



INNOVATIVE SMART SYSTEMS

INSAI

INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
TOULOUSE

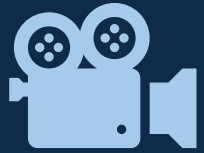
Constellation de satellites

Florent Miranville — Tom Lassalle

Sommaire

01

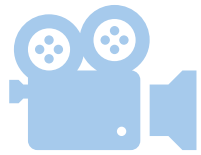
Evolution des
Constellations



Sommaire

01

Evolution des
Constellations



02

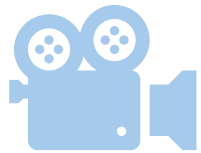
Les pionniers de la
communication



Sommaire

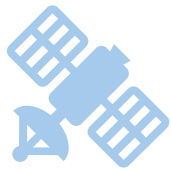
01

Evolution des
Constellations



02

Les pionniers de la
communication



03

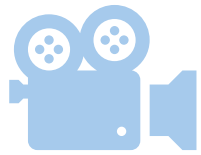
Les méga-
constellations



Sommaire

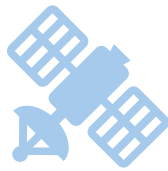
01

Evolution des
Constellations



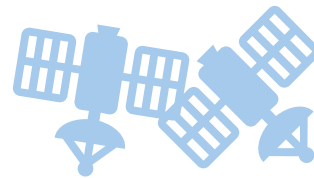
02

les pionniers de la
communication



03

Les méga-
constellations

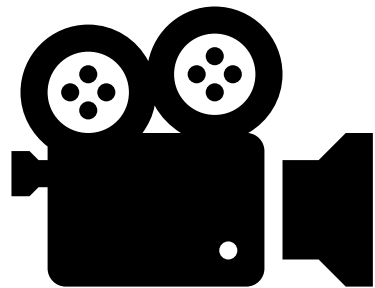


04

Le futur des
constellations



Evolution des Constellations

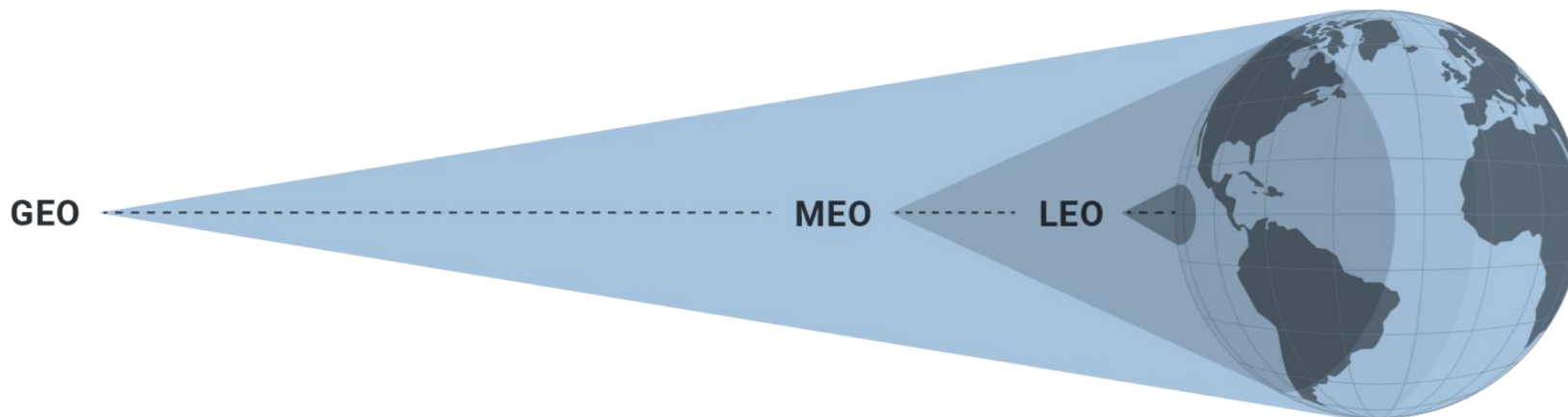




Qu'est-ce qu'une constellation de satellite ?

