

SEANCES DE TRAITEMENT D'IMAGE

ANNEE M2

Images et sujets

Le principe général des travaux sur machine est le suivant. Les étudiants auront à leur disposition un ensemble d'images qu'ils pourront lire et visualiser grâce au logiciel Midas. Ils disposent d'autre part d'un programme de départ en Fortran (appelé initialement *traitement.f*), qui contient un sous-programme de lecture de l'image originale, et un programme d'écriture de l'image traitée. Il faut donc écrire un sous-programme intermédiaire qui effectuera le traitement de l'image proprement dit.

Les étudiants auront les choix entre plusieurs images et plusieurs sujets, selon les goûts et les rythmes. Une description succincte des images est donnée ci-dessous. Des possibilités de traitements sont ensuite proposées. D'autres propositions sont bien sûr bienvenues, et le parc d'images peut être complété à mesure de l'avancement des travaux (et dans la mesure de la place mémoire disponible...).

Bruno Sicardy
3 janvier 2006

LISTE DES IMAGES

La plupart des images décrites ici ont été prises lors des missions Voyager, qui ont exploré successivement Jupiter (1979), Saturne (1980 et 1981), Uranus (1986) et Neptune (1989). Plus de 100000 images ont été recueillies, dont moins de 20 % ont été réduits... Les images ont été prises par des caméras VIDICON, et chaque sonde possédait deux focales (“wide angle” et “narrow angle”), le rapport de grandissement entre les deux étant d’environ 7.

La dimension des images est de 800×800 pixels, codés chacun sur un octet, soit 256 niveaux de gris. Les marques noires (le “réseau”) sert de repère pour corriger les distorsions géométriques de l’image, ainsi que pour recaler des images de référence qui contiennent le courant d’obscurité.

io0001- Ce croissant du satellite de Jupiter, Io, montre plusieurs détails d’albédo sur la surface de l’astre, ainsi que les panaches des fameux volcans, dont certains se détachent sur le limbe du satellite. Noter le faible contraste de ces panaches, que l’on pourrait rehausser. On pourra également chercher si le satellite est entouré d’une atmosphère ténue, et essayer de comptabiliser les panaches volcaniques par des programmes de reconnaissance de forme. Noter enfin la faible illumination du “côté nuit” de Io, due à l’éclairement de Jupiter. On pourra mesurer le contraste d’éclairement entre ces deux côtés, et chercher à mettre en évidence des détails dans la face obscure (en faisant attention au bruit...).

io0002- Vue de la face éclairée de Io. On notera les nombreuses bouches volcaniques, que l’on cherchera à faire ressortir, par exemple avec des filtres directionnels. On pourra ensuite essayer de reconnaître les formes de ces volcans, et les comptabiliser. De même que précédemment, on pourra chercher des panaches volcaniques sur le fond du ciel.

jring0001- Il s’agit de l’une des meilleures images des anneaux de Jupiter, prise par la sonde Voyager 2. On voit ici l’extrémité de l’anse de l’anneau. On essaiera de montrer que l’anneau diffus, à l’intérieur de l’anneau le plus brillant, est en fait un plan, et non pas un halo comme on l’avait cru initialement. Récemment, un anneau très faible (le “fil de la Vierge”) a été découvert sur cette image: il s’étend au-delà de l’anneau brillant, et on cherchera à le mettre en évidence par un traitement approprié (en faisant attention aux variations du fond de ciel, dues à des inhomogénéités de sensibilité de la caméra !).

jring0002- Une vue plus interne des anneaux de Jupiter. On pourra se poser les mêmes questions que pour l’image précédente...

saturn000x- Image de Saturne, ses anneaux et deux de ses satellites. Mettre en évidence les structures des anneaux et de l’atmosphère. Essayer de “compter” les anneaux de manière automatique (par méthode de masque flou, ou de Laplacien). Essayer d’en faire une carte radiale par intégration le long d’ellipses. Mettre en évidence les “spokes” (structures radiales) et essayer d’en tracer les contours.

miranda0001, miranda0002 et miranda0003- Trois vues à très haute résolution (quelques centaines de mètres) du satellite d’Uranus, Miranda. Ce satellite présente une géologie très tourmentée, probablement liée à une collision violente lors de la formation du satellite et/ou une période chaotique dans l’histoire de l’orbite du satellite. Le traitement d’image pourra mettre en évidence les différents terrains, grâce à des filtres directionnels. On pourra également donner dans la reconnais-

sance des formes, pour compter les cratères et mesurer leur distribution en taille. Les plus courageux pourront essayer de reconstituer le relief du satellite près du terminateur, grâce aux ombres portées.

uring0001 et uring0002- Deux vues à très haute résolution des anneaux d'Uranus, observés en diffusion vers l'arrière (i.e. avec le Soleil "dans le dos"). Ces deux vues montrent les neuf anneaux déjà connus depuis la Terre, plus un dixième très fin que l'on cherchera à mettre en évidence. On pourra également intégrer le flux de ces anneaux le long d'une famille de courbes judicieusement choisies. Essayer enfin de voir quels sont les anneaux qui sont résolus et quels sont ceux qui ne le sont pas.

uring0003- La seule image des anneaux d'Uranus en diffusion vers l'avant (i.e. avec le Soleil "dans les yeux"). Noter la différence avec les deux images précédentes ! Essayer de retrouver les anneaux des images précédentes (quel critère utiliser ?). Faire une carte radiale de la distribution de poussière dans ces anneaux.

