

Télécommunications sur la Lune et la planète Mars

Roger Coudé
VE2DBE
Ingénieur en télécommunications
« à la retraite »

Et...

Comment cette démarche m'a conduit
involontairement à prouver que les
hommes sont vraiment allé sur la lune!

Les grands héros de la radio



Coulomb



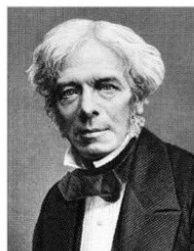
Ampère



Fourier



Gauss



Faraday



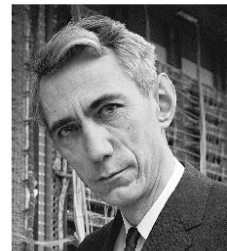
Maxwell



Marconi



Braun



Shannon

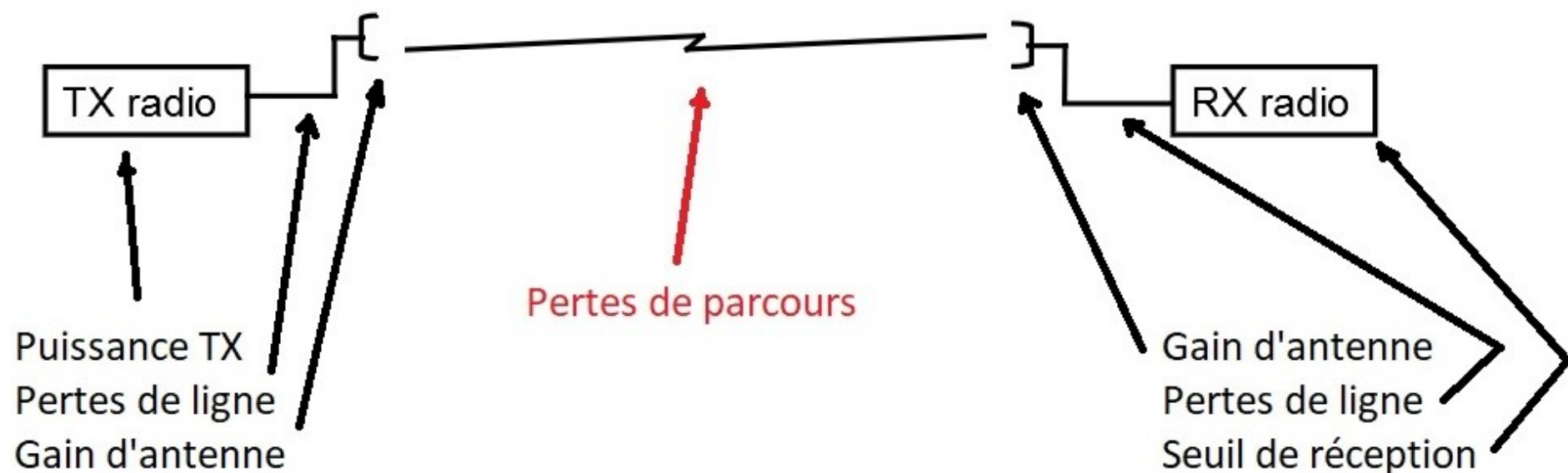
James Maxwell formula les équations unifiant électricité et magnétisme à partir des travaux de Coulomb, Ampère, Gauss et Faraday. C'est la naissance de l'électromagnétisme. Il en déduit la propagation des ondes radio de façon théorique.

Karl Ferdinand Braun et Guglielmo Marconi obtiennent le prix Nobel pour la télégraphie sans fil par la diffusion des ondes radio telle que prédite par Maxwell.

Claude Shannon explique la nature du canal radio par le rapport signal/bruit.

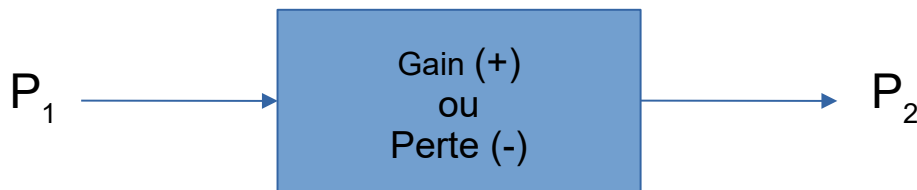
La transformée de Joseph Fourier, lui même instruit par Lagrange, Monge et Laplace en 1775, est au coeur de la radio moderne.

Budget d'une liaison radio



Le décibel

Remplace les multiplications par des additions pour faciliter le calcul du bilan d'une liaison radio.



$$1 \text{ bel} = \log_{10} (P_2 / P_1)$$

$$1 \text{ décibel} = 10 * \log_{10} (P_2 / P_1)$$

Calcul du signal reçu (dBm)

Signal reçu (dBm) =

Puissance émise (dBm)

- Pertes de ligne de transmission Tx (dB)

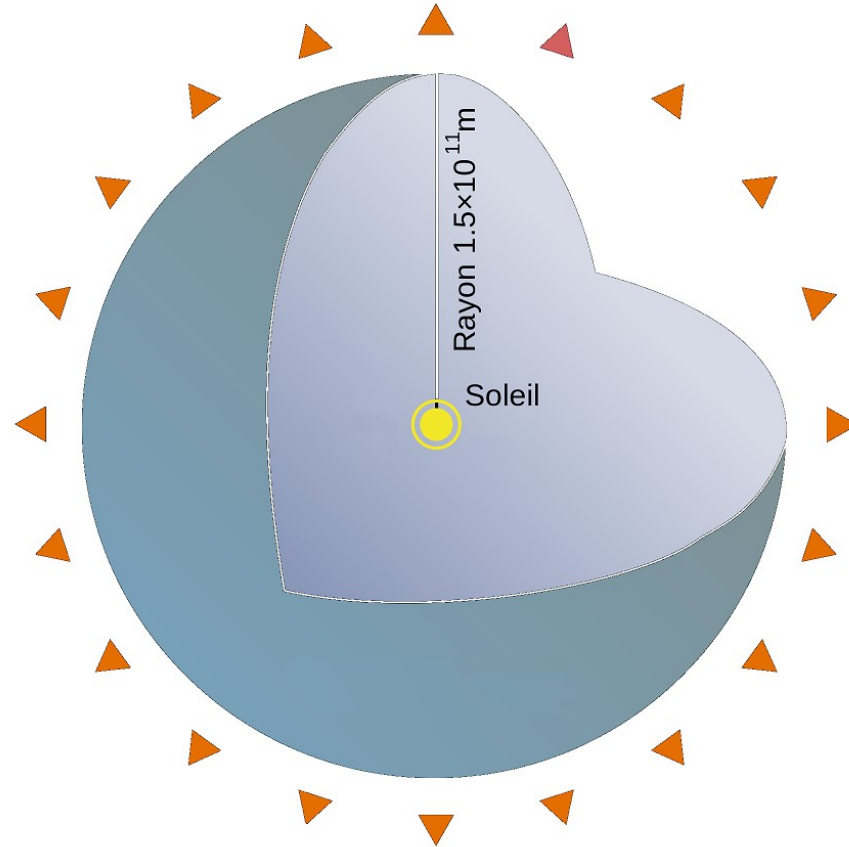
+ Gain d'antenne Tx (dB)

- Pertes de parcours (dB)

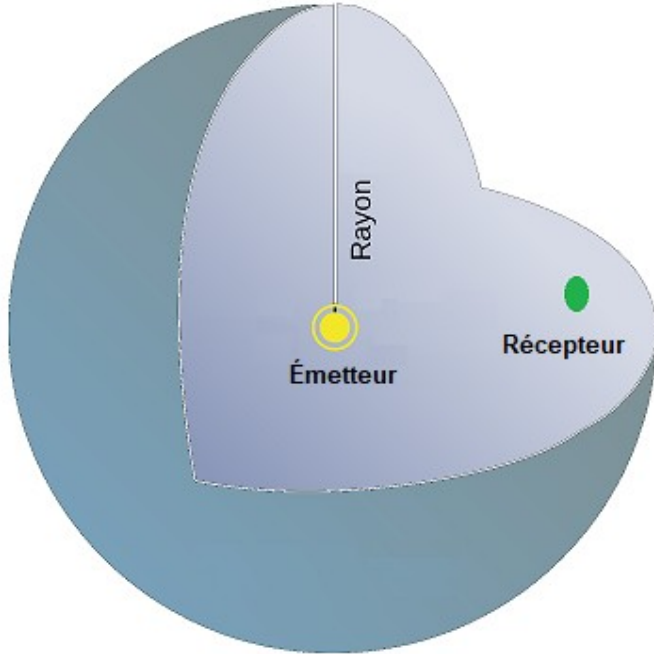
+ Gain d'antenne Rx (dB)

- Pertes de ligne Rx (dB)

