



Ce que cache la stratégie d'Elon Musk

19 Novembre 2021



claude@lemarson.com
<https://www.lemarson.com>

Sommaire

Stratégie Musk : les impacts sur le TI

- ❖ Le personnage
- ❖ La galaxie Musk
- ❖ Les satellites LEO basse altitude
- ❖ XSpace et StarLink, une autre approche satellitaire
- ❖ L'infrastructure StarLink
- ❖ Haut débit, téléphonie VoIP
- ❖ Le téléphone satellite
- ❖ Pollution de l'espace ?
- ❖ Remise en cause des FAI (ISP) et opérateurs traditionnels
- ❖ La concurrence Amazon et One Web

SpaceX est valorisé à 100 G\$ (octobre 2021) et la fortune personnelle d'Elon Musk à 276 G\$.

Elon Musk :

entrepreneur visionnaire
mégalomane
génie précurseur



Visionnaires ou pas

- ❖ Elon Musk fait partie avec Tim Berners Lee (HTML) et Vitalik Buterin (Ethereum) du trio de tête qui a profondément influencé l'évolution du TI.
- ❖ Pourquoi y vont-ils :
 - ❖ Parce qu'ils "voient" l'avenir (autisme)
 - ❖ Parce que ça les amuse
 - ❖ Parce qu'ils ont un instinct de pionnier
 - ❖ Parce qu'ils ont les moyens
 - ❖ Parce qu'ils ont un égo surdimensionné et veulent façonner l'avenir selon leurs idées
 - ❖ Parce qu'ils croient à des valeurs humanistes
 - ❖ Parce qu'ils ne sont pas "frileux" et ne craignent pas l'avenir
 - ❖ Parce qu'ils ont des intuitions
 - ❖ Parce qu'ils sont passionnés
- ❖ Ne sont pas nécessairement des grands théoriciens
- ❖ Ne s'inscrivent jamais dans un processus industriel d'évolution logique, ils inventent ou imaginent
- ❖ Elon Musk n'est pas un visionnaire, mais il ressent ce qu'il doit faire pour aller au bout d'une technologie



Elon Musk



Vitalik Buterin

Aucun de ces 3 visionnaires n'est d'origine américaine



Sir Tim Berners-Lee

La métaphore de la lampe et de la bougie

- ❖ Le paradoxe de la bougie et de la lampe
- ❖ Ce n'est pas en améliorant la bougie qu'on a inventé l'ampoule électrique
- ❖ Ne pas confondre un progrès horizontal, qui ne fait qu'intégrer des technologies qui existent déjà avec un progrès vertical qui touche aux fondements
- ❖ Progrès vertical : trouver quelque chose de nouveau, bougie, roue, feu
- ❖ Progrès horizontal : lampe, voiture, gazinière, réfrigérateur
- ❖ Les visionnaires sont ceux qui imaginent l'inimaginable, les autres ne font que transcrire un monde qui existe
- ❖ Musk est un adepte du progrès vertical, ce n'est pas un visionnaire :
 - ❖ Il croit à la voiture électrique, mais ne l'a pas inventée
 - ❖ Starlink est une évolution majeure des satellites, mais les concepts de base existaient déjà
 - ❖ OpenAI et GPT-3 est basé sur les algorithmes d'IA
 - ❖ Neuralink est du domaine de la recherche : on peut émettre toutes les hypothèses
 - ❖ Solar City : l'énergie photovoltaïque n'est pas propre à Elon Musk



Le personnage

"La première étape consiste à se convaincre que quelque chose est possible, alors il y aura plus de probabilités que cela arrive" (Elon Musk)

