



**Exemple d'utilisation d'HighTune explorer pour étudier les  
compensations d'erreurs  
Nuages de cumulus vs rayonnement en SCM**

*Maëlle Coulon--Decorzens, Frédéric Hourdin, Najda Villefranque  
29 janvier 2024*

**Rendu physiquement réaliste des nuages du cas Arm réalisé avec htrdr (Villefranque)**

# Contexte

## 1. Tuning global des GCM ciblant des métriques radiatives à TOA

- Compensation d'erreur inévitables / désirables introduites par le tuning
- Exemple : Cibles radiatives responsable du biais "too few too bright" sur les cumulus ?

### **Avec des modèles de transferts radiatif grossier sur les interactions nuages-rayonnement :**

- overlap
- hétérogénéité horizontale des nuages
- effets radiatifs 3D des nuages

➔ **Quelles compensations d'erreurs ?**

# Contexte

## 1. Tuning global des GCM ciblant des métriques radiatives à TOA

- Compensation d'erreur inévitables / désirables introduites par le tuning
- Exemple : Cibles radiatives responsable du biais "too few too bright" sur les cumulus ?

### Avec des modèles de transferts radiatif grossier sur les interactions nuages-rayonnement :

- overlap
- hétérogénéité horizontale des nuages
- effets radiatifs 3D des nuages

### ➔ Quelles compensations d'erreurs ?

## 2. Outils et modèle pour formaliser la question des compensations d'erreurs

- un modèle de transfert radiatif **ECRAD** qui paramétrise ces processus manquant
- un outil de tuning automatique **HighTune explorer** pour poser formellement cette question
- Cadre de comparaison **SCM vs LES**
- **Références radiatives** Monte Carlo sur les LES

# Contexte

## 1. Tuning global des GCM ciblant des métriques radiatives à TOA

- Compensation d'erreur inévitables / désirables introduites par le tuning
- Exemple : Cibles radiatives responsable du biais "too few too bright" sur les cumulus ?

### Avec des modèles de transferts radiatif grossier sur les interactions nuages-rayonnement :

- overlap
- hétérogénéité horizontale des nuages
- effets radiatifs 3D des nuages

### ➔ Quelles compensations d'erreurs ?

## 2. Outils et modèle pour formaliser la question des compensations d'erreurs

- un modèle de transfert radiatif **ECRAD** qui paramétrise ces processus manquant
- un outil de tuning automatique **HighTune explorer** pour poser formellement cette question
- Cadre de comparaison **SCM vs LES**
- **Références radiatives** Monte Carlo sur les LES

## 3. Cumulus = nuages très fréquent et très important pour le climat

les 3 hypothèses d'interaction nuage-rayonnement sont importante pour simuler le rayonnement des cumulus

# Contexte

## 1. Tuning global des GCM ciblant des métriques radiatives à TOA

- Compensation d'erreurs inévitables / désirables introduites par le tuning
- Exemple : Cibles radiatives responsable du biais "too few too bright" sur les cumulus ?

### Avec des modèles de transferts radiatif grossier sur les interactions nuages-rayonnement :

- overlap
- hétérogénéité horizontale des nuages
- effets radiatifs 3D des nuages

### ➔ Quelles compensations d'erreurs ?

## 2. Outils et modèle pour formaliser la question des compensations d'erreurs

- un modèle de transfert radiatif **ECRAD** qui paramétrise ces processus manquant
- un outil de tuning automatique **HighTune explorer** pour poser formellement cette question
- Cadre de comparaison **SCM vs LES**
- **Références radiatives** Monte Carlo sur les LES

## 3. Cumulus = nuages très fréquent et très important pour le climat

les 3 hypothèses d'interaction nuage-rayonnement sont importantes pour simuler le rayonnement des cumulus