Sphère de Dyson



Espace libre



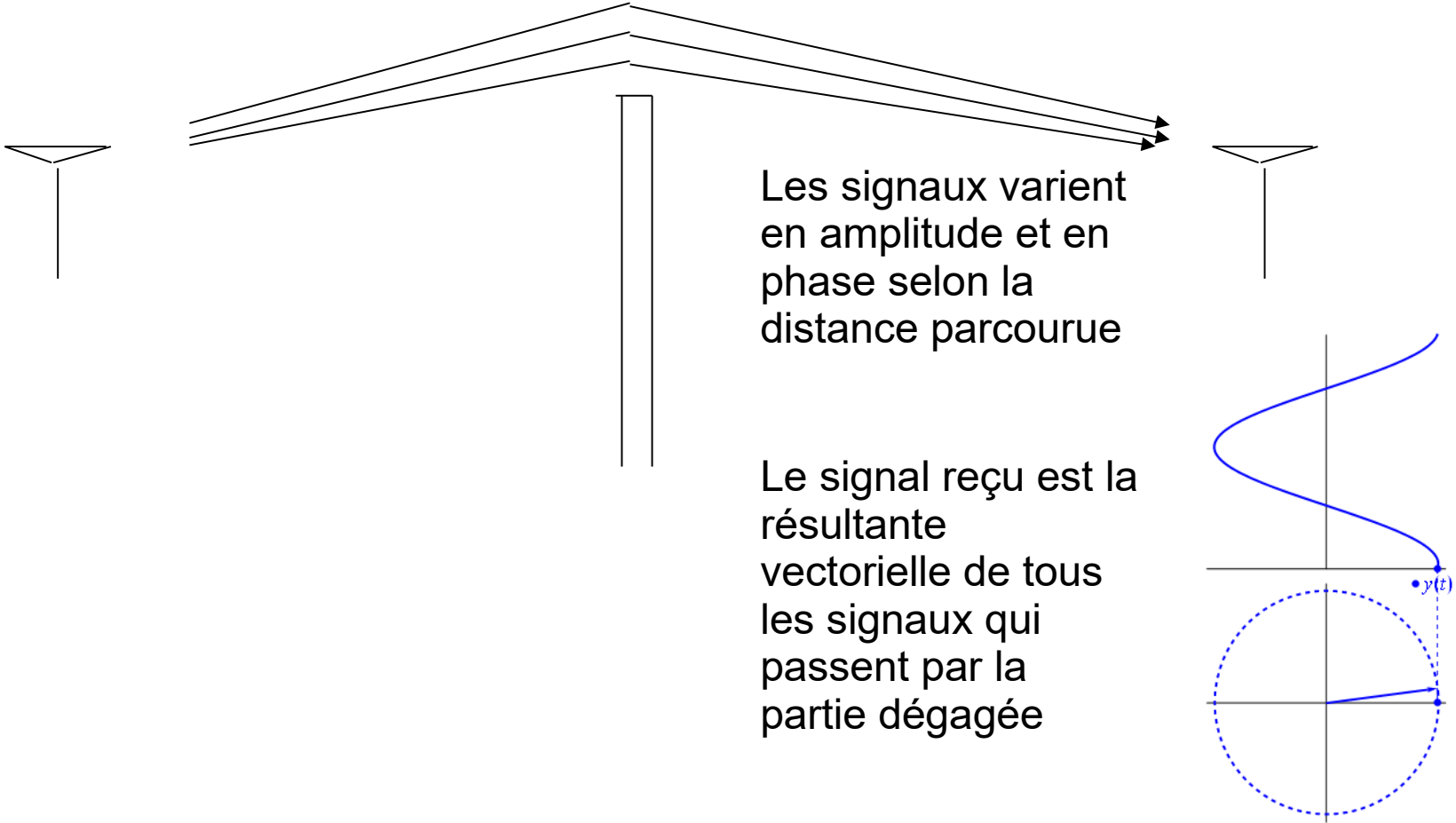
$$S = P \frac{A}{4\pi R^2}$$

S = Puissance reçue

P = Puissance Tx

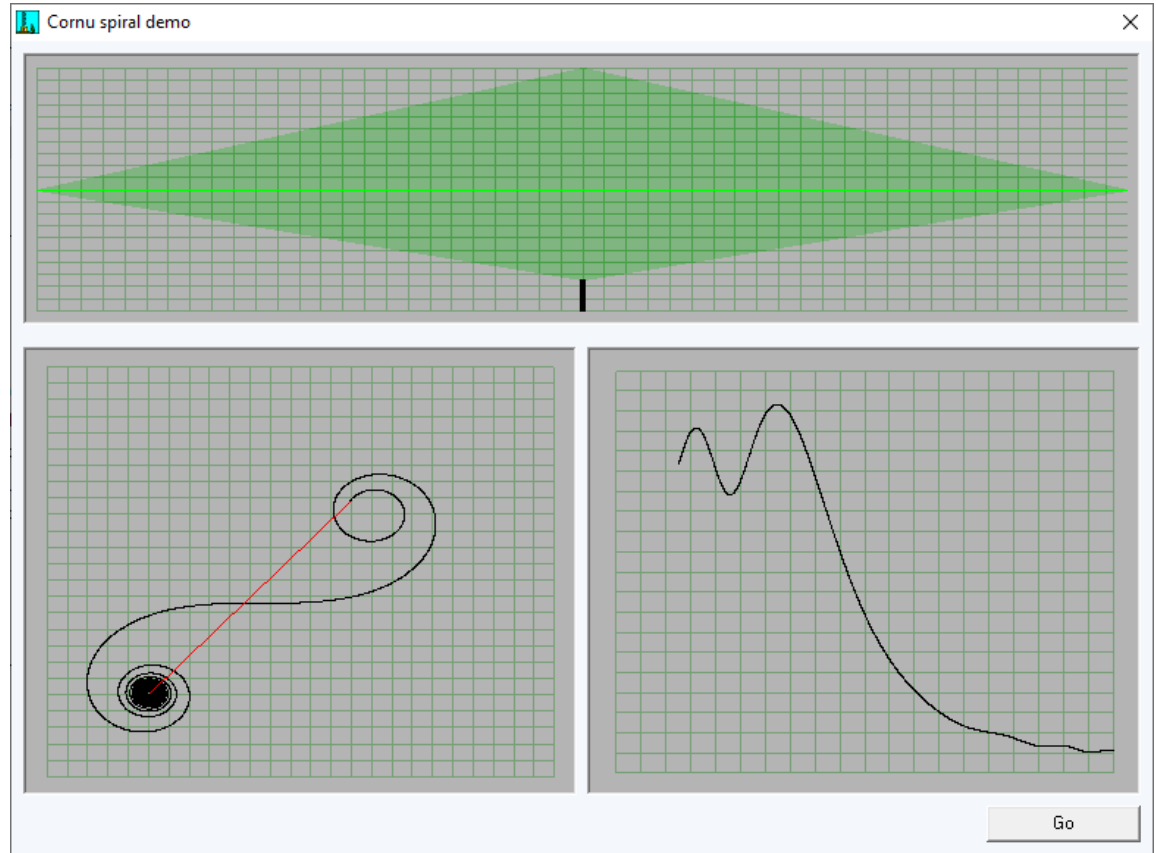
A = Surface de l'antenne Rx

Zones de Fresnel – Obstruction par un mur



Zones de Fresnel – Obstruction par un mur

Spirale de Cornu
Démonstration :
cornu.exe

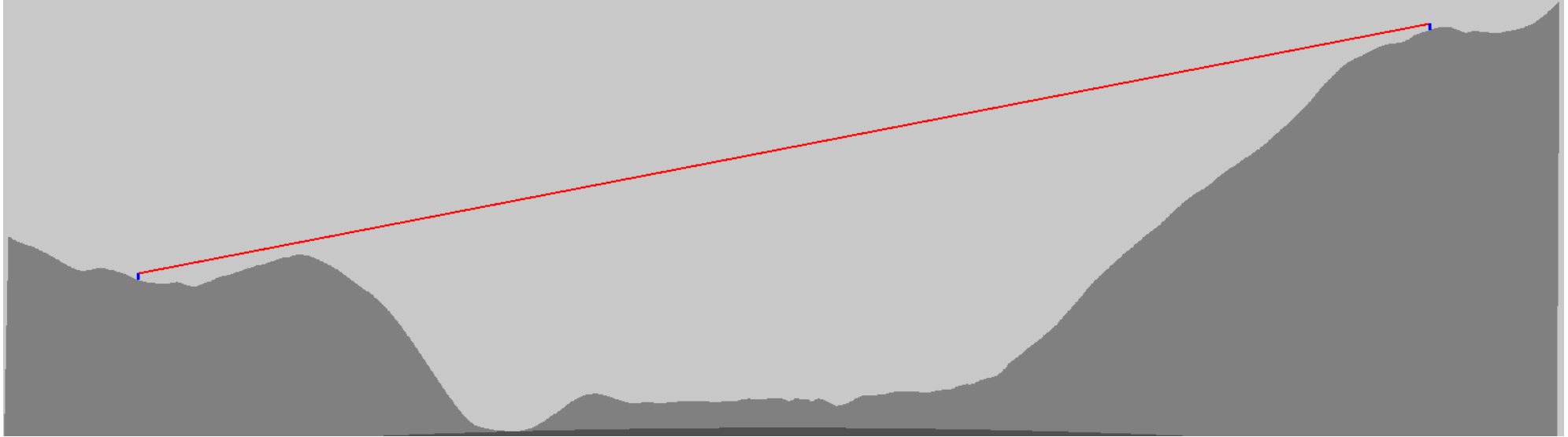


Cas typique 1 – Ligne de vue

Site 1
Latitude(°) = -88.6
Longitude(°) = 0
Altitude du sol(m) = -1265.3
Hauteur de l'antenne(m) = 100
Azimut de l'antenne(°) = 0
Angle d'élévation de l'antenne(°) = 2.21

