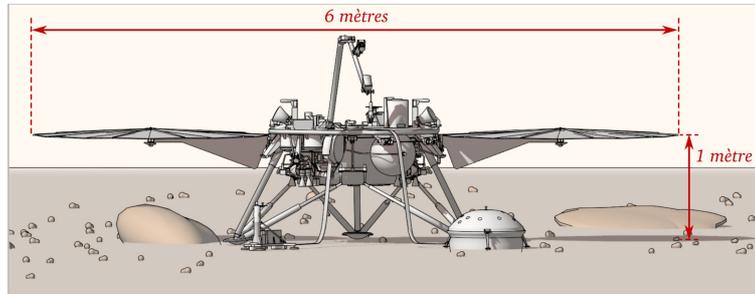


Le choix d'un site d'atterrissage pour la sonde InSight

Auteur : Dr Wulfran Fortin, professeur de Sciences Physiques, lycée Jean Mermoz, Saint-Louis, France

Problématique

La sonde InSight est un petit véhicule d'environ 1,0 m de haut, ayant une garde au sol de 55 cm. Il doit déployer deux panneaux solaires en éventail, qui lui donnent alors une envergure de presque 6 m [1]. Il doit atterrir sur un sol où aucun bloc rocheux ne doit avoir de taille supérieure à 30 cm environ, sous peine de destruction.



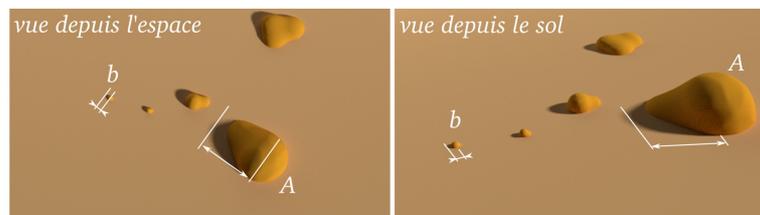
Ce véhicule automatique est seulement capable d'atterrir à la verticale, sans pouvoir éviter un éventuel obstacle car il ne dispose que d'un radar altimétrique pour contrôler sa descente et mesurer sa distance à la surface, il ne sait pas identifier la présence d'un obstacle.

On doit donc viser une zone sur Mars où la probabilité de se poser sur un rocher est quasi nulle. Il faut donc cartographier la surface de la planète, ce qui est fait en permanence par le satellite Mars Reconnaissance Orbiter à l'aide de plusieurs caméras.

Comme la surface à cartographier est énorme, les chercheurs ont développé des méthodes informatiques pour automatiser la cartographie des dangers à la surface de la planète Mars [2].

Principe de la méthodes

On photographie à haute résolution la surface de la planète, éclairée par le Soleil. Au sol, un bloc rocheux aura une ombre d'autant plus longue que sa taille est grande. Sur la photographie numérique de la caméra transmise à la Terre, on verra apparaître des taches noirs de quelques pixels de surface. Si la surface de cette tache dépasse une certaine valeur, on considère qu'un obstacle dangereux est présent.



La longueur de l'ombre d'un obstacle est proportionnelle à la taille de cet obstacle

Il faut donc procéder à un traitement d'image systématique des photos envoyées pour constituer un atlas des zones dangereuses.

Activité expérimentale en classe

On fabrique une surface en papier possédant des aspérités de dimensions connues pour modéliser le sol martien. La surface est photographiée à la verticale, avec un éclairage latéral, de manière à voir les ombres portées des aspérités. On procède ensuite à un traitement d'image similaire à celui décrit dans la référence [1] en utilisant le logiciel ImageJ [3]

Références

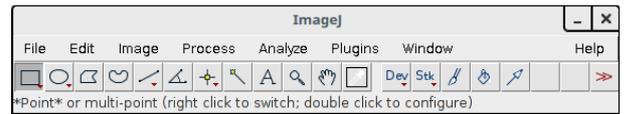
[1] La sonde InSight <https://en.wikipedia.org/wiki/InSight>

[2] « Size-frequency distributions of rocks on the northern plains of Mars with special reference to Phoenix landing surfaces » M. P. Golombek et al., JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 113, E00A09, doi:10.1029/2007JE003065, 2008.

