

# Routeur cellulaire industriel 4G/5G : fonctionnement, choix et cas d'usage

## Introduction

Un routeur cellulaire industriel est un équipement réseau autonome qui établit une connexion Internet via les réseaux mobiles 4G LTE ou 5G NR et la redistribue à un ou plusieurs équipements locaux (caméras IP, automates, postes de travail, capteurs). Contrairement à une box 4G grand public, il intègre une électronique durcie, une stack logicielle de niveau professionnel (VPN, firewall, failover, supervision SNMP) et des certifications adaptées à des environnements contraints — armoires électriques, véhicules, sites isolés, milieux industriels.

Sa fonction principale est d'apporter une connectivité IP fiable là où la fibre ou l'xDSL ne sont pas disponibles, ou en secours d'une liaison filaire principale (failover WAN). Ce guide détaille son fonctionnement interne, ses différences avec les équipements grand public et les critères de choix selon le cas d'usage.

## Fonctionnement d'un routeur cellulaire industriel 4G/5G

**Réponse directe :** Un routeur cellulaire industriel combine un modem 4G/5G certifié et un routeur IP durci dans un même boîtier, alimenté en 9-36 V DC et conçu pour fonctionner 24/7 sur plusieurs années. Il s'authentifie sur le réseau mobile via une carte [SIM IoT](#) puis route le trafic vers son réseau LAN, son Wi-Fi ou ses ports série selon des règles configurables (NAT, VPN, QoS, failover).

## Architecture matérielle

Un routeur cellulaire industriel se compose de cinq blocs fonctionnels :

- **Module cellulaire (modem) :** composant radio (typiquement Quectel, Sierra Wireless, u-blox, Telit) supportant une catégorie LTE (Cat-4, Cat-6, Cat-12, Cat-18) ou une 5G NR Sub-6 GHz. La catégorie détermine le débit théorique maximal et l'agrégation de porteuses.
- **Tiroir(s) SIM :** un ou deux emplacements (single SIM ou dual SIM), au format 4FF (nano) ou parfois 2FF (mini). Les modèles haut de gamme intègrent une eSIM eUICC en complément ou en remplacement.
- **Routeur IP (CPU + OS embarqué) :** processeur ARM exécutant un firmware Linux durci (OpenWrt modifié, RutOS, FRRouting, ou OS propriétaire) qui gère le routage, le NAT, le firewall, le VPN et l'interface d'administration.
- **Interfaces filaires et sans-fil :** ports Ethernet 100/1000 BASE-T (1 à 5 ports), Wi-Fi 5/6, ports série RS-232 / RS-485, GPIO, parfois un port USB.
- **Bloc d'alimentation industriel :** entrée DC large (9-36 V ou 9-48 V), parfois Power over Ethernet (PoE PD ou PoE PSE), avec protection contre les inversions de polarité et les surtensions transitoires.

## Modes opératoires de la connectivité

- **Liaison principale (primary)** : le routeur établit la session cellulaire dès son démarrage et l'utilise comme unique accès Internet. Mode typique sur les sites sans liaison filaire (chantier, véhicule, site isolé).
- **Failover (secours WAN)** : la liaison cellulaire reste en veille à chaud. Si le WAN principal (fibre, xDSL, satellite) tombe, le routeur bascule automatiquement sur la 4G/5G en quelques secondes. Le retour à la normale (failback) intervient après confirmation de la stabilité de la liaison primaire.
- **Load balancing** : le trafic est réparti entre plusieurs WAN (filaire + cellulaire, ou deux SIM sur deux opérateurs) selon une politique (round-robin, par flux, par application).
- **Bonding / agrégation** : les modèles avancés agrègent plusieurs liens cellulaires (deux modems internes, ou un modem + une autre liaison) pour additionner les débits et masquer les coupures unitaires. Technique fréquente sur les usages broadcast et la captation vidéo mobile.

