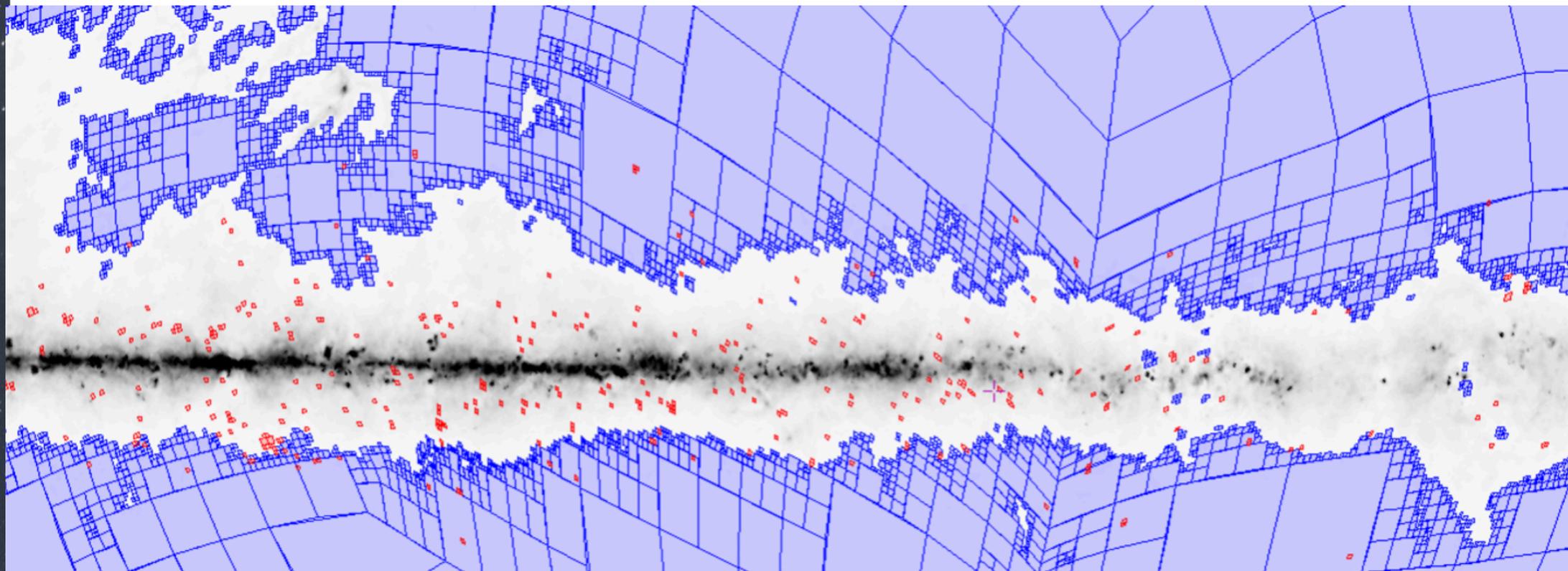


Traitement d'images astronomiques: et si on utilisait les HiPS?

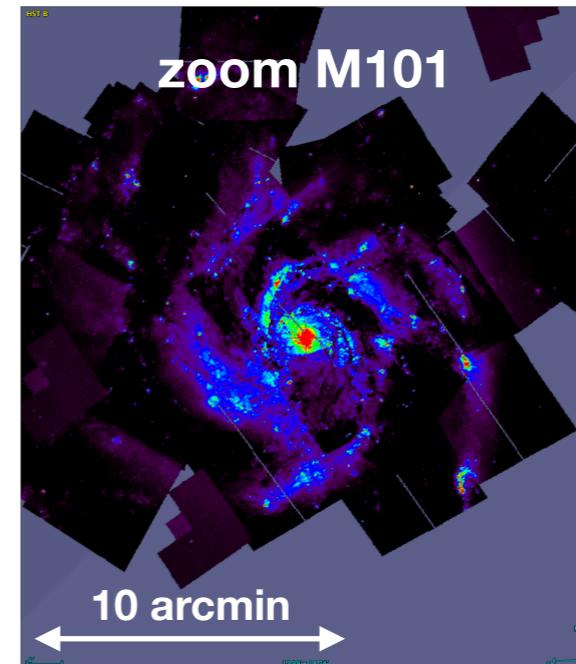
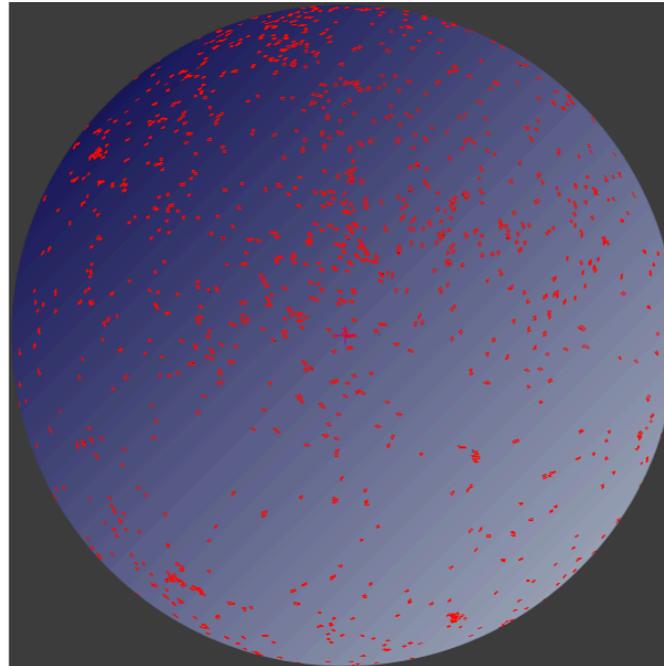
Caroline Bot et l'équipe Aladin
Centre de données de Strasbourg



□ Grands relevés en astronomie

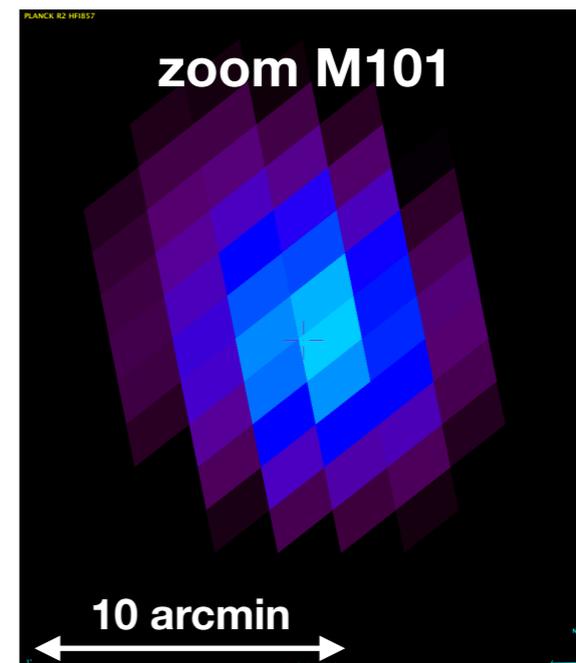
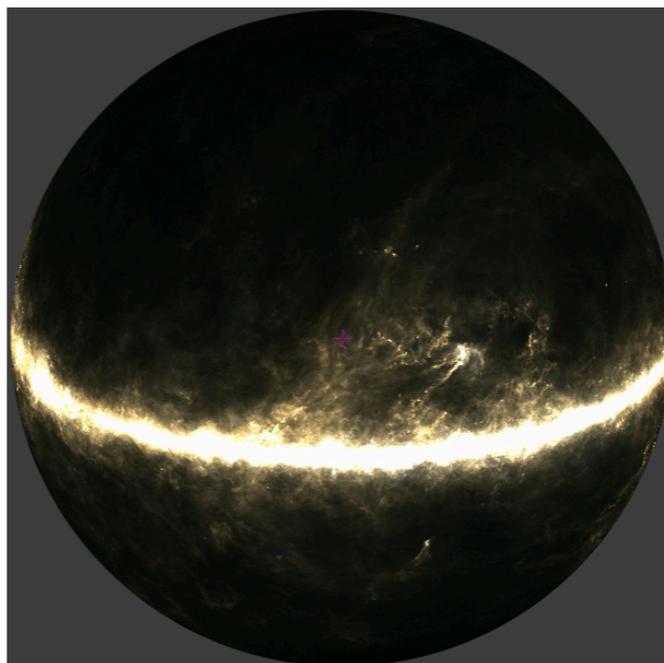
- Observations ponctuelles, bonne résolution

