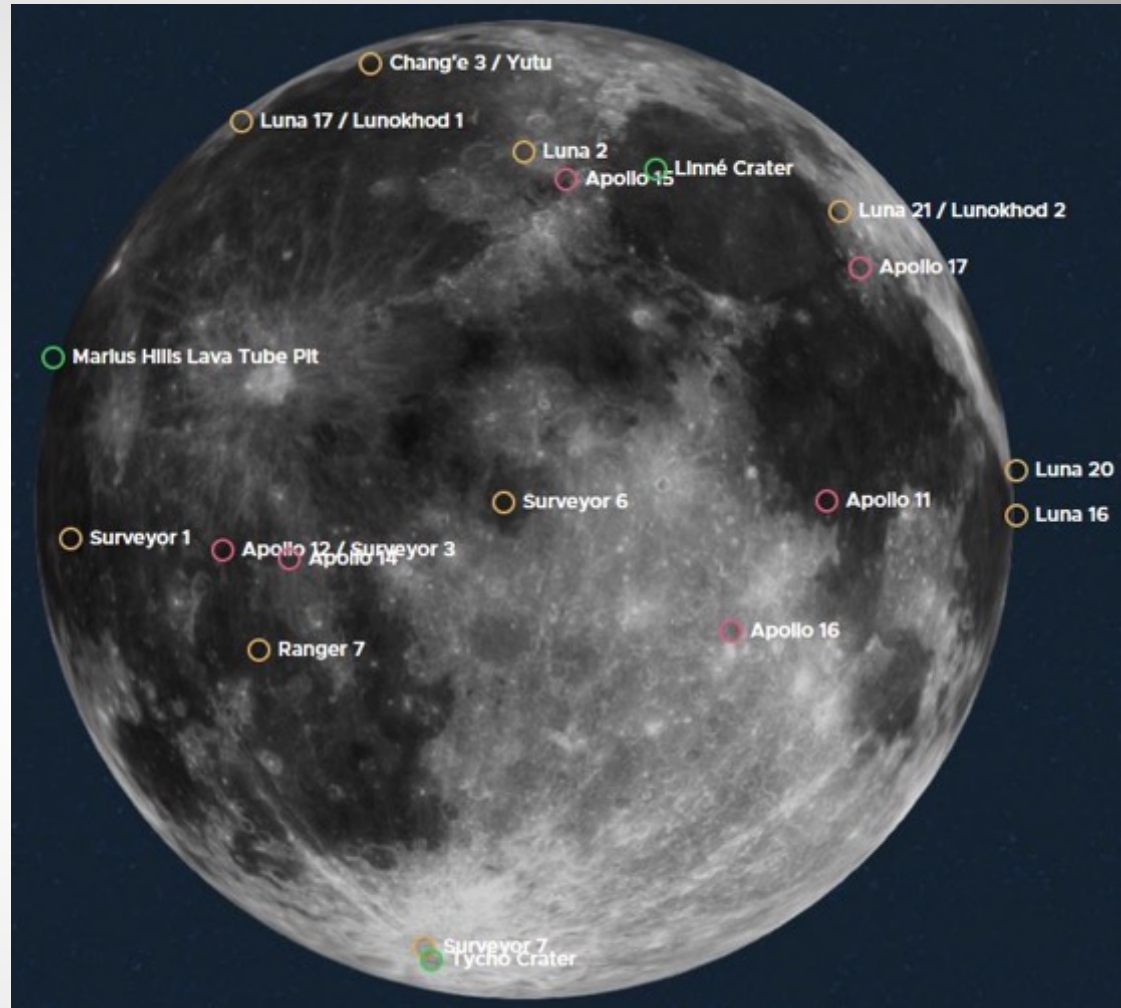
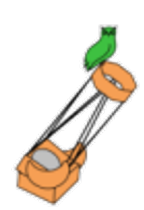


Trek lunaire



Le 23/04/2021 - Albedo38



Treks lunaires terrestres (1)

Vallée de la Lune (Chili)



Vallée de la Lune (Argentine)

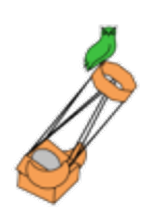


Vallée de la Lune Bleue (Chine)



