



VERS DES SPECTRES SYNTHÉTIQUES PARAMÉTRÉS DES AURORES POLAIRES

Anne Vialatte

M. Barthélemy, J. Liliensten

Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble

5 février 2015



GRENOBLE
UNIVERSITÉS

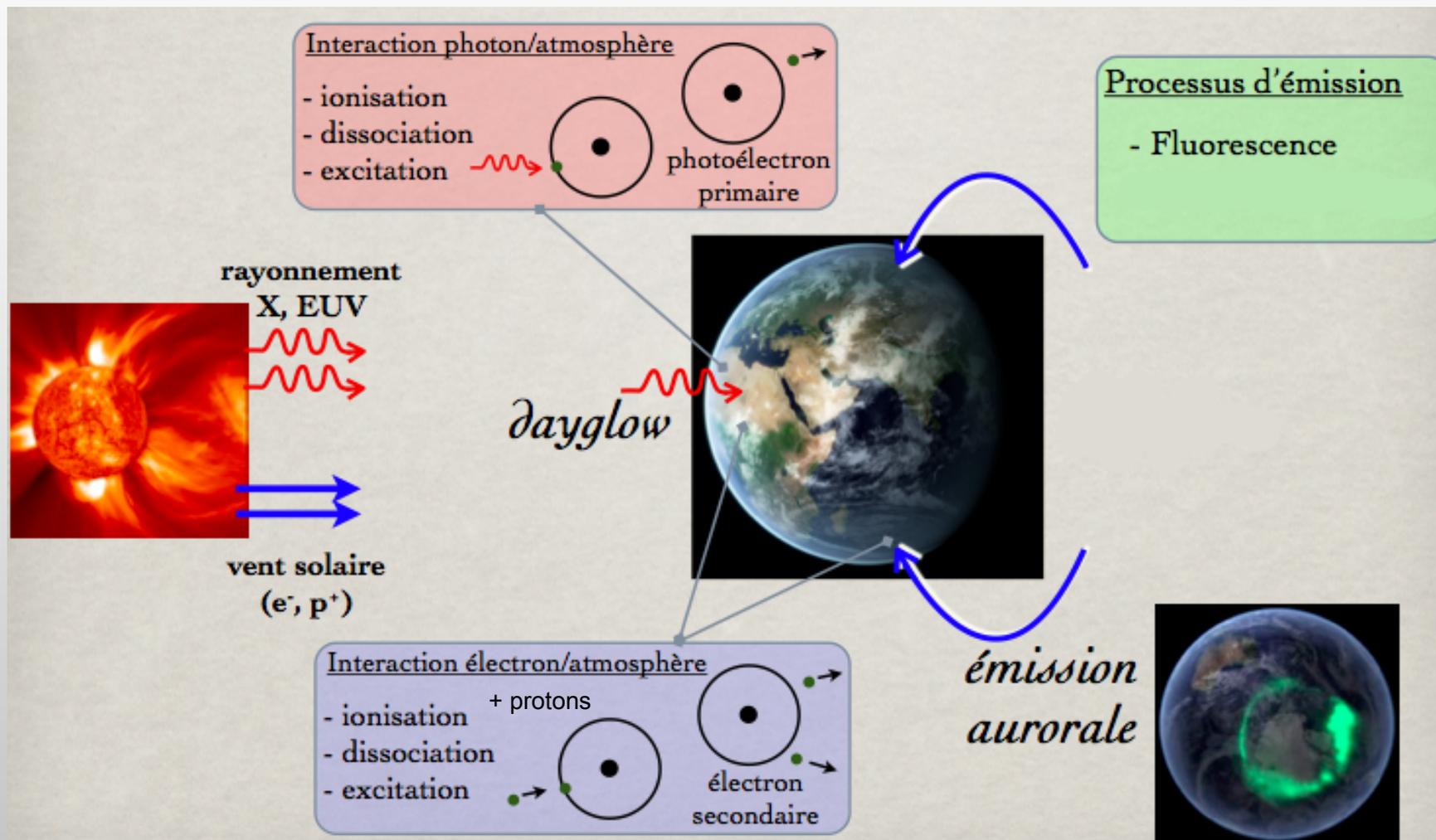


Outline

- ✧ Contexte
- ✧ Entrées énergétiques
- ✧ Quelques travaux...
- ✧ Perspectives
- ✧ Conclusion



