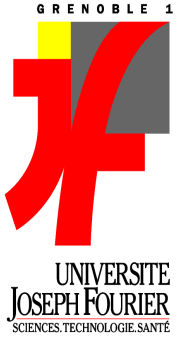




Éclairage réaliste de terrains en temps-réel



Le mardi 24 juin 2008

Vincent Vidal

Étudiant M2R info en
Synthèse et animation des Mondes Virtuels

Tuteur : M. Eric Bruneton
Resp. filière : M. Franck Hetroy

Plan

- **Présentation du stage et généralités**
- Transferts radiatifs (terrain+nuages+atmosphère)
- Travaux dans le domaine
- Simulateur programmé
- Expérimentations
- Conclusion

Présentation du lieu de travail

- Équipe **EVASION**

- **Environnements Virtuels pour l'Animation et la Synthèse d'Images d'Objets Naturels** (jan. 2003)
- Modélisation, animation et visualisation de phénomènes naturels

Présentation du cadre de travail

- Illumination globale temps-réel de terrains 3D
- 2 approches pour temps-réel
 - Pré-calculs
 - Modèles approchés (analyt.+Intégr. num.) \Rightarrow NOUS
- Validité modèles approchés?
- Hypothèses simplificatrices envisageables?

Objectifs du stage et démarche scientifique

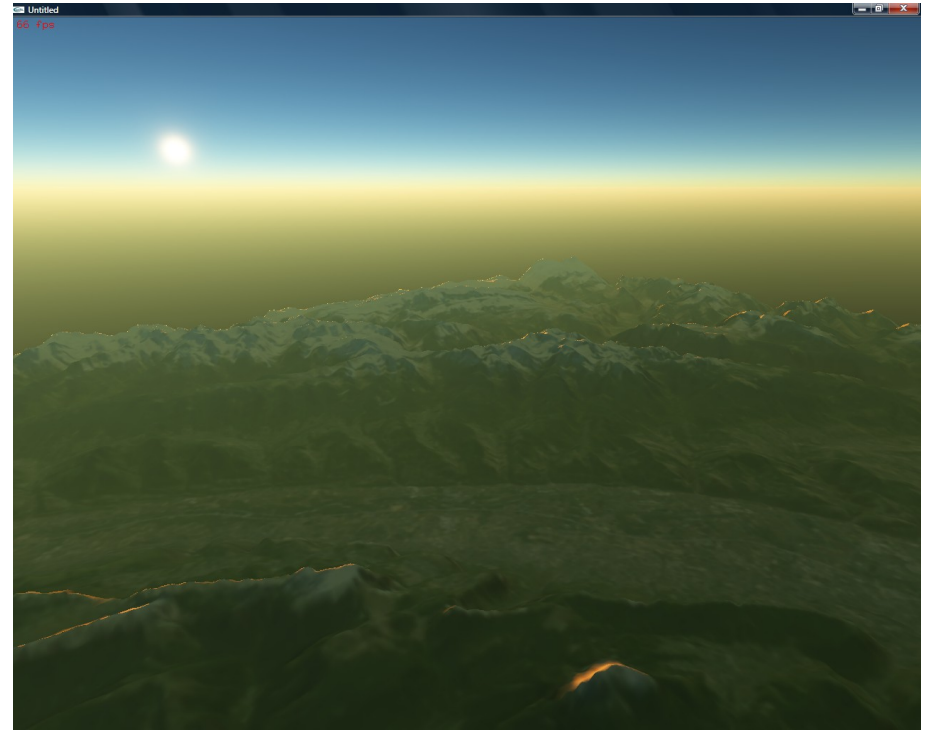
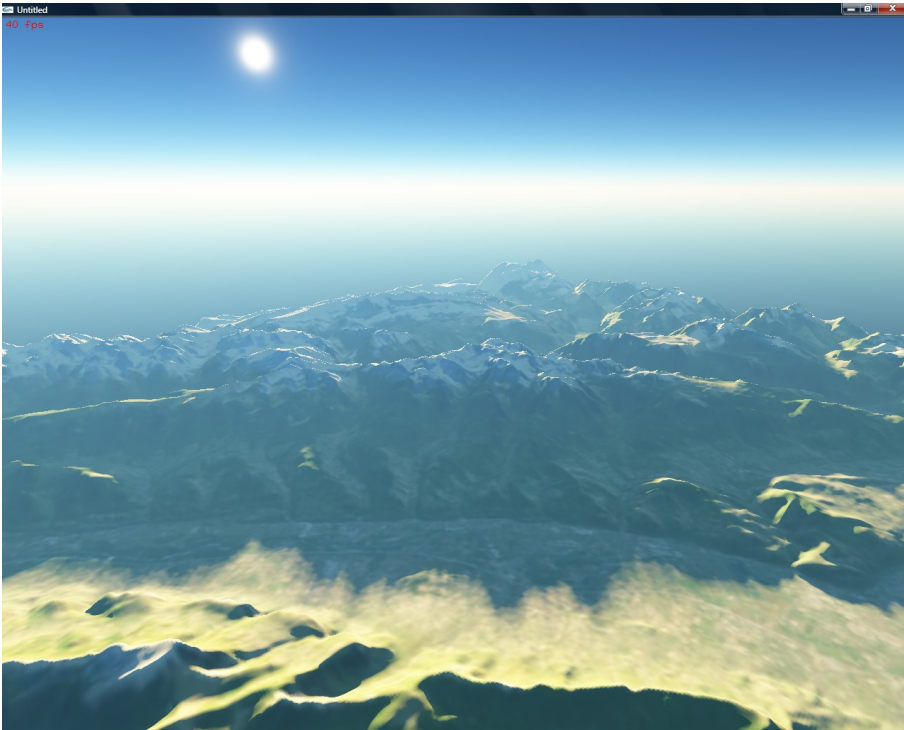
- Objectifs finaux
 - Étendre inter-réflexions sol-nuages [Bouthors06]
 - Perspective aérienne avec nuages

Objectifs du stage et démarche scientifique

- Objectifs intermédiaires du stage
 - Programmer simulateur transferts radiatifs
 - Influence atmosphère transferts radiatifs
 - Influence sol & nuages perspective aérienne
 - Influence pente sol & approximations