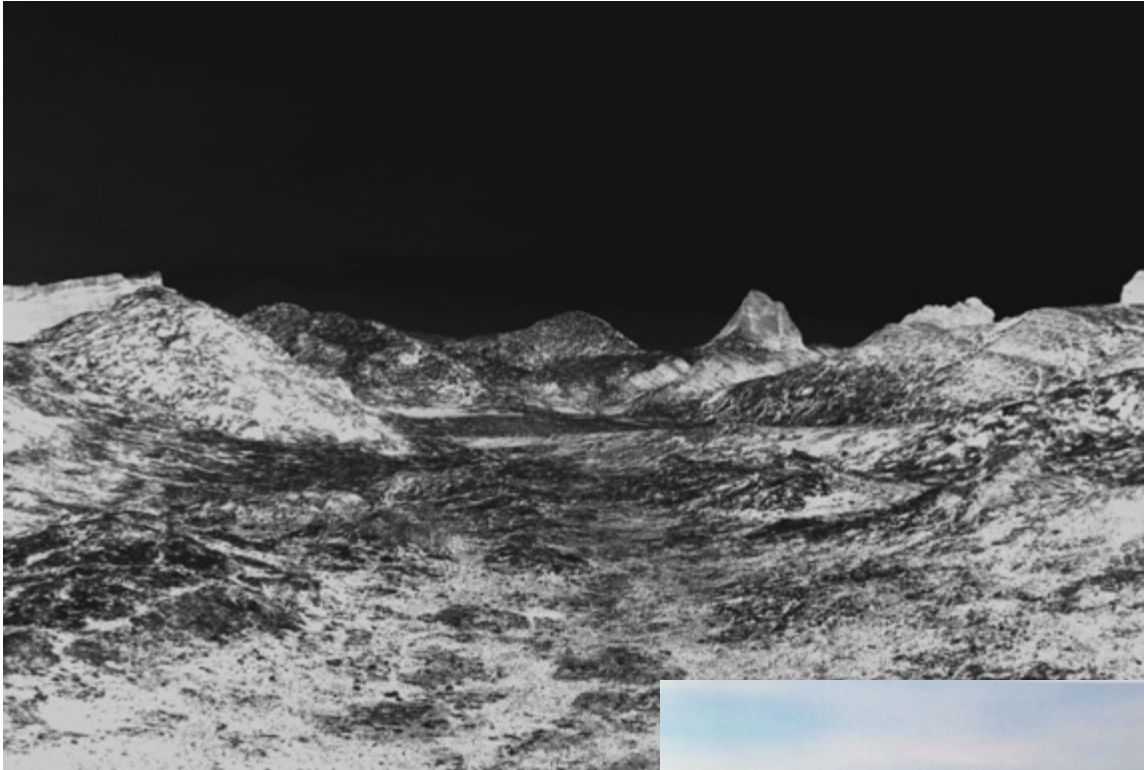
Vallée de la Lune (Namibie)

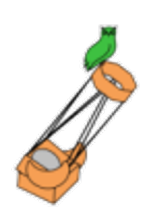




Les treks lunaires terrestres (2)

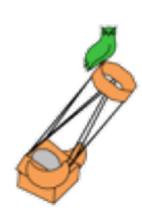
Paysages terrestres ou lunaires ?





Et si on partait sur la Lune, pour
un petit trek dépayasant ?





Un paysage grisant

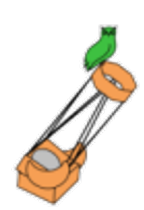
- **Un ciel noir, en plein soleil** : pas d'atmosphère, donc pas de diffusion de la lumière
- Un ciel qui fait ressortir par contraste les collines **grises ou blanchâtres**
- Quelle que soit leur distance, tous les paysages sont **identiquement contrastés**
- Le sol est recouvert de régolithe, une poussière à la structure cristalline
 - La poussière lunaire est **noire** comme du charbon
 - Mais elle peut être **éblouissante comme de la neige** sous les rayons du soleil
- Albédo : 3 fois plus faible que celui de la Terre



1971 - Apollo 14



1971 - Apollo 14

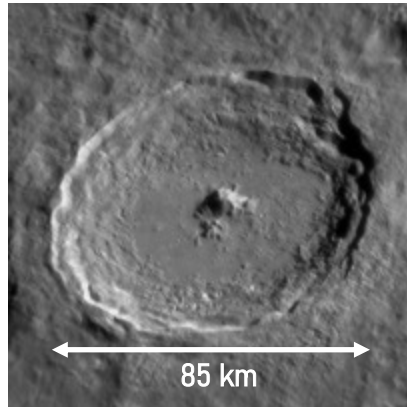


Paysage grisant, mais...lumineux !