- exemple: Hubble



- Couverture tout le ciel, faible résolution

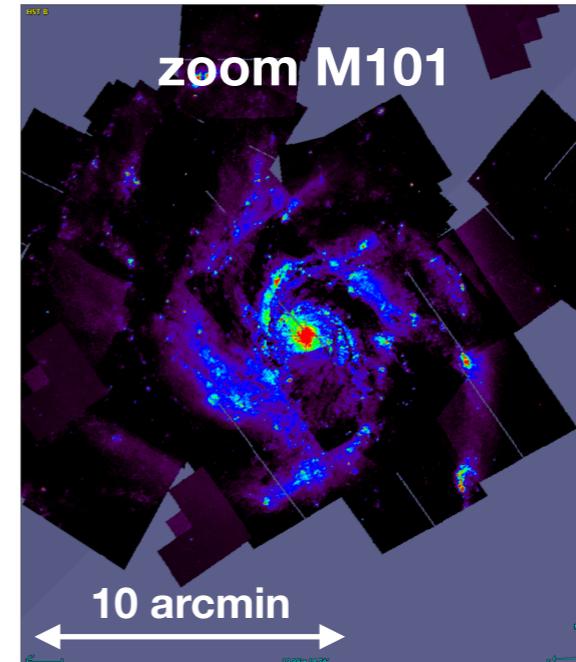
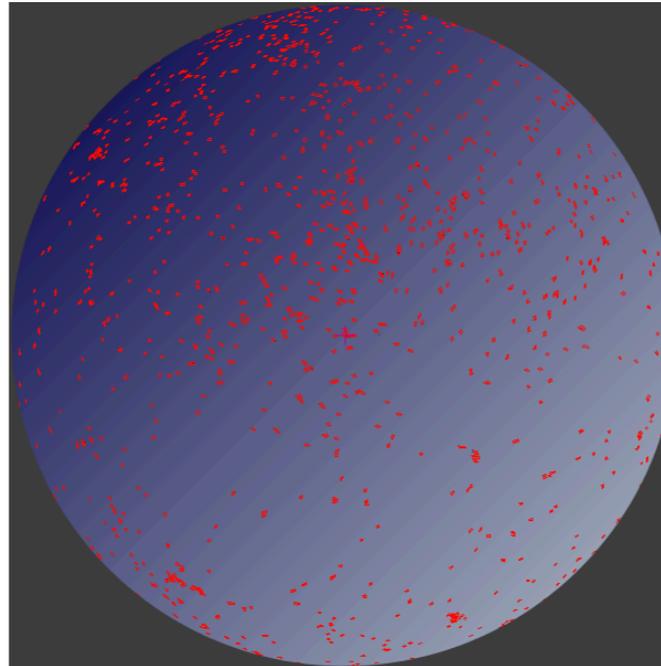
- exemple: Planck



□ Grands relevés en astronomie

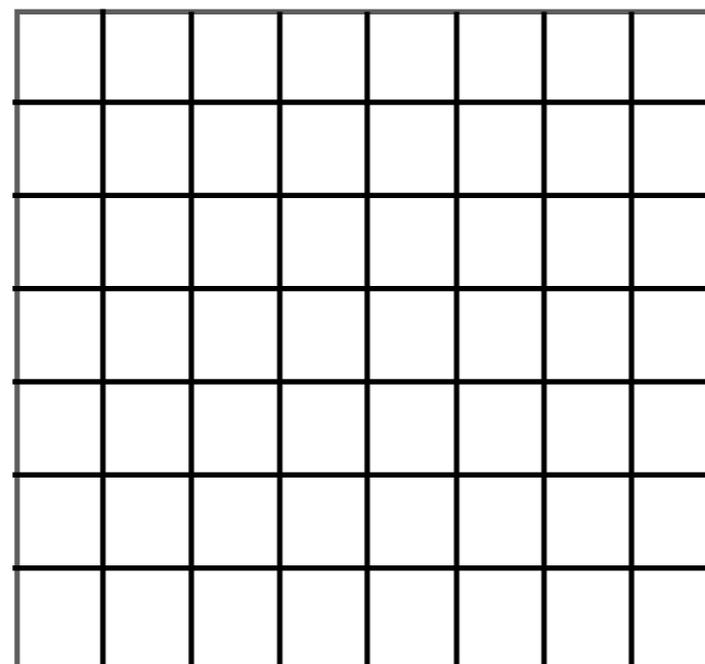
- Observations ponctuelles, bonne résolution

- exemple: Hubble



- images standards, header FITS, projection WCS

image[8,7]

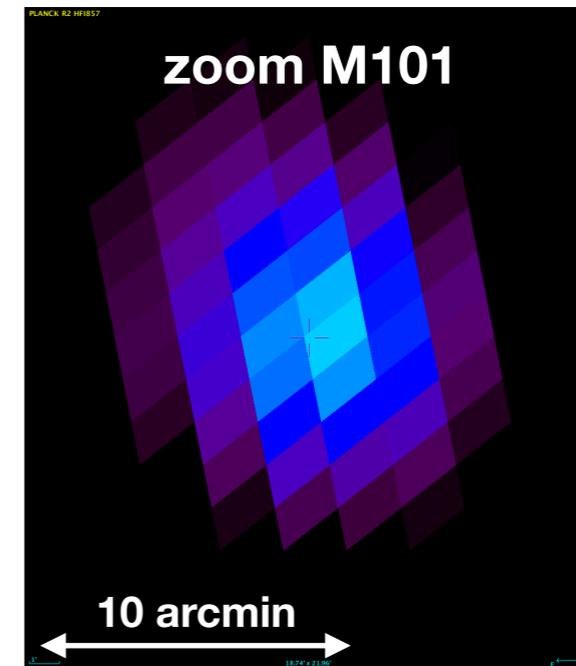
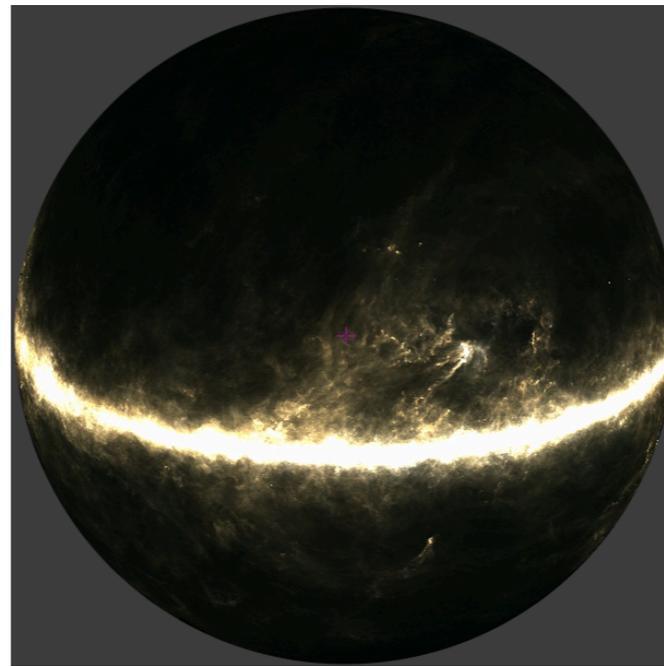


```
CDELTA1 = 0.00277778
CDELTA2 = 0.00277778
NAXIS1 = 8
NAXIS2 = 7
CRPIX1 = 4
CRPIX2 = 3
CRVAL1 = 23.4621
CRVAL2 = 30.6599
CTYPE1 = 'RA---TAN'
CTYPE2 = 'DEC--TAN'
```

