « Tous / Actifs » masque les flux mis en pause.

Actions sur le flux sélectionné

L'en-tête contient les actions appliquées au flux déplié (sélectionné) ou à l'ensemble ABR : « Statistiques du flux » (*Statistiques du flux*), « Ouvrir dans Pipeline » (*Chaîne de traitement*), « Configurer le flux » (*Configurer le flux*) et « Supprimer le flux ». Le bouton « + Nouveau flux » ouvre la fenêtre de création. L'administrateur peut faire glisser les lignes pour modifier leur ordre – uniquement parmi les flux SPTS et seulement lorsque la liste est affichée en entier : sans filtre par étiquettes, en mode « Tous » et avec tous les types activés. Le même déplacement s'effectue par les combinaisons Alt+↑ et Alt+↓ (*Utilisation au clavier*).

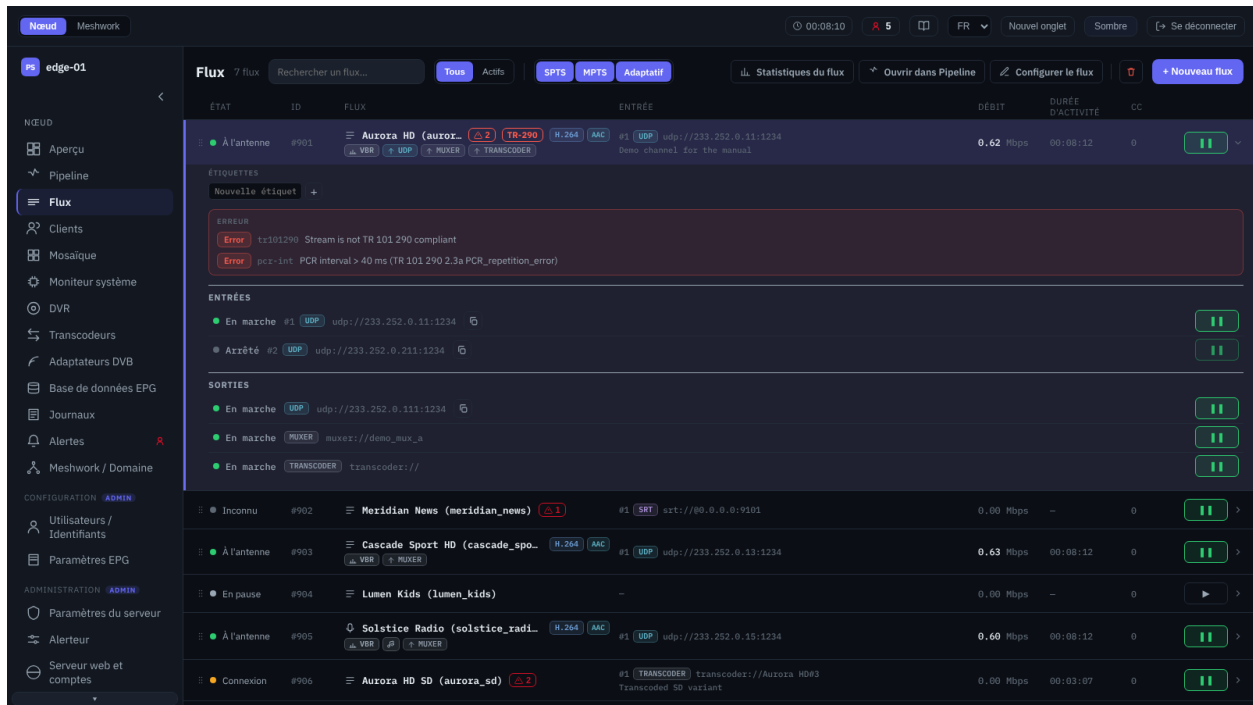


FIG.16: L'écran « Flux » : liste des flux avec une ligne développée.

État et alertes

L'indicateur d'état en couleur, les pastilles d'attributs du flux (CBR/VBR, embrouillage, protection DRM, fonctionnement sur l'entrée de secours, audio uniquement ou vidéo uniquement, codecs, TRACE) et la marque des alertes actives. Les alertes sont rattachées au flux ainsi qu'à ses entrées et sorties ([Alertes \(alerter\)](#)) ; le rapport TR 101 290 et la section d'analyse approfondie s'ouvrent directement depuis la ligne.

Les différentes fenêtres de l'écran sont décrites ci-dessous.

Nouveau flux

Fenêtre de création d'un flux. Le type est choisi par un commutateur : programme unique (**SPTS**), multiplex (**MPTS**) ou ensemble adaptatif (**Adaptatif**) ; pour SPTS, le « Type de contenu » est en outre indiqué. Après la création d'un flux SPTS ou MPTS, l'éditeur s'ouvre immédiatement ([Configurer le flux](#)). Pour un ensemble adaptatif, aucun éditeur distinct ne s'ouvre — la composition des membres et leurs débits se définissent directement dans cette fenêtre, car l'ensemble est constitué de flux OTT déjà configurés. Les différences entre SPTS et MPTS sont décrites dans [Flux SPTS](#) et [Flux MPTS](#), les ensembles adaptatifs — dans [Ensembles adaptatifs](#).

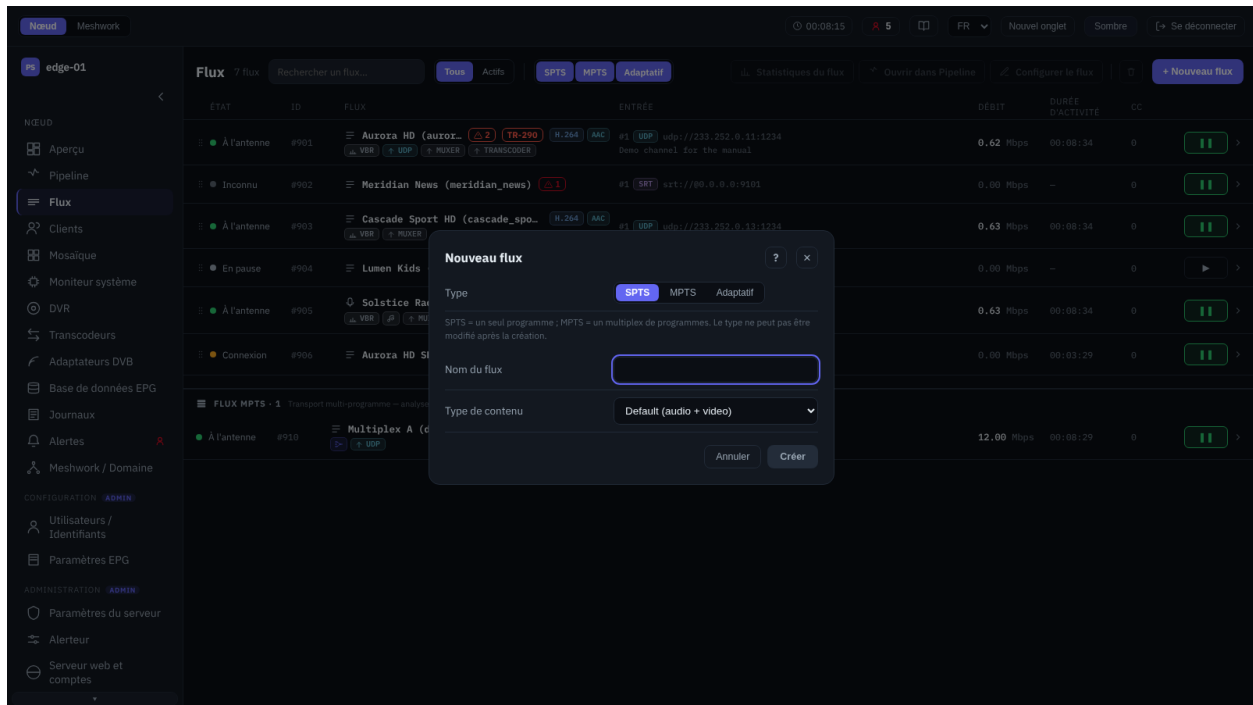


FIG.17: La fenêtre « Nouveau flux ».

Configurer le flux

Éditeur principal du flux. Les paramètres sont groupés par onglets ; pour les flux MPTS, l'onglet « OTT » n'est pas affiché.

Flux

Identification (nom, nom d'affichage, pour SPTS — le type de flux, note) et comportement du flux : délai d'expiration, intervalle de vérification, revérification de l'entrée principale, génération de la mosaïque ([Mosaïque](#)), extraction de l'EIT vers la base de données EPG ([Base de données EPG](#)) et attribut d'embrouillage pour SPTS. Pour SPTS, la génération de l'EIT à partir de la source EPG choisie et de son canal se configure également ici ([Générateur EIT](#)).

Entrées

Liste des sources du flux avec leur priorité et leur redondance ([Redondance des sources et diffusion](#)). L'ajout et la modification d'une entrée ouvrent l'éditeur d'entrée et de sortie ([Éditeur d'entrée et de sortie](#)) ; une entrée individuelle peut être mise en pause. L'entrée muxer n'est proposée que dans une liste vide : dans un flux MPTS, elle est ajoutée en premier et, tant qu'elle est présente, le bouton « Ajouter une entrée » est désactivé avec la mention « L'entrée muxer doit être l'unique entrée du flux. » — le multiplexeur ne connaît pas la redondance des entrées. Un flux MPTS qui reçoit un multiplex prêt par le réseau n'a pas cette restriction : ses entrées sont ordinaires et redondées.

Sorties

Diffusion du flux par les protocoles de transmission ([Protocoles Peer de transmission fiable](#)) et les transports standard ([Autres entrées et sorties](#)). Chaque sortie s'ajoute et se modifie par le même éditeur. Un flux ne peut avoir qu'une seule sortie ps1 — lors de l'ajout de la suivante, ce type ne figure plus dans la liste ; les autres types sont répétables.

MPEG-TS

Mode de débit du flux de transport de sortie ([Gestion du débit](#)) et — pour SPTS — l'« Identifiant de réseau », le maintien de l'intervalle PAT/PMT, le filtrage des tables de service (CAT/ECM/EMM, EIT, NIT,

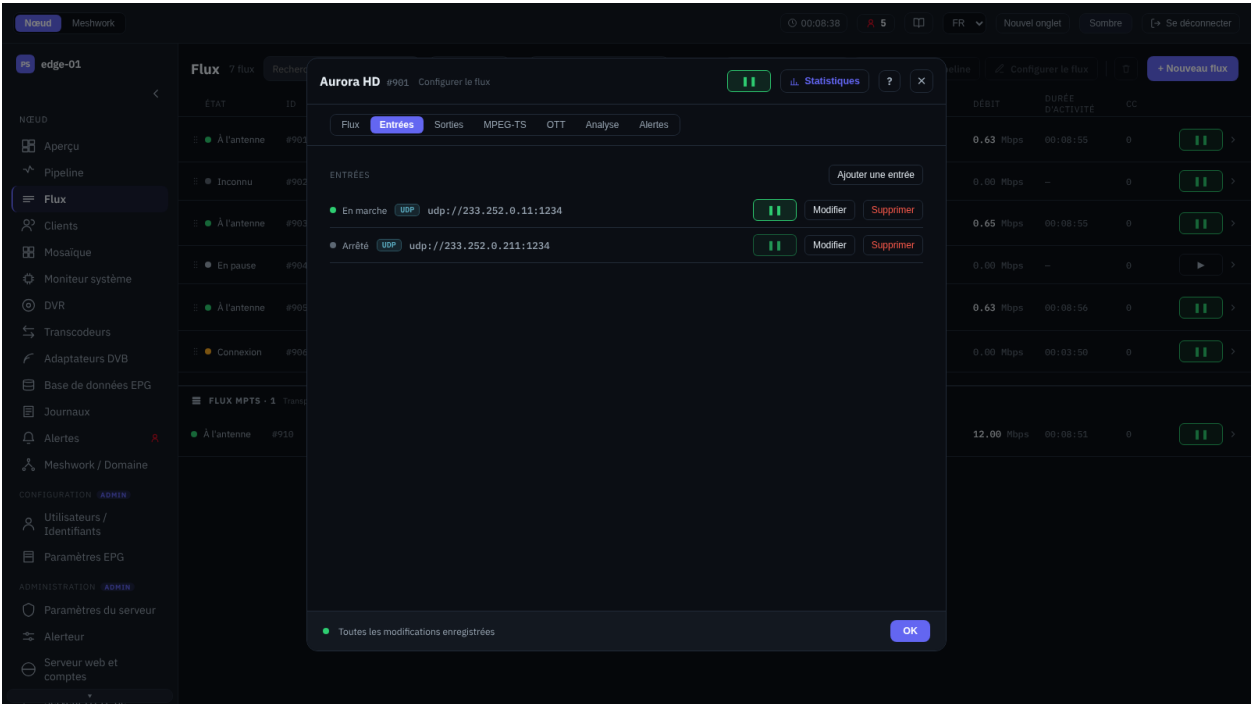


FIG.18: Éditeur de flux, onglet « Entrées ».

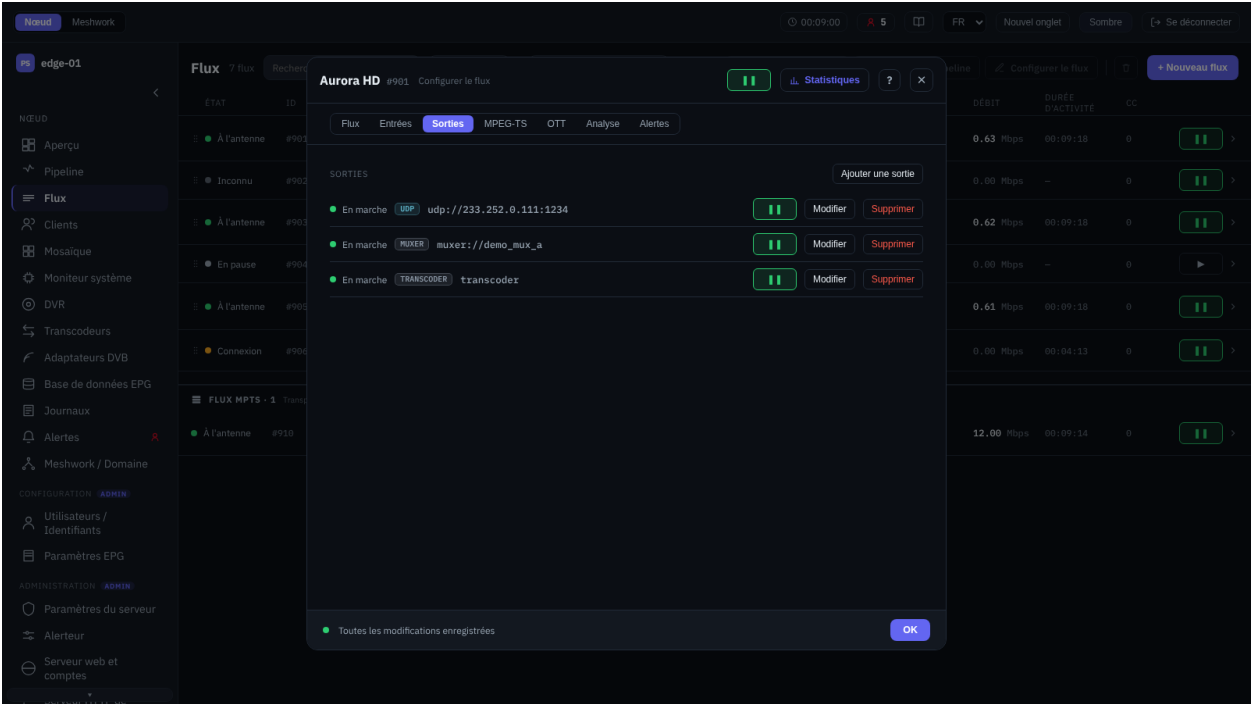


FIG.19: Éditeur de flux, onglet « Sorties ».

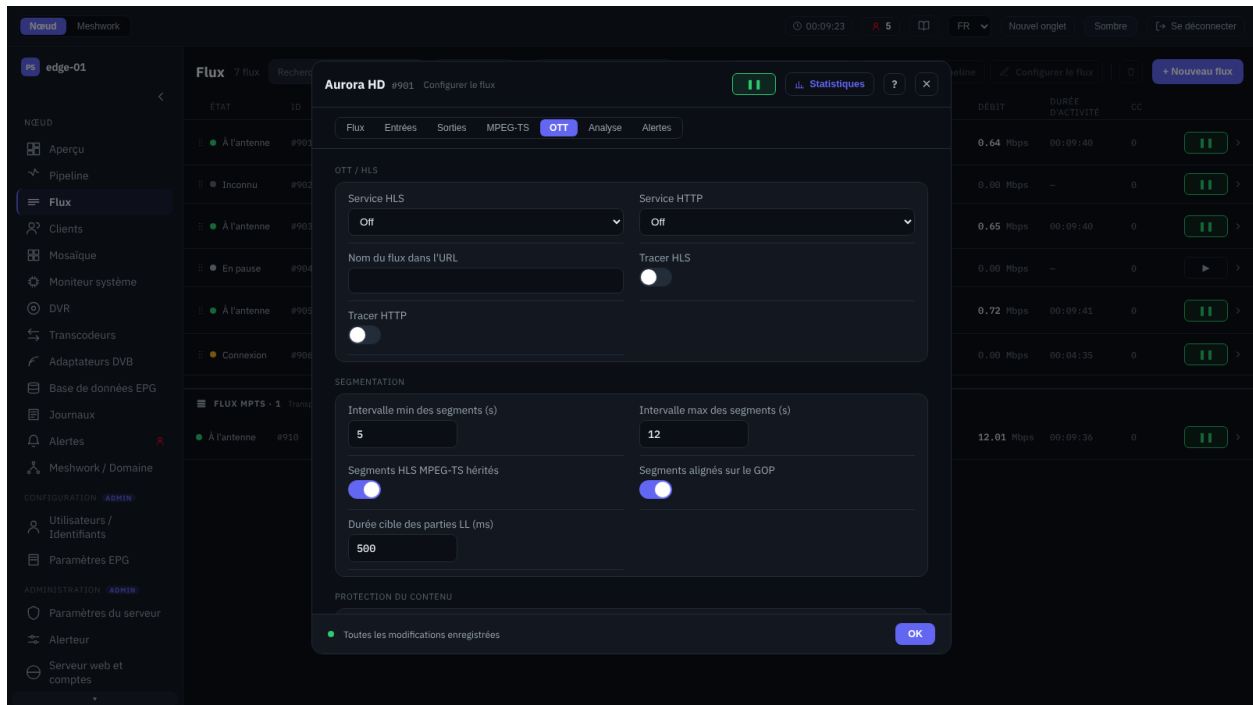


FIG.20: Éditeur de flux, onglet « OTT ».

SDT, sous-titres, TDT, télétexte ; *Filtrage MPEG-TS*), la réécriture de la SDT et du numéro de programme (*Modification du flux*), ainsi que l'agencement automatique des PID du programme et le PID de base de sa fenêtre (*Agencement automatique des PID*).

OTT

Diffusion OTT du flux : modes des services HLS et HTTP (*Modes de diffusion*), nom du flux dans l'URL, extraction des sous-titres télétexte au format WebVTT, découpage en segments et faible latence (*Segmenteur*), enregistrement DVR vers le stockage choisi (*OTT et DVR*) et protection de contenu DRM – HLS AES-128 ou CENC (*Protection du contenu (DRM)*). SPTS uniquement.

Analyse

Contrôle de la qualité du flux de transport : traçage détaillé, analyse approfondie des flux élémentaires, moniteur TR 101 290, analyse des discontinuités PCR/PTS et du tampon vidéo T-STD, compensation de la dérive de synchronisation (*Analyseur*).

Alertes

Interrupteur général des alertes du flux et délai avant le déclenchement des alertes sur les erreurs de ses entrées et sorties (*Alertes (alerter)*) ; les seuils se définissent au niveau du nœud (*Alerteur*).

L'enregistrement des modifications qui touchent une archive DVR déjà enregistrée est en outre protégé par une confirmation (*Confirmer les modifications DVR*). Les différentes fenêtres de l'éditeur sont décrites ci-dessous.

Éditeur d'entrée et de sortie

Fenêtre d'ajout et de modification d'une entrée ou d'une sortie de flux. Le type de transport est choisi à la création et n'est plus modifiable ensuite (pour changer de transport, l'entrée ou la sortie est recrée). Les paramètres sont répartis par onglets :

Propriétés

Adresse, port, liaison à une interface réseau et paramètres de connexion du transport choisi. Les protocoles peer et les transports standard sont décrits dans [Planification et protocoles de transmission de données](#) ; le chiffrement — dans [Chiffrement des flux](#). Pour les entrées PS1 et SRT, une connexion automatique par autorisation de pair Meshwork est disponible, avec la possibilité de basculer vers un identifiant et un mot de passe manuels. L'adresse peut être collée depuis le presse-papiers (« Coller l'URL ») ou la source peut être choisie dans le catalogue du domaine (« Choisir dans la bibliothèque... », [Sources de la bibliothèque](#)). Pour une entrée de type transcodeur, le décodeur et les paramètres d'encodage, y compris le mode de redimensionnement de l'image, se définissent également ici ([Transcodeurs](#)).

MPEG-TS PID

Sélection et réaffectation des PID sur une entrée ou une sortie : acceptation de PID (liste blanche), rejet de PID (liste noire), réaffectation des PID et de la langue des pistes audio. Tant que l'agencement automatique des PID ([Agencement automatique des PID](#)) est activé pour le flux, le groupe de réaffectation des PID est masqué sur les entrées et sans effet ; les listes d'acceptation et de rejet fonctionnent comme auparavant. Sur la sortie muxer, la réaffectation des PID est conservée — elle relève du multiplexeur ([Affectation des PID](#)) —, mais les PID sources de ses paires deviennent les PID attribués par l'agencement automatique.

BISS

Clés de désembrouillage BISS pour une source embrouillée — une clé unique pour SPTS ou une clé par programme (PNR) pour MPTS ([Désembrouillage BISS](#)).

Sources de la bibliothèque

Choix d'une entrée dans le catalogue commun des ressources du domaine Meshwork : la liste des flux du même transport déjà diffusés sur les nœuds du domaine, à partir de laquelle une source peut être raccordée sans saisir l'adresse manuellement. La liste se filtre par nœud source et par texte et se répartit en pages ; les sources du même domaine en protocoles peer portent l'attribut « pair » ([Catalogue commun des ressources](#)). À ne pas confondre avec la fenêtre [Bibliothèque — ce flux](#) : ici le catalogue sert à choisir une source, là il montre qui d'autre travaille avec une adresse déjà définie.

Bibliothèque — ce flux

La fenêtre répond à la question « qui d'autre travaille avec cette adresse ». Elle est ouverte par le bouton « Afficher dans la bibliothèque » situé à côté de l'adresse d'une entrée ou d'une sortie : dans la ligne dépliée de la liste des flux, dans les listes d'entrées et de sorties de l'éditeur de flux, sur les fiches d'entrée et de sortie de la chaîne de traitement ([Chaîne de traitement](#)) et dans la fenêtre des statistiques — au niveau de l'entrée active et dans la section « Sorties ». Le sous-titre de la fenêtre est l'adresse du point depuis lequel elle a été appelée.

Le bouton n'existe que pour les transports qui entrent dans le catalogue commun du domaine : UDP, RTP, Pro-MPEG, RIST, PS1 et SRT ([Catalogue commun des ressources](#)). Une entrée de type transcodeur, multiplexeur, démultiplexeur, fichier ou générateur de test n'a pas d'entrées dans le catalogue, et donc pas de bouton non plus — ce n'est pas le signe d'un dysfonctionnement.

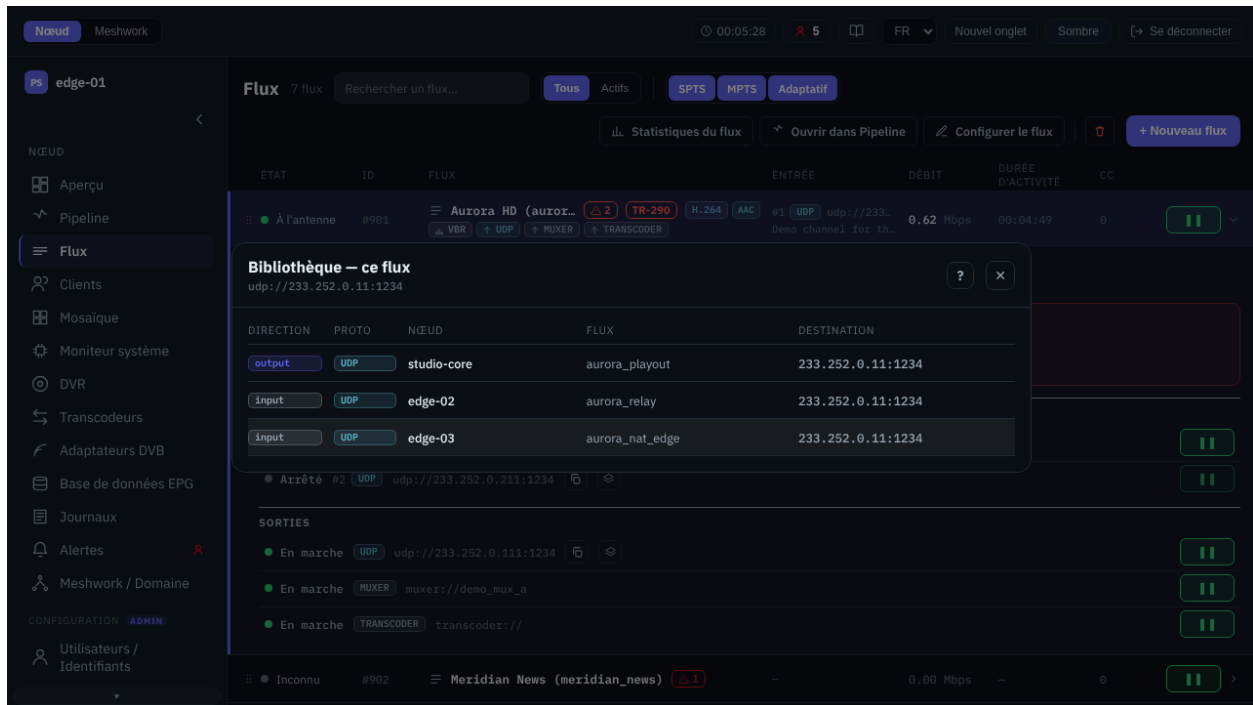


FIG.21: La fenêtre « Bibliothèque — ce flux » : pour l'entrée d'un flux, elle affiche la source (output) et deux autres consommateurs (input) de la même adresse.

La fenêtre énumère les autres points du domaine qui travaillent avec la même adresse. Les entrées et sorties propres à ce flux n'entrent pas dans la liste, y compris ses entrées de secours : l'opérateur les voit de toute façon. En revanche, un autre flux du même nœud qui écoute la même adresse est un voisin ordinaire et s'affiche au même titre que les autres.

La colonne « Sens » indique le rôle du point : output — il diffuse ce flux (la source), input — il le reçoit (un consommateur) ; les sources sont énumérées en premier. Les autres colonnes sont les mêmes que dans le catalogue commun : « Proto », « Nœud », « Flux » et « Destination » (adresse et port). Après l'adresse figure la mention « vérifié » : cette paire a été confirmée par le nœud au moyen de l'autorisation du domaine et non déduite d'une concordance d'adresses — en fonctionnement derrière un NAT, les adresses des deux côtés ne concordent d'ailleurs pas. Une ligne au plus par socket en écoute reçoit la mention : le nœud désigne un représentant parmi les sessions confirmées, et celui-ci change au fur et à mesure des connexions et des déconnexions des clients. L'absence de la mention ne signifie donc pas que la liaison n'est pas réelle.

Un clic sur une ligne ouvre l'interface d'administration de son nœud sur les statistiques de son flux. La ligne du nœud propre s'ouvre sur place, celle d'un voisin selon le réglage « Ouvrir les nœuds dans » de la barre supérieure (*Barre commune*) ; Ctrl ou ⌘ force un nouvel onglet. La ligne d'un nœud indisponible ou inconnu du réseau n'a pas d'action et porte l'info-bulle « Nœud indisponible ».

La correspondance est calculée d'après le protocole et l'adresse complète — le groupe et le port — et, pour UDP, RTP, Pro-MPEG et RIST, d'après le VLAN et la source SSM également. Un point sur le même groupe mais dans un autre VLAN ou avec une autre source SSM n'entrera donc pas dans la liste, pas plus qu'un point d'un autre transport à la même adresse. Pour PS1 et SRT, aucune correspondance d'adresses n'est requise : la partie appelante désigne son partenaire par son nom d'hôte, et ce nom est rapproché de la composition du domaine — c'est pourquoi l'adresse d'une ligne ainsi trouvée peut avoir un aspect tout à fait différent. La paire confirmée est trouvée de la même manière, d'après les noms de nœud et de flux indiqués par la partie à l'écoute.

