

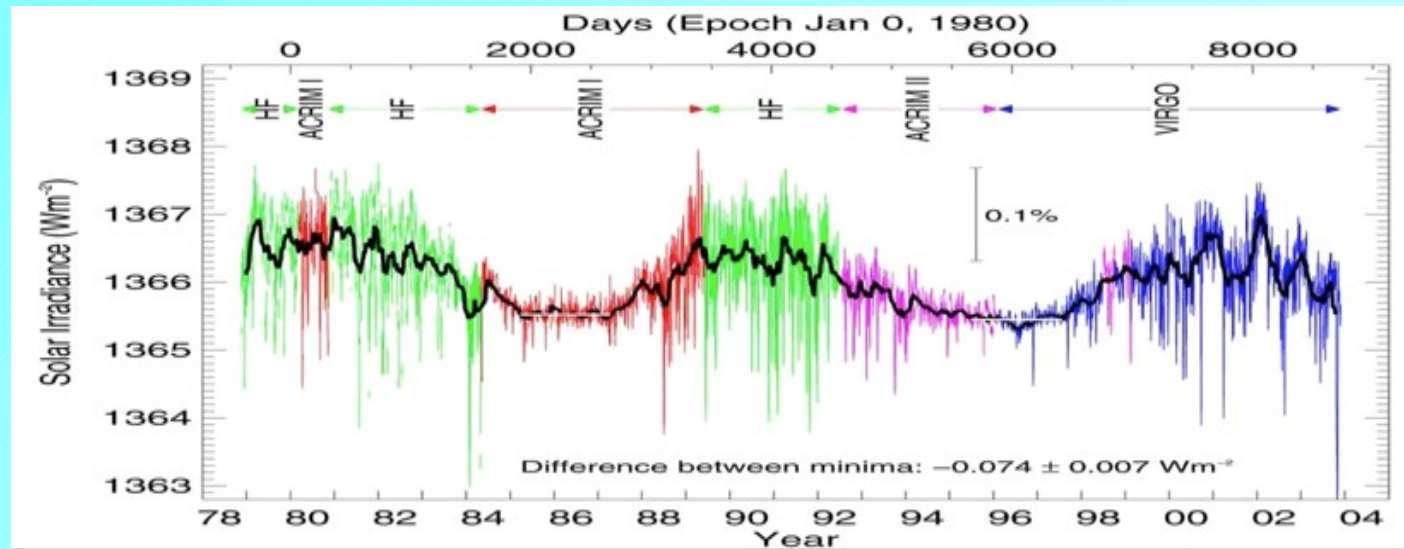
**Réponse de la moyenne atmosphère  
au cycle solaire à 11 ans  
à l'aide du modèle Chimie-Climat LMDz-Reprobus**

**M. Marchand,  
S. Bekki, P. Keckhut, A. Hauchecorne, C. Claud,  
F. Lefèvre, D. Cugnet, M.-P. Lefebvre, V. Poulain, S.  
Lefebvre, F. Lott, F. Hourdin, S. Bossay**

**LATMOS/IPSL, CNRS**

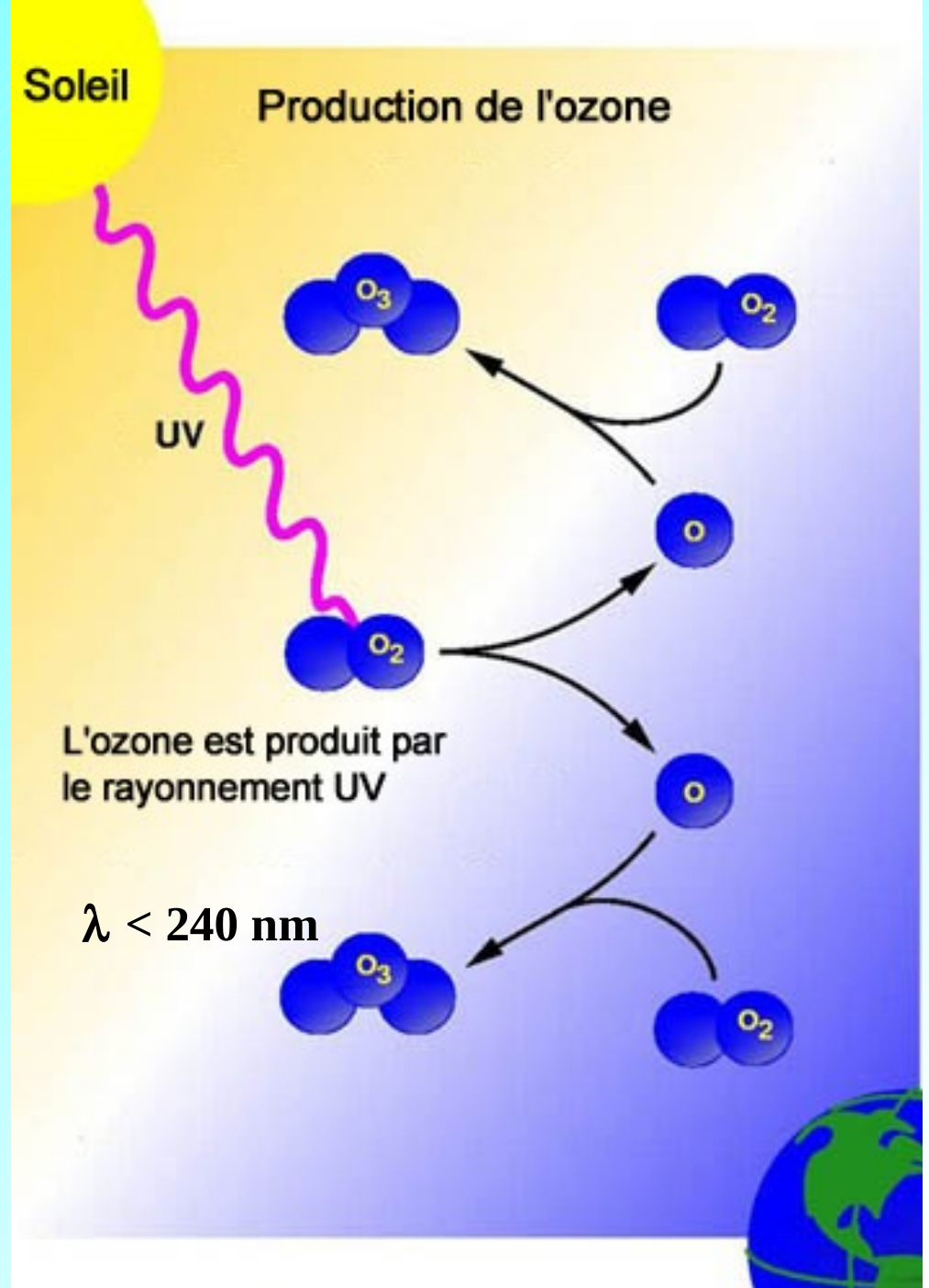
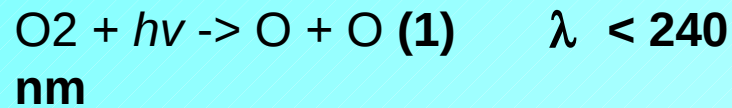
**LMD/IPSL, CNRS**