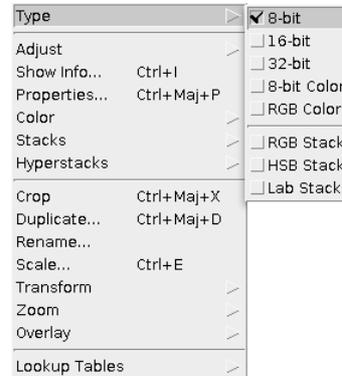
[3] Logiciel de traitement d'image ImageJ <https://imagej.nih.gov/ij/>

Cartographie du risque sur une zone d'atterrissage

Ouvrir **ImageJ** et charger le fichier (Menu : **File** puis **Open**, choisir le fichier à analyser)



Convertir éventuellement l'image en niveaux de gris (Menu **Image** puis **Type** puis cochez **8-Bit**)



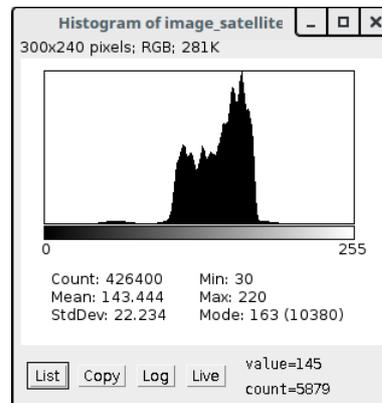
L'image brute



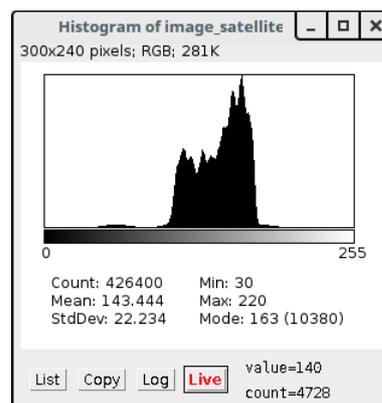
Analyse de l'histogramme des intensités (Menu : **Analyze** puis **Histogram**)

Dans cette image, les ombres des obstacles sont très sombres, elles correspondent aux pixels dont l'intensité est située vers 75 (première légère bosse au début de l'histogramme).

On va isoler ces pixels en modifiant le contraste et l'intensité dans l'image.



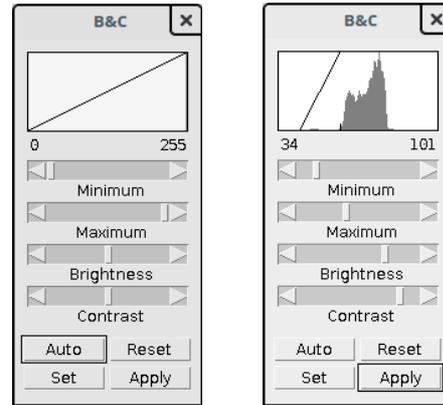
On sélectionne d'abord sur la fenêtre de l'histogramme le bouton **Live**



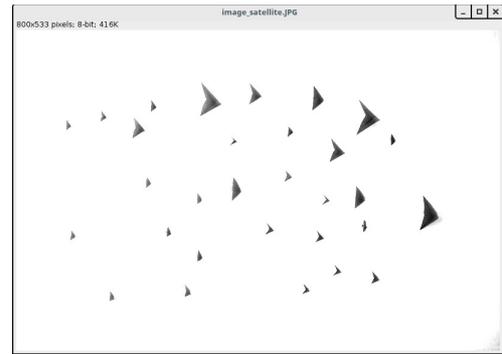
Ensuite, dans le menu **Image** puis **Adjust** puis **Brightness/Contrast**

On clique sur l'image à analyser pour activer la fenêtre puis, en jouant avec les curseurs **Minimum** et **Maximum**, on essaie d'isoler dans l'histogramme la partie correspondant aux pixels des ombres des obstacles.

On voit la zone de l'histogramme concernée.