- ❖ Elon Musk a 50 ans, origine sud-africaine
- ❖ Il acquiert successivement les nationalités canadienne et américaine
- ❖ Après un passage en Ontario, il continue ses études aux Etats-Unis : Université de Pennsylvanie : double cursus de physique et économie
- ❖ Admis à Stanford pour un doctorat en physique énergétique, il n'y reste que ... 2 jours et se lance dans la création d'entreprises
- ❖ Procède par coups, sans nécessairement de logique : tunnels, alimentation des maisons, IA...
- ❖ Beaucoup de retards et faible cohérence entre ses initiatives
- ❖ Gros travailleur : "personne ne change le monde en travaillant seulement 40 h par semaine"
- ❖ Personnage fantasque : l'un de ses enfants s'appelle X Æ A-12, il lui arrive d'avoir quelques comportements déroutants
- ❖ Très controversé
- ❖ Imprévisible
- ❖ Dénué de complexes
- ❖ Condescendant : "I've talked to Mark about AI. His understanding of the subject is limited"...
- ❖ Trumpiste pendant 3 ans, il quitte l'entourage de Donald Trump lorsque celui-ci dénonce les accords de Paris.
- ❖ Grande peur de l'IA.



- ❖ Iron Man alias Tony Stark, héros de série TV est un personnage de fiction, milliardaire, féru de sciences et maîtrisant, voire anticipant les technologies les plus "ébouriffantes".
- ❖ PDG DE Stark Industries, il crée une intelligence artificielle d'assistance de maison, qu'il appelle J.A.R.V.I.S ("Just a Rather Very Intelligent System"). Il conçoit sa propre enveloppe métallique, qui l'augmente dans les domaines du vol, de la sécurité, de l'assistance médicale...

La galaxie Musk



Elon Musk lance Zip2 à 24 ans pour aider les médias à passer au numérique (transformation numérique ...). Zip2 est vendu à Compaq pour 307 M\$.



Compagnie d'ingénierie spatiale.



TBC est un constructeur de tunnels pour les grandes villes à circulation saturée (LA). Objectif : concevoir des tunneliers et réduction des coûts de génie civil.



X.Com est créée pour faciliter les transferts d'argent et fusionne avec Confinity pour devenir Paypal. Après son introduction en Bourse, Paypal est vendu à eBay pour 1,5 G\$.



Transport du futur, lancé en 2013. Repris par 3 compagnies. Nombreux tests dans le Nevada et expérimentation en 2020 avec des êtres humains. Objectif 2027 : plus de 1 000 Km/h, avec des capsules à lévitation magnétique, placées sous vide. Beaucoup de questions...



Solarcity est racheté en 2016 par Elon Musk (2,6 G\$). Energies renouvelables, toitures... Echec complet lié à la stratégie de Musk. Mauvais service après-vente. Longues indisponibilités. Les procès sont en cours...



Construction de véhicules électriques de haut de gamme.



Compagnie d'IA, à l'origine de GPT-3



Neuralink développe des implants cérébraux pour interagir avec le cerveau (2016). L'objectif de Musk est de fabriquer des composants à implanter pour "augmenter" le cerveau : mémoire, commandes, interaction avec l'IA



Powerwall : batterie Lithium-Ion qui stocke l'énergie, détecte les pannes de courant et devient l'alimentation principale. Recharge par panneaux solaires et heures creuses.

La galaxie Musk : partout où ça bouge...

- ❖ OpenAI : créée en 2015 avec Elon Musk (l'un des 6 fondateurs, parti en 2018 pour cause de conflit d'intérêt avec Tesla), autour de l'IA, pour "bénéficier à l'humanité". A produit GPT-3.
- ❖ Devenue une structure commerciale, OpenAI s'est rapprochée de Microsoft..., qui a le monopole d'accès à la technologie GPT-3.
- ❖ SpaceX est une société du secteur de l'aérospatial dont l'un des objectifs est de démocratiser la technologie spatiale et d'introduire le tourisme spatial.
- ❖ La compagnie se lance dans le tourisme spatial avec une première mission nommée « Inspiration4 ». Fin novembre 2020, quatre astronautes avaient été mis sur orbite avec succès par la capsule Crew Dragon de SpaceX avant de rejoindre la Station spatiale internationale.
- ❖ Elon Musk investit 50 millions de dollars dans les voitures électriques Tesla, une entreprise qu'il dirige depuis 2008.
- ❖ En 2020, Tesla écoule 499 550 voitures, contre 11 millions pour Volkswagen mais elle est la seule à s'en sortir pendant la crise sanitaire : augmentation de ses ventes de 36 % pendant que GM reculait de 12 % aux États-Unis.
- ❖ La valorisation de Tesla en Bourse franchit les 800 milliards de dollars en janvier 2021, dépassant la capitalisation combinée de Toyota, Volkswagen, General Motors, BMW et Ferrari !
- ❖ Convaincu par les monnaies cryptographiques : il permet aux clients Tesla de payer en bitcoins (la valeur du bitcoin grimpe de 15 % après cette annonce).
- ❖ Elon Musk supporte également le Dogecoin