Contexte



Entrées énergétiques

Les photons EUV

- $2 < \lambda < 105 \text{ nm}$
- Modèle de flux solaire basé sur l'indice d'activité solaire $f_{10.7}$: interpolation en énergie entre flux calme (80) et élevé (300)
(*Torr & Torr, 1985*)

Les précipitations électroniques

- Proviennent du vent solaire, initialement peu énergétiques ($\sim 0.5 \text{ eV}$)
- Capturées et accélérées par le champ magnétique de la Terre
→ Oval auroral

Protons : responsables des « aurores d'hydrogène », au dessus de 300 km

Dans l'atmosphère de la Terre... Flux EUV

Variation de la composition de la thermosphère en fonction de l'activité solaire

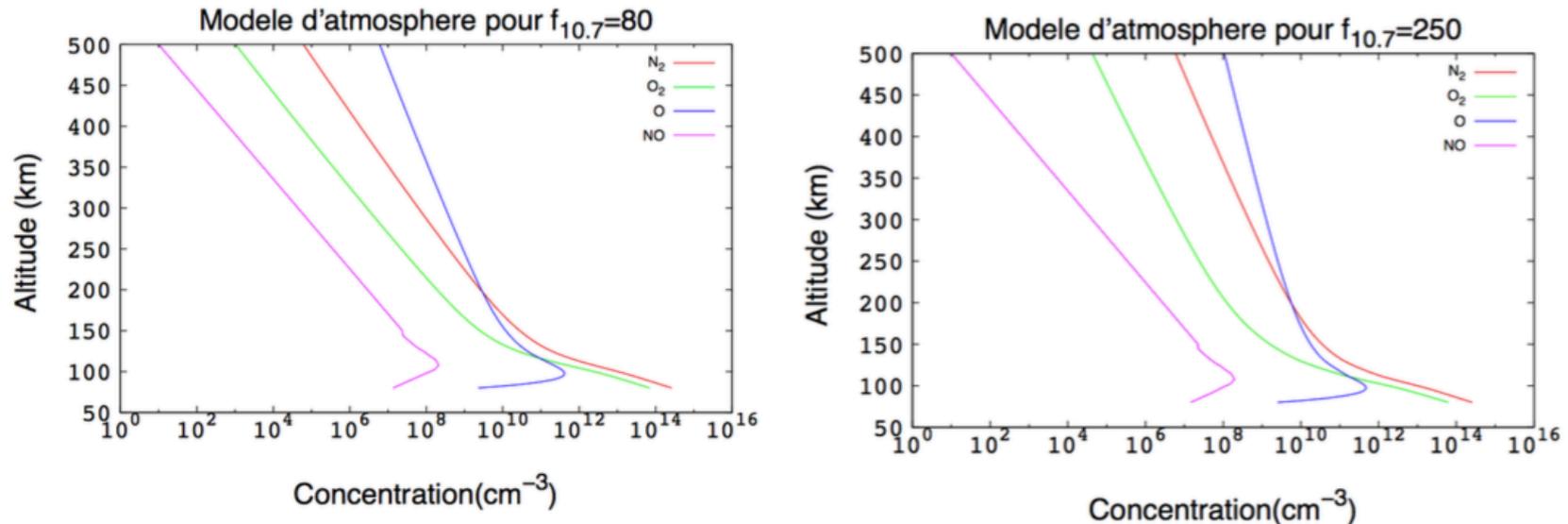


FIGURE : Modèles d'atmosphère pour $f_{10.7}=80$ (à gauche) et $f_{10.7}=250$ (à droite) à haute latitude

