

Étude des nuages de Vénus par polarimétrie avec SPICAV/VE_x

Loïc Rossi

Sous la direction de Franck Montmessin et Emmanuel Marcq

LATMOS/UVSQ

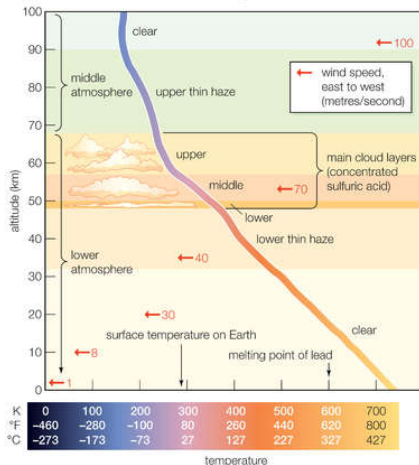
26 mars 2013

- 1 Introduction
 - Les nuages sur Vénus
- 2 Modèle de diffusion
 - Principes
 - Implémentation
- 3 État de l'art
 - Étude des nuages
 - Étude des brumes
- 4 Polarimétrie avec SPICAV
- 5 Observations SPICAV-IR
 - Couverture observationnelle
 - Premières observations
 - Analyses préliminaires
 - Conclusion
- 6 Perspectives

Les nuages sur Vénus

- Couche de nuages entre 50 et 75 km
 - Composition : $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$ à 85% en masse
 - $r \sim 1 \mu\text{m}$
- Brumes entre 30 et 90 km
 - $r \sim 0,25 \mu\text{m}$
 - composition : acide sulfurique
- Variations d'altitude et d'épaisseur des couches près des pôles

Venus's middle and lower atmospheres



Modèle de diffusion

On raisonne des particules sphériques, non absorbantes ($n_i = 0$).

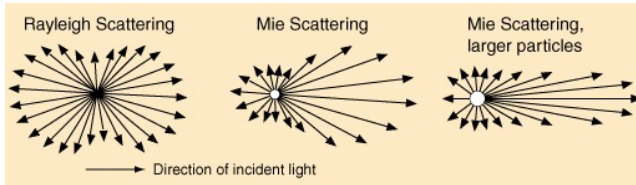
Paramètre de taille : $x = \frac{2\pi r}{\lambda}$.

Régime Rayleigh

- $x \ll 1$
- $|nx| \ll 1$
- $P = +100\%$ à 90°

Régime de Mie

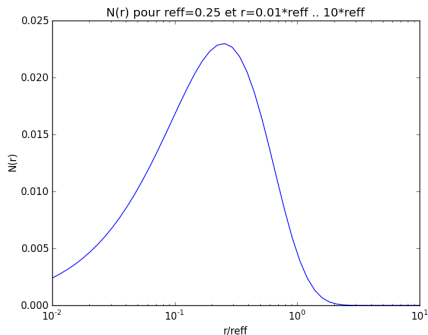
- polarisation plus complexe
- dépendance en n, r
- phénomènes optiques (gloires)