- La **luminosité ambiante** est très intense ! *Casque solaire impératif, au risque de devenir aveugle*
- Couleur du Soleil : blanc
- **Nuit noire pour observations astronomiques** : sur la face cachée, pendant 15 jours
- Des **illusions d'optique**, à cause du contraste : pas de pénombre, pas de tons intermédiaires, le contour des ombres est net :
 - Les reliefs peuvent sembler inversés : un cratère pris pour un monticule ; une bosse prise pour une dépression du sol



1971 - Apollo 14
Effet des ombres



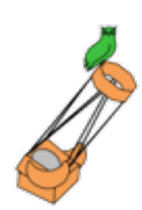
Cratère Tycho
Pris au télescope de 1m du Pic
du Midi - Résolution de 250 m



1969 - Apollo 11
Empreinte de Buzz Aldrin



1969 - Apollo 11
Caméra qui a pris la photo
du 1^{er} pas sur la Lune



Climat et environnement

Soleil



Vide



Pas d'oxygène



Rayonnements
ionisants



Températures
extrêmes



Météorites



1.37 mSv/jour

57 μ Sv/h

0.2 μ Sv/h sur Terre

De -157 °C à + 121 °C

Chutes à 20 km/s

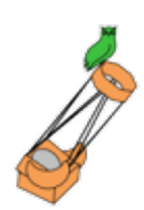
Pesanteur
réduite



1/6 pesanteur terrestre

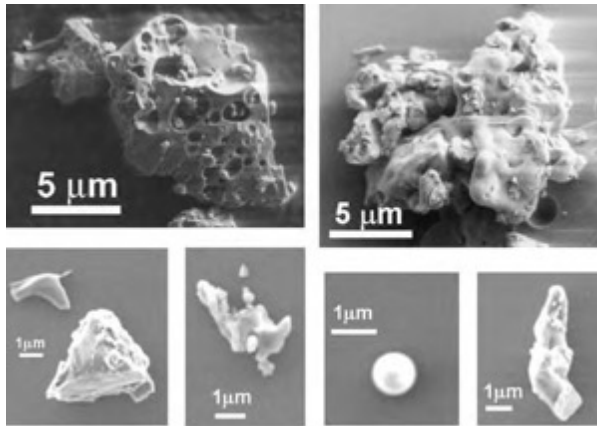
Synthèse :



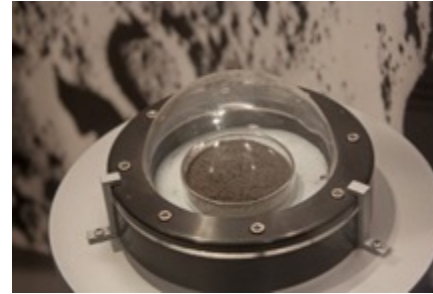


Poussières (1)