nring0001- L'une des premières images directes des arcs de Neptune, vus en diffusion vers l'arrière. Il faut tout d'abord traiter l'image pour rehausser son contraste, puis mesurer le contraste de brillance entre les arcs et la partie continue de l'anneau. On mettra également en évidence un deuxième anneau de la planète.

nring0002- L'une des plus belles images des arcs de Neptune (surnommée "golden arcs"), observés en diffusion vers l'avant. On remarquera les trois arcs, l'anneau continu et l'anneau intérieur. On cherchera à mettre en évidence un anneau diffus supplémentaire entre ces deux anneaux. On pourra également faire un suivi de contour pour tracer un profil longitudinal des arcs et de l'anneau continu.

jupsl90001- Images de Jupiter lors des impacts de la comète Shoemaker Lévy 9. Ces 4 images ont été prises le 24 juillet 1994 entre 0 h 25 et 0 h 30 TU au télescope danois de 1.54-m de l'Observatoire Européen Austral (ESO). Résolution spatiale 3000 k (seeing 0.7 arcsec), observateurs L. Jorda et N. Thomas.

Les images à gauche ont été prises dans des bandes du méthane (8937 Å en haut et 7271 Å en bas). Les images de droite ont été prises dans le continu (8290 Å en haut et 7508 Å en bas). De gauche à droite sur le disque de la planète, on observe les sites des impacts des fragments WKU (très proches), C, A et E (encore très brillants).

On essayera de diviser les images prises dans le méthane par les images prises dans le continu pour mettre en évidence les sites d'impact.

borrelly0001- image de la comète Borrelly prise le 6 novembre 1994 entre 3 h 02 et 4 h 11 TU au Pic du Midi (tél. de 2-m) dans le filtre R (0.70 μm). Résolution 334 km par pixel.

On cherchera à établir la distribution de l'intensité lumineuse autour du noyau par intégration sur des cercles (ou autres courbes) concentriques.

machholz0001- Idem avec cette image de la comète Machholz prise le 3 septembre 1994 à 3 h 02 TU au télescope de 55 cm du Pic du Midi dans le filtre GK1. Résolution 916 km par pixel.

PROPOSITIONS DE TRAITEMENTS

1 Filtres

Pour commencer un conseil: essayer de faire un programme le plus *modulaire* possible, avec des menus, des sous-programmes. Ceci rend le déplacement plus agréable, et permet des modifications plus souples, en ne changeant que quelques paramètres dans les menus, au lieu de reprendre dans son ensemble le programme.

Ensuite, on identifiera la partie du programme *traitement.f* qui effectue le traitement sur l'image. Par exemple:

```
do l=1,800
do ll=1,800
y(l,ll)= -x(l,ll)
enddo
enddo
```

donne simplement d'une image (stockée dans $x(l, ll)$) son négatif (stocké dans $y(l, ll)$).

On traite les lignes et les colonnes suivant les indices l et ll (exercice: trouver quel indice correspond aux lignes et aux colonnes). Dans l'exemple donné ci-dessus, on divise la valeur du pixel $x(l, ll)$ par 10, ce qui a peu d'intérêt...

On pourra commencer par construire des *filtres*, i.e. remplacer chaque pixel par une moyenne pondérée des pixels voisins (contenus dans ce que l'on appelle un *médailon*). Ainsi, le filtre le plus simple est (filtre **pas-se-bas**):

$$\frac{1}{9} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Technique du masque flou: on soustrait à l'image originale l'image filtrée. Que peut apporter ce traitement ?

On peut également réaliser un **filtre directionnel** (ombrages à gauche):

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Ce filtre est-il passe-haut ou passe-bas ?

On peut aussi faire des filtres dans d'autres directions: Direction nord: Prewitt:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}$$

Kirsch:

$$\begin{pmatrix} 5 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{pmatrix}$$

Direction nord-ouest:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \end{pmatrix}$$

ou:

$$\begin{pmatrix} 5 & 5 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{pmatrix}$$

Trouver un moyen de faire un filtre directionnel avec un direction arbitraire, à préciser par l'utilisateur.

Le traitement par **laplacien** revient à prendre le filtre:

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

On peut également utiliser un autre filtre laplacien:

$$\begin{pmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{pmatrix}$$

Retrouver les coefficients d'après la définition du laplacien:

$$\nabla^2 = \partial^2/\partial x^2 + \partial^2/\partial y^2 + \partial^2/\partial z^2$$

En remarquant que $\nabla^2 = \text{div}(\text{grad})$, interpréter le résultat du filtre laplacien. Montrer que ce filtre convient bien aux suivis de contour.

2 reconnaissance de formes

On peut reconnaître certaines structures dans une images en la *corrélant* avec un motif donné. Ce motif peut être artificiel, comme une cercle, un trait, une gaussienne, etc..., au au contraire pris

dans l'image elle-même (étoile, cratère, galaxie, etc...). Une fois ce motif extrait $m(ii, jj)$, on peut le corréler avec l'image en un endroit donné $x(i, j)$ de cette dernière:

$$corel(i, j) = \frac{\sum_{ii, jj} m(ii, jj) \times x(i + ii, j + jj)}{\sqrt{\sum_{ii, jj} m^2(ii, jj)} \sqrt{\sum_{ii, jj} x^2(i + ii, j + jj)}}$$

NB. faire attention aux indices, aux bornes, au bord de l'image, etc... ce qui risque d'être plus compliqué que ce que n'indique la formule.