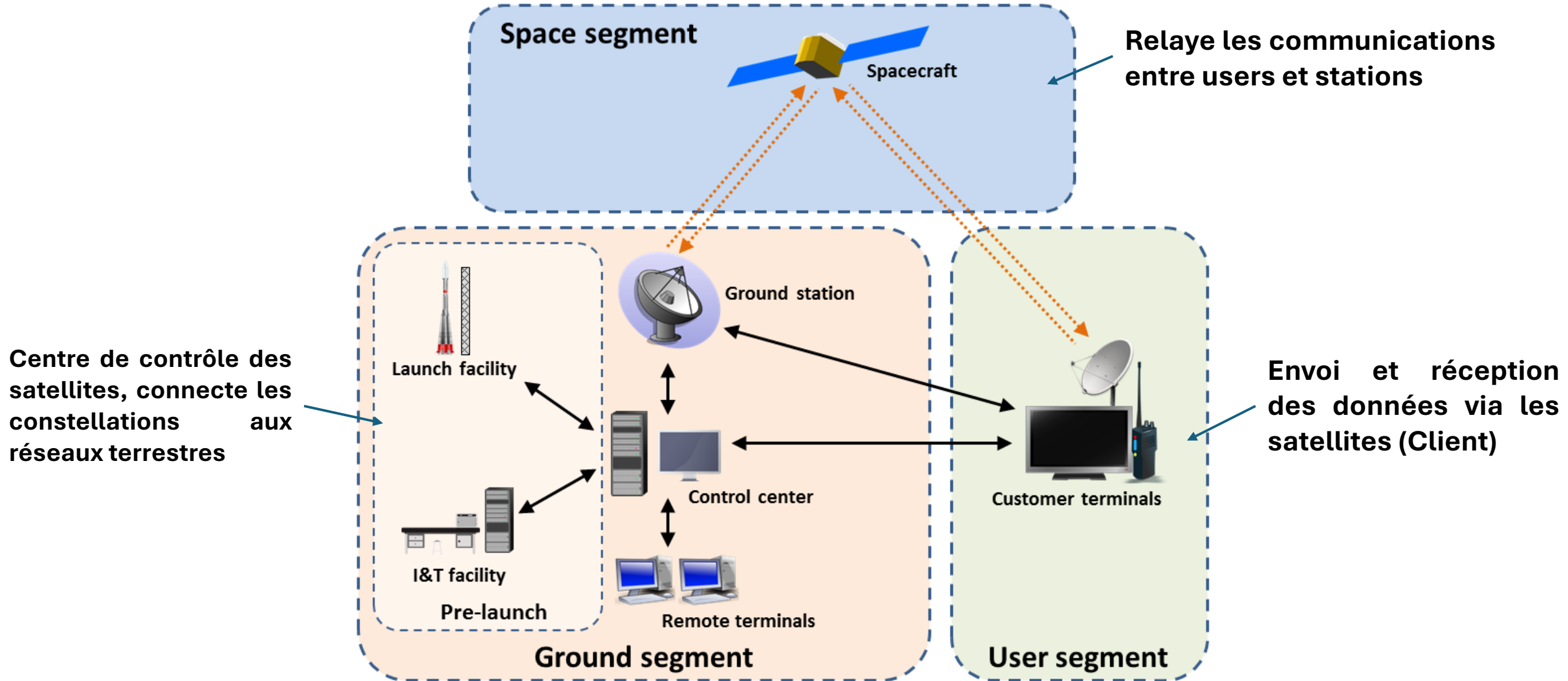


Réseau de satellites remplissant des fonctions identiques ou complémentaires, qui sont répartis dans l'espace de façon à assurer un service.

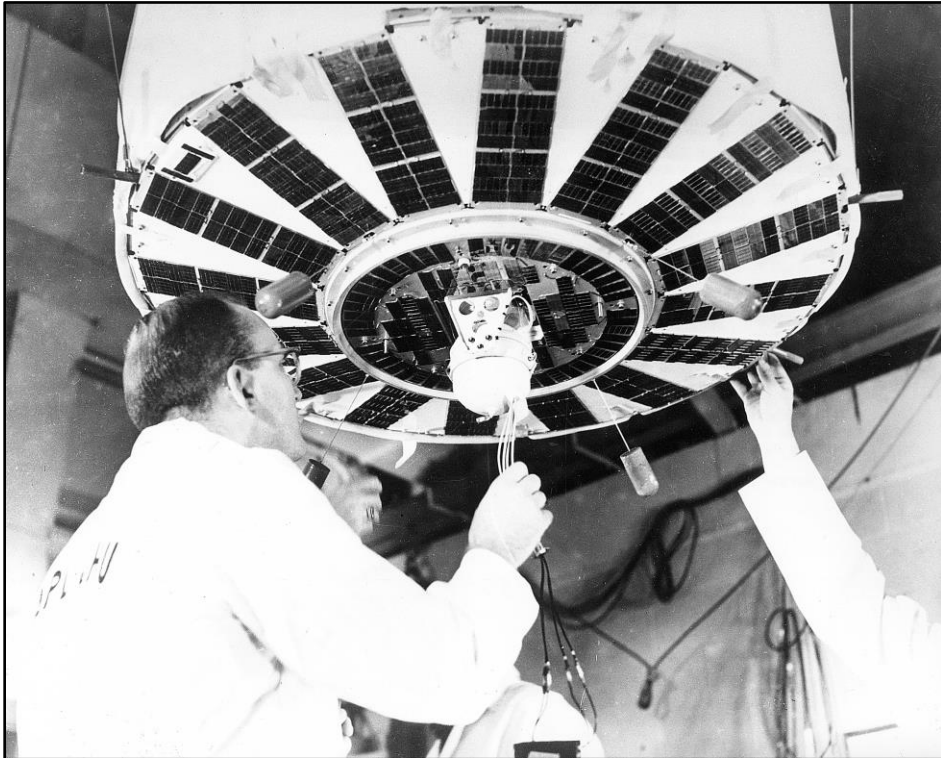


	LEO	MEO	GEO
Altitude	400-2 000 km	8 000-20 000 km	35 800 km
Période orbitale	1-2 heures	4-12 heures	24 heures
Coût des satellites	Faible	Moyen	Élevé
Durée de vie des satellites	Courte	Longue	Longue
Latence	Très faible (~50 m/s)	Faible (~150 m/s)	Moyenne (~700 m/s)
Satellites nécessaires	Des centaines	6	3

Architecture d'un système satellitaire



Origines (années 1960–1980) : les précurseurs



Assemblage d'un satellite Transit

Transit (système de positionnement par satellites 1964) :

Plusieurs heures pour position



Perturbé par la météo



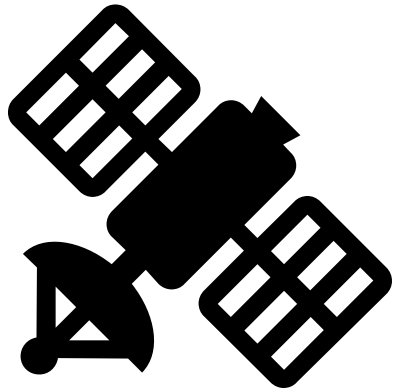
Inutilisable par les engins à grande vitesse