Distance(km) = 66.848
Fréquence(MHz) = 500
Gain de Système(dB) = 140
Perte d'Espace libre(dB) = 122.92
Perte d'obstruction(dB) = 0(0)
Marge au seuil(dB) = 17.08
Note: cete prédiction pourrait être optimiste

Site 2
Latitude(°) = -86.4
Longitude(°) = 0
Altitude du sol(m) = 2595.1
Hauteur de l'antenne(m) = 100
Azimut de l'antenne(°) = 180
Angle d'élévation de l'antenne(°) = -4.41

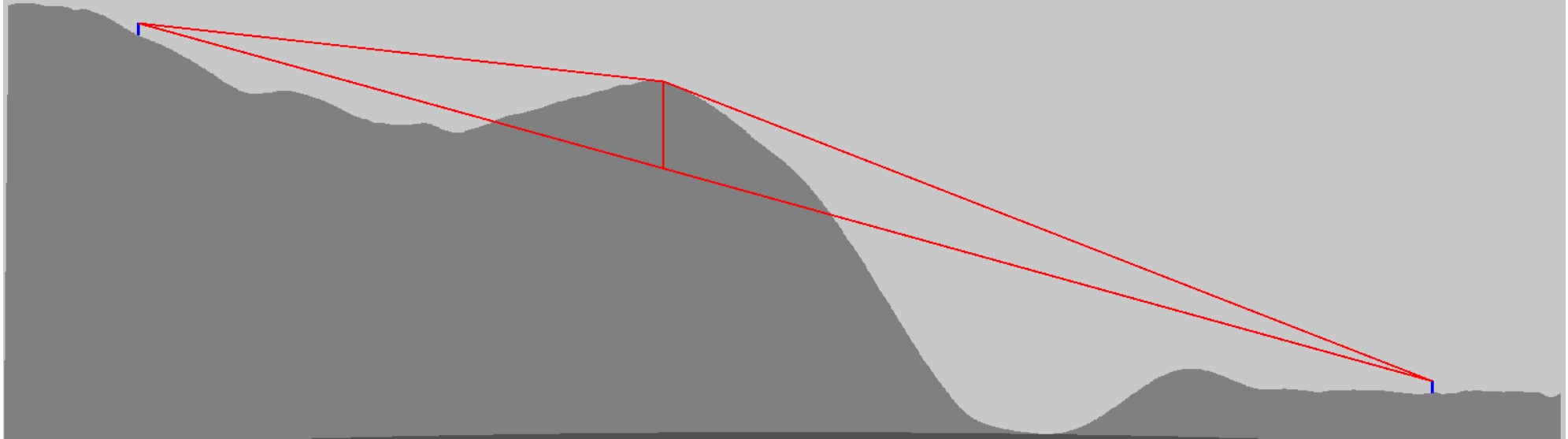


Cas typique 2 – Obstruction simple horizon

Site 1
Latitude(°) = -88.8
Longitude(°) = 0
Altitude du sol(m) = -561.2
Hauteur de l'antenne(m) = 100
Azimut de l'antenne(°) = 0
Angle d'élévation de l'antenne(°) = -5.163

Distance(km) = 36.463
Fréquence(MHz) = 500
Gain de Système(dB) = 140
Perte d'Espace libre(dB) = 117.66
Perte d'obstruction(dB) = 36.7(0.02)
Marge au seuil(dB) = -14.36
Note: cete prédiction pourrait être optimiste

Site 2
Latitude(°) = -87.6
Longitude(°) = 0
Altitude du sol(m) = -3462.1
Hauteur de l'antenne(m) = 100
Azimut de l'antenne(°) = 180
Angle d'élévation de l'antenne(°) = 3.963

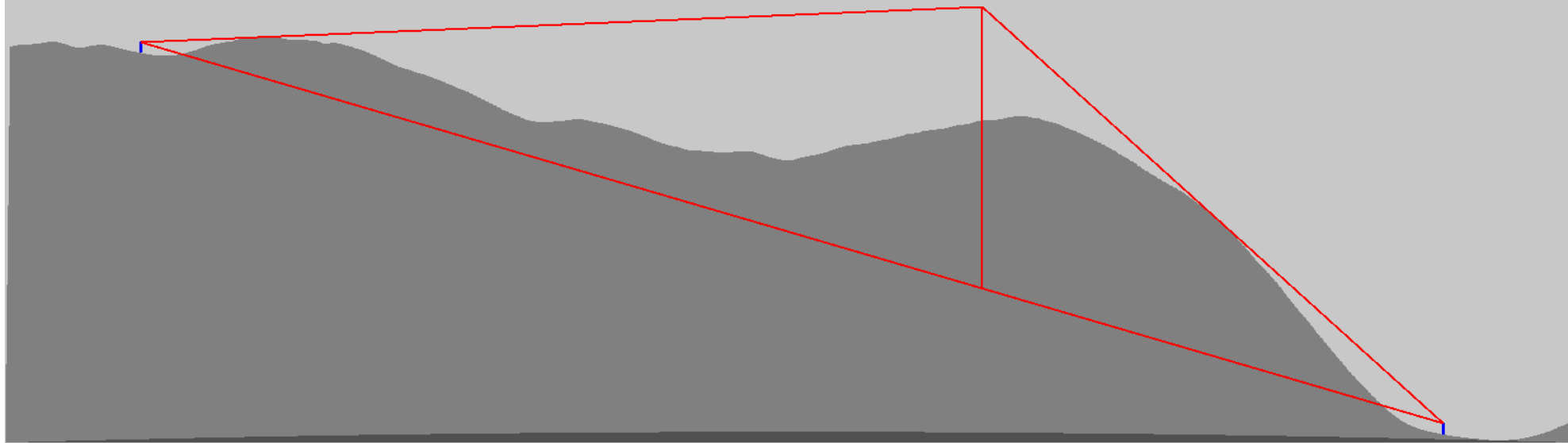


Cas typique 3 – Obstruction double horizon

Site 1
Latitude(°) = -89
Longitude(°) = 0
Altitude du sol(m) = -386.5
Hauteur de l'antenne(m) = 100
Azimut de l'antenne(°) = 0
Angle d'élévation de l'antenne(°) = -6.986

Distance(km) = 30.483
Fréquence(MHz) = 500
Gain de Système(dB) = 140
Perte d'Espace libre(dB) = 116.1
Perte d'obstruction(dB) = 108.38(0.74)
Marge au seuil(dB) = -84.48
Note: cete prédiction pourrait être optimiste

Site 2
Latitude(°) = -88
Longitude(°) = 0
Altitude du sol(m) = -3830
Hauteur de l'antenne(m) = 100
Azimut de l'antenne(°) = 180
Angle d'élévation de l'antenne(°) = 5.986



[Home](#)[About](#)[Multimedia](#)[Science/Data](#)[Outreach](#)

Lunar Reconnaissance Orbiter

LRO Data Products

The LRO instrument teams have produced a number of higher level data products (maps, derived parameters, mosaics).

Here we provide links to these products:

The overall LRO PDS archive can be accessed here

LROC RDR Products (Global Products, Polar Products, Regional Products, Shapefile Products, Topographic Products)

Diviner (Reduced Products, Global Data Products, Polar Resource Products)

Mini-RF Global Mosaics

LAMP Products (Albedo, Brightness, Photons, On-Off Band Ratio)