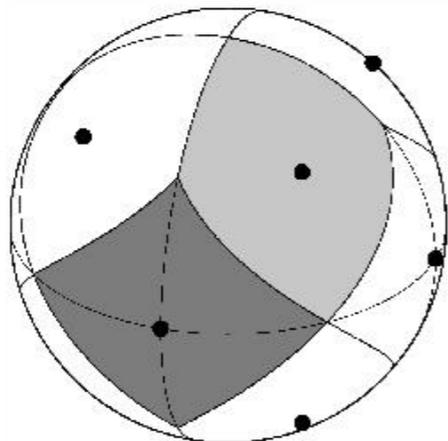
□ Grands relevés en astronomie

- Couverture tout le ciel, faible résolution

- exemple: Planck



- format HEALPix (Hierarchical Equal Area isoLatitude Pixelisation)

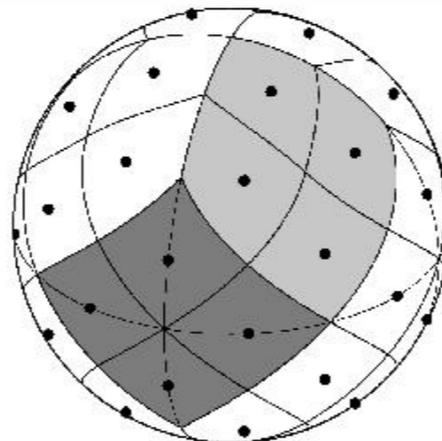


Nside=

1

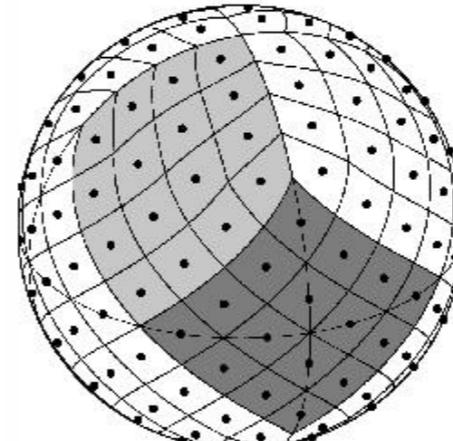
Npix=12 x Nside² =

12



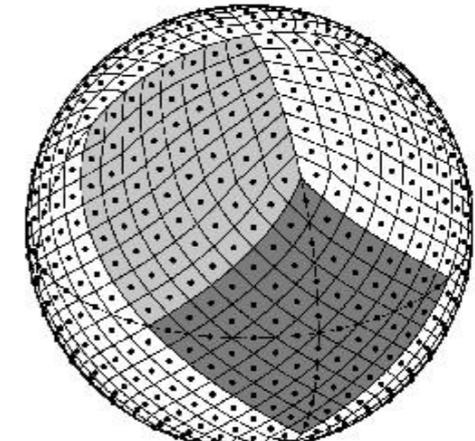
2

48



4

192



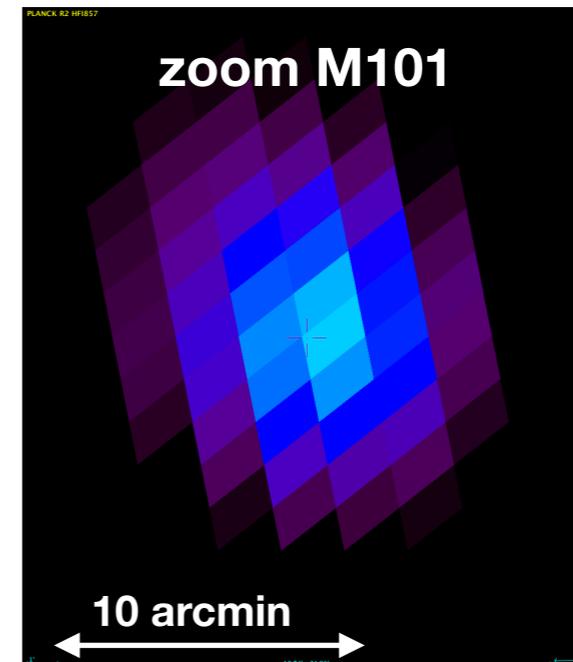
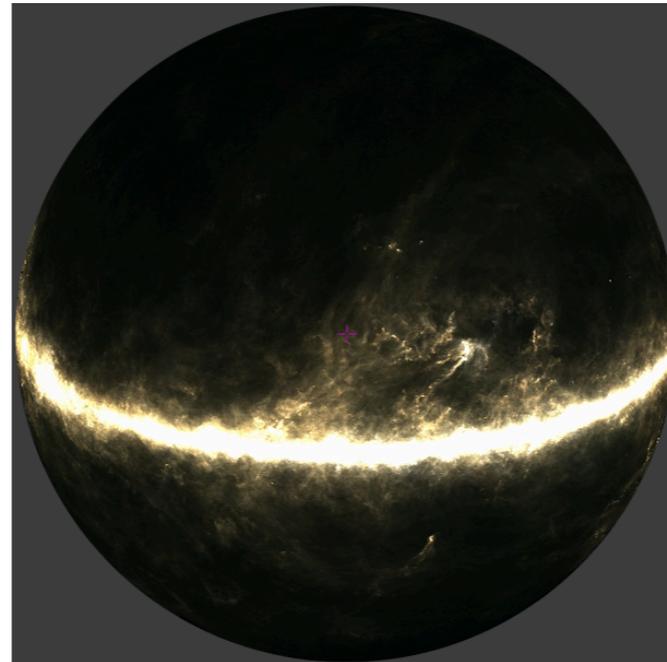
8