Une poudre minérale collante, abrasive



Poussières lunaires au MEB



1972 - Apollo 17 - prélèvement de régolithe

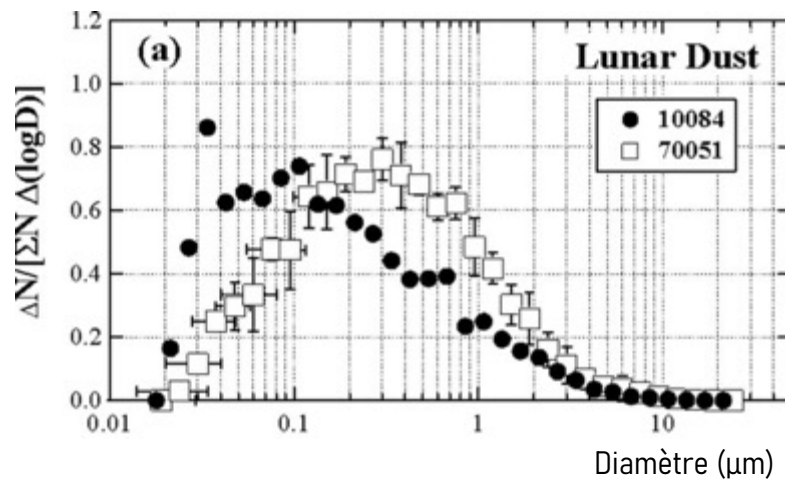
Composition :

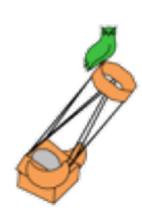
weight	
SiO ₂ %	42.05
TiO ₂	5.04
Al ₂ O ₃	16.15
FeO	12.81
MnO	0.19
MgO	10.25
CaO	11.87
Na ₂ O	0.43
K ₂ O	0.1
P ₂ O ₅	0.06
S %	0.08

Brosse pour enlever les poussières



1972 - Apollo 17



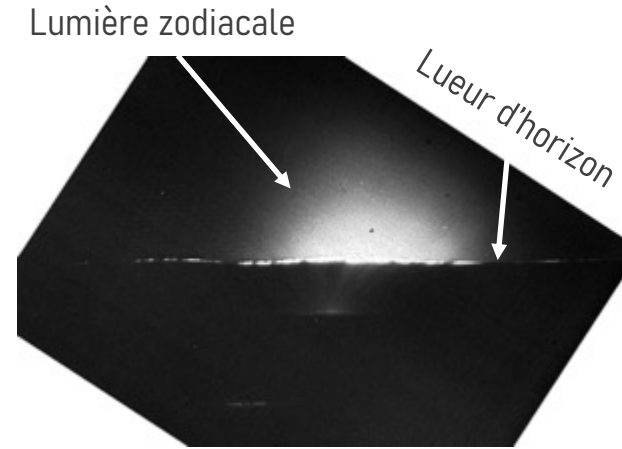


Poussières (2)

- Pas de vent, donc pas de tempête de régolithe !
- Mais des poussières **qui lèvitent au-dessus de la surface lunaire**
- Une poussière qui se charge par action des rayons UV du soleil et du vent solaire

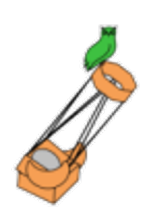


1972 – Apollo 17
Après une balade lunaire



1967 – Photo de Surveyor 6

- Un bombardement permanent de **micrométéorites** de 50 μm
 - De la poussière lunaire jusqu'à 100 km d'altitude
- Un **brouillard** de poussières après l'atterrissage
- **Adhésion mécanique et électrostatique** des grains de poussière
- Cette poussière est un mauvais conducteur thermique

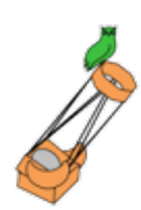


Poussières (3)

- **Son odeur ?** Une odeur de poudre à fusil ou de cendre humide
- **Son goût ?** « not half bad »
- **Sa texture ?** Douce comme de la neige
- **Toxicité** pour une concentration en poussières supérieure à 6.8 mg/cm^3 , et risques d'irritation des yeux et de maux de gorge
- **Risque de réactivité chimique** : les poussières sont exposées au vide



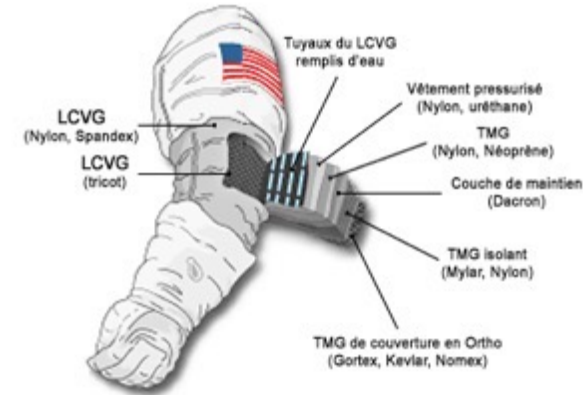
1972 – Apollo 17
Gene Cernan
Comme à la sortie de la mine !



