

CONTEXTE

Dans le cadre de la préparation de futures missions spatiales d'imagerie pour l'Observation de la Terre, le CNES a besoin d'un prototype de simulateur couplant transfert radiatif, réponse instrumentale et correction atmosphérique.

SAPHYRE (Simulateur Algorithmique en PHYsique de la mesURE) permet la simulation de la luminance vue par un satellite observant une cible terrestre dans les domaines réflectifs et thermiques, par différents types de capteurs optiques ainsi que l'estimation de la réflectance sol après correction atmosphérique. Grâce aux différents codes de transfert radiatif implémentés, SAPHYRE permet une simulation du rayonnement avec ou sans polarisation, pour une image, un pixel, ou un spectre de surface.

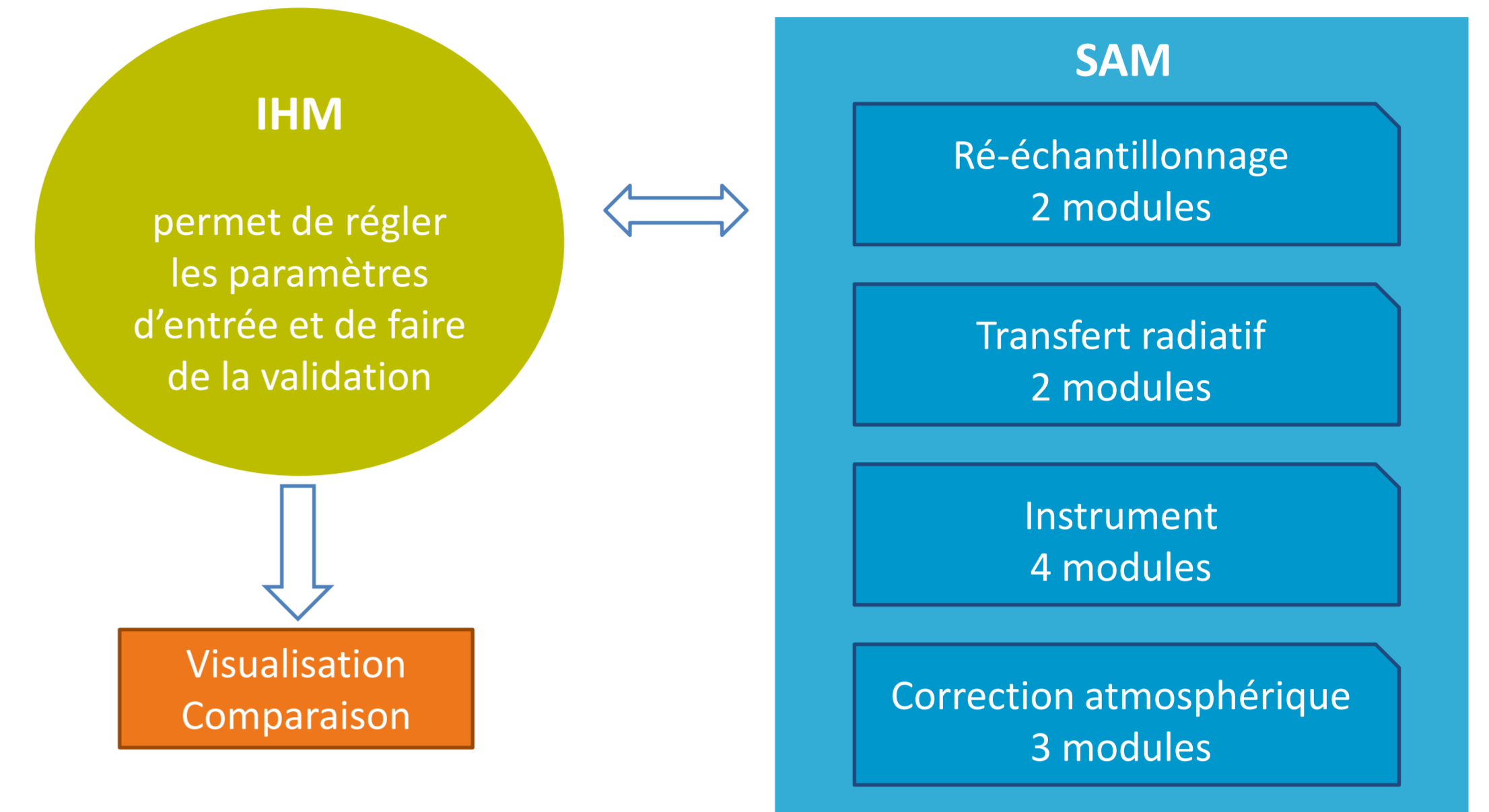
Il a été conçu pour être utilisé dans le cadre de plusieurs études :