Les deux messages signalant l'absence de voisins n'ont pas le même sens :

Message	Signification
« Aucun autre point n'est enregistré à cette adresse. »	Le point est annoncé dans le catalogue et n'a pas de voisins.
« Ce point n'est pas annoncé dans la bibliothèque (seules les entrées et sorties réseau en fonctionnement sont annoncées). »	Il n'existe pas d'entrée pour le point lui-même dans le catalogue : le flux ne fonctionne pas, l'entrée ou la sortie est suspendue, vient d'être démarrée ou est exclue de la publication par le champ Peer private (Catalogue commun des ressources). Dans ce cas les voisins ne sont pas absents — ils sont inconnus.

Le même catalogue dans son intégralité est présenté par l'écran [Bibliothèque](#).

Programmes

Éditeur des programmes du multiplex (MPTS), ouvert depuis la fenêtre de configuration de l'entrée muxer : composition des programmes du flux de sortie, leur ordre dans la PSI et l'affectation des PID. Un programme s'ajoute parmi les flux SPTS configurés ou se supprime ; l'ordre se modifie par glisser-déposer et, sur un écran étroit, par les combinaisons **Alt+↑** et **Alt+↓** ([Utilisation au clavier](#)) ; un programme individuel peut être mis en pause. Lorsque l'affectation automatique des PID est désactivée, le PMT PID et les PID des flux élémentaires se modifient pour chaque programme. L'assemblage du multiplex est décrit dans [Multiplexeur](#), la répartition des programmes et des PID — dans [Paramètres des programmes](#) et [Affectation des PID](#), le transit et l'analyse des flux MPTS — dans [Flux MPTS](#).

Confirmer les modifications DVR

Avertissement affiché avant l'enregistrement de modifications du flux qui touchent une archive DVR déjà enregistrée : désactivation de l'enregistrement, basculement vers un autre stockage, réduction de la durée de rétention ou du minimum protégé, ainsi que changement de la clé DRM d'un flux avec enregistrement (les segments chiffrés enregistrés auparavant deviennent alors inaccessibles). La fenêtre énumère ce qui sera exactement affecté et exige une confirmation ; les modifications sans risque (premier raccordement d'un stockage, augmentation de la durée de rétention) sont enregistrées sans invite. L'enregistrement et la conservation de l'archive sont décrits dans [OTT et DVR](#) et [DVR : archive du flux](#).

Statistiques du flux

Statistiques détaillées du flux dans une fenêtre distincte, actualisées en temps réel. Ouverte par un lien depuis un autre écran, la fenêtre montre également ce flux dans la liste située derrière : elle lève le filtre qui le masquait, déplie la ligne et y fait défiler la liste. Composition des sections :

Résumé de l'état

État et message courants du flux, pastilles d'attributs, entrée active et nombre de sorties, mode de débit, format et codecs de l'image, liens de diffusion OTT et instantané d'image en direct ([Mosaïque](#)). S'y trouvent également l'icône du verdict TR 101 290, qui ouvre le rapport complet, et le bouton « Afficher dans la bibliothèque » au niveau de l'entrée active ([Bibliothèque — ce flux](#)).

Multiplex / KPI

Pour SPTS — les compteurs clés (débit d'entrée, erreurs CC sur la fenêtre et au total, paquets embrouillés) ; pour MPTS — le tableau du multiplex avec les débits cumulés et l'état des programmes ([Analyse par programme](#)).

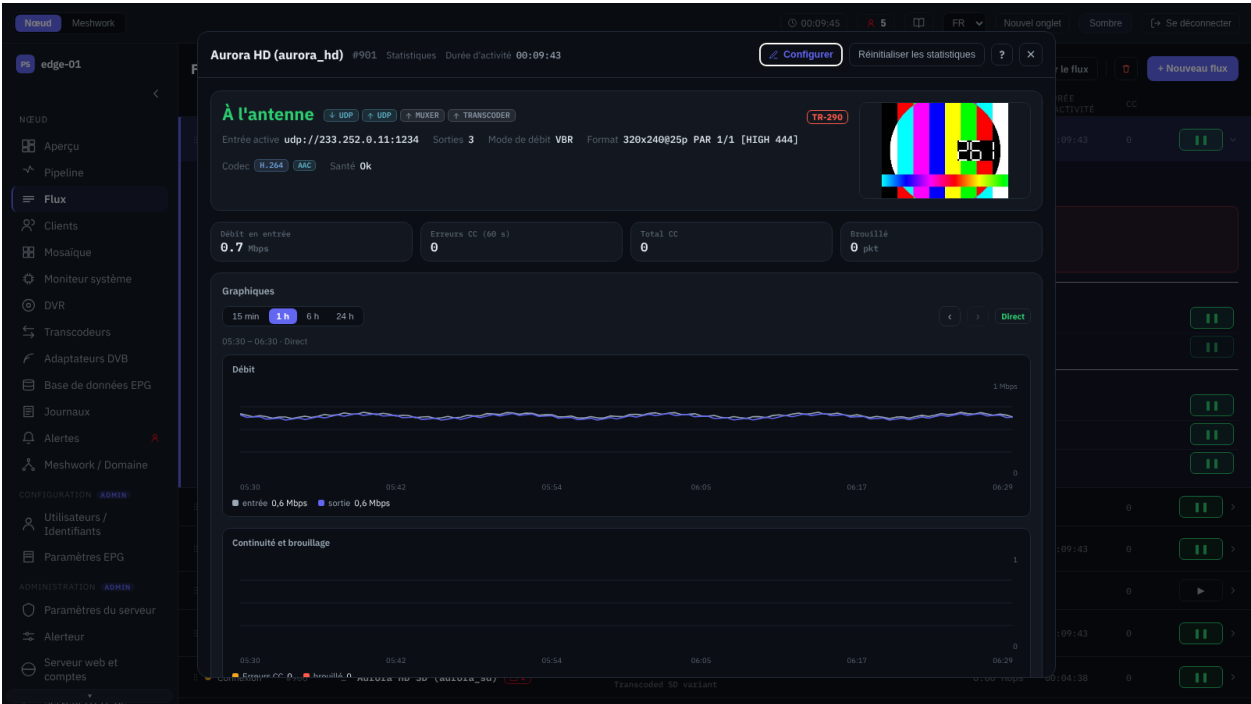


FIG.22: Fenêtre des statistiques du flux.

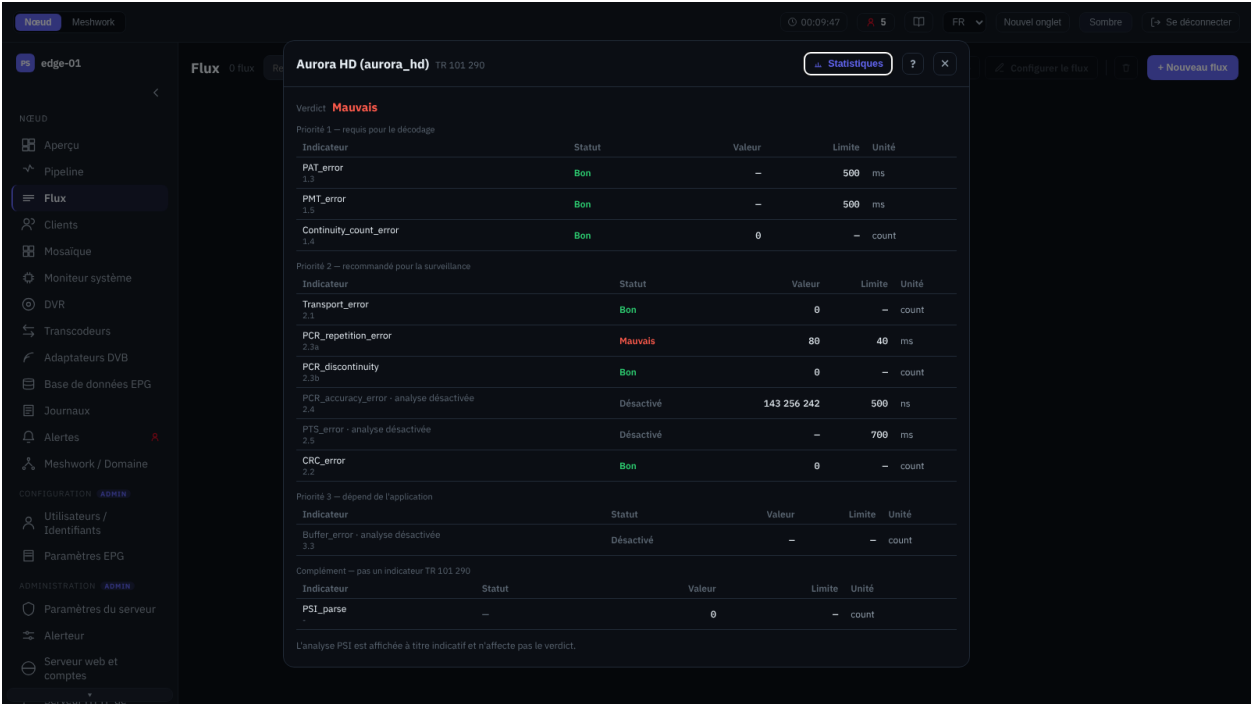


FIG.23: Rapport d'analyse TR 101 290.

Graphiques

Séries temporelles : débit, continuité et embrouillage, gigue PCR, perte de paquets — avec choix de la fenêtre et de l'échelle.

Vérificateur MPEG-TS

Vérification express de la structure (TS, PAT, PMT, PCR, audio/vidéo et leurs ES), verdict global TR 101 290 et attributs de signalisation du programme ([Vérification de la validité](#)).

Diagnostic de l'entrée

Blocs dépliables : « Informations média », « Liaison d'entrée », désembrouillage BISS, génération EIT, « Analyseur » (métriques PCR et de synchronisation, et au-dessous le tableau des PID de l'entrée active avec les colonnes « PID », « Type », « Débit » et « Paquets/s »), bourrage et « Analyse approfondie » — structure GOP, tampon T-STD, passeport du codec vidéo, discontinuités PTS/DTS, SCTE-35 ([Mesures permanentes](#), [Analyses avancées](#)). La composition de la section dépend de l'entrée : une entrée de type multiplexeur n'a pas de section du tout — elle ne possède pas de socket, et les programmes sont donnés par le tableau du multiplex ; en réception réseau d'un MPTS déjà constitué, seule « Liaison d'entrée » subsiste avec les indicateurs de son propre transport, tandis que « Informations média », « Analyseur » et « Analyse approfondie » sont masqués — une telle entrée ne fournit pas de mesures par programme. Le désembrouillage BISS n'est affiché que pour le SPTS : pour le MPTS, les compteurs BISS sont tenus par programme ([Désembrouillage BISS](#)). Les blocs de génération EIT et de bourrage apparaissent d'eux-mêmes lorsque le flux génère de l'EIT ou ajoute des paquets NULL.

Sorties

Télémétrie de chaque sortie en fonctionnement : état, destination, débit, compteurs de trafic envoyé et indicateurs propres au transport (PRO-MPEG FEC, PS1, RIST, SRT, RTMP). Les sorties dans les transports du catalogue commun du domaine comportent un bouton « Afficher dans la bibliothèque » ([Bibliothèque — ce flux](#)).

OTT / DVR

Modèles d'URL de diffusion, métriques de l'anneau de segments et de l'archive DVR, graphiques de couverture de l'archive et des répliques de sous-titres ([OTT et DVR](#), [Lecture de l'archive \(VOD\)](#)).

Profileur et Journal du flux

Charge des threads de traitement (part d'un cœur) et journal structuré des événements du flux.

Le rapport TR 101 290 s'ouvre aussi comme fenêtre distincte ; l'analyseur dans son ensemble est décrit dans [Analyseur](#), le moniteur TR 101 290 — dans [Moniteur TR 101 290](#). L'administrateur dispose de la réinitialisation des statistiques cumulées et de l'effacement de l'archive DVR.

Ensemble adaptatif

Fenêtre de configuration de l'ensemble adaptatif (ABR) : nom de l'ensemble et nom dans l'URL, composition des flux membres et leurs débits (« 0 » — auto). Seuls des flux SPTS avec la diffusion OTT activée peuvent en être membres ; ils s'ajoutent et se retirent directement dans la fenêtre, le débit se définit pour chaque variante. L'ensemble est publié sous une seule playlist maître à partir de laquelle le client choisit la qualité. La diffusion adaptative est décrite dans [Ensembles adaptatifs](#), l'enregistrement DVR pour OTT — dans [OTT et DVR](#).

Configuration

Le groupe **Configuration** de la zone « Nœud » réunit les paramètres qui ne relèvent pas des services serveur : les comptes d'accès et le sous-système du guide électronique des programmes (EPG). Les écrans du groupe sont accessibles au rôle administrateur.

Utilisateurs / Identifiants

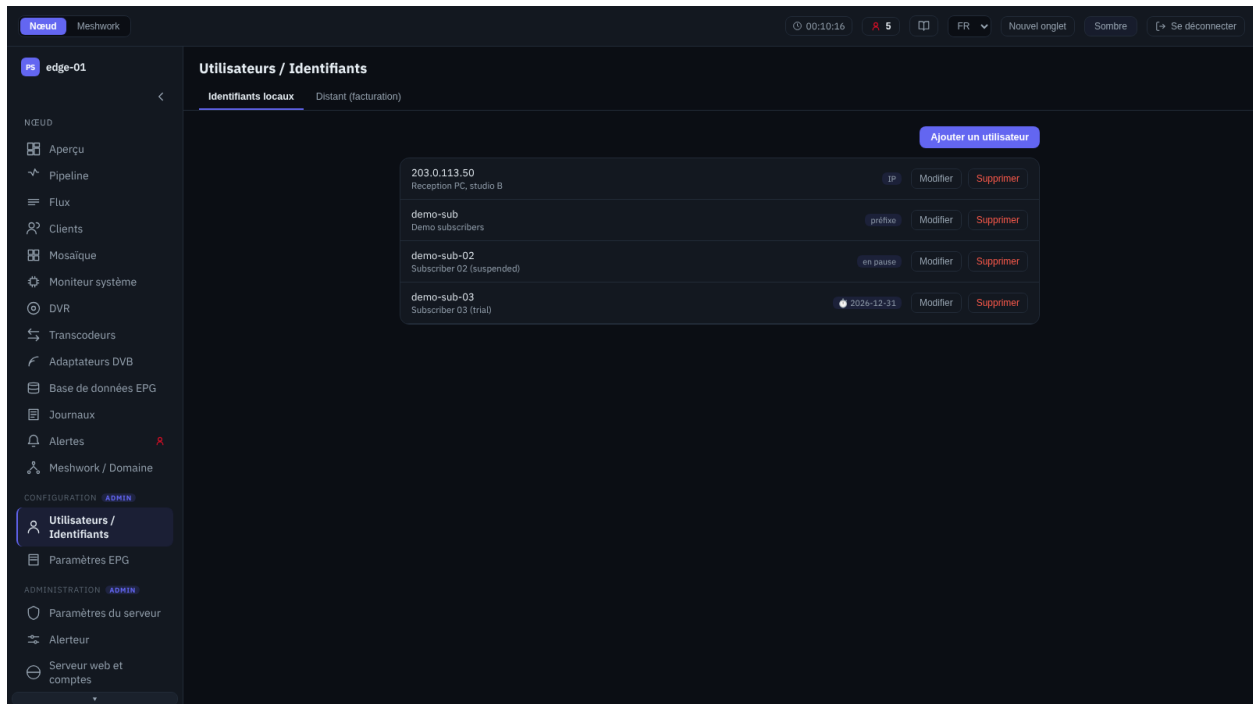


FIG.24: Utilisateurs et identifiants de connexion.

Gestion de l'accès des destinataires de flux au nœud. L'écran contient les onglets :

Identifiants locaux

Comptes des destinataires de flux — clients de la diffusion OTT et des protocoles peer. Pour chacun sont définis l'identifiant et le mot de passe, ou bien le « Compte par adresse IP » (champ « Adresse IP / CIDR » ; une adresse unique et des plages sont prises en charge), les « Flux autorisés » (liste vide — tous sont autorisés), les limites de connexions simultanées par protocole (PS1, SRT, HTTP/HLS), la « Date d'expiration », la pause et l'« Identifiant préfixé » pour l'intégration avec le middleware ([12. Intégration avec un middleware](#)). Les comptes de connexion à l'interface web et leurs rôles se configurent sur l'écran « Serveur web et comptes » ([Serveur web et comptes](#)) ; les rôles sont décrits dans [Accès et rôles](#).

Externes (facturation)

Autorisation des destinataires de flux par un système externe : au lieu d'une vérification locale, l'identifiant est confirmé par une requête HTTP adressée à un serveur tiers. En haut de l'onglet se trouve la carte « Service de facturation » avec le paramètre « Intervalle des requêtes de facturation (s) ». En dessous — la liste ordonnée « Serveurs de facturation » ; lors de la vérification d'un identifiant, les serveurs sont interrogés dans l'ordre de la liste (l'ordre se définit par glisser-déposer et, sur un écran étroit, par les combinaisons Alt+↑ et Alt+↓, voir [Utilisation au clavier](#)). Pour un serveur sont définis « Nom », « URL », le mot de passe, « Délai d'attente (s) », « Comptabilisation des sessions », « Préfixe

d'identifiant » et « Suffixe d'identifiant », tandis que le « Connecteur » réglé sur « Universel (HTTP) » décrit intégralement l'échange — le modèle de requête HTTP (query, corps, « Content-Type », en-têtes avec substitutions de gabarit de l'identifiant, du mot de passe, de l'IP, etc.) et l'analyse de la réponse (« Format de la réponse » — code d'état HTTP, corps JSON ou corps XML — avec les chemins vers l'indicateur de succès et vers le motif de refus) ; « Trace » active la journalisation de l'échange. L'« Identifiant préfixé », alternative intégrée à la facturation externe, est décrit dans [12. Intégration avec un middleware](#).

Utilisateur : ajout et modification

Fenêtre de création et de modification d'un compte de destinataire de flux ; elle s'ouvre par le bouton « Ajouter un utilisateur » ou par « Modifier » dans une ligne de la liste de l'onglet « Identifiants locaux ». Champs :

- « Identifiant » et « Mot de passe » — compte ordinaire ; lors d'une modification, un mot de passe vide conserve le mot de passe courant. L'indicateur « Compte par adresse IP » remplace le couple « identifiant — mot de passe » par le champ « Adresse IP / CIDR » (adresse unique ou plage), et l'« Identifiant préfixé » active le mode d'intégration avec le middleware ([12. Intégration avec un middleware](#)).
- « Flux autorisés » — les flux et les ensembles adaptatifs auxquels le compte est admis ; une liste vide n'impose aucune restriction — tous sont autorisés.
- « Connexions max. » — limites distinctes de connexions simultanées pour PS1, SRT et HTTP/HLS.
- « Date d'expiration » et « En pause » — désactivation planifiée ou temporaire de l'accès sans suppression du compte.
- « Nom affiché » et « Remarque » — destinés à la tenue de registres propre à l'exploitant ; ils n'influent pas sur l'accès.

Les comptes de connexion à l'interface web et leurs rôles ne se définissent pas ici, mais sur l'écran « Serveur web et comptes » ([Serveur web et comptes](#)).

Paramètres EPG

Configuration du guide électronique des programmes : d'où proviennent les données et comment elles sont distribuées. La consultation du guide accumulé est reportée sur un écran distinct, « Base de données EPG » ([Base de données EPG](#)). L'écran contient les onglets :

Import

Paramètres généraux de l'import du guide des programmes : « Activer l'import », « Conserver l'historique, jours » (profondeur de conservation des événements passés), « Nettoyage automatique des chaînes orphelines », ainsi que « URL de la source XMLTV » et « Nom de la source XMLTV » de la source externe principale. L'import EPG dans son ensemble est décrit dans [Import EPG/XMLTV](#).

Sources

Liste des sources XMLTV externes. Pour chacune — « Nom », « URL / chemin de la source », l'indicateur « Activé », « Intervalle de mise à jour, s », « Encodage du contenu » (détection automatique ou GZip forcé), les identifiants de connexion et les Cookies pour les ressources web à accès restreint, et « Conserver la copie téléchargée » pour le diagnostic ([Configuration des sources](#)).

Ensembles de chaînes

Ensembles nommés qui regroupent des chaînes en vue de la distribution à des consommateurs externes. L'onglet permet de créer un ensemble (nom et remarque) ; sa composition — l'appartenance des chaînes — se définit dans la base de données EPG ([Base de données EPG](#)). L'emploi des ensembles lors de la distribution est décrit dans [EPG pour middleware OTT](#).

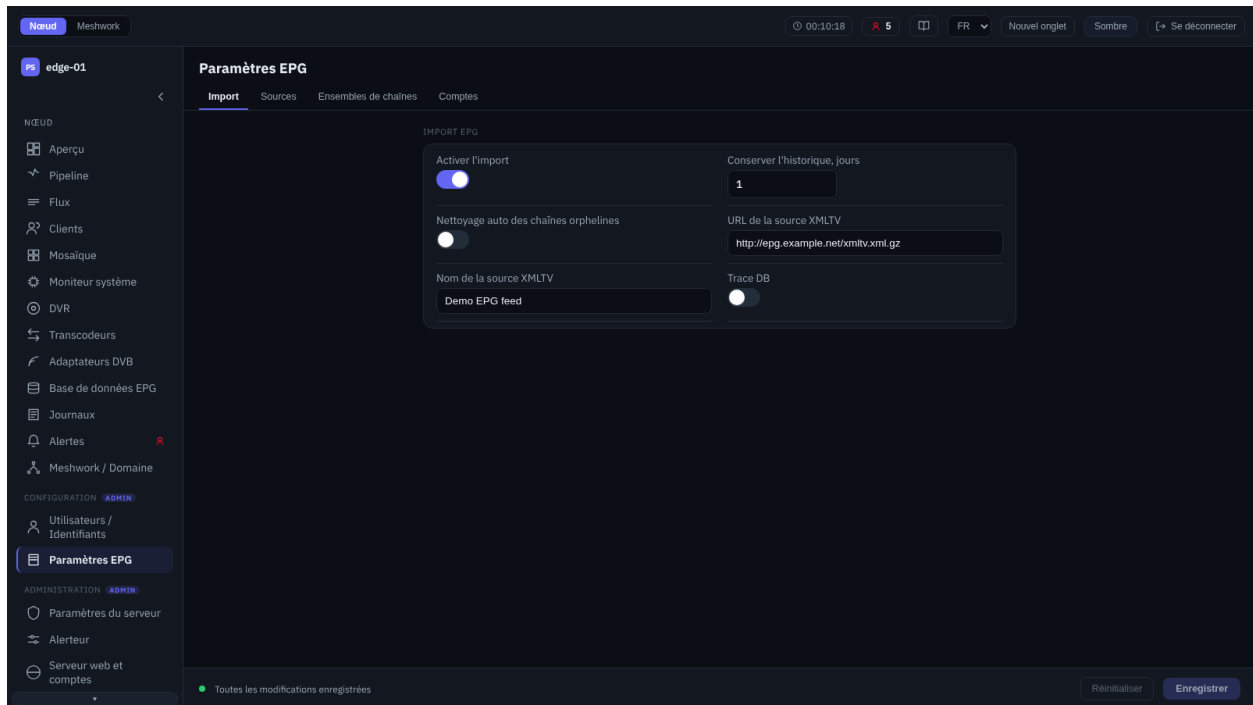


FIG.25: Paramètres EPG (importation).

Comptes

Accès des consommateurs externes au serveur EPG intégré — au téléchargement XMLTV. Pour un compte sont définis l'identifiant et le mot de passe, l'« Ensemble de chaînes » (détermine le contenu distribué ; sans ensemble, la distribution est vide), la « Date d'expiration », l'« IP autorisée » et l'indicateur « En pause ». La distribution XMLTV est décrite dans [Distribution XMLTV](#).

Le sous-système EPG dans son ensemble — génération de l'EIT et distribution pour le middleware OTT — est décrit dans [EPG/EIT](#).

Administration

Le groupe **Administration** de la zone « Nœud » regroupe les services serveur du nœud, les stockages, le matériel, la licence et la maintenance. Les écrans du groupe sont accessibles au rôle administrateur. La configuration initiale du nœud est décrite dans [Premier démarrage et activation](#).

Paramètres du serveur

Paramètres généraux du nœud. L'écran réunit plusieurs groupes de paramètres sous un même panneau d'enregistrement :

Serveur

Nom du serveur, niveau de journalisation (global et séparément pour les bibliothèques SRT, RIST et FFmpeg), durée de conservation des journaux, profondeur et traçage des statistiques de la base de données, limite de taille de la base des journaux.

Mosaïque

Interrupteur global du nœud pour la génération de la mosaïque ; la mosaïque elle-même — [Mosaïque](#).

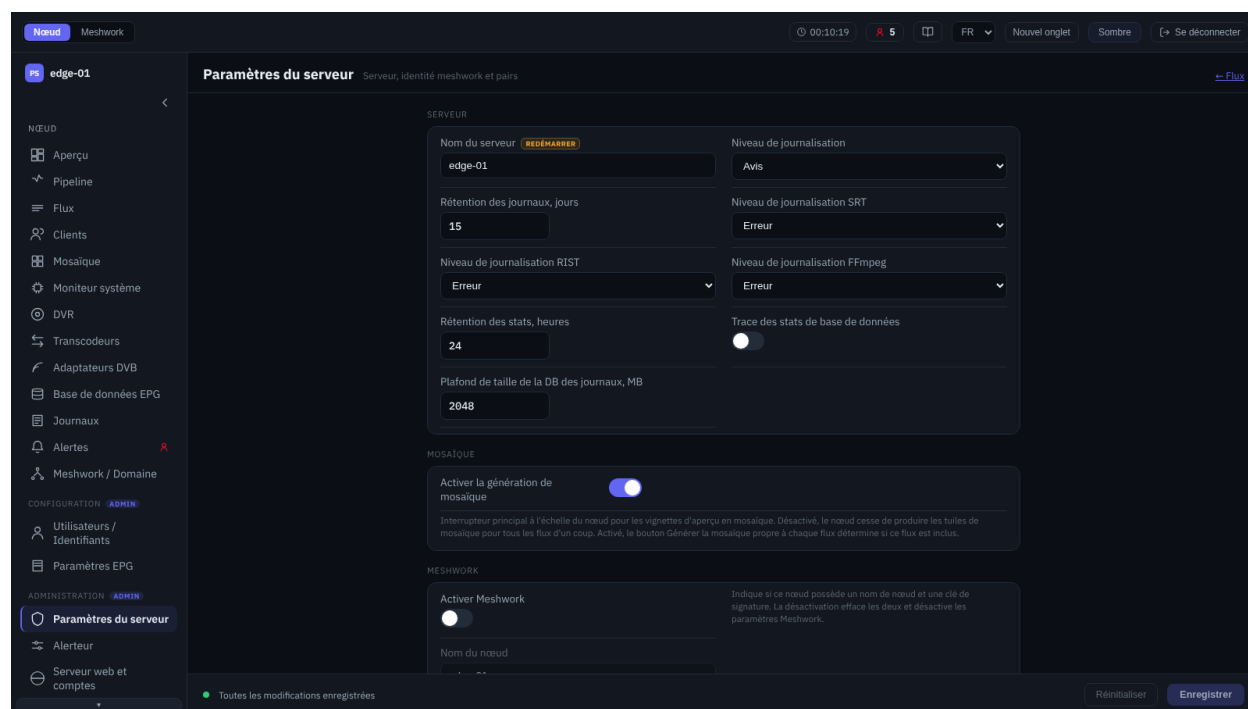


Fig.26: Paramètres du serveur.

Meshwork

Activation de la participation du nœud au Meshwork et son identification : nom du nœud, note, domaine Meshwork, ainsi que les ports HTTP et HTTPS publics et les domaines supplémentaires — les adresses auxquelles le nœud est joignable depuis l'extérieur (*Nœuds derrière un NAT*). Le modèle d'identification — *Identité du nœud*.

Pairs Meshwork

Liste des nœuds pairs et secret de signature partagé pour un échange sécurisé (*Pairs et secrets*).

Contact Meshwork (avancé)

Paramètres d'interrogation des pairs : nombre de threads de travail et délai d'attente du contact.

La configuration initiale du nœud — dans *Réglages initiaux* ; le déploiement du Meshwork — dans *Construction d'un réseau Meshwork*.