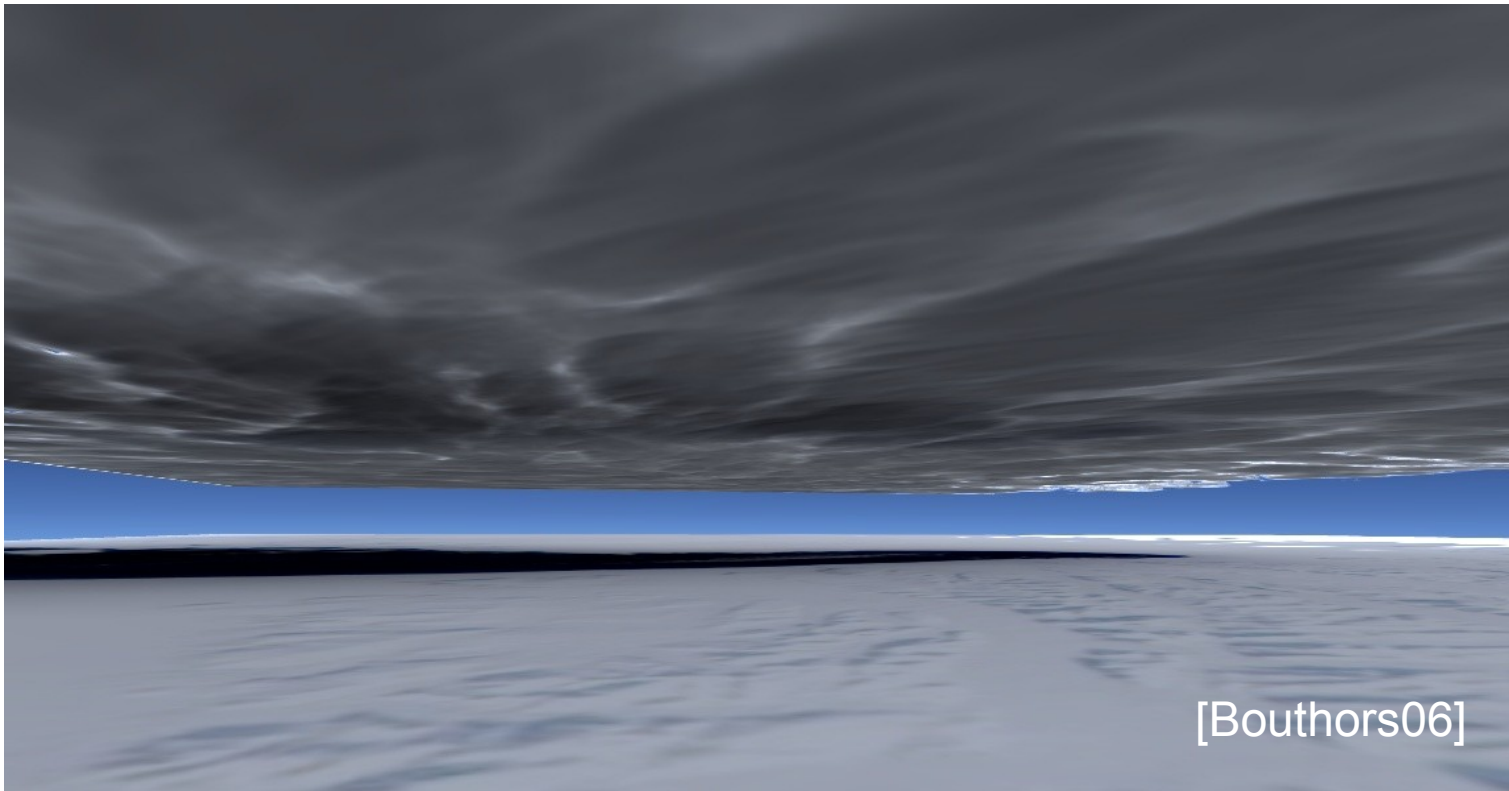
Objectifs du stage et démarche scientifique

- Ajouter les nuages à



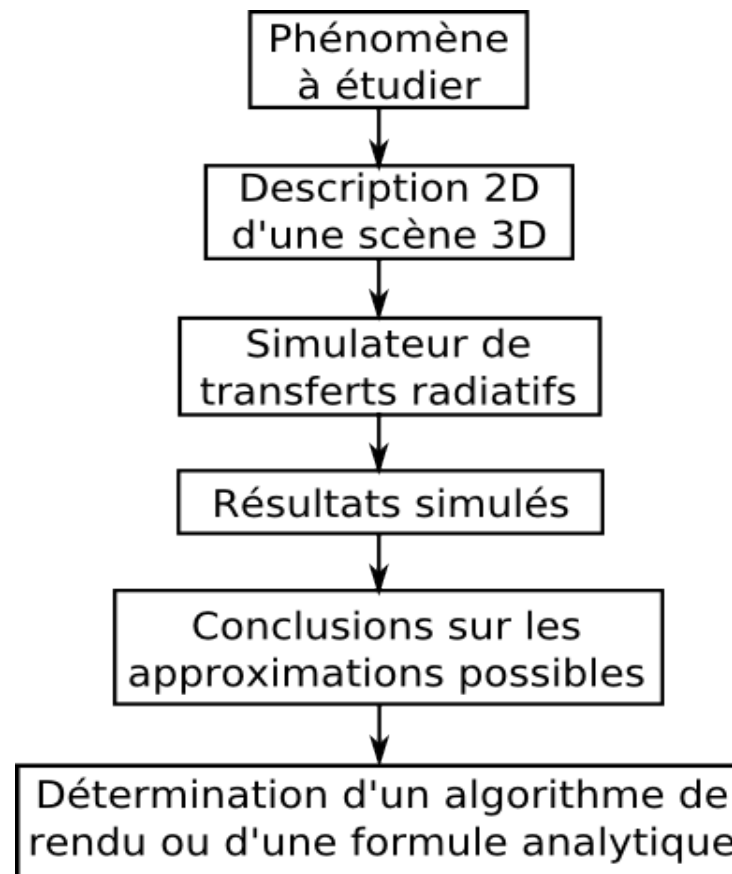
Objectifs du stage et démarche scientifique

- Actuellement



Objectifs du stage et démarche scientifique

- Démarche scientifique



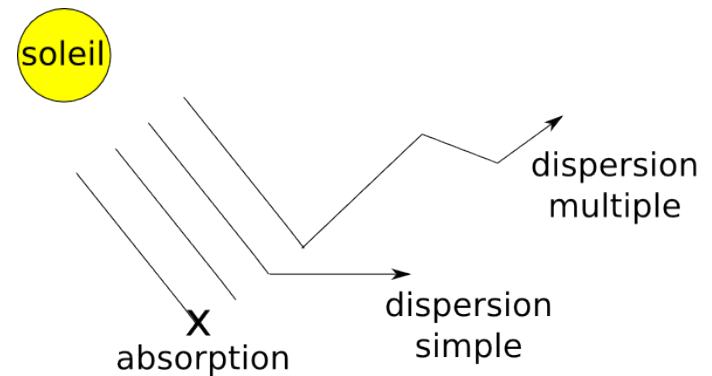
Plan

- Présentation du stage et généralités
- **Transferts radiatifs (terrain+nuages+atmosphère)**
- Travaux dans le domaine
- Simulateur programmé
- Expérimentations
- Conclusion

