

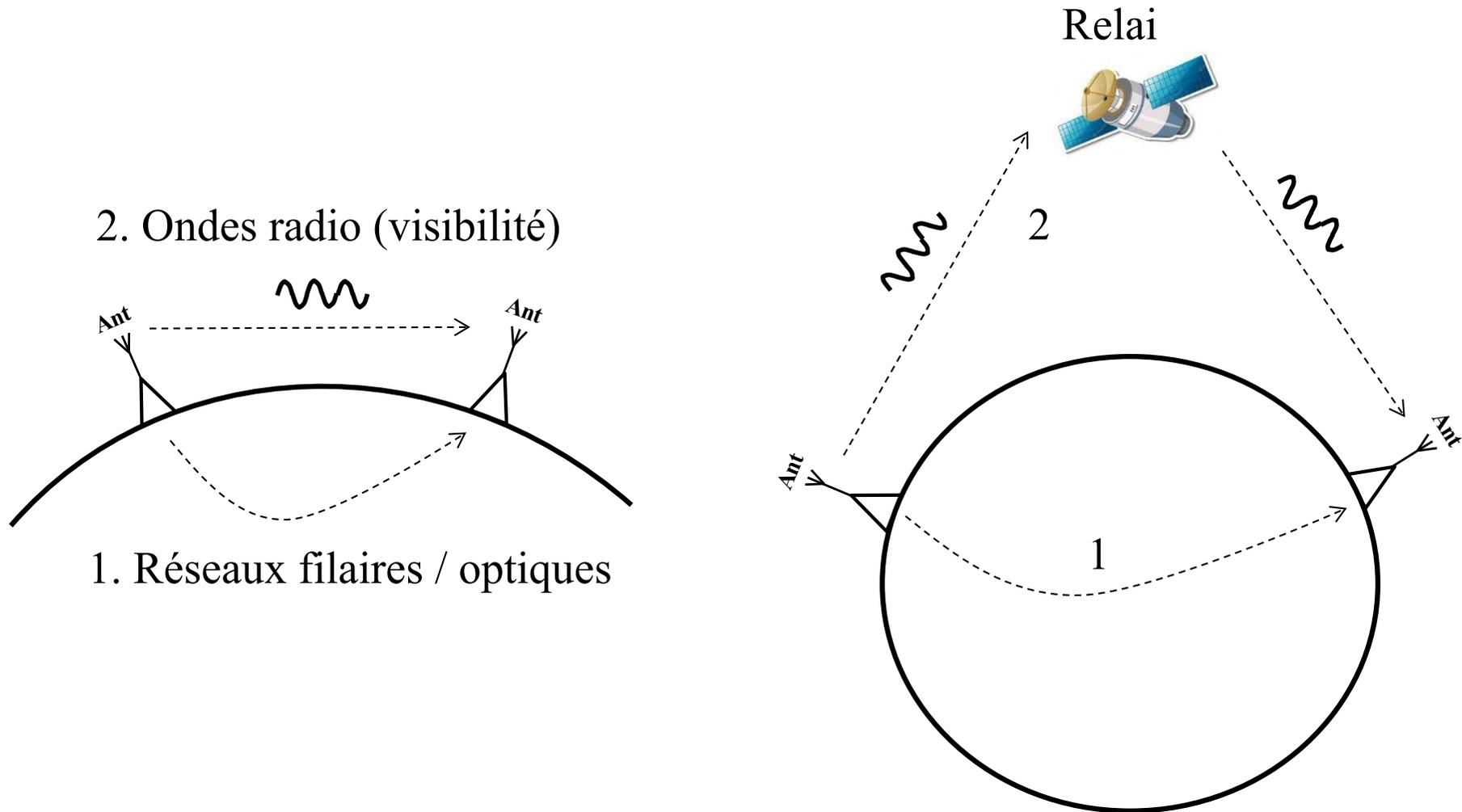
# Constellations de satellites: pourquoi et comment ?

