



HALESIS: High Altitudes Luminous Events Studied by Infrared Spectro-imagery

Colloque hyperspectral

15 avril 2014

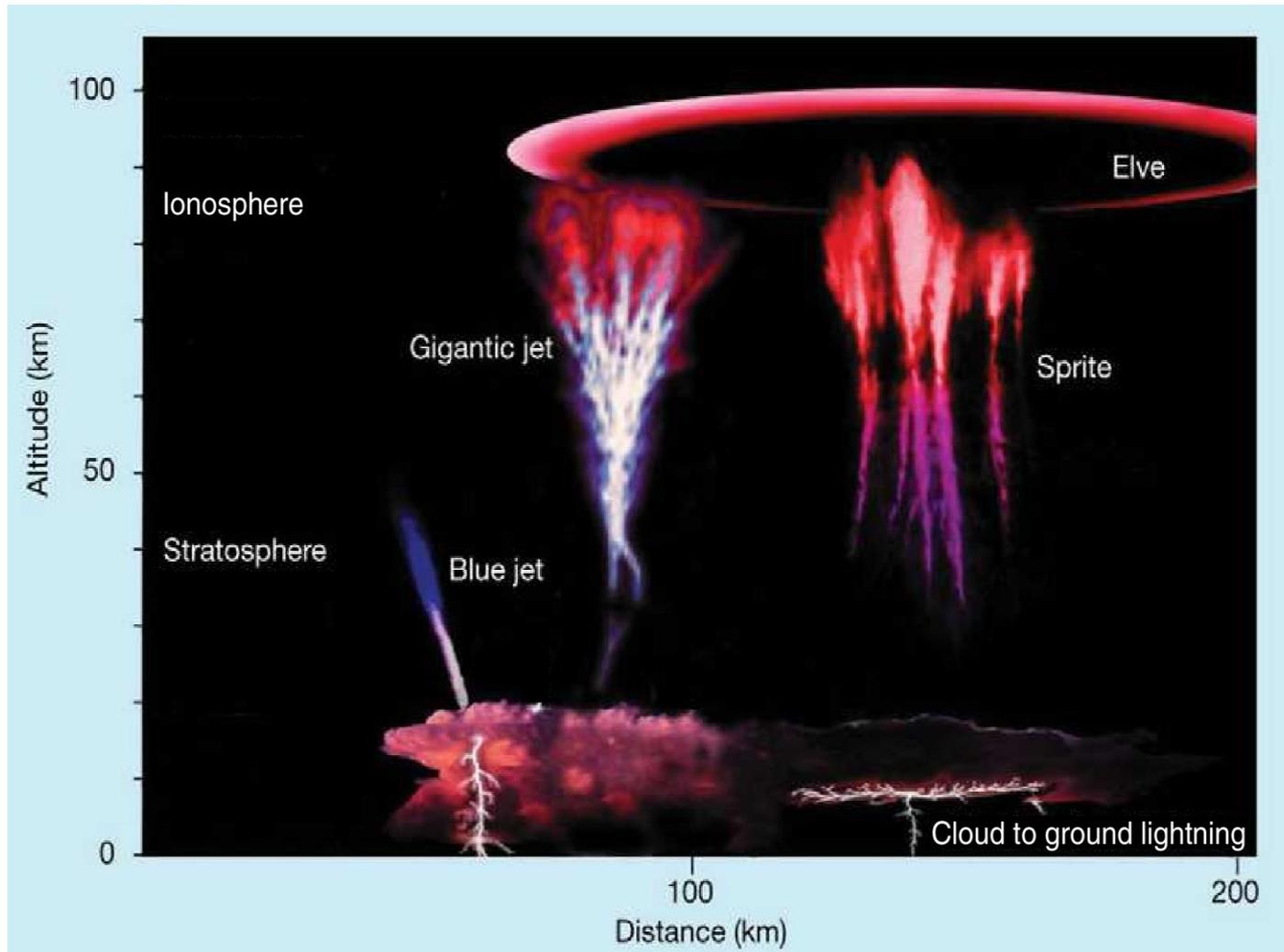
L. Croiz (1), S. Payan(1), J. Bureau(1), F. Duruisseau(2), N. Huret(2)

¹Sorbonne Universités, UPMC Univ. Paris 06 ; Université Versailles St.-Quentin ; CNRS/INSU, LATMOS-IPSL, Paris, France

²Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement, CNRS and Université d'Orléans, Orléans, France

Contexte scientifique

TLE: Transient Luminous Events



Les objectifs scientifiques du projet HALESIS



Que se passe-t-il dans les **minutes qui suivent l'occurrence d'un TLE?**

- **Mesurer** et **modéliser** l'effet de ces évènements sur la chimie stratosphérique en suivant la concentration des espèces potentiellement produites ou perturbées (NO_x , O_3 , ...)
- **Mesurer** et **modéliser** la chimie des espèces vibrationnelles excitées produites ou perturbées par les TLEs;

Effet des TLEs sur la composition atmosphérique

Dès la découverte des TLEs (1989)