Alerteur

Seuils de déclenchement des alertes du nœud et règles de leur réplication. Outre l'activation globale de l'alerteur, sont définis :

- seuils de flux — délai d'absence de données, débit minimal, compteurs d'erreurs CC (paires « avertissement / erreur ») ;
- un avertissement distinct sur la charge CPU du thread de travail qui dessert un flux ou un adaptateur DVB (en pourcentage) ;
- seuils de ressources — CPU et mémoire de l'hôte, CPU et mémoire du processus et du transcodeur, charge réseau, GPU, utilisation du disque (en pourcentage, paires « avertissement / erreur ») ;
- temps de lecture/écriture des stockages DVR ;

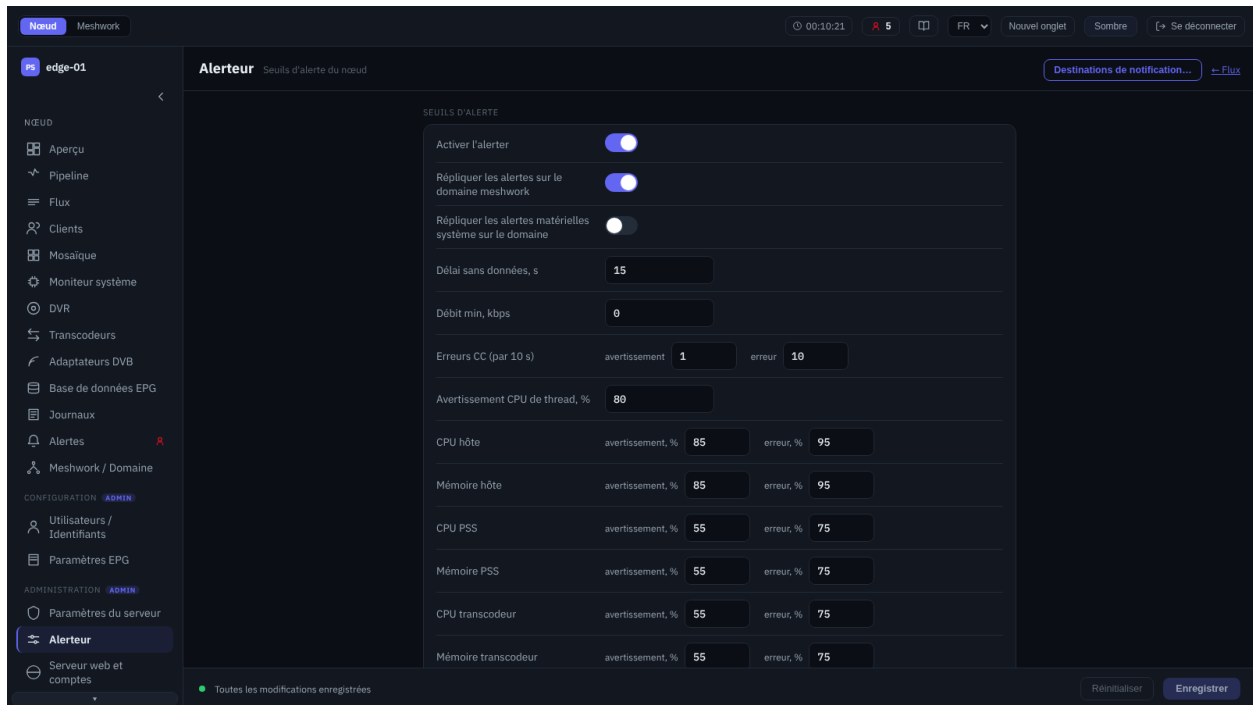


FIG.27: Paramètres de l'Alerteur.

- en présence d'une réception DVB — seuils de qualité du signal des frontends (niveau du signal, SNR, taux d'erreur binaire, blocs non corrigés).

La réplication des alertes à l'échelle du domaine Meshwork et, séparément, celle des alertes matérielles système s'active également ici ([Réplication des alertes à l'échelle du domaine](#)). La livraison externe se configure dans une fenêtre distincte ([Destinations d'alerte](#)).

Le modèle d'alertes est décrit dans [Fonctionnement d'une alerte](#), les seuils — dans [Paramètres de l'alerteur](#). La consultation des alertes actives s'effectue sur l'écran [Alertes](#).

Destinations d'alerte

La fenêtre de livraison externe des alertes s'ouvre depuis l'écran [Alerteur](#). Les canaux sont répartis en onglets ; chacun possède son propre seuil de gravité minimale de l'événement :

Processus

Exécution d'une commande externe sur événement d'alerte, avec un délai d'attente défini.

Telegram

Envoi vers Telegram : jeton du bot et liste des ID de chat.

E-mail

Envoi par SMTP : hôte et port du serveur, mode TLS (STARTTLS, TLS implicite ou sans chiffrement), vérification du certificat du serveur, identifiants, adresses de l'expéditeur et des destinataires.

Les règles de livraison sont décrites dans [Livraison externe des alertes](#).

Serveur web et comptes

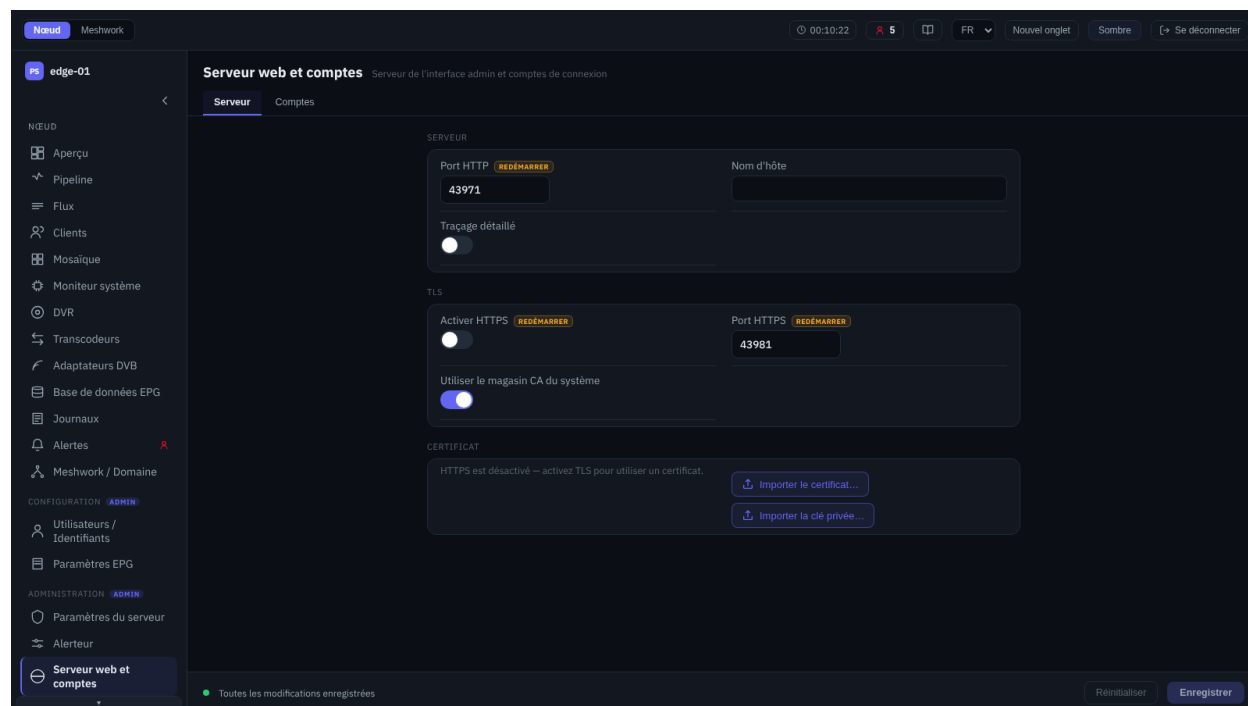


FIG.28: Serveur web et comptes.

Configuration du serveur web du panneau d'administration et des comptes de connexion. L'écran contient les onglets :

Serveur

Port HTTP et nom d'hôte, activation de HTTPS avec un port distinct et le choix du magasin CA, tracage détaillé. Tant que HTTPS est désactivé, le « Port HTTPS » et le choix du magasin CA sont grisés avec la mention « HTTPS est désactivé — activez TLS pour utiliser le certificat. » ; les champs réagissent au commutateur lui-même, sans attendre l'enregistrement, et les valeurs saisies ne sont pas perdues. Plus bas — les informations sur le certificat TLS courant (sujet, émetteur, période de validité, SAN) avec les actions d'import du certificat et de la clé privée et de rechargement de TLS ; lorsque HTTPS est désactivé, le panneau affiche la même mention à la place des informations, mais l'import reste accessible.

Comptes

Comptes locaux de connexion au panneau et leurs rôles — Admin, Restricted admin, Viewer ([Accès et rôles](#)). Pour chacun sont définis l'identifiant, le mot de passe et le rôle ; les entrées peuvent être ajoutées, modifiées et supprimées. À la création, le mot de passe est obligatoire ; à la modification, le champ du mot de passe est affiché vide et, s'il n'est pas renseigné, le mot de passe reste inchangé.

L'émission automatique des certificats — sur l'écran [Certificats HTTPS](#) ; le rechargement de TLS sans redémarrage — également dans [Maintenance](#). Les ports des services et la configuration initiale sont décrits dans [Réglages initiaux](#).

Serveur HTTP de diffusion

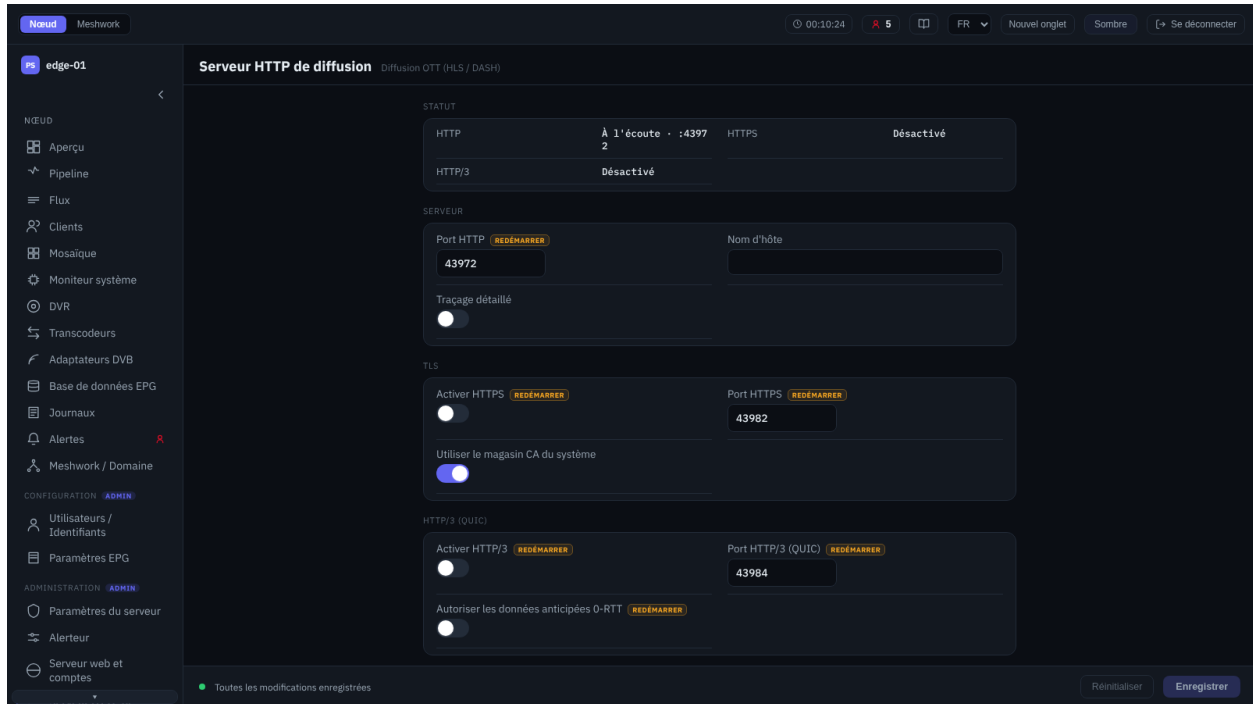


FIG.29: Serveur HTTP de diffusion.

Configuration du serveur HTTP intégré de diffusion des flux (diffusion OTT, playlists et segments HLS/DASH). En haut – l'état des écouteurs (HTTP, HTTPS, HTTP/3). Sont configurés :

Serveur

Port HTTP, nom d'hôte, traçage détaillé.

TLS

Activation de HTTPS avec un port distinct et le choix du magasin CA. Le port et le magasin sont grisés tant que HTTPS est désactivé.

HTTP/3 (QUIC)

Activation de HTTP/3 sur un port UDP distinct et autorisation des données anticipées 0-RTT ; le port et le 0-RTT sont grisés tant que HTTP/3 lui-même est désactivé. Ce bloc ne dépend pas de HTTPS : HTTP/3 est un écouteur distinct, il prend directement les fichiers du certificat et fonctionne avec HTTPS désactivé. C'est précisément ce que montre le bloc « Statut » : « HTTPS » peut rester sur « Désactivé » alors que « HTTP/3 » fonctionne.

Plus bas – le panneau du certificat TLS courant avec l'import et le rechargement de TLS. Le panneau ne suit que HTTPS ; lorsque HTTPS est désactivé, il reste donc muet même si le même certificat est diffusé par HTTP/3. La diffusion est décrite dans [OTT et DVR](#), le transport HTTP/3 – dans [HTTP/3 \(QUIC\)](#).

Serveur EPG

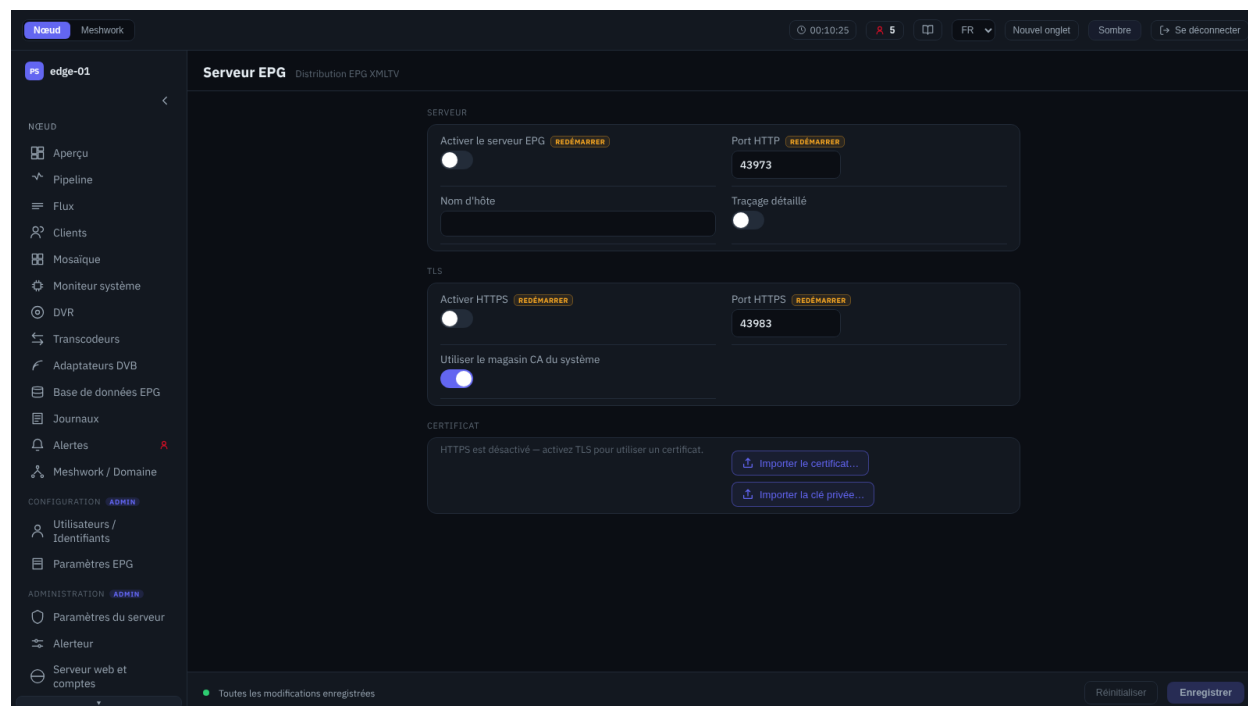


FIG.30: Serveur EPG.

Configuration du service de diffusion de l'EPG (XMLTV) vers des consommateurs externes — middleware et applications. Sont définis l'activation du service, le port, le nom d'hôte et la trace détaillée, HTTPS avec un port distinct et un magasin CA ; un panneau du certificat TLS est également disponible. Le port HTTPS et le magasin CA sont grisés tant que le service est désactivé ou que HTTPS est désactivé. Les comptes d'accès à l'EPG et les ensembles de chaînes se configurent séparément, sur l'écran [Paramètres EPG](#). L'intégration avec les middleware est décrite dans [EPG pour middleware OTT](#).

Certificats HTTPS

Émission et renouvellement automatiques des certificats TLS via ACME (Let's Encrypt). En haut — l'état : l'état de l'émission, l'heure de la dernière exécution, le compte ACME et la liste des certificats émis avec leurs échéances. Sont configurés :

Émission automatique

Activation et e-mail de contact. L'activation vaut acceptation des conditions de l'autorité de certification.

Avancé

URL du répertoire ACME, port de validation HTTP-01, délai de renouvellement anticipé et paramètres de liaison de compte externe (EAB).

L'action « Émettre / renouveler maintenant » lance l'émission immédiatement. Le téléversement de certificats propres s'effectue sur les écrans des services correspondants ([Serveur web et comptes](#), [Serveur HTTP de diffusion](#), [Serveur EPG](#)). L'activation de TLS est décrite dans [Réglages initiaux](#).

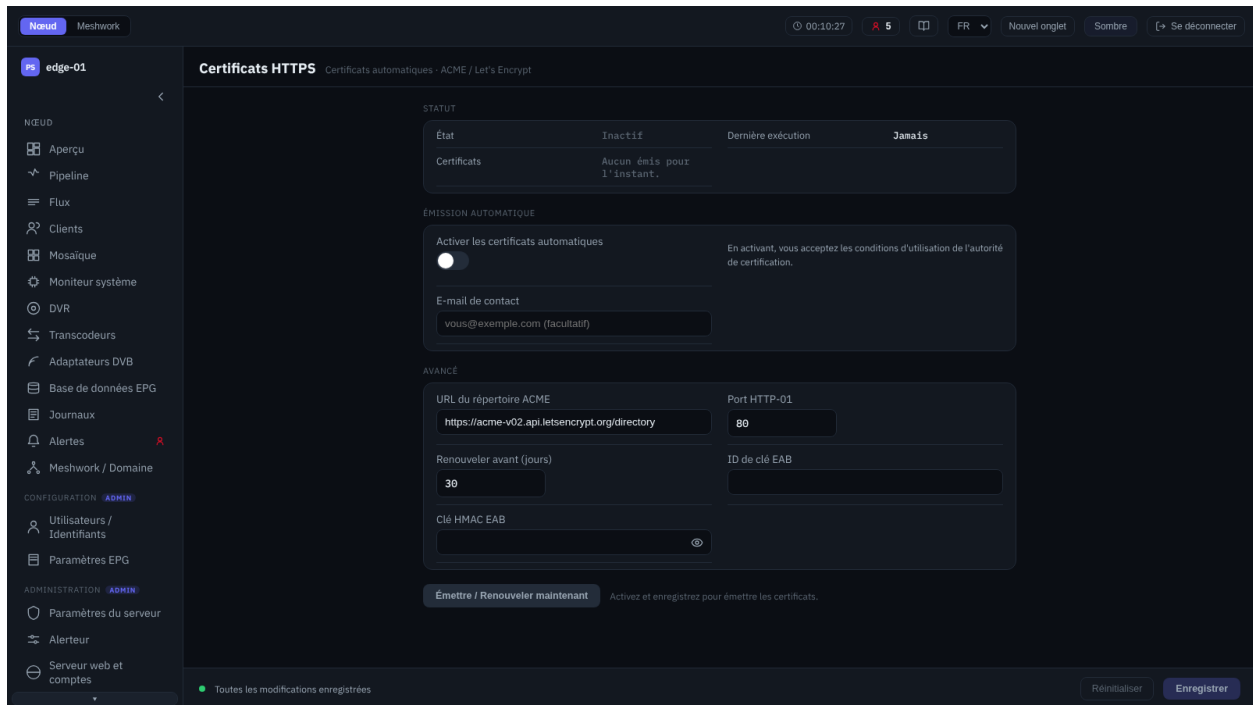


Fig.31: Certificats HTTPS (ACME).

Stockages DVR

Répertoires de l'archive DVR. Les stockages peuvent être ajoutés, modifiés et supprimés ; pour chacun sont définis le nom, le chemin du répertoire (non modifiable après la création), une note et l'utilisation maximale du disque. Un groupe distinct régit le comportement en cas de manque d'espace : intervalle de purge, délai et troncature en cas de dépassement, réserve d'urgence et hystérésis de purge. L'abaissement de la limite d'utilisation tronque l'archive la plus ancienne ; la suppression d'un stockage laisse les fichiers sur le disque, mais les flux rattachés perdent l'accès au VOD. L'occupation courante des disques est observée sur l'écran [Moniteur DVR](#). L'enregistrement et la lecture de l'archive sont décrits dans [Stockages DVR](#) et [OTT et DVR](#).

Maintenance

Opérations de service du nœud, regroupées par sections :

Nœud

Redémarrage normal du nœud avec confirmation — interrompt brièvement tous les flux.

Certificats TLS

Relecture du certificat TLS depuis le disque sans redémarrage — séparément pour le serveur web, le serveur HTTP de diffusion et le serveur EPG.

Sauvegarde de la configuration

Téléchargement d'un instantané gzip de la configuration du nœud.

Restauration

Téléversement d'une copie précédemment enregistrée : la configuration est remplacée, le nœud redémarre.

Les fichiers et les services sont décrits dans [Fichiers et services](#).

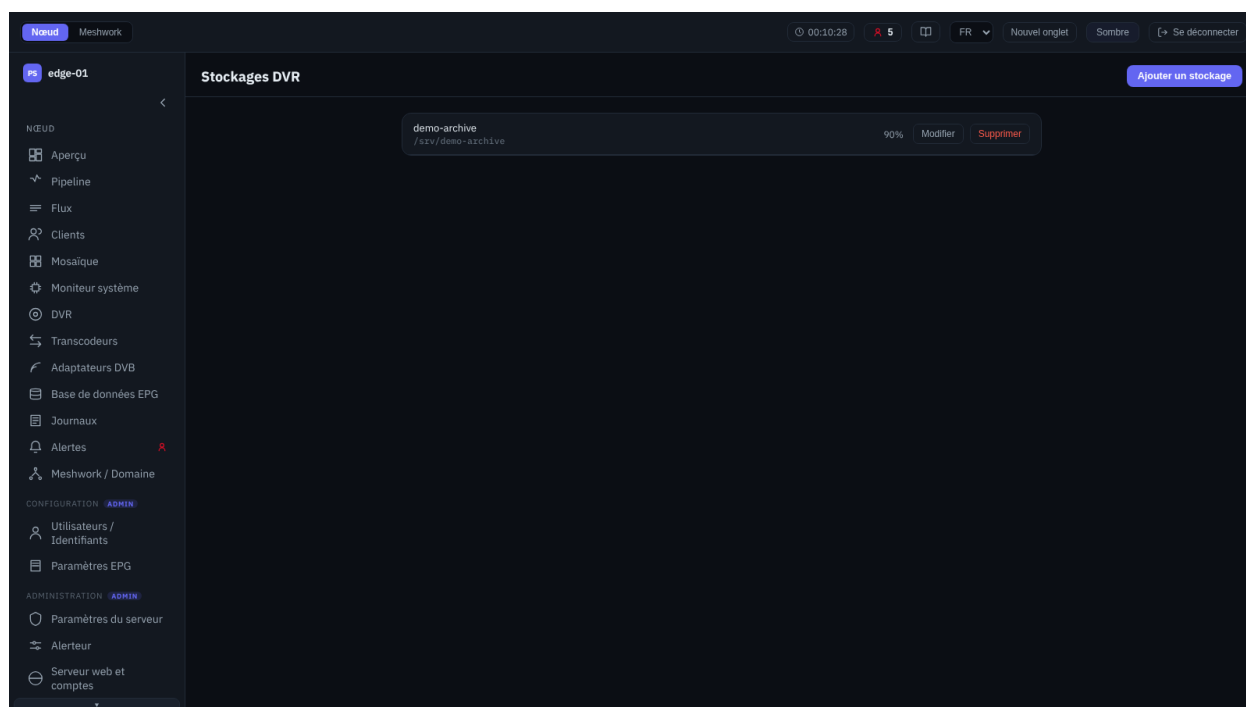


FIG.32: Stockages DVR.

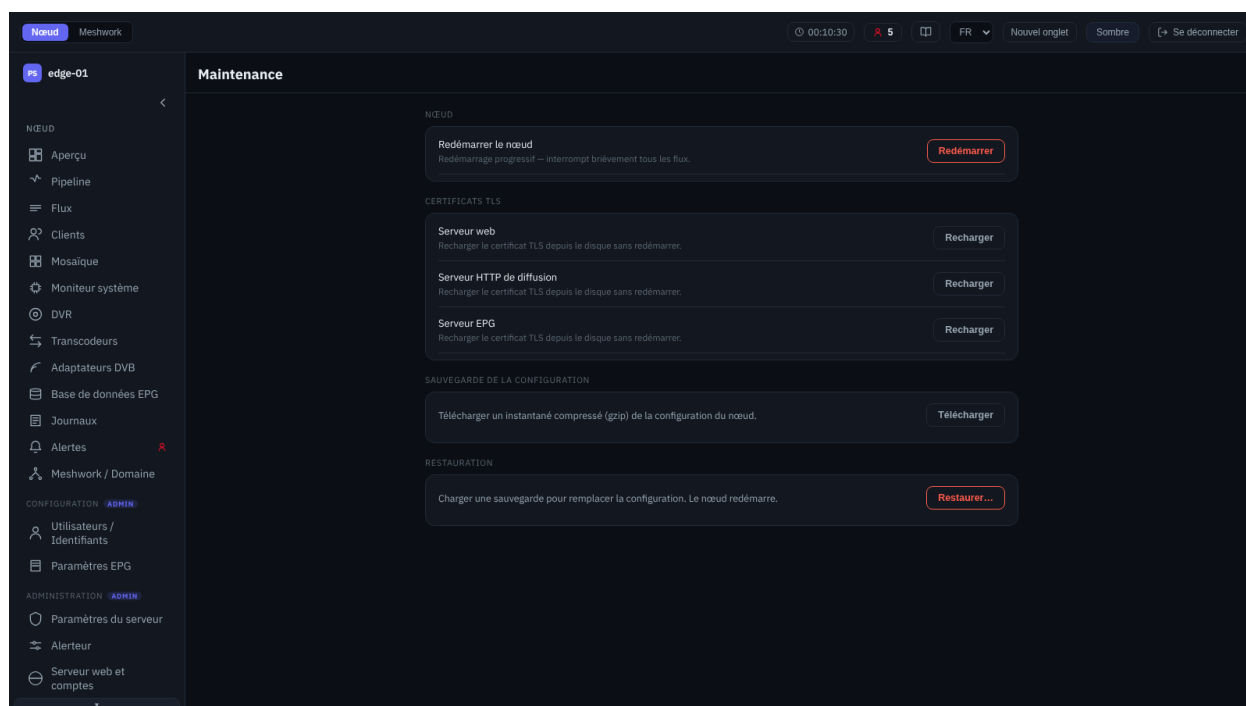


FIG.33: Maintenance.