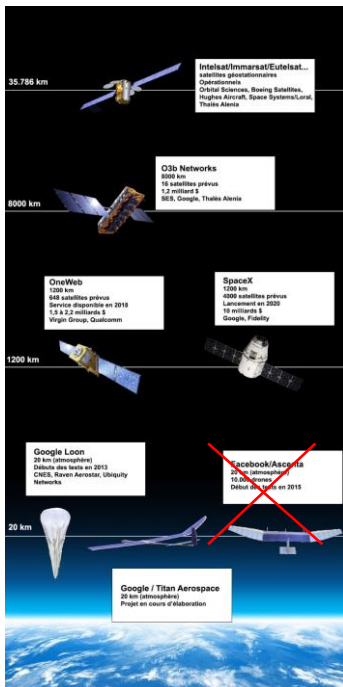


Globalement ce n'est pas une réussite et la valorisation boursière de Tesla est en décalage avec sa réalité industrielle, équivalente de celle d'Apple. La grande force d'Elon Musk, ce sont ses idées, libérées de tout complexe, qu'il lance concrètement grâce à ses moyens et à son entregent. C'est en cela qu'il pèse sur l'avenir du TI et de ses applications.

Les satellites en orbites basses et moyennes

Le vrai coup de force d'Elon Musk

- ❖ Les orbites basses
 - ❖ Fusées moins puissantes, latences plus faibles.
 - ❖ Les orbites basses, LEO : Low Earth Orbit, se situent entre 200 et 2000 km d'altitude, entre l'atmosphère terrestre et la ceinture de Van Allen, zone déjà utilisée par Iridium à 780 km et Globalstar à 1414 km, pour des satellites de télécommunications.
 - ❖ Les satellites ne sont pas géostationnaires, fixes par rapport à un point donné. Le satellite va se déplacer très rapidement par rapport à lui, le client restant en contact entre ¼ d'heure et une heure.
 - ❖ Les satellites doivent être produits à plusieurs unités...chaque jour, qu'il faut lancer à la même fréquence.
 - ❖ C'est une ère nouvelle de l'industrie spatiale qui s'ouvre, avec des satellites moins lourds (100 kg) et moins coûteux, de l'ordre de 500.000 \$, contre 200 millions pour un satellite géostationnaire.
 - ❖ **C'est le véritable apport d'Elon Musk, celui qui marquera le futur du TI**
- ❖ Pour mémoire : les orbites moyennes
 - ❖ MEO : Medium Earth Orbit, se situent entre le haut des orbites basses, soit 2.000 km et les orbites géostationnaires à 35.786 km.



Le paradoxe des orbites basses

Plus bas, plus près, plus nombreux

- ❖ Deux grandes compagnies sont sur les rangs pour occuper le créneau satellitaire que Musk a dépoussiéré, Starlink et Amazon, chacune avec des ambitions "colossales".
- ❖ Il faut qu'elles garantissent des temps d'accès courts (latence) et des débits élevés en montée et descente.
- ❖ Lancer des satellites à faible altitude ne nécessite pas des lanceurs aussi puissants, lourds et coûteux que peut l'être une fusée Ariane, par exemple : image du lanceur de pierre.
- ❖ Plus on se rapproche de la terre, plus la visibilité du satellite se réduit et plus il faut en augmenter le nombre.
- ❖ Starlink et Kuiper sont des compromis altitude – effort industriel.