# Evolution de l'irradiance total (TSI)

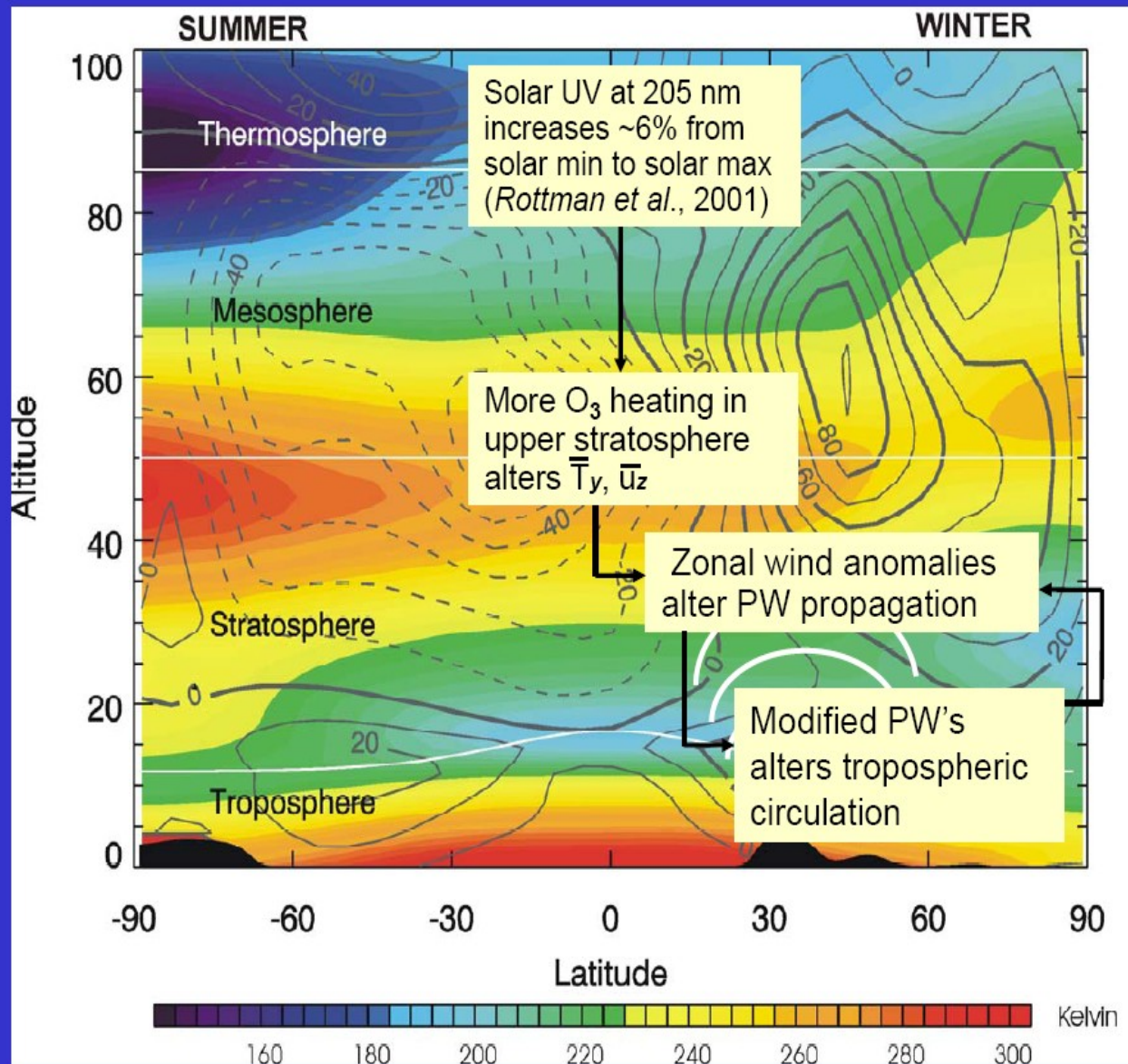


# Production of stratospheric ozone modulated by solar UV

At  $z > 30$  km



# Solar-Climate Connection: A Working Theory



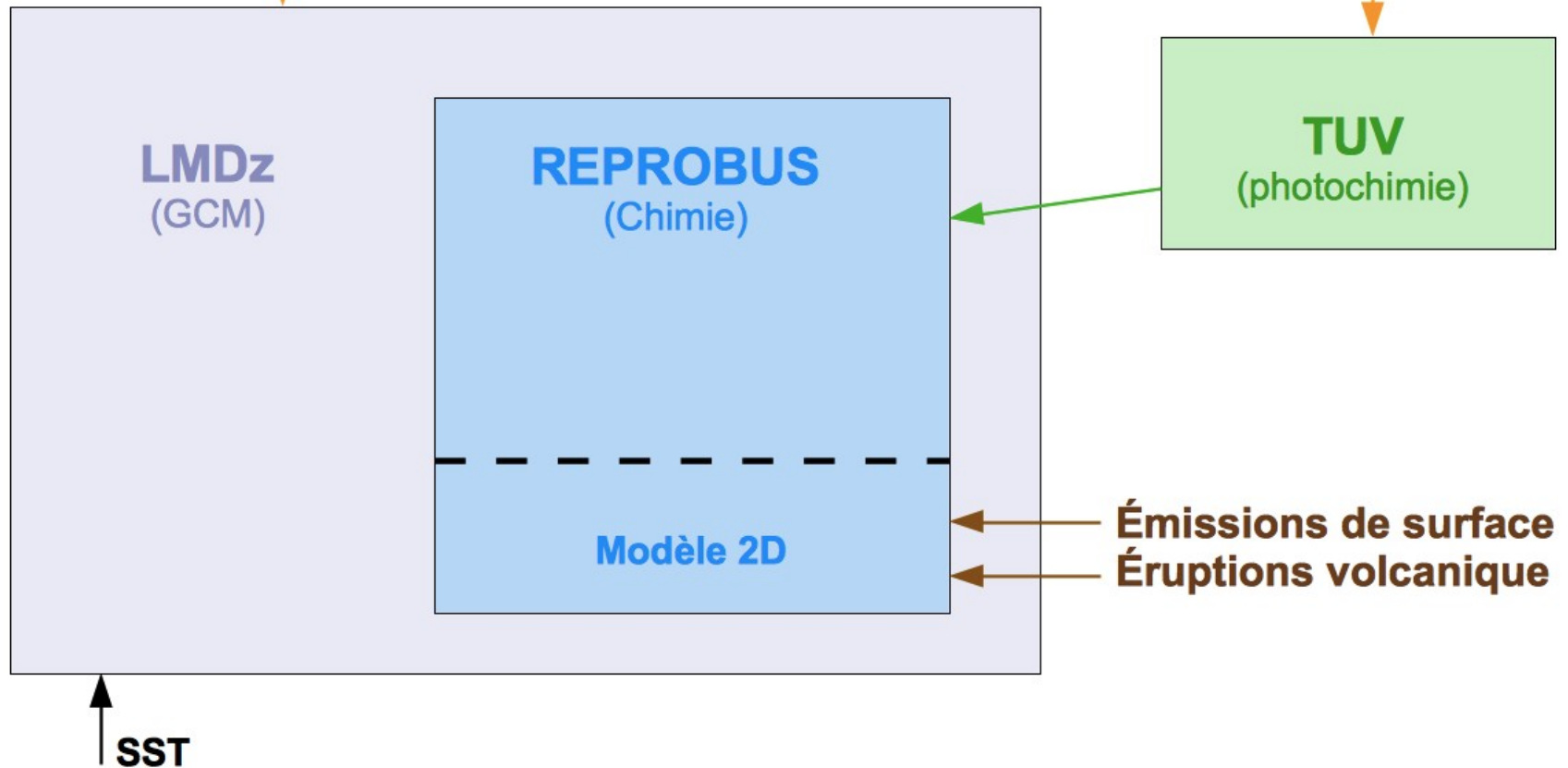
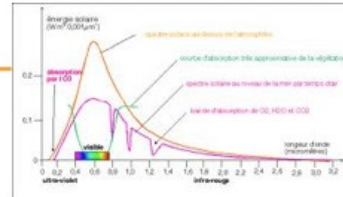


# LMDz-Reprobus

- LMDz-Reprobus with full interactive chemistry
  - 50 levels (sol -> 0.07 hPa)
  - 2.5°x3.75° horizontal resolution
  - Radiative feedback O<sub>3</sub>,CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O, CFC11,CFC12
  - Full stratospheric chemistry including heterogeneous reactions and formation of polar stratospheric clouds
- Photolysis rates: computed off-line
  - TUV model (S. Madronich), improved version
  - High spectral resolution (up to 0.01 nm)
  - J values stored in 3-dimensional lookup table\$
- Impact of solar UV variability:
  - Radiative effect (O<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> absorption)
  - Photochemistry effect (change in photo-dissociation coefficients)