Matériel

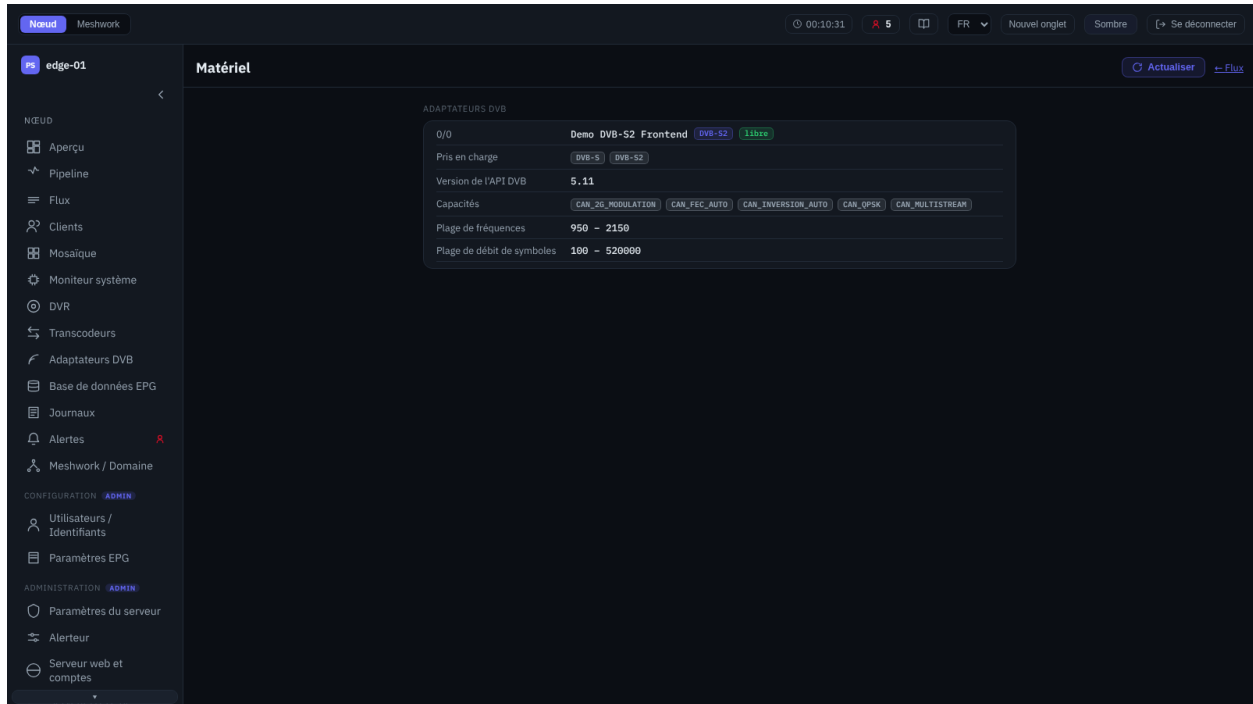


FIG.34: Matériel.

Le matériel de réception détecté et disponible pour le nœud (lecture seule ; le bouton d'actualisation relit la liste). Deux blocs :

Adaptateurs DVB

Frontends de réception DVB : nom, systèmes de diffusion pris en charge, version de l'API DVB, capacités, plages de fréquences et de débit symbole, indicateur d'occupation.

Modules CAM

Slots CI/CAM : le module inséré et son modèle, le type et l'état du slot, les identifiants des systèmes CA et l'état de l'abonnement (désembrouillage) par programme.

La réception DVB est décrite dans [Récepteur DVB](#) et [Adaptateurs](#), l'utilisation des CAM et le désembrouillage — dans [Désembrouillage](#). Les périphériques de transcodage détectés sont affichés sur l'écran [À propos](#).

Licence

Informations sur la licence du nœud : client, type de licence, limites du nombre de flux et de pairs (0 — sans limitation), mode démo, début de validité et temps sous licence. En cas d'utilisation d'une clé matérielle, le bloc HASP (identifiant et type de la clé) est affiché. L'activation permanente par clés SL/HL est décrite dans [Activation permanente](#) ; le comportement à l'expiration de la licence — dans [À l'expiration de la licence annuelle ou d'essai](#).

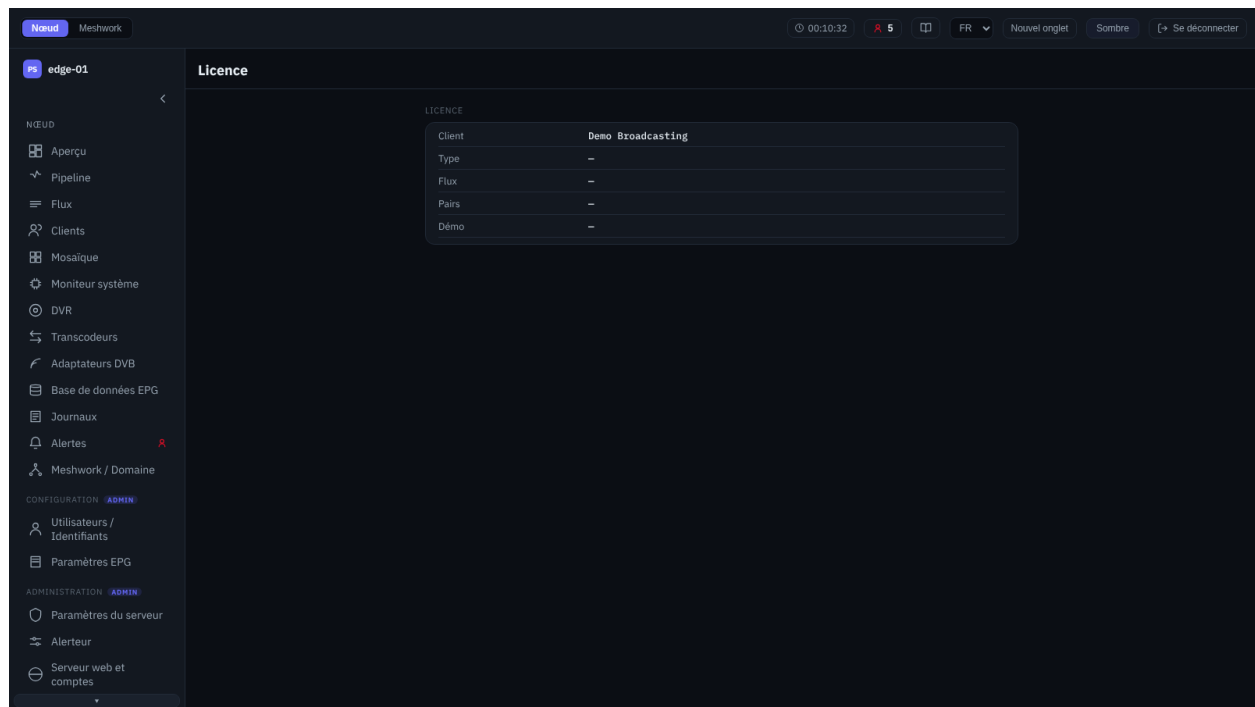


FIG.35: Licence.

À propos

Synthèse du système, regroupée par sections :

Licence

Informations succinctes sur la licence — les détails sur l'écran [Licence](#).

Transcodeurs

Les backends de transcodage détectés : type, version du module exécutable, disponibilité et liste des périphériques. L'installation des paquets du transcodeur — dans [Transcodeurs](#), le choix du backend — dans [Backends et codecs](#).

Build et bibliothèques

Version du build PSS et versions des bibliothèques intégrées, type de build.

Identité

Nom du serveur, nœud et sa note, compte courant, temps de fonctionnement et instant de démarrage, restriction par IP source.

L'appel de la documentation est également disponible depuis le bandeau commun de l'interface ([Barre commune](#)).

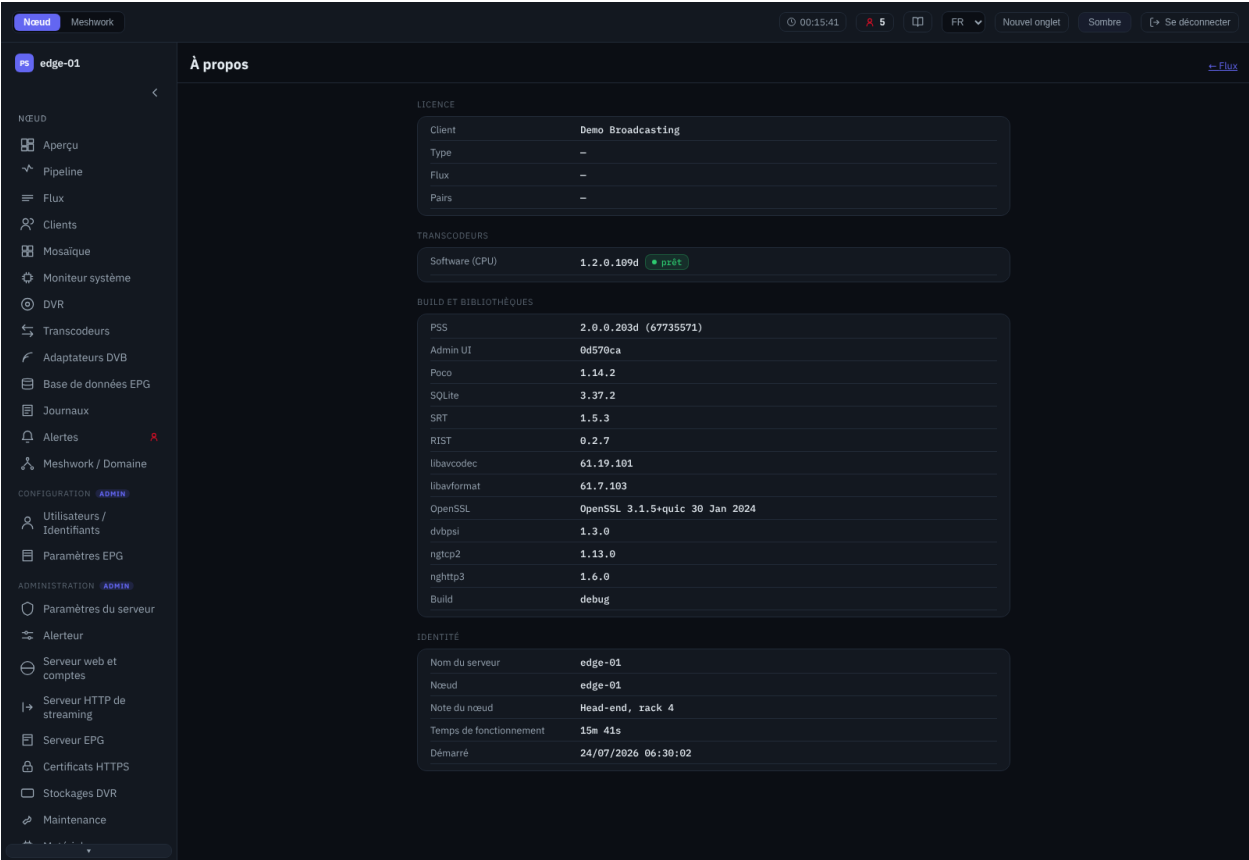


FIG.36: À propos.

Meshwork

La zone **Meshwork** (commutateur de zone dans la barre supérieure) regroupe les écrans de synthèse du réseau de nœuds du domaine : aperçu du domaine, topologie du transport, composition des pairs, liaisons de transport individuelles et catalogue commun des ressources réseau. Il s'agit d'une vue « d'ensemble » de tout le réseau, par opposition aux écrans de la zone « Nœud », qui présentent un seul nœud.

Les notions de réseau, les domaines, l'autodécouverte des voisins, le fonctionnement derrière un NAT et les alertes sont décrits dans la section [Meshwork](#).

Aperçu du Meshwork

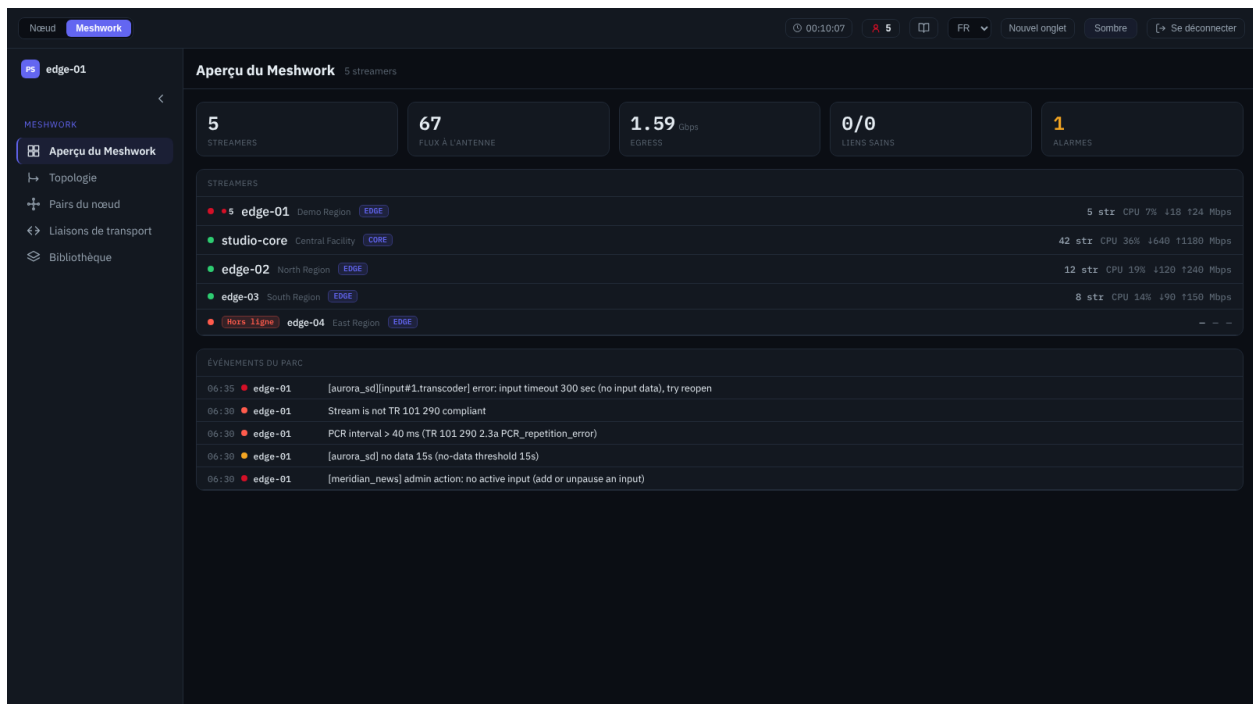


FIG.37: Aperçu du Meshwork.

Panneau de synthèse du domaine : tous les nœuds du réseau et les indicateurs clés du domaine dans une seule fenêtre. L'en-tête indique le nombre de nœuds ; en dessous se trouvent la ligne d'indicateurs et les listes.

La ligne d'indicateurs réunit les tuiles « Streamers » (nombre de nœuds), « Flux à l'antenne », « Egress » (bande passante sortante totale, Gbps), « Liens sains » (liaisons de transport saines rapportées à leur nombre total) et « Alarmes ». La tuile « Alarmes » compte les nœuds défaillants et les liaisons actives défaillantes et est mise en évidence lorsque la valeur est non nulle.

Le panneau « Streamers » comporte une ligne par nœud : l'indicateur d'état et, pour un nœud défaillant, un libellé textuel à côté de celui-ci (« Dégradé » ou « Hors ligne ») ; le nom du nœud, la région et le rôle, le nombre de flux à l'antenne, la charge CPU et le trafic (entrée/sortie). La ligne d'un nœud dont l'interface d'administration est accessible mène à ses écrans dans la zone « Nœud ». Pour le rôle administrateur, un compteur des alertes actives du nœud est affiché à côté de l'état.

Le panneau « Événements du parc » est visible par l'administrateur et regroupe les alertes actives de tous les nœuds : l'heure, le nœud auquel se rapporte l'événement (lien vers son interface d'administration) et le

texte. Le modèle du réseau est décrit dans [Meshwork](#), les alertes dans [Alertes \(alerter\)](#).

Topologie

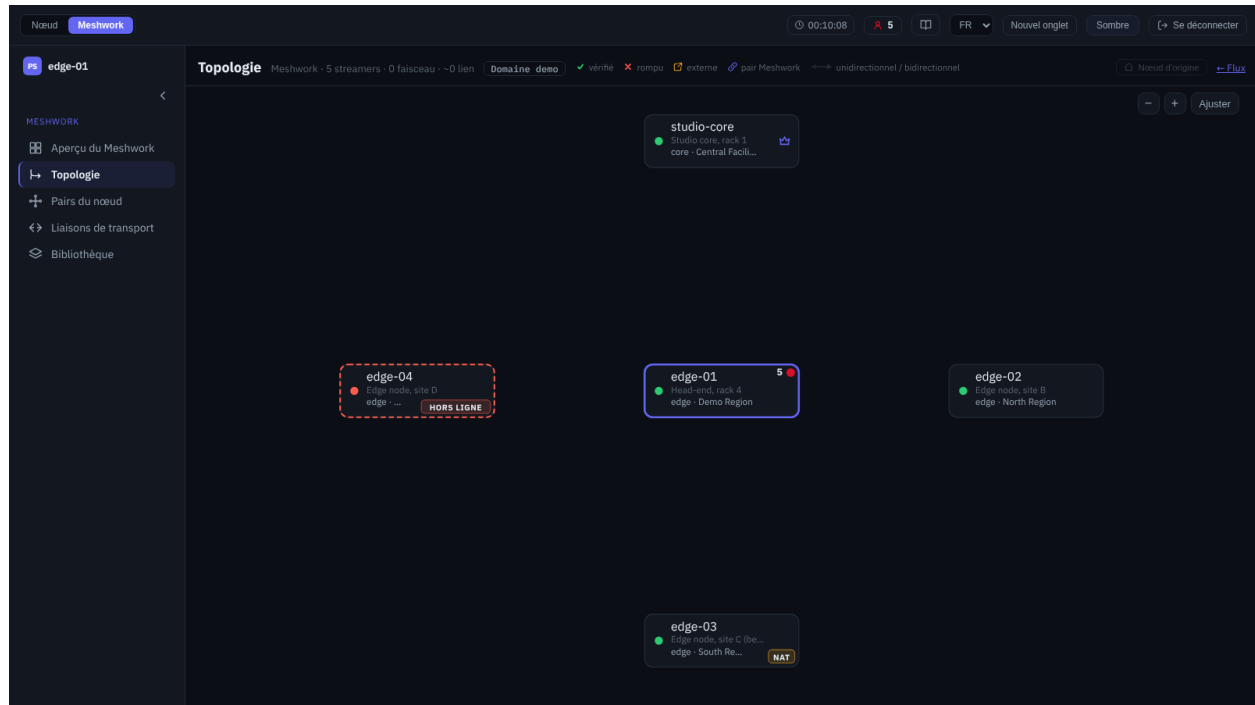


Fig.38: Graphe de la topologie de la flotte.

Graphe du transport du domaine : les nœuds du réseau et les liaisons de transport entre eux, regroupées en faisceaux (plusieurs liens unidirectionnels de même sens sont représentés par un seul lien). L'écran est graphique ; l'en-tête indique le nombre de nœuds, de faisceaux et de liens, le domaine du nœud connecté, les symboles de lien et le bouton « Nœud d'origine », qui ramène le centre du graphe sur le nœud courant.

Le graphe montre quels nœuds sont reliés, où le lien est vérifié et où il est déduit, quelles liaisons sont externes (hors du domaine) et quels nœuds se trouvent derrière un NAT. Les symboles distinguent un lien vérifié, un lien rompu (pair hors ligne), un lien externe, un lien entre pairs Meshwork et le sens (unidirectionnel ou bidirectionnel). Un nœud peut porter un compteur d'alertes actives. Un clic sur un nœud déplace le centre du graphe sur celui-ci (un second clic ouvre son interface d'administration), un clic sur un lien ouvre [Liaisons de transport](#) filtré sur le faisceau sélectionné. La carte du réseau et ses symboles sont décrits dans [Carte du réseau et catalogue des ressources](#), les champs des nœuds dans [Carte du réseau](#), le fonctionnement derrière un NAT dans [Nœuds derrière un NAT](#).

Pairs du nœud

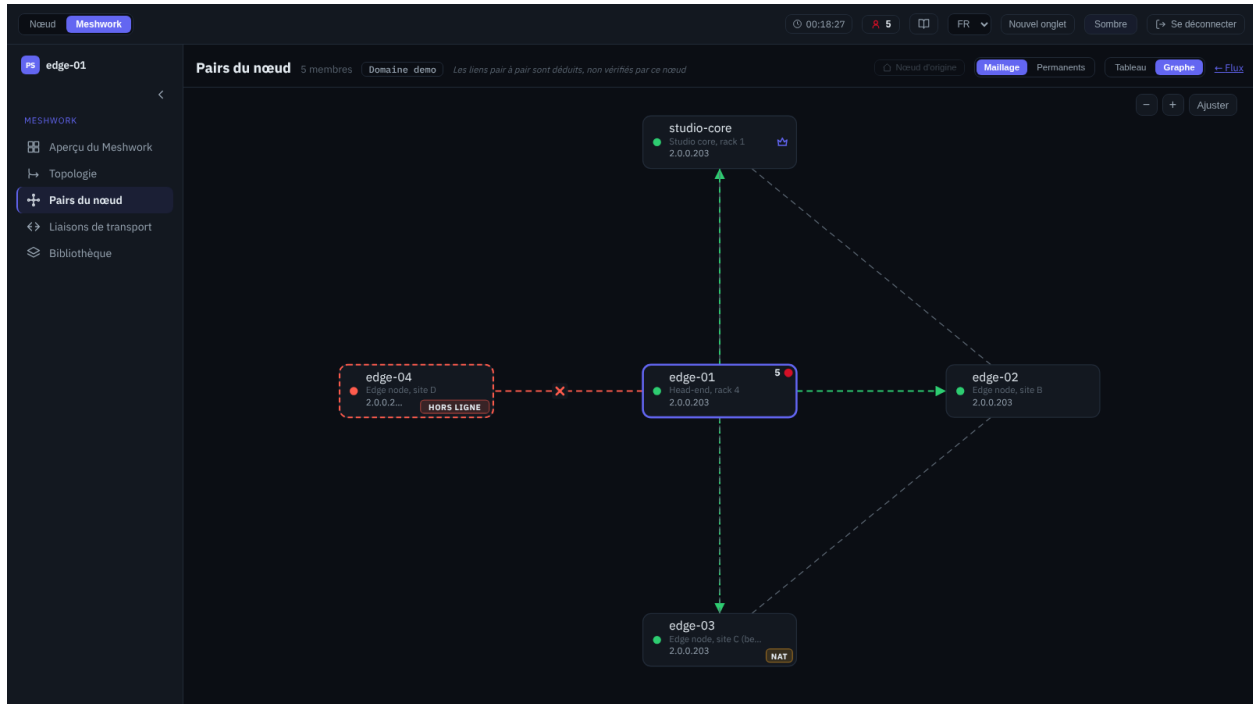


FIG.39: Graphe des pairs du nœud (mesh).

Composition du domaine et liens entre ses membres. Un commutateur de portée du graphe « Maillage / Permanents » et un commutateur d’affichage « Tableau / Graphe » (graphe par défaut) sont disponibles.

En mode graphe, « Maillage » affiche tous les membres du domaine centrés sur le nœud connecté : l’étoile fiable des keep-alive issue de celui-ci et les liens déduits — non vérifiés depuis ce nœud — entre les autres paires. « Permanents » construit le graphe du peering configuré : les nœuds et les liens orientés issus des listes de voisins de chaque nœud (la flèche indique le sens de la configuration, bidirectionnelle lorsqu’elle est mutuelle). Le bouton « Nœud d’origine » ramène le centre sur le nœud courant.

En mode tableau, les membres sont énumérés avec les colonnes « Nœud », « Adresse », « Type » (« Permanent » ou « Auto »), « Version », « Statut » (« Actif » / « Inactif », avec le libellé « Dégradé » en cas d’échecs de keep-alive), « NAT » et « Dernière présence ». Un nœud derrière un NAT affiche « Réseau interne » au lieu d’une adresse privée inaccessible. Le nom du nœud est un lien vers son interface d’administration (un pair inaccessible est rendu en texte simple) ; la ligne comporte un bouton d’ouverture de l’interface d’administration. La ligne du nœud courant est marquée et déploie le panneau « Trafic Meshwork » — la répartition du trafic sortant par portions (« Base », « Pairs », « Bibliothèque », « Alertes »), le débit TX/RX et les compteurs d’échange. Les champs des lignes sont décrits dans [Carte du réseau](#), la configuration des voisins dans [Pairs et secrets](#), le fonctionnement derrière un NAT dans [Nœuds derrière un NAT](#). La vue des pairs du point de vue du nœud courant est l’écran [Meshwork / Domaine](#).

Liaisons de transport

Les liaisons de transport individuelles entre les nœuds du domaine – les liens mêmes que la « Topologie » regroupe en faisceaux. L'en-tête présente les indicateurs « Liaisons » (au total), « Saines » (rapportées au nombre total) et « Vérifiées ». Lors du passage depuis le graphe de la « Topologie », le tableau s'ouvre filtré sur le faisceau sélectionné ; le filtre est levé par le lien « toutes les liaisons ».

Chaque ligne décrit une liaison : l'indicateur d'état, le sens (colonne « Liaison », nœud → nœud), le « Proto » (PS1, SRT et autres canaux de transport), le « Flux », l'« Identité » (« vérifiée » ou « déduite », avec la mention « réserve » pour un lien de secours), la « Portée » (« interne », « externe », « locale » ou « inconnue ») et la télémétrie – « TX→RX Mb/s », « RTT » et « Perte ». La portée est prise du côté qui se connecte lui-même ; pour les liaisons UDP, RTP, Pro-MPEG et RIST elle vaut donc « inconnue ». Les valeurs de télémétrie apparaissent lorsque les données correspondantes sont disponibles, sinon « – » est affiché ; les listes longues sont réparties sur plusieurs pages. Le type de liaison PS1 / SRT est décrit dans [Catalogue commun des ressources](#), les protocoles eux-mêmes dans [Protocoles Peer de transmission fiable](#).

Bibliothèque

Nœud

Meshwork

00:01:01

10

FR

Nouvel onglet

Sombre

Se déconnecter

edge-01

MESHWORK

Aperçu du Meshwork

Topologie

Pairs du nœud

Liaisons de transport

Bibliothèque

Bibliothèque

19 entrées

Flux

Nœud source

Tous les nœuds

NœUD	DOMAINE	TYPE	PROTO	DESTINATION	FLUX	NOTE
edge-01	demo	input-listen	SRT	192.0.2.10:9101	meridian_news	Contribution from...
edge-01	demo	input-multicast	UDP	233.252.0.11:1234	aurora_hd	—
edge-01	demo	output-multicast	UDP	233.252.0.111:1234	aurora_hd	—
edge-01	demo	output-multicast	UDP	233.252.0.112:1234	meridian_news	—
edge-01	demo	output-multicast	UDP	233.252.0.116:1234	aurora_sd	—
edge-01	demo	input-multicast	UDP	233.252.0.13:1234	cascade_sport	—
edge-01	demo	input-multicast	UDP	233.252.0.15:1234	solstice_radio	—
edge-01	demo	output-multicast	UDP	233.252.0.190:1234	demo_mux_a	Multiplex A to the...
edge-01	demo	input-multicast	UDP	233.252.0.211:1234	aurora_hd	Standby feed
edge-02	demo	input-multicast	UDP	233.252.0.11:1234	aurora_relay	—
edge-02	demo	output-multicast	PROMPEG	233.252.0.61:5004	edge02_backhaul	FEC to the head-e...
edge-02	demo	output-multicast	RIST poids 5	233.252.0.70:5000	edge02_rist	—
edge-03	demo	input-multicast	UDP	233.252.0.11:1234	aurora_nat_edge	—

FIG.40: Bibliothèque des ressources du domaine.

Catalogue commun des ressources réseau occupées du domaine : les entrées et les sorties des nœuds selon les protocoles UDP, RTP, Pro-MPEG, RIST, ainsi que PS1 et SRT. Le catalogue est constitué automatiquement à partir des annonces des nœuds et n'est accessible qu'en consultation. Il sert à choisir les adresses et les ports libres et à trouver les flux voulus dans le réseau. L'en-tête indique le nombre total d'entrées et le lien « toutes les liaisons ».

Au-dessus de la liste se trouve le filtre « Nœud source » : « Tous les nœuds » par défaut, la liste des valeurs contenant les nœuds qui annoncent actuellement quelque chose. Le filtre retient les entrées d'un seul nœud annonceur et ne modifie pas le nombre d'entrées indiqué dans l'en-tête. Les lignes sont triées par nœud, domaine et adresse.

Les colonnes : « Nœud » — le nœud annonceur, « Domaine », « Type » (le sens et le mode de connexion du point : output-multicast, input-caller, output-listen et similaires), « Proto », « Destination » (adresse et port), « Flux » (nom ou numéro) et « Remarque ». À l'adresse s'ajoutent la portée de la liaison (« locale », « interne » ou « externe » ; le même attribut existe pour les liaisons de transport — [Liaisons de transport](#)), la source SSM (SSM <adresse>) et le numéro de VLAN (VLAN <n>). La portée de la liaison n'est affichée que pour les points PS1 et SRT qui se connectent eux-mêmes à l'adresse indiquée (*-caller) : « locale » — une adresse du même nœud, « interne » — un pair confirmé par l'autorisation du domaine, « externe » — tous les autres. Pour RIST, le poids du lien (poids <n>) est affiché à côté du protocole.