768

□ Grands relevés en astronomie

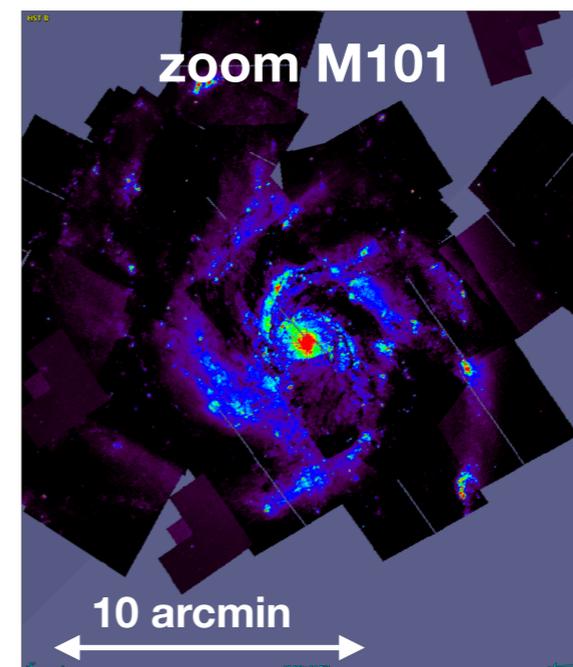
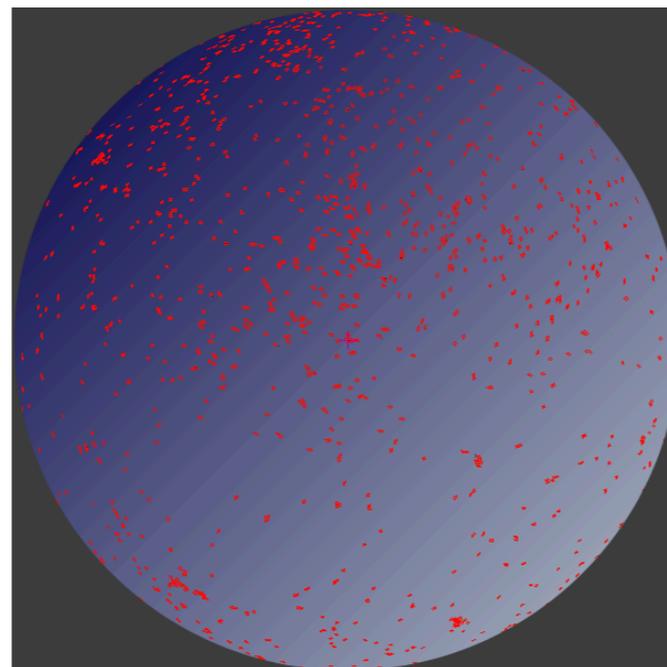
- Couverture tout le ciel, faible résolution

- exemple: Planck



- Observations ponctuelles, bonne résolution

- exemple: Hubble



La frontière
entre les
deux devient
de moins en
moins nette

□ Tout a une limite...

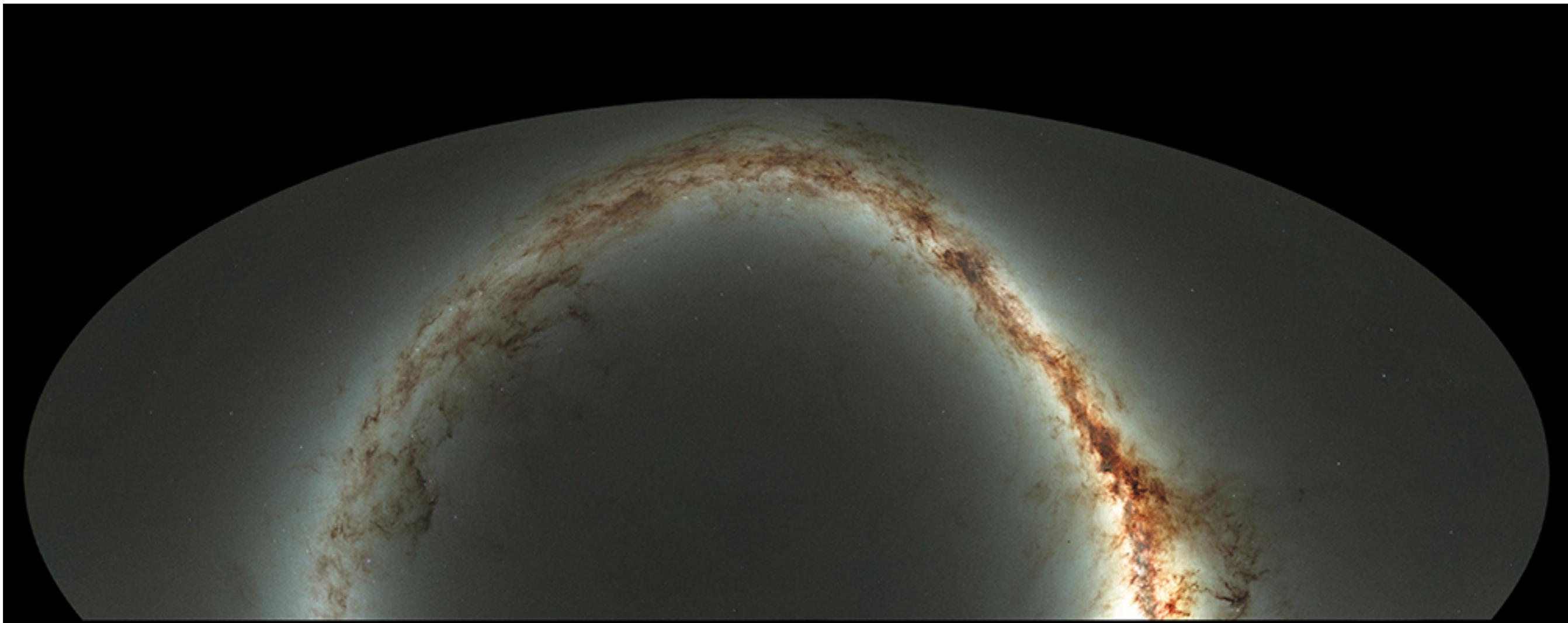
- Taille limite des données pouvant être ...
 - chargée en mémoire, téléchargée en un temps raisonnable, analysable par un ordinateur personnel, etc.



- Exemples:
 - Image de 50 000x50 000 pixels (exp: relevé PHAT)
 - Nside de 4096
- Cette taille limite évolue dans le temps, mais elle reste finie.