Comment s'habiller ?

- **Combinaison pressurisée :**

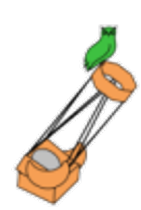
- Protection contre la chaleur, pas contre le froid !
- Pas le choix de la couleur : blanche
- 18 couches, épaisseur de 8 mm
 - Couche 1 : en fil de Nylon (imputrescible, isolant, léger, résistant, souple)
 - Couche 2 : Spandex (ou Lycra)
 - Couche 3 (pressurisée) : Nylon enduit d'uréthane, recouvert d'un textile polyester (Dacron - pour rigidifier la structure)
 - Couche 4 : anti-dérapante en Nylon, recouverte de Néoprène
 - Couches 5 - 10 : Mylar aluminisé et Nylon (protection thermique, micrométéorites, certains rayonnements cosmiques)
 - Couches 11 - 18 : mélange Gortex + Kevlar + Nomex
- Fibres synthétiques et métalliques : pour éviter moisissures et microbes



- Pressurisation à 0.29 bars (pour éviter le gonflement dans le vide !)- O₂ pur
- Poids : 175 kg (ressenti sur la Lune : 29 kg)
- Autonomie : 7 h
- Temps pour s'habiller : 4h30



Torse rigide en fibre de verre : pour protection des organes vitaux



Matériel de rando

- **Protection solaire** : casque avec visière + pare-soleil (amovible)

- Casque léger, en fibre de verre, rembourré de Néoprène à l'arrière – avec visière en polycarbonate, épaisseur 3 mm
- Pare-soleil : protection des micrométéorites, et des UV – avec 2 visières, dont une avec dorure intérieure pour limiter l'intensité lumineuse et absorber les IR
- Surfaces anti-buée, anti-choc
- Transmission totale : 10% de la lumière visible, 1% UV, 5% IR



1999 – Mission STS-103
Maintenance Hubble

- **Bottes** :

- Avec protection isolante au niveau des orteils
- Chaussettes équipées de résistances
- Semelles caoutchouc non inflammables
- Coquille externe : tissu de métal tissé (Chromel)

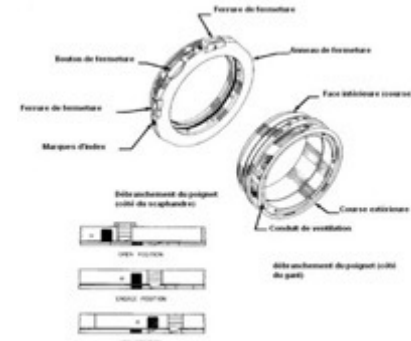


1971 – Apollo 14
Bottes lunaires

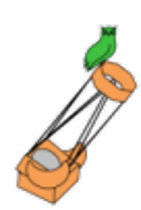


- **Gants** :

- Résistance chauffante à chaque doigt



Gants lunaires:
système de
verrouillage



Les repas

- Pour un trek lunaire, il faut des calories !
- Large choix de **plats lyophilisés** (séchage sous vide après congélation) ou **thermostabilisés** (chauffe sous pression)
- Fournisseurs : OFD Foods (Oregon Freeze Dry), Action Products, JSC Food Lab
- Riz frit aux **crevettes**, cocktail de **crevettes**, pâtes aux **crevettes** ... mais aussi pâtes au poulet, dinde fumée, et glaces lyophilisées
- Un must, le hamburger-tortilla : **pas de miette** !
- Condiments : huile poivrée et liquide salé (*régime sans sel sur demande*)
- Pesanteur réduite : sinusite et **capacités olfactives réduites**



Repas
thermostabilisé



2017 – Expédition 51 – ISS
Peggy Whitson et son
hamburger-tortilla

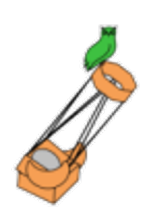
Plateau repas



Plaques chauffantes à disposition !



Lyophilisateur du
Johnson Space Center Food Lab



Marche !