Emil Novakov

[emil.novakov@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:emil.novakov@univ-grenoble-alpes.fr)

Institut de Microélectronique, Electromagnétisme  
et Photonique (IMEP-LAHC)  
Université Grenoble Alpes

# Problème des communications

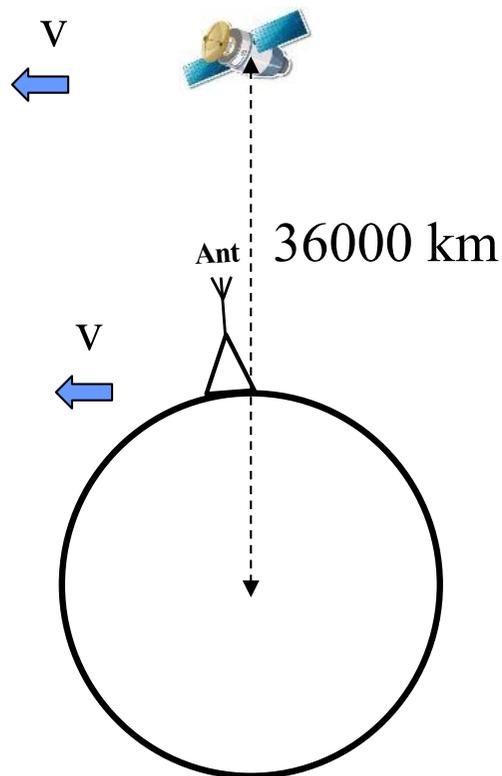


# Positionnement du relais

## 1. Orbite géostationnaire

Le relais est immobile par rapport à la terre (ils tournent à la même vitesse)

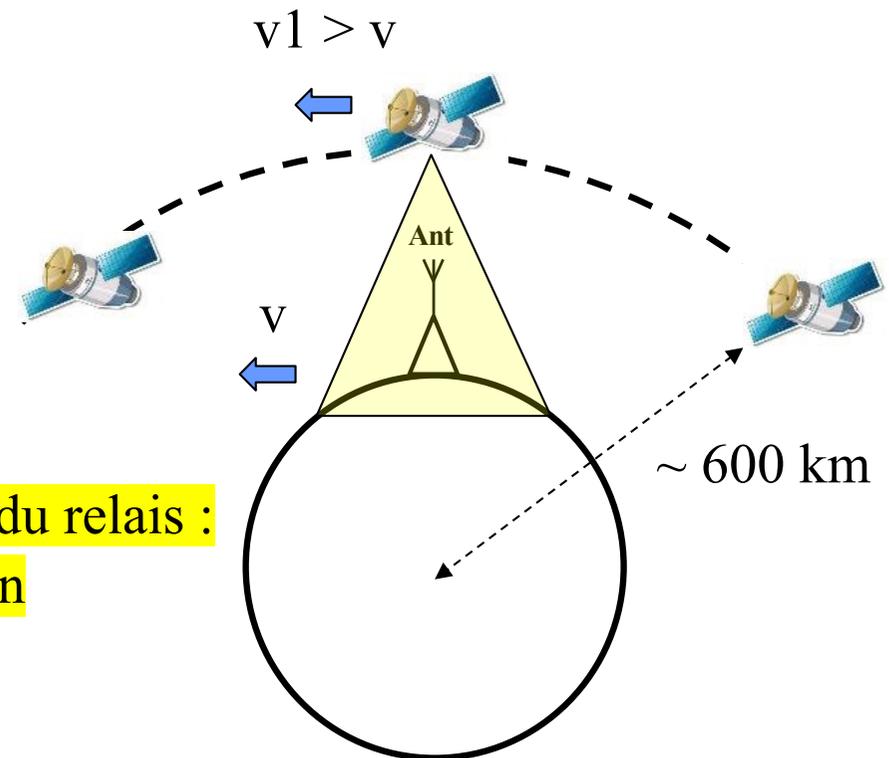
3 satellites relais pour couvrir la terre



## 2. Orbite basse

Le relais se déplace par rapport à la terre – constellation de satellites

visibilité du relais :  
7 – 10 min



# Comparaisons

## 1. Orbite géostationnaire

- Grande latence (retard) – 600 ms
- Forte puissance de communication
- Simple architecture réseau  
(communication satellites – terre)
- Antenne terrestre fixe
- Durée de vie des satellites >15 ans

Intelsat : 1965, data-TV, 53 sat.

Inmarsat : 1979, tél., 4 sat.

Thuraya : 2000, tél., 3 sat., EAU

**Arthur Clarke** : concept de satellite géostationnaire de télécommunications  
article de *Wireless World*, 1945

## 2. Orbite basse

- Faible latence – 20 ms
- Faible puissance de communication
- Architecture réseau très complexe  
(*handover* inter satellitaire)
- Antenne terrestre mobile
- Durée de vie des satellites < 5 ans

Iridium: 1991, tél., 780 km, 66 sat.

Globalstar : 1994, tél., 400 km, 48 sat.