XSpace et StarLink, une autre approche satellitaire : la force d'Elon Musk

- ❖ Elon Musk concentre son ambition sur l'idée de couvrir les zones blanches, partout dans le monde, une manière par conséquent d'habiller d'humanisme ce qui est une grande ambition industrielle.
- ❖ L'initiative d'Elon Musk est une tentative de "coup d'état", de prise de contrôle de l'espace pour les communications Internet et la fin du monopole des FAI. Rien de moins.
- ❖ **C'est dans ce domaine que l'influence d'Elon Musk est la plus grande : il peut révolutionner le haut débit, la téléphonie (pas seulement VoIP) avec une couverture véritablement planétaire. Ce que personne n'a réussi à faire avant lui (Wi-Fi First de Google !, Teledesic de Microsoft).**
- ❖ Objectif à long terme : la présence permanente sur Mars. Pour quoi faire ?



Suggestion : l'exoplanète Proxima Centauri b à 4,2 AL (à peine 40 000 milliards de km), dans la constellation du Centaure. Il ne faudrait que 8 760 ans pour l'atteindre (à 40 000 km/h)...

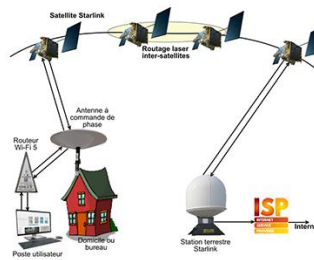
L'infrastructure StarLink

- ❖ SpaceX lance une première constellation de 12 000 satellites, qui concernent les hautes latitudes du nord des Etats-Unis et du Canada, puis 30 000 nouveaux satellites, pour couvrir l'ensemble de la planète.
- ❖ Techniquement, les satellites sont et seront placés sur plus de 70 orbites différentes, tout d'abord entre 550 et 1 325 km pour 4 400 satellites, puis en orbites plus basses, entre 335 et 346 km, pour 7 500 satellites.
- ❖ SpaceX utilise des lanceurs Falcon 9, capables de "déposer" » 60 satellites sur leur orbite, en un seul tir, chacun d'eux pesant environ 260 kg, alimentés par des panneaux solaires qui se déploient une fois les satellites en place.
- ❖ L'altitude délibérément basse induit deux caractéristiques essentielles : une latence très faible - Elon Musk espère moins de 20 ms – et une couverture réduite de la planète..



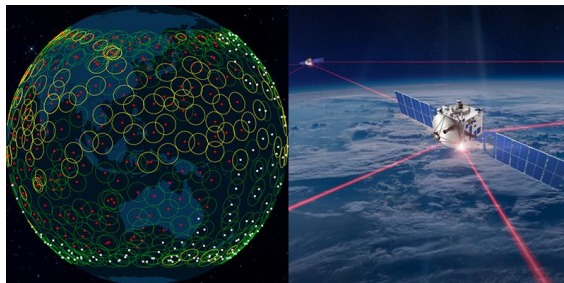
- ❖ L'utilisateur se connecte directement à Starlink par une petite antenne parabolique (30 cm de diamètre), placée sur le toit de la maison ou de l'immeuble, la machine de l'utilisateur étant connectée à l'antenne par un routeur Wi-Fi 802.11ac (l'avant-dernière norme, Wi-Fi 5). **L'important étant qu'il n'ait pas à passer par une station au sol pour atteindre son objectif.**
- ❖ Après routage, une fois arrivé à destination du satellite qui couvre à un instant donné la zone où se situe le destinataire, deux cas peuvent se présenter.
- ❖ Soit le propriétaire du serveur est lui-même client de Starlink et il est doté d'une antenne de réception, soit ce n'est pas le cas et SpaceX aura prévu des stations terrestres, qui vont récupérer le signal du satellite pour l'acheminer au serveur, par des passerelles, comme tous les FAI.
- ❖ Pour cela SpaceX doit demander une autorisation pour installer ses stations, ce que de nombreux pays vont lui refuser (Chine, Russie, certains pays européens).
- ❖ L'autre solution consiste à ce que les FAI soient compatibles avec Starlink, avec des contrats de type "peering".
- ❖ Pour l'instant SpaceX a obtenu le droit d'installer quelques stations terrestres aux Etats-Unis et dans d'autres pays, de grosses boules blanches, ainsi que 4 millions d'antennes paraboliques.
- ❖ Dans ce schéma, c'est surtout les liaisons laser qui inquiètent, pour lesquelles SpaceX manque d'expérience.
- ❖ Les premiers essais se sont avérés concluants et les débits effectivement rassurants. Mais on est encore loin des couvertures définitives.