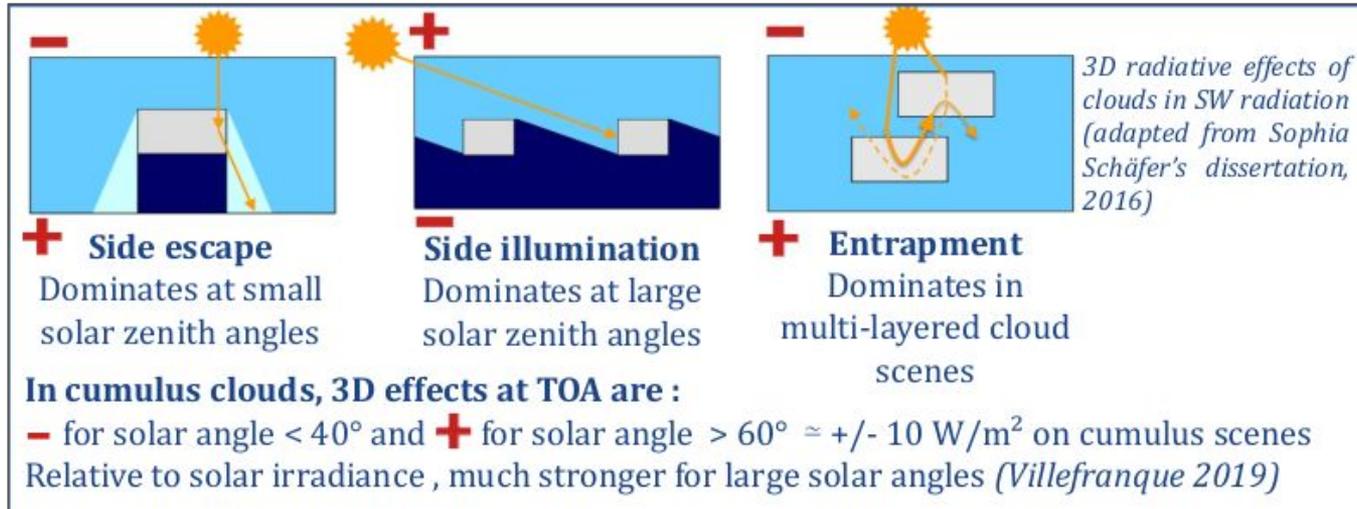
**Comment s'ajustent les cumulus pour avoir le bon rayonnement SW réfléchi à TOA** suivant les hypothèses d'interactions nuages-rayonnement que l'on fait ?

**A quel précision LMDZ-ECRAD est capable de représenter ce rayonnement ?**

# Les effets radiatifs 3D des nuages

## Effet radiatif 3D = rayonnement 3D - rayonnement 1D

C'est ce que l'on perd lorsque l'on autorise pas les photons à aller dans toutes les directions de l'espace



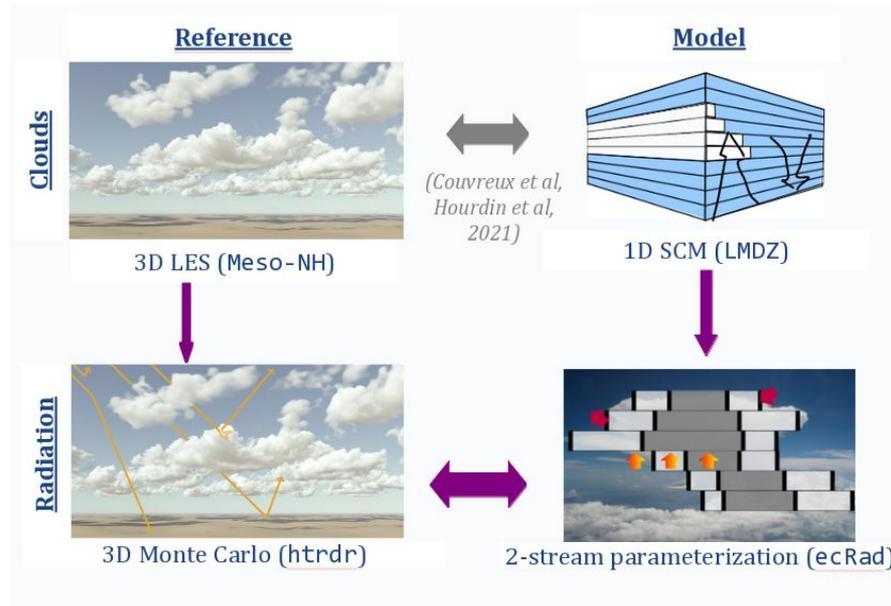
# Outils : cadre de comparaison SCM/LES pour le rayonnement

## 1. LMDZ 6A 95 niveaux

## 2. Configurations d'ECRAD :

- **TripleClouds** : modèle de transfert radiatif à deux flux
- **Spartacus** : TripleClouds + paramétrisation des effets radiatifs 3D des nuages

## 3. Comparaison SCM/LES : extension aux rayonnement SW



# Expérience de tuning pour mettre en évidence les compensations d'erreurs

Deux cas de cumulus : ARMCU (continentaux) et RICO (océanique)

Hypothèse : Spartacus = référence de transfert radiatif paramétrisé

$\lambda_{\text{Spartacus}}$  issu d'un tuning utilisant SPARTACUS sur des LES de cumulus (*Villefranque et al, 2021*)

+ quantification de son erreur structurelle sur des cumulus

→ que se passe-t-il lorsqu'on ne paramétrise plus les effets radiatifs 3D des nuages ?