Un clic sur une ligne ouvre l'interface d'administration de son nœud sur les statistiques de son flux : la ligne du nœud propre s'ouvre sur place, celle d'un voisin selon le réglage « Ouvrir les nœuds dans » de la barre supérieure ([Barre commune](#)) ; Ctrl ou ⌘ force un nouvel onglet. La ligne d'un nœud indisponible ou inconnu du réseau n'a pas d'action et porte l'info-bulle « Nœud indisponible ». L'info-bulle de la ligne indique l'heure d'annonce de l'entrée.

Le catalogue et les règles de choix des adresses sont décrits dans [Catalogue commun des ressources](#) ; la vue du point de vue d'une entrée ou d'une sortie donnée est [Bibliothèque — ce flux](#).

1.9 Ressources supplémentaires

Annexes d'exploitation : mise à l'échelle de la diffusion OTT au moyen de proxys de mise en cache et de CDN, connexion de systèmes de supervision externes, optimisation du nœud pour les installations de grande taille et exigences relatives au matériel Intel pour le transcodage matériel.

1.9.1 Mise en cache et CDN pour la diffusion OTT

Annexe destinée à l'exploitation des grandes installations : comment fonctionne la mise en cache des réponses OTT de Perfect Streamer et comment placer un proxy inverse avec cache ou un CDN devant le nœud. Les modes de diffusion, les formats d'URL et l'autorisation sont décrits dans la section principale [OTT et DVR](#).

Le serveur génère des réponses de trois catégories, qui diffèrent par la durée de vie du contenu et par leur aptitude à la mise en cache par les nœuds intermédiaires (proxy inverse, CDN, cache client).

1. Modèle de mise en cache

1.1. Ressources et en-têtes HTTP

Ressource	URL	Content-Type	Cache-Control
Segment TS (HLS)	/h<sess>/<keyHex>.ts	video/mp2t	public, max-age=60, immutable
Segment VTT (sous-titres)	/h<sess>/sub/<pid>/<keyHex>.vtt	text/vtt; charset=utf-8	public, max-age=60, immutable
Segment fMP4 (DASH / LL-HLS)	/h<sess>/init.mp4, /h<sess>/<key N>.m4s	video/mp4	public, max-age=60, immutable
DASH MPD	/h<sess>/index.mpd	application/ dash+xml; charset=utf-8	public, max-age=1
HLS master	/hls/<stream>/<login>/<pass>/index.m3u8	application/ vnd.apple. mpegurl	public, max-age=1
HLS media	/h<sess>/index.m3u8, /h<sess>/sub/<pid>/index.m3u8	application/ vnd.apple. mpegurl	public, max-age=1
302 Redirect	/dash/<stream>/<login>/<pass>/index.mpd	—	no-cache, no-store
Raw TS	/http/<stream>/<login>/<pass>	video/mp2t	non défini ; non mis en cache

1.2. Caractéristiques des segments

L'identifiant hexadécimal du segment dans l'URL (<keyHex> dans les chemins /h<sess>/<keyHex>.ts) est calculé comme le CRC64 de l'heure de début du segment et de l'ID du flux, et il est globalement unique. L'URL d'un segment adresse un contenu immuable – les requêtes répétées sur la même URL renvoient un flux d'octets identique (tant que le segment reste dans les limites de la fenêtre glissante).

La directive `immutable` supprime la revalidation conditionnelle par le client (`If-None-Match`, `If-Modified-Since`). La valeur `max-age=60` assure la compatibilité avec une valeur `timeShiftBufferDepth=40s` typique.

Les segments fMP4 CMAF (.m4s) et le fichier `init.mp4` commun pour DASH / Low-Latency HLS sont adressés de la même manière et mis en cache selon le même modèle (`immutable`, `max-age=60`). Les segments partiels (parts) de LL-HLS sont des requêtes `byte-range` à l'intérieur du même .m4s et ne créent donc pas d'entrée de cache distincte.

1.3. Caractéristiques des manifestes

max-age=1 limite à une seconde la borne supérieure d'obsolescence du contenu dans le cache. En combinaison avec proxy_cache_lock on (nginx), les rafales de requêtes vers le manifeste sont regroupées en une seule requête par seconde vers l'origine.

1.4. Variabilité du contenu

Avec absPath=0 (valeur par défaut, paramètre d'URL a absent), les manifestes HLS media et le MPD DASH ne contiennent pas l'identifiant de session dans leur corps. Le contenu du manifeste est identique entre les sessions appartenant à une même combinaison (stream, param). Cela permet au cache du proxy inverse de réutiliser une entrée entre plusieurs sessions lorsque la clé de cache est normalisée.

Avec absPath=1 (paramètre d'URL a=1), le corps du manifeste contient des URL absolues incluant le schéma, l'hôte et l'identifiant de session. Le contenu devient spécifique à la session et la réutilisation du cache entre sessions n'est plus possible.

2. Comportement des clients

Client	URL de rafraîchissement du manifeste	Incidence sur le nombre de sessions
Lecteurs HLS via la media playlist	/h<sess>/index.m3u8	Une session par session de lecture
Lecteurs DASH via l'URL racine	/dash/<stream>/.../index.mpd (boucle de rafraîchissement)	Traité par la réutilisation de session (voir 3.2)
Lecteurs en navigateur (MSE)	/h<sess>/... via <Location>/URL de session	Une session par session de lecture

3. Mécanismes spécifiques

3.1. Redirection HTTP 302 pour DASH

Une requête de la forme /dash/<stream>/<login>/<pass>/index.mpd renvoie une réponse 302 Found avec l'en-tête Location : /h<sess>/index.mpd. Le corps de la réponse est vide. L'autorisation et l'allocation de la session sont effectuées lors du traitement de la redirection.

Les clients qui prennent en charge la mise en cache de la redirection s'adressent directement à l'URL de session dans les requêtes suivantes. Les clients qui ne la prennent pas en charge répètent la requête de redirection. Le coût du retraitement de la redirection se limite à la vérification de l'authentification et aux opérations de réutilisation de session.

3.2. Réutilisation de session pour DASH

Lors du traitement d'une requête `/dash/.../index.mpd` provenant du même identifiant vers le même flux (avec le même indicateur adaptive), le serveur retrouve une session DASH déjà existante et renvoie de nouveau son identifiant. Aucune nouvelle session n'est créée et aucun emplacement de la limite de connexions simultanées n'est consommé. Seules les sessions dans le même mode de lecture sont réutilisées : une session en direct et une session VOD d'archive (paramètres `t/d/epg`) ne sont pas fusionnées.

S'applique uniquement à DASH. Pour HLS, aucun mécanisme de réutilisation distinct n'est nécessaire : les clients HLS rafraîchissent la media playlist via l'URL de session et ne créent pas de nouvelle session à chaque rafraîchissement.

3.3. Réutilisation des segments entre sessions

Le chemin `/h<sess>/<keyHex>.ts` ne dépend pas de `<sess>` lors de la résolution de `<keyHex>` en contenu : `<keyHex>` identifie de manière globalement univoque un segment TS au sein du flux. Nginx doté d'une clé de cache normalisée (qui supprime le préfixe `/h<sess>/`) sert toutes les requêtes portant sur un même `<keyHex>` depuis une entrée de cache unique, quels que soient les clients qui les ont émises.

La déduplication ne s'applique qu'aux noms adressables par contenu – les segments dotés d'un identifiant hexadécimal de 16 caractères (`.ts`, `.m4s` avec `<keyHex>`, `.vtt`). Les segments numérotés du DASH live (`<numéro>.m4s`), `init.mp4` et les manifestes ne sont uniques qu'au sein de leur propre session – leur clé de cache doit conserver le préfixe `/h<sess>/`, faute de quoi le cache servira le contenu d'un flux aux spectateurs d'un autre. Pour DASH, la déduplication des manifestes entre les clients d'un même identifiant est assurée par le session reuse (voir 3.2).

4. Paramètres de requête

Paramètre	Valeur par défaut	Effet
<code>a</code>	0	1 – URL absolues dans les manifestes ; 0 – URL relatives
<code>s</code>	40	<code>timeShiftBufferDepth</code> en secondes
<code>m</code>	40	Longueur minimale de la fenêtre requise pour servir un manifeste
<code>v</code>	6 pour les modes OTT, 3 pour Peering / HLS	<code>#EXT-X-VERSION</code> en HLS (ignoré par DASH) ; une valeur explicite dans l'URL remplace la valeur par défaut
<code>h3</code>	absent (off)	opt-in pour HTTP/3 (QUIC) : force le serveur à émettre <code>Alt-Svc</code> dans la réponse ; sticky sur l'URL de session. Voir HTTP/3 (QUIC)

La modification d'un paramètre via la query string met à jour les valeurs enregistrées dans la session lors de sa prochaine réouverture. Les paramètres de lecture de l'archive `t`, `d` et `epg` sont décrits dans [Lecture de l'archive \(VOD\)](#).

5. Caractéristiques de charge

La charge sur l'origine évolue avec le nombre de flux distincts regardés simultanément. L'augmentation du nombre de clients regardant un même flux n'accroît pas le nombre de requêtes vers l'origine dès lors qu'un cache de proxy inverse et une clé de cache normalisée sont en place.

Scénario	Fréquence des requêtes vers l'origine (réf.)
1 client sur le flux X	MPD : 0.4 req/s, segment : 0.2 req/s
N clients sur un même flux X (cache activé)	MPD : 1 req/s, segment : 0.2 req/s
N clients DASH en boucle de rafraîchissement sur un même flux	MPD : 1 req/s (avec proxy_cache_lock)
N clients sur N flux distincts	MPD : 0.4·N req/s, segment : 0.2·N req/s

Les segments sont dédupliqués globalement d'après leurs noms adressables par contenu ; la déduplication des manifestes entre clients est assurée par la réutilisation de session (DASH) et par la mise en cache au sein de la session.

6. Nginx comme proxy inverse avec cache

6.1. Configuration de base

```

proxy_cache_path /var/cache/nginx/pss_segments
    levels=1 :2 keys_zone=pss_segments :100m
    max_size=20g inactive=30m use_temp_path=off;

proxy_cache_path /var/cache/nginx/pss_manifests
    levels=1 :2 keys_zone=pss_manifests :10m
    max_size=256m inactive=5m use_temp_path=off;

upstream pss_backend {
    server 127.0.0.1:43972;
    keepalive 64;
}

map $uri $pss_cache_key {
    "~^/h[0-9a-f]{16}(?<tail>(/[0-9]+)?/[0-9a-f]{16}\.(ts|m4s)|/sub/[0-9]+/[0-9a-f]{16}\.vtt)$" "stream :$tail";
    default $uri;
}

server {
    listen 80;
    server_name stream.example.com;

    location ~* "^/h[0-9a-f]{16}(/[0-9]+|/sub/[0-9]+)?/([0-9a-f]{16}\.(ts|m4s|vtt)|init\.(mp4))$" {
        proxy_cache pss_segments;
        proxy_cache_key $pss_cache_key;
        proxy_cache_valid 200 60s;
        proxy_cache_valid 404 403 0s;
        proxy_cache_lock on;
        proxy_cache_use_stale updating error timeout;
    }
}

```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```

    proxy_cache_revalidate    on;
    proxy_ignore_headers     Vary;
    add_header                X-Cache-Status $upstream_cache_status;

    proxy_pass                http ://pss_backend;
    proxy_http_version        1.1;
    proxy_set_header          Connection "";
    proxy_buffering            on;
}

location ~* "^(^/h[0-9a-f]{16}(/[0-9]+|/sub/[0-9]+)?/index\.(m3u8|mpd)$|^/
→(hls|dash|llhls)/.*\.(m3u8|mpd)$)" {
    proxy_cache                pss_manifests;
    proxy_cache_key            $pss_cache_key;
    proxy_cache_valid          200 1s;
    proxy_cache_valid          404 403 0s;
    proxy_cache_lock           on;
    proxy_cache_lock_timeout   2s;
    proxy_cache_use_stale      updating;
    add_header                 X-Cache-Status $upstream_cache_status;

    proxy_pass                 http ://pss_backend;
    proxy_http_version         1.1;
    proxy_set_header           Connection "";
}

location / {
    proxy_pass                 http ://pss_backend;
    proxy_http_version         1.1;
    proxy_set_header           Connection "";
    proxy_set_header           X-Forwarded-Proto $scheme;
    proxy_set_header           X-Forwarded-Host $host;
    proxy_buffering             off;
    proxy_read_timeout          3600s;
}
}

```

Le port de l'origine dans l'exemple est le port par défaut du serveur HTTP de diffusion (43972 ; HTTPS – 43982). Seuls les noms de segments adressables par contenu sont normalisés (voir 3.3) ; les manifestes, init.mp4 et les segments numérotés sont mis en cache d'après l'URI complète de leur session. La directive `proxy_ignore_headers Vary` dans le location des segments est justifiée : le serveur accompagne les réponses OTT de l'en-tête `Vary : Origin`, et sans elle le cache se scinderait en variantes selon la valeur `Origin` du client (voir 7).

6.2. Rôle des directives

Directive	Rôle
proxy_cache_lock on	Sérialise l'exécution des requêtes upstream lors de cache miss simultanés sur une même clé
proxy_cache_use_stale updating	Renvoie une copie périmée aux requêtes parallèles pendant la mise à jour du cache
proxy_cache_revalidate on	Utilise If-Modified-Since lors d'un cache miss disposant d'une copie enregistrée
proxy_cache_valid 404 403 0s	Interdit la mise en cache des erreurs d'autorisation et des 404
keepalive 64 dans upstream	Maintient un pool de connexions persistantes vers l'origine
proxy_buffering on	Pour les segments ; active la mise en tampon de la réponse dans nginx
proxy_buffering off	Pour la section / ; désactive la mise en tampon (raw streaming)

6.3. Calcul de max_size du cache de segments

Valeur indicative : $\text{bitrate} \times \text{timeShiftBufferDepth} \times \text{distinct_streams} \times 2$

Exemple : $10 \text{ flux} \times 8 \text{ Mbps} \times 40 \text{ s} \times 2 \approx 800 \text{ MB}$. Il est recommandé de prévoir une marge de 10x pour tenir compte de la variabilité du débit.

6.4. Terminaison TLS

Le serveur Perfect Streamer accepte les connexions sur les ports HTTP et HTTPS. En cas de terminaison TLS sur nginx, l'upstream utilise le port HTTP. La retransmission des en-têtes X-Forwarded-Proto et X-Forwarded-Host est obligatoire pour former correctement les URL absolues lorsque `absPath=1`.

```
server {
    listen 443 ssl http2;
    server_name stream.example.com;

    ssl_certificate      /etc/letsencrypt/live/stream.example.com/fullchain.pem;
    ssl_certificate_key  /etc/letsencrypt/live/stream.example.com/privkey.pem;
    ssl_protocols        TLSv1.2 TLSv1.3;
    ssl_session_cache    shared :SSL :10m;
    ssl_session_timeout  1d;

    add_header Strict-Transport-Security "max-age=31536000; includeSubDomains" always;

    location ... {
        proxy_pass          http ://pss_backend;
        proxy_set_header    X-Forwarded-Proto https;
        proxy_set_header    X-Forwarded-Host  $host;
        proxy_set_header    Host              $host;
        # + caching directives from 6.1
    }
}

server {
    listen 80;
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
server_name stream.example.com;
return 301 https ://$host$request_uri;
}
```

Lorsque HTTPS est utilisé entre nginx et l'origine, les directives `proxy_ssl_verify` et `proxy_ssl_trusted_certificate` s'appliquent. Pour les connexions loopback, le chiffrement est superflu.

6.5. Multihôte

Lorsque plusieurs `server_name` sont servis par un même processus nginx, `$host` est ajouté à la clé de cache afin d'isoler les contenus :

```
map $uri $pss_cache_key {
    "~^/h[0-9a-f]{16}(?<tail>(/[0-9]+)?/[0-9a-f]{16}\.(ts|m4s)|/sub/[0-9]+/[0-9a-f]{16})\.vtt$" "$host :stream :$tail";
    default "$host :$uri";
}
```

La taille de `keys_zone` se calcule sur la base de 8000 clés/MB. Pour les installations multihôtes comptant des milliers de flux, il est recommandé d'utiliser `keys_zone=. . . :300m` ou davantage.

7. Mise en cache côté client

Cache-Control : immutable est pris en charge par les navigateurs modernes. Le cache client restitue le segment sans requête conditionnelle lors d'un accès répété (y compris lors d'un seek arrière dans les limites du tampon du lecteur).

Les Service Workers peuvent appliquer une stratégie `cache-first` en s'appuyant sur le contenu de `Cache-Control`. Les lecteurs DASH utilisent MSE via `SourceBuffer` ; un segment placé dans le tampon reste disponible sans nouvelle requête HTTP jusqu'à ce qu'il sorte de la fenêtre glissante.

Pour les requêtes inter-domaines, le serveur renvoie `Access-Control-Allow-Origin : *` accompagné de l'en-tête `Vary : Origin, Access-Control-Request-Headers`. Un proxy cache qui respecte `Vary` scinde les entrées en variantes selon la valeur `Origin` du client (les lecteurs en navigateur envoient `Origin`, les lecteurs en console non), ce qui réduit le taux de HIT. Comme l'ACAO est un « * » universel, il est sans risque d'ajouter `proxy_ignore_headers Vary` dans le location des segments (voir 6.1).

8. Déploiement via un CDN

Perfect Streamer est compatible avec les CDN en mode `pull-from-origin`.

Origin shield. Il est recommandé de placer un ou plusieurs nœuds shield entre les edge du CDN et l'origine afin de réduire la fréquence des requêtes vers l'origine lorsque les clients sont répartis à l'échelle mondiale.

Purge. Les segments adressables par contenu ne nécessitent pas de purge. En cas de modification des métadonnées du flux (codec, résolution), les manifestes sont mis à jour dans le délai `max-age=1` sans purge explicite.

Préchauffage du cache. Lorsqu'une hausse de charge est attendue sur un flux donné, il est possible de préchauffer le CDN depuis plusieurs points géographiques avant le début de la diffusion.

Répartition géographique. Les segments (max-age=60) se prêtent bien à une mise en cache géographiquement répartie. Les manifestes (max-age=1) tolèrent un délai de livraison allant jusqu'à une seconde — ce qui est acceptable pour une diffusion en direct sans faible latence.

9. Supervision

9.1. X-Cache-Status

Ajouter `add_header X-Cache-Status $upstream_cache_status;` dans chaque location où la mise en cache est active. Valeurs :

Valeur	Description
HIT	Réponse servie depuis le cache
MISS	Absent du cache, récupéré depuis l'origine et enregistré
EXPIRED	Périmé, mis à jour
UPDATING	Copie périmée servie à une requête parallèle pendant la mise à jour
STALE	<code>use_stale</code> a renvoyé une copie périmée (origine indisponible)
REVALIDATED	L'origine a renvoyé 304 Not Modified
BYPASS	<code>proxy_cache_bypass</code> s'est déclenché

9.2. Format de l'access-log

```
log_format pss_cache '$remote_addr $status $request_method "$request" '
                    '$body_bytes_sent rt=$request_time ut=$upstream_response_time '
                    'cache=$upstream_cache_status key=$pss_cache_key';

server {
    access_log /var/log/nginx/pss.log pss_cache;
}
```

9.3. Métriques

Le module `nginx-vts` exporte les métriques par zone au format Prometheus :

```
GET /status/format/prometheus
```

Seuils recommandés pour les alertes :

Métrique	Seuil	Cause possible
Segment HIT rate	< 90 % sur 5 minutes	Normalisation de la clé de cache incorrecte ; <code>max_size</code> trop faible
Manifest MISS rate	> 50 % sur 1 minute	<code>proxy_cache_lock</code> ne sérialise pas les requêtes
Upstream response time p95	> 500 ms sur 1 minute	Surcharge de l'origine
Cache zone fill	> 90 % sur 10 minutes	Approche de <code>max_size</code> , une éviction LRU est à prévoir

La qualité de la diffusion côté nœud est visible dans les métriques de sessions de l'écran « Clients » ([Clients](#)).

10. Diagnostic

Symptôme	Cause probable	Solution
Taux de HIT des segments faible	Vary : Origin scinde le cache en variantes ; normalisation incorrecte dans map	Ajouter proxy_ignore_headers Vary dans le location des segments ; vérifier la regex dans la directive map
404 sur les segments après leur sortie de la fenêtre	404 mis en cache pour un segment sorti de la sliding window	Ajouter proxy_cache_valid 404 0s dans le location segments
Délai de démarrage de la lecture de 2 à 5 s	proxy_cache_lock_timeout dépasse la latence cible	Réduire à 1-2 s ; activer proxy_cache_use_stale updating
Le manifeste ne se met pas à jour	proxy_ignore_headers Cache-Control est défini et un proxy_cache_valid avec un TTL élevé s'applique	Indiquer explicitement proxy_cache_valid 200 1s ou supprimer l'ignorance des en-têtes
Augmentation du nombre de TIME_WAIT sur l'upstream	keepalive absent du bloc upstream	Ajouter keepalive 64, proxy_http_version 1.1, proxy_set_header Connection ""
403 sur /dash/.../<segment>.m4s depuis les clients en console	Le client résout les URL relatives à partir de l'URL antérieure à la redirection	Le serveur émet <BaseURL> avec un chemin absolu ; compatible dans la build actuelle
Saccades et rebuffering fréquent chez les clients distants	Débit TCP effectif faible en raison du slow start et de l'idle restart avec des RTT élevés (300 ms et plus)	Réglage de la pile réseau Linux sur l'origine : voir 10.1

10.1. Réglage TCP de l'origine pour les clients à RTT élevé

Le problème se manifeste chez les clients présentant un RTT élevé jusqu'à l'origine (par exemple 300 ms et plus) lorsque le débit du flux est proche de la capacité du canal. Les symptômes côté lecteur sont un rebuffering fréquent et des coupures ; côté serveur, le client paraît pourtant normal et aucune erreur n'est signalée.

Cause :

- **TCP slow start.** Chaque nouvelle connexion TCP démarre avec une congestion window d'environ 14 Ko et l'augmente sur plusieurs RTT. Avec un RTT de 300 ms, atteindre la fenêtre complète prend 2 à 3 secondes. Pendant ce temps, un segment HLS/DASH d'une durée de 5 s (4 à 6 Mo) est téléchargé nettement plus lentement que le temps réel.
- **TCP idle restart.** Entre les requêtes de segments, le client, selon le modèle pull de HLS, marque une pause de 4 à 5 s. Par défaut, après une telle pause, le noyau Linux ramène la congestion window de la connexion à l'initial cwnd (comportement net.ipv4.tcp_slow_start_after_idle=1). Résultat : lors du GET suivant, la connexion keep-alive reprend la transmission depuis le slow start – même sur une session déjà montée en régime.

La situation est encore aggravée par le fait que le congestion control CUBIC utilisé par défaut supporte mal les RTT longs et les pertes de paquets sur les tronçons intermédiaires du réseau.

La solution consiste en deux paramètres sysctl sur l'origine :

```
# Keep congestion window across idle pauses inside keep-alive sessions.
sysctl -w net.ipv4.tcp_slow_start_after_idle=0

# Use BBR instead of CUBIC : better behaviour on long-RTT paths
# with mild packet loss; paces sending instead of bursting.
modprobe tcp_bbr
sysctl -w net.ipv4.tcp_congestion_control=bbr
```

Pour une application permanente :

```
cat > /etc/sysctl.d/99-pss-net.conf <<EOF
net.ipv4.tcp_slow_start_after_idle = 0
net.ipv4.tcp_congestion_control    = bbr
EOF
sysctl --system
```

L'effet principal provient du premier paramètre (`tcp_slow_start_after_idle=0`) : il élimine directement le slow start répété entre les requêtes de segments au sein d'une même connexion keep-alive. Le second (BBR) apporte une robustesse supplémentaire et s'applique à toutes les nouvelles connexions. Ce réglage ne nécessite pas le redémarrage de Perfect Streamer. Ces paramètres ne concernent pas les clients HTTP/3 (QUIC) : QUIC fonctionne au-dessus d'UDP avec son propre contrôle de congestion.

11. Sécurité

11.1. Session URL

L'URL de la forme `/h<sess>/...` fait office de jeton de session — elle n'exige pas de nouvelle authentification. Sa durée de vie est limitée par un délai d'inactivité de 60 secondes ; en l'absence d'activité, la session est supprimée automatiquement.

Exigences :

- HTTPS pour tous les chemins OTT (`/hls/`, `/dash/`, `/h<sess>/`) en production ;
- L'identifiant de session présent dans l'en-tête `Location` de la réponse 302 n'est pas mis en cache (`no-cache`, `no-store`).

11.2. Rate limiting

```
limit_req_zone $binary_remote_addr zone=dash_top:10m rate=5r/s;
limit_req_zone $binary_remote_addr zone=hls_top:10m rate=5r/s;
limit_req_zone $binary_remote_addr zone=llhls_top:10m rate=5r/s;

server {
    location /dash/ {
        limit_req zone=dash_top burst=20 nodelay;
        proxy_pass http://pss_backend;
    }
    location /hls/ {
        limit_req zone=hls_top burst=20 nodelay;
        proxy_pass http://pss_backend;
    }
    location /llhls/ {
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```

    limit_req zone=llhls_top burst=20 nodelay;
    proxy_pass http ://pss_backend;
}
}

```

L'URL de session (/h<sess>/) ne nécessite pas de rate limiting – son traitement est peu coûteux et les réponses sont mises en cache.

11.3. Mise en cache des réponses en erreur

```

proxy_cache_valid 200 60s;
proxy_cache_valid 301 302 0s;
proxy_cache_valid 404 403 0s;
proxy_cache_valid any 1s;

```

Interdit la mise en cache des redirections (sess unique dans Location) ainsi que des réponses en erreur d'autorisation ou de ressource absente.

11.4. Restriction de l'accès réseau à l'origine

Le port du serveur HTTP de diffusion (43972 par défaut ; 43982 pour HTTPS) doit être fermé au trafic externe. Configurations admissibles :

1. Lier Perfect Streamer à 127.0.0.1 (lorsque nginx est local)
2. Règle de pare-feu :

```
iptables -A INPUT -p tcp -m multiport --dports 43972,43982 ! -s 10.0.0.0/8 -j DROP
```

12. Intégration avec un middleware

12.1. Modèle prefix-login

Perfect Streamer prend en charge la délégation de l'identification de l'utilisateur à un système middleware via le mécanisme prefix-login – une alternative intégrée à une intégration complète avec une facturation externe (les comptes vérifiés par un système externe se configurent sur l'écran « Utilisateurs / Identifiants », onglet « Externes (facturation) », [Utilisateurs / Identifiants](#)).

Un indicateur de préfixe est activé sur un identifiant local, après quoi le serveur accepte des URL dont l'identifiant est de la forme <prefix><identifiant_abonné>:

```

/dash/test1/sub42/xxx/index.mpd
/hls/test1/sub43/xxx/index.m3u8

```

Ici, sub est le préfixe d'identifiant configuré, et 42/43 sont les identifiants d'abonnés du middleware ; le mot de passe est commun.

12.2. Statistiques par abonné

Dans la liste des clients, chaque session porte à la fois l'identifiant de configuration et l'identifiant d'URL effectif de l'abonné (match-login), grâce auquel le middleware associe les sessions à ses propres abonnés. Ces données sont visibles sur l'écran « Clients » ([Clients](#)).

12.3. Limitations de prefix-login

- **Mot de passe commun.** Tous les abonnés du pool prefix utilisent la même valeur de mot de passe. La compromission du mot de passe donne accès à n'importe quel <prefix><chaîne>.
- **Granularité des accès.** La liste des flux autorisés s'applique à l'ensemble du pool prefix. Un accès au niveau de chaque abonné est assuré par l'intégration avec une facturation externe.
- **Rotation du mot de passe.** La modification du mot de passe déconnecte tous les abonnés actifs. Un remplacement progressif nécessite l'utilisation temporaire de deux identifiants prefix.

1.9.2 Connexion de systèmes de supervision externes

pss-metrics — exportateur universel de métriques pour Perfect Streamer

Un unique script CLI en Python 3 qui récupère les statistiques depuis l'API HTTP du serveur web PSS et produit une sortie destinée aux systèmes de supervision les plus répandus :

- Zabbix (UserParameter, Low-Level Discovery, zabbix_sender trapper)
- Prometheus (format d'exposition texte pour le textfile collector)
- InfluxDB / Telegraf (line protocol ou JSON pour l'entrée exec)
- JSON générique pour des scripts personnalisés et des contrôles d'état de type Nagios

L'exportateur est un fichier unique et autonome, sans dépendances tierces ; il n'utilise que la bibliothèque standard de Python 3.6+ (*urllib*, *xml.etree*, *json*, *argparse*).

Fichiers

<code>pss-metrics.py</code>	main CLI (executable)
<code>userparameter_pss.conf.example</code>	UserParameter template for Zabbix

Installation

L'exportateur est fourni dans `/opt/pss/monitoring/pss-metrics.py`. Assurez-vous que Python 3.6 ou une version ultérieure est installé :

<pre># RHEL / Rocky / AlmaLinux yum install -y python3 # Debian / Ubuntu apt-get install -y python3</pre>
--

Aucun paquet supplémentaire n'est requis.

Configuration

Par défaut, *pss-metrics* se connecte au nœud par l'adresse de bouclage en déterminant le port du serveur web à partir de */opt/pss/config/pss.json* (ou de */opt/pss/config/pss_default.json*) ; si le port n'a pu être lu dans aucun des deux fichiers, *http://127.0.0.1:43971* est utilisé. Les paramètres peuvent être redéfinis par des variables d'environnement, par le fichier */etc/pss-metrics.conf* (format *clé=valeur*) ou par des options de ligne de commande. Priorité : CLI > env > fichier > valeurs par défaut. Exception — *PSS_URL* : la valeur issue du fichier peut être remplacée par la détection automatique du port ; définissez l'URL au moyen d'une variable d'environnement ou d'une option de ligne de commande.

Variables prises en charge :

PSS_URL	full URL, e.g. <i>http://10.0.0.1:8808</i>	(auto by default)
PSS_USER	web server login (if authorization is enabled)	
PSS_PASS	web server password	
PSS_TIMEOUT	HTTP timeout, in seconds	(default 5)
PSS_CACHE_DIR	cache directory	(default <i>/run/pss-metrics</i>)
PSS_CACHE_TTL	cache TTL, in seconds	(default 10)
PSS_CA_BUNDLE	path to CA bundle for HTTPS	
PSS_INSECURE	1 – disable TLS certificate verification	
PSS_VERBOSE	1 – log requests to stderr	

Cache : chaque exécution effectue au plus un GET HTTP par point de terminaison dans la fenêtre de TTL. Avec TTL=10 s, même des centaines de contrôles *UserParameter* par minute ne produisent qu'environ 6 requêtes HTTP par minute vers chaque point de terminaison de l'API.

Démarrage rapide

Contrôle d'état (codes de sortie de type Nagios) :

```
pss-metrics.py health
# OK : total=42 running=15 stopped=27 unhealthy=0 version=<version>
```

Découverte LLD Zabbix :

```
pss-metrics.py discover streams
pss-metrics.py discover inputs --running-only
pss-metrics.py discover outputs
```

Récupération d'une métrique unique (à utiliser dans un *UserParameter* Zabbix) :

```
pss-metrics.py get summary.running
pss-metrics.py get stream.10031.bitrate
pss-metrics.py get input.10031.1.speed1
pss-metrics.py get output.10031.1.speed
pss-metrics.py get sysmon.cpu.self-usage
pss-metrics.py get server.server-version
```

Export complet :

```
pss-metrics.py dump --format=json
pss-metrics.py dump --format=prometheus
pss-metrics.py dump --format=influx
pss-metrics.py dump --format=zabbix-trapper --zabbix-host=streamer-01
```


Chemins de métriques

pss-metrics get accepte un chemin séparé par des points. Une sortie vide signifie « valeur absente » (par exemple, la métrique n'existe que pour les flux en cours d'exécution).

server.<attr>	e.g. server.server-version, server.uptime
summary.<key>	total running stopped unhealthy input_bitrate_kbps output_bitrate_kbps
sysmon.cpu.<attr>	self-usage total-usage cores
sysmon.memory.<attr>	self-usage-kb available-kb total-kb
sysmon.netbw.<iface>.<attr>	rx-bw tx-bw (interface name as in XML)
stream.<id>.<attr>	any <stream> attribute
input.<sid>.<iid>.<attr>	any <input> attribute
output.<sid>.<oid>.<attr>	any <output> attribute

Attributs utiles par flux (issus de /data/stream/detail) :

```
stream: state, state-str, bitrate, thread-usage, mpts
input:  speed1, recv-bytes, recv-packets, recv-err,
        stat-disc, stat-disc1, stat-scrambled, stat-scrambled1,
        health-state-good, health-status, check-status
output: speed, sent-bytes, sent-packets, sent-err, uri, type
```

Intégration avec Zabbix

Deux scénarios sont pris en charge – choisissez celui qui convient à votre environnement.

1) UserParameter statique + LLD (agent Zabbix v1 / v2)

Copiez *userparameter_pss.conf.example* vers */etc/zabbix/zabbix_agentd.d/pss.conf*, redémarrez *zabbix-agent*, puis importez sur le serveur un modèle comportant des prototypes LLD qui utilisent les clés *pss.discover*. Exemple d'associations :

```
UserParameter=pss.discover[*],/opt/pss/monitoring/pss-metrics.py discover $1
UserParameter=pss.get[*],/opt/pss/monitoring/pss-metrics.py get $1
UserParameter=pss.health,/opt/pss/monitoring/pss-metrics.py health
```

Sur le serveur Zabbix :

```
Discovery rule key :      pss.discover[streams]
Item prototype keys :    pss.get[input.{#STREAM_ID}.1.speed1]
                        pss.get[stream.{#STREAM_ID}.bitrate]
                        pss.get[summary.unhealthy]
```

2) Trapper (push) au moyen de zabbix_sender

Lancez-le par minuterie (cron / systemd) et redirigez la sortie dans un pipe :

```
/opt/pss/monitoring/pss-metrics.py dump --format=zabbix-trapper \
--zabbix-host="$(hostname)" \
| zabbix_sender -z zabbix.example.com -i -
```

Intégration avec Prometheus

Deux options.

- a) Textfile collector (recommandé pour les environnements one-shot).

Lancez un export périodique au moyen d'un systemd-timer ou de cron :

```
* /1 * * * * /opt/pss/monitoring/pss-metrics.py dump --format=prometheus \
> /var/lib/node_exporter/textfile_collector/pss.prom.$$ \
&& mv /var/lib/node_exporter/textfile_collector/pss.prom.$$ \
/var/lib/node_exporter/textfile_collector/pss.prom
```

node_exporter publiera le fichier au moyen de *-collector.textfile.directory*.

- b) Scrape direct au moyen d'un petit enrobage (par exemple, *socat* + *pss-metrics dump*) ou de tout proxy HTTP tiers de votre choix.

Intégration avec Telegraf / InfluxDB

Telegraf *inputs.exec*:

```
[[inputs.exec]]
  commands = ["/opt/pss/monitoring/pss-metrics.py dump --format=influx"]
  interval = "10s"
  timeout = "5s"
  data_format = "influx"
```

Pour l'analyseur JSON, utilisez *-format=json* et configurez *data_format* = « *json* » en indiquant les chemins des champs.

HTTPS et authentification

L'exportateur est prévu pour s'exécuter sur le nœud lui-même : le serveur web PSS accepte sans autorisation les requêtes provenant de l'adresse locale. Les variables *PSS_USER*/*PSS_PASS* sont transmises en HTTP Basic — elles sont utiles lorsque l'accès à l'API est publié au travers d'un proxy intermédiaire doté d'une autorisation Basic ; l'exportateur ne satisfait pas l'autorisation Digest propre au serveur web PSS.

Accès en HTTPS :

```
PSS_URL=https://streamer.example.com:43981 pss-metrics.py health
```

Certificats auto-signés : définissez *PSS_INSECURE=1* (non recommandé) ou indiquez *PSS_CA_BUNDLE=/path/to/ca.pem*.

Codes de retour

pss-metrics respecte la convention Nagios :

0	OK	
1	WARNING	(e.g. running streams report unhealthy)
2	CRITICAL	(PSS is unreachable)
3	UNKNOWN	(invalid arguments / internal error)

get affiche une chaîne vide et se termine avec le code 0 lorsque l'entité demandée est absente – ce comportement correspond à l'attente de Zabbix, selon laquelle une valeur vide est interprétée comme « NOT_SUPPORTED » et non comme une défaillance de l'agent.

Diagnostic

```
pss-metrics.py -v health           # log every HTTP request to stderr
pss-metrics.py --cache-ttl=0 ...   # bypass cache while debugging
rm -rf /run/pss-metrics           # purge cache
```

1.9.3 Optimisation du fonctionnement du nœud

Recommandations pour les installations comportant un grand nombre de flux, lorsque le CPU ou la mémoire viennent à manquer.

Charge CPU

- N'activez le filtrage et la modification MPEG-TS ([Filtrage MPEG-TS](#)) que là où ils sont réellement nécessaires : par défaut, tous les filtres sont désactivés, et chaque filtre activé ajoute un traitement sur le chemin critique du flux. Il en va de même pour les analyses approfondies ([Analyses avancées](#)).
- La mosaïque décode les images de tous les flux. Elle peut être désactivée entièrement dans les paramètres du serveur, de manière sélective pour certains flux (« Générer la mosaïque »), ou rafraîchie moins souvent en augmentant l'« Intervalle de vérification (s) ». À noter : l'intervalle de vérification est commun – il régit également la revérification des sources et le retour sur l'entrée principale ([Redondance des sources](#)) ; son augmentation ralentit donc aussi la réaction de la redondance.
- La charge courante par flux est visible dans la fenêtre des statistiques (section « Profileur ») ainsi que sur l'écran « Moniteur système » ([Moniteur système](#)).

Mémoire

Perfect Streamer restitue périodiquement au système d'exploitation la mémoire inutilisée, et l'unité `systemd` fournie limite par défaut le nombre de pools d'allocation mémoire parallèles (variable d'environnement `MALLOC_ARENA_MAX`). Cela contient la croissance progressive de la mémoire résidente lors de l'exploitation de dizaines de flux ; cette croissance en elle-même ne résulte pas d'une fuite. Il n'est normalement pas nécessaire de modifier cette valeur manuellement.

Bases de données des statistiques et EPG

Les erreurs de débordement de file d'attente de la base de données des statistiques ou de la base EPG surviennent lorsque les performances du disque sont insuffisantes : les bases sont placées sur un support lent ou le système est surchargé.

L'emplacement des bases est défini par le paramètre `data-dir` du fichier de configuration `pss.properties` (par défaut — le répertoire de configuration). Solutions possibles :

1. Déplacer les bases sur un support rapide (SSD) au moyen du paramètre `data-dir`. L'option `/tmp` consomme la mémoire du système : elle exige d'évaluer la mémoire disponible et d'ajuster la durée de conservation des statistiques ; les données sont perdues au redémarrage.
2. Réduire le niveau de détail des statistiques — paramètre `dbstat-detail` (intervalle en secondes, 5 par défaut ; jusqu'à 30 est admis).

1.9.4 Transcodeur Intel VPL : matériel pris en charge

Quel matériel Intel convient au transcodage matériel, quels codecs sont disponibles sur les différentes générations graphiques et comment s'assurer que le matériel est reconnu. L'installation des paquets du transcodeur est décrite dans la section [Transcodeurs](#), la configuration du transcodeur lui-même — dans [Transcodeurs](#).

En bref : il faut une carte graphique Intel intégrée ou dédiée de niveau Gen9 ou supérieur. Le transcodeur détermine quel runtime Intel est présent sur la machine et s'y connecte ; un seul et même fichier exécutable `tcivpl` fonctionne aussi bien sur le matériel récent que sur le matériel ancien.

Deux runtimes Intel

Runtime	Matériel
oneVPL (VPL v2)	Gen12 et plus récent : Tiger Lake, Rocket Lake, Alder Lake (y compris Alder Lake-N : N100, N305), Raptor Lake, Arc
Media SDK v1 (MSDK v1)	Gen9–Gen11 : Skylake, Kaby Lake, Coffee Lake, Comet Lake, Ice Lake

Le choix du runtime est automatique et ne demande aucun réglage particulier : le répartiteur VPL énumère les implémentations trouvées pour le périphérique `/dev/dri/renderD<N>` sélectionné, et le transcodeur prend la première qui convient au fonctionnement matériel. Le transcodeur n'a pas de règle dédiée « préférer VPL v2 » — pour Gen9–Gen11, le nouveau runtime n'existe tout simplement pas, c'est donc toujours Media SDK v1 qui s'y trouve, tandis que sur Gen12 et plus récent, seul oneVPL est habituellement installé.

À prendre en compte lors du choix du matériel : les procédures d'installation du transcodeur ([Transcodeurs](#)) n'installent que le runtime VPL v2, elles visent donc Gen12 et plus récent. Pour Gen9–Gen11, le runtime Media SDK v1 s'installe séparément et il peut être absent des distributions récentes (voir ci-dessous).

Codecs

Runtime	Décodage	Encodage
VPL v2 (Gen12+)	H.264, HEVC, MPEG-2	H.264, HEVC, MPEG-2
MSDK v1 (Gen9–Gen11)	H.264, MPEG-2	H.264, MPEG-2

Ce qui n'est pas disponible :

- **HEVC n'est pas pris en charge sur MSDK v1** — ni le décodage, ni l'encodage : dans Media SDK v1, HEVC est raccordé via une interface de plug-ins que le répartiteur oneVPL ne fournit pas. HEVC exige une machine Gen12 ou plus récente. À la tentative, le transcodeur écrit une erreur explicite — HEVC decode is not supported on the Intel Media SDK v1 runtime ou HEVC encode is not supported on the Intel Media SDK v1 runtime.
- AV1, VP9 et VC-1 ne sont pris en charge par aucun des deux runtimes — ils ne sont pas nécessaires en diffusion.

Les trois codecs énumérés constituent le maximum avec lequel le transcodeur sait travailler. Sur VPL v2, il n'impose pas de restrictions propres, c'est pourquoi le jeu réel de codecs d'un adaptateur donné est déterminé par le runtime ; ce qui est disponible sur la machine est indiqué par `tcivpl --hw-list` (voir ci-dessous). La matrice générale des codecs du transcodeur, indépendante du backend, est présentée dans [Backends et codecs](#).

Matériel Atom bridé : non pris en charge

Les plateformes à cœurs Atom antérieures à Gen12 — Apollo Lake, Gemini Lake, Elkhart Lake, Jasper Lake (Celeron et Pentium des séries J et N : J4125, J6412, N5105 et similaires) — ne conviennent pas au transcodage.

Leur moteur multimédia est bridé : il n'y a pas d'encodage matériel complet et l'encodage MPEG-2 est totalement absent. Le décodage peut fonctionner sur de telles puces, mais il n'y a rien pour transcoder — utilisez le transcodeur logiciel (paquet **pstreamer-tcs**) ou un autre matériel. Le transcodeur ne rejette pas ce matériel à l'avance : il démarre puis se termine sur une erreur à l'initialisation de l'encodeur.

Exception importante : **Alder Lake-N (N100, N305 et similaires) repose également sur des cœurs Atom, mais sa partie graphique est un Gen12 à part entière et il est pris en charge.**

Point distinct : les anciens processeurs Atom ne possèdent pas d'AVX, alors qu'une partie des paquets Intel prêts à l'emploi sont compilés avec AVX. Dans ce cas, le processus du transcodeur plante avec `Illegal instruction` — les instructions sont exécutées par la bibliothèque du pilote ou du runtime Intel chargée dans le processus, et non par le code du transcodeur lui-même.

Ce qui doit être installé

Composant	RHEL / AlmaLinux / Rocky	Debian / Ubuntu
Pilote VA-API iHD (obligatoire)	<code>intel-media-driver</code>	<code>intel-media-va-driver-non-free</code>
Runtime VPL v2 (Gen12+)	<code>intel-vpl-gpu-rt</code>	<code>libmfxgen1</code>
Runtime MSDK v1 (Gen9–Gen11)	<code>intel-mediasdk</code>	<code>libmfx1</code>
VA-API, DRM	<code>libva</code> , <code>libdrm</code>	<code>libva2</code> , <code>libva-drm2</code> , <code>libdrm2</code>

Un seul runtime est nécessaire — celui qui correspond au matériel. Le pilote iHD est obligatoire dans tous les cas : avec l'ancien i965, l'initialisation de VA-API aboutit, mais le décodeur ne démarre pas, et

aucun message distinct n'en informe — le pilote n'est visible que dans le journal au démarrage du flux. Sous Debian et Ubuntu, prenez précisément la variante `intel-media-va-driver-non-free` : dans `intel-media-va-driver`, une partie des codecs est supprimée.

Les noms des paquets dépendent de la provenance de l'installation. Les noms Debian indiqués proviennent du dépôt Intel Graphics, qui est ajouté par la procédure d'installation ([Ubuntu 22/24](#)) ; dans le dépôt propre à Ubuntu, le même runtime VPL v2 s'appelle `libmfx-gen1.2` et les versions y sont nettement plus anciennes.

Le répartiteur Intel VPL (`libvpl2` dans les distributions) est fourni avec le paquet du transcodeur : il est installé dans `/opt/pss/lib/libvpl.so.2`, le chemin étant déclaré dans le répertoire `/etc/ld.so.conf.d/`. Mais le répartiteur ne fait que choisir le runtime — s'il n'y a pas de runtime adapté sur la machine, il n'y a rien pour transcoder.

Le runtime MSDK v1 a été retiré des distributions récentes : `intel-mediasdk` est présent dans EPEL 9, mais pas dans EPEL 10 ; `libmfx1` est présent dans Debian 12 et Ubuntu 24.04, mais il ne figure plus dans les versions suivantes. Sur de tels systèmes, le runtime destiné au matériel Gen9–Gen11 devra être installé séparément.

Le paquet du transcodeur n'entraîne l'installation ni du pilote ni du runtime ; une installation réussie ne signifie donc pas à elle seule que le transcodage matériel fonctionnera — cela se vérifie séparément. Notez également que l'utilisateur du service doit avoir accès aux périphériques `/dev/dri` ([Ubuntu 22/24](#)).

Comment vérifier

```
/usr/local/bin/tcivpl --hw-list
```

La commande affiche un document XML contenant la liste des implémentations trouvées par le répartiteur VPL — sur une seule ligne, sans retours à la ligne. Pour chacune sont indiqués le nom du runtime (`device-name`), la version de l'API, les listes de codecs du décodeur et de l'encodeur, l'adaptateur et l'indicateur d'aptitude au fonctionnement matériel. Exemple de sortie sur Gen9–Gen11 (présenté avec des retours à la ligne pour la lisibilité) :

```
<vpl mfx-version="2.15">
  <device id="0" device-name="mfxhw64" api-version="1.35" legacy="1"
    dec-codecs="h264,mpeg2" enc-codecs="h264,mpeg2"
    vendor-id="8086" device-id="4555" drm-render="128"
    supported="1"/>
</vpl>
```

Comment lire la sortie :

- `legacy="1"` — l'implémentation annonce une version d'API inférieure à 2.0, c'est-à-dire qu'il s'agit de l'ancien runtime Media SDK v1 ; sans cet indicateur, c'est oneVPL 2.x. C'est sur cet indicateur et sur `api-version` qu'il faut s'appuyer en premier lieu : la valeur `device-name` provient du répartiteur telle quelle (en pratique — `mfxhw64` pour Media SDK v1 et `mfx-gen` pour oneVPL).
- `supported="1"` — l'implémentation convient au fonctionnement matériel. Une entrée dépourvue de cet indicateur équivaut à son absence.
- Pour Media SDK v1, la liste des codecs est toujours `h264,mpeg2` — il s'agit du jeu pris en charge par le transcodeur sur ce runtime, et non du résultat d'une interrogation du matériel. Pour oneVPL, les listes sont issues de ce qu'annonce le runtime.
- `mfx-version` — version de l'API des en-têtes avec lesquels le transcodeur a été compilé, et non la version du runtime installé.

Une liste vide (un élément <vpl> sans le moindre <device>) signifie qu'il n'y aura pas de transcodage matériel sur cette machine : le runtime ou le pilote n'est pas installé, le GPU n'est pas un GPU Intel, ou bien l'accès à /dev/dri est absent. Le message `No vpl libraries found` est un cas distinct : c'est la bibliothèque du répartiteur elle-même qui est introuvable.

La commande ne fait qu'énumérer les implémentations, elle n'en choisit aucune. Laquelle sera utilisée est déterminé au lancement du flux — d'après le périphérique indiqué dans les paramètres du transcodeur. Au démarrage du flux, le transcodeur écrit deux lignes dans le journal : le runtime sélectionné avec sa version d'API, et la version de VA-API accompagnée du nom du pilote. La seconde ligne montre que c'est bien le pilote iHD qui fonctionne, et non i965.

Les backends de transcodage détectés, leurs versions et les périphériques trouvés sont également affichés sur l'écran « À propos » ([À propos](#)), et la charge du GPU — sur l'écran « Moniteur système » ([Moniteur système](#)).

1.10 FAQ

Réponses aux questions qui se posent le plus souvent en exploitation : la compatibilité SRT avec les logiciels tiers et la réception de multicast à haut débit.

1.10.1 SRT : autorisation par identifiant et mot de passe dans un logiciel tiers

Entre deux nœuds Perfect Streamer, l'autorisation SRT se configure de manière native, par les champs de l'entrée et de la sortie ([SRT](#)). Le fonctionnement avec d'autres logiciels n'est pas garanti : le paramètre stream ID n'est pas normalisé et il est mis en œuvre différemment selon le logiciel.

Le mécanisme de compatibilité est le même dans tous les cas : la partie réceptrice prend le stream ID du client qui se connecte et recherche à partir de celui-ci un compte dans la liste des identifiants locaux ([Utilisateur : ajout et modification](#)). C'est le champ « Identifiant » qui doit correspondre — intégralement — à la valeur du stream ID. Par exemple, avec l'URL

```
srt ://Stream_IP :port?streamid=!#:u=1234567890,password=1234567890
```

dans le champ « Identifiant », on saisit

```
!#:u=1234567890,password=1234567890
```

La syntaxe du stream ID est sans importance pour Perfect Streamer : la chaîne n'est pas décomposée en parties, elle est comparée dans son intégralité. Il existe trois exceptions — des caractères que le nœud interprète lui-même :

- | — séparateur : la partie de la chaîne située avant le premier caractère de ce type est prise pour l'identifiant, le reste pour le mot de passe du compte ;
- * — le stream ID n'est pas défini ; le client est autorisé par son adresse, c'est-à-dire par un compte portant l'indicateur « Compte par adresse IP » ;
- @ en début de chaîne est réservé à l'autorisation de service entre les nœuds d'un domaine Meshwork.

Perfect Streamer ne limite pas la longueur du stream ID — la limite vient de la bibliothèque SRT et s'élève à 512 octets, zéro terminal compris. Les valeurs dépassant environ 500 caractères ne doivent pas être transmises : une chaîne trop longue soit interrompt la connexion, soit part vide sans aucun message d'erreur.

Chaque logiciel construit le stream ID à sa manière ; par conséquent, si la réception par l'URL ne fonctionne pas, activez le réglage supplémentaire « Trace » sur la sortie SRT. Le journal du flux qui accepte la connexion

affichera alors l'adresse du client, le stream ID reçu et le motif du refus — cette ligne montre ce que l'autre partie a réellement envoyé. Le stream ID peut ensuite être corrigé : par exemple, en supprimant les caractères superflus en début de chaîne qui empêchent la transmission de la valeur.

1.10.2 Recommandations pour l'utilisation du multicast UDP

Objectif. Recevoir de façon stable du multicast UDP dont le débit cumulé atteint plusieurs centaines de Mbps (1 Gbps et plus) sur un seul serveur.

Problème. Lors d'une réception sur des cartes réseau à interface RJ-45, des pertes croissantes de paquets multicast apparaissent dès que le trafic dépasse quelques centaines de mégabits. Le réglage fin de la carte n'y change rien — les versions actuelles des systèmes d'exploitation utilisent déjà les valeurs optimales. Les cartes équipées de meilleures puces ne suppriment pas non plus le problème, en particulier au-delà de 500 Mbps. Le bonding de deux cartes n'aide pas davantage : un même groupe multicast arrive toujours sur un seul lien physique et sur une seule file de réception ; c'est donc la bande passante totale qui est agrégée, et non la marge disponible pour un flux pris isolément.

Solution. L'expérience d'exploitation montre que la réception et l'émission de multicast UDP doivent s'appuyer sur des cartes réseau 10 gigabits à interface SFP+. Une carte économique de la classe Intel X520-DA1/2 (Intel 82599ES) suffit — dans nos tests, elle élimine les pertes de paquets pour un trafic multicast supérieur à 1 Gbps. La charge CPU diminue en outre sensiblement : le traitement des interruptions et des files de réception revient moins cher sur ces cartes.

À prendre en compte lors du diagnostic : le compteur d'erreurs de réception `recv-err` des statistiques de l'entrée ne comptabilise que les erreurs de lecture du socket et les pertes de synchronisation sur la frontière du paquet TS. Les pertes provoquées par le débordement du tampon de réception du noyau n'atteignent pas l'application et n'entrent pas dans ce compteur — elles sont visibles avec la commande `netstat -su` (ligne `RcvbufErrors`) et à travers les erreurs de continuité dans l'analyseur de flux ([Analyseur](#)).

1.10.3 Recommandations de configuration réseau pour le multicast

Cette section s'applique aux entrées réseau UDP / RTP et Pro-MPEG. Ces paramètres n'influent pas sur la réception SRT : la bibliothèque SRT définit elle-même la taille du tampon, tandis que la latence et la marge de retransmission se configurent sur l'entrée elle-même ([SRT](#)).

La taille du tampon de réception du socket est définie par le réglage supplémentaire « Socket buffer (bytes) » de l'entrée. Par défaut, il vaut zéro — le nœud ne demande rien et le socket reçoit la taille de tampon fixée dans le système par le paramètre `net.core.rmem_default`. Dès qu'une valeur est définie explicitement, le plafond `net.core.rmem_max` entre en vigueur : le noyau réduit silencieusement la demande à cette limite, sans signaler la troncature ni au journal ni aux statistiques. C'est pourquoi le plafond est relevé avant de définir la taille du tampon sur l'entrée.

Les paramètres sont définis dans un fichier distinct sous `/etc/sysctl.d/` :

```
cat > /etc/sysctl.d/99-pss-net.conf <<EOF
net.core.rmem_default=8388608
net.core.rmem_max=16777216
EOF
```

Appliquer :

```
sudo sysctl --system
```

La valeur `rmem_max` n'est qu'un plafond, aucune mémoire n'est réservée à ce titre. La valeur `rmem_default` s'applique à tous les sockets UDP du système ; si une telle taille globale n'est pas souhaitable, laissez-la

inchangée et ne définissez « Socket buffer (bytes) » que sur les entrées qui en ont réellement besoin. Pour le calcul, prenez comme repère le débit du flux multiplié par la pause admissible dans le traitement du socket : 8 MB couvrent environ 64 ms à 1 Gbps.

1.10.4 Flussonic et SRT

Exemple d'URL SRT pour la réception par le logiciel « Flussonic » :

```
srt ://Stream_IP :port?streamid=flussonic
```

Où **streamid** est l'identifiant du client dans le logiciel « Flussonic », qui se définit dans la section « Configuration – Paramétrage des pairs ».

Lors de l'ajout d'un nouveau client, il suffit d'indiquer uniquement l'identifiant ; l'URL de test utilise « flussonic ». Lorsqu'il travaille avec SRT, le logiciel « Flussonic » génère automatiquement le *streamID*, et si l'identifiant *streamID* n'est pas indiqué dans l'URL du côté réception, le flux ne sera pas reçu et Perfect Streamer ne pourra pas le délivrer.

De la même manière, il est possible de définir le *streamID* au format identifiant et mot de passe : créez dans Perfect Streamer un compte dont le champ « Identifiant » est égal à `!# ::u=1234567890`, `password=1234567890`, puis renseignez dans « Flussonic » l'URL :