Transferts radiatifs dans une scène d'extérieur

- Phénomènes physiques

- (Inter-)Réflexions
- Dispersion atmosphérique
- Absorption

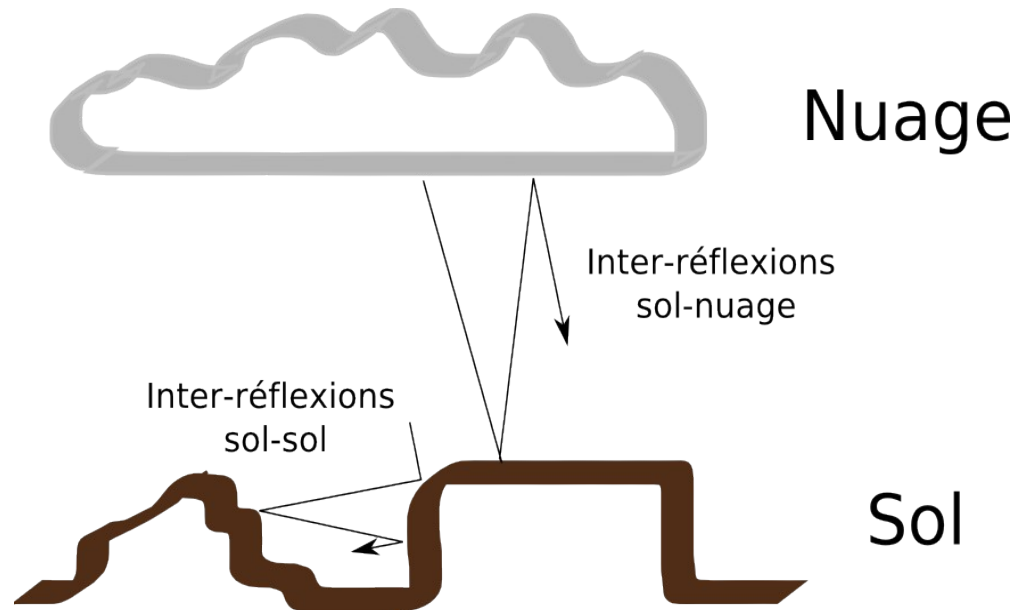


- Quantités physiques

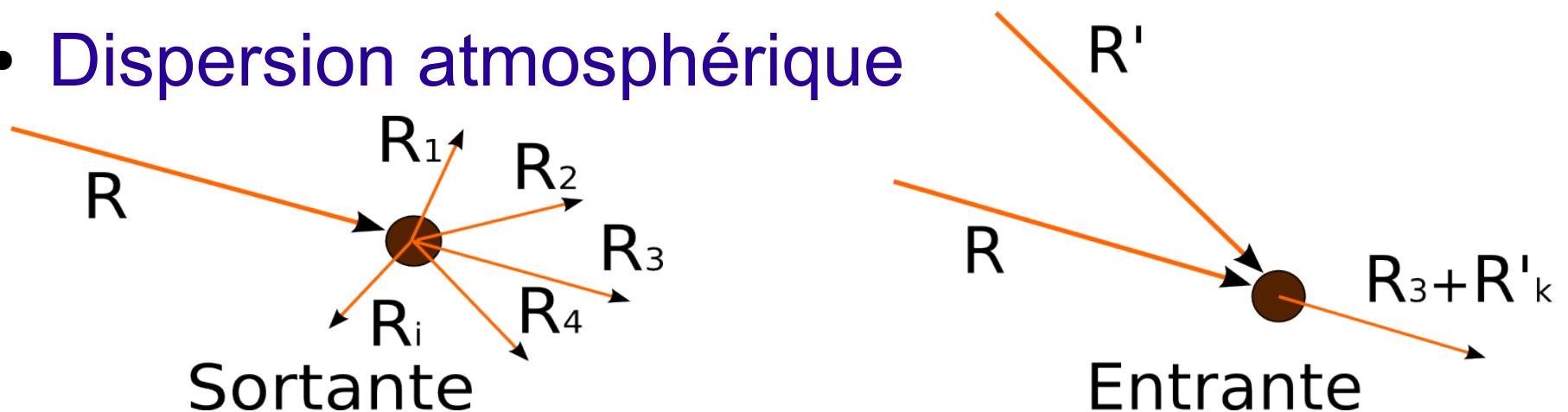
- Radiance (*radiométrie*) | luminance (*photométrie*)
- Irradiance
- BRDF

Phénomènes physiques

- Inter-réflexions



- Dispersion atmosphérique



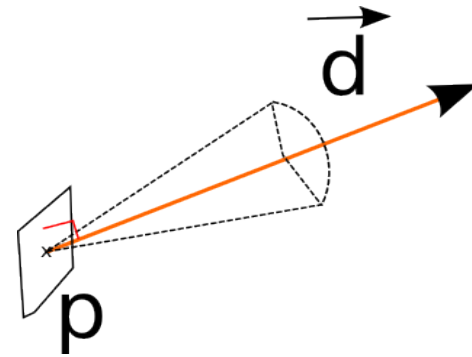
Phénomènes physiques

- Dispersion atmosphérique + absorption \Rightarrow perspective aérienne
 - Dispersion sortante+absorption \Rightarrow enlève
 - Dispersion entrante \Rightarrow rajoute



Quantités physiques

- Radiance L
(luminance énergétique)

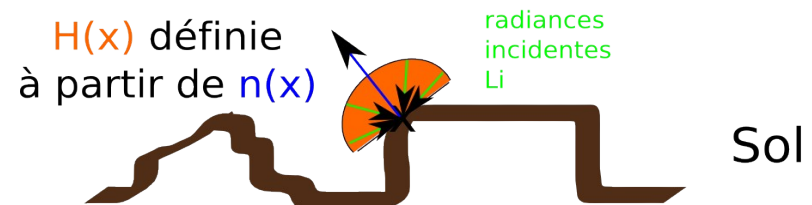
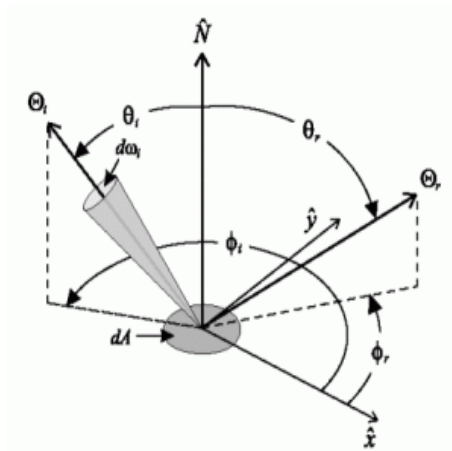