- Comme dans un désert : **difficile d'apprécier les distances** – navigation à vue peu recommandée !
- L'horizon lunaire est à 2.5 km (sur Terre, sans considérer l'atmosphère : 5 km)
 - **Visibilité réduite** – En marchant, les reliefs apparaissent anormalement vite de dessous l'horizon

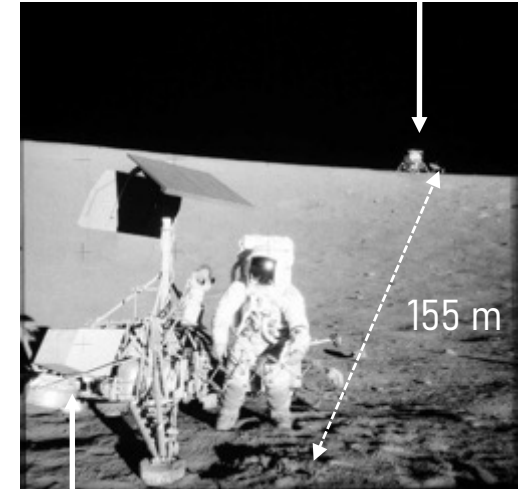


1972 – Apollo 16
John Young en plein saut

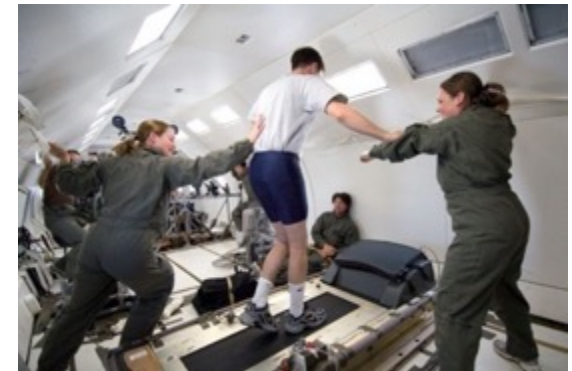
- **Saut lunaire : 2.7 m (1.8 s)**
 - Sur Terre : 45 cm (0.3 s)
- A la réception, **sol glissant** !

- Marche à 4 km/h sur Terre : course sur la Lune
 - Une foulée peut faire 1 m (environ 2 s en l'air)
 - Course en « pieds plats »
 - Attention au risque de rebond à l'atterrissage, et à la difficulté à s'arrêter de courir...

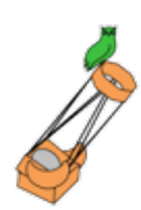
Module Lunaire d'Apollo 12



Surveyor 3 (31 mois après son atterrissage)

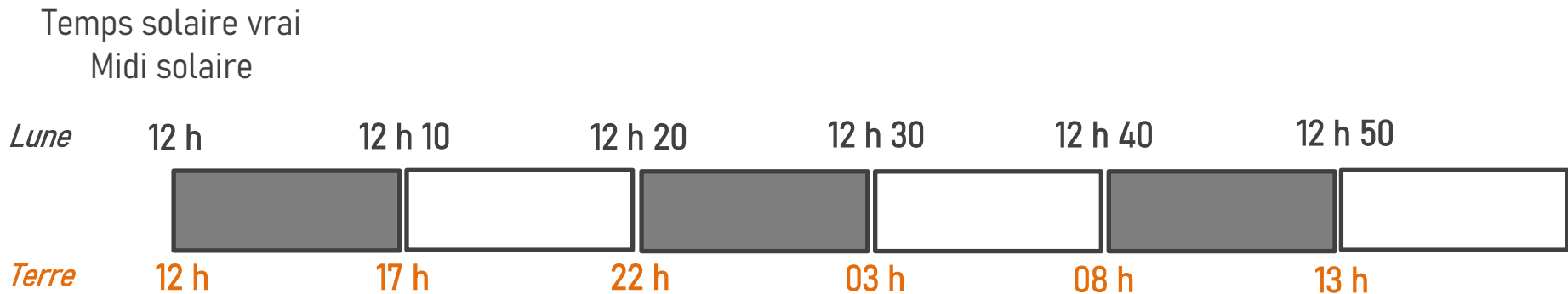


NASA – DC9
Vol parabolique – test de course à 0.16 g

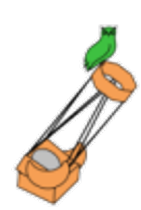


L'écoulement du temps

- Un Graal : un lieu, où l'écoulement du temps semble suspendu !
- Le **soleil reste 14 jours** dans le ciel sans se coucher