```
srt ://Stream_IP :port?streamid=!#::u=1234567890,password=1234567890
```

Il est possible d'indiquer le *streamID* au format adresse IP dans Perfect Streamer – pour cela, l'indicateur « Compte par adresse IP » est activé sur le compte et le champ d'adresse reçoit :

- 192.168.1.1 – une IP unique ;
- 192.168.1.1-192.168.1.254 – une plage d'IP.

Dans les deux cas, l'URL de réception par IP dans « Flussonic » se présente ainsi : `srt ://Stream_IP :port?streamid=*`

Le flux est lié à l'adresse IP du client : la réception via cette URL n'est possible que depuis l'adresse IP indiquée (ou depuis la plage indiquée).

1.11 Outils

Perfect Streamer Toolkit – utilitaires en ligne de commande complétant le streamer. Ils font partie du paquet **pstreamer** et, après installation, se trouvent dans le répertoire `/opt/pss/tools/` :

- **ts_analyze** – analyseur de flux de transport MPEG-TS avec contrôle de conformité à la norme TR 101 290 ([TS Analyze Perfect Streamer Toolkit v2.3 – TR 101 290](#)) ;
- **mpts_migrate** – migration de l'identité DVB SI/PSI d'un multiplex en exploitation vers Perfect Streamer ([MPTS Migrate Perfect Streamer Toolkit v1.1 – migration de l'identité MPTS](#)).

1.11.1 TS Analyze Perfect Streamer Toolkit v2.3 – TR 101 290

Fait partie du **Perfect Streamer Toolkit** – <https://pstreamer.tv>

Analyseur de flux de transport MPEG-TS en ligne de commande, avec contrôle de conformité **ETSI TR 101 290 V1.4.1** et validation du modèle de tampons **T-STD ISO/IEC 13818-1**.

Lit des flux **UDP multicast/unicast** ou des **fichiers TS**, détecte automatiquement les PID PCR via PAT/PMT et affiche un rapport détaillé ou abrégé sur stdout.

L'outil fait partie du paquet **pstreamer** et, une fois celui-ci installé, se trouve dans `/opt/pss/tools/ts_analyze` – aucune installation distincte n'est nécessaire.

Contrôles effectués

L'analyseur parcourt chaque paquet TS et signale les violations :

- **Priority 1** (décodabilité du TS) : synchronisation TS, perte de synchronisation, présence et CRC des PAT/PMT, compteur de continuité, présence des PID
- **Priority 2** (surveillance recommandée) : indicateur d'erreur de transport, erreurs CRC, répétition / précision / discontinuités des PCR, intervalle PTS, présence de la CAT
- **Priority 3** (surveillance étendue) : intervalles NIT/SDT/EIT/TDT, PID non référencés, débordement / sous-alimentation des tampons T-STD

Il fournit en outre :

- **Précision PCR** jusqu'à ± 500 ns – régression sur les positions d'octets
- **Dérive PCR** en ppm (mode live uniquement)
- **Modèle de tampons T-STD** pour chaque flux élémentaire (mode live)
- Validation des **tailles de sections SI** par rapport aux limites ISO/EN, avec avertissements de compatibilité EIT-on-STB (>1024 octets)
- **UDP IAT** (inter-arrival time) – statistiques de gigue au niveau des datagrammes (mode live uniquement)

Utilisation

```
ts_analyze [options] <input>
```

Entrées

Forme	Description
udp ://239.1.1.1 :1234	UDP multicast
udp ://eth0@239.1.1.1 :1234	UDP multicast sur l'interface indiquée
udp ://192.168.1.100 :1234	UDP unicast
udp ://lo@127.0.0.1 :12655	UDP unicast sur loopback (source de test)
/path/to/file.ts	Fichier TS local

L'encapsulation RTP de l'UDP est détectée et retirée automatiquement.

Options

Option	Description	Par défaut
-t, --time <sec>	Durée de l'analyse en secondes	30
-s, --short	Rapport de synthèse abrégé	–
-f, --full	Rapport détaillé complet	oui
-b, --bitrate <Mbps>	Indication du débit TS pour le mode fichier	38.8
-p, --pcr-pid <pid>	N'analyser que le PID PCR indiqué (décimal ou 0xHHHH)	auto
-l, --pcr-limit <ms>	Limite d'erreur de répétition PCR en ms	40
--no-eit	Ignorer l'analyse EIT — P3.7..P3.10 sont indiqués comme N/A, la contribution de l'EIT à P2.2 / au total des tailles de sections est exclue	EIT activé
--no-nit	Ignorer l'analyse NIT — P3.1, P3.2 sont indiqués comme N/A, la contribution de la NIT à P2.2 / au total des tailles de sections est exclue	NIT activée
--no-color	Désactiver les couleurs ANSI en sortie	couleurs activées
--xml	XML structuré sur stdout (sans stderr)	texte
-h, --help	Afficher l'aide	–

Exemples

```
# 30-second TR 101 290 check on a multicast stream
ts_analyze -t 30 udp ://239.10.10.1 :1234

# short summary, save to log (no color)
ts_analyze -s --no-color -t 60 udp ://239.10.10.1 :1234 > report.txt

# analyze a TS file
ts_analyze -t 30 recording.ts

# analyze only a single PCR PID
ts_analyze -p 0x0100 -t 30 udp ://239.10.10.1 :1234

# machine-readable XML for CI / monitoring
ts_analyze --xml -t 30 udp ://239.10.10.1 :1234 > result.xml

# skip EIT/NIT analysis (e.g. for streams where they are intentionally absent)
ts_analyze --no-eit --no-nit -t 30 udp ://239.10.10.1 :1234
```

Désactivation de l'analyse EIT ou NIT

Dans certains flux, l'EIT ou la NIT sont volontairement absentes (réseaux fermés, sources de laboratoire, diffusion OTT uniquement, etc.). Les contrôles P3 correspondants de la TR 101 290 donnent alors systématiquement FAIL au verdict global OVERALL — ce n'est que du bruit.

Utilisez `--no-eit` et/ou `--no-nit` pour exclure ces contrôles :

Drapeau	Contrôles ignorés	Effets de bord
<code>--no-eit</code>	P3.7 (EIT actual P/F), P3.8 (EIT other P/F), P3.9 (EIT actual schedule), P3.10 (EIT other schedule)	Les sections EIT ne sont pas collectées ; leur contribution à P2.2 (CRC) et au récapitulatif des tailles de sections SI est donc nulle. L'avertissement de compatibilité EIT-on-STB est supprimé.
<code>--no-nit</code>	P3.1 (NIT actual), P3.2 (NIT other)	Les sections NIT ne sont pas collectées ; leur contribution à P2.2 (CRC) et au récapitulatif des tailles de sections SI est donc nulle.

Les contrôles ignorés apparaissent dans le rapport sous la forme N/A avec la mention disabled (`--no-eit`) / disabled (`--no-nit`), et en XML sous la forme `applicable="false" result="N/A"`. Dans le rapport abrégé, NIT=off / EIT=off s'affiche à la place du compteur d'erreurs.

Ces drapeaux n'affectent que le traitement de l'EIT (PID 0x0012) et de la NIT (PID 0x0010) — tous les autres contrôles TR 101 290 (P1.x, P2.x, SDT, TDT, CAT, T-STD, dérive PCR, IAT) sont effectués normalement.

Mode de sortie XML (`--xml`)

`--xml` fait produire à l'analyseur un document XML UTF-8 unique et autonome sur **stdout**. Toutes les informations de service (bannière, « Stream locked », « PCR PIDs discovered », progression seconde par seconde, récapitulatif de capture, avertissements de durée insuffisante) sont supprimées ; **stderr reste vide**, sauf en cas de défaillance réelle (entrée impossible à ouvrir, absence de données PCR, flux trop court, interruption par un signal). Les couleurs ANSI sont désactivées de force.

Le code de sortie est le même qu'en mode texte : 0 pour OVERALL=PASS, 65 pour OVERALL=FAIL, plus les codes d'erreur / de signal standard (1, 2, 3, 130, 143).

Structure XML de premier niveau :

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<ts_analyze version="2.3">
  <source>udp ://239.1.1.1 :5000</source>
  <timestamp>2026-04-30T12 :00 :00+0300</timestamp>
  <duration_s>30.00</duration_s>
  <packets total="..." null="..." />
  <ts_bitrate_mbps>20.012</ts_bitrate_mbps>

  <programs>
    <program number="1" pmt_pid="0x0100" pcr_pid="0x0101">
      <es pid="0x0101" stream_type="0x1b" name="H.264/AVC"/>
      <es pid="0x0102" stream_type="0x03" name="MPEG-2 Audio"/>
    </program>
  </programs>

  <tr101290>
    <check id="1.1" name="TS Sync Byte Error" applicable="true" errors="0" result=
    ↪ "PASS" />
```

(suite sur la page suivante)

```

...
<check id="2.3" name="PCR Repetition Error"
      applicable="true" errors="0" result="PASS" soft_violations="3"/>
...
<check id="3.4" name="Unreferenced PIDs" applicable="true" count="2" result="INFO
→"/>
...
</tr101290>

<si_section_size oversize_total="0" eit_stb_warn_total="12">
  <table name="EIT_actual_pf" max_bytes="1380" std_limit="4096"
        oversize="0" eit_stb_warn="12" result="WARN_STB"/>
...
</si_section_size>

<iat datagrams="33252" intervals="33251" min_ms="0.002" max_ms="5.009"
    avg_ms="0.150" stddev_ms="0.295" p95_ms="0.872" p99_ms="1.076"
    max_jitter_ms="4.272" gap_threshold_ms="100.0" gaps_over_threshold="0"/>

<pcr_pids>
  <pcr_pid value="0x0101" sid="1" pcr_count="1500" discontinuities="0"
        estimated_bitrate_mbps="18.750">
    <interval samples="1499" min_ms="19.812" max_ms="20.195"
        avg_ms="20.001" p95_ms="20.102"
        iso_hard_violations="0" tr_soft_violations="0"
        rec_violations="0" result="PASS"/>
    <accuracy samples="1499" min_ns="-148.3" max_ns="201.7" abs_max_ns="201.7"
        avg_ns="2.1" stddev_ns="45.6" p95_ns="102.3"
        violations="0" result="PASS"/>
    <drift measured="true" ppm="0.618" limit_ppm="30"
        verdict_mode="informational" result="PASS"/>
    <tstd overflows="0" underflows="0" max_fill_bytes="34218" result="PASS">
      <es_buffer es_pid="0x0101" stream_type="0x1b"
            capacity_bytes="3000000" measuring="true"
            es_bitrate_mbps="15.200" max_fill_bytes="34218"
            overflows="0" underflows="0"/>
    </tstd>
  </pcr_pid>
</pcr_pids>

<unreferenced_pids count="2">
  <pid value="0x01ff"/>
  <pid value="0x0200"/>
</unreferenced_pids>

<overall result="PASS"/>
</ts_analyze>

```

Conventions principales :

- Tous les PID sont formatés en 0xHHHH (hex à 4 chiffres avec le préfixe 0x).
- L'attribut `result` prend les valeurs PASS / FAIL / WARN / N/A / INFO / SKIP / ok / WARN_STB.
- Pour les contrôles non applicables (mode fichier, absence d'embrouillage, etc.), l'élément reste présent, avec `applicable="false"` et `result="N/A"`, afin que les consommateurs du schéma voient une forme stable.

- `<drift>` porte `verdict_mode="informational"` pour $30 \text{ s} \leq T < 300 \text{ s}$ et `verdict_mode="hard"` pour $T \geq 300 \text{ s}$; `result="SKIP"` pour les exécutions de moins de 30 s.
- `<iat>` est absent pour les exécutions en mode fichier.
- `<overall>` reflète le même verdict global que la ligne OVERALL du rapport texte et correspond au code de sortie du processus.

La sortie est du XML bien formé (well-formed) (validé par `xmllint - -noout`) ; transmettez-la directement à XSLT, à Python `lxml`, etc., sans adaptation de l'analyse syntaxique.

Lecture du rapport

Couleurs des statuts

Statut	Couleur	Signification
PASS / ok	vert	Le contrôle est conforme à la norme
WARN / WARNING / WARN(STB)	jaune	Violation souple, sans effet sur OVERALL
FAIL / ERROR	rouge	Violation de la norme, avec effet sur OVERALL
INFO / NOTE / N/A	par défaut	À titre informatif uniquement

Utilisez `- -no-color` lors d'une redirection vers des fichiers journaux ou vers des terminaux non ANSI.

Durée d'analyse minimale

Durée	Couverture	Code de sortie
< 2 s	Insuffisant — l'analyse est rejetée	3 (erreur)
2–10 s	P1 + P2 fiables ; certains contrôles P3 peuvent manquer de données	0 + WARN
10–30 s	P1 + P2 + la plupart des P3 ; la TDT (30 s) peut ne pas être atteinte à temps	0 + NOTE
≥ 30 s	Couverture complète de tous les contrôles TR 101 290	0

La durée par défaut est de **30 secondes**, ce qui suffit à une couverture complète de la TR 101 290. Utilisez `-t <sec>` pour l'allonger (par exemple pour des essais de recette portant sur la dérive PCR) ou la raccourcir (contrôles rapides de type smoke test).

Pendant son exécution, l'analyseur met à jour chaque seconde un indicateur de progression sur une seule ligne, sur `stderr` :

```
Progress : 47.3% (14.2s / 30.0s, 330614 packets)
```

La ligne utilise un retour chariot (`\r`) afin de rester sur une seule ligne dans le terminal ; redirigez `stderr` (`2>/dev/null`) pour la supprimer.

Verdict de dérive PCR – fenêtre à deux niveaux

La tolérance d'horloge PCR définie par **ISO/IEC 13818-1 §2.4.2.1** et **ETSI TR 101 290** est de **±30 ppm**. La valeur de dérive du rapport est obtenue par régression linéaire des secondes PCR cumulées par rapport à l'instant d'arrivée mesuré sur l'horloge du banc ; l'erreur statistique décroît en $1 / T^{(3/2)}$, la fenêtre d'analyse doit donc être assez longue pour que le bruit de mesure reste sous la limite de ±30 ppm.

L'analyseur conditionne donc le verdict de dérive à la durée de l'analyse :

Fenêtre	Verdict lorsque la dérive dépasse la tolérance	Effet sur OVERALL
$T < 30 \text{ s}$	skipped (le bruit domine par rapport à la limite de ±30 ppm)	aucun
$30 \text{ s} \leq T < 300 \text{ s}$	WARN – à titre informatif uniquement	aucun
$T \geq 300 \text{ s}$	FAIL	OVERALL = FAIL, exit 65

300 s est la fenêtre de recette (valeur propre au produit ; la norme **ETSI TR 101 290** ne normalise pas les intervalles de mesure) – assez longue pour que même un canal de livraison en rafales ou en loopback soit moyenné sous 1 ppm de bruit de mesure et pour qu'un dépassement de la tolérance traduise l'oscillateur d'horloge de l'encodeur et non le réseau. Le rapport complet indique le niveau courant à la ligne Verdict mode du bloc PCR DRIFT.

Pour obtenir un verdict PASS/FAIL ferme sur la dérive, lancez l'analyse avec `-t 300` ou plus.

Recommandations selon la qualité de la source (à titre informatif ; elles ne modifient pas les niveaux de verdict) :

Source	Fenêtre minimale pour ±5 ppm	Pour ±2 ppm	Recette
Multicast de diffusion (réseau CBR, gigue < 100 µs)	30 s	60 s	5 min
Réseau IP stable (gigue < 200 µs)	30 s	2 min	5–10 min
Loopback / émetteur en rafales (UDP unicast sur lo)	5 min	15 min	30 min
Étalonnage / mesure en laboratoire	–	30 min	1 h et plus

Exemples :

```
# Quick PCR drift check on a real broadcast multicast (30 s)
ts_analyze -t 30 -s udp ://239.1.1.1 :5000

# Reliable check on a loopback source (5 min)
ts_analyze -t 300 -s udp ://lo@127.0.0.1 :12655

# Lab acceptance (30 min, full report to file)
ts_analyze -t 1800 -f --no-color udp ://239.1.1.1 :5000 > acceptance.txt
```

Si un même flux est analysé sur plusieurs fenêtres courtes et que la valeur de dérive varie de plus de quelques ppm d'une fenêtre à l'autre, le facteur limitant est la gigue de livraison (cadence d'émission de la source ou réseau) et non l'oscillateur d'horloge de l'encodeur – allongez la fenêtre.

Codes de sortie

Code	Signification
0	Analyse terminée, OVERALL = PASS
1	Erreur d'arguments ou d'entrée
2	Aucune donnée PCR dans le flux
3	La durée du flux est inférieure au minimum de 2 s, ou aucune donnée n'a été reçue du tout (source qui n'émet pas, adresse erronée, adhésion multicast non effectuée, pare-feu ou interface incorrecte – l'analyseur affiche une indication)
65	Analyse terminée, OVERALL = FAIL – violation de la TR 101 290 / ISO 13818-1
130	Interrompu par SIGINT (Ctrl+C) – analyse annulée, aucun rapport n'est produit
143	Interrompu par SIGTERM – analyse annulée, aucun rapport n'est produit

65 correspond à EX_DATAERR de POSIX <sysexits.h> : « les données d'entrée sont incorrectes ». Utilisez-le en intégration continue ou en supervision pour conditionner la validation à la conformité du flux :

```
ts_analyze -s -t 60 udp ://239.1.1.1 :5000 || {
    case $? in
        65) echo "stream does not conform – see report" >&2 ;;
        130) echo "interrupted by user" >&2 ;;
        *) echo "tool error" >&2 ;;
    esac
}
```

Les codes 130/143 suivent la convention du shell POSIX 128 + signal_number ; ainsi, \$? après Ctrl+C correspond à ce que bash renvoie pour tout processus tué par SIGINT/SIGTERM. En cas d'interruption, l'analyseur écrit une seule ligne sur stderr (Analysis interrupted by signal N – no report produced.) et n'effectue pas du tout la génération du rapport.

Exemple de sortie

Rapport complet (extrait)

```
=====
MPEG-TS ANALYZER v2.3 – TR 101 290 FULL REPORT
Perfect Streamer Toolkit https ://pstreamer.tv
=====

Source      : udp ://239.1.1.1 :5000
Timestamp   : 2026-04-30 12 :00 :00
Duration    : 30.00 s
Packets     : 398936 total, 12045 null
TS bitrate  : 20.012 Mbit/s
-----

=====
TR 101 290 – PRIORITY 1 (TS decodability)
=====
| 1.1  TS Sync Byte           :      0      PASS
| 1.4  Continuity Count       :      0      PASS
| 1.6  PID Absence (5s)       :      0      PASS
| ...
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

=====				
TR 101 290 – PRIORITY 2 (recommended monitoring)				
=====				
	2.3	PCR Repetition	:	0 PASS
	2.5	PCR Accuracy	:	0 PASS
...				
=====				
OVERALL COMPLIANCE : PASS – stream is TR 101 290 compliant				
=====				

Rapport abrégé

MPEG-TS Analyzer v2.3 | Perfect Streamer Toolkit https://pstreamer.tv
TR 101 290 Summary | udp ://239.1.1.1 :5000 | 30.0s | 2026-04-30 12 :00 :00

P1 : sync=0 CC=0 PAT=0 PMT=0 PID=0 P2 : TEI=0 CRC=0 PTS=0 P3 : NIT=0 SDT=0 EIT=0
TDT=0 unref=2
IAT : dgrams=33252 avg=0.150 ms max=5.009 ms stddev=0.295 ms p99=1.076 ms gaps>100.
000 ms=0

PCR PID SID Count Intv max Jitter max Drift Interval
Accuracy T-STD

0x0101 1 1500 20.195 ms 76.4 ns 0ppm PASS PASS
PASS

OVERALL : PASS

Remarques

- **Mode fichier** : la dérive PCR, le modèle de tampons T-STD et l'IAT UDP ne sont pas mesurés — ils exigent une référence temps réel. Les autres contrôles fonctionnent dans les deux modes.
- **Un seul flux de transport** : un seul MPTS ou SPTS est analysé à la fois.

1.11.2 MPTS Migrate Perfect Streamer Toolkit v1.1 — migration de l'identité MPTS

Composant de **Perfect Streamer Toolkit** — <https://pstreamer.tv>

Capture l'identité DVB SI/PSI d'un flux MPEG-TS multiprogramme (MPTS) en exploitation et la reproduit sur une instance Perfect Streamer (PSS) située sur le même hôte. Résultat : les récepteurs des abonnés (STB / TV) continuent de fonctionner **sans nouvelle recherche des chaînes** après une migration ou une bascule vers le secours.

L'outil fait partie du paquet **pstreamer** et se trouve, après installation, dans `/opt/pss/tools/mpts_migrate` — aucune installation séparée n'est nécessaire.

Prérequis

Avant de lancer l'utilitaire, vérifiez que :

- **PSS est en fonctionnement** sur le même hôte (ou sur un hôte accessible via `- - pss - base`). L'utilitaire recherche `pss` dans `/proc` et `lit pss . j` son afin d'obtenir le port d'administration (s'il est absent de la configuration – 43971).
- **La source MPTS est accessible** si une capture est prévue (modes 1, 2, `save+apply`) : l'URL passée en argument positionnel `<input>` doit délivrer un flux MPEG-TS. Pour l'UDP multicast, IGMP / le pare-feu doivent autoriser la réception ; pour les fichiers, le chemin doit exister.
- **Le MPTS cible est déjà configuré dans PSS** : l'utilitaire ne crée pas de nouveaux flux. L'objet MPTS et au moins autant d'alimentations SPTS qu'il y a de services dans l'inventaire doivent exister au préalable. Les services sans alimentation libre sont affichés dans le dialogue et peuvent être ignorés.
- **L'API d'administration HTTP est ouverte sur localhost** pour la lecture de `/data/stream` (utilisée lors du `verify`) et l'écriture de `/config/stream` (`apply`).

Éléments migrés

Tous les identifiants visibles par le récepteur, au niveau du flux de transport et des services :

- **Flux de transport** : TSID, ONID, network ID, network name, **provider name** (appliqué comme `sdt-provider-name` commun au multiplex si tous les services source ont la même valeur), descripteur de diffusion (paramètres de diffusion terrestre / câble / satellite), versions PAT/SDT/NIT
- **Par service** : `service_id`, `pmt_pid`, `pcr_pid`, `service_type`, nom du service, numéro logique de chaîne (LCN), indicateur free-CA, indicateurs EIT-present / EIT-schedule
- **Flux élémentaires** : PID (un `identity remap` est appliqué – voir *Limitations*), types de flux, étiquettes de langue
- **Accès conditionnel** : descripteurs CA au niveau du programme et de l'ES

Les noms de services / de fournisseurs codés dans des jeux de caractères DVB non ASCII (par exemple ISO-8859-5 pour le cyrillique) sont décodés en UTF-8 automatiquement.

Pour chaque service, le remap des PID ES est construit sous forme de paires d'identité (`mpegtts-pid-old` $\equiv$ `mpegtts-pid-new`) pour chaque PID PCR / video / audio / teletext / data ; dans le flux multiplexé résultant, les PID d'origine sont donc conservés **à l'octet près**. Les récepteurs anciens qui mettent la PMT en cache après la première recherche continuent de fonctionner sans reconfiguration.

Sur PSS 2.0.0.193 et versions ultérieures, le plan active en outre, sur l'entrée du multiplexeur du MPTS cible, le mode natif de conservation des PID d'origine (Automatic PID mapping désactivé) et définit pour chaque service le numéro d'ordre de programme capturé dans la PAT (program order) – l'ordre des programmes à l'antenne survit à la migration. La prise en charge est détectée automatiquement d'après la configuration du streamer cible ; sur les versions antérieures, ces clés ne sont pas envoyées (l'utilitaire affiche un avertissement), les paires d'identité restent alors le seul mécanisme de verrouillage des PID et l'ordre des programmes dans la PAT n'est pas conservé.

Cas d'usage

- **Failover** : bascule des décodeurs du MPTS principal vers le MPTS de secours en conservant les chaînes du côté récepteur
- **Migration matérielle** : déplacement d'un multiplex en exploitation d'un hôte PSS vers un autre sans aucune instruction aux téléspectateurs
- **Instantané avant / après mise à jour** : capture du multiplex avant la mise à niveau de PSS, réapplication ensuite, afin de garantir un SI/PSI identique au bit près
- **Modification manuelle et réapplication** : capture, modification de `migrate.json` (renommage des services, changement des LCN, ajustement de `service_type`), réapplication
- **Contrôle en dry-run** : affichage de chaque HTTP POST qui *serait* envoyé, sans agir sur PSS

Démarrage rapide

```
# Capture from a live stream and apply to local PSS in one run
mpts_migrate udp ://239.1.1.1 :1234

# Capture, save to migrate.json and apply
mpts_migrate -s udp ://239.1.1.1 :1234

# Capture only – write to file, do not apply
mpts_migrate -o backup.json udp ://239.1.1.1 :1234

# Apply a previously saved JSON
mpts_migrate -i backup.json

# No arguments – load ./migrate.json and apply
mpts_migrate

# Preview what apply would do, without changes
mpts_migrate -i backup.json --dry-run
```

Déroulement

1. **Capture** – l'utilitaire ouvre le flux, analyse les tables PAT / PMT / SDT / NIT / EIT pendant -t secondes (30 par défaut) et construit l'inventaire ; le débit total du flux est mesuré.
2. **(Facultatif) Sauvegarde** – avec -s ou -o, l'inventaire est écrit au format JSON en vue d'une réutilisation.
3. **Détection de PSS** – détecte le PSS en fonctionnement par un balayage de /proc et lit `pss.json` pour obtenir le port d'administration (s'il est absent de la configuration – 43971) ; --pss-base `http ://host :port` contourne la détection automatique.
4. **Confirmation de l'appariement** – un dialogue interactif demande comment associer chaque service capturé à une alimentation SPTS existante ; --non-interactive accepte les propositions et s'arrête en cas de conflit ; --target-mpts <id> supprime l'invite de sélection du MPTS.
5. **Reprise automatique des alimentations** – pour chaque SPTS / muxer-output apparié, l'utilitaire envoie {"pause" : false} si l'alimentation était en pause, afin que le multiplexeur reçoive effectivement les données après l'apply.

6. **Ajustement automatique du débit** – si `captured_bitrate × (1 + headroom%)` dépasse le `mpegts-output-bitrate` du MPTS cible, l'utilitaire relève cette limite sur PSS au moyen d'un seul POST (avec arrondi au millier de kbps supérieur). Désactivé par `--no-bitrate-adjust`.
7. **Planification** – compare l'inventaire avec l'arborescence `/config/stream` courante sur PSS et prépare des requêtes HTTP POST uniquement pour les champs qui diffèrent. Le remap des PID ES est généré sous forme de paires d'identité (`mpegts-pid-old ≡ mpegts-pid-new`) afin que le flux multiplexé conserve chaque PID d'origine sans modification – y compris PCR, video, audio, teletext, SCTE-35, DSM-CC. Sur PSS 2.0.0.193 et versions ultérieures, le plan active en outre le mode de conservation des PID d'origine sur l'entrée du multiplexeur cible et définit l'ordre des programmes dans la PAT (voir *Éléments migrés*).
8. **Application** – envoie les requêtes POST planifiées, puis bascule le MPTS pause/unpause afin que PSS relise la configuration ; avec `--dry-run`, le plan est seulement affiché.
9. **Verify** (activé par défaut, même si le plan est vide) – capture le MPTS résultant via l'une des sorties UDP de PSS et le compare à la cible ; écarts critiques (TSID, ONID, service_id, name, type, LCN) → code de sortie 5.

Relancer l'ensemble de la chaîne est **idempotent** : la deuxième exécution signale `no changes needed` si PSS correspond déjà à l'inventaire, et le `verify` le confirme par une nouvelle capture.

Options CLI

Sélection du mode

Option	Description	Par défaut
<code>-f, --file <path></code>	Chemin du JSON de migration (utilisé comme import par défaut en l'absence de <code>-i</code> et comme cible d'enregistrement avec <code>-s</code>)	<code>./migrate.json</code>
<code>-s, --save</code>	Enregistrer l'inventaire capturé dans le fichier de migration (se combine avec une entrée flux ; l'apply est tout de même exécuté)	–
<code>-o, --output <file></code>	Capture seule : écriture dans un fichier, sans apply	–
<code>-i, --input <file></code>	Apply seul : chargement du fichier, sans capture	–

Capture

Option	Description	Par défaut
<code>-t, --time <sec></code>	Durée maximale de la capture	30
<code>-b, --bitrate <Mbps></code>	Indication du débit TS pour le cadencement en mode fichier	38.8

Apply / Verify

Option	Description	Par défaut
--target-mpts <id>	Supprimer l'invite de sélection du MPTS ; appliquer à ce stream id sur PSS	—
--non-interactive	Accepter automatiquement les propositions du dialogue ; s'arrêter en cas de conflit	—
--dry-run	Afficher le plan des POST, n'envoyer aucune requête	—
--pss-base <url>	Remplacer la détection automatique de PSS (par exemple, http ://host :8808)	auto
--no-verify	Ignorer la capture post-apply et le diff	verify activé
--verify-time <s>	Fenêtre de capture pour la vérification	10
--no-bitrate-adjust	Ne pas relever mpegts-output-bitrate sur le MPTS cible	relèvement activé
--bitrate-headroom <pct>	Marge de débit au-dessus de la valeur mesurée lors de l'ajustement	15

Divers

Option	Description
-v, --verbose	Journal détaillé (chaque HTTP POST et chaque branche du dialogue)
-h, --help	Afficher l'aide et quitter

Fichier de migration (migrate.json)

JSON lisible par un opérateur, avec format_version : 1. L'emplacement par défaut est ./migrate.json ; il se redéfinit avec -f. Exemple de structure :

```
{
  "format_version": 1,
  "tool": "mpts_migrate",
  "capture": {
    "source": "udp ://239.1.1.1 :1234",
    "captured_at_utc": "2026-04-30T08 :15 :00Z",
    "duration_s": 8.2,
    "packets": 109344
  },
  "transport_stream": {
    "transport_stream_id": 1234,
    "original_network_id": 8442,
    "network_name": "Operator",
    "delivery": { "type": "terrestrial", "frequency_khz": 522000 }
  },
  "services": [
    {
      "service_id": 1, "pmt_pid": 256, "pcr_pid": 256,
      "service_type": 1, "service_name": "Channel 1",
      "provider_name": "MyProvider", "logical_channel_number": 101,
      "program_order": 1,
      "free_ca_mode": false,

```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```

    "elementary_streams": [
      { "pid": 256, "stream_type": 27, "language": "rus" }
    ]
  }
}

```

Le fichier peut être modifié avant une réapplication : renommer des services, changer les LCN, modifier service_type, ajuster network_name – mpts_migrate -i migrate.json n'enverra que les champs modifiés.