Goddard

CONTACT

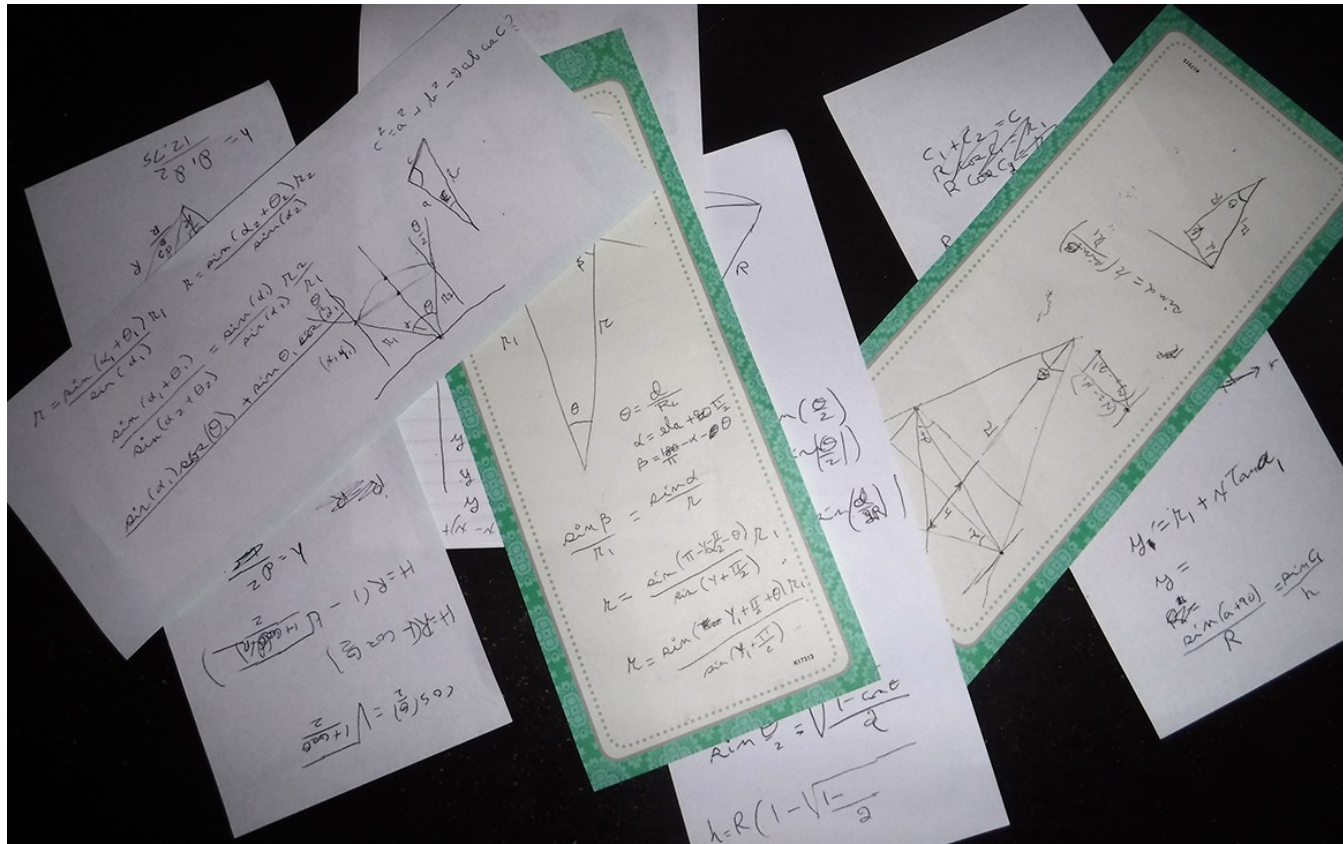
NASA Official : [Noah Petro](#)
Web Curator : [Jennifer Brill](#)



À faire ...

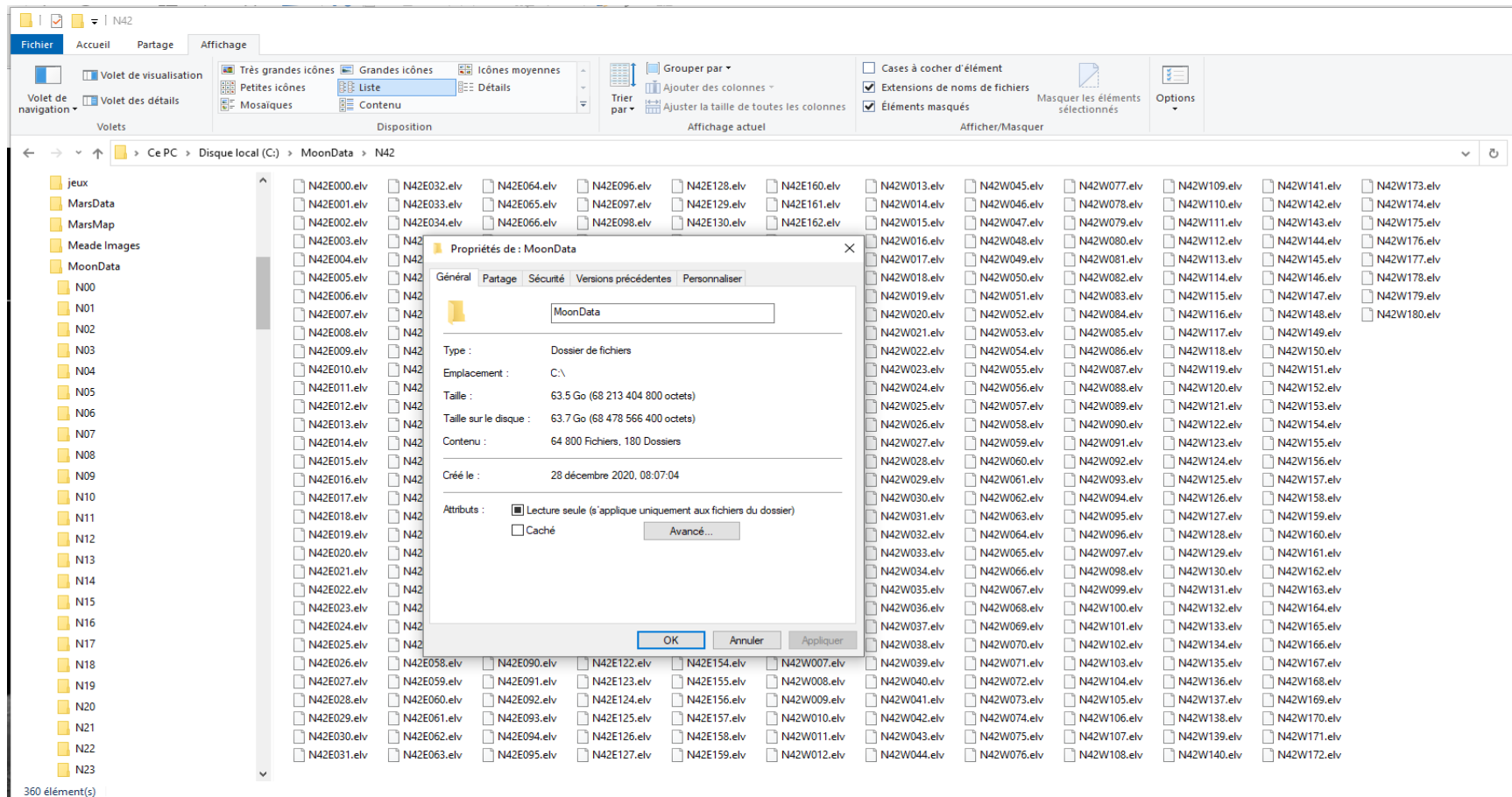
- Télécharger d'énormes fichiers de la NASA
- Étudier les spécifications de ces fichiers
- Transformer les coordonnées
- Extraire les altitudes
- Générer une base de données 3D cohérente
- Extraire des profils à partir de la base de données
- Créer des images du relief lunaire à partir de ces données pour OpenLayers
- Créer des images de couverture visuelle
- Mettre tout ça accessible sur une page web intuitive : html, .aspx, javascript

Bien des calculs...

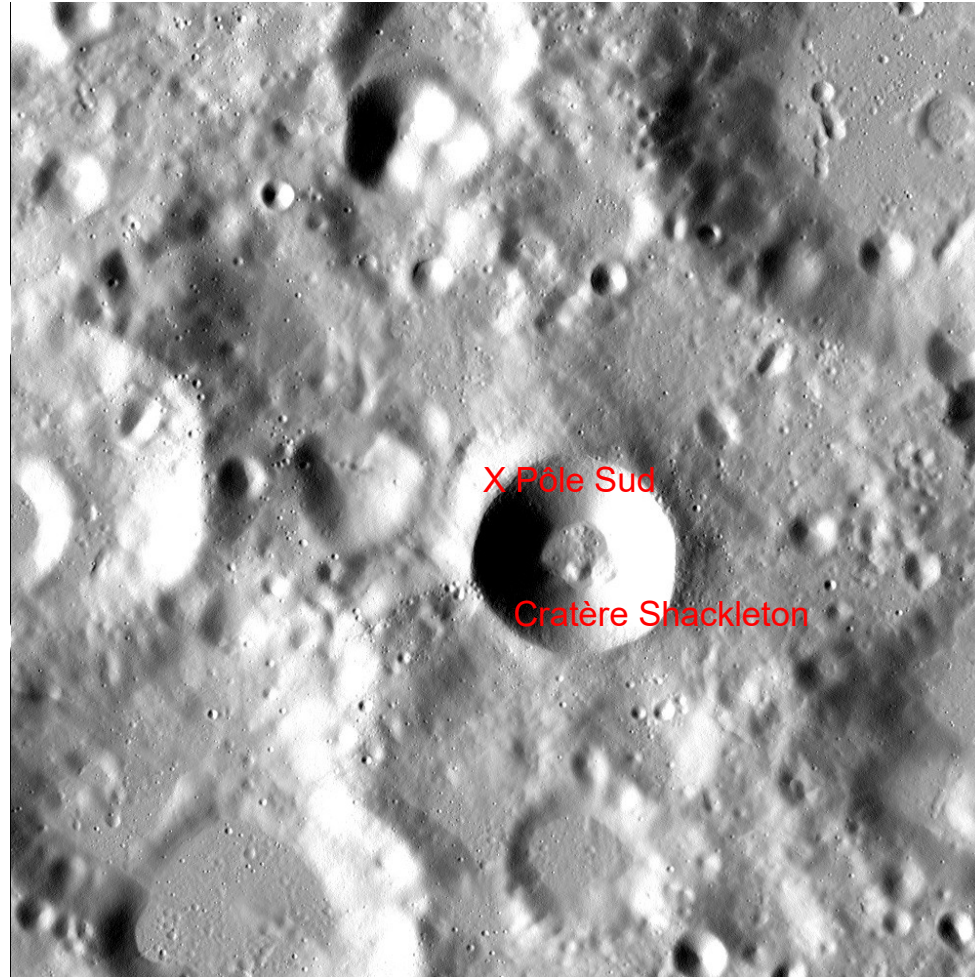


Base de données cohérente pour l'ensemble de la lune

À partir des données équatoriales et polaires de la NASA (~ 50m)