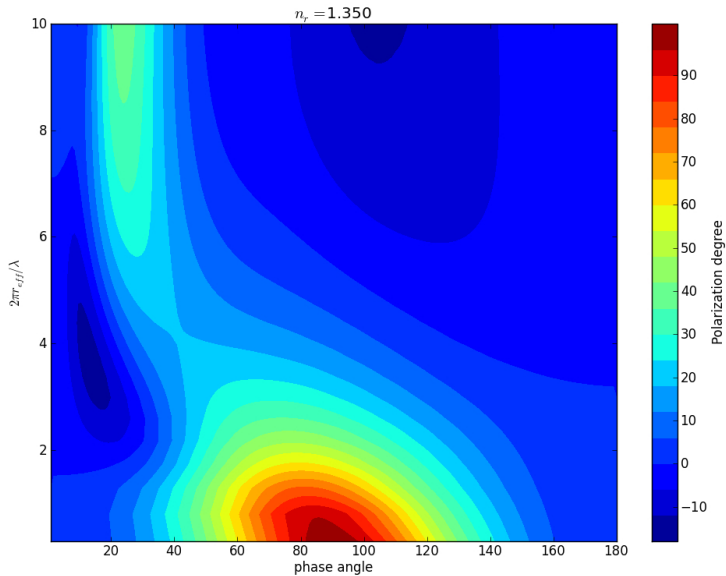


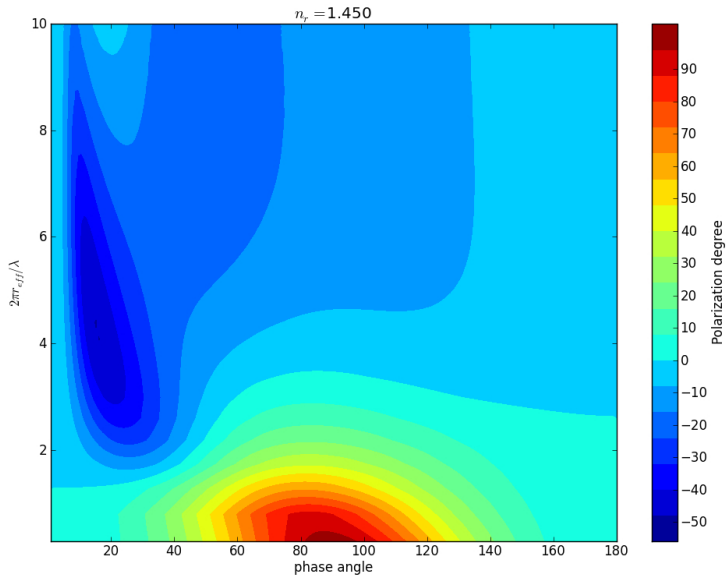
La diffusion par une seule taille de particule est inexploitable à cause des interférences. On convolue les fonctions de phase par une fonction de distribution de taille de particules :

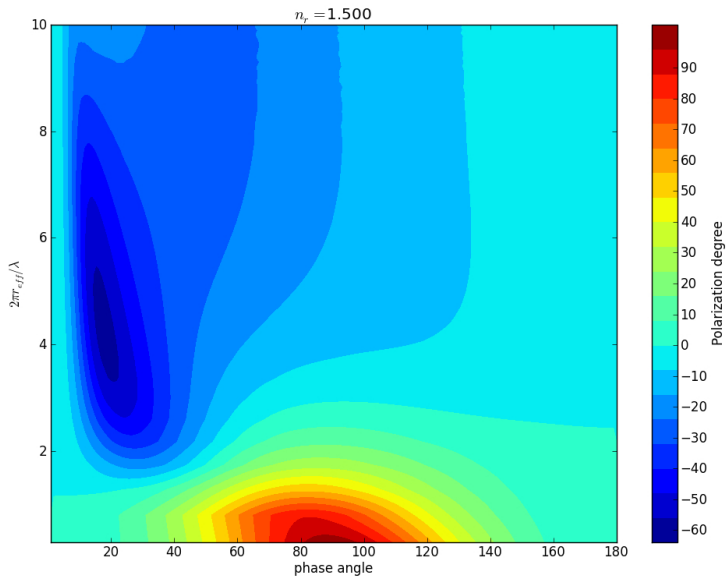
$$N(r) = c \cdot r^{-3 + \frac{1}{\nu_{eff}}} e^{-\frac{r}{r_{eff} \nu_{eff}}}$$

où c est une constante de normalisation.