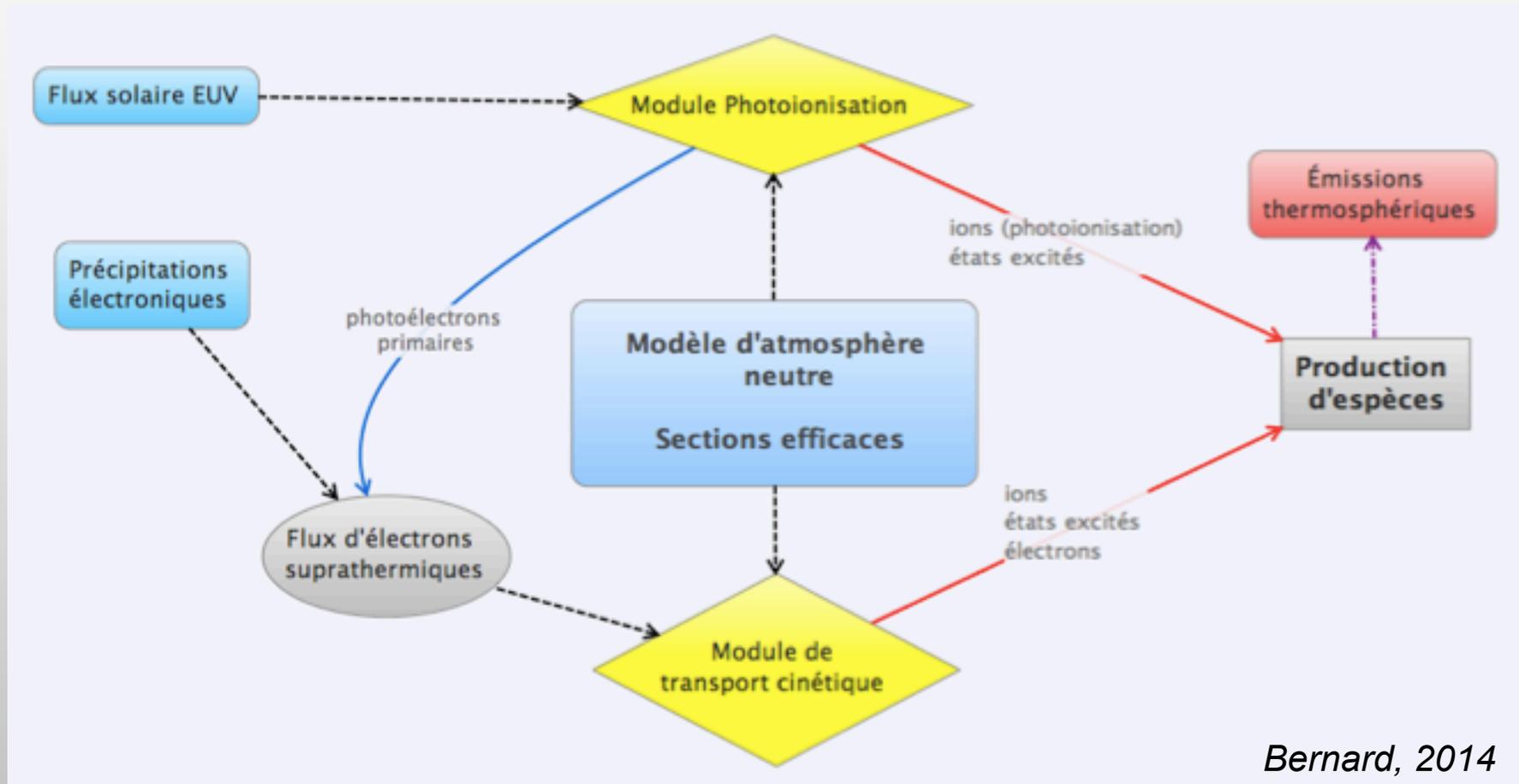
Dans l'atmosphère de la Terre... Electrons

Aurores !!



TRANSSOLO

TRANSSOLO → Modèle de transport cinétique des électrons



Pistes suivies...

Comment remonter au spectre d'énergie et au flux total d'électrons?

- Polarisation de la lumière (SPP) → en cours (*Lilensten et al. 2008, Barthélemy et al. 2011*)
- Raies verte et rouge de l'oxygène (*Witasse 2000, Culot 2005*)
- Emissions H α (protons) (*Simon et al. 2004*)
- Emissions autres planètes : Jupiter, Uranus, Vénus, Mars, Titan (*Witasse 2000, Gronoff 2009, Ménager 2010*)
- Emissions de la Terre primitive (*Bernard 2014*)
- Mesures EISCAT