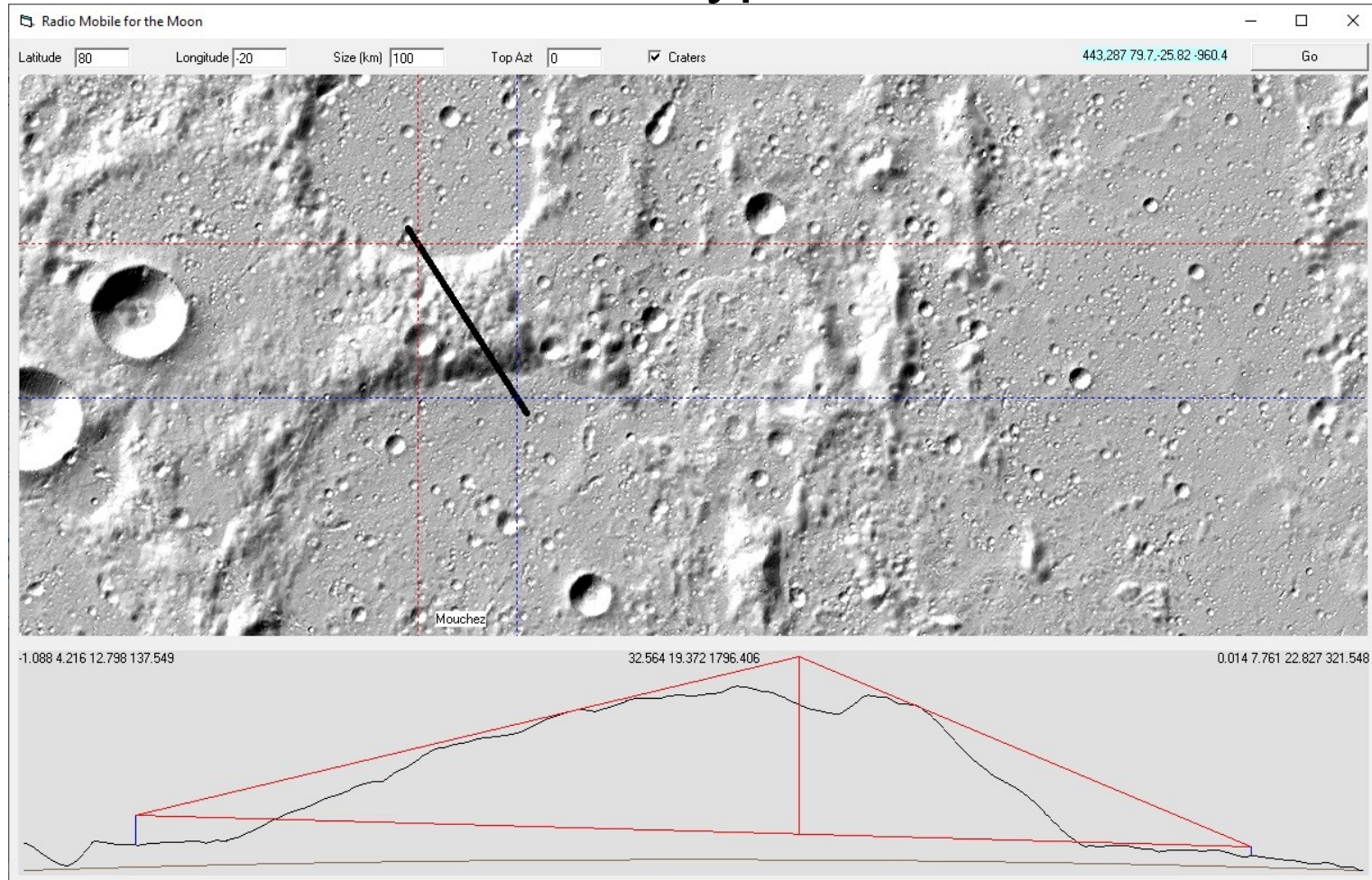


Données 3D du sol lunaire



Vers la Terre

Prototype



Intégration des calculs de propagation

Perte par Espace libre: $A(\text{dB}) = 32,45 \text{ dB} + 20 \cdot \log_{10}[\text{fréquence (MHz)}] + 20 \cdot \log_{10} [\text{distance (km)}]$

Perte par obstruction:

$$g_{diff}(\text{dB}) = \begin{cases} 0 & v \leq -1 \\ 20 \log(0.5 - 0.62v) & -1 \leq v \leq 0 \\ 20 \log(0.5 \exp(-0.95v)) & 0 \leq v \leq 1 \\ 20 \log(0.4 - \sqrt{0.1184 - (0.38 - 0.1v)^2}) & 1 \leq v \leq 2.4 \\ 20 \log\left(\frac{0.225}{v}\right) & v > 2.4 \end{cases}$$

A plot of g_{diff} and the approximation is plotted below.