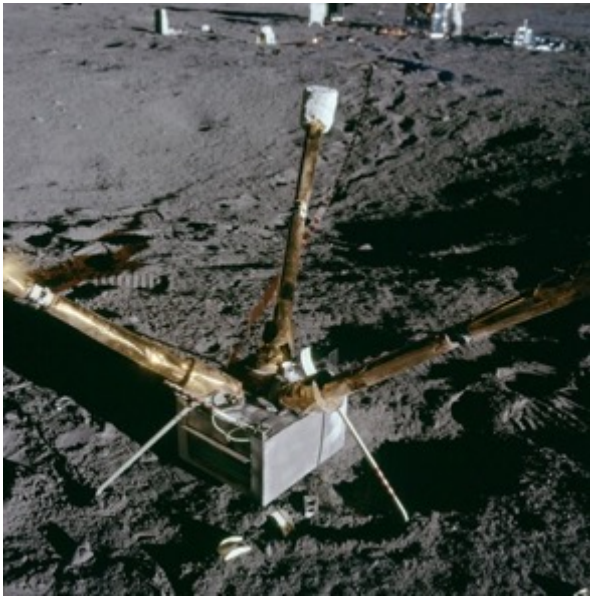


- Pas de crépuscule !
- A 45° de latitude, en courant à 10 km/h vers l'ouest, le soleil reste immuablement à la même position dans le ciel : **on peut compenser la vitesse de rotation de la Lune** !



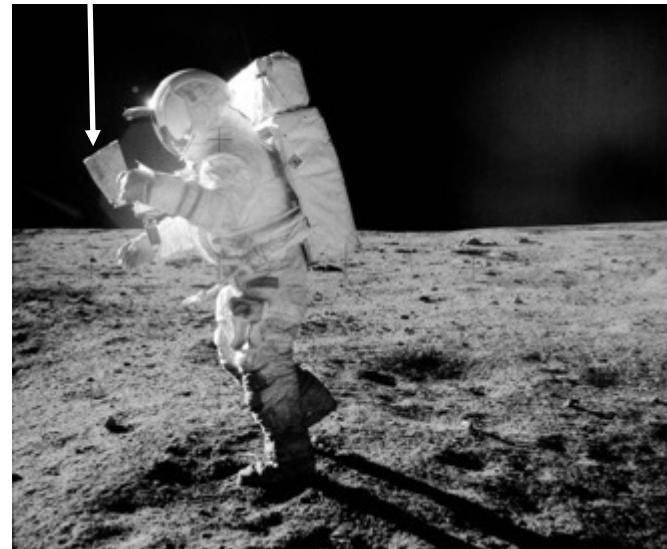
Se repérer sur la Lune

- **Pas de champ magnétique global : boussole inutile !**
- **Champ magnétique rémanent dans les roches lunaires :**
 - Champ fossilisé de $100 \mu\text{T}$ (champ magnétique terrestre = $47 \mu\text{T}$)
 - Un champ qui aurait duré 3.5 milliards d'années
 - Les forces de marée à l'origine d'un maintien en température du noyau ?