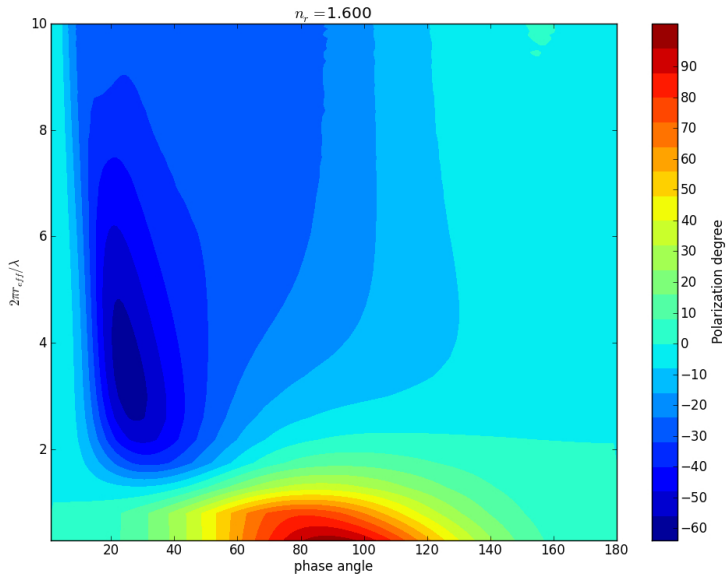


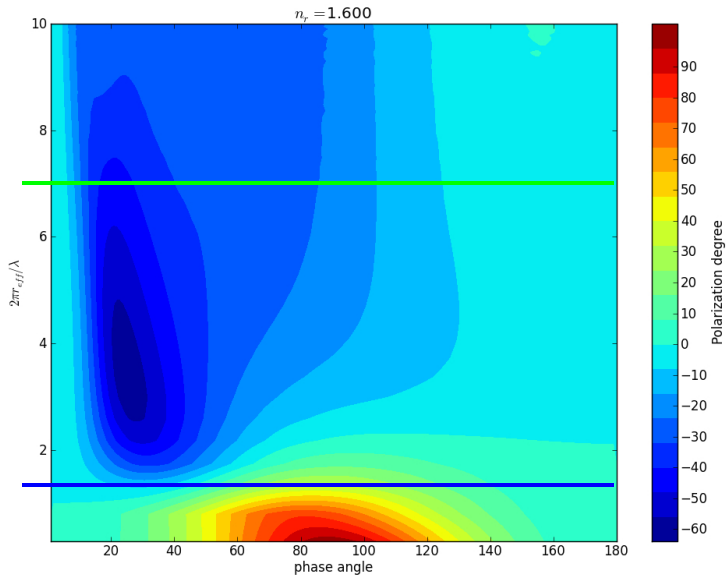


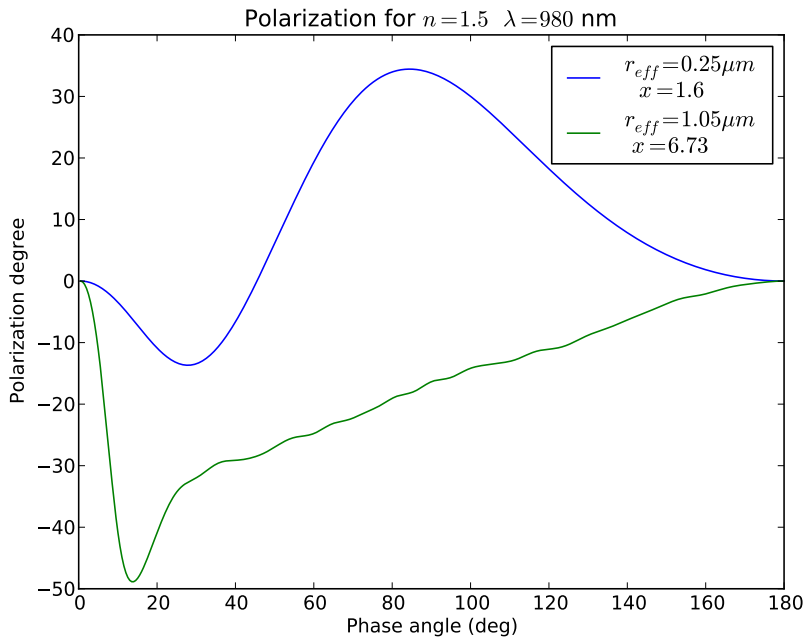




Linear polarization with $n_{\text{eff}}=1.050$ $v_{\text{eff}}=0.25$

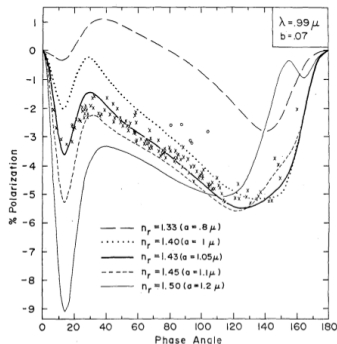






Étude des nuages

- 1929 : Thèse de Lyot sur la polarisation des planètes
- Années 1960 : observations au sol
- Années 1970 : observations avec OCPP/Pioneer Venus