- Irradiance E



- BRDF

$$\frac{\text{Reflectance}}{\pi}$$



Plan

- Présentation du stage et généralités
- Transferts radiatifs (terrain+nuages+atmosphère)
- **Travaux dans le domaine**
- Simulateur programmé
- Expérimentations
- Conclusion

État de l'art des méthodes de rendu de scènes d'extérieur

- Rendu du ciel et de l'atmosphère : dispersion de Rayleigh
 - Pré-calculs [Bruneton08]
 - Analytique
 - Physique approximée [Riley04]
 - Matching mesures [Preetham99]
 - Intégration numérique [Nishita93+Nishita96]

État de l'art des méthodes de rendu de scènes d'extérieur

- Rendu des nuages : dispersion de Mie
- Interactions nuages - environnement
 - Réflexion lumière directe soleil (ombre)
 - **Shadow map** [Williams78]
 - Inter-réflexions sol-nuage
 - **Radiance GPU** [Bouthors06]

État de l'art des méthodes de rendu de scènes d'extérieur

- Éclairage de terrains
 - Pré-calculs transferts de radiance : *SH+PRT...* [Green03 + Sloan02]
 - Pré-calculs de visibilité : facteur d'occultation
 - Éclairage statique : *occultation ambiante* [Knecht07]
 - Éclairage dynamique : *ouverture sur l'éclairage ambiant* [Oat07]

État de l'art des méthodes de rendu de scènes d'extérieur

- **Phénomènes non-pris en compte**
 - Atmosphère dans inter-réflexions [Bouthors06 + Hoffman01]
 - Réflectance+nuages dans perspective aérienne [Riley04]
 - Hautes-fréquences (inter-réflexions) [Bouthors06 + Hoffman01]

Plan

- Présentation du stage et généralités
- Transferts radiatifs (terrain+nuages+atmosphère)
- Travaux dans le domaine
- **Simulateur programmé**
- Expérimentations
- Conclusion

Notre simulateur

- Pourquoi?
 - Comprendre influence atmosphère
 - Zones d'ombre
 - Zones directement illuminées
 - Comprendre influence nuages+sol persp. aérienne
 - Réflexion lumière directe soleil
 - Inter-réflexions sol-nuages

Notre simulateur

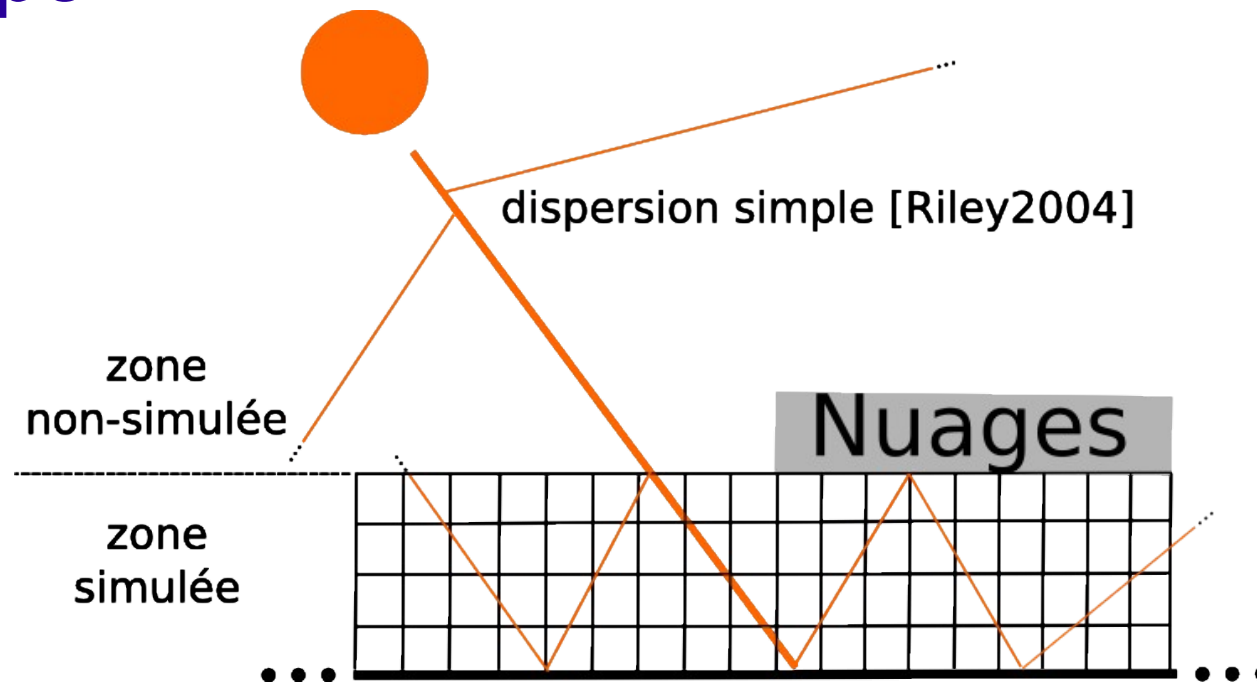
- Hypothèses de simulation
 - Soleil = source directionnelle
 - Terre plate ($\theta_s \leq 70^\circ$)
 - Sol lambertien (diffuseur idéal)
 - Nuages suffisamment épais (400 m) \Rightarrow source diffuse

Notre simulateur

- Comment simuler les transferts radiatifs?
 - Algorithme itératif (ordre dispersion - lumière transportée)
 - Terrains identiques selon Oy
 - 3 Grilles 4D+2 textures 1D sol+2 textures 1D nuages