- Questionnement sur leur **effet sur la composition atmosphérique**



- Diverses **prédictions théoriques** /discussions dans la littérature

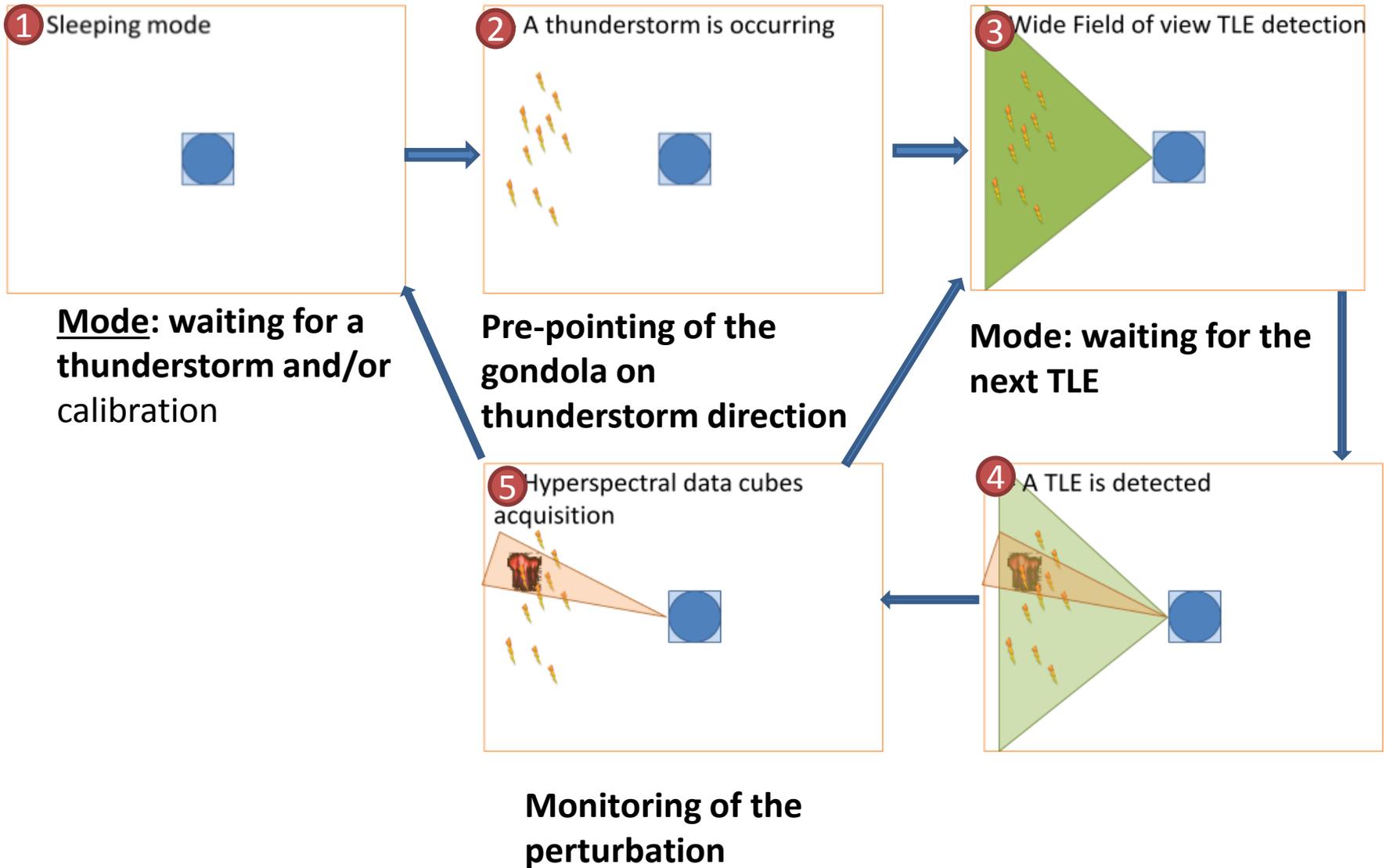
[Mishin, 1997][Lyons, 1997] [Hiraki et al., 2008].[Enell et al., 2008, Hiraki et al., 2008, F. J. Gordillo-Vázquez 2008].

Mais la modélisation est complexe et il n'existe à ce jour de **données expérimentales pour la valider.**

- Des **expériences de laboratoire controversées** *[Peterson, 2009]*
- Des **tentatives** de mesure à partir des **sondeurs satellitaires**:
 - Pas de signature à l'échelle globale détectable à partir des données de GOMOS *[Rodger,2008]*;
 - Un effet local probable détecté à partir des données de MIPAS *[Arnone, 2008 et 2009].*

Projet HALESIS: embarquer un sondeur atmosphérique à bord d'un ballon stratosphérique (plateforme idéale pour observer au plus proche des TLEs).

Stratégie de mesure HALESIS



L'imagerie hyperspectrale: un outil adapté.

Mesurer la **concentration** des espèces potentiellement **produite** ou **perturbée** (NO_x , NO^+ , O_3 , ...), leur **évolution temporelle**, ainsi que la **chimie vibrationnelle** associée aux TLEs.