# CCMs

=> **Prévision de l'évolution futur de l'ozone**  
**Chemistry-Climate Model Validation**  
**Activity for SPARC (CCMVal)**  
**Spectre solaire**

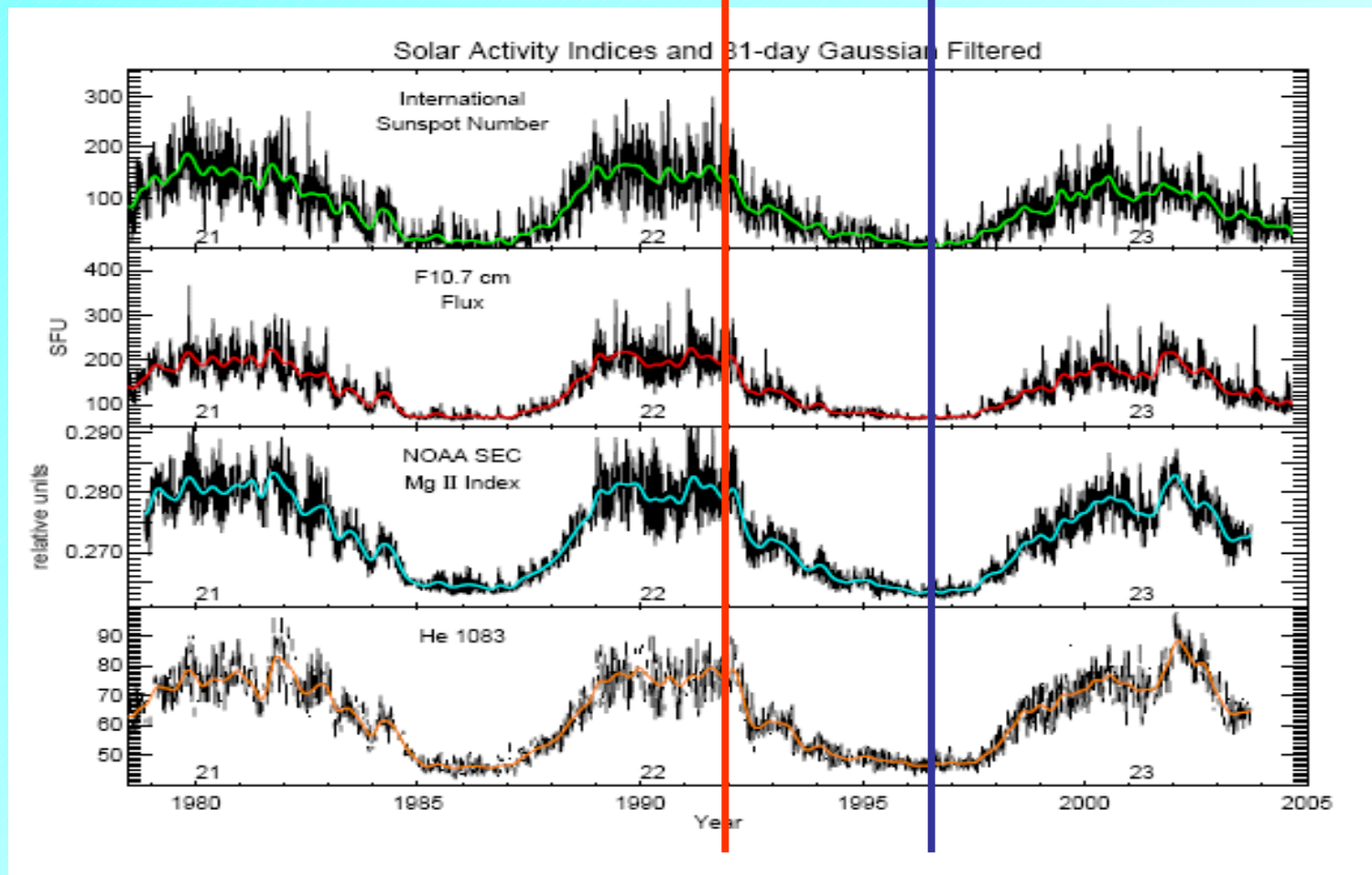


# Experimental setup

- 2 simulations de 30 ans en conditions max et min solaire
- Solar fluxes: SUSIM/UARS (courtesy L. Floyd- Gérard Thuillier)
  - 2 February 1992            solar maximum
  - 10 october 1996           solar minimum