Origines (années 1960–1980) : les précurseurs



Iridium et Globalstar les pionniers de la communication



Iridium : Une constellation de communication mondiale

1991 : Lancement du projet



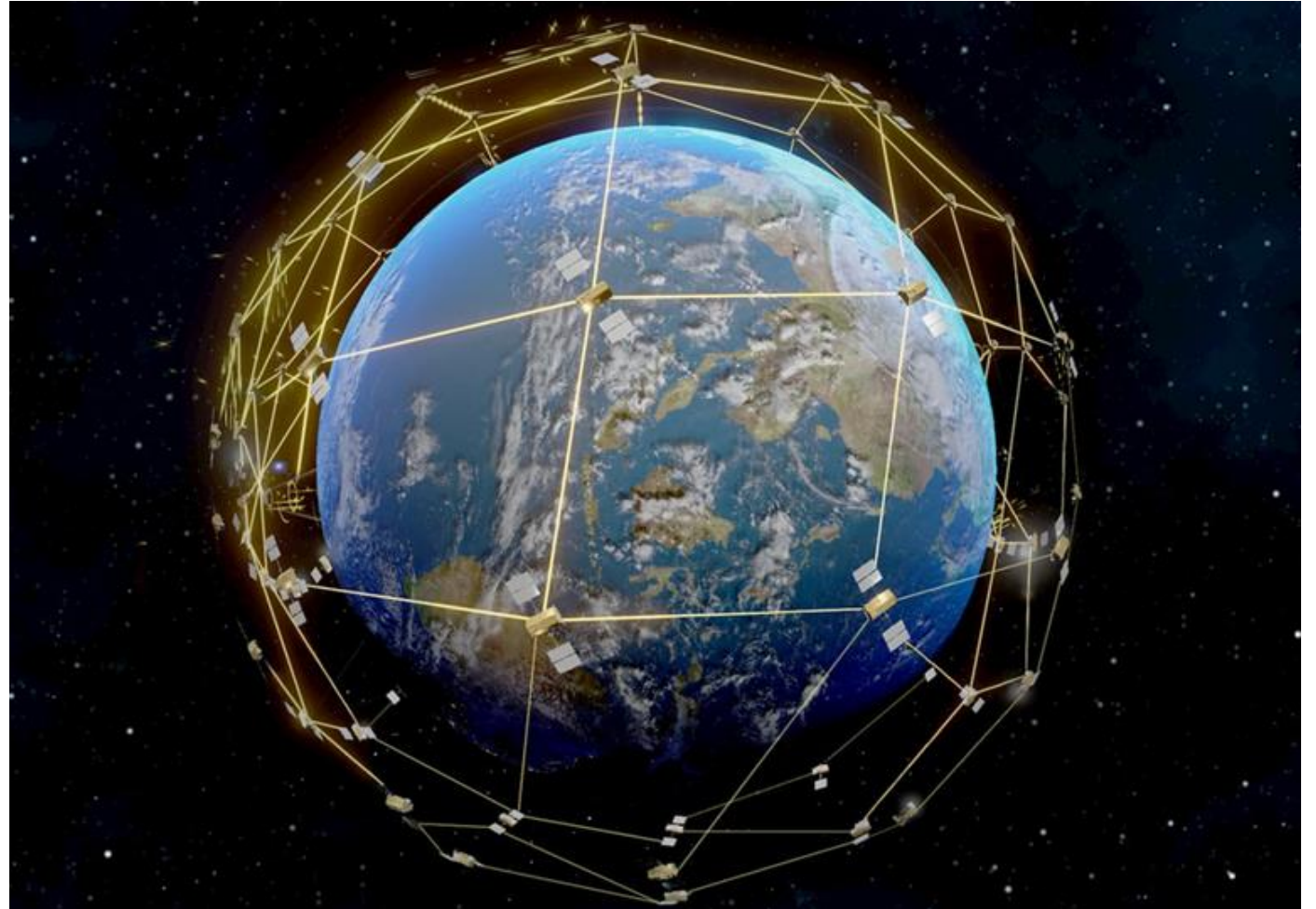
1997 : Début du déploiement



2000 : Iridium déclare faillite



2017 : Lancement du premier satellite d'Iridium NEXT

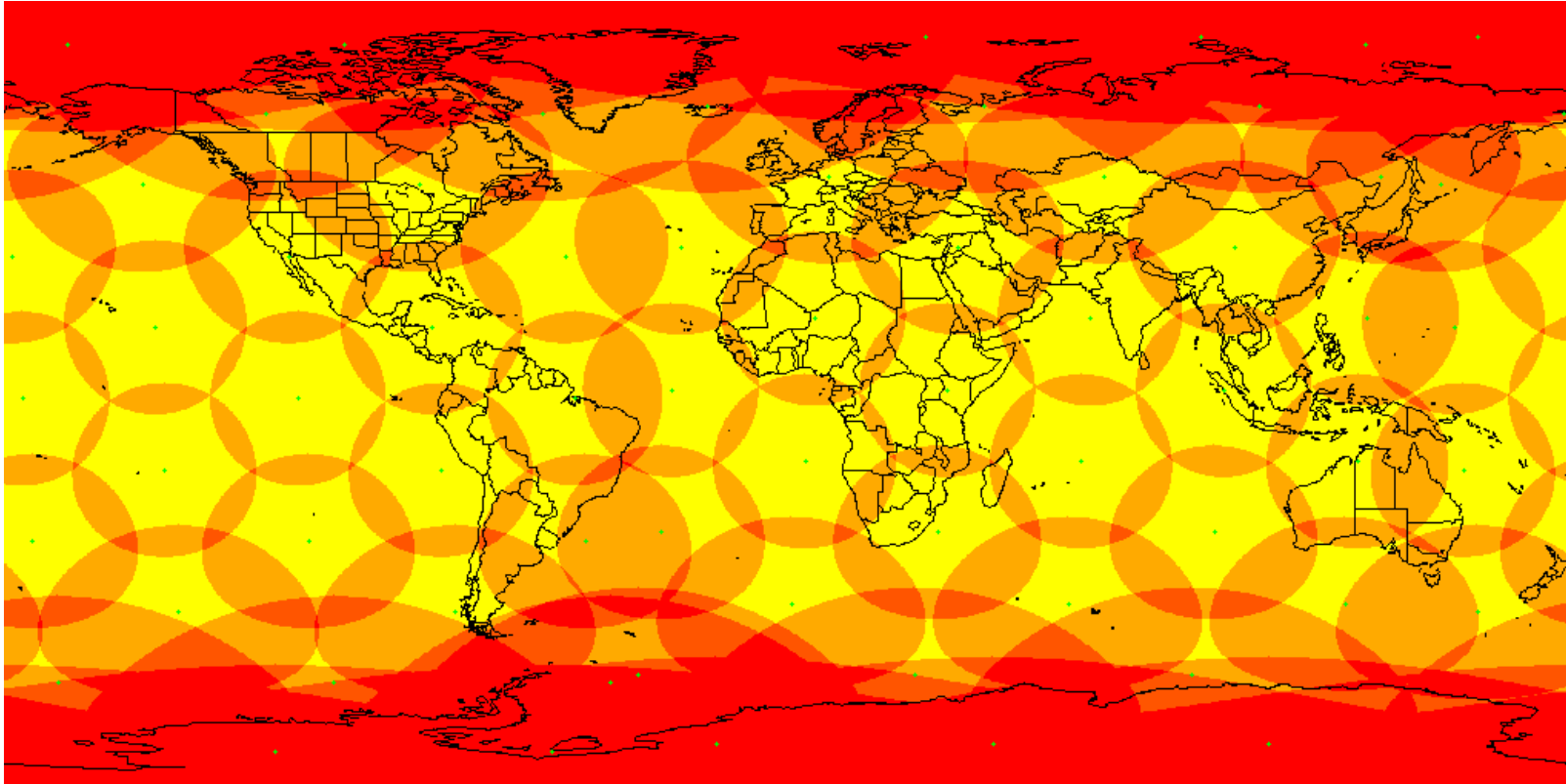


Iridium Vs Iridium NEXT



	Iridium – Première génération (Block 1)	Iridium NEXT (Block 2)
Années de déploiement	1997–2002	2017–2019
Fabricants principaux	Motorola / Lockheed Martin	Thales Alenia Space / Orbital ATK
Nombre de satellites opérationnels	66 + réserve	66 + 9 en réserve orbitale + 6 au sol
Orbites	~780 km / 6 plans orbitaux	~780 km / 6 plans orbitaux
Masse au lancement	~689 kg	~860 kg
Durée de vie nominale	7 ans (~15 ans grâce à marges)	15 ans (prévu)
Communication utilisateur	Voix + SMS + données à faible débit	Voix + données améliorées + IoT étendu
Débit utilisateur	~2,4 kbps (voix) / 10 kbps data	Jusqu'à ~88 kbps (Iridium Certus 100) / jusqu'à 704 kbps (Certus 70><0)
Bandes de fréquences	L-band pour utilisateur, Ka-band pour ISL	L-band pour utilisateur, Ka-band pour ISL