Dimension spatiale horizontale:

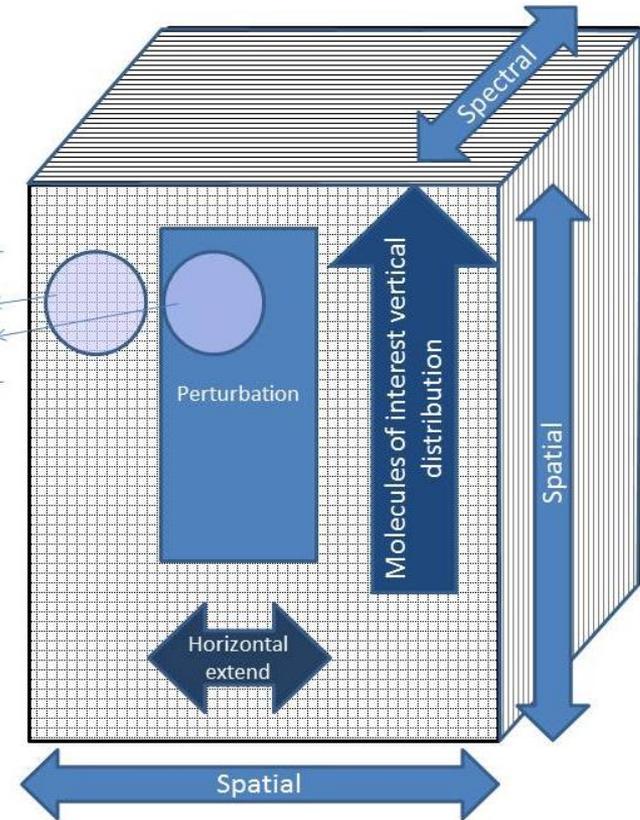
- Accès à perturbation par comparaison

Dimension spatiale verticale:

- Accès à la distribution verticale des espèces

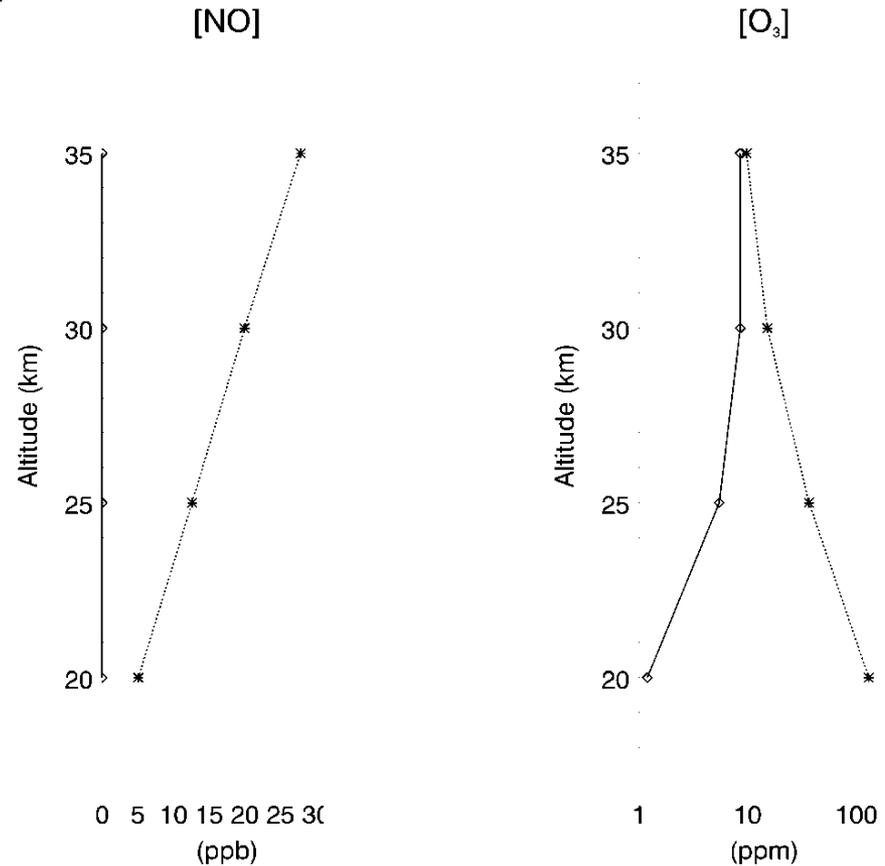
Dimension spectrale :

- Région spectrale et résolution à définir en fonction des espèces d'intérêt.