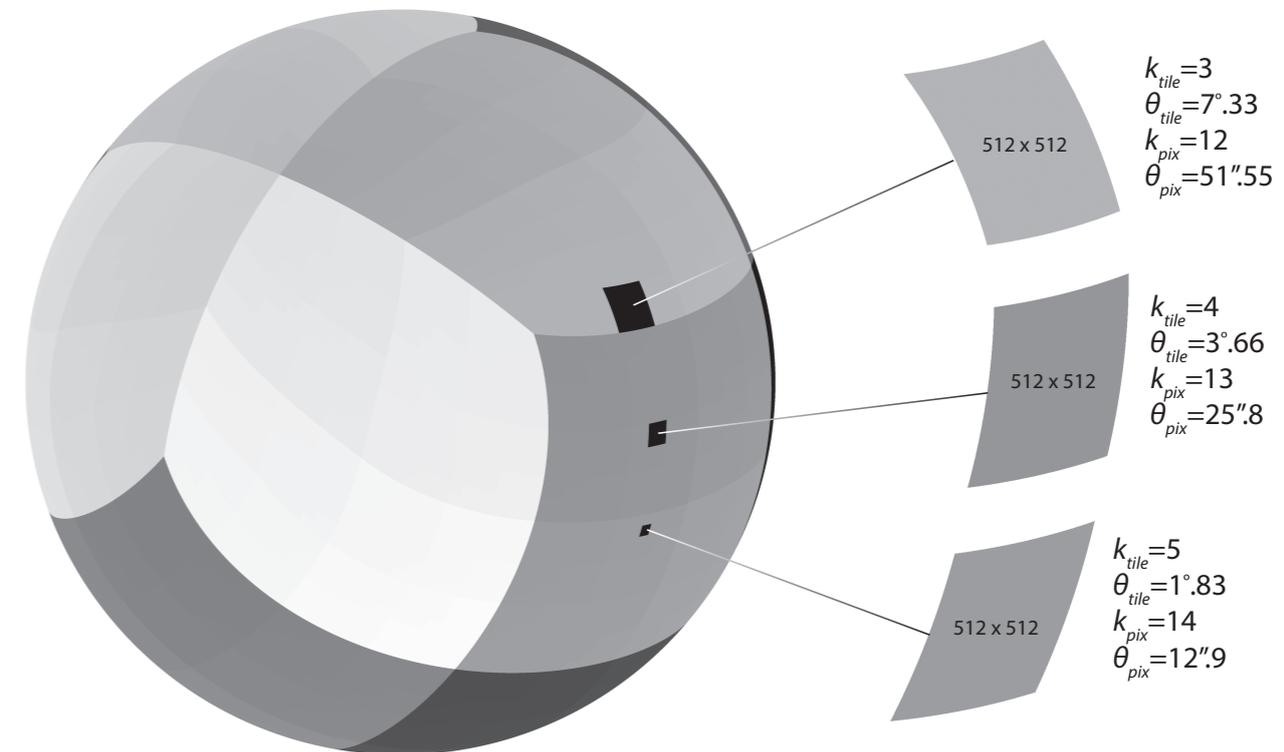
□ Example: Pan-STARRS

- 12Tpixels, 15TB par bande
200 000 images de 6300x6300 pixels
On n'a plus aucune vue globale de l'ensemble des données
- Resolution de 0.25"
Au format healpix il faudrait un Nside de $2^{29}=536\ 870\ 912$!!!



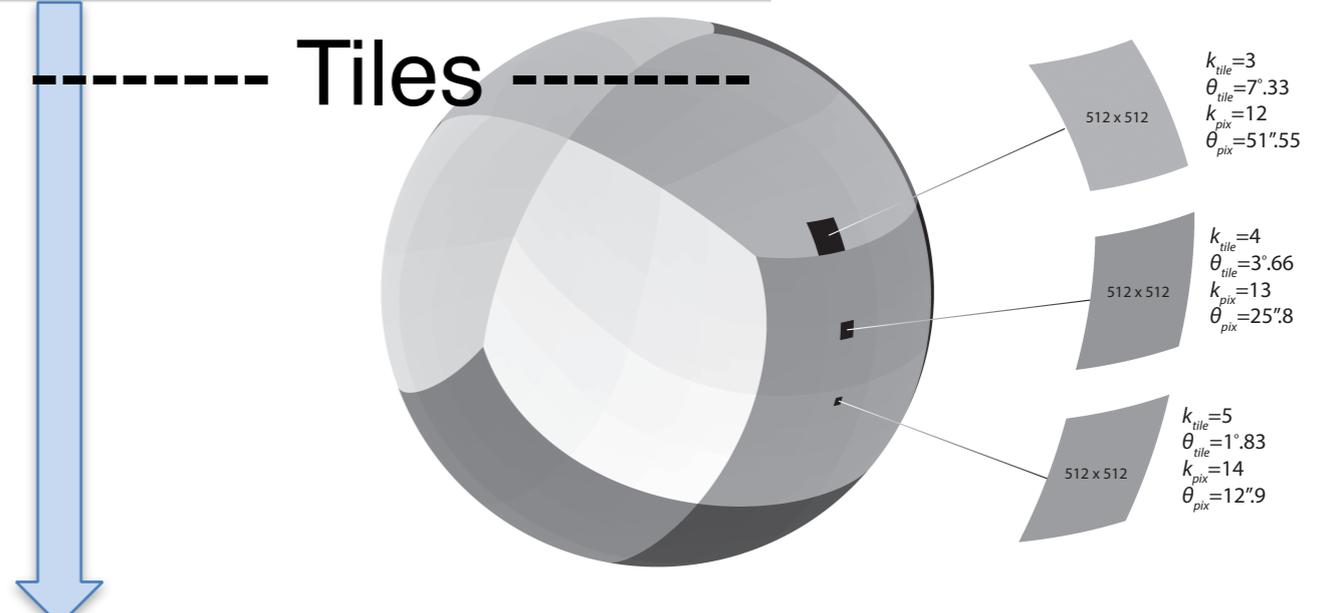
□ HiPS: Hierarchical Progressive Surveys

- format multi-résolution
+ on zoome, + on voit de détails
- le meilleur des deux mondes:
 - tessellation du ciel healpix:
cellules de surface constante,
pas de problème aux poles
+ numérotation par proximité
de voisinage



- ensemble de fichiers FITS 512x512
- format développé au CDS, maintenant un standard IVOA
- Cette structure de données existe pour les images ou les cubes