Connexion à PSS

- **Détection automatique** : balayage de /proc/<pid>/comm à la recherche de pss, lecture de son fichier --config, sélection de web-server.bind-port (si la clé est absente – 43971).
- **Manuellement** : --pss-base http ://host :port contourne entièrement la détection automatique. Utile pour un PSS distant ou lorsque --dry-run doit produire un plan sans PSS actif.
- L'API REST d'administration n'exige aucune authentification sur localhost.

Vérification

Si --no-verify n'est **pas** indiqué (comportement par défaut), après application du plan l'utilitaire :

1. Recherche une sortie UDP sur localhost du MPTS cible ou en ajoute temporairement une sur 127.0.0.1 :<auto> (portant la mention added by mpts_migrate for verification).
2. Capture le MPTS en direct par cette sortie pendant --verify-time secondes (10 par défaut).
3. Compare l'inventaire capturé à la cible :
 - Écart **critique** (TSID, ONID, network name, service_id, name, type, LCN) → code de sortie 5.
 - Écart **mineur** (PMT PID, nombre d'ES, nom du fournisseur, ordre des programmes dans la PAT) → signalé sous forme d'avertissement, code de sortie 0.
4. Si le MPTS cible est surchargé (débit de sortie $\geq$ mpegts-output-bitrate configuré), le message WARNING : target MPTS is overloaded est affiché – voir *Bitrate adjust* ci-dessous.

Dry-run

--dry-run affiche chaque requête HTTP que l'utilitaire *enverrait* (chemin, corps JSON), mais n'en envoie aucune. Utile pour :

- Examiner le plan avec l'opérateur avant de le valider.
- Générer des ensembles de modifications reproductibles en CI / gestion des changements.
- Travailler lorsque PSS est inaccessible (à combiner avec --pss-base http ://host :port).

Le dry-run ne lance pas la vérification.

Bitrate adjust

Par défaut, si `captured_bitrate × (1 + headroom%)` dépasse le `mpegts-output-bitrate` du MPTS cible, l'utilitaire relève cette limite sur PSS avant d'appliquer les modifications SI/PSI. Sans marge suffisante, un MPTS surchargé perd les données de faible priorité – les symptômes typiques sont des coupures de son sur les services radio et des erreurs CRC EIT intermittentes. Désactivé par `--no-bitrate-adjust` ; la marge se règle avec `--bitrate-headroom <pct>` (15 par défaut).

Codes de sortie

Code	Signification
0	Succès – l'apply et (si elle est activée) la vérification se sont déroulés sans erreur. Également renvoyé par un <code>--dry-run</code> réussi.
1	Erreur d'argument / de fichier / de détection
2	Aucune PAT trouvée dans la source – l'entrée n'est pas un MPEG-TS valide ou la fenêtre de capture est trop courte ; également renvoyé lorsque l'opérateur a refusé la confirmation de l'appariement ou a quitté le dialogue (apply interrompu)
3	Une ou plusieurs requêtes HTTP POST de l'apply ont échoué
4	L'apply a réussi, mais le MPTS cible n'est pas revenu à l'état <i>Running</i>
5	La vérification a échoué – le flux capturé diffère de la cible sur des champs critiques

Limitations et pièges

- **PSS doit disposer au préalable du MPTS cible et des alimentations** : l'utilitaire ne crée pas de nouveaux flux. Le MPTS cible et au moins autant d'alimentations SPTS qu'il y a de services dans l'inventaire doivent exister au préalable ; les services sans alimentation libre sont ignorés dans le dialogue.
- **La source MPTS doit être accessible** lors de la capture (modes 1, 2, `save+apply`) : l'URL passée en argument positionnel `<input>` doit délivrer un flux MPEG-TS ; pour l'UDP multicast, IGMP / le pare-feu doivent l'autoriser.
- **Le remap des PID ES est appliqué automatiquement** : pour chaque service, un remap d'identité (`mpegts-pid-old ≡ mpegts-pid-new`) est généré pour chaque PID PCR/video/audio/teletext/data, afin que le flux multiplexé conserve les PID d'origine à l'octet près. La composition de la PMT reste stable d'une migration à l'autre – même les récepteurs anciens (STB antérieurs à 2015, Samsung antérieurs à la série H, LG antérieurs à WebOS 3.0) qui mettent les PID en cache n'exigent pas de nouvelle recherche.
- **Le descripteur de diffusion doit correspondre au support réel** pour les récepteurs qui se reconfigurent via la NIT (DVB-T/T2/C/S). Un bloc `delivery` non conforme peut orienter le récepteur vers une fréquence erronée.
- **La cohérence des LCN** entre le MPTS principal et le MPTS de secours est critique pour le failover – s'ils diffèrent, les positions des chaînes dans la liste du récepteur se décaleront après la bascule.
- **Le provider name sur PSS est commun à tout le multiplex** (un seul `sdt-provider-name` par muxer-input MPTS). L'utilitaire l'applique automatiquement si tous les services capturés ont la même valeur ; si les services portent des `provider_name` différents, un avertissement est affiché et le champ reste inchangé – le choix revient à l'opérateur.
- **Ce n'est pas un outil de configuration de PSS** : `mpts_migrate` ne touche qu'aux champs d'identité SI/PSI, à l'indicateur pause de chaque alimentation, (facultativement) à `mpegts-output-bitrate`

et, sur PSS 2.0.0.193 et versions ultérieures, aux clés du mode de conservation des PID et de l'ordre des programmes. Il ne configure ni les encodeurs, ni les entrées, ni le chiffrement, ni les programmations, etc.

- **Sur les versions de PSS antérieures à 2.0.0.193**, le mode de conservation des PID d'origine du multiplexeur et l'ordre des programmes dans la PAT ne sont pas pris en charge : l'utilitaire affiche un avertissement, les PID ne sont verrouillés que par les paires d'identité et l'ordre des programmes après la migration peut différer de l'ordre initial.

Diagnostic

Symptôme	Cause probable / solution
Error : no PAT seen in stream	la source n'est pas un MPEG-TS, IGMP/le pare-feu bloque le multicast ou -t est trop court
Error : cannot reach PSS	utiliser --pss-base http://host:port pour contourner la détection automatique
L'apply a réussi, mais le MPTS reste en pause	consulter le journal de PSS ; relancer avec -v pour voir le plan complet des POST
La vérification signale un écart critique	comparer la cible et le flux capturé au format JSON ; en général, une alimentation a été associée par erreur au mauvais service dans le dialogue
WARNING : target MPTS is overloaded	relever mpegts-output-bitrate sur PSS ou augmenter --bitrate-headroom <higher %> ; sans marge, l'audio des services radio et les tables PSI sont altérés

1.12 Documents de référence

1.13 Historique des versions

1.13.1 version 2.0.0.206 Beta

25.07.2026

- **Meshwork (multidomaine)** – plusieurs serveurs sont regroupés en domaines nommés, et le domaine sert de frontière d'isolation : l'appartenance des nœuds, le catalogue des ressources et les alertes ne se propagent qu'à l'intérieur de leur propre domaine, rien n'est transmis entre les domaines. Un nœud peut appartenir à plusieurs domaines à la fois sans mélanger leurs données. Pour plus de détails – [Meshwork](#).
- **Découverte automatique des nœuds** – il suffit de définir le domaine et un seul point d'entrée : les nœuds échangent des listes de voisins et construisent d'eux-mêmes un réseau maillé complet de liaisons directes. La clé de domaine commune est produite automatiquement et n'est transmise que par un canal protégé – TLS ou un segment de réseau local de confiance.
- **Bibliothèque de ressources répartie** – les sorties UDP, RTP, Pro-MPEG et RIST, les entrées multicast UDP, RTP et RIST, ainsi que les liaisons PS1 et SRT sont publiées dans le catalogue commun du domaine (/data/library) : une liste unique des groupes multicast, des ports, des VLAN, des sources SSM et des liaisons point-à-point, avec indication du nœud et du flux. Le catalogue montre quelles adresses et quels ports sont déjà occupés, et une nouvelle entrée s'y raccorde directement – en choisissant un flux déjà diffusé sur un autre nœud du domaine, sans saisir l'adresse à la main.

- **Aperçu des nœuds du domaine** — pour chaque nœud sont affichés l'état, l'heure du dernier contact, le rôle, la région, la version du build, la charge CPU, le trafic par interface physique et le nombre de flux à l'antenne ; pour chaque liaison inter-nœuds PS1 ou SRT — le débit, le RTT, le taux de retransmissions et de pertes et le verdict d'état.
- **Fonctionnement derrière un NAT** — un nœud placé derrière un NAT participe pleinement au domaine et sans redirection des ports entrants : il se connecte lui-même, son point d'accès public est reconstitué à partir de l'adresse effectivement observée et du port annoncé, et son état est relayé par les voisins sur un saut — le nœud est visible même pour ceux qui ne peuvent pas s'adresser à lui directement.
- **Connexion automatique des liaisons à l'intérieur du domaine** — les liaisons PS1 et SRT entre nœuds d'un même domaine ne demandent pas de créer un identifiant et un mot de passe pour chaque liaison : du côté appelant (entrée PS1, entrée SRT, sortie SRT en mode caller), il suffit d'activer le paramètre « Meshwork peer auth » et l'autorisation s'effectue au moyen du secret de domaine commun. Le nœud partenaire confirmé et son flux apparaissent dans la bibliothèque de ressources et dans la liste des sessions.
- **Low-Latency HLS et MPEG-DASH sur CMAF** — nouveau mode de diffusion « OTT / LL-HLS / DASH » : le multiplexeur intégré produit du MP4 fragmenté (CMAF), au-dessus duquel MPEG-DASH est servi sur /dash et Low-Latency HLS sur /llhls ; les ensembles adaptatifs sont également constitués pour ces formats. Pour plus de détails — [Modes de diffusion](#).
- **Faible latence LL-HLS** — la playlist média est découpée en parts, le rechargement bloquant de la playlist et l'indication de préchargement sont mis en œuvre, de sorte que le lecteur démarre la lecture sans attendre qu'un segment complet soit prêt. Les segments CMAF portent le Producer Reference Time, le manifeste DASH annonce UTCTiming et la latence cible, et le paramètre « Durée cible de la part LL (ms) » est appliqué à chaud, sans redémarrer le flux.
- **HTTP/3 (QUIC)** — HLS, MPEG-DASH, LL-HLS et MPEG-TS over HTTP sont servis au-dessus de QUIC sur un port UDP distinct, avec 0-RTT facultatif ; le client demande le passage à QUIC au moyen du paramètre ?h3. Les routes d'administration restent uniquement en TCP.
- **Alignement des segments sur les IDR** — le segmenteur distingue une image IDR d'une image I ordinaire : sur les sources à closed-GOP, chaque segment commence par un point d'entrée complet, ce qui permet au lecteur d'ouvrir le flux sur n'importe quel segment ; sur les sources à open-GOP, la frontière est l'image I la plus proche.
- **Protection du contenu (DRM)** — la diffusion OTT d'un flux peut être chiffrée : HLS AES-128 avec une clé fournie par le serveur lui-même ou par un serveur de clés externe et avec une rotation facultative par fenêtres temporelles, ou bien MPEG Common Encryption (ISO/IEC 23001-7) selon les schémas cenc et cbcs pour CMAF et DASH. Le chiffrement est effectué une seule fois, au moment de la formation du segment, si bien que l'archive DVR est conservée chiffrée et se lit à travers un nombre quelconque de changements de clé. Pour plus de détails — [Protection du contenu \(DRM\)](#).
- **DVR (archive réseau)** — chaque canal OTT est écrit sur disque en parallèle de la diffusion, avec la même segmentation et sans enregistreur distinct ; en mode faible latence, l'archive est tenue sur deux lignes, MPEG-TS et CMAF, de sorte que l'enregistrement est disponible dans le même conteneur que la diffusion en direct. Pour plus de détails — [DVR](#).
- **Lecture de l'archive (VOD)** — l'archive est servie sur les mêmes URL HLS, DASH et LL-HLS que la diffusion en direct : t=<temps> active le mode VOD et fixe le début de la fenêtre, d=<secondes> en donne la durée. La playlist HLS est alors close, le manifeste DASH statique, les interruptions d'enregistrement sont présentées comme des périodes distinctes ; les ensembles adaptatifs lisent l'archive avec les mêmes paramètres.
- **Catch-up par EPG** — au lieu de t et d, il suffit de transmettre epg=<temps> : le serveur trouve lui-même, sur la chaîne EPG associée, l'émission diffusée à cet instant et en prend le début et la durée comme bornes de la fenêtre de lecture.

- **Sous-titres dans l'archive** — les pistes WebVTT sont écrites sur disque avec les segments et sont restituées en VOD sur les mêmes URL ; les fenêtres sans réplique n'occupent aucun espace disque.
- **Stockages DVR** — les stockages peuvent être multiples, chacun avec sa propre limite de remplissage et son propre ordre de nettoyage. La profondeur de l'archive (« Rétenion (heures) », jusqu'à 90 jours) et le minimum protégé sont définis séparément pour chaque flux, et le nettoyage par espace libre ne touche ni le minimum protégé ni les fenêtres des sessions VOD ouvertes.
- **Moniteur DVR** — un écran dédié affiche l'état et le remplissage des stockages, le volume et la profondeur de l'archive par flux ainsi que les temps de lecture et d'écriture, tandis que l'histogramme de couverture (/data/dvrstat) signale non seulement les trous de l'archive mais aussi leur cause — coupure de l'entrée, changement de PMT, embrouillage, déclenchement du nettoyage. C'est également depuis cet écran que sont effacés l'archive d'un flux donné et les répertoires des flux supprimés.
- **Alerteur** — nouveau service d'alertes : chaque défaillance devient un incident qui est déclenché, mis à jour et résolu automatiquement, tandis que l'ensemble actif dédoublé n'affiche que ce qui se produit à l'instant présent. La gravité est définie sur une échelle unique — de l'information jusqu'à la nécessité d'une action de l'administrateur ; un tel incident n'est résolu que par l'acquiescement de l'opérateur. Pour plus de détails — [Alertes \(alerter\)](#).
- **Catalogue des codes d'alerte** — plus de cinquante types d'incidents dans une seule liste : les flux et leurs entrées et sorties, les violations de TR 101 290, les ressources du nœud, les stockages et la santé de l'enregistrement DVR, la réception DVB et CI/CAM, les transcodeurs, l'OTT, les certificats et les nœuds du domaine. Les seuils de déclenchement se règlent dans la section des alertes.
- **Livraison externe des alertes** — les alertes sortent de la console web : par courrier électronique en SMTP (STARTTLS, implicit TLS, AUTH), par message Telegram et par le lancement d'une commande arbitraire, à laquelle l'incident est transmis dans des variables d'environnement et sous forme de JSON complet sur l'entrée standard. Chaque canal possède son propre interrupteur et son propre seuil de gravité.
- **Alertes à l'échelle du domaine** — l'opérateur de permanence voit les alertes de n'importe quel nœud depuis n'importe quel autre : l'ensemble actif se propage avec le keep-alive et est résolu dès qu'il disparaît à la source, et chaque ligne indique le nœud source. Les alertes matérielles et système restent locales par défaut et ne sont promues à l'échelle du domaine que par un paramètre distinct.
- **Journal en base de données** — les messages du service sont écrits dans SQLite : enregistrements typés avec source et niveau de gravité, regroupement des répétitions consécutives en une seule ligne avec compteur, limitation de la conservation par durée et par volume. Contrairement à l'ensemble actif des alertes, le journal survit à un redémarrage.
- **Moniteur TR 101 290** — contrôle continu de la conformité du flux d'entrée à la norme : un verdict unique (« Normal », « Problème », « Vérification... ») et un rapport structuré par priorités 1, 2 et 3, où sont indiqués pour chaque indicateur la clause de la norme, la valeur mesurée et la limite. Un multiplex MPTS est évalué dans son ensemble — sur tous les PID, tous les programmes et toutes les tables SI. Le flux est automatiquement classé comme CBR ou VBR, et les contrôles qui n'ont de sens qu'à débit constant ne sont pas évalués sur une source VBR et ne produisent pas de faux déclenchements. Pour plus de détails — [Moniteur TR 101 290](#).
- **Dérive de l'oscillateur de référence** — l'écart systématique de la fréquence d'horloge de la source est mesuré par régression linéaire en ppm, pour une tolérance ISO/IEC 13818-1 de ± 30 ppm, et est présenté comme une métrique distincte. Une dérive lente est compensée par de légers micro-décalages du point de synchronisation (« Compensation de la dérive de synchronisation », activée par défaut), ce qui évite les à-coups en sortie.
- **Modèle de tampon T-STD** — analyse du tampon vidéo du décodeur de référence selon ISO/IEC 13818-1, avec compteurs de débordements et de sous-alimentations pour MPEG-2, H.264 et HEVC ; le comptage suit l'horloge PCR et la vitesse de vidage s'ajuste au débit vidéo réel. Activé par le paramètre « Analyser le tampon vidéo T-STD ».

- **Analyse pour l'insertion publicitaire** — interprétation des sections SCTE-35 avec les événements de raccord, les points de raccord de la couche transport avec anticipation configurable et les marques d'accès aléatoire. Les données sont affichées dans les statistiques du flux lorsque l'analyse approfondie est activée.
- **Assistant de réclamation** — pour un flux présentant des violations persistantes, une consigne textuelle prête à l'emploi est constituée pour un chat IA, à partir de laquelle celui-ci rédige une lettre de réclamation formelle au fournisseur du flux : liste des violations persistantes, valeurs mesurées, clauses de la norme et impact sur le décodeur. La consigne est fournie par la requête GET /data/stream/<id>/ai-complaint-prompt ; le nom du flux et l'adresse de la source ne sont pas inclus dans le texte.
- **CI/CAM (EN 50221)** — hôte Common Interface intégré : détection du module, lecture de son nom et de la liste des CA_system_id pris en charge, sélection des programmes à désembrouiller et transmission du CA_PMT pour chacun d'eux. Un module combiné au récepteur DVB désembrouille les programmes sélectionnés du multiplex reçu en ligne, plusieurs à la fois ; l'état des slots et le verdict pour chaque programme sont visibles dans l'interface.
- **Désembrouilleur logiciel BISS-1 / BISS-E** — il s'applique non seulement à la réception depuis une carte DVB, mais aussi à toute entrée de flux : la clé est définie pour le SPTS entier ou par programme du multiplex et se change à chaud, sans redémarrer l'entrée. Lors d'une réception depuis une carte DVB, le résultat est en outre vérifié sur le flux lui-même, si bien qu'une clé erronée ne se présente pas comme un désembrouillage réussi mais déclenche une alerte dédiée.
- **Nettoyage de l'accès conditionnel à la réception DVB** — un paramètre distinct de l'adaptateur supprime du multiplex reçu par une carte DVB les PID ECM et EMM, et retire de la PMT les descripteurs CA des programmes en clair : un flux FTA propre poursuit son chemin dans la chaîne. En cas de perte de la clé, la signalisation d'accès conditionnel est rétablie afin qu'un récepteur situé plus loin dans la chaîne puisse redemander l'accès.
- **Télémetrie du transcodeur** — pour chaque encodeur sont publiées les informations média de la sortie réencodée : format d'image, codec vidéo, ensemble des codecs audio et débit courant ; pour chaque processus — la charge CPU et la mémoire occupée.
- **RTMP et RTMPS** — une chaîne est publiée vers n'importe quel récepteur RTMP, y compris YouTube et Facebook : vidéo H.264 ou HEVC (HEVC via Enhanced RTMP) et une seule piste AAC ; pour rtmps : / / , le nœud se connecte en tant que client TLS. Dans l'autre sens, l'entrée récupère elle-même le flux depuis une source rtmp : // ou rtmps : // et remultiplexe le FLV en MPEG-TS.
- **Basculement de source sans coupure** — lors du changement de l'entrée active sur l'émetteur, les peers PS1 en réception ne se reconnectent pas : la numérotation et les marques temporelles restent continues, une pointe de file d'attente est absorbée par l'abandon des paquets les plus anciens, et le manque est comblé par la retransmission normale.
- **Retransmission adaptative PS1** — le récepteur mesure le RTT réel jusqu'à l'émetteur et ajuste lui-même les intervalles de demandes de répétition ; le RTT mesuré, l'intervalle de redemande courant et l'indication d'une latence trop faible sont reportés dans les statistiques de la liaison. La latence du tunnel de réception se définit directement en millisecondes, au lieu de l'ancien multiplicateur du RTT.
- **États « Reconnexion » et « Action administrateur »** — une entrée ou une sortie ayant perdu sa source est rouverte sur place et reste à l'état « Reconnexion » pendant toute la durée des tentatives, ne levant qu'un seul avertissement par épisode au lieu d'un message à chaque tentative. Une cause qu'une nouvelle tentative ne permet pas de lever — port occupé, interface absente, données qui ne sont pas du MPEG-TS, échec SRT sur le chiffrement — fait passer l'entrée ou la sortie à l'état « Action administrateur » avec une alerte persistante, tandis qu'une modification des paramètres est appliquée immédiatement.
- **Multiplexeur MPTS : identité d'origine** — les programmes peuvent conserver leurs PID d'origine et l'ordre des programmes dans la PAT, la SDT et la NIT se définit manuellement, si bien qu'un multiplex

est migré vers **Perfect Streamer** sans changer l'identité du flux pour les équipements de réception. Les programmes avec embrouillage TS sont migrés avec leurs marques temporelles d'origine.

- **Intégration avec une facturation externe** — chaque session de spectateur est autorisée dans un système de facturation ou de CRM externe, maintenue par une réautorisation périodique et signalée à ce même système à son terme : cycle de vie Start / Interim / Stop dans le style RADIUS, la révocation d'un abonnement interrompt la session en pleine visualisation. L'OTT, le peering PS1 et les sorties SRT sont couverts, et le système de facturation lui-même se raccorde au moyen de modèles de requête et d'analyse de la réponse, sans modification logicielle.
- **Client ACME intégré (Let's Encrypt)** — émission et renouvellement automatique des certificats pour le serveur web, le serveur HTTP/OTT et le serveur EPG : un certificat est commandé pour chaque nom d'hôte configuré, le renouvellement est vérifié quotidiennement et une alerte est déclenchée en cas d'échec. Une autorité de certification arbitraire et la liaison de compte externe sont prises en charge, et un nouveau certificat est appliqué sans redémarrer le service.
- **Nouvelle interface web** — la gestion du nœud est passée à une nouvelle console, qui s'ouvre à l'adresse du nœud (chemin /admin) : vue d'ensemble, flux, supervision du système, DVB, DVR, transcodeurs, clients, journal, alertes et tous les paramètres du serveur. Des schémas dédiés montrent la topologie du domaine Meshwork et la chaîne du flux sélectionné, des entrées jusqu'aux sorties. L'ancienne interface est conservée à l'adresse /classic. Pour plus de détails — [Interface web](#).
- **Mise à jour en temps réel** — le nœud publie son état sous forme de flux d'événements sur /data/events : à la connexion, un instantané complet est reçu, puis les instantanés des flux, des ressources système, des clients et des adaptateurs DVB sont rafraîchis une fois par seconde, tandis que les alertes et les changements d'état arrivent sous forme d'événements. L'interface et les tableaux de bord externes fonctionnent sans interrogation périodique.
- **Aide contextuelle** — chaque écran et chaque fenêtre importante de la nouvelle interface disposent d'un appel à l'aide qui ouvre la section de documentation correspondant précisément à ce qui est ouvert à cet instant : le bouton d'aide général pour l'écran, le bouton « ? » dans l'en-tête de la fenêtre pour cette fenêtre. La section s'ouvre dans la langue de l'interface.
- **Langues, thèmes et dispositions** — l'interface est traduite en six langues (russe, anglais, allemand, français, espagnol, portugais), prend en charge un thème clair et un thème sombre et adapte d'elle-même la densité de la disposition au téléphone, à la tablette, au poste de travail et au mur d'images.
- Autres améliorations et corrections de bogues.

1.14 Roadmap

Cette section énumère les fonctionnalités annoncées qui ne sont pas encore entrées dans la livraison actuelle. Pour chacune d'elles, il est précisé ce qui fonctionne déjà aujourd'hui et ce qui manque encore, afin que la planification du déploiement s'appuie sur les capacités réelles du nœud. Le contenu et les délais peuvent évoluer ; vérifiez l'actualité auprès du fournisseur.

1.14.1 Désembrouillage de flux individuels via un CAM

Disponible aujourd'hui. Le désembrouillage matériel CI/CAM (EN 50221) est disponible sur le récepteur DVB propre au nœud : un module installé dans le slot CI de la carte tuner déchiffre les programmes sélectionnés du multiplex reçu par ce tuner — plusieurs programmes à la fois, la liste étant appliquée à la volée sans redémarrage de l'adaptateur. L'état du slot, le nom du module, les systèmes CA pris en charge et le verdict du module sur l'abonnement pour chaque programme sont affichés sur l'écran « Matériel » ; des alertes sont prévues pour le retrait du module, l'absence d'abonnement et l'erreur d'accès conditionnel ([Désembrouillage](#)).

Pas encore disponible. Un flux qui ne fait pas partie du multiplex du tuner propre au nœud ne peut pas être acheminé à travers un module CAM — le trajet « flux → module → flux » n'existe pas. Un SPTS ou un MPTS reçu par le réseau ou depuis un fichier n'est pas désembrouillé matériellement ; pour de telles sources, seul le désembrouillage logiciel BISS-1 / BISS-E est disponible ([Flux SPTS](#), [Désembrouillage BISS](#)). Un module conçu pour ce mode de fonctionnement est reconnu par le nœud et affiché dans l'inventaire du matériel, mais aucune donnée ne le traverse.

1.14.2 Systèmes DRM industriels pour la diffusion OTT

Disponible aujourd'hui. Le nœud chiffre la diffusion OTT par ses propres moyens : HLS AES-128 — avec remise de la clé par une URL de session ou par un renvoi vers un serveur de clés externe, et avec rotation des clés dérivées selon une fenêtre temporelle — ainsi que MPEG Common Encryption (ISO/IEC 23001-7) dans les schémas cenc et cbcs au-dessus de CMAF. Le chiffrement est effectué une seule fois, lors de la formation du segment ; l'archive DVR est donc conservée et lue chiffrée ([Protection du contenu \(DRM\)](#)).

Pas encore disponible. Il n'existe pas d'intégration prête à l'emploi avec les serveurs de licences Widevine, PlayReady et FairPlay : le manifeste et le segment d'initialisation ne portent que la signalisation générale de protection — sans les en-têtes système de ces DRM et sans l'adresse d'obtention de la licence. L'échange automatique de clés avec un fournisseur de clés (CPIX, SPEKE) n'existe pas non plus : l'opérateur transmet manuellement le couple « clé — identifiant de clé » à sa propre infrastructure DRM. Le schéma HLS SAMPLE-AES n'est pas pris en charge et Common Encryption n'est délivré que par MPEG-DASH ; il n'y a donc pas encore de diffusion HLS protégée au-dessus de CMAF ni de Low-Latency HLS.

1.14.3 Signalisation des points d'insertion publicitaire dans la diffusion OTT

Disponible aujourd'hui. L'analyseur reconnaît les événements SCTE-35 et les points de raccord et les présente dans le rapport ([Mesures permanentes](#)). Lors du remultiplexage, le PID porteur de la signalisation est transféré sans modification dans le multiplex de sortie.

Pas encore disponible. Les limites des blocs publicitaires ne sont pas reportées dans les playlists HLS ni dans les manifestes DASH : les segments ne sont pas découpés au point de raccord et rien n'est signalé au lecteur ni à un système externe de substitution publicitaire ; le remplacement des blocs publicitaires dans le flux lui-même n'existe pas non plus. La signalisation ne traverse pas le transcodeur — les marqueurs de raccord sont perdus dans la copie transcodée de la chaîne.