Couverture d'Iridium



Élevation = 12 °



Un satellite en vue



Deux satellites en vue



Trois satellites en vue

Globalstar : Une constellation à petit budget

1991 : Lancement du projet



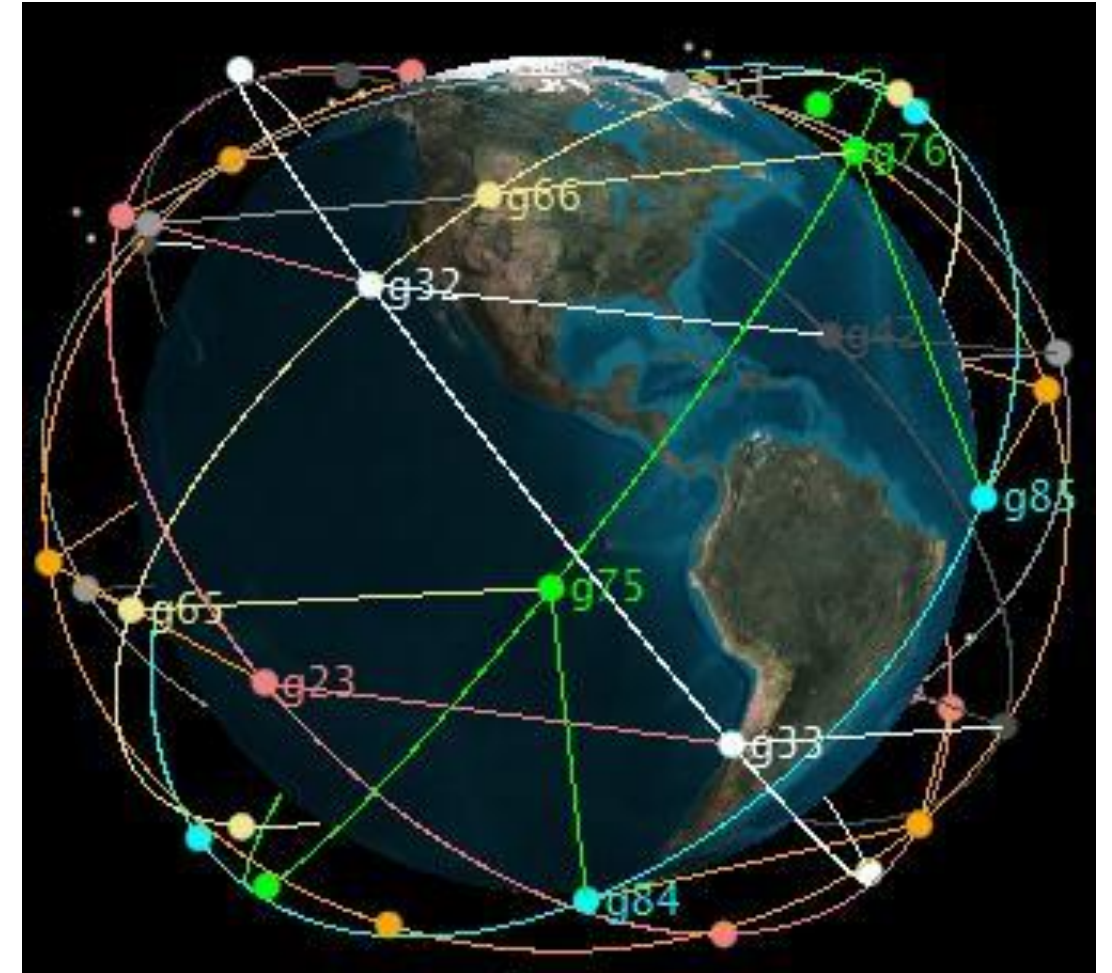
1998 : Début du déploiement



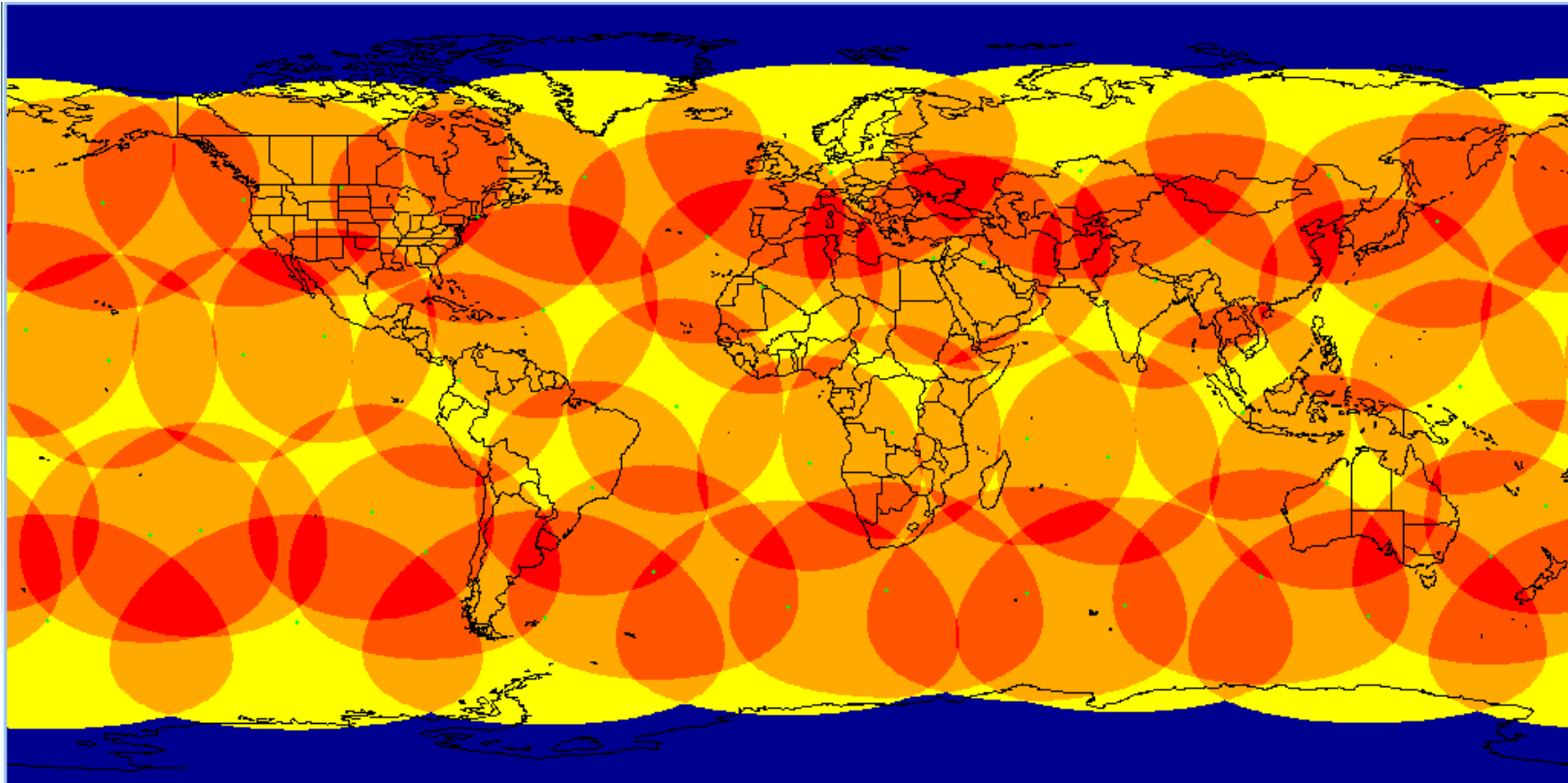
2002 : Mise en faillite de Globalstar



2017 : Lancement du premier satellite