## Stack logicielle attendue

- **Firewall stateful** : règles par interface, par adresse, par port, par protocole.
- **NAT et port forwarding** : redirection des ports entrants vers les équipements LAN (typique pour exposer une caméra IP, un automate, un serveur).
- **VPN** : clients et/ou serveurs IPsec, OpenVPN, WireGuard, ZeroTier, GRE. Indispensable lorsque l'APN est public et que l'objet doit rejoindre le SI du client.
- **DDNS (Dynamic DNS)** : maintien d'un nom de domaine pointant vers l'IP publique dynamique, à défaut d'IP fixe sur l'APN.
- **Supervision** : SNMPv2c/v3, syslog distant, API REST, MQTT pour la remontée d'état.
- **Gestion à distance** : intégration à une plateforme de gestion centralisée (Teltonika RMS, Cisco IoT Operations Dashboard, Cradlepoint NetCloud, Sierra Wireless AirVantage, ou solution open source type SaltStack/Ansible) pour déployer une configuration sur des centaines d'équipements.
- **Watchdog matériel et logiciel** : redémarrage automatique du modem cellulaire ou du système entier en cas de perte de connectivité prolongée.

## Séquence de démarrage type

1. Initialisation matérielle, vérification de l'alimentation, montage du système de fichiers.
2. Détection des cartes SIM, lecture de l'ICCID et de l'IMSI.
3. Configuration du modem via commandes AT : sélection de la bande, du mode (4G uniquement / 5G NSA / 5G SA), définition du PDP context avec l'APN.
4. Recherche de réseau, enregistrement (sortie attendue +CREG: 0,1 ou 0,5).
5. Activation du contexte PDP, attribution d'une IP par le réseau de l'opérateur.
6. Établissement éventuel du tunnel VPN.
7. Routage du trafic LAN vers le WAN cellulaire.

## Routeur cellulaire industriel vs box 4G grand public : comparatif technique

**Réponse directe** : Une box 4G grand public est dimensionnée pour un usage domestique mobile en intérieur tempéré, sans garantie de disponibilité ni outillage de gestion à distance.

Un routeur cellulaire industriel est conçu pour tenir des températures extrêmes, des tensions instables, des vibrations, et pour être supervisé à grande échelle via une plateforme centralisée.

## Tableau comparatif

Critère	Box 4G grand public	Routeur cellulaire industriel
<b>Plage de température opérationnelle</b>	0 °C à +40 °C	-40 °C à +75 °C (jusqu'à +85 °C en grade industriel étendu)
<b>Indice de protection</b>	Aucun (boîtier ABS, ventilation ouverte)	IP30 minimum en armoire, IP67 sur certains modèles outdoor
<b>Résistance aux chocs et vibrations</b>	Non spécifiée	Conforme EN 61373 (ferroviaire), MIL-STD-810G ou IEC 60068
<b>Alimentation</b>	230 V AC via adaptateur secteur fixe	9-36 V DC ou 9-48 V DC, redondance possible, PoE en option
<b>Antennes</b>	Internes, non démontables	Connecteurs externes SMA / RP-SMA / N pour antennes adaptées au gain et à la bande
<b>Cartes SIM</b>	1 SIM, format 4FF	1 à 2 SIM physiques + eSIM eUICC sur les modèles récents
<b>Modes cellulaires</b>	4G LTE Cat-4 ou Cat-6	4G LTE Cat-4 à Cat-20, 5G NR, LTE-M / NB-IoT sur modèles dédiés
<b>VPN intégré</b>	Souvent absent ou client basique	IPsec, OpenVPN, WireGuard, GRE, L2TP, en concurrent multi-tunnel
<b>Failover WAN filaire ↔ cellulaire</b>	Absent ou très limité	Natif, configurable, avec bascule sub-30 s
<b>Gestion à distance</b>	Absente ou via app limitée	Plateforme cloud constructeur, SNMP, API REST, scripts CLI
<b>Mises à jour firmware</b>	OTA automatique non contrôlable	OTA pilotée par l'administrateur, rollback possible
<b>MTBF (Mean Time Between Failures)</b>	Non communiqué, ~5 ans typique	200 000 à 700 000 heures selon les modèles
<b>Certifications industrielles</b>	CE seul	CE, FCC, EN 50155 (ferroviaire), e-Mark E1/E22 (automobile), ATEX (zone explosive), IEC 61850 (réseaux électriques)
<b>Durée de support produit</b>	2 à 3 ans	7 à 10 ans avec engagement de continuité fournisseur
<b>Coût matériel unitaire</b>	50 à 200 €	250 à 2 500 € selon catégorie et certifications