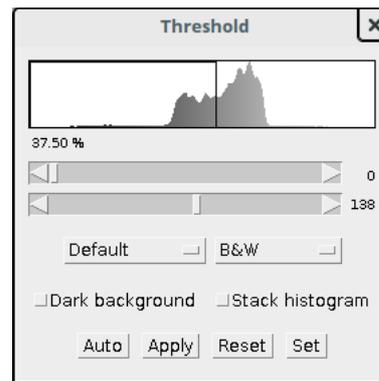


En appuyant sur le bouton **Apply**, l'image est modifiée, et on observe un fond blanc avec des ombres très sombres.

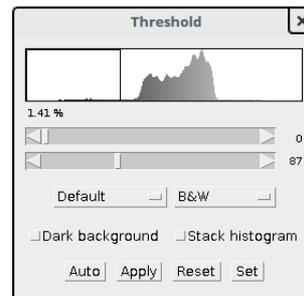


Pour la suite du traitement d'image, on binarise l'image (elle sera composée de pixels soit noirs soit blanc, aucune nuance de gris).

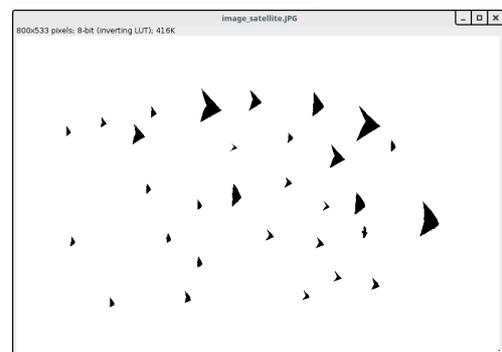
On choisit le traitement Menu **Image** puis **Adjust** puis **Threshold**



On modifie les deux curseurs de façon à garder les ombres noires et le fond blanc et on appuie sur **Apply** quand le résultat est satisfaisant.



On a une image seuillée.



On effectue ensuite une analyse d'image automatique qui va repérer les îlots sombres, et mesurer leur surface, leur forme, leur orientation, entre autre.

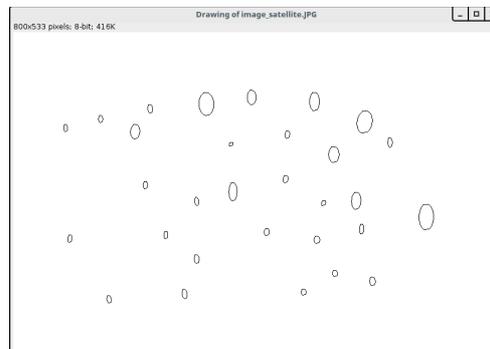
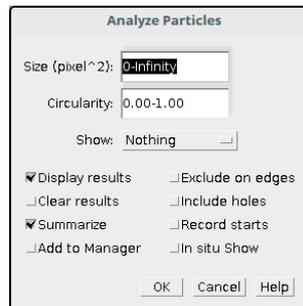
On sélectionne dans le menu **Analyse** puis **Analyse Particules**

Il faut régler quelques paramètres de recherche des îlots, comme la surface minimum d'un îlot en pixels (Size pixel²) et la circularité de l'îlot.

On peut ensuite choisir de montrer sur l'image les zones identifiées (boîte déroulante).

Enfin on appuie sur Ok

Exemple de résultat (image des zones et tableau de valeurs mesurées) pour une taille minimum de 20 pixels², et l'option **Show Ellipse**.



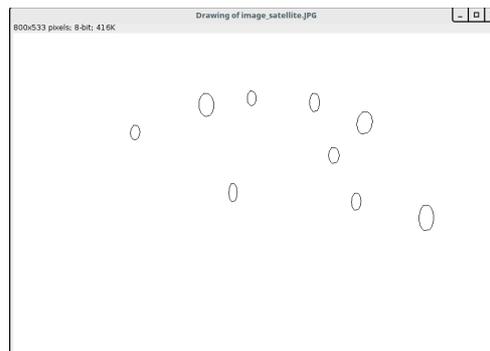
Un tableau de valeurs permet d'avoir des informations numériques sur ces zones, notamment l'aire (**Area**) et sa position dans l'image (**X, Y**).