## Experimental setup

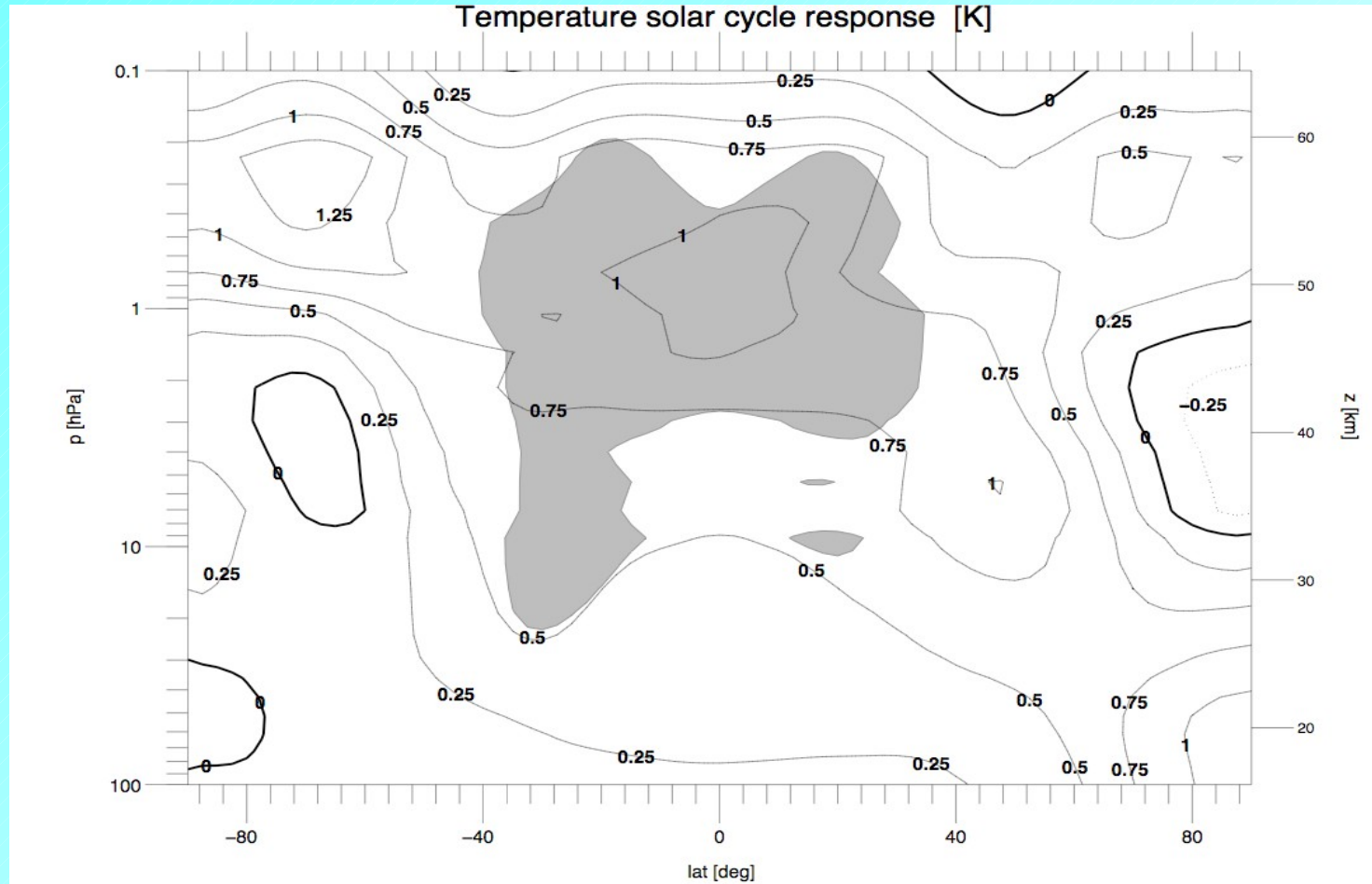
- 2 Simulations de 30 ans en conditions max et min solaire
- Solar fluxes: SUSIM/UARS (courtesy L. Floyd- Gérard Thuillier)
- 2 February 1992 solar maximum
- 10 October 1996 solar minimum