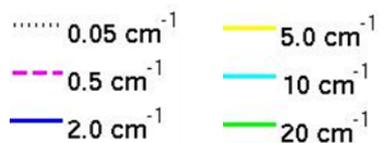
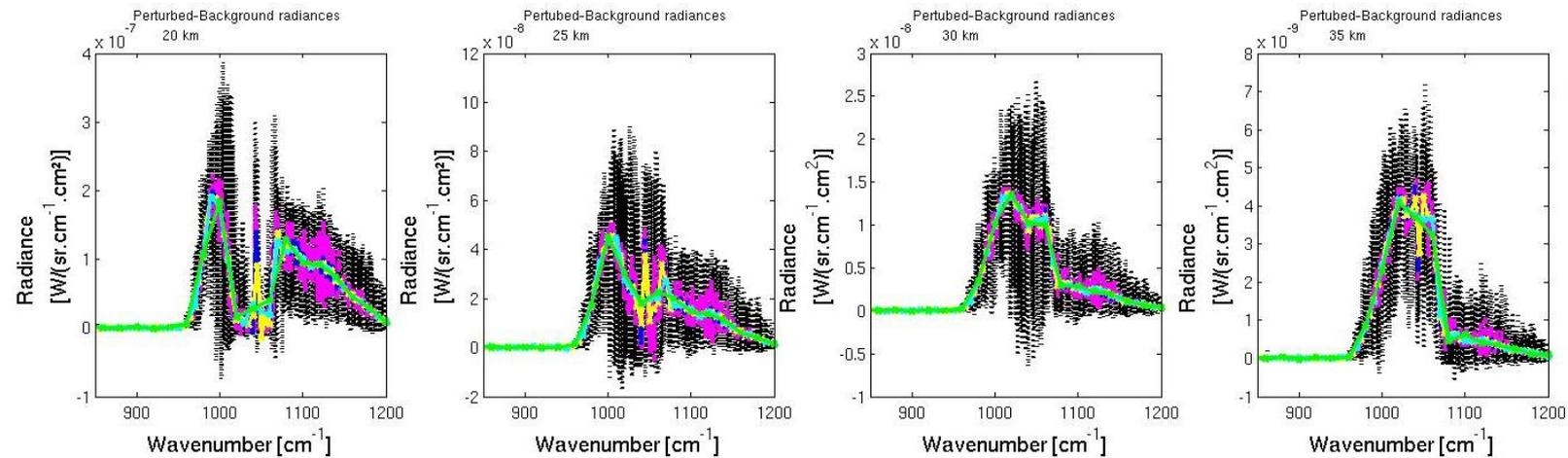
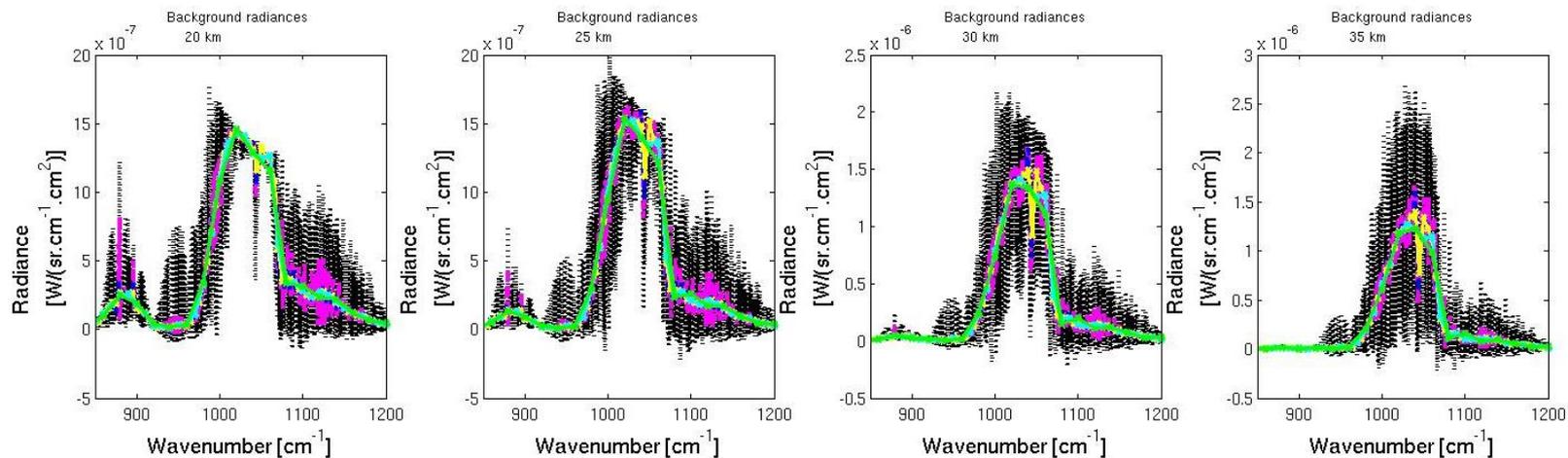
=> Définition des spécifications techniques d'un instrument « idéal » pour mener à bien le projet