Starlink : 2019, data, 550 km,  
3200 sat. → 12000

### **Projets:**

OneWeb : 1200 km, data, 650 sat.

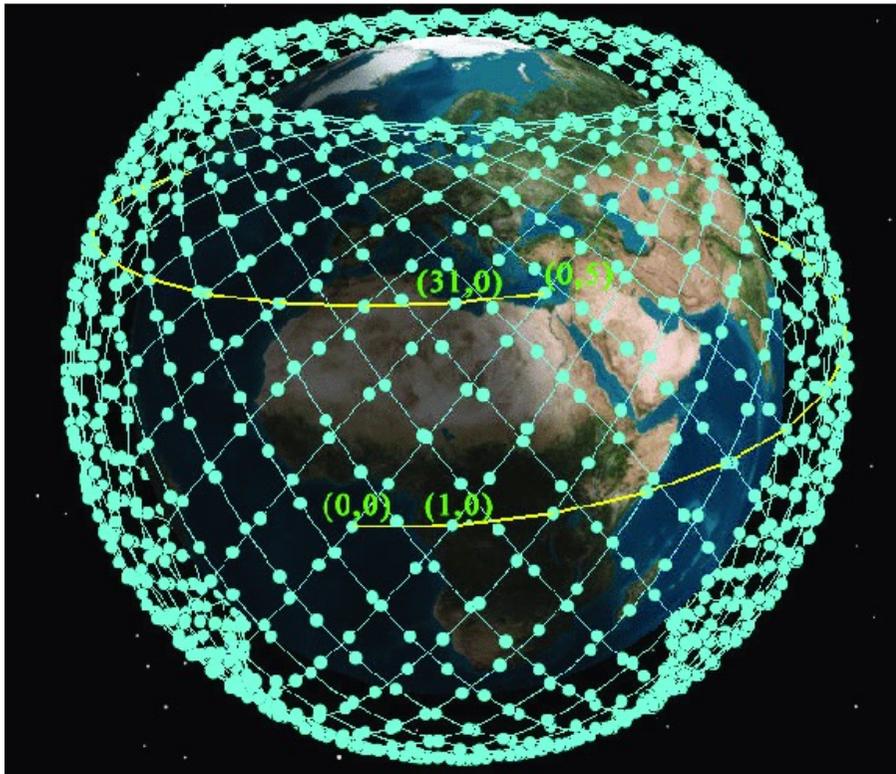
Kuiper (Amazon) : 600 km, data, 3300 sat.

Chine ?

# STARLINK

Orbite basse, 550 km

Phase 1 : 32 orbites x 50 satellites :  
1600 satellites



Actuellement (03.2023) :

Sat. opérationnels : 2703

Sat. en veille : 554

Stations terrestres : 68 (3 en France)

3200 satellites, 12000 satellites à terme

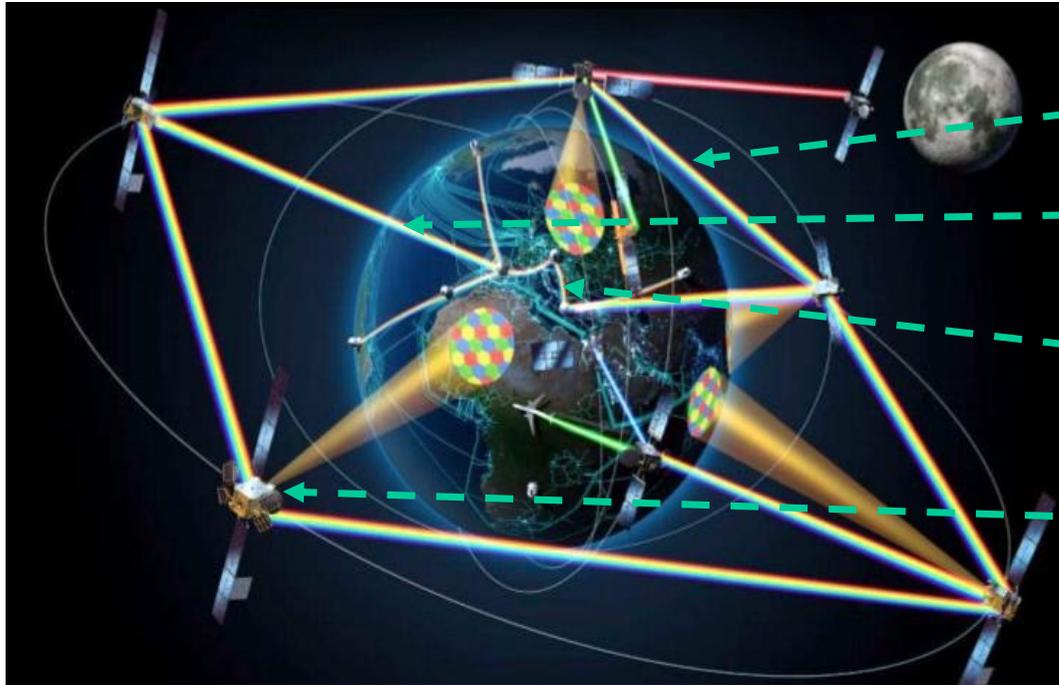
1 satellite – 200 connections simultanées