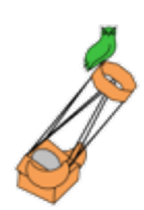


Magnétomètre – Apollo 12

Rando avec carte

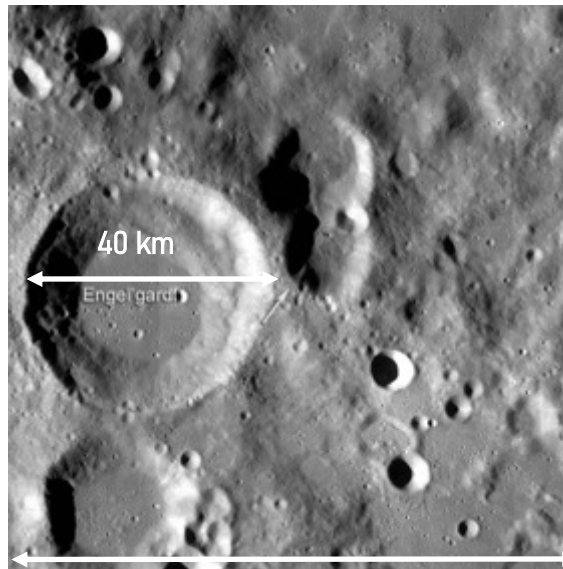
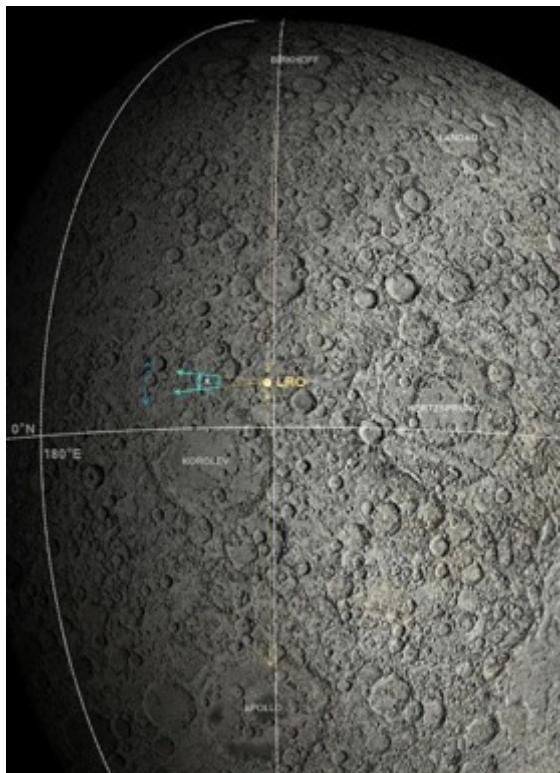


06/02/1971 – Edgar Mitchell – Apollo 14
Cratère Fra Mauro



Ascension lunaire

Le plus haut sommet lunaire : à côté du Pôle Sud



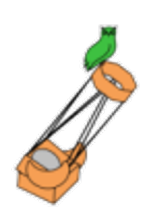
100 km

Photos : LRO



A comparer avec l'Everest : 8848 m

Le plus haut sommet lunaire : 10 786 mètres
Ejectat de la formation du Bassin Aitken du Pôle Sud
3 milliards d'années
Pente de 3° (5m/100m)



Le Routard de la Lune

- **Argent et budget :**

- Prix pour 1 semaine : quelques millions de dollars (ou de yuans ?)
- Pas encore de marché noir
- Carte de paiement et cash : inutiles

- **Sécurité et Santé :**

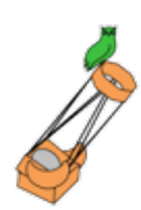
- Pas de criminalité
- Voyager de nuit : sécurité totale (mais on y voit rien sur la face dite « cachée »)
- Voyager seul : déconseillé
- Activité sismique très faible
- Droit international : Bureau des Affaires Spatiales des Nations Unies (UNOOSA)
- Quarantaine obligatoire avant le départ

- **Souvenirs :**

- Pierres de Lune



BONNES VACANCES



Un peu de biblio

- Archives des missions Apollo de la NASA :
 - http://apolloarchive.com/apollo_gallery.html
- Poussières lunaires:
 - https://www.nasa.gov/centers/johnson/pdf/486014main_StubbsImpactOnExploration.4075.pdf
 - <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S003206330600359X>
- Combinaisons : http://www.capcomespace.net/dossiers/espace_US/apollo/astronautes/scaphandre/index.htm
- Alimentation :
 - <https://www.nasa.gov/feature/space-station-20th-food-on-iss>
 - <https://www.ofd.com/government/nasa/>
- Point culminant lunaire :
 - https://www.nasa.gov/mission_pages/LRO/multimedia/lroimages/lroc-20101027-highest.html
- Livre : *A la découverte de la Lune* (Géraud des Courtils)