seconde génération



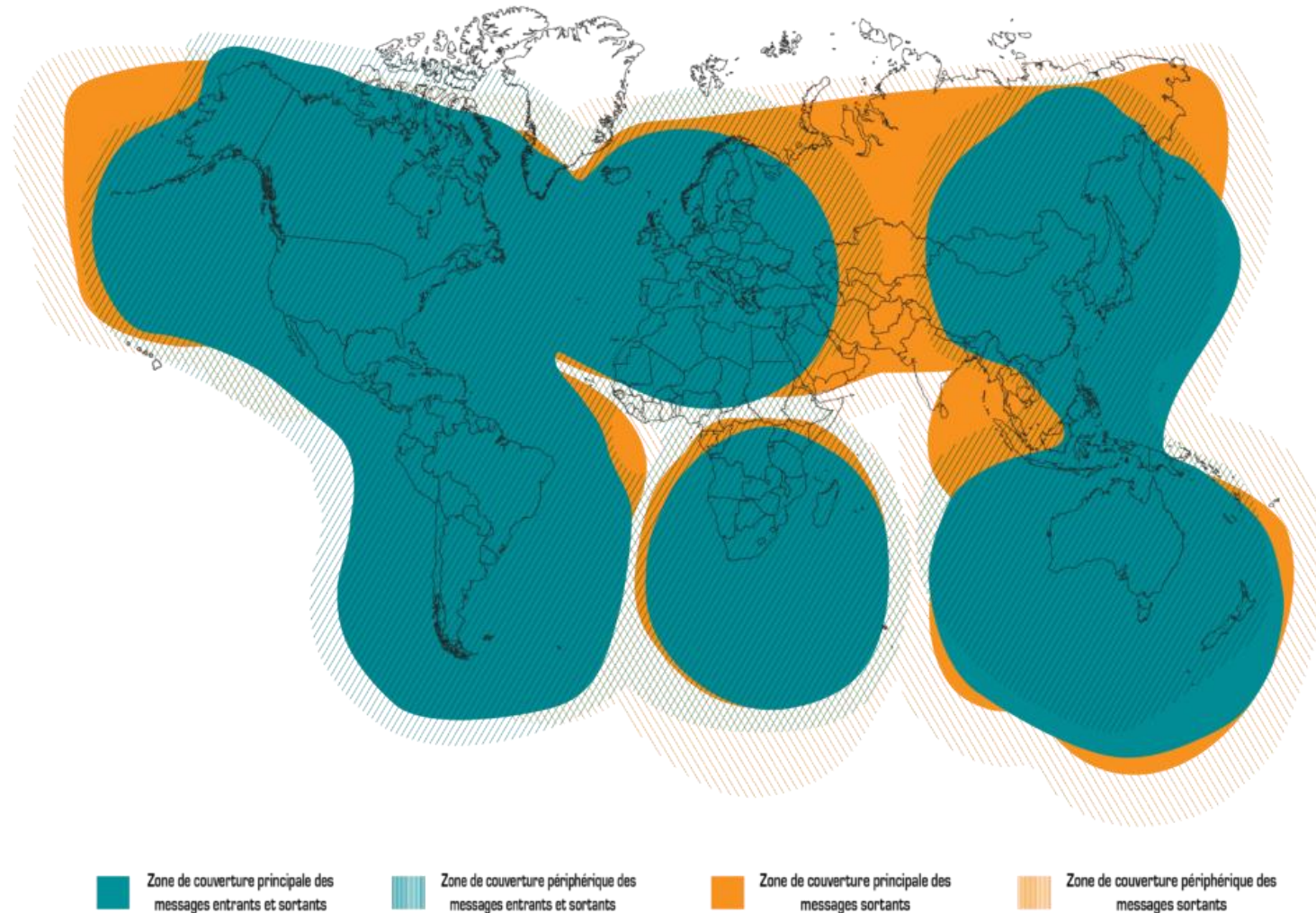
Couverture de Globalstar



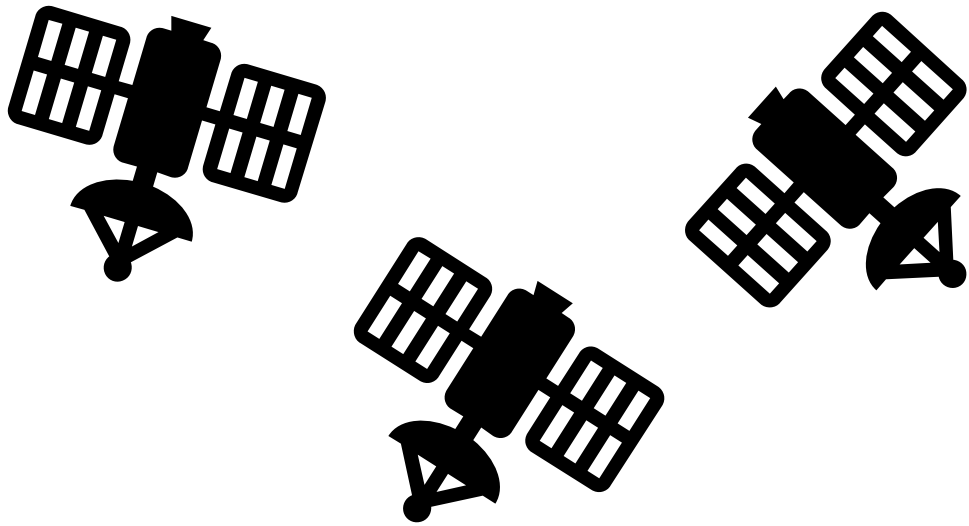
Élevation = 12 °

https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Globalstar_Coverage.png

Couverture véritable de Globalstar



Les mega-constellations



Méga constellation: OneWeb



Méga constellation ((oneweb / starlink FLO)/)