## Conséquences opérationnelles

- **Disponibilité** : une box grand public exposée à un cycle thermique répété (armoire en extérieur, baie technique non climatisée) tombe en quelques mois. Un équipement industriel certifié -40 °C / +75 °C est dimensionné pour la durée de vie du site.
- **Sécurité** : l'absence de VPN intégré, de pare-feu configurable et de gestion centralisée rend une box grand public inadaptée dès que l'objet ou le LAN exposé contiennent des actifs sensibles ([caméras](#), [automates](#), données métier).
- **Évolution réglementaire** : les équipements industriels suivent les calendriers de fin de 2G/3G/5G NSA, avec mises à jour firmware certifiées. Les box grand public sont obsolètes au rythme du marketing opérateur.
- **Coût total de possession** : un boîtier grand public à 100 € qui tombe en moyenne deux fois par an sur 100 sites représente un coût d'intervention terrain bien supérieur au surcoût initial d'un équipement industriel à 500 €.

## Guide de choix par cas d'usage

**Réponse directe** : Le bon routeur cellulaire industriel est celui dont la catégorie LTE/5G, les certifications, les ports et la stack logicielle correspondent précisément au cas d'usage. Un sur-dimensionnement augmente inutilement le coût, un sous-dimensionnement génère des incidents récurrents et des interventions sur site.

### Backup WAN d'agence ou de site tertiaire

- **Catégorie cellulaire** : 4G LTE Cat-6 ou Cat-12 suffit dans la majorité des cas (débits 150-600 Mbps). 5G utile uniquement si le débit WAN principal dépasse 200 Mbps.
- **Dual SIM** : recommandé pour basculer entre deux opérateurs en cas de coupure régionale.
- **VPN** : IPsec ou WireGuard vers le datacenter de l'entreprise, avec retour automatique sur le WAN filaire dès rétablissement.
- **Ports** : 4-5 ports Ethernet gigabit pour interconnecter LAN, DMZ, poste d'administration.
- **Format** : rackable ou DIN-rail selon l'emplacement (baie ou armoire technique).

### Sites distants : chantiers, agences temporaires, stations techniques

- **Catégorie cellulaire** : Cat-6 ou Cat-12, avec support obligatoire de B20 (800 MHz) et B28 (700 MHz) pour la couverture rurale.
- **Antennes externes** : indispensables, avec câbles à faible perte (LMR-400 ou LMR-600) pour déporter l'antenne en hauteur ou hors de l'armoire.
- **Alimentation** : large plage DC (9-36 V) si site alimenté par batterie ou panneaux solaires.
- **Protection** : IP67 si exposé en extérieur (mât, caisson, container).
- **Wi-Fi** : utile pour partager la connectivité à plusieurs utilisateurs sans déploiement Ethernet.

### Transport ferroviaire, véhicules, flottes mobiles

- **Catégorie cellulaire** : Cat-12 minimum, 5G Sub-6 sur les générations récentes ; agrégation de SIM recommandée pour absorber les zones blanches.

- **Certifications** : EN 50155 (ferroviaire), e-Mark E1/E22 (automobile), résistance aux vibrations selon IEC 61373.
- **Alimentation** : 9-36 V DC avec ignition sense (détection contact véhicule) et délai d'extinction paramétrable.
- **GPS intégré** : utile pour la télématique embarquée et le géoréférencement des flux.
- **Multi-SIM et bonding** : critique pour la continuité de service sur trajet, en particulier en ferroviaire (traversée de tunnels, alternance de zones de couverture).