L'expérience de tuning : Avoir le meilleur rayonnement SW réfléchi peut importe les nuages

## Paramètres libres $\lambda$ :

13 paramètres des paramétrisations de la CL de LMDZ

**Métriques  $f$  :** Rayonnement SW réfléchi à TOA pour :

- ARMCU : 13h30 et et 17h30

- RICO : 5h et 12h

pour angles zénithaux  $0^\circ$ ,  $44^\circ$  et  $77^\circ$

## Tolérance :

La même pour toutes les métriques

$$T > T_{\min} = T_{\text{ref}} + T_{\text{spartacus}} \sim 1 + 3 \text{ W/m}^2$$

**Référence :** Monte Carlo 3D(LES)

Une expérience de tuning pour Spartacus et une autre pour TripleClouds

# Résultats : Capacité des solveurs à représenter le rayonnement

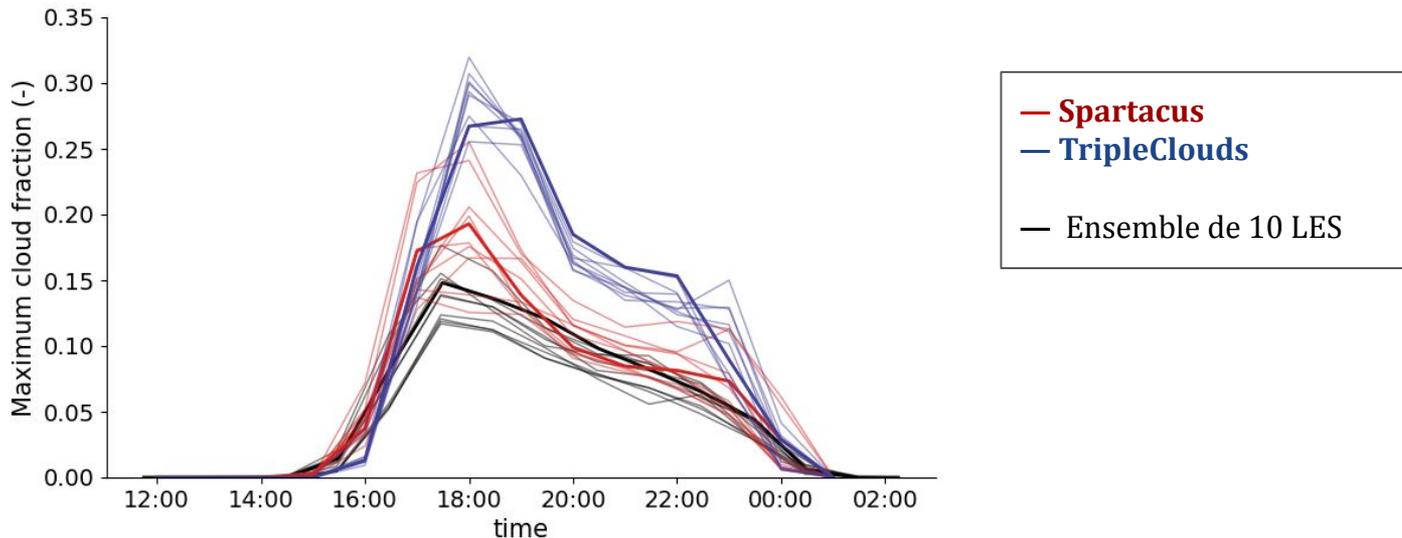
## 1. Tolérances des expériences de tuning :

- Spartacus =  $T_{\min} = 4 \text{ W/m}^2$  *avec effets radiatifs 3D des nuages*
- TripleClouds =  $6 \text{ W/m}^2$  *sans effets radiatifs 3D des nuages*

Max des erreurs pour la meilleure simulation :