Coffeen (1969), simple diffusion

- Particules sphériques, $n_i \sim 0$
- $1,43 < n < 1,55$
- $2r = 2,5 \pm 0,5 \mu m$

Hansen et Hovenier (1974), diffusion multiple

- $r \sim 1 \mu m$
- $n \sim 1,45$
- $H_2SO_4 - H_2O$ à 75%

Les brumes sont étudiées dans les années 1980/1990. Les observations montrent une variabilité temporelle avec différentes périodes ainsi qu'une variabilité spatiale.

Kawabata (1980)

- $n = 1,45 \pm 0,04$ @ 550 nm
- $r = 0,23 \pm 0,04 \mu m$
- Contribution importante des brumes à hautes latitudes
- Variations temporelles diurnes et à l'échelle de mois

Sato (1996)

- $r = 0,25 \pm 0,05 \mu m$
- $n = 1,435 \pm 0,02$ @ 550 nm
- Variations temporelles de τ .

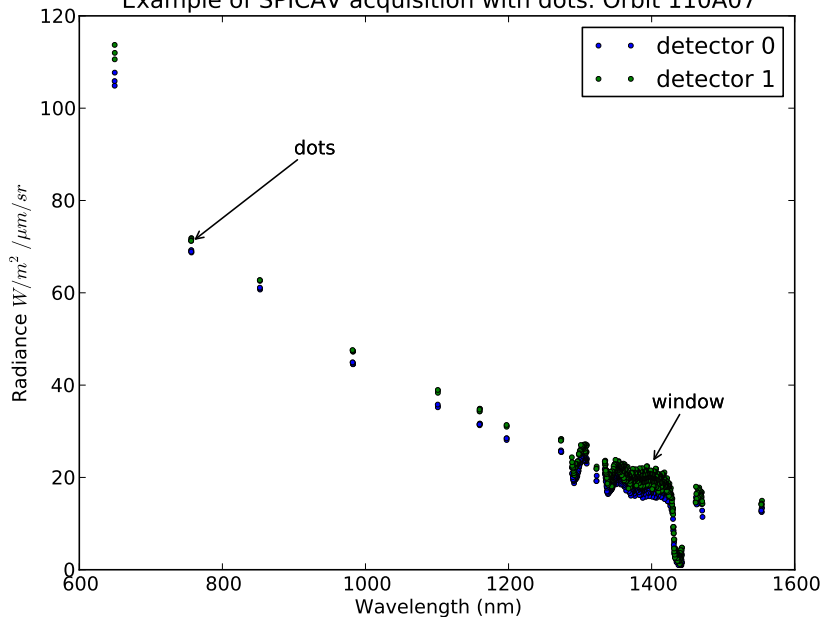
SPICAV est un spectromètre UV et IR basé sur un cristal acousto-optique. À chaque fréquence d'oscillation correspond une longueur d'onde. Les faisceaux ordinaires et extraordinaires sont polarisés linéairement dans des directions orthogonales.