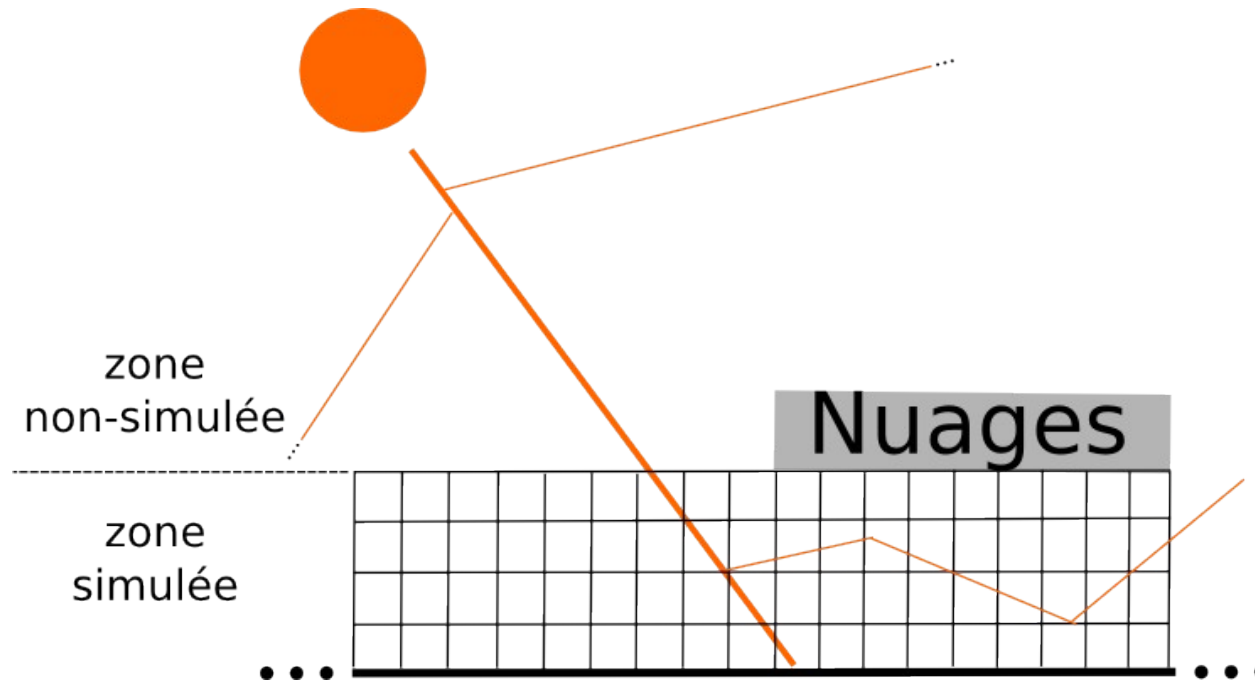
Notre simulateur

- Principe



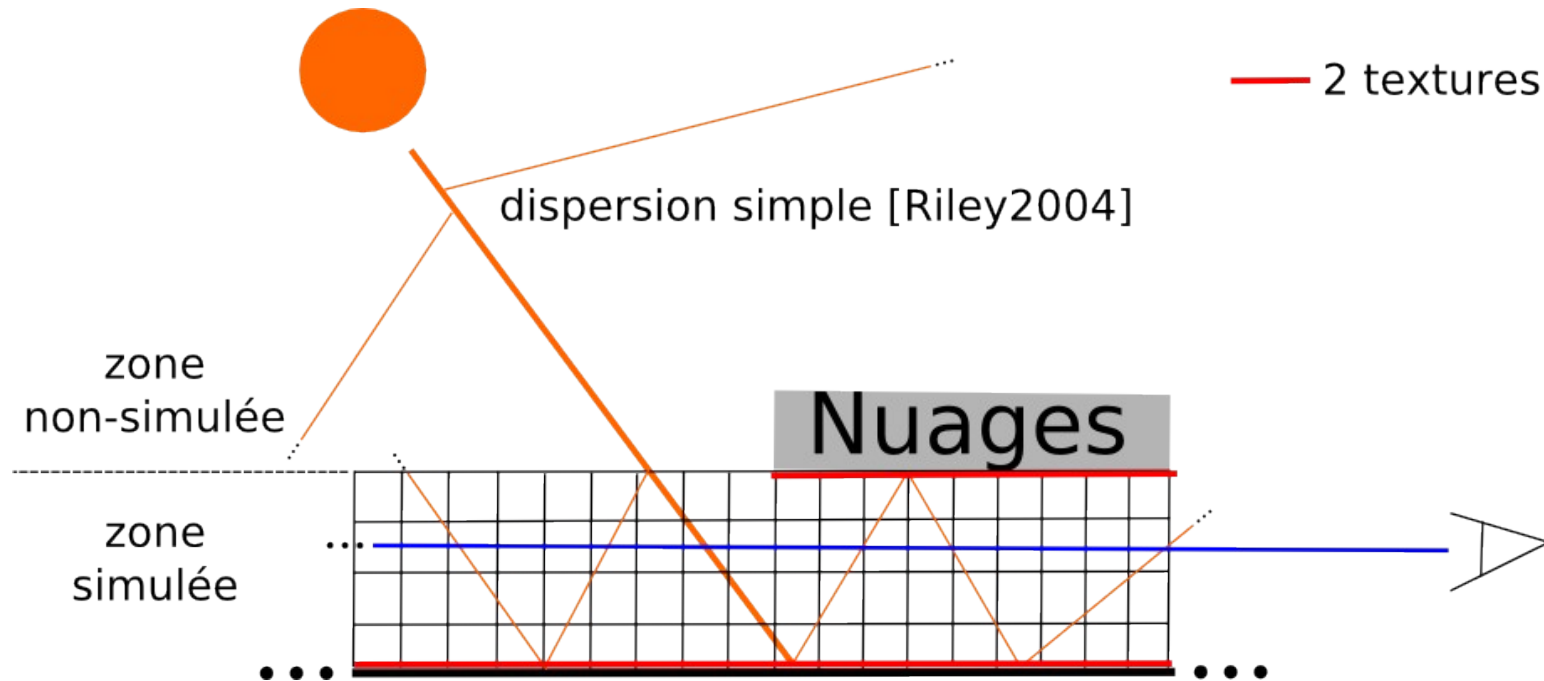
Notre simulateur

- Zone simulée : dispersion multiple



Notre simulateur

- Intérêt

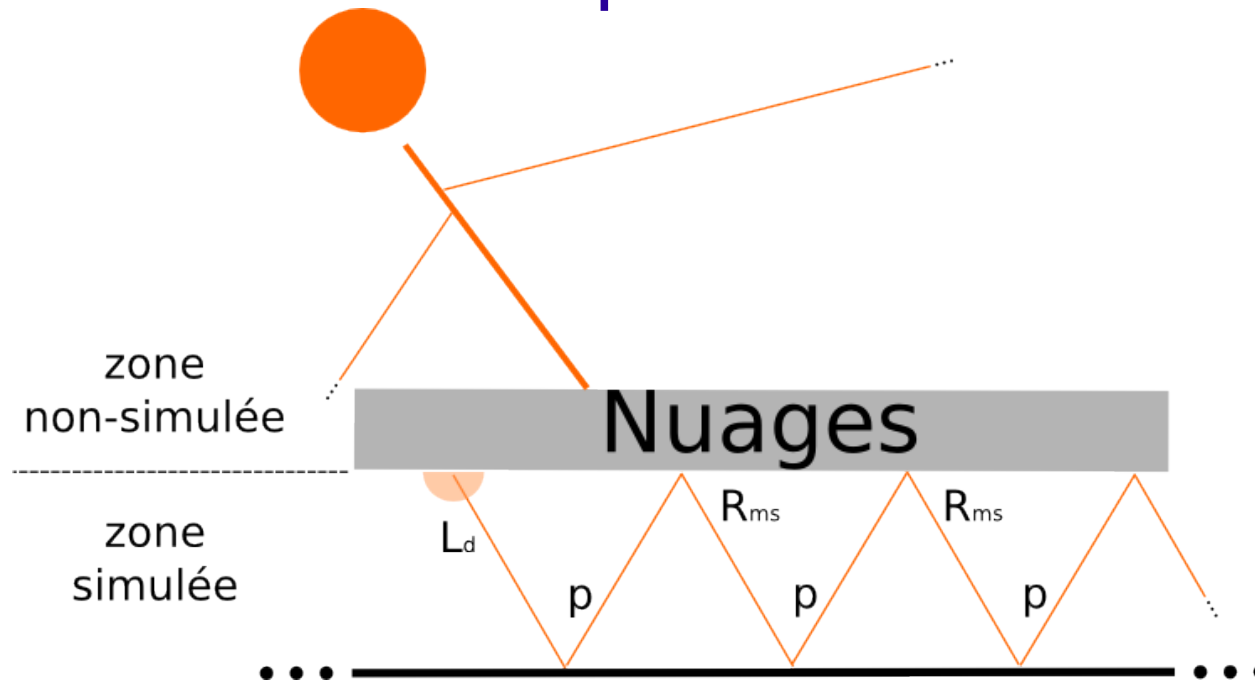


Notre simulateur

- Comment valider notre simulateur?
 - Validation informatique
 - Validation modèles mathématiques cas idéaux
 - Validation par mesures physiques

Notre simulateur