Effet d'un blue jet isolé sur la composition atmosphérique



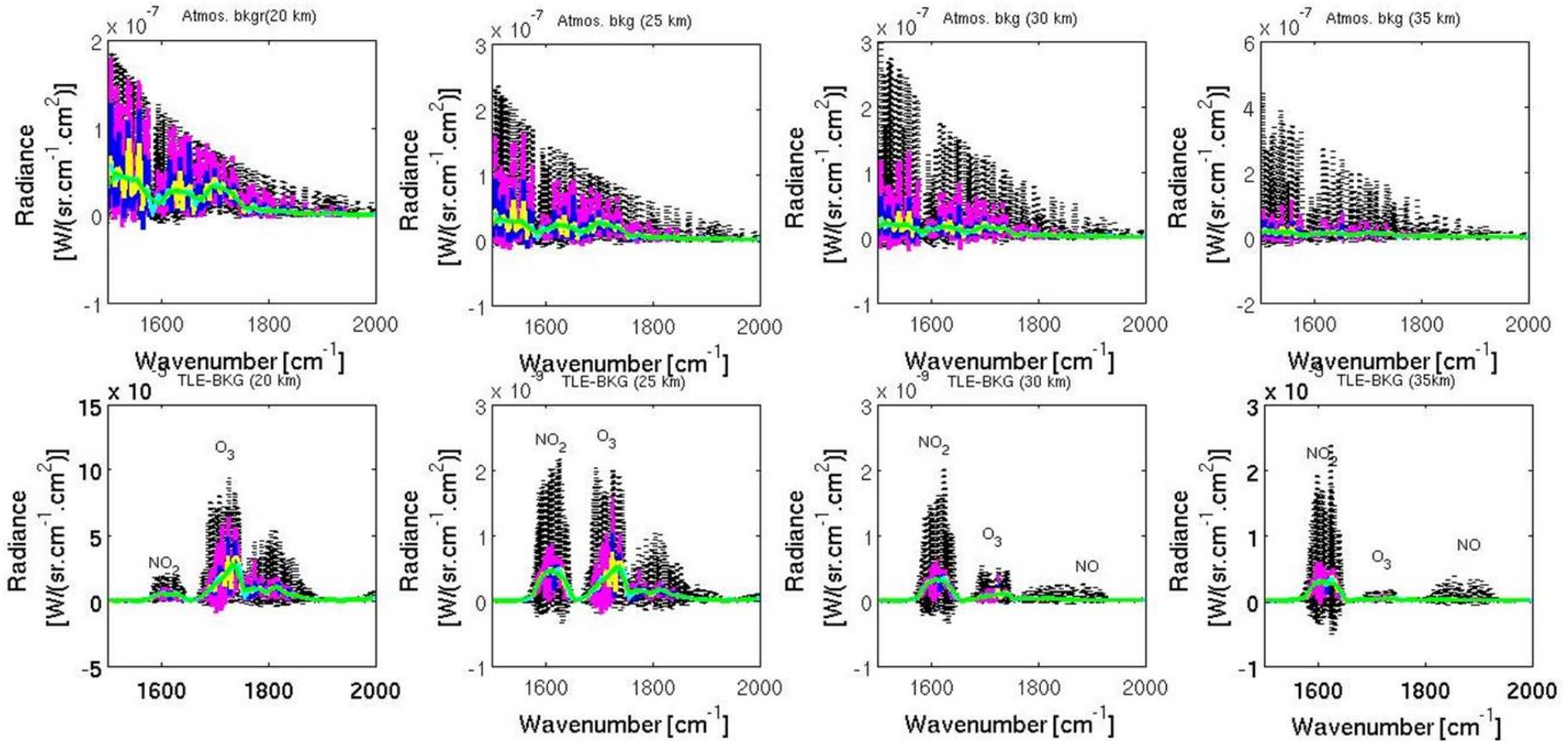
- F. Duruisseau *et al.* (LPC2E): simulation de l'impact d'un bluejet isolé sur la composition en utilisant le modèle MIPLASMO=>prédictions théoriques (NO, NO⁺; O₃, OH,...) (private communication)
- Simulation de l'impact sur les radiances (LBLRTM).

Signatures dans l'infrarouge thermique (O_3)



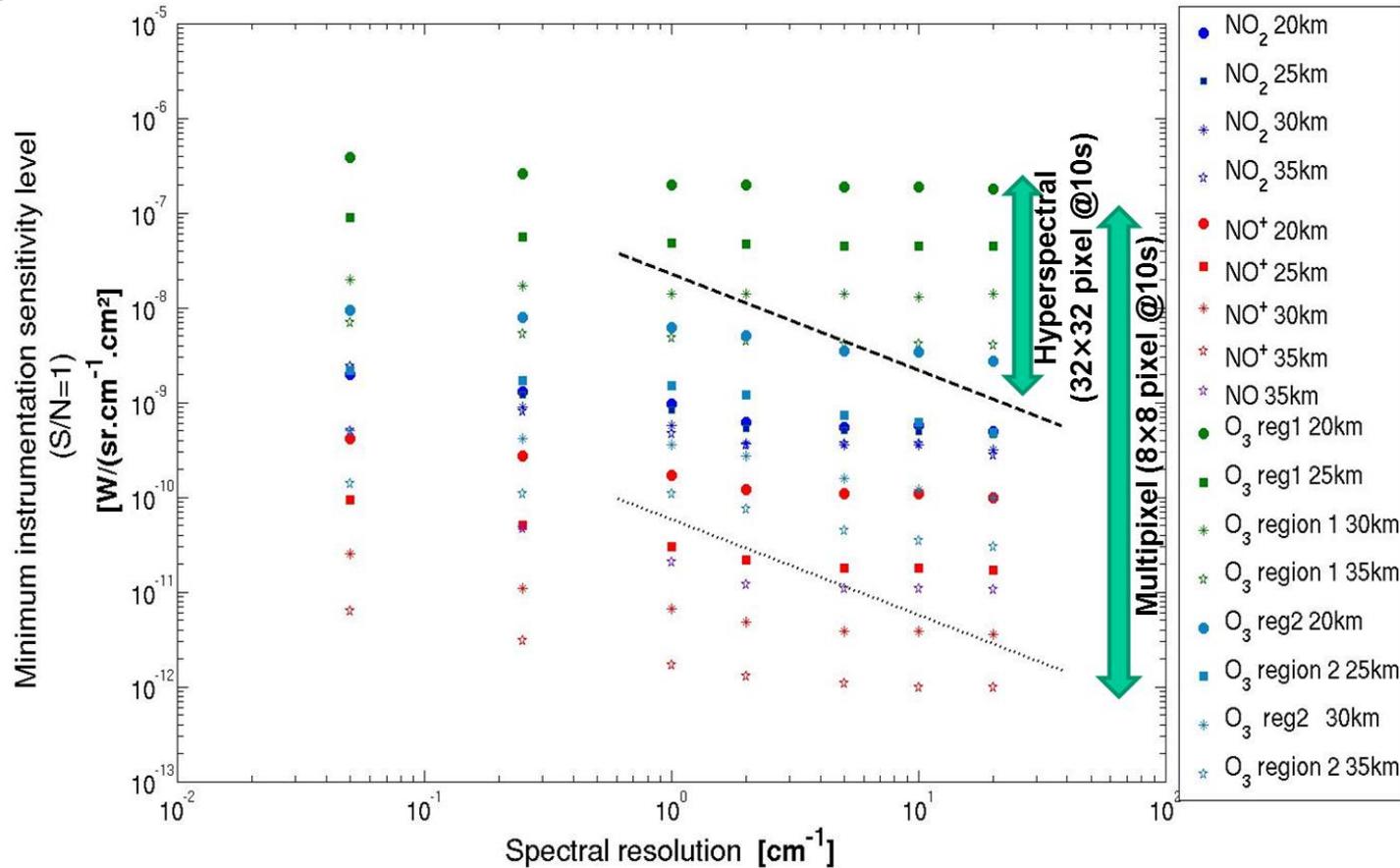
Limbe

Signatures dans l'infrarouge moyen (O₃, NO₂, NO)