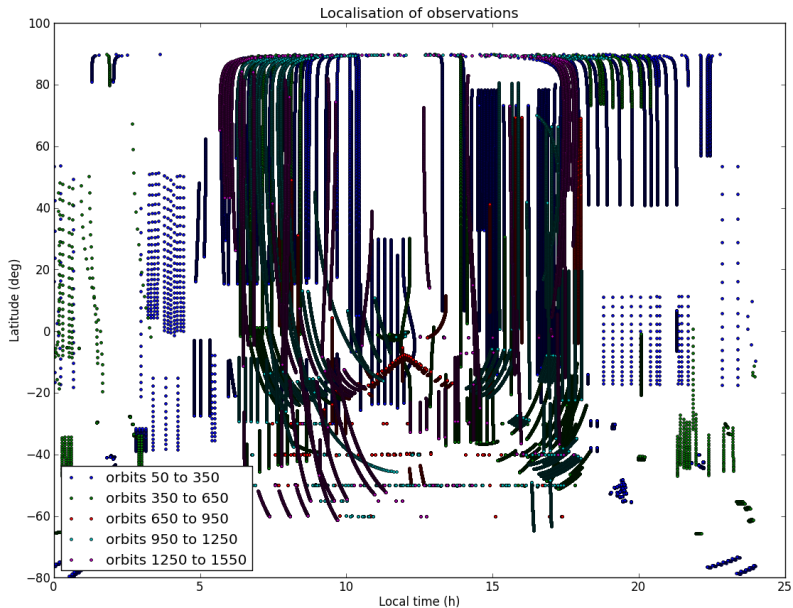
On obtient ainsi un spectre dans deux polarisations orthogonales : mesure d'une polarisation linéaire possible.

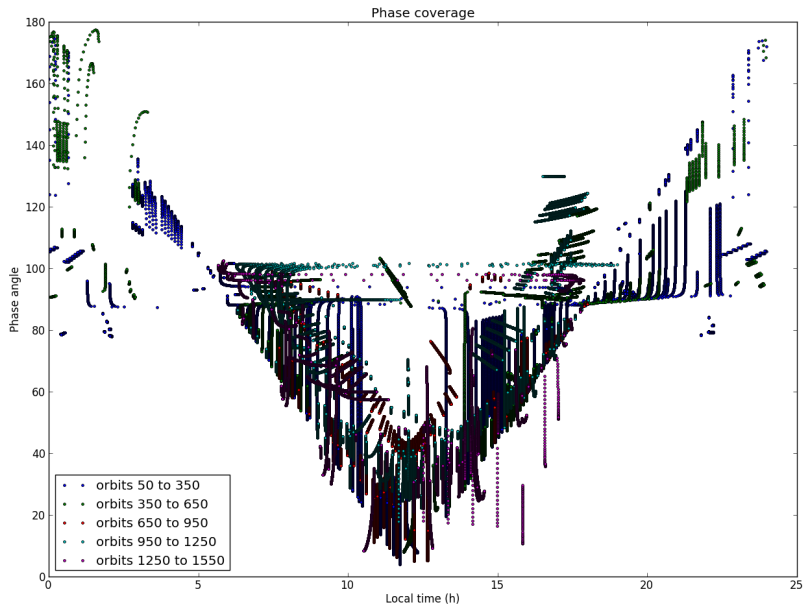
$$P_{\ell} = \frac{P_{\perp} - P_{//}}{P_{\perp} + P_{//}}$$

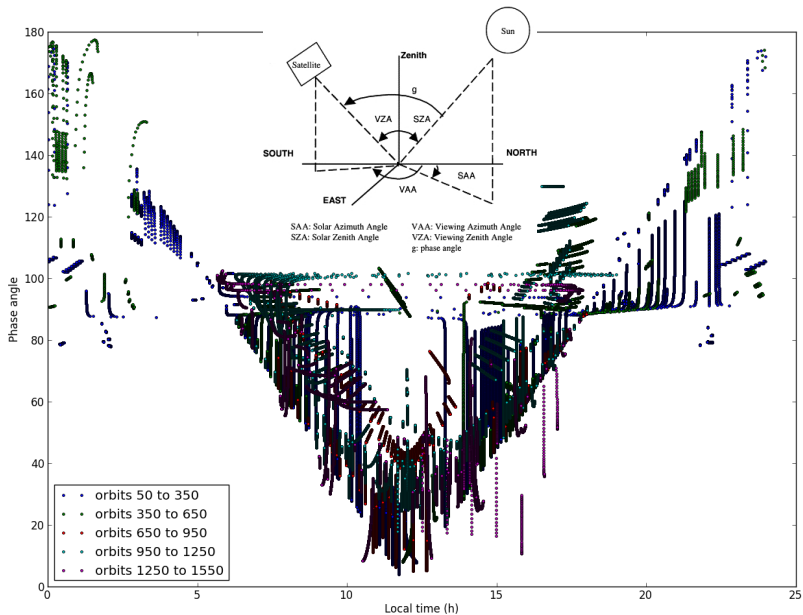
P_{ℓ} est nul à angle de phase nul : outil de calibration.