L'infrastructure StarLink



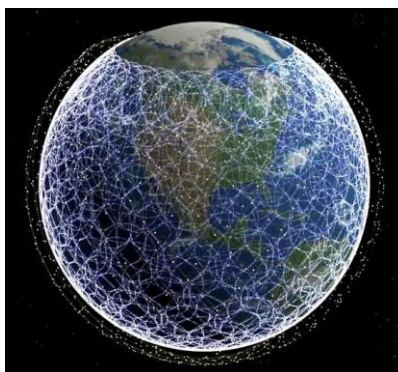
Starlink : l'inconnue du routage laser

- ❖ Les altitudes atteintes par Starlink ne permettent pas aux satellites de voir autre chose qu'un "morceau" limité de la planète.
- ❖ Pour communiquer et transférer des fichiers, l'utilisateur devra passer soit par des stations au sol, soit par une série de satellites intermédiaires, pour en atteindre un qui "verra" la cible.
- ❖ Dans ce cas, ce sont les satellites qui effectueront le routage, les données étant acheminées d'un satellite à l'autre, sans passer par des stations au sol, directement par des liaisons laser.
- ❖ C'est l'une des grandes incertitudes de Starlink, qui n'a pas encore été testée en vraie grandeur.
- ❖ Concrètement, les satellites auront en permanence le "visuel" sur quatre satellites proches, avec lesquels ils seront en connexion laser constante.
- ❖ Grâce à un plan de routage géré par l'infrastructure Starlink, les données "sauteront" de satellite en satellite, pour atteindre leur destination, à vitesse élevée.



Remise en cause des FAI (ISP) et opérateurs traditionnels

- ❖ Starlink et Amazon vont-ils "tuer" les fournisseurs d'accès Internet, comme Skype l'a fait avec le téléphone et s'installer durablement en phagocytant une part importante du marché, en complément des opérateurs cellulaires 4 et 5G.
- ❖ Compte tenu des choix effectués, de routage inter-satellites par laser et d'équipements autorisés au sol, Starlink pourrait prendre en charge la totalité de l'acheminement des communications cellulaires.
- ❖ Toutefois : Starlink émet sur deux bandes Ka et Ku, qui ne sont pas utilisables pour le cellulaire, autrement que pour empaqueter les trames.
 - ❖ Ka se situe entre les bandes K et Q, entre 26,5 et 40 GHz et constitue le cœur de fréquences de Starlink : de 27,5 à 31 GHz en émission et de 17,3 à 21,2 GHz, en réception.
 - ❖ Ku va de 12 à 18 GHz, une bande généralement utilisée par la télévision satellitaire.
- ❖ Les telcos n'ont pas à craindre (pour l'instant) de concurrence "déloyale" de la part de SpaceX, autrement que par le biais de la VoIP. Avec des débits de l'ordre de 100 Mbps en réception, il est capable de faire passer du streaming, de la VoIP et plusieurs autres services simultanément. 100 Mbps étant la limite basse, les objectifs de Starlink étant de 1 Gbps.
- ❖ On sera donc dans le même contexte qu'entre les FAI et les telcos, qui se sont partagé le marché sans recouvrement, ni affrontement commercial.