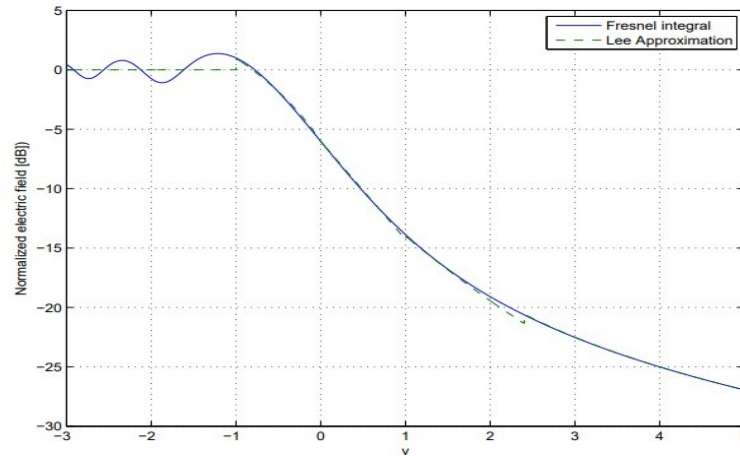
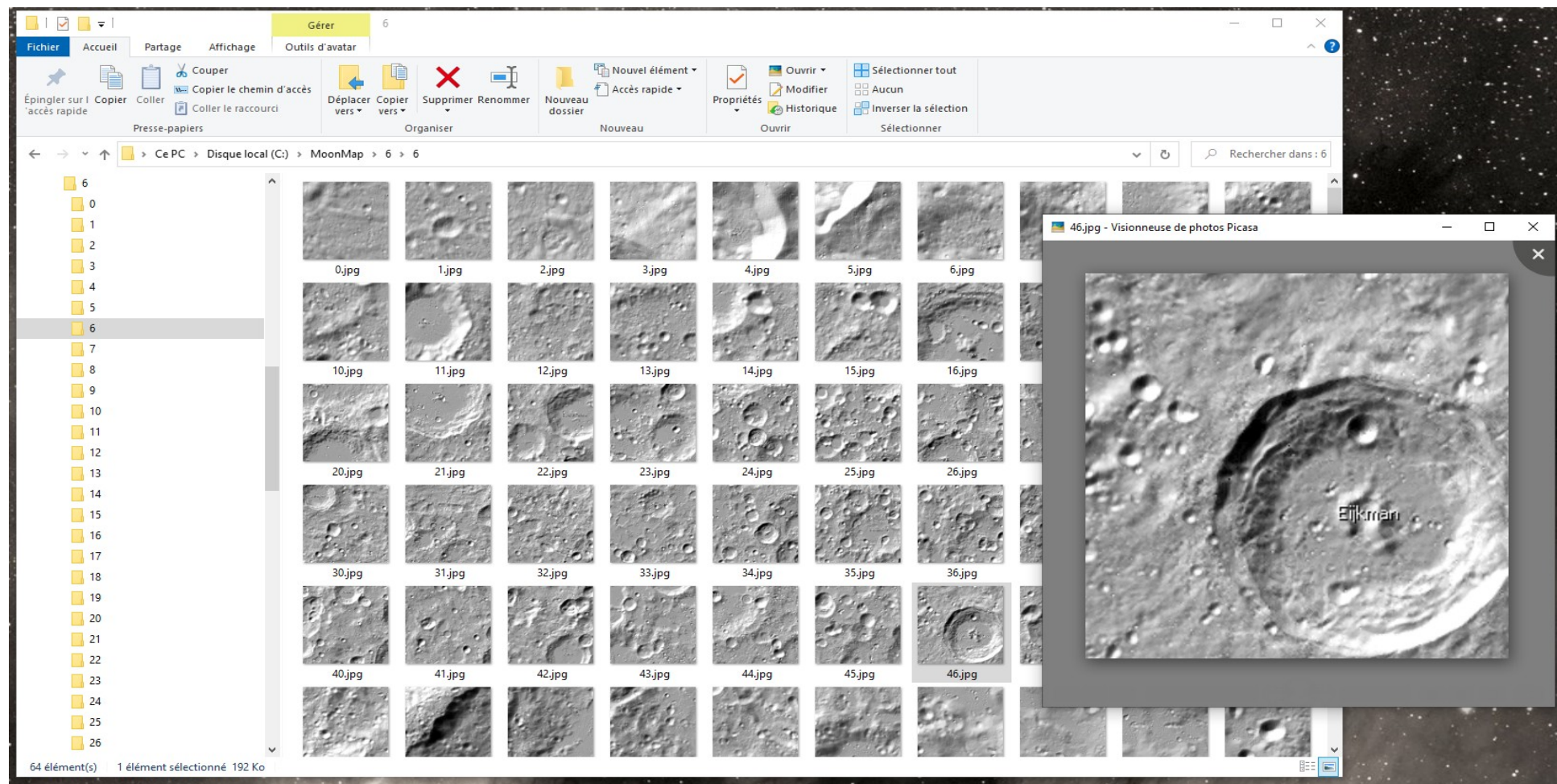
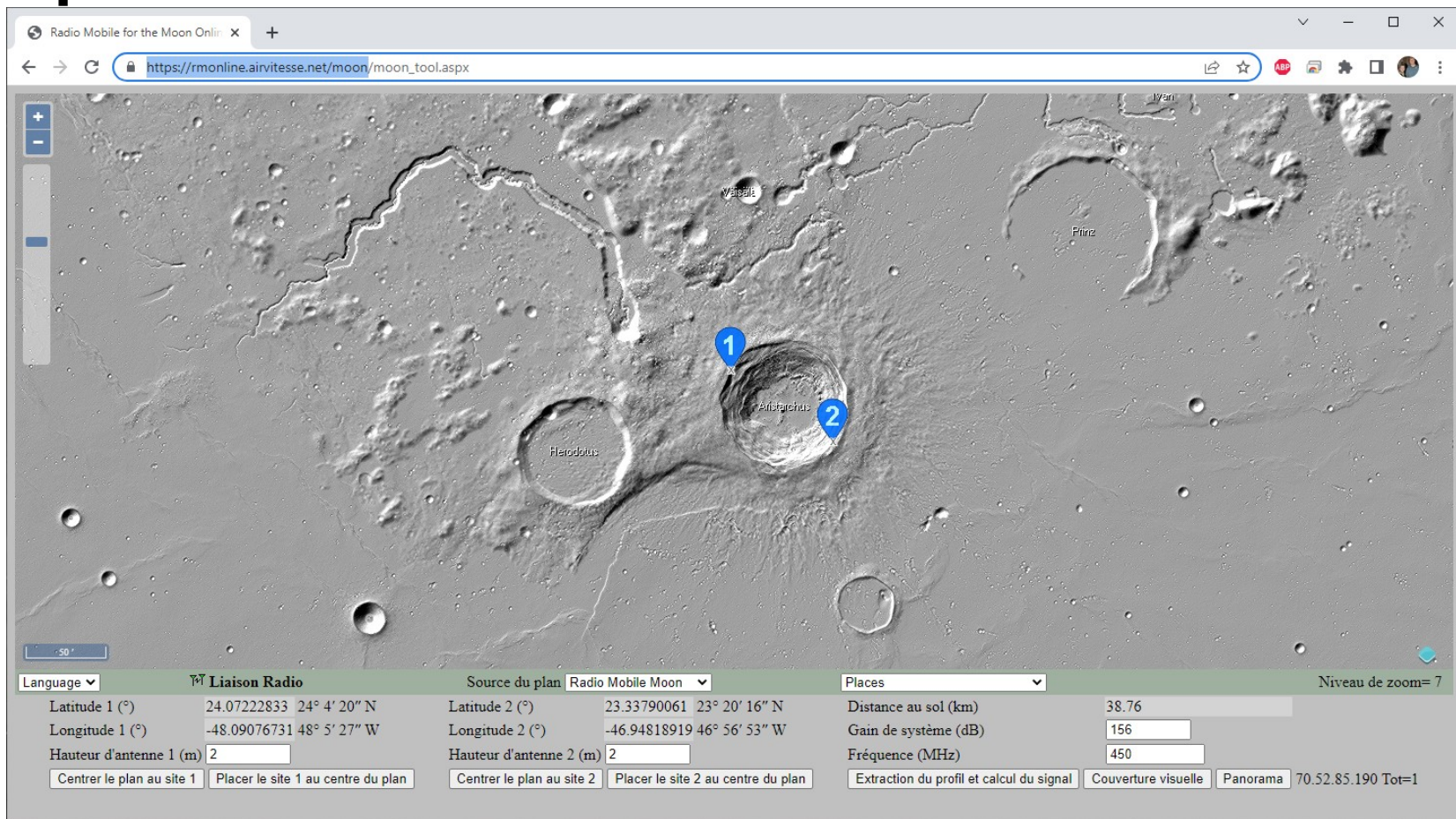


Figure 5: Diffraction gain as a function of v

Tuiles pour affichage de fond de carte sous Open Layers

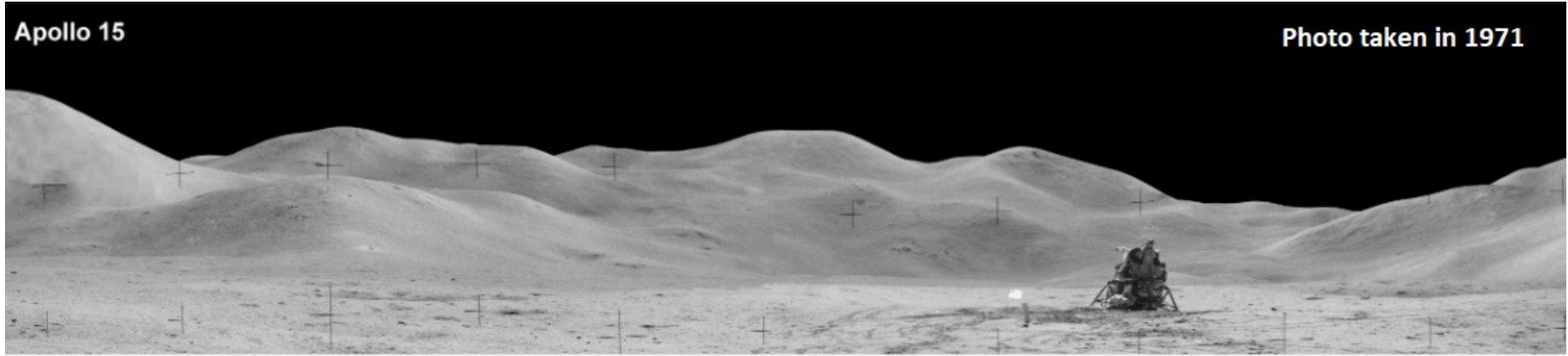


<https://rmonline.airvitesse.net/moon>

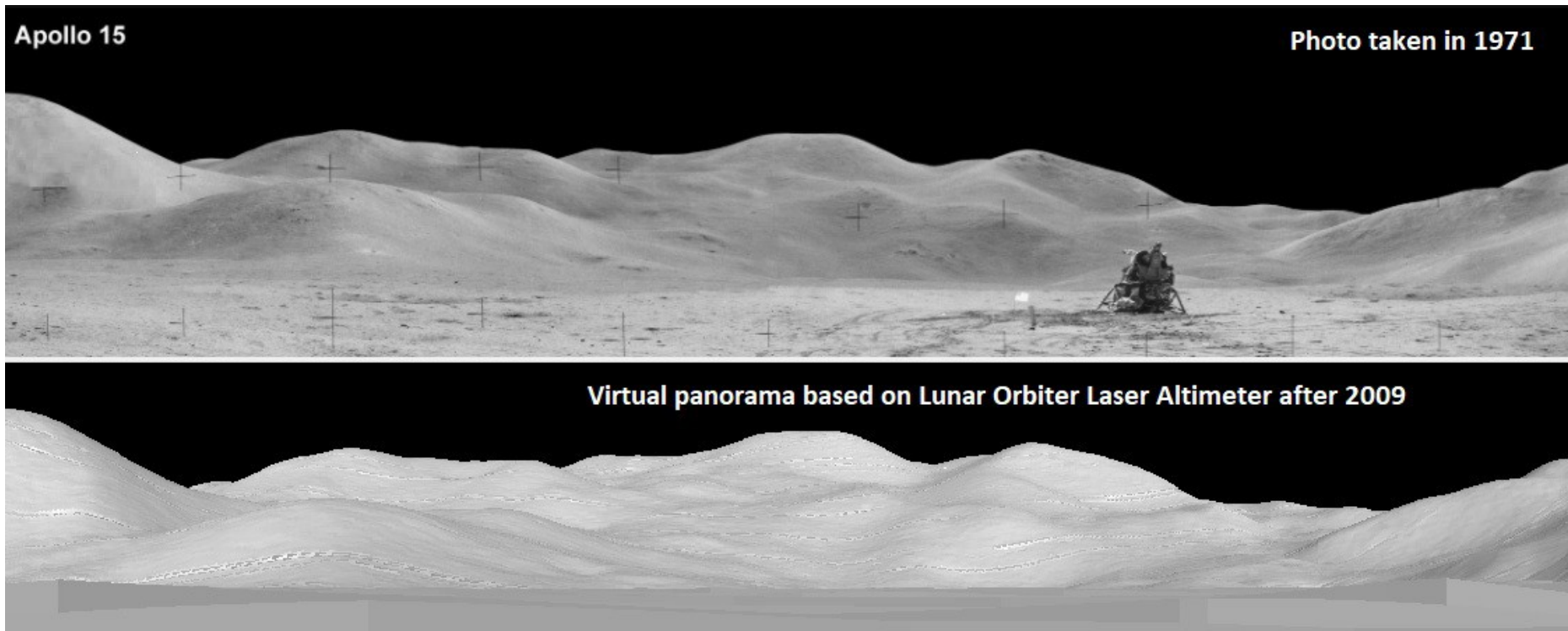


Démo live ...