1991 : Lancement du projet



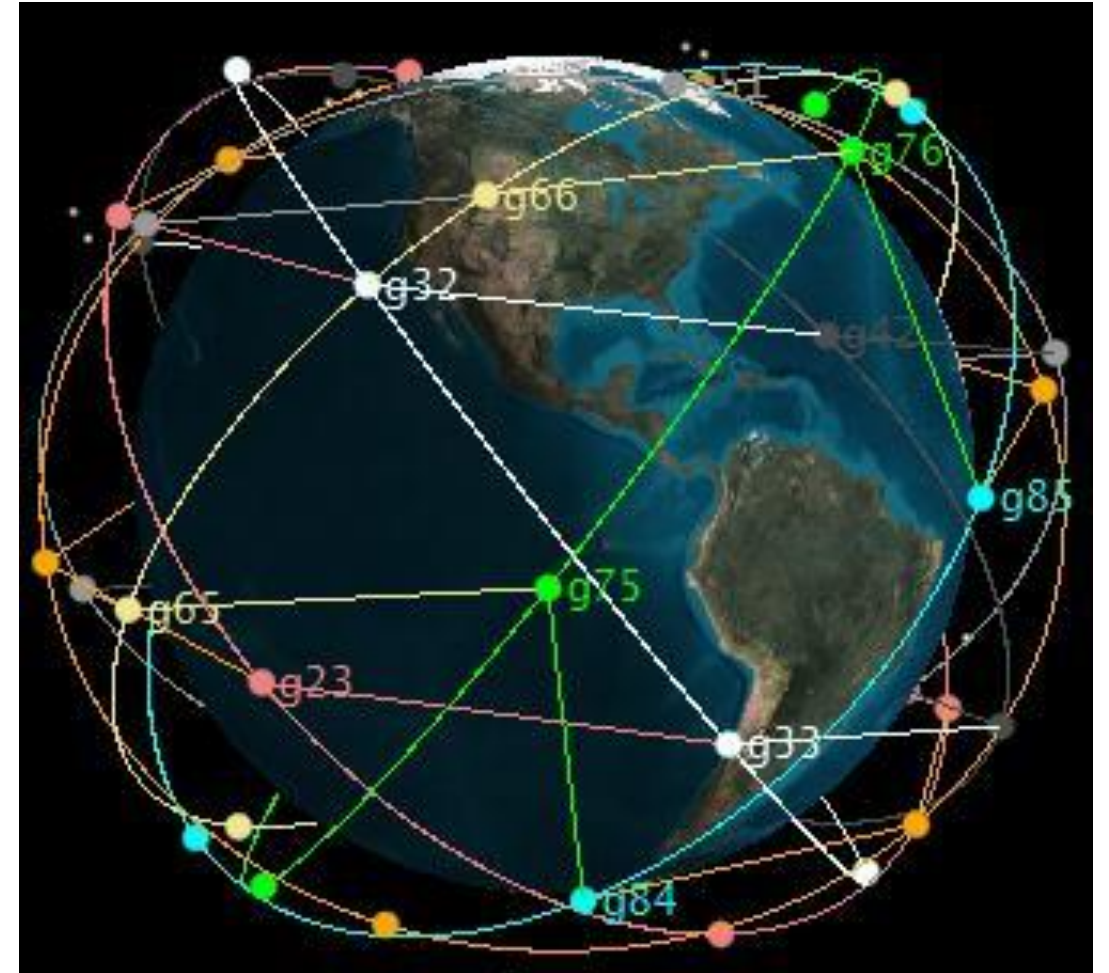
1998 : Début du déploiement



2002 : Mise en faillite de Globalstar



2017 : Lancement du premier satellite
seconde génération



[A Quasi-Dynamic Inter-Satellite Link Reassignment Method for LEO Satellite Networks](#)