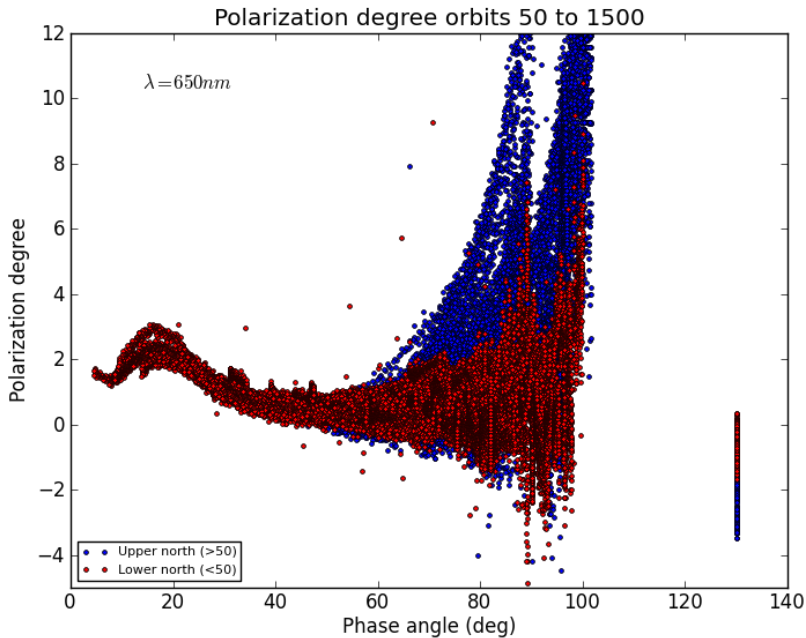
Example of SPICAV acquisition with dots. Orbit 110A07