- Etude en cours sur la sensibilité de la polarisation en entrée instrument dans le domaine réflectif (surface et atmosphère)
- Etude à venir sur la polarisation instrumentale pour le capteur 3MI
- Projet d'imagerie multispectrale (Post-Pléiades, Venüs, Sentinel2-3, Thirsty)
- Projet d'imagerie hyperspectrale (Hypxim)

SAPHYRE

L'outil se compose en 2 parties :

- L'interface graphique utilisateur **IHM** qui permet de configurer ce que l'on souhaite voir exécuter et de définir des scénarios qui enchaînent les modules.
- Le **simulateur**, derrière cette IHM qui s'occupe de lancer, suivre et gérer les simulations.



SIMULATEUR

Le simulateur est basé sur un framework de développement et d'exécution de simulations développé par Capgemini.

Les **modules** implantés dans le simulateur sont de 2 types. Certains réutilisent des outils déjà existants et servent d'interfaces entre l'IHM et le logiciel intégré (en bleu clair) et d'autre réalisent de manière interne leur propre algorithme de traitement (en bleu foncé).

Zoom sur les modules

Modules Instrument

ISRf

- Convolution par la réponse spectrale de l'instrument

Bruit

- Modèle de bruit de l'instrument de type $V(a+bL)$
- Calcul du SNR et ajout du bruit à la luminance

Polarisation

- Sensibilité de l'instrument à la polarisation (matrice de Mueller)

Lumière Parasite

- Ajout d'un flux parasite qui entre dans l'instrument

Modules Transfert radiatif

COMANCHE³

- Basé sur MODTRAN pour le calcul des termes atmosphériques
- Formulation de l'ETR proche de 6S
- Traite des pixels et des images hyperspectrales
- Calcule la luminance TOA

SOS (Ordre Successif de Diffusion)^{4,5}

- Simulation sans absorption gazeuse
- Prise en compte de la polarisation (surface-atmosphère)
- Calcule la luminance TOA

Modules Correction atmosphérique

COCHISE³

- Utilise COMANCHE dans le domaine réflectif
- Traite des images hyperspectrales
- Estime la réflectance sol et le contenu en vapeur d'eau

Correction atmosphérique simple

- Inversion de l'ETR
- Utilise COMANCHE dans le domaine réflectif
- Estime la réflectance sol

Correction atmosphérique DDV

- Détermination de la luminance atmosphérique au-dessus des pixels sombres
- Inversion de l'ETR
- Estime la réflectance sol

³ Poutier, L.; Miesch, C.; Lenot, X.; Achard, V. and Boucher Yannick, (2002) « COMANCHE and COCHISE: Two reciprocal atmospheric codes for hyperspectral remote sensing », AVIRIS Earth Science and Applications Workshop Proceedings, 2002.