3 usages possibles de Starlink pour le cellulaire :

- ❖ En tant que backbone de réseaux existants
- ❖ En tant que prestataire direct, avec des téléphones rebus techniquement et à la baisse
- ❖ En tant que routage de complément pour les FAI

Le téléphone satellitaire

- ❖ Peut constituer l'avenir des réseaux téléphoniques
- ❖ N'ont pas besoin des FAI et se connectent directement aux satellites
- ❖ Existents depuis 1989 (Motorola), pour les clients non couverts par les réseaux cellulaires classiques
- ❖ Peuvent fonctionner avec des LEO ou des satellites géostationnaires
- ❖ Le signal téléphonique est acheminé vers une station passerelle au sol qui sert d'interface avec les réseaux cellulaires et fixes
- ❖ Iridium, Immarsat, Globastar, Thuraya
- ❖ Coûts très élevés : entre 800 et 2 000 \$
- ❖ Avantages :
 - ❖ Opérationnels partout, dans les zones montagneuses, en mer, dans le désert
 - ❖ Robustes et fiables, résistent aux chocs et températures extrêmes
 - ❖ Peuvent envoyer des SMS, transmettre des documents et se connecter à Internet
 - ❖ Indépendants des opérateurs cellulaires au sol

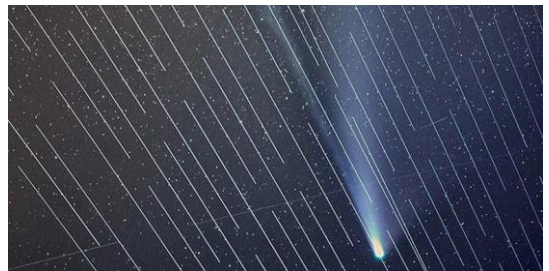


L'impact réel d'Elon Musk sur le TI

15 / 20

Pollution de l'espace ?

- ❖ Encombrement de l'espace par une multitude de satellites qu'il devient difficile de distinguer des étoiles (astrophysiciens).
- ❖ C'est le "satellite fare" ou "satellite glint" (reflet), lié au fait que certaines parties des satellites sont très réfléchissantes, comme les panneaux solaires et les antennes et sont perçues à l'œil nu par les observateurs.
- ❖ Le phénomène est très spectaculaire après le lancement des trains de satellites, lorsque ceux-ci sont en route vers leur orbite propre et apparaissent comme un train, très visible depuis la terre.
- ❖ Phénomène d'autant plus gênant que les astronomes prennent des photos avec des temps de pose élevés, supérieurs au quart d'heure et que les satellites polluent gravement leurs clichés.
- ❖ Pollution par les épaves, nombreuses et difficiles à éviter. Le temps nécessaire pour qu'elles viennent se "frotter" aux couches denses de l'atmosphère pouvant être de plusieurs années. Certains scientifiques avancent même l'idée qu'avant dix ans, un satellite aura une chance sur deux de rencontrer un tel "encombrant"...

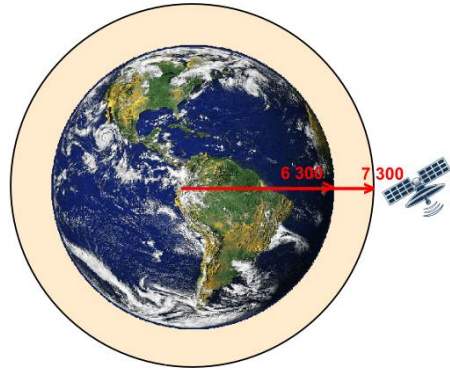


L'impact réel d'Elon Musk sur le TI

16 / 20

Embouteillage : il faut raison garder

- ❖ L'embouteillage spatial n'est pas pour demain
- ❖ Il n'y a actuellement que 2 000 satellites en activité, auxquels on pourra ajouter les 42 000 que prévoit SpaceX, les 3300 de Kuiper, plus 5 000 si on cumule tous les projets qui fleurissent un peu partout.
- ❖ Total d'environ 53 000 satellites.
- ❖ Si on suppose que ces satellites sont répartis de manière équidistante dans l'espace, ce qui peut servir d'hypothèse et que l'on prend une sphère de 7 300 km de rayon (le rayon de la terre, plus l'altitude moyenne des satellites SEO), il suffit de calculer la surface de cette sphère ($4\pi R^2$), soit un peu plus de 670 millions de km^2 .
- ❖ On s'aperçoit que chaque satellite disposera d'environ 12 600 km^2 , pour "faire son travail", soit un carré de 110 km de côté. Ce n'est pas gigantesque, voire faible, mais ce n'est pas non plus Manhattan ou Paris, aux heures de pointe...
- ❖ Le même calcul effectué à 600 km, donne 104 km de côté. On reste dans le même ordre de grandeur.



