



Détermination de la densité de rochers en surface (1/2)

Thomas Appéré, Lycée Saint Paul, Vannes

d'après une activité créée par Wulfran Fortin, Lycée Jean Mermoz, Saint-Louis

Objectif : A l'aide du logiciel ImageJ, les élèves déterminent la densité de rochers en surface en mesurant la surface occupée par les ombres des rochers. Dans cette première activité, le protocole est appliqué à une surface martienne synthétique obtenue en disposant des pierres sur une feuille A3, éclairée latéralement et photographiée à la verticale. Dans une seconde activité, le protocole sera appliqué à de vraies photographies de la surface martienne acquises par la caméra HiRise à bord du satellite américain Mars Reconnaissance Orbiter.

Préparatifs :

- Télécharger puis installer ImageJ sur les postes élèves : <https://imagej.nih.gov/ij/download.html>
- Plusieurs pierres de différentes tailles.
- Une feuille A3.
- Une source lumineuse, par exemple un rétroprojecteur.
- Le document élève : présentation de l'activité et protocole sur ImageJ.

Déroulement (prévoir 1h) :

- L'enseignant montre trois photos à haute résolution de la surface de Mars, représentatives respectivement d'une surface avec forte densité de rochers (13% de la surface couverte par des rochers), d'une faible densité de rochers (3,5%) et d'une très faible densité de rochers (0,6%). Ces photos sont disponibles dans le document élève.
- L'enseignant demande ensuite au groupe-classe de définir la densité de rochers en surface : nombre de rochers par unité de surface. Puis il demande aux élèves quelle technique on pourrait utiliser pour déterminer la densité de rochers en surface, sachant que la couleur des rochers se confond généralement à celle de la surface nue. L'idée est de déterminer la surface couverte par les ombres des rochers et de faire le rapport entre la surface des ombres et la surface de l'image. En première approximation, on considère que la surface des ombres correspond à la surface couverte par les rochers. Cette approximation est globalement valable dans les conditions d'éclairage pour lesquelles les photographies HiRise sont obtenues (Soleil à environ 55° au-dessus de l'horizon).
- Les élèves disposent des pierres sur une feuille A3 et éclairent cette surface martienne synthétique avec le rétroprojecteur (angle des rayons incident idéalement de 45°). Après avoir éteint toute autre source de lumière, un élève photographie en noir et blanc et à la verticale la surface martienne synthétique en faisant attention à avoir uniquement dans le champ visuel la feuille blanche avec les pierres et un éclairage homogène sur la feuille.
- La photographie obtenue est partagée sur les postes de chaque groupe d'élèves.
- En binôme, les élèves suivent le protocole sur ImageJ pour analyser la photographie de la surface martienne synthétique et déterminer la densité de rochers en surface.
- Une vérification de la densité réelle de rochers en surface peut être faite en entourant le contour de chaque pierre au crayon puis en coloriant en noir l'intérieur des surfaces obtenues. Comme précédemment, on photographie la feuille A3 à la verticale, sans éclairage latéral cette fois, et on suit le protocole sur ImageJ. Ce sera l'occasion de discuter des erreurs induites par cette méthode et de son domaine de validité.



Comment déterminer la densité de rochers au sol ?

L'une des nombreuses contraintes techniques pour le choix de votre site d'atterrissage est **qu'il ne doit pas y avoir plus de 7% de la surface occupée par des rochers** pour que la sonde ne se pose pas de façon bancale ou pire, se retourne.

La surface de Mars a été cartographiée par plusieurs sondes en orbite martienne et notamment par la sonde américaine Mars Reconnaissance Orbiter dotée de la caméra HiRise capable de photographier des détails de 30 cm à la surface !

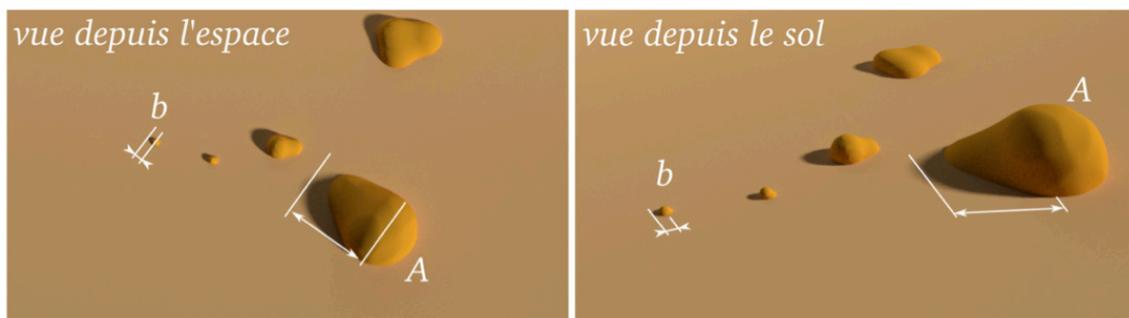


La caméra HiRise

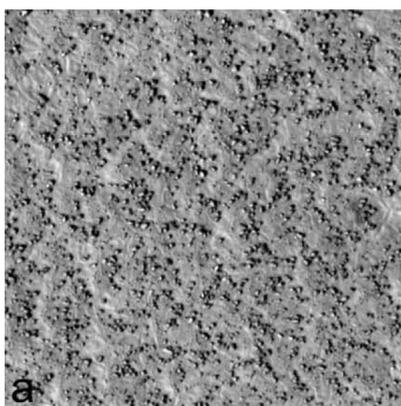
Comme la surface à cartographier est énorme, les chercheurs ont développé des méthodes informatiques pour automatiser la détection des rochers.