Apollo 15



Apollo 15

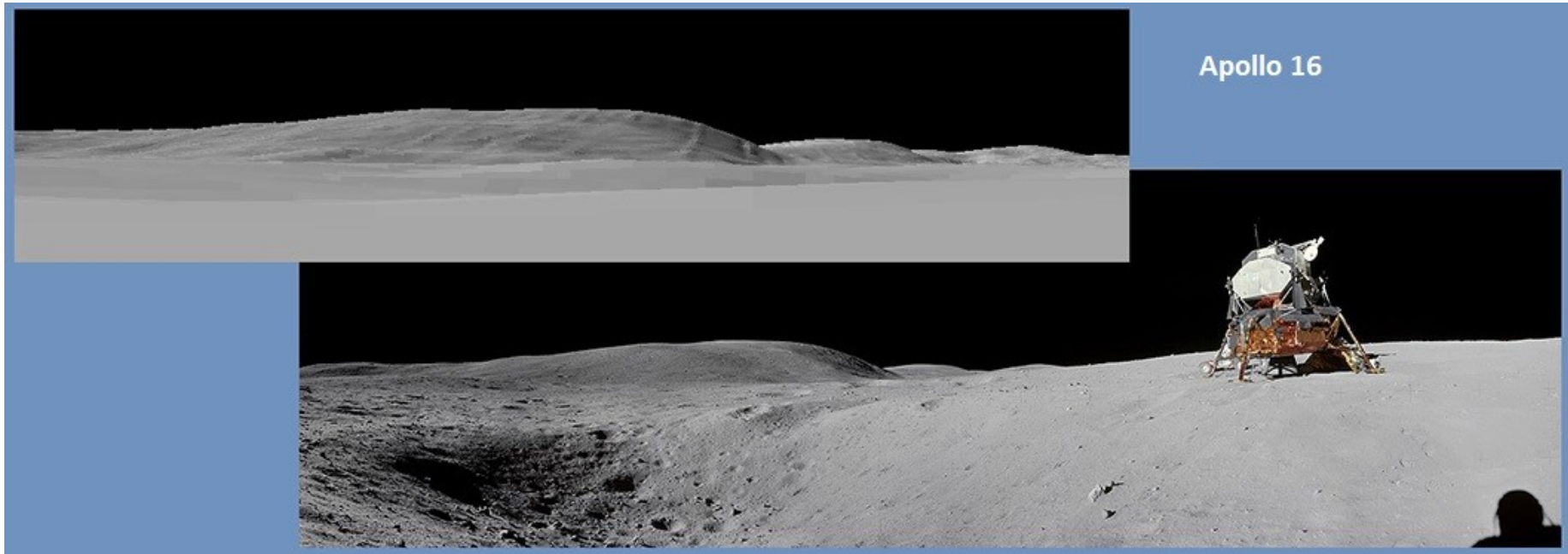


Apollo 16

Apollo 16



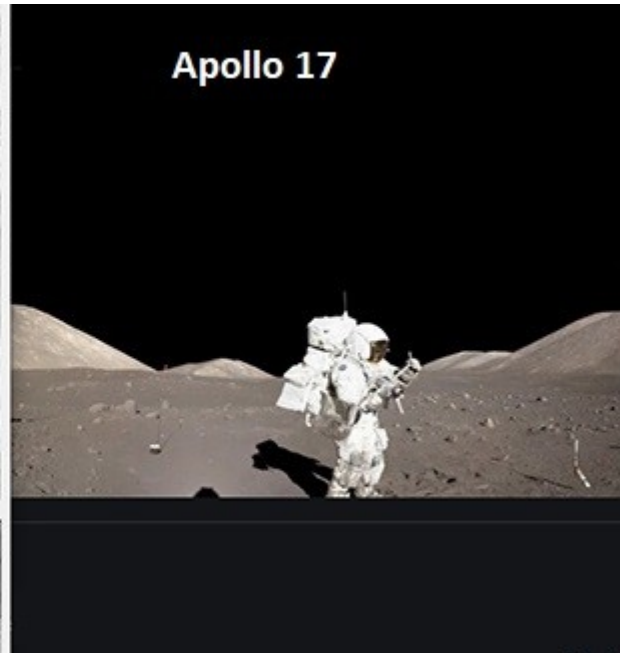
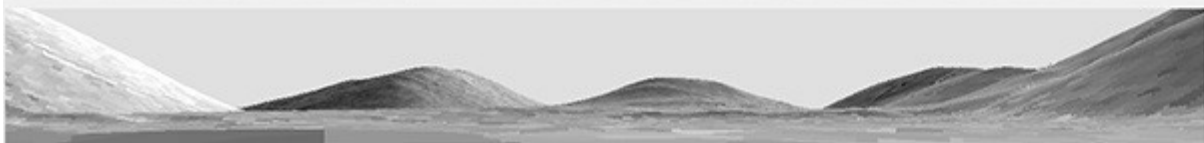
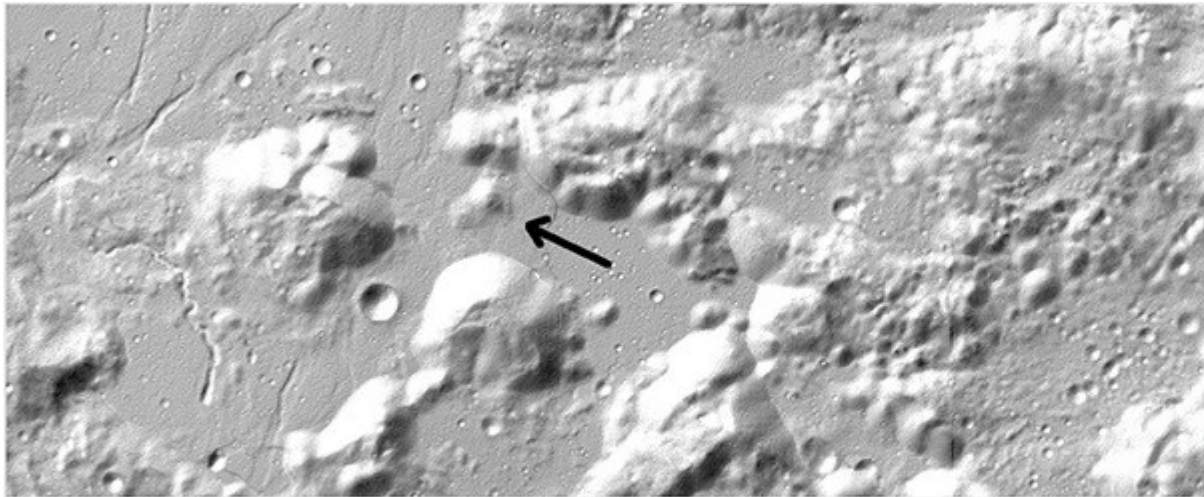
Apollo 16