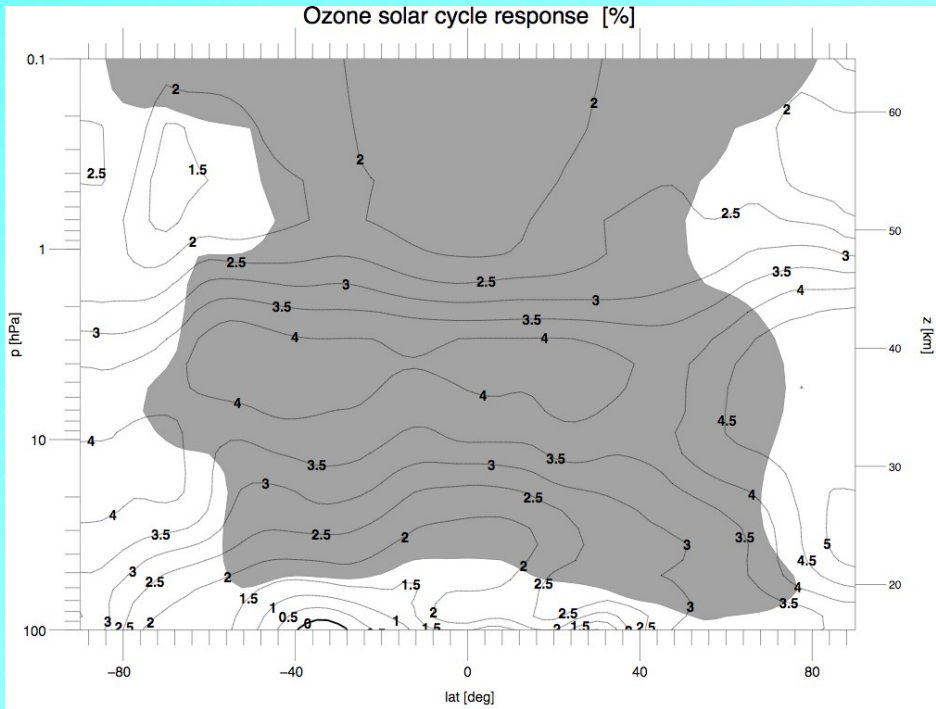
# LMDz-Reprobus solar simulation

## Reponse annuelle Température (K)

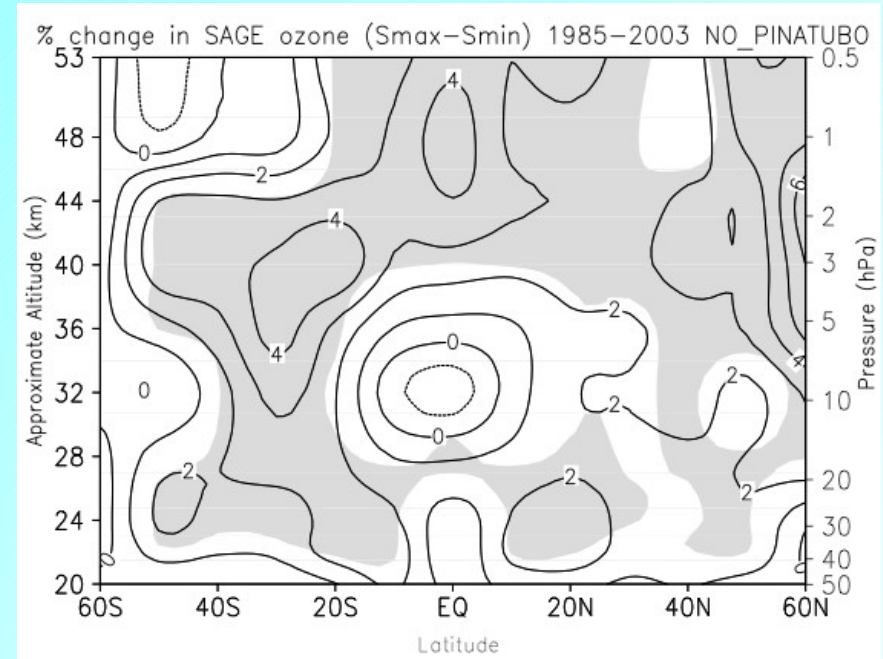


# LMDz-Reprobus solar simulation

Reponse annuelle O3 (%)