Projet Kuiper Amazon Leo : Un Accès Internet Global

Investissement estimé : 10 milliards de dollars



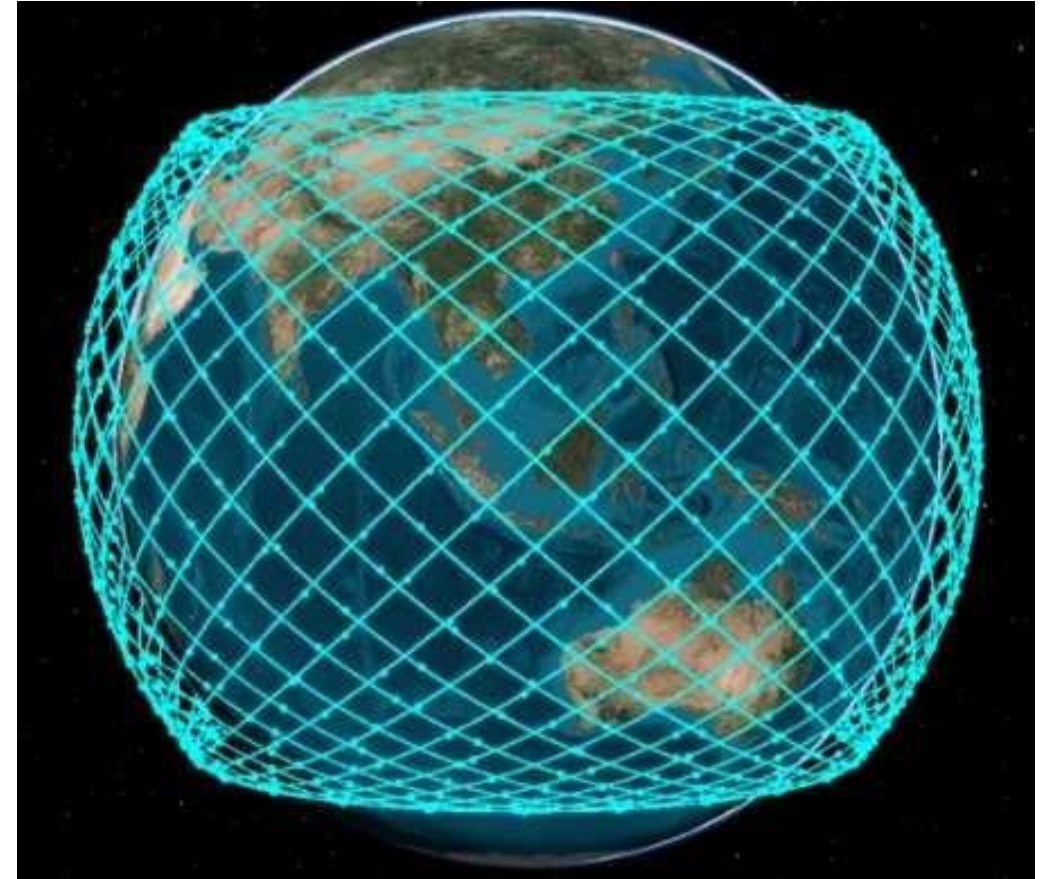
Premier déploiement : 3 236 satellites



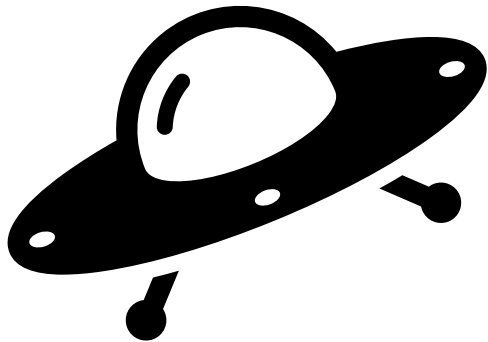
Second déploiement : 7774 satellites



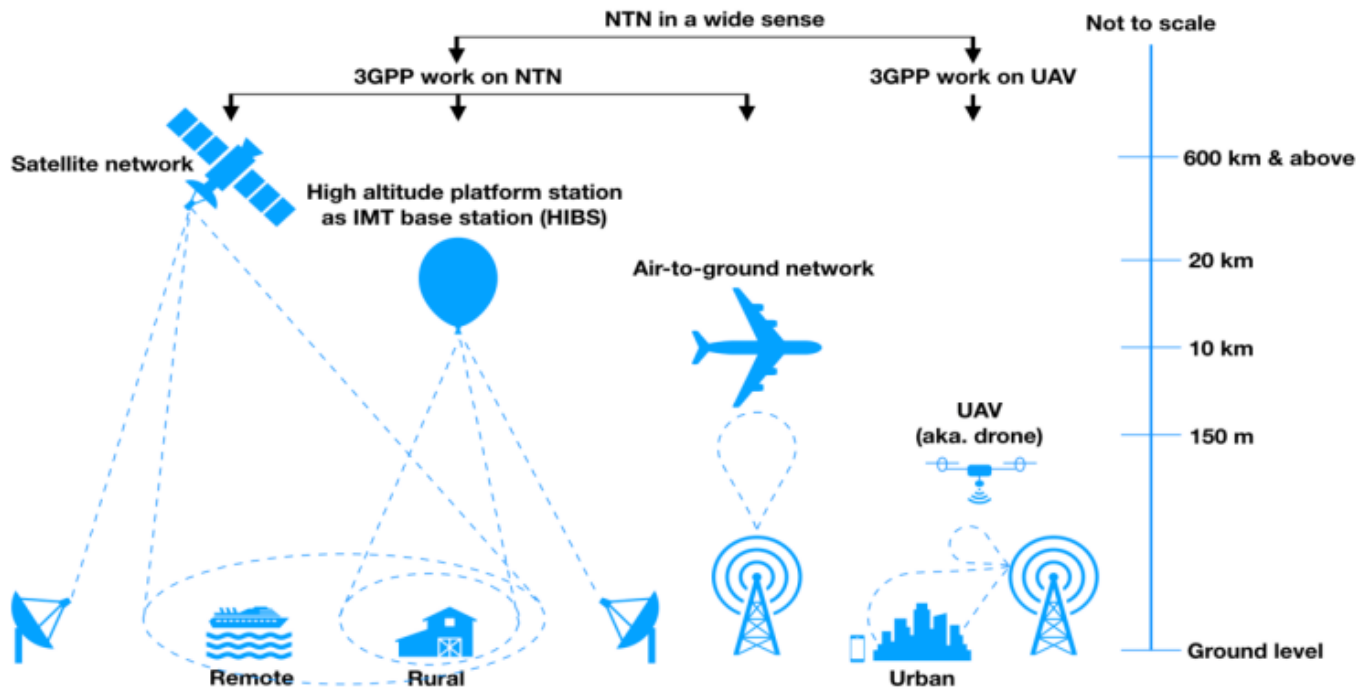
Débit : De 100 Mbps à 400 Mbps avec un test 1,2 Gbps



Enjeux et futur des constellations



5G – NTN (Non-Terrestrial network)



https://www.sharetechnote.com/html/5G/5G_NTN.html

Couverture réseau



<https://news.samsung.com/global/samsung-electronics-introduces-standardized-5g-ntn-modem-technology-to-power-smartphone-satellite-communication>

Résilience



5G – NTN (Non-Terrestrial network)

Intégration par étape :

- **Version 17** : Première introduction des spécifications NR NTN permettant à la 5G NR de fonctionner sur satellite
- **Version 18** : Amélioration des capacités NTN
- **Version 19 (Actuelle)**: Continue à faire évoluer la 5G NTN en introduisant des architectures régénératives

Architecture transparente

Le satellite va agir comme un répéteur radio :

- Réception d'un signal depuis un segment
- Filtrage, conversion en fréquence et amplification
- Envoi vers le réseau terrestre sans processing avancé

Architecture régénérative

Le satellite va traiter activement le signal :