- Validation mathématique

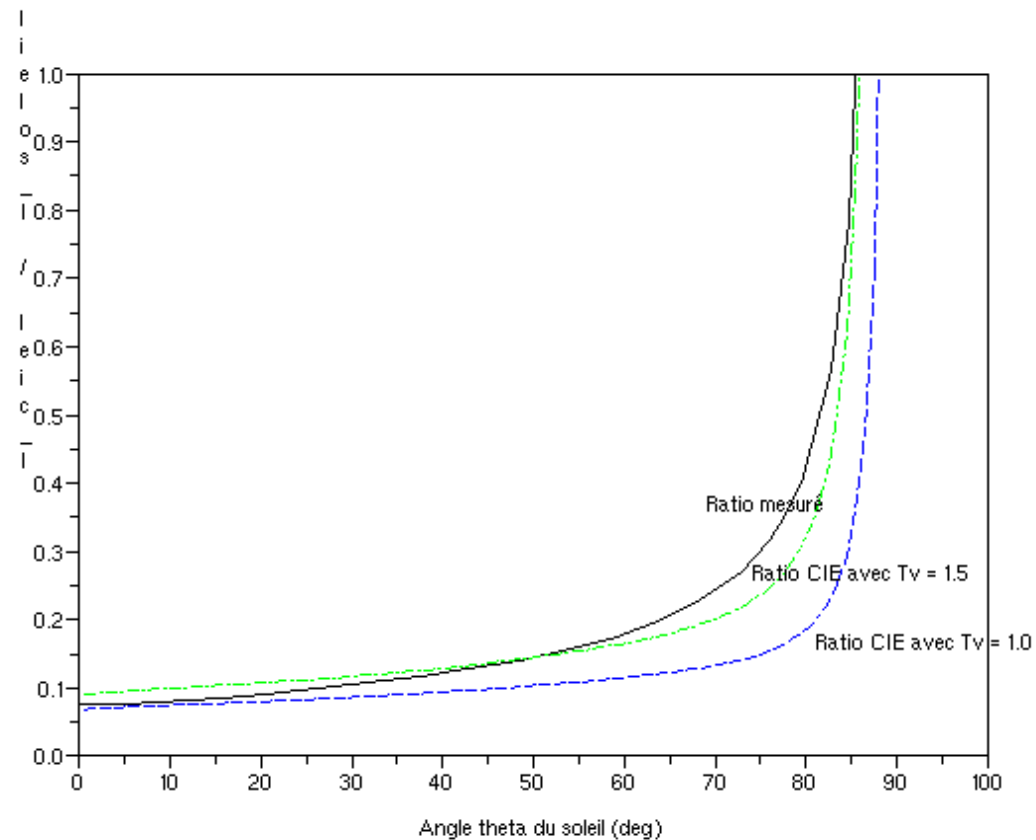


$$E_{sol} = L_d \left(1 + \rho R_{ms} + (\rho R_{ms})^2 + \dots \right) = \frac{L_d}{1 - \rho R_{ms}} \quad E_{nuage} = \rho E_{sol}$$

Notre simulateur

- Validation par mesures physiques

- Ciel clair pure CIE
- Réf :
25-30%
contrib
ciel ≠
8% nous



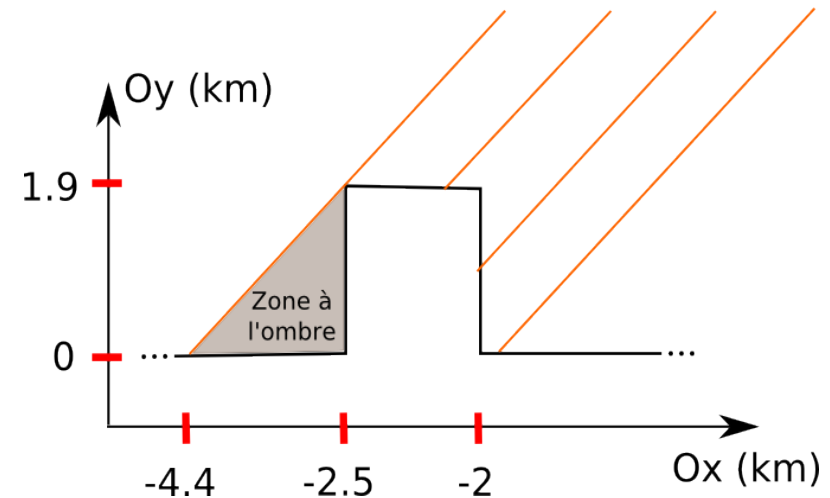
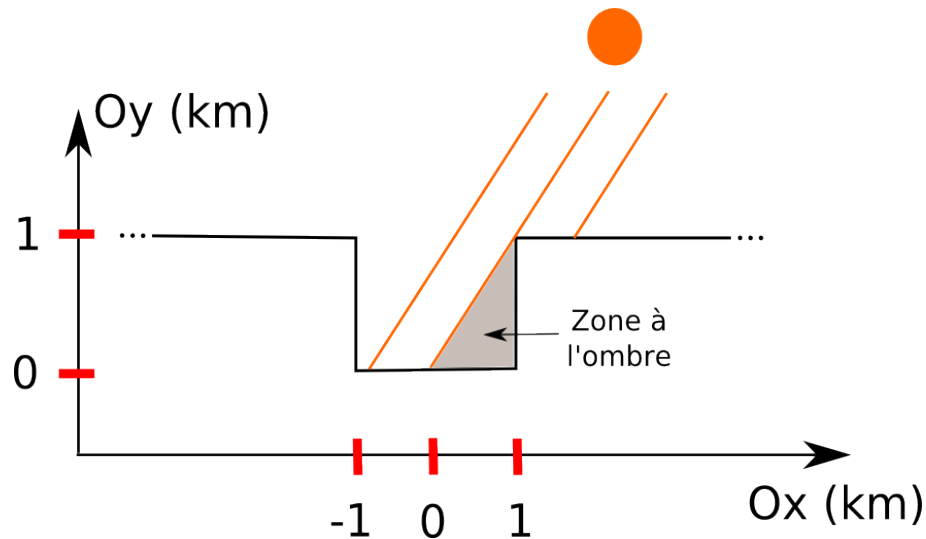
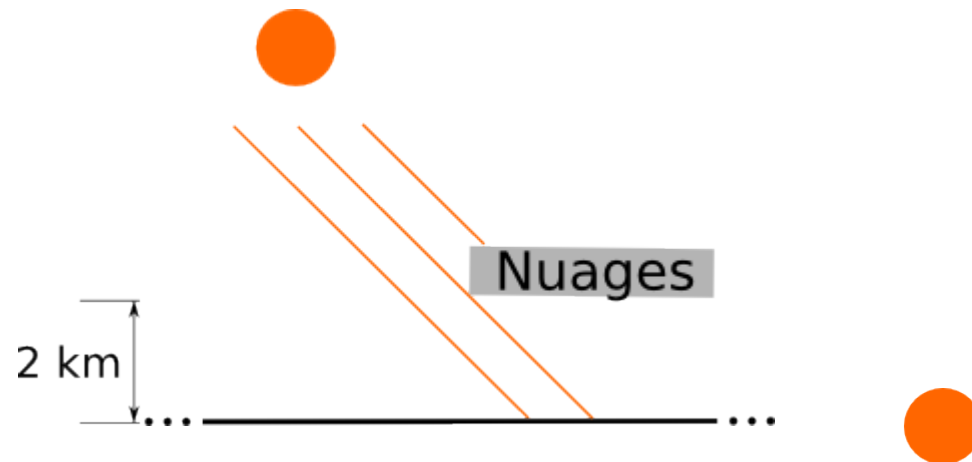
Plan