10% de pertes de satellites par an !

Etat de la constellation :

<https://starlink.sx/>

# STARLINK – Réseau de satellites

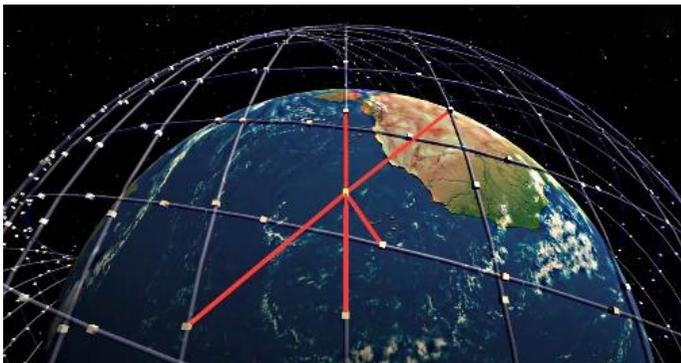


Liaisons optique inter-satellites

Liaison RF satellite-terre

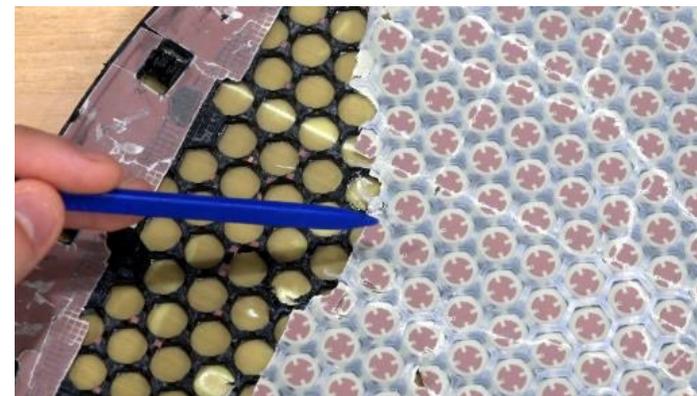
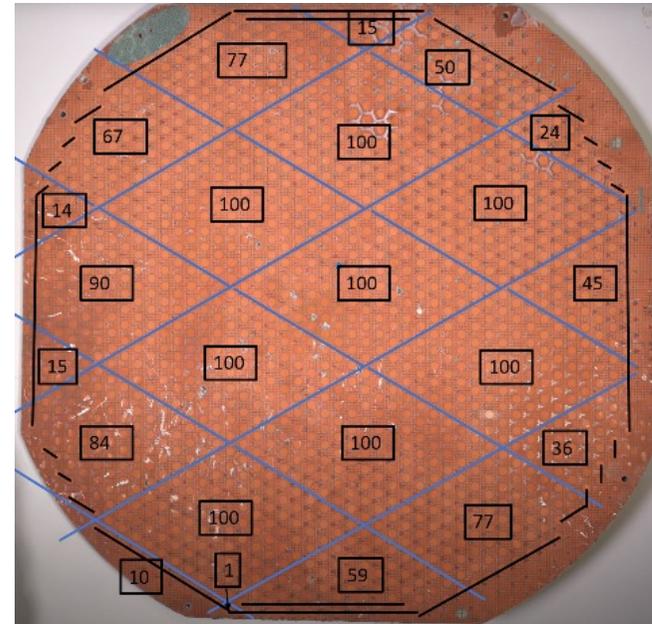
Réseau terrestre (Internet)