Limbe

Synthèse (bandes fondamentales)



Conclusions (étude sur les bandes fondamentales):

- Signature de l'effet sur O₃ « facilement » détectable dans le TIR;
- Signature de l'effet sur NO₂ et O₃ nécessite un concept multipixel à moyenne résolution;
- Limitations majeures des imageurs multipixel/hyperspectraux qui reposent sur un FTIR commercial: corrélation entre résolution spectrale, fréquence d'acquisition, sensibilité + coût.

Cas NETL

- Simulations précédentes: **équilibre thermodynamique local**:
 - Niveaux d'énergie internes moléculaires peuplés suivant une statistique de Maxwell Boltzmann
 - (LTE = Local Thermodynamic Equilibrium)

Mais si les populations sont vibrationnellement perturbées, il est nécessaire de considérer individuellement les populations de chaque niveau vibrationnel

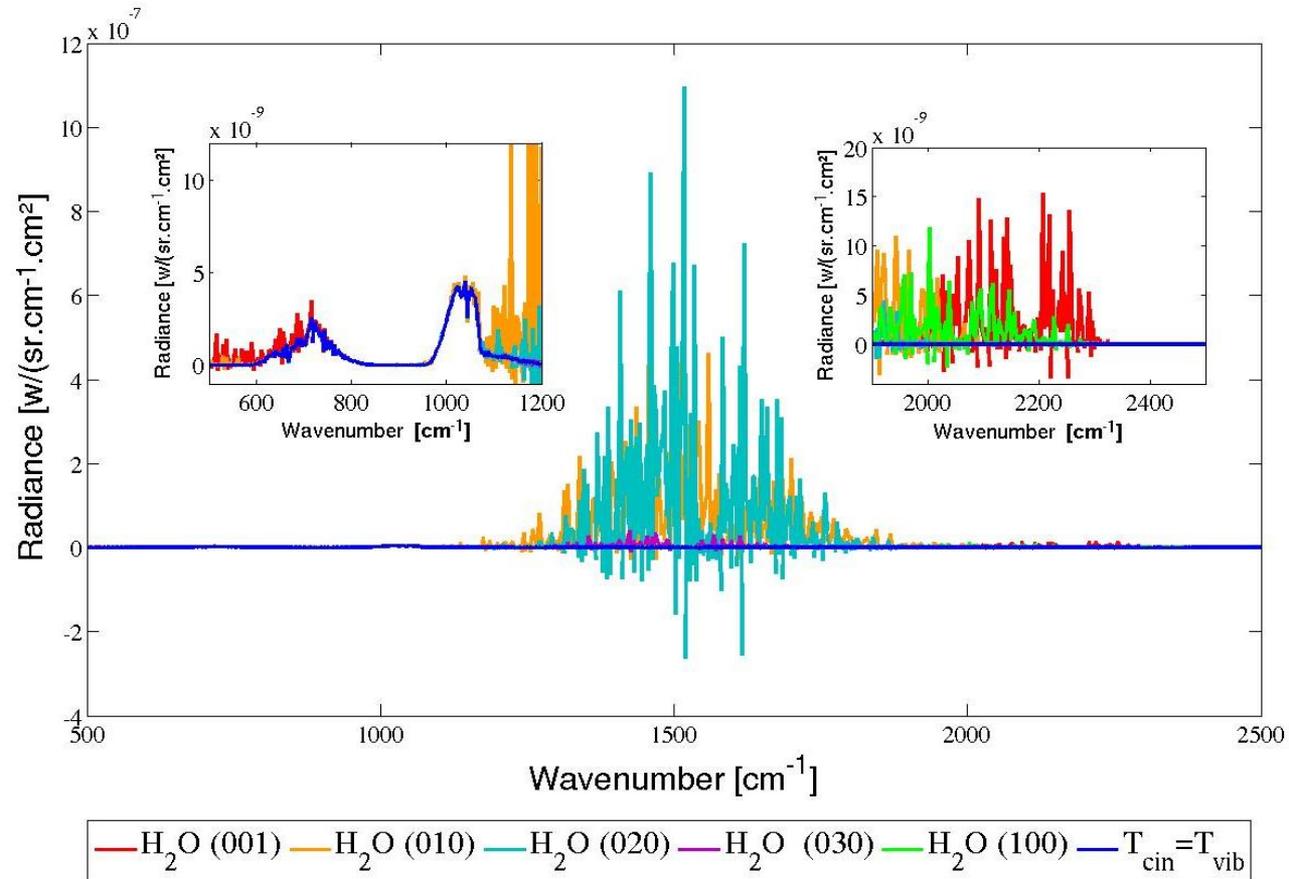
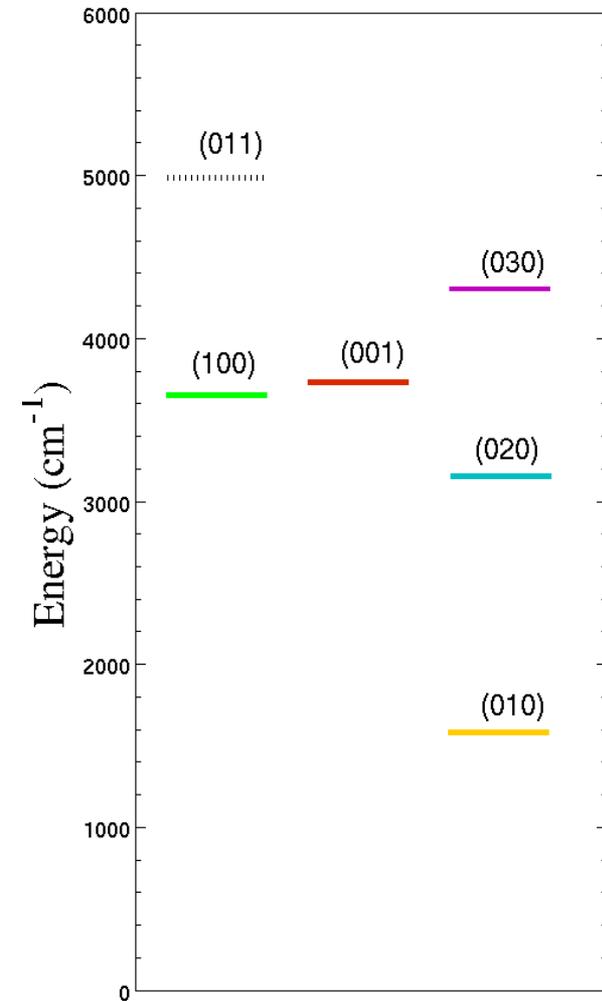
(NLTE = Non Local Thermodynamic Equilibrium)