- Spartacus : **3.96 W/m<sup>2</sup>**
- TripleClouds : **11.1 W/m<sup>2</sup>**

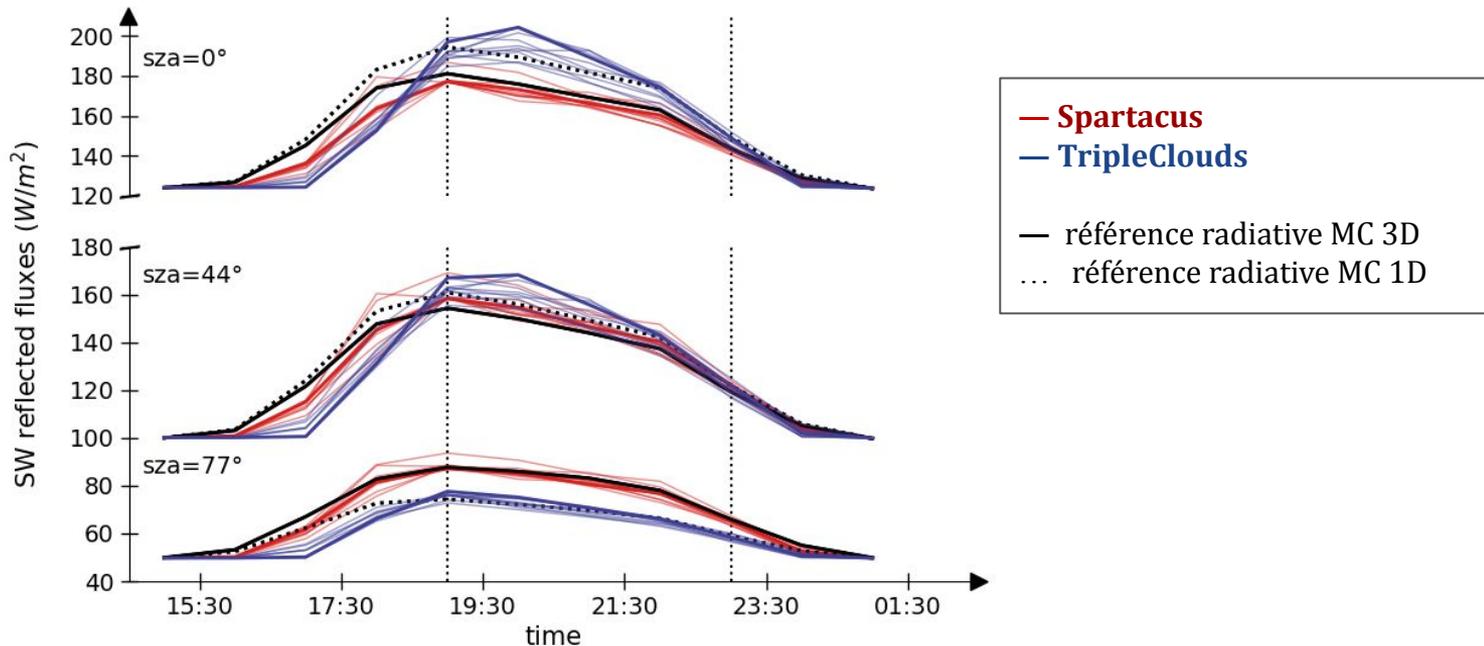
## Résultats : Maximum de fraction nuageuses



*Séries temporelles du maximum de fraction nuageuse pour ARMCU  
Pour les 10 meilleures simulations de chaque expérience de tuning*

- ➔ **Spartacus** fait des bonnes max{fraction nuageuse}
- ➔ **TripleClouds** surestime systématiquement les max{fraction nuageuse}

# Résultats : Capacité des solveurs à représenter le rayonnement



*Séries temporelles du rayonnement SW réfléchi à TOA pour le cas ARMCU  
Pour les 10 meilleures simulations de chaque expérience de tuning*

➔ **Spartacus est globalement meilleur que TripleClouds**  
**Car prise en compte des effets radiatifs 3D des nuages**

# Conclusion

## 1. Compensations d'erreurs entre nuages et rayonnement possibles lors du tuning

➔ **surestimation du maximum de fraction nuageuse** (sans effets 3D)

**Mauvaise modélisation des interactions nuage-rayonnement ➔ mauvaise simulation des nuages**

Importance de la modélisation des effets radiatif 3D pour les nuages de cumulus

**Mais LMDZ global fait des cumulus avec des trop petits max{fractions nuageuses} !**

- les cibles radiatives sont très moyennées donc **les effets radiatifs 3D se compensent**

- Pour des utilisations de cible tuning plus fines (latitudinal, cycle diurne) ➔ **importance de paramétrer les effets 3D pour ne pas avoir ces compensations d'erreurs**

- Calcul de rayonnement SCM **offline** et **sans modèle de surface**

**➔ Pourquoi on a des fractions de nuage de cumulus trop faible en global alors qu'on les contraint fortement en SCM ?** Qu'est ce que ça veut dire sur notre stratégie de tuning actuelle ?

## 2. Cadre pour travailler sur le rayonnement en mode SCM et pour tuner les paramètres libres d'ecRad

disponible sur cas de cumulus et stratocumulus

→ Spartacus très couteux !!