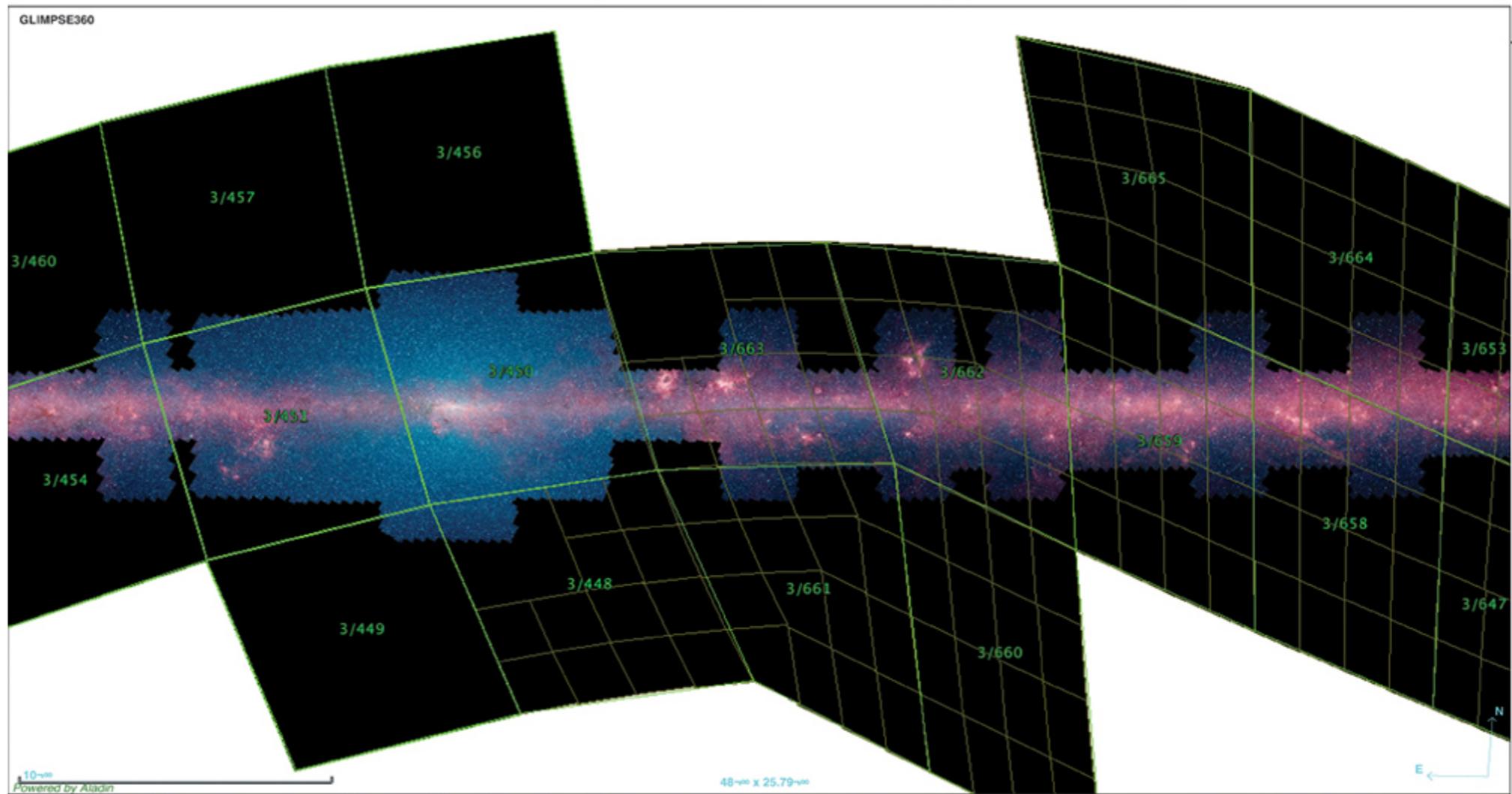
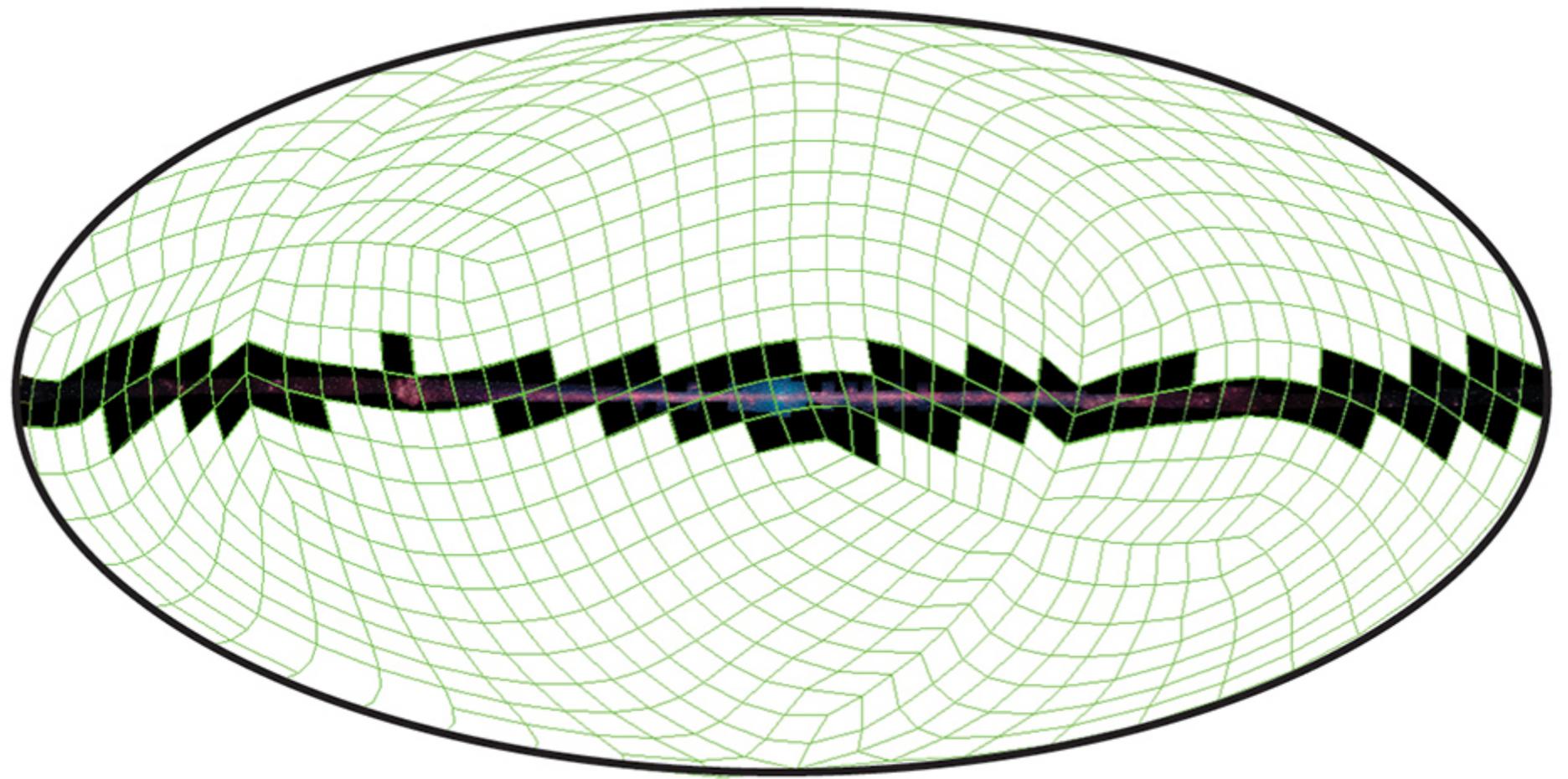
| k | $N_{side} = 2^k$ | N_{pix} | θ_{pix} | $k_{tile,512}$ | $N_{tile,512}$ | $\theta_{tile,512}$ |
|-----|------------------|-----------------------|----------------|----------------|-----------------------|---------------------|
| 0 | 1 | 12 | 58:6 | | | |
| 1 | 2 | 48 | 29:3 | | | |
| 2 | 4 | 192 | 14:7 | | | |
| 3 | 8 | 768 | 7:33 | | | |
| 4 | 16 | 3072 | 3:66 | | | |
| 5 | 32 | 12,288 | 1:83 | | | |
| 6 | 64 | 49,152 | 55:0 | | | |
| 7 | 128 | 196,608 | 27:5 | | | |
| 8 | 256 | 786,432 | 13:7 | | | |
| 9 | 512 | 3,145,728 | 6:87 | 0 | 12 | 58:6 |
| 10 | 1024 | 12,582,912 | 3:44 | 1 | 48 | 29:3 |
| 11 | 2048 | 50,331,648 | 1:72 | 2 | 192 | 14:7 |
| 12 | 4096 | 201,326,592 | 51":5 | 3 | 768 | 7:33 |
| 13 | 8192 | 805,306,368 | 25":8 | 4 | 3072 | 3:66 |
| 14 | 2^{14} | 3.22×10^9 | 12":9 | 5 | 12288 | 1:83 |
| 15 | 2^{15} | 1.29×10^{10} | 6":44 | 6 | 49152 | 55:0 |
| 16 | 2^{16} | 5.15×10^{10} | 3":22 | 7 | 196608 | 27:5 |
| 17 | 2^{17} | 2.06×10^{11} | 1":61 | 8 | 786432 | 13:7 |
| 18 | 2^{18} | 8.25×10^{11} | 0":81 | 9 | 3,145,728 | 6:87 |
| 19 | 2^{19} | 3.30×10^{12} | 0":40 | 10 | 12,582,912 | 3:44 |
| 20 | 2^{20} | 1.32×10^{13} | 0":20 | 11 | 50,331,648 | 1:72 |
| 21 | 2^{21} | 5.28×10^{13} | 0":10 | 12 | 201,326,592 | 51":5 |
| 22 | 2^{22} | 2.11×10^{14} | 50.3 mas | 13 | 805,306,368 | 25":8 |
| 23 | 2^{23} | 8.44×10^{14} | 25.1 mas | 14 | 3.22×10^9 | 12":9 |
| 24 | 2^{24} | 3.38×10^{15} | 12.6 mas | 15 | 1.29×10^{10} | 6":44 |