- Présentation du stage et généralités
- Transferts radiatifs (terrain+nuages+atmosphère)
- Travaux dans le domaine
- Simulateur programmé
- **Expérimentations**
- Conclusion

Expérimentations avec notre simulateur

- 3 cas d'étude

- Sol plat
- Canyon
- Montagne



Expérimentations avec notre simulateur

- Convergence

- Inter-réflexions

- sol-nuages $\Leftarrow \rho R_{ms}$

- sol-sol $\Leftarrow \rho + \text{zone d'ombre ou pas}$

- Dispersion atmosphérique

- 2-3 itérations atmosphère pure

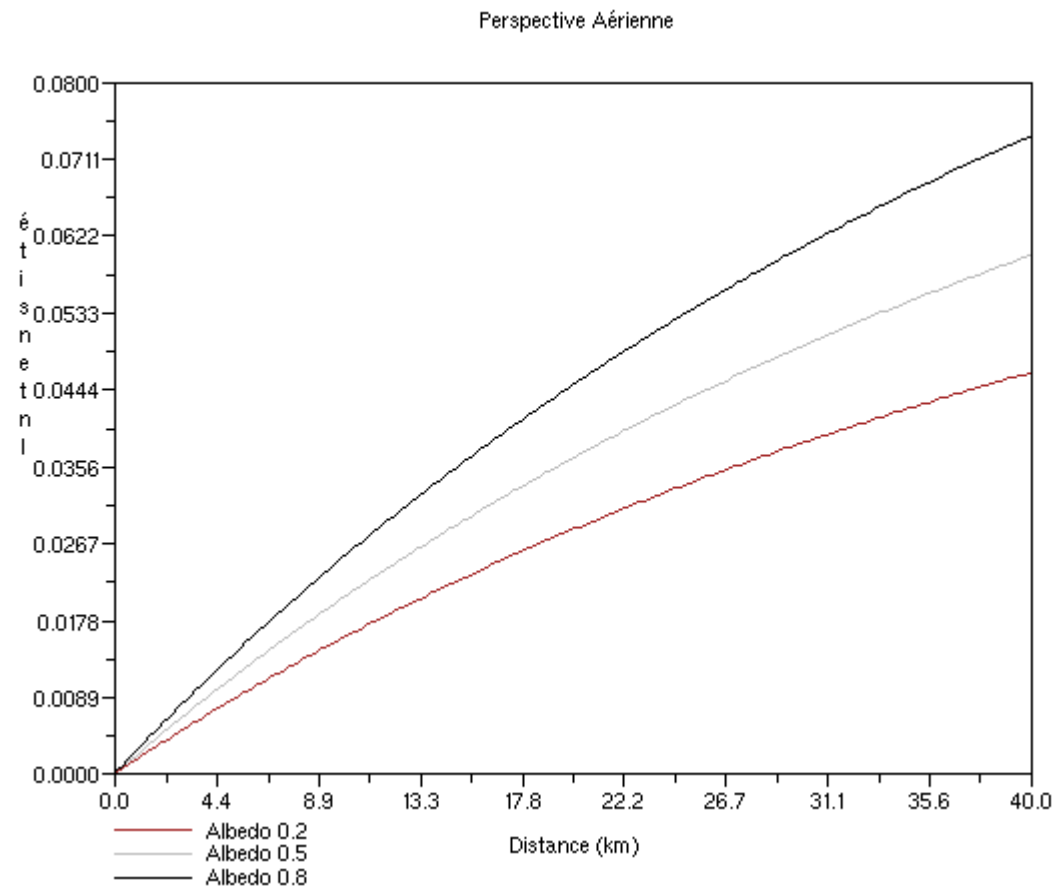
- Vraie atmosphère? Compensation absorption - dispersion

Expérimentations avec notre simulateur

- Influence atmosphère pure inter-réflexions
 - Sol-nuages \Rightarrow négligeable
 - Sol-sol en L (montagne)
 - Zone d'ombre \Rightarrow pas négligeable
 - Zone directement illuminée \Rightarrow négligeable
 - Sol-sol en U (canyon)
 - Zone d'ombre \Rightarrow pas négligeable albédo 0.2
 - Zone directement illuminée \Rightarrow négligeable