+ évaluation en global pour comparer les différents solvers

+ travail sur la paramétrisation des paramètres libres d'ecRad (cohérence avec LMDZ)

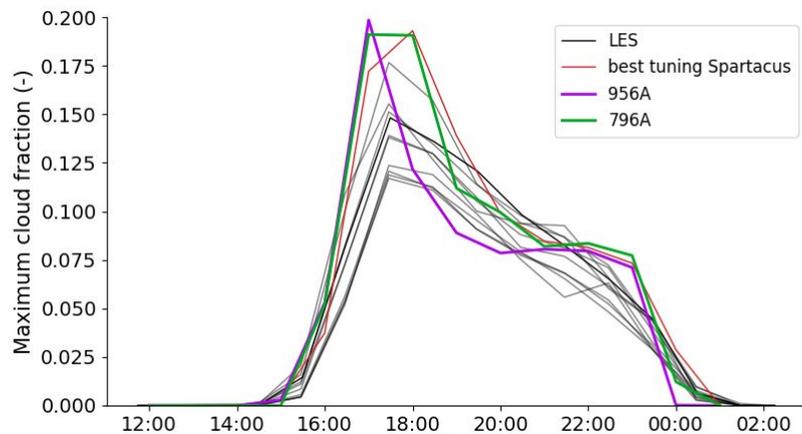


**Merci pour votre attention !**

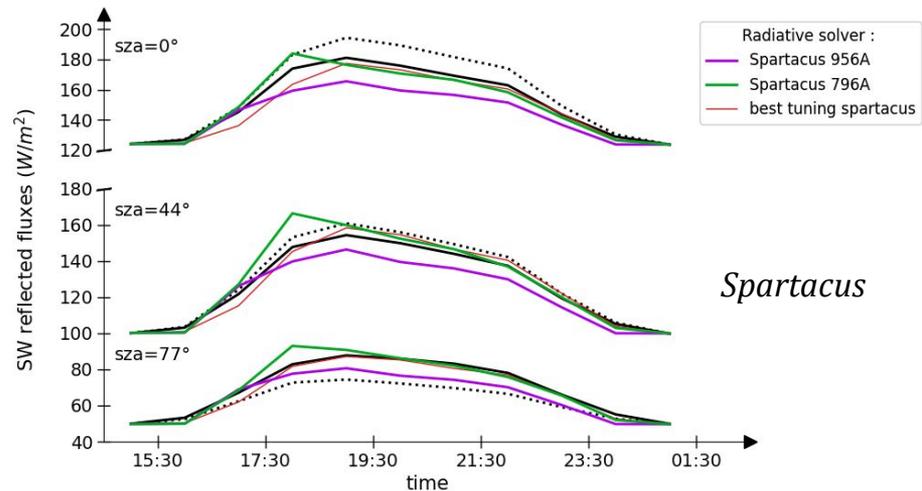
**Rendu physiquement réaliste des nuages du cas Arm réalisé avec htrdr (Villefranche)**

# Conclusion

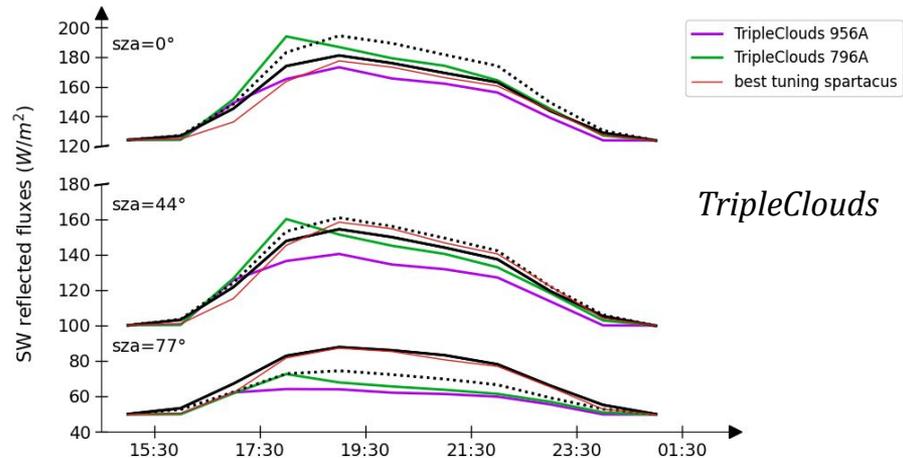
➔ Pourquoi on a des fractions de nuage de cumulus trop faible en global alors qu'on les contraint fortement en SCM ? Qu'est ce que ça veut dire sur notre stratégie de tuning actuelle ?



Série temporelle du maximum de fraction nuageuse



Spartacus



TripleClouds

Séries temporelles du rayonnement SW réfléchi à TOA