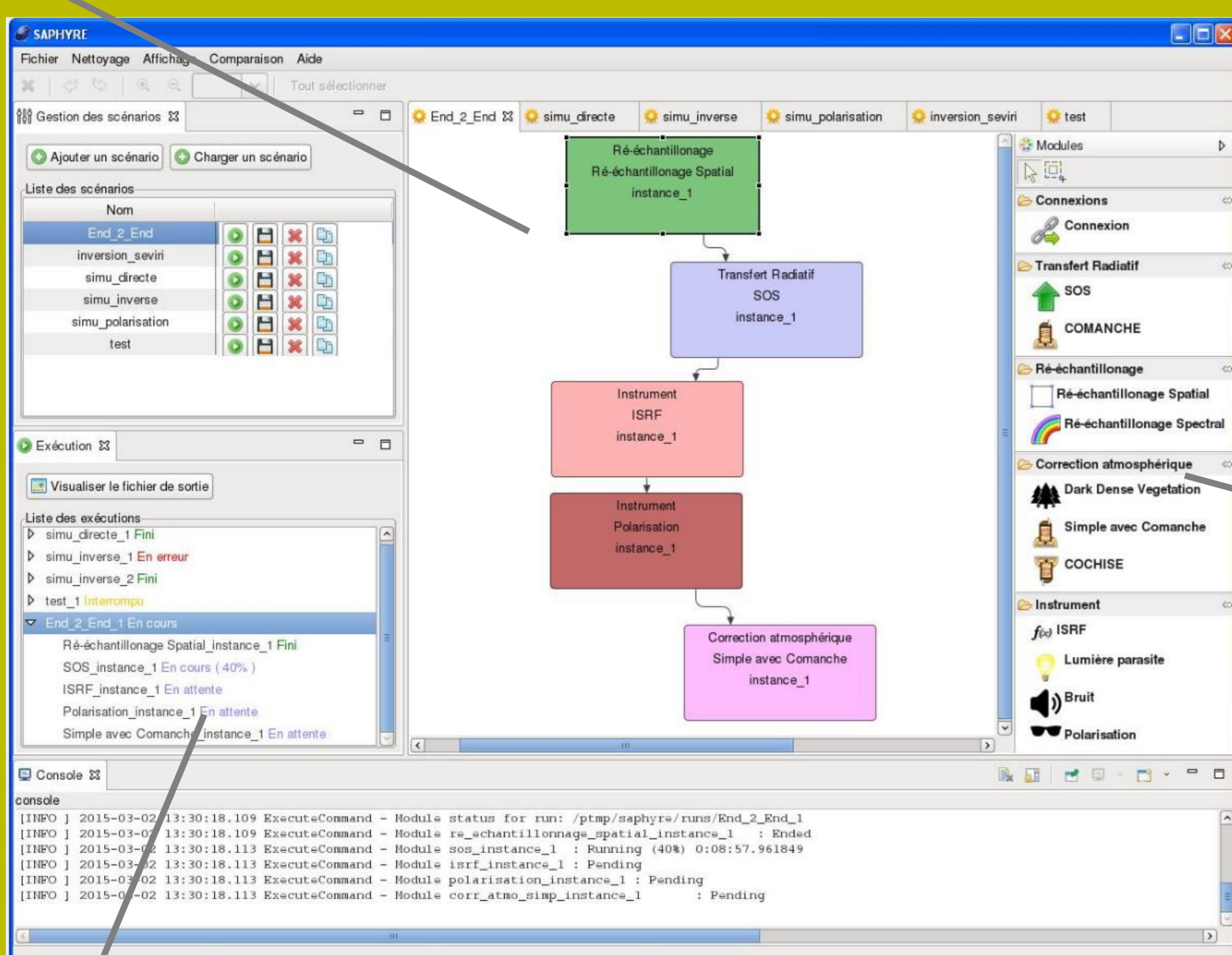
⁴ Lafrance, B (2002) Code des Ordres Successifs de Diffusion. Manuel utilisateurs Ref. CSSI/111-1/SOS/OSDMU

⁵ Deuzé, J-L, M.Herman and R. Santer, (1989) « Fourier series expansion of the transfer equation in the atmosphere-ocean system, J.Quant. Spectrosc. Radiat. Transer, vol 41, 483-494

⁶ Dumas, L.; Youssefi, D.; Botella C. (2014) « ORION manuel d'utilisation ». Ref 172200-SUM-99-0142-N

IHM

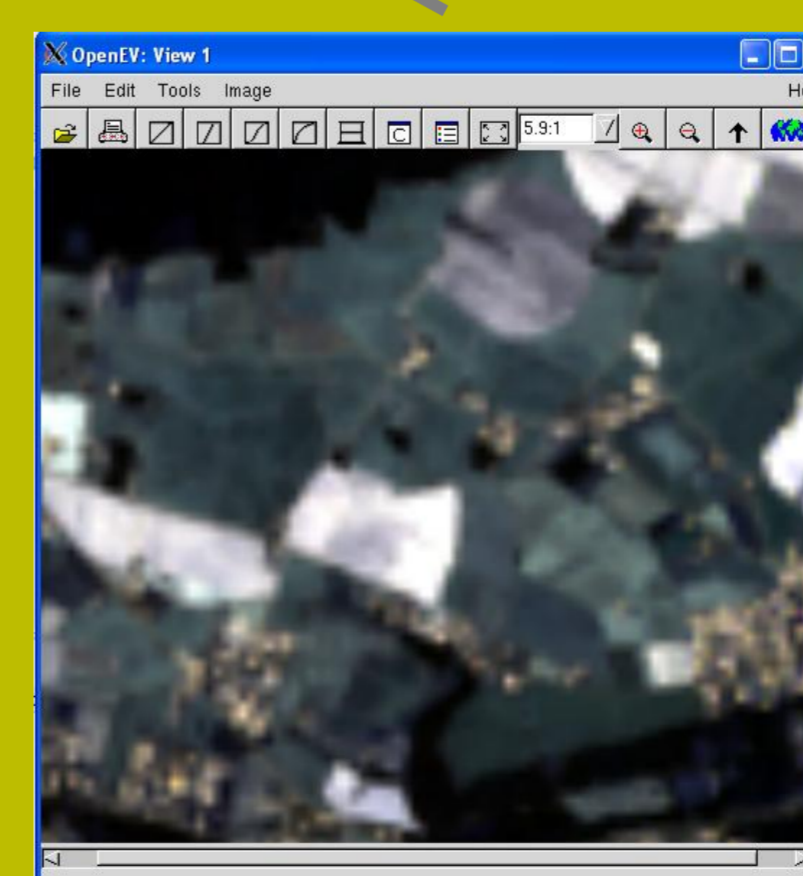
L'IHM est basée sur la technologie Java Eclipse RCP