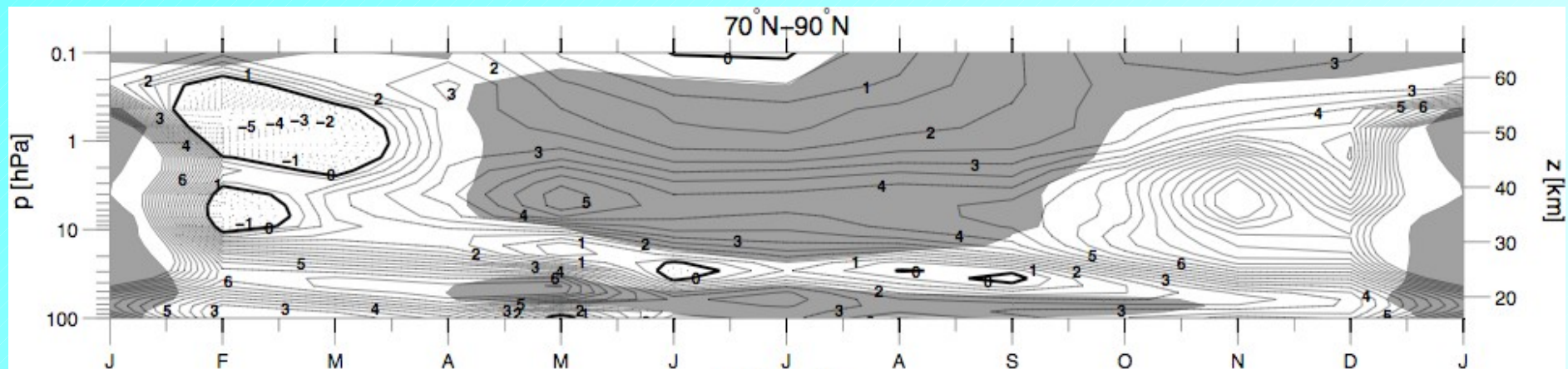


LMDz-Reprobus

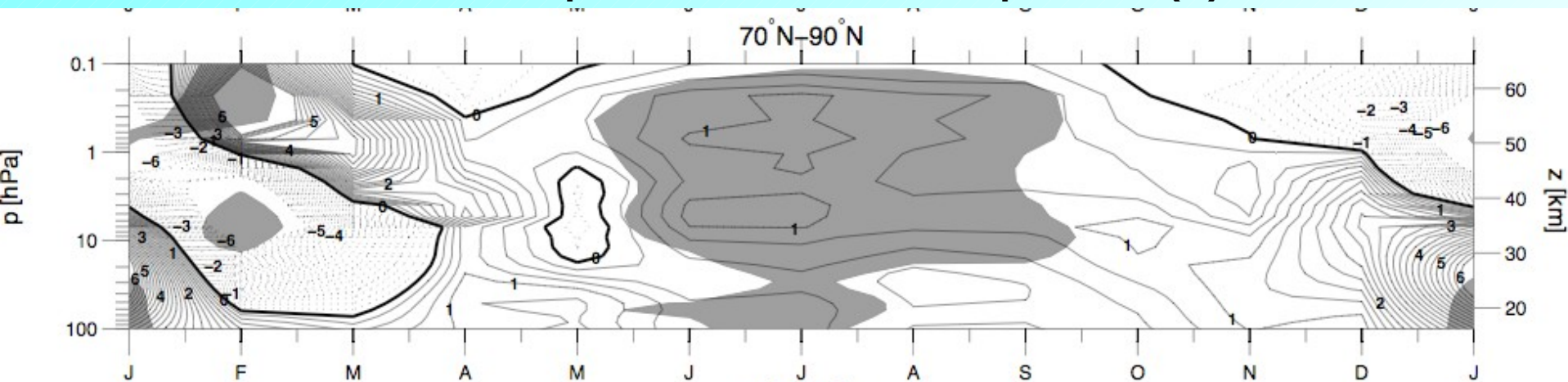


SAGE II

Reponse saisonniere Ozone (%)

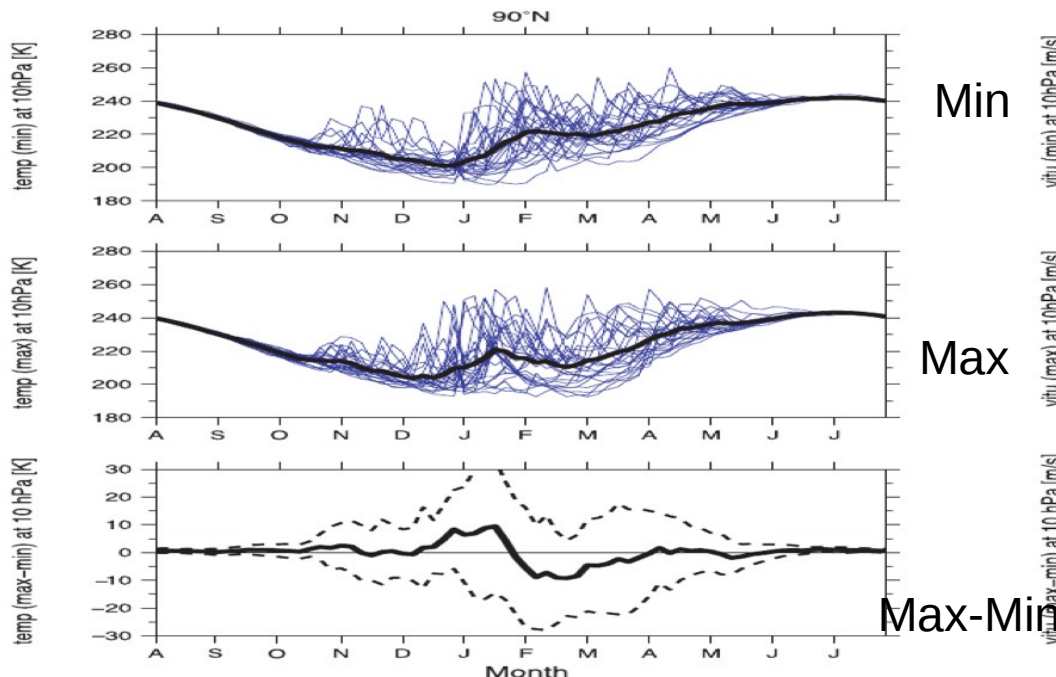


Reponse saisonniere Temperature (K)