- WMAP
- PLANCK HFI
- IRAS
- NVSS
- SCUBA
- DSS
- SDSS
- CFHTLS
- HST ACS

□ Example

Spitzer GLIMPSE 360





GAL 65.6698417 +34.2874577



FoV: 158.77°



Plus de 600 HiPS actuellement accessibles

<http://aladin.unistra.fr/hips/list>

accessibles depuis 21 serveurs HiPS

- 2MASS
- AKARI
- ATLASGAL
- CFHTLS
- CO Dame et al.
- COHRS
- DECaLS
- DECaPS
- gaia DR2
- Simbad bibliography
- DSS2
- EGRET
- Fermi
- Finkbeiner maps
- GALEX GR6
- HGPS
- HI4PI
- Hubble Legacy Archive
- SDSS
- GOODS
- PHAT
- Haslam
- INTGAL
- IRIS
- ISOPHOT
- JPSPR1
- LIGO
- MAMA
- NEOWISER
- NVSS
- Planck
- PanSTARRS
- RASS
- ROSAT
- SCUBA
- SHASSA
- SHS
- Spitzer
- SUMSS
- ULTRAVISTA
- VISTA
- VLSS
- WENSS
- WISE
- WMAP
- allWISE
- skymapper
- BASS
- EXOSAT
- Herschel
- INTEGRAL
- ISOCAM
- XMM
- GLIMPSE
- HITOMI
- SUZAKU
- MAXI GSC
- MAXI SSC
- SWIFT
- Bice
- TIFR GMRT Sky Survey
- AMIGPS
- BLAST
- Bolocam Galactic Plane Survey
- VLA Galactic Survey
- CHIPASS
- Comptel
- DIRBE
- DRAO
- EBHIS
- Effelsberg
- ...

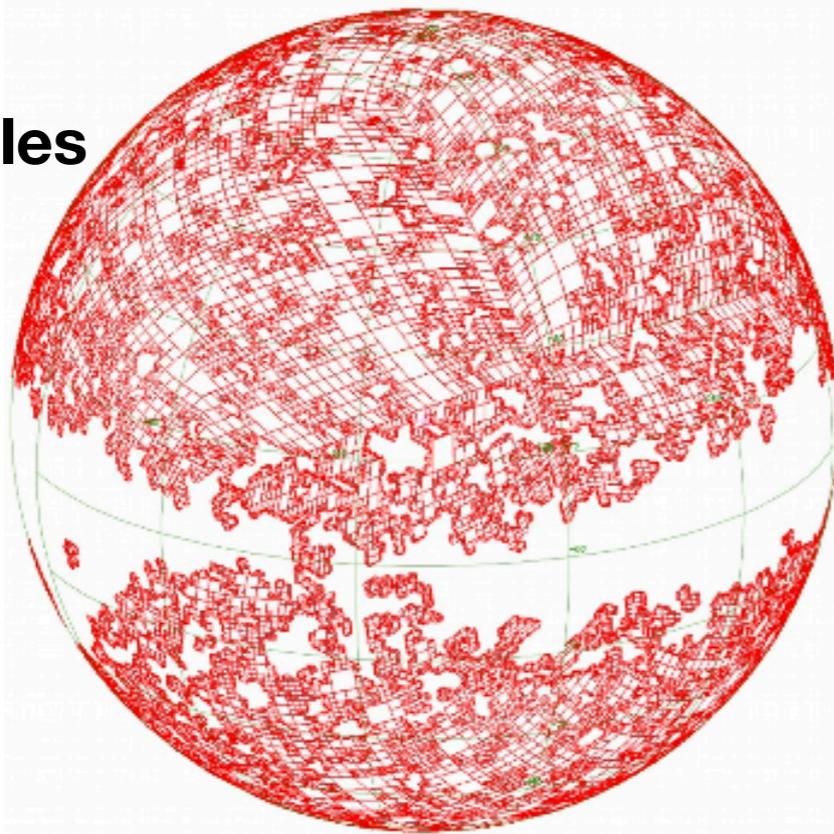
520.6 milliers de milliards de pixels

plusieurs clients sont capables de les afficher:
Aladin & Aladin Lite, Mizar, firefly, stellarium, digistar

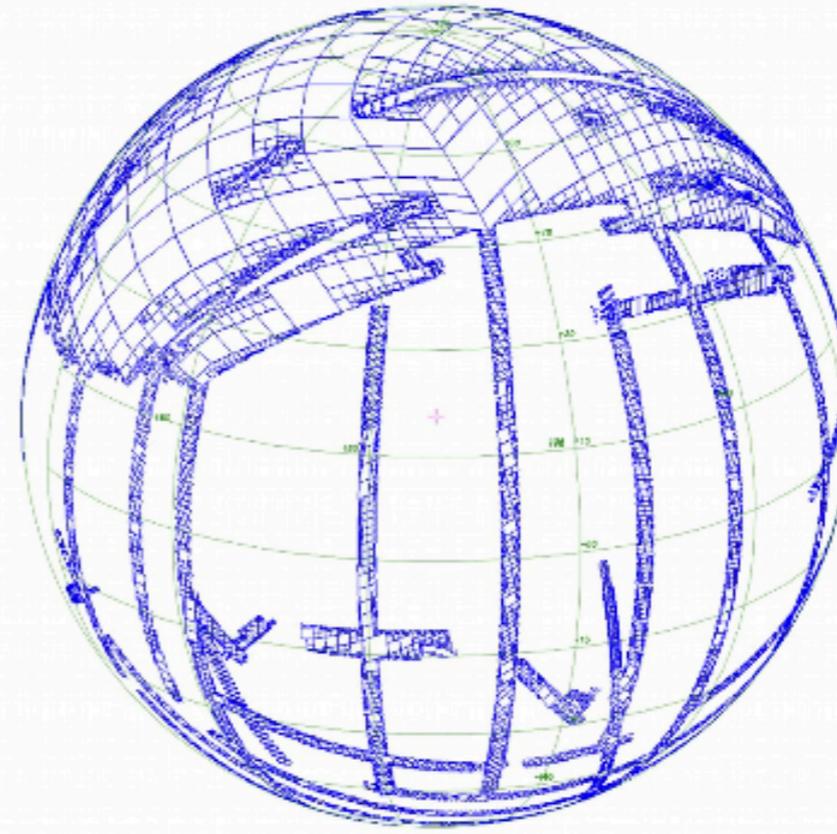
□ MOC: Multi Order Coverage

- Extension naturelle des HiPS, aussi un standard IVOA
- Décrit la couverture d'un jeu de données
- Exemples: MOCs des relevés GALEX et SDSS

niveau 8
~70 000 cellules



niveau 10
~225 000 cellules



- Opérations logiques (intersections, unions,...)
- Requêtes par MOC (“Je veux les données du catalogue XXX dans le MOC YYY”)