Suivi de l'exécution des scénarios

Visualisation / Comparaison

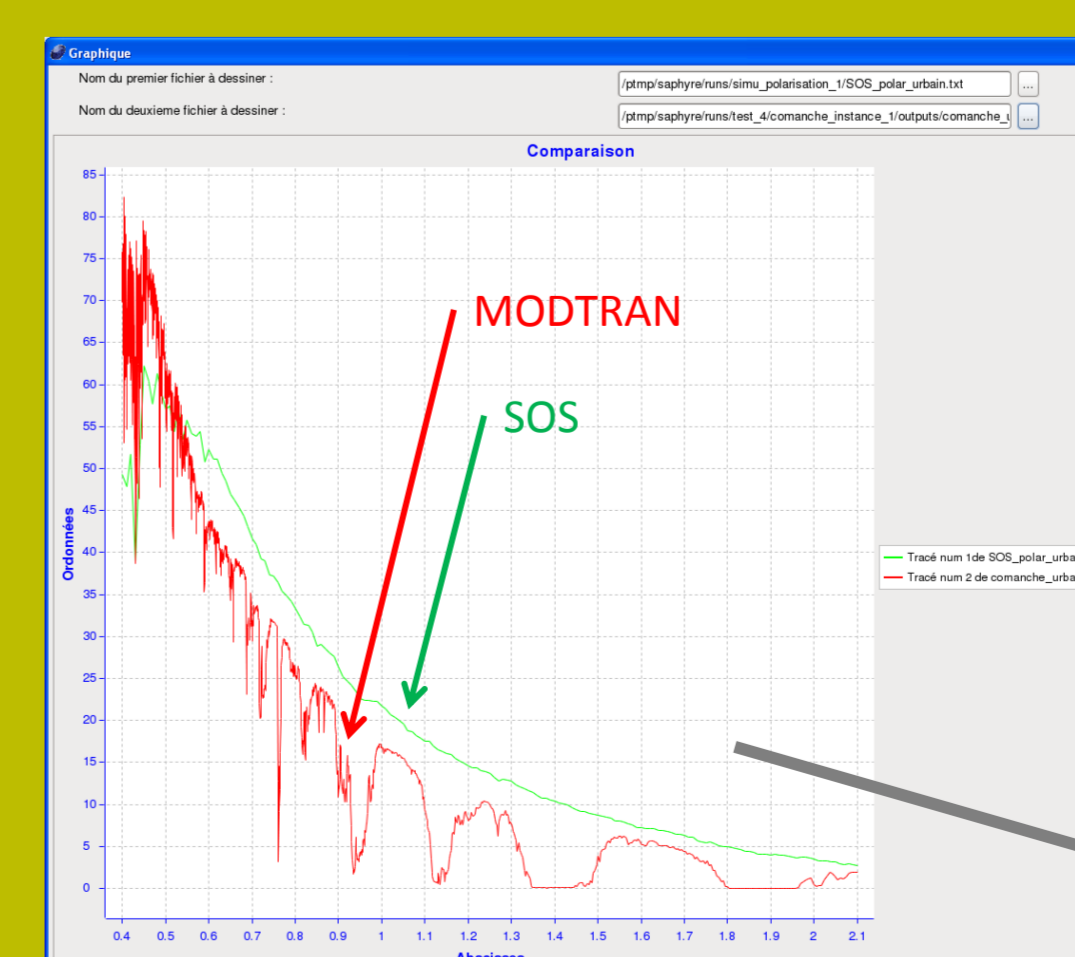
Visualisation image d'origine



Visualisation image de différence



Modules implémentés dans le simulateur



Comparaison de spectres de luminance TOA entre deux codes de transfert radiatif (avec et sans absorption par les gaz)