## Industrie, M2M, supervision SCADA

- **Ports série RS-232 / RS-485** : indispensables pour interconnecter des automates legacy (Modbus RTU, Profibus série) à un superviseur via passerelle IP.
- **Catégorie cellulaire** : Cat-4 souvent suffisante (volumes data faibles), LTE-M ou NB-IoT si l'application le permet (capteurs déportés).
- **Certifications** : ATEX zones 2/22 pour environnements explosifs, IEC 61850 pour les postes électriques, conformité IP rigoureuse.
- **Sécurité** : firewall avec ACL strictes, VPN obligatoire, désactivation des services non utilisés (Telnet, HTTP non chiffré).
- **Watchdog** : redémarrage cyclique en cas de perte de communication avec le superviseur.

## Vidéosurveillance déportée

- **Catégorie cellulaire** : Cat-12 minimum pour soutenir un ou plusieurs flux Full HD ; 5G pour le 4K multi-flux.
- **IP fixe ou DDNS** : nécessaire pour accéder aux caméras depuis le poste d'administration (RTSP, ONVIF). À privilégier une IP fixe via APN privé.
- **PoE PSE** : utile pour alimenter directement les caméras IP depuis le routeur, sans switch PoE supplémentaire.
- **Stockage local** : certains routeurs disposent d'un emplacement SD ou d'un disque USB pour bufferiser les flux en cas de coupure cellulaire.
- **QoS** : priorisation des flux caméra pour garantir la fluidité face au trafic accessoire (mises à jour, télémétrie).

## Critères de validation avant déploiement

Les points de contrôle à valider avant de commander et de déployer un routeur cellulaire industriel sont les suivants :

- **Couverture radio sur le site** : mesure de signal terrain (RSRP, RSRQ) sur les bandes effectivement supportées par le routeur, idéalement avec la SIM cible déjà active.
- **Compatibilité des bandes** : LTE B20 et B28 pour la France rurale, n78 pour la 5G urbaine, B8 (900 MHz) pour le LTE-M / NB-IoT.
- **Catégorie LTE/5G** : dimensionnée selon le débit applicatif réel et non sur le maximum théorique.
- **Nombre de SIM et support eUICC** : dual SIM physique au minimum pour les sites critiques, eUICC pour les déploiements internationaux ou multi-pays.
- **Certifications industrielles** : alignées avec le contexte d'exploitation (EN 50155, ATEX, IEC 61850, e-Mark, marine).

- **Plage de température et indice de protection** : marge confortable au-dessus des conditions extrêmes attendues sur site.
- **VPN et sécurité** : stack VPN compatible avec l'infrastructure cible (IPsec IKEv2, OpenVPN, WireGuard), firewall configurable, désactivation des services inutiles.
- **Plateforme de gestion à distance** : présence d'un outil de supervision centralisée, capacité d'inventaire, déploiement de configurations en masse, alerting.
- **Watchdog et mécanismes de récupération** : redémarrage automatique sur perte de connectivité, ping watchdog vers une cible métier.
- **Durée de support et roadmap firmware** : engagement contractuel du fabricant sur 7 à 10 ans, calendrier de mises à jour de sécurité.
- **Antennes** : adaptées à la bande et au gain requis, câbles à faible perte si déport long, séparation MIMO respectée (10 cm minimum entre antennes principales).
- **APN et plan de connectivité** : APN privé avec IP fixe si l'équipement doit être joignable depuis l'extérieur, pool data partagé si flotte hétérogène.
- **Test de bascule effective** : validation manuelle du failover (débranchement du WAN principal, vérification du temps de bascule, restauration).
- **Documentation et inventaire** : référence du modèle, version firmware, ICCID/IMSI/IMEI, EID, configuration VPN, identifiants archivés et reliés à la GMAO ou à l'ITSM.

Le respect de ces points élimine la quasi-totalité des incidents post-déploiement et permet de concentrer les interventions terrain sur les seules pannes matérielles ou évolutions d'infrastructure.