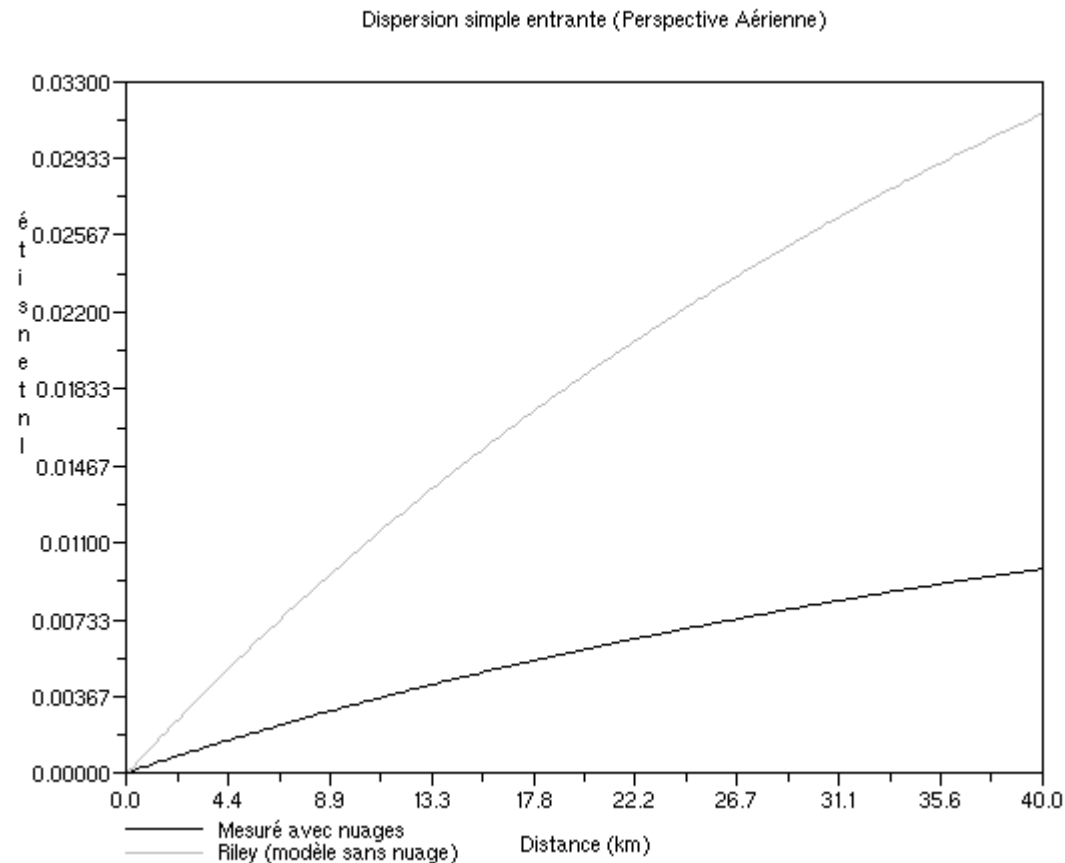
Expérimentations avec notre simulateur

- Influence sol perspective aérienne



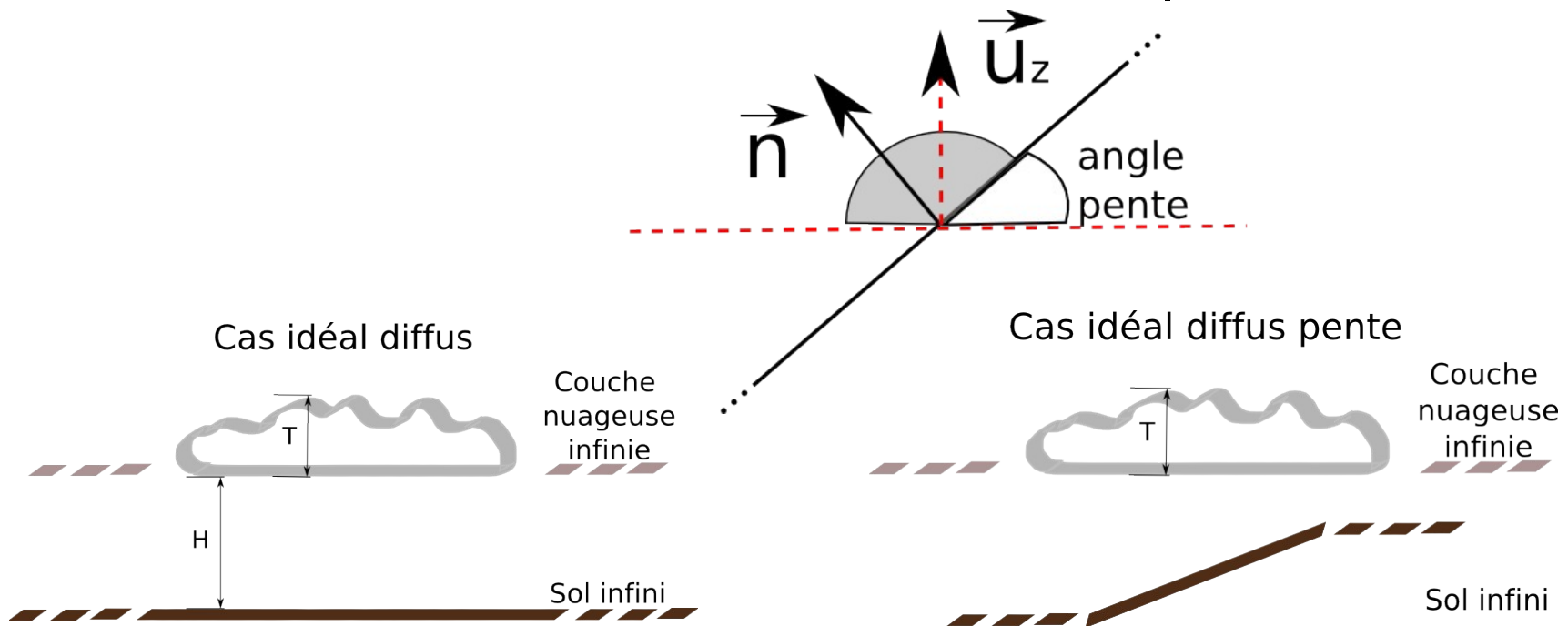
Expérimentations avec notre simulateur

- Influence nuages perspective aérienne



Expérimentations avec notre simulateur

- Approximations & facteur d'occultation
 - Source diffuse ciel (+soleil) \Rightarrow OK
 - Cas idéal diffus \Rightarrow OK albédo ≤ 0.5 | $0.8 + \text{pente} \leq 45^\circ$



Plan

- Présentation du stage et généralités
- Transferts radiatifs (terrain+nuages+atmosphère)
- Travaux dans le domaine
- Simulateur programmé
- Expérimentations
- Conclusion

Conclusion

- Travail effectué
 - Programmé+validé simulateur
 - Étudié influence atmosphère+sol+nuages
 - Testé approximations facteur occultation
- Travail restant
 - Étendre inter-réflexions nuages-sol quelconque
 - Meilleure approximation perspective aérienne
 - Comprendre différence 25-8% contribution ciel

Merci pour votre attention!!

- Si vous avez des questions...