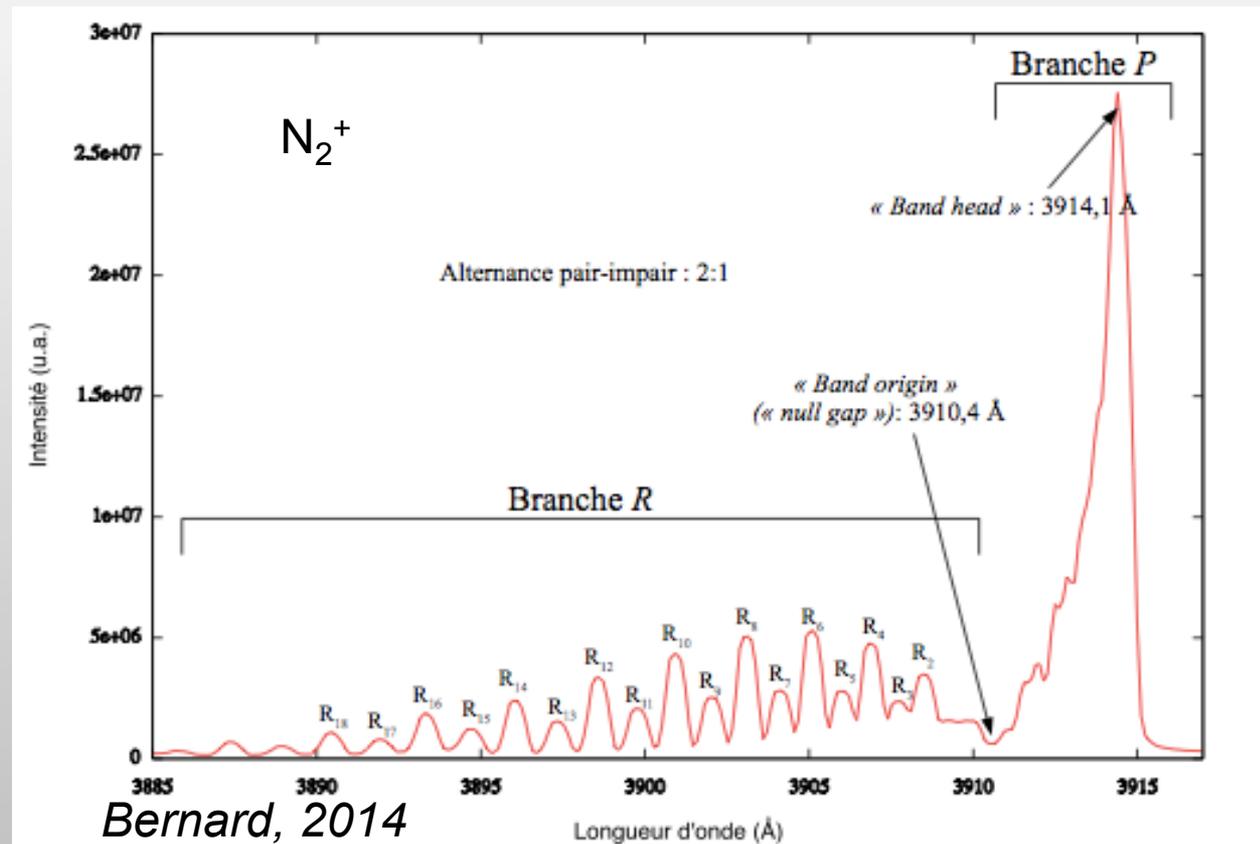
Raies de faible intensité

N_2 , O_2 ,
 NO , ...

- Nouvelle piste : Etude des bandes moléculaires
 - pouvoir retourner à la température de rotation via spectres