Principe de la méthode :

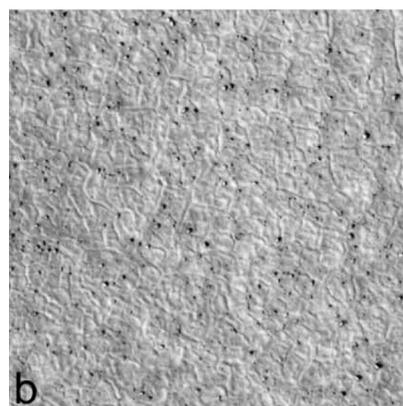
La surface de Mars est photographiée à très haute résolution par la caméra HiRise. Eclairé par le Soleil, un bloc rocheux aura une ombre d'autant plus grande que sa taille est grande. Sur la photographie, on verra des taches noires de quelques pixels de surface. En mesurant la surface occupée par les ombres, on peut remonter à la densité de rochers présents au sol.



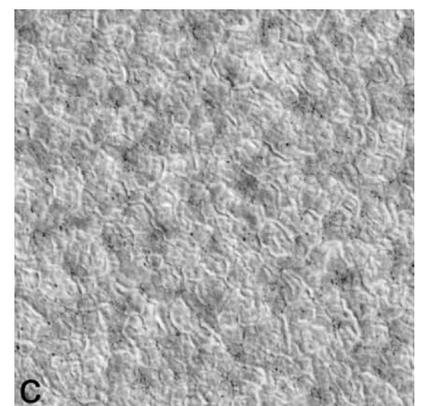
Exemple avec ces photos satellites de 3 zones situées dans l'hémisphère nord de Mars. Chaque photo couvre un carré de 189 m de côté et la résolution est de 31 cm par pixel.



Forte densité de rochers (13,0%)



Faible densité de rochers (3,5%)



Très faible densité de rochers (0,6%)

Activité expérimentale :

On fabrique une surface martienne en disposant des cailloux sur une feuille A3. La surface est photographiée à la verticale avec un éclairage latéral de manière à voir les ombres des cailloux. On procède ensuite à un traitement d'image similaire à celui effectué par les chercheurs à l'aide du logiciel ImageJ.

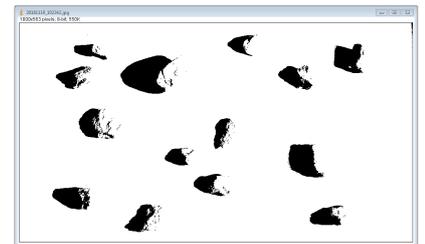


Protocole :

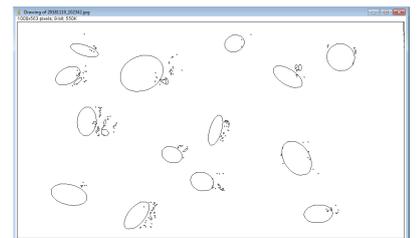
1. Ouvrir le logiciel ImageJ.
2. Cliquer sur "File" puis "Open" puis choisir la photographie à analyser.
3. Convertir l'image en niveaux de gris : cliquer sur "Image" puis "Type" puis "8-bit".
Sur la photographie, les ombres des obstacles sont très sombres. On va isoler les pixels des ombres en modifiant le contraste et l'intensité dans l'image.



4. Cliquer sur "Image" puis "Adjust" puis "Brightness/Contrast".
5. En jouant sur les curseurs "Minimum" et "Maximum", faire apparaître sur la photographie uniquement les ombres des cailloux.
6. Cliquer sur "Apply" : l'image est modifiée et on observe un fond blanc avec des ombres très sombres.



7. On binarise l'image : elle ne sera plus composée que de pixels noirs ou blancs. Cliquer sur "Image" puis "Adjust" puis "Threshold".
8. En jouant sur les deux curseurs, faire en sorte de ne garder que les ombres noires et le fond blanc puis cliquer sur "Apply" quand le résultat est satisfaisant.
9. On effectue ensuite une analyse automatique qui va repérer les ombres et mesurer leur surface. Cliquer sur "Analyze" puis "Analyze Particles". Cocher uniquement "Display results" et dans le menu déroulant, choisir "Ellipses". Puis cliquer sur "OK".
10. On voit apparaître le contour des ombres et un tableau "Results" qui donne notamment l'aire des ombres en pixels².
Cliquer sur le tableau "Results" puis cliquer sur "File" puis "Save As" et enregistrer ce tableau dans votre espace de travail (serveur T).



11. Ouvrir le logiciel Excel.
12. Sur Excel, cliquer sur l'onglet "Données" puis "Données externes" puis "Fichier texte" et sélectionner le fichier "Results.csv".
13. Cliquer sur "Suivant" et choisir "Virgule" comme séparateur. Cliquer sur "Suivant" puis "Terminer".
14. Calculer la somme des surfaces des ombres (fonction SOMME).
15. Calculer la surface de l'image. La taille de l'image en pixels est affichée sur ImageJ dans la fenêtre de la photographie.
16. Calculer le pourcentage de la photographie couverte par les ombres : pourcentage = %