Les obstacles dangereux ont l'aire la plus grande et en triant selon les aires, on identifie ainsi les obstacles et zones à éviter.

On peut relancer l'analyse de particules en choisissant une aire légèrement inférieure à l'aire de ces obstacles pour ne garder que ceci.

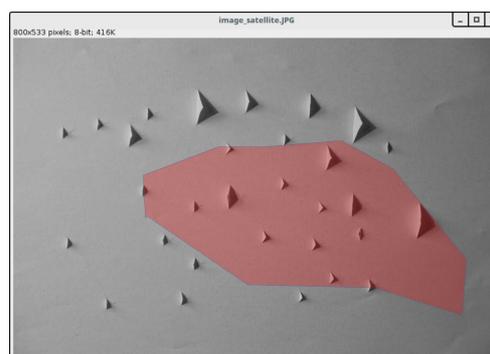
File	Edit	Font	Results	Results						
Area	Mean	X	Y	XM	YM	Major	Minor	Angle		
2	281	255	394.472	108.425	394.472	108.425	24.300	14.723	89.589	
3	396	255	497.578	114.896	497.578	114.896	31.462	16.026	90.218	
4	745	255	581.103	148.598	581.103	148.598	37.989	24.969	81.015	
5	91	255	226.291	127.291	226.291	127.291	14.653	7.907	94.549	
6	75	255	143.620	144.340	143.620	144.340	13.178	7.247	90.332	
7	289	255	201.026	165.099	201.026	165.099	24.117	15.258	85.497	
8	68	255	85.529	158.809	85.529	158.809	13.340	6.491	94.852	
9	77	255	452.825	169.656	452.825	169.656	13.130	7.467	83.301	
10	93	255	622.995	183.285	622.995	183.285	16.144	7.395	91.392	
11	39	255	360.269	185.987	360.269	185.987	8.397	5.913	52.955	
12	363	255	529.784	202.657	529.784	202.657	26.814	17.236	88.950	
13	84	255	449.679	244.381	449.679	244.381	12.624	8.472	77.401	
14	76	255	217.895	254.434	217.895	254.434	13.803	7.011	89.315	
15	326	255	362.954	265.439	362.954	265.439	31.170	13.317	89.095	
16	355	255	567.376	279.649	567.376	279.649	29.758	15.189	87.972	
17	74	255	302.689	281.311	302.689	281.311	14.122	6.672	95.371	
18	54	255	512.852	283.759	512.852	283.759	10.062	6.833	76.509	
19	627	255	682.724	307.276	682.724	307.276	45.923	23.973	68.750	
20	94	255	576.383	326.500	576.383	326.500	17.582	6.807	88.052	
21	85	255	419.465	332.241	419.465	332.241	12.595	6.593	86.141	
22	75	255	251.767	336.660	251.767	336.660	13.719	6.961	90.703	
23	69	255	92.906	342.529	92.906	342.529	13.294	6.608	82.930	
24	93	255	502.285	345.167	502.285	345.167	12.868	9.202	87.231	
25	93	255	302.887	376.919	302.887	376.919	15.148	7.817	92.266	
26	75	255	531.633	401.193	531.633	401.193	11.753	8.125	97.757	
27	112	255	594.107	413.536	594.107	413.536	15.038	9.483	94.371	
28	67	255	479.709	432.455	479.709	432.455	11.127	7.667	89.825	

Ainsi, avec une aire minimum de 150 pixels², on a la sélection suivante



On peut alors identifier sur l'image de départ les zones à risque.

Avec ImageJ il est possible d'écrire des macro commandes pour automatiser tout ce processus.



Annexe

Fabrication du modèle en papier (feuille A4 ou A3)

On utilise une feuille (A4 ou A3) dans laquelle on découpe des encoches triangulaires dont les hauteurs sont standardisées (5 mm, 10 mm et 15 mm). Cette feuille est contre collée sur une feuille blanche de même format.

On photographie la zone à la verticale, avec un éclairage latéral, en faisant attention à avoir uniquement dans le champ visuel la feuille blanche avec les obstacles et un éclairage homogène sur la feuille.

L'appareil peut être réglé pour photographier en noir et blanc.