- Deviens pratiquement une station de base 5G
- Démodulation et décodage du signal reçu, commutation des paquets, prises de décision locales
- Gestion de lien inter-satellites (ISL)



Qu'est-ce que le projet IRIS² ?

IRIS² : *Infrastructure for Resilience, Interconnectivity and Security by Satellite.*

Investissement estimé : 10,5 milliards €



Partenariat public-privé financé par l'UE, l'Agence spatiale européenne (ESA) et des acteurs privés



Lancés à partir de **2029**



Près de **290** satellites



Source

- [https://fr.wikipedia.org/wiki/Transit_\(syst%C3%A8me_de_positionnement_par_satellites\)#/media/Fichier:HD.6D.459_\(10947090045\).jpg](https://fr.wikipedia.org/wiki/Transit_(syst%C3%A8me_de_positionnement_par_satellites)#/media/Fichier:HD.6D.459_(10947090045).jpg)
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Iridium_Coverage_Animation.gif
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Globalstar_Coverage.png
- <https://www.spacerise.eu/>
- <https://hyperframeresearch.com/2025/09/12/amazon-kuipers-real-advantage-when-the-cloud-meets-the-constellation/>
- <https://spacenews.com/amazon-planning-3236-satellite-constellation-for-internet-connectivity/>
- <https://arstechnica.com/science/2021/04/amazons-first-internet-satellites-will-not-launch-on-blue-origin-rockets/>