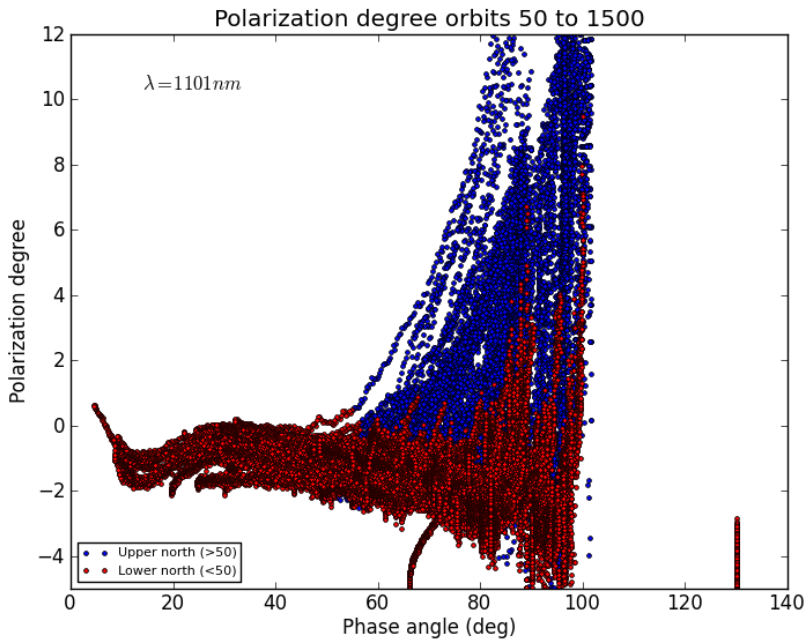


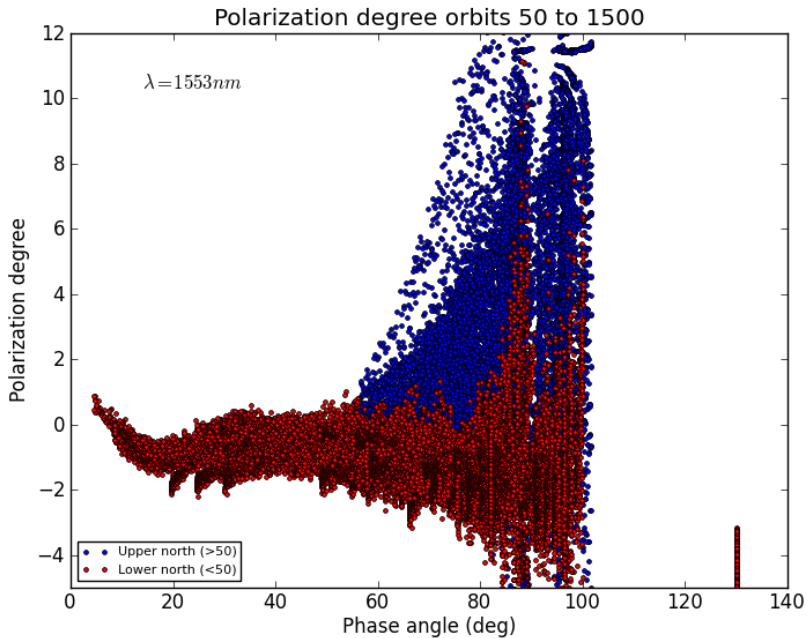


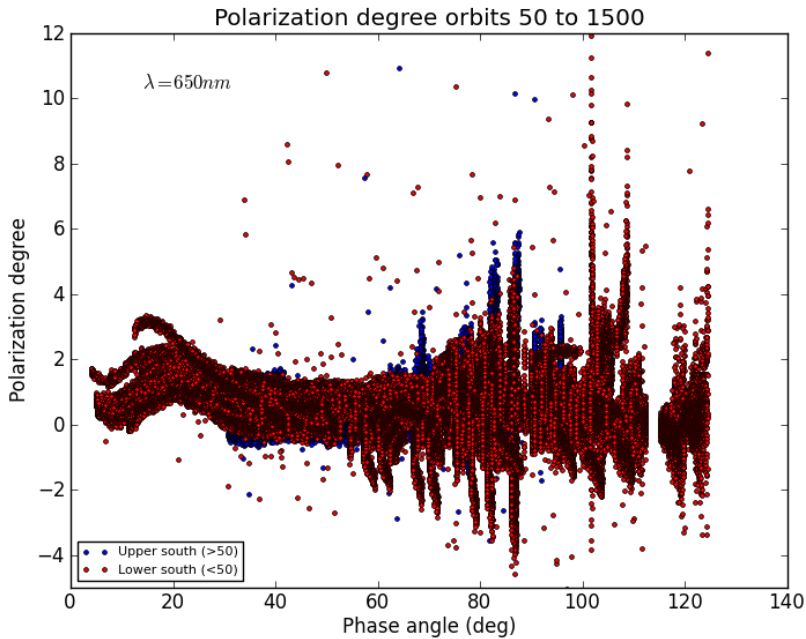


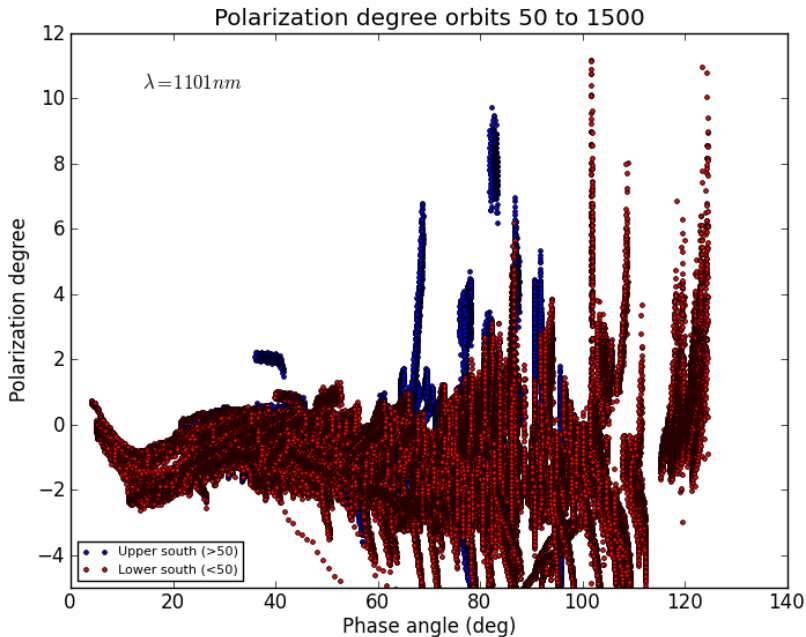


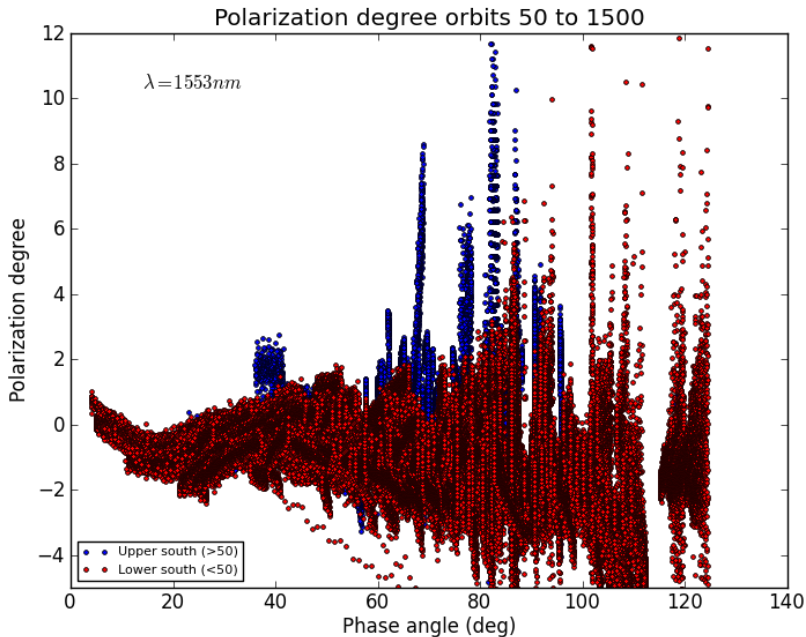












- Mêmes ordres de grandeur (quelques %) que les observations précédentes ;
- Pour $\lambda > 1 \mu\text{m}$, on a $P_I < 0$: cohérent avec le modèle pour $r \sim 1 \mu\text{m}$ et avec les observations antérieures ;
- On a bien une gloire avant 20° comme dans le modèle ;
- Forte polarisation positive à angles de phase proches de 90° : contribution Rayleigh nécessaire $\Rightarrow$ contribution des brumes ? Cohérent avec observations spatiales OCPP.
- Différences de comportement à hautes latitudes : plus d'influence des brumes ? Lien avec le niveau de la couche nuageuse près des pôles ?

- Les données sont cohérentes avec les observations antérieures ainsi qu'avec le modèle : exploitation possible.
- Bonne couverture en angle de phase et en latitude pour faire une étude pertinente.
- Données de polarimétrie inexploitées, avec plusieurs années d'observations : étude des variations temporelles possible.

Perspectives pour la suite de la thèse :

- caractériser l'erreur sur la mesure de polarisation à l'aide du bruit instrumental ;
- ajuster les données avec une approximation en simple diffusion ;
- obtenir des premières contraintes sur les paramètres r_{eff} , ν_{eff} , n ;
- intégrer le modèle de diffusion de Mie dans un code de transfert radiatif prenant en compte la diffusion multiple ;
- étudier particulièrement des orbites avec observations de gloires ;
- utiliser les observations en *cloud tracking*.

Merci de votre attention.

*Thèse financée par le Laboratoire d'excellence « Exploration Spatiale des Environnements Planétaires » Labex ESEP -N 2011- LABX-030
Soutien de l'État et l'ANR au titre du programme « Investissements d'avenir » via l'Initiative d'excellence PSL*(ANR-10-IDEX- 0001-02)*