Satellite actif



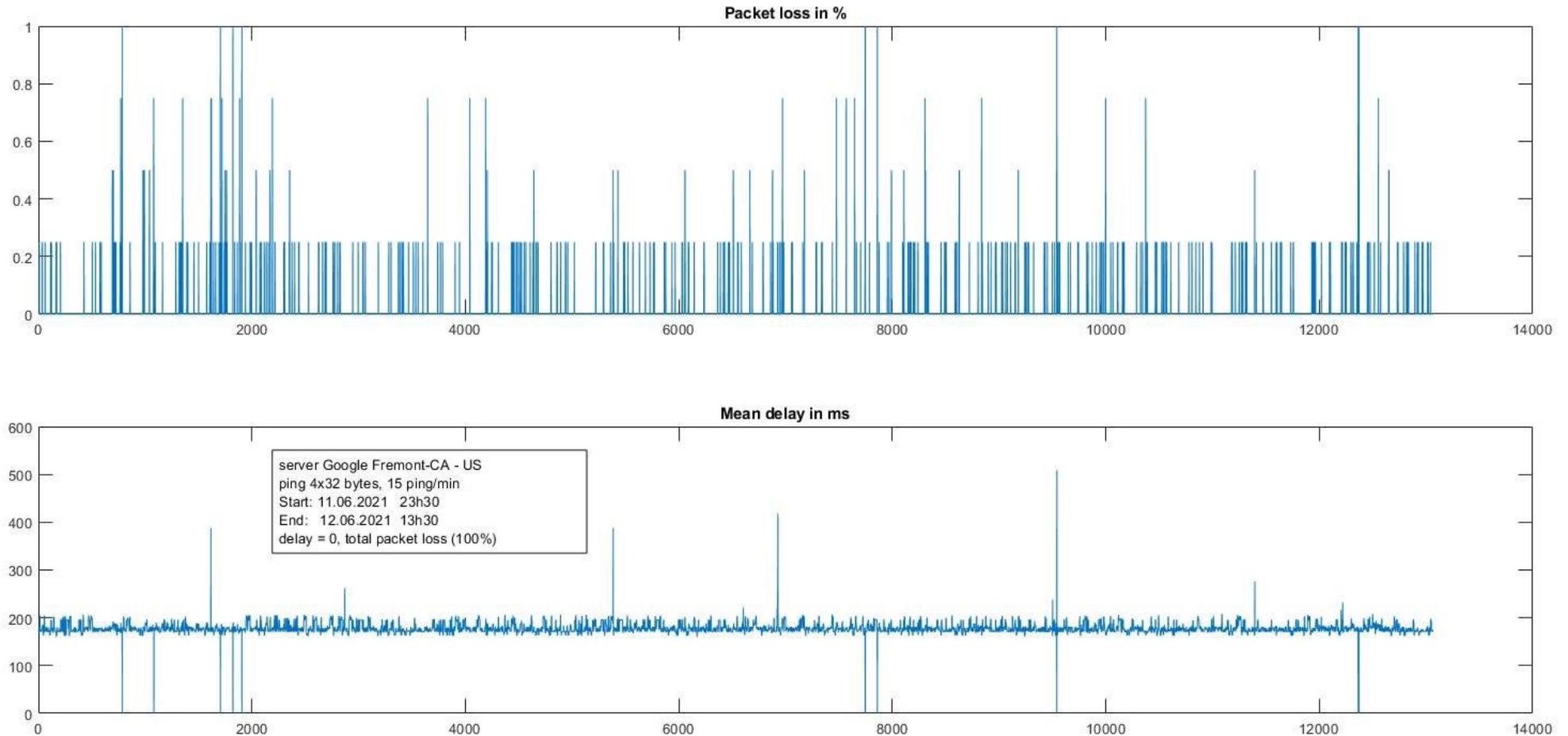
*Handover* inter-satellite optique (nouveau)

# STARLINK – Terminal terrestre



Antenne a balayage électronique (décalage de phase), 1280 éléments (antennes primaires)  
55 cm, puissance d'émission RF 4W,  
coût ~ 2500 \$

# STARLINK – Continuité du service



Mesures sur 14h : débit 30-50 Mbit/s, latence serveur en France 50 ms  
Problèmes de *hand-over* ? (*hard han-dover*)

# STARLINK / Constellations – Positionnement

Starlink espère couvrir toutes les régions du globe, à l'exception des pôles.

E. Musk : « Il y a un besoin de connectivité dans les endroits qui n'en ont pas, ou lorsqu'elle est limitée ou coûteuse »

Les constellations sont un complément à la fibre et à la 4G / 5G pour zones difficiles d'accès pour les opérateurs télécoms traditionnels - 3 % à 5 % du marché.

Systemes très complexes et chers à mettre en œuvre et à entretenir.  
Viabilité économique douteuse.