$$4\pi R^2 = 670 \text{ millions km}^2$$

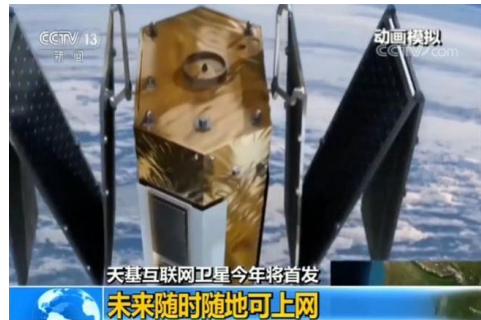
La concurrence

- ❖ OneWeb est dû à Richard Branson (Virgin), associé avec Qualcomm et Greg Wyler, pour couvrir toutes les zones blanches de la planète. OneWeb devait démarrer en 2018 et il était prévu une constellation de 648 satellites à 1200 km
 - ❖ La latence devrait être de 50 ms, soit proche de celle d'une connexion filaire au sol.
 - ❖ Grosses difficultés : repris par le gouvernement britannique et l'industriel indien Bharti.
- ❖ Jeff Bezos et le projet Kuiper, validé par la FCC pour 3 236 satellites.
 - ❖ Kuiper devrait lancer les satellites en cinq phases et les positionner sur trois altitudes : 590, 610 et 630 km.
 - ❖ Kuiper ne sera pas opérationnel avant 2029, deux ans après que Starlink se soit déployé en configuration finale. Lui-aussi vise l'accès Internet à haut débit pour les zones faiblement servies, mais annonce dès le départ, qu'il sera aussi "une poire pour la soif" pour les telcos cellulaires 5G qui voudraient s'étendre à moindres frais.



La concurrence

- ❖ Les chinois ont démarré leur propre projet LEO, Hongyun et ont procédé aux premiers essais avec un satellite de 247 kg placé en orbite à 1 100 km du sol. A terme, il devrait comporter 156 satellites.
- ❖ Les russes disposent déjà de Glonass pour la géolocalisation et ont multiplié les partenariats, en particulier avec les européens, pour proposer leurs fusées et stations de tir. Ils ne laisseront pas passer l'opportunité d'être présents sur les constellations LEO. Le projet Sfera pourrait être leur cheval de Troie, qui devrait comporter 600 satellites.
- ❖ Le Telesat canadien est du même ordre avec 292 satellites SEO entre 1 000 et 1 350 km, dotés de liaisons laser inter-satellites pour un accès Internet à haut débit et une latence courte, prévue entre 30 et 50 ms. Voir le projet Leosat, qui devrait comporter 108 satellites, eux-aussi interconnectés par des liens laser, mais avec une latence élevée, de 120 ms.



Il faut rendre à César...
Musk a pris l'initiative des réseaux LEO
Tout le monde suit... la concurrence sera rude

Ce que cache la stratégie d'Elon Musk

19 Novembre 2021

Nos prochains webinaires

Vendredi 3 Décembre 2021 : Les incroyables progrès des neurosciences
Vendredi 17 décembre 2021 : Le poste de travail Linux, une réalité incontournable
Jeudi 30 décembre 2021 : Le bilan d'une année riche en émotions

et plateaux

Vendredi 10 décembre 2021 : Travail à distance, allons-nous tous devenir fous ?

claude@lemarson.com
<https://www.lemarson.com>

L'impact réel d'Elon Musk sur le TI

20 / 20