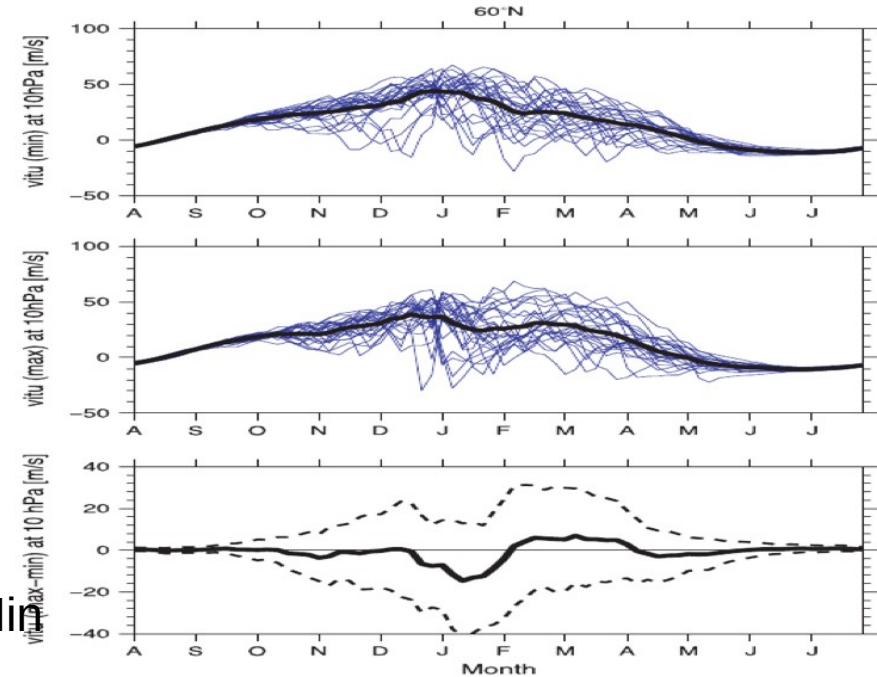


# LMDz-Reprobus solar simulation:

## Temperature evolution at 90°N



## zonal wind evolution at 60°N

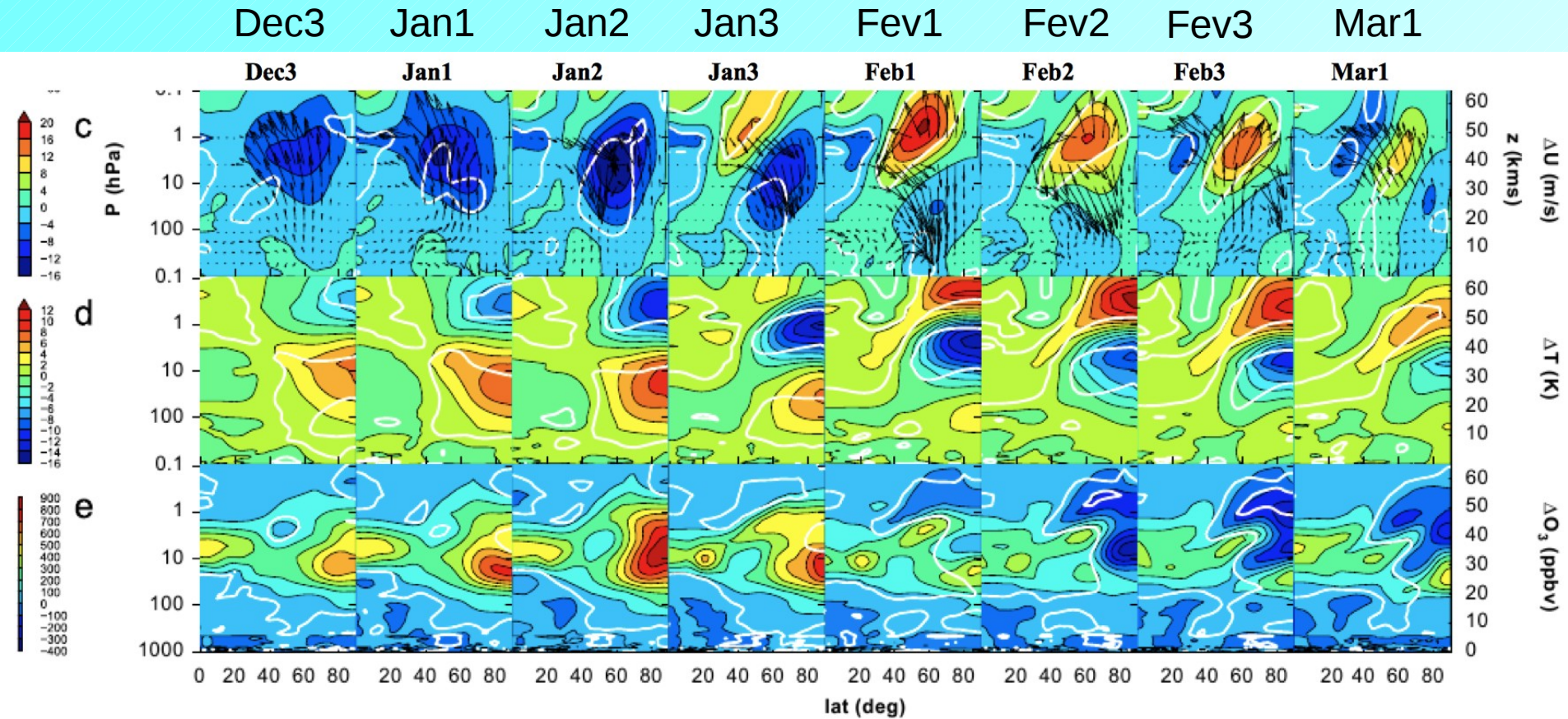


Différences dans le timing des SSW



# LMDz-Reprobus solar simulation:

## Max-Min 10-day mean U and EPF, T and O3 evolution





# Conclusions

**CCM LMDz-Reprobus / cycle solaire 11 ans**

run min/max solaire

\* réponse annuelle: bien expliquée

=> réponse radiative + photochimique (haute stratosphère tropicale)

3- 4% pour O3 et 1K pour T

Bon accord avec les observations

• Réponse saisonnière haute latitude HN : révèle l'importance d'une réponse dynamique : propagation

des ondes planétaires et les réchauffements stratosphériques soudains associés et leurs timings au cours de l'hivers

Solar min: vortex plutôt stable en début d'hiver,

SSWs plus tard dans l'hiver

Solar max: SSWs plus tôt dans l'hiver

# Perspectives

- **Test et Analyse à partir du nouveau code radiatif**  
(6 bandes) implémenté dans la nouvelle physique du GCM  
LMDz
- Impact de la QBO
- Extension du modèle à la haute mésosphère, basse  
thermosphère
- **Couplage ocean/LMDz-Reprobus**  
Simulation du présent et du millénaire