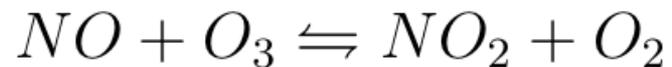
- Via modèles & mesures

- Nécessité d'instruments de haute résolution



NO - Enjeux

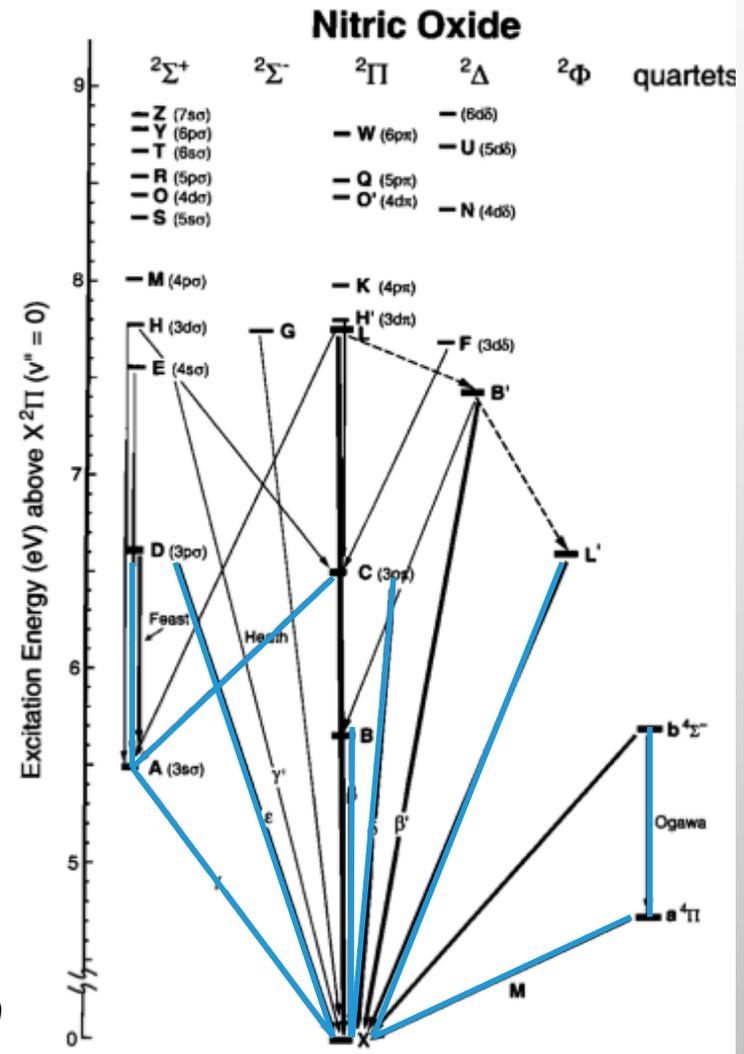
- Monoxyde d'azote :
 - enjeu climatique
 - élément minoritaire de la thermosphère
- détruit ozone dans la stratosphère (*McKenzie et al., 2011*)



- polluant dans la troposphère (famille des NO_x)