Apollo 17



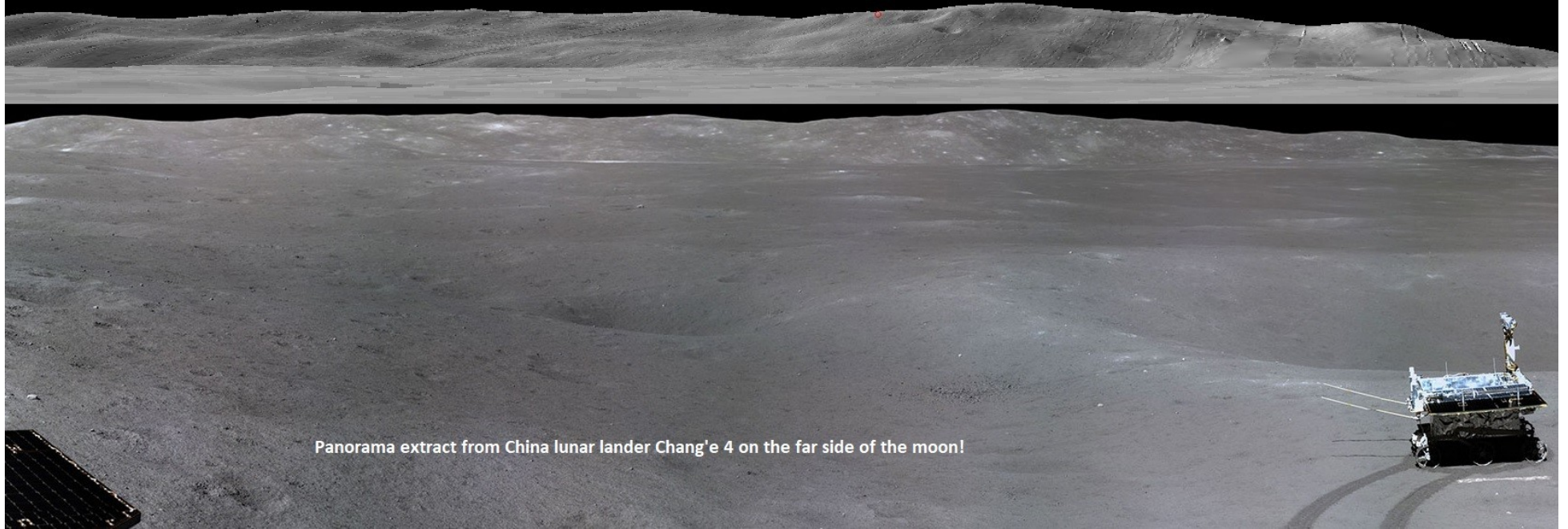
Apollo 17



Chang'e 4



Chang'e 4

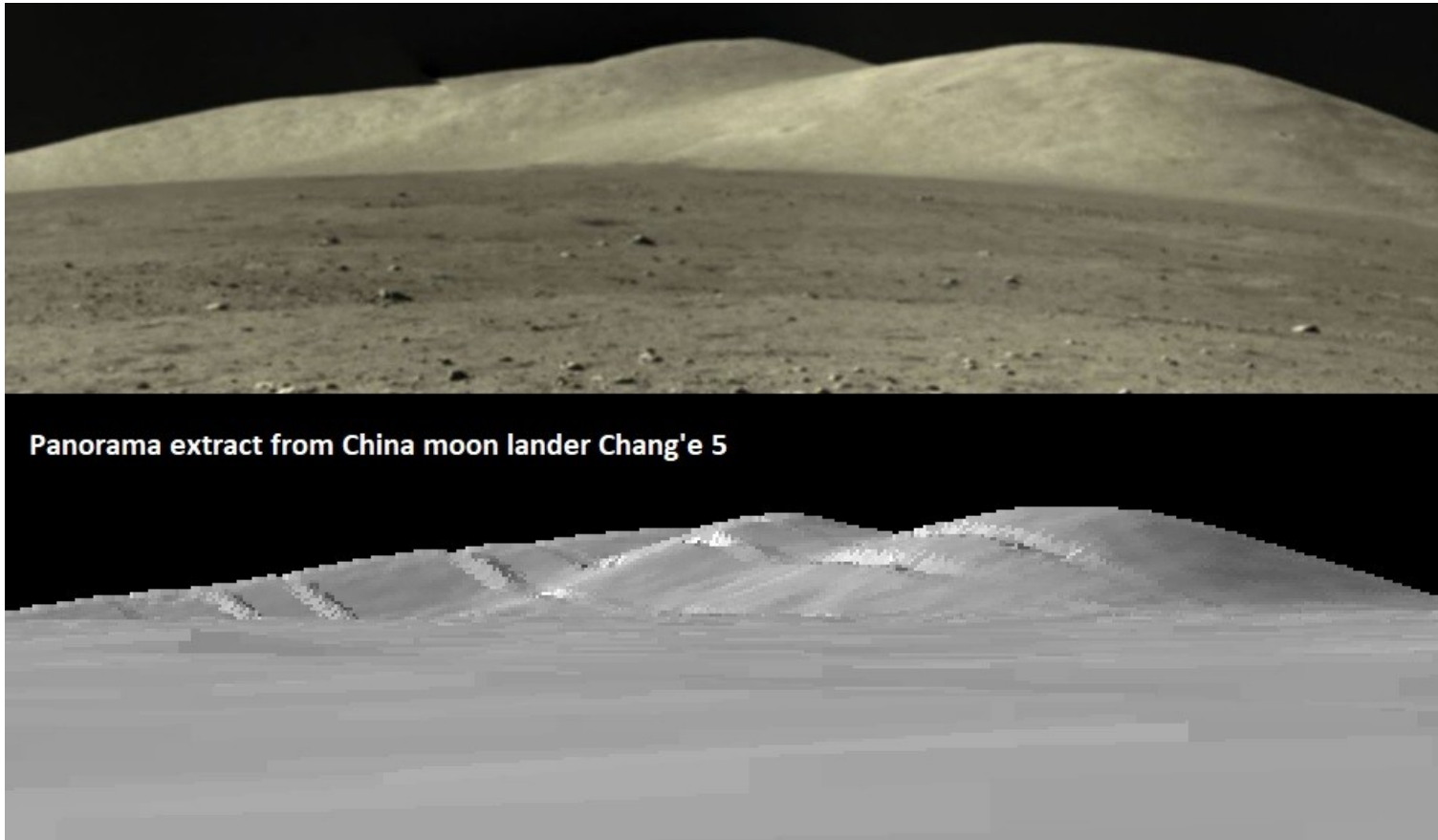


Panorama extract from China lunar lander Chang'e 4 on the far side of the moon!

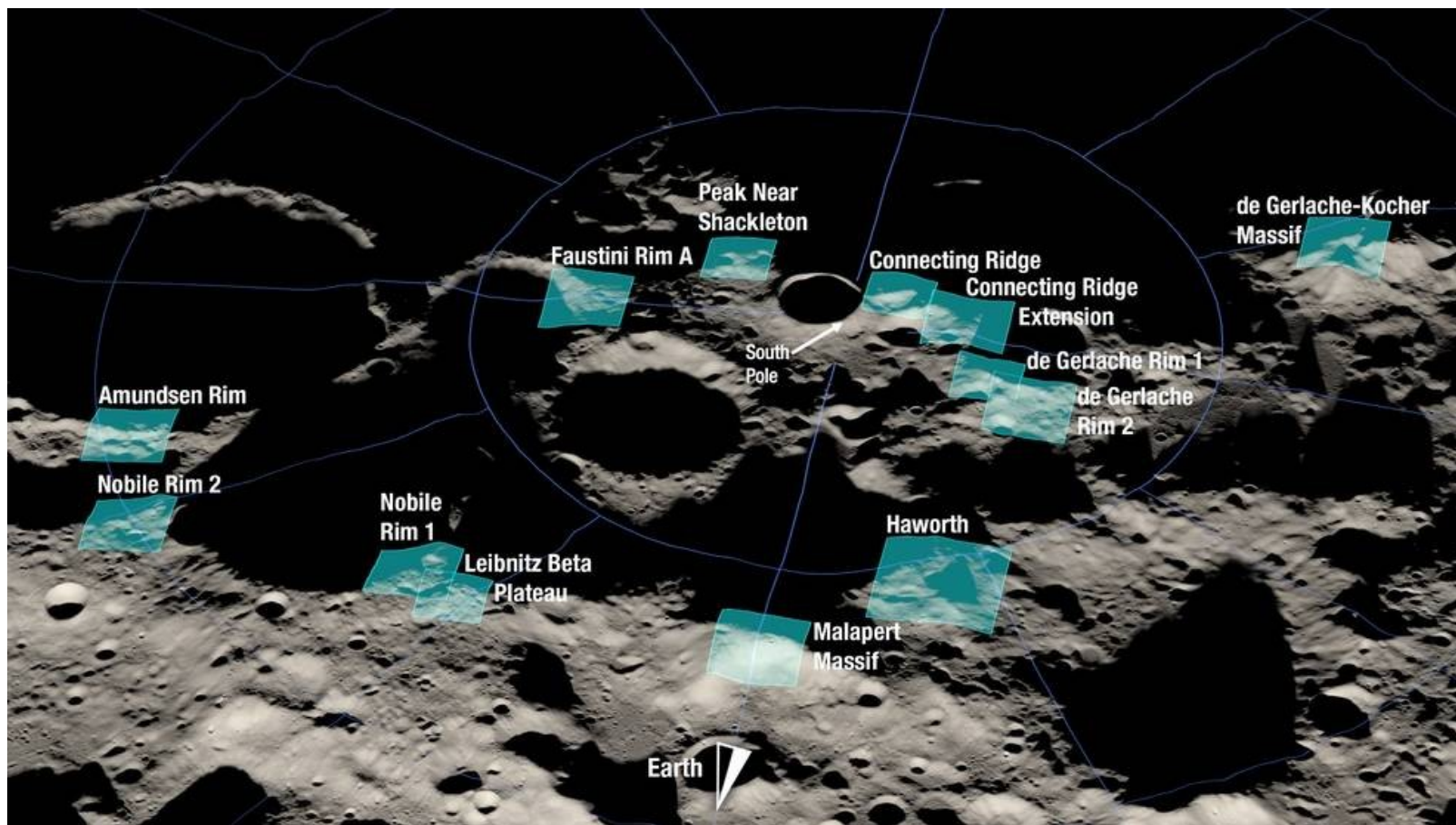
Chang'e 5



Chang'e 5



Identification des régions à l'étude pour la mission Artemis III



Types de communications à considérer

Sol – Sol

Orbite – Sol

Orbite – Orbite

Sol – Terre

Orbite - Terre

<https://rmonline.airvitesse.net/mars>