⇒ Signatures spectrales des bandes vibrationnelles chaudes plus intenses.

⇒ Doit permettre de remonter au dépôt énergétique.

(a)

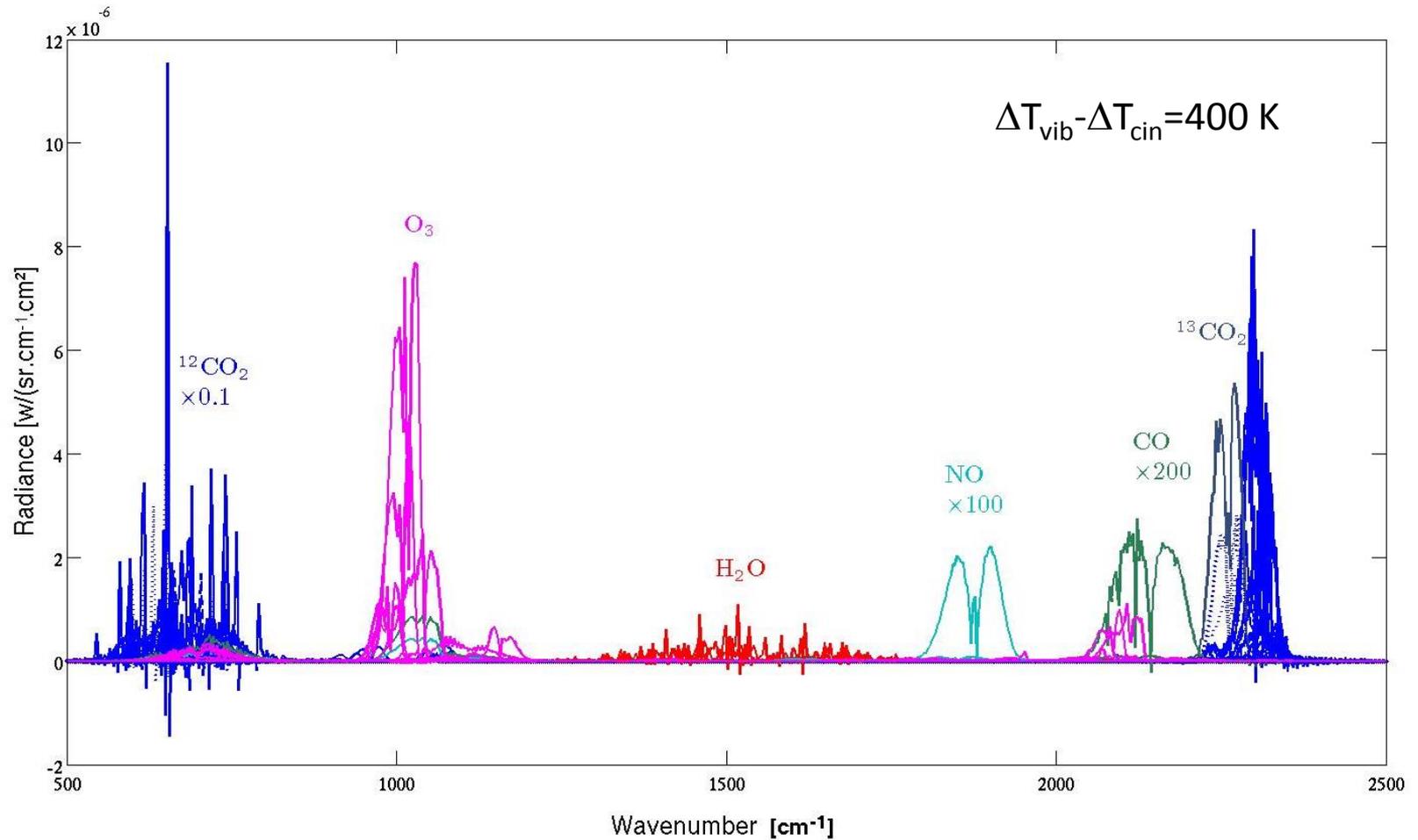
Exemple de H₂O



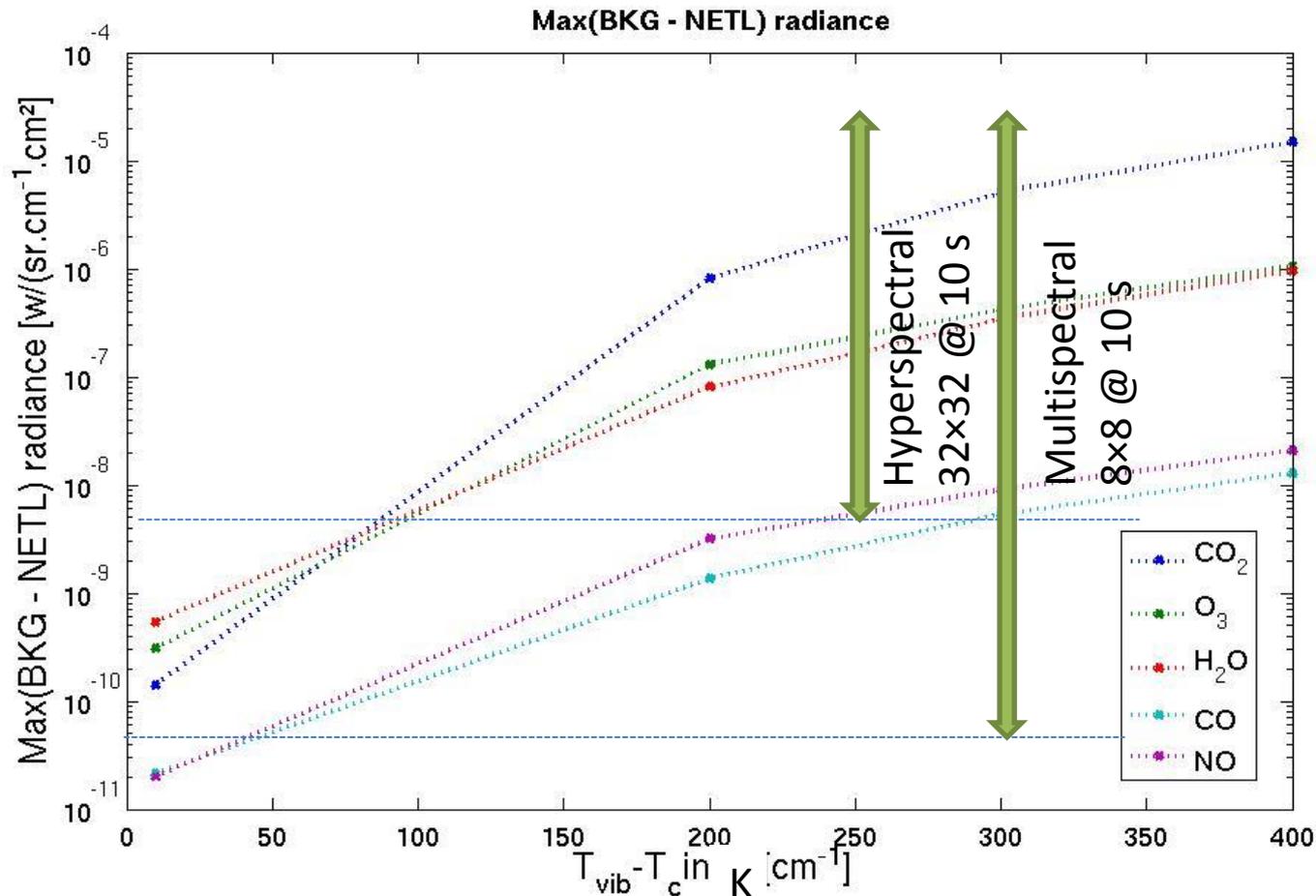
$$\Delta T_{\text{vib}} - \Delta T_{\text{cin}} = 400 \text{ K}$$

(b)

Vue d'ensemble des signatures



Vue d'ensemble des signatures



Conclusions (étude sur les bandes chaudes):

- Signature de l'effet sur O₃, H₂O, CO₂ « facilement » détectable dans le MIR;
- Signature de l'effet sur NO et CO détectable avec un concept multipixel;
- Limitation majeure des imageurs multipixel/hyperspectraux qui reposent sur un FTIR commercial: fréquence d'acquisition + coût.

Conclusion

- Peu d'informations sur l'impact des TLEs sur la **composition chimique** de la **stratosphère**; **HALESIS = expérience innovante** pour l'étude la stratosphère;
- Perturbation chimique de l'ozone sans doute observable avec des instruments existants;
- Besoin d'acquérir **simultanément** des mesures spectrales dans l'atmosphère perturbée et non perturbée, et à différentes altitudes → **imagerie hyperspectrale !**
- Besoin d'explorer les **bandes chaudes** pour sonder **plus d'espèces** et obtenir **plus d'informations**;
- Besoin d'explorer des **concepts instrumentaux innovants** pour avoir une **fréquence d'acquisition** et une **sensibilité suffisante**.