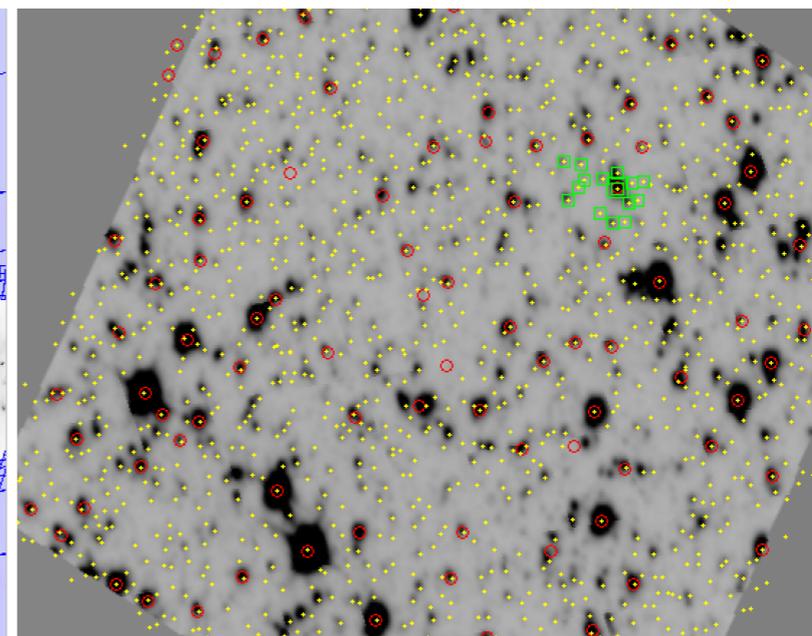
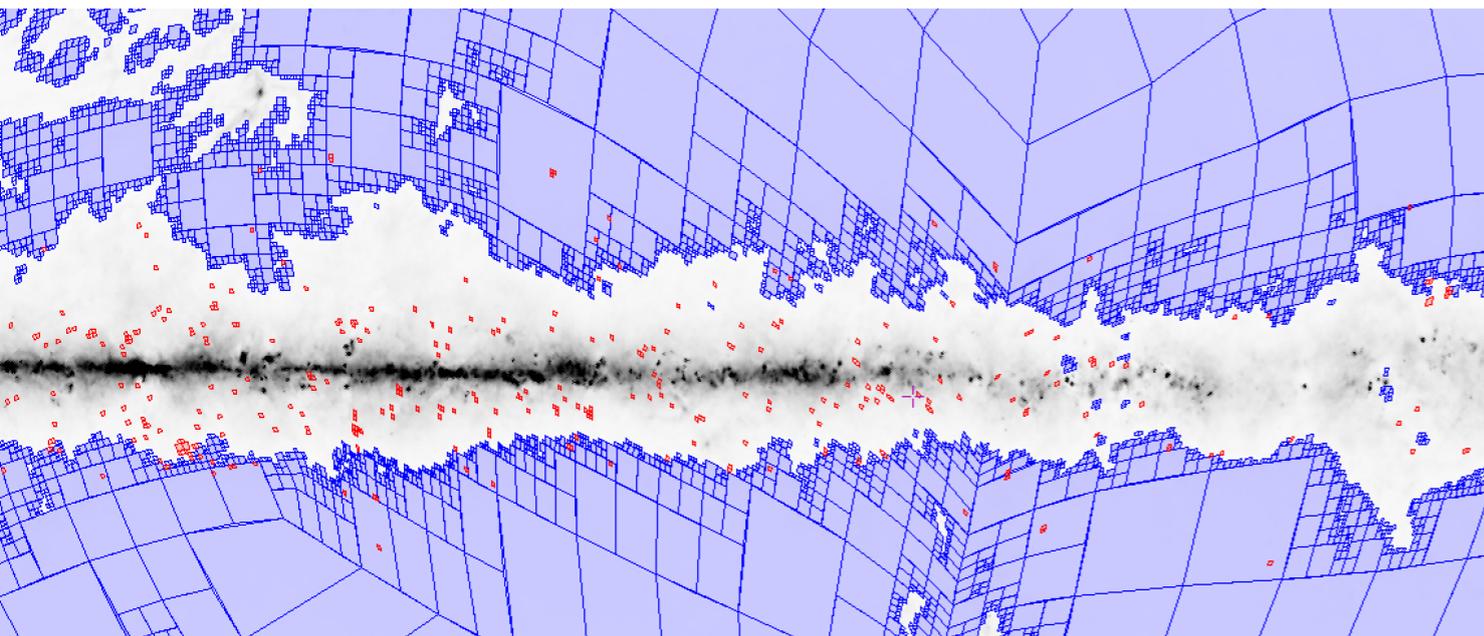


De nouveaux formats permettent de nouvelles utilisations

- Voir une archive comme un relevé
 - archives Hubble. Des HiPS des images HST par “groupes” ont été créés
 - le catalogue de sources Chandra a été produit à partir d’un relevé HiPS des images
- un format uniforme, une approche uniforme -> facilite la comparaison entre relevés
- mais aussi des opérations qui ne pouvaient pas se faire avant (ou alors très difficilement)

□ Exemple

- “J’ai un ensemble d’observations (relevé MASH (Parker et al. 2006-2008)). Je voudrais trouver les régions à faible extinction, y trouver les sources détectées à la fois par Gaia DR2 et WISE et visualiser diverses quantités (un diagramme couleurs-couleurs)”

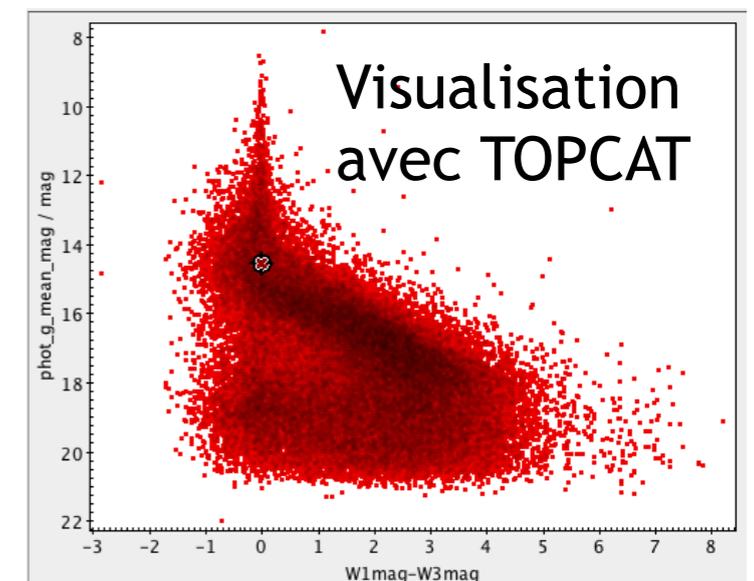


Xmatch
Gaia-WISE

Trouver la couverture du ciel
Intersection de MOCs

charger le catalogue Gaia
dans les zones d’intérêt
requête par MOC

Tutoriel pas à pas disponible sur les pages euro-vo:
<http://www.euro-vo.org/?q=science/scientific-tutorials>



□ Le futur?

- Développer les méthodes d'analyse d'images basées sur le format HiPS
 - Utiliser la multi-résolution
 - Comparer des relevés entre eux
 - d'autres idées??