NO – Structure électronique

- Etats électroniques



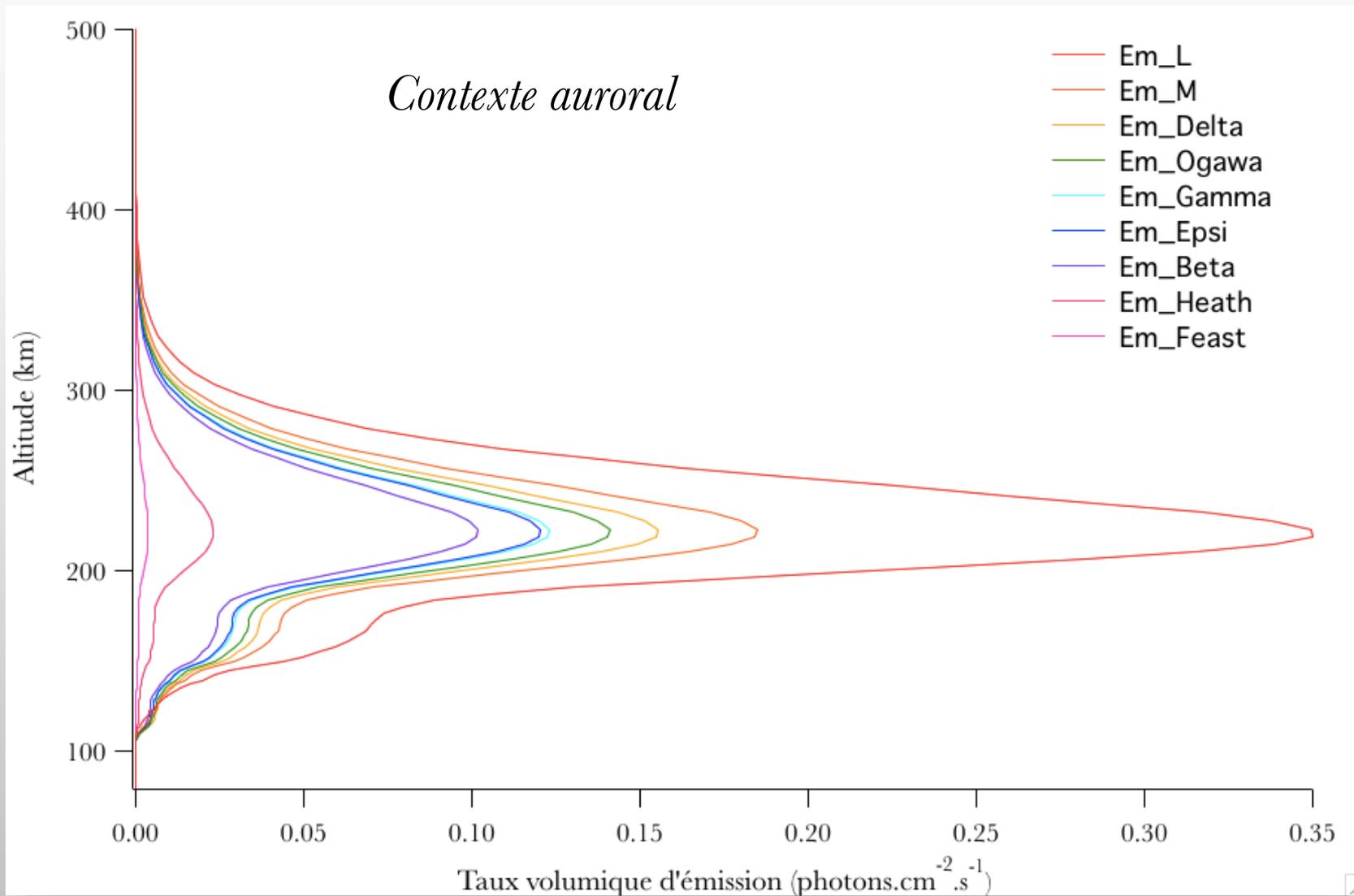
D'après Cartwright, 2000

NO - Emissions

$$\eta_{tr} = A_{tr} \cdot \frac{\sum_i P_{i,st}}{\sum_j L_{j,st} + A_{tot}}$$

- η_{tr} : taux d'émission volumique par une transition tr
- A_{tr} : coefficient d'Einstein d'émission spontanée de la transition associée (s^{-1})
- A_{tot} la somme des coefficients d'Einstein associés cet état
- $P_{i,st}$ les productions de l'état st ($cm^{-3}.s^{-1}$)
- $L_{j,st}$ le coefficient de pertes non radiatives (ou quenching) (s^{-1})

NO - Résultats



Spectres synthétiques

- ✧ Pourquoi s'arrêter au raies de faible intensité?

- Modélisation du spectre d'une aurore, paramétré par les entrées énergétiques via TRANSSOLO
 - Emissions de N_2 , O_2 , O, H, NO et ions associés
 - Résultat dans 3 ans!

ZeGrenSat - ATISE

- ✧ Projet de satellite en collaboration franco-russe
 - ✧ Lancement prévu pour 2020

- ✧ **ATISE** : Auroral Thermospheric and Ionospheric Spectrometer Experiment

- Spectromètre haute résolution : technologie SPOC

- Couplage modélisation – mesures : Contrainte des besoins de l'expérience via le modèle d'émission dans TRANSSOLO

Conclusion – Projet de thèse

- ✧ **But : remonter aux spectres d'énergie et au flux total des entrées énergétiques via les émissions**
 - Création via la modélisation de spectres synthétiques paramétrés d'aurores
 - Zegrensat & ATISE : contrainte de l'instrument

Equation de Boltzmann

Cosinus de l'angle d'attaque de l'électron le long de la ligne de champ magnétique

Fonction de friction entre électrons suprathermiques et thermiques

Electrons primaires d'énergie supérieure

$$\mu \cdot \frac{\partial \phi(z, E, \mu)}{\partial z} - n_e \cdot \frac{\partial}{\partial E} (L(E) \cdot \phi(z, E, \mu)) = \text{sources} - \text{pertes}$$

Concentration électronique

Flux d'électrons
($\text{électron} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{eV}^{-1}$)

Flux électronique qui se dégrade vers de plus basses énergies par ionisation, excitation et/ou dissociation

Changement de variable:

$$\Phi_e(\vec{r}, E, \vec{u}, t) = \frac{v^2}{m_e} f(\vec{r}, \vec{v}, t)$$