

# Améliorations possibles dans la simulation des WCD d'Auger

Sylvie Dagoret-Campagne  
LAL

# Deux effets manquants dans la simulation G4 des WC d'Auger

- Diffusion « Rayleigh » !
  - Effet sur la lumière directe
- Dépendance de l'indice de l'eau avec la longueur d'onde
  - Légère augmentation du nombre de photoélectrons

Estimation  
Rayleigh –gaz  
 $\lambda_0=150\mu\text{m}$

# Paramètres de l'eau dans SuperK

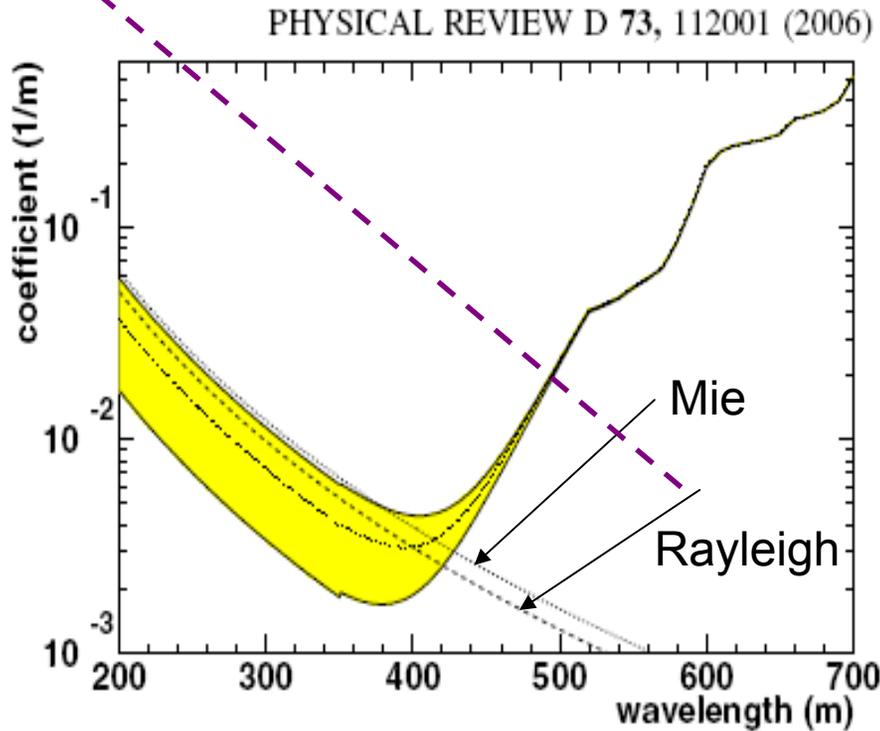


FIG. 5 (color online). Wavelength dependence of the water parameter coefficients: absorption (solid line), Rayleigh scattering (dashed line) and Mie scattering (dotted line). The absorption coefficient is also a function of water transparency. The filled region shows the range of this parameter as water transparency is changed, where the two solid lines define the SK-I minimum (73 m) and maximum (98 m) values.

Figure 5 shows the wavelength dependence of various water coefficients in our MC. Rayleigh scattering is dominant at short wavelengths with a  $1/\lambda^4$  dependence. The  $\lambda$  dependence of absorption and Mie scattering are empirically set to  $1/\lambda^4$  at shorter wavelengths, while the absorption for longer wavelengths are taken from a separate study [8]. The absorption and scattering coefficients in MC are tuned using LINAC calibration data (see Sec. VB 1) so as to match the MC and data energy scale in each position in the detector.

$\pm 0.2\%$ . The coefficients of each process at shorter wavelength are summarized as follows:

$$8.00 \times 10^7 / \lambda^4 \text{ [nm]} \quad (1/\text{m}): \text{Rayleigh scat.},$$

$$1.00 \times 10^8 / \lambda^4 \text{ [nm]} \quad (1/\text{m}): \text{Mie scat.},$$

$$(2.74 \sim 9.27) \times 10^7 / \lambda^4 \text{ [nm]} \quad (1/\text{m}): \text{absorption.}$$

# Théorie de la diffusion : critère général

- Diffusion d'une onde EM : rapport de l'énergie rayonnée par la cible par le flux de puissance incident.

$$\sigma_{scat} = \frac{dU/dt}{P}$$

- Diffusion par une cible à l'ordre le plus bas (par un dipole)
  - Dépendance en  $1/\lambda^4$

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(\vec{n}, \vec{\varepsilon}, \vec{n}_0, \vec{\varepsilon}_0) = \frac{k^4}{(4\pi\varepsilon_0 E_0)^2} \left| \vec{\varepsilon}^* \cdot \vec{p} \right|^2$$

- Diffusion par une collection de centres diffuseurs :

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(\vec{n}, \vec{\varepsilon}, \vec{n}_0, \vec{\varepsilon}_0) = \frac{k^4}{(4\pi\varepsilon_0 E_0)^2} \left| \sum_j (\vec{\varepsilon}^* \cdot \vec{p}_j) e^{i\vec{q} \cdot \vec{x}_j} \right|^2 \sim$$

$$\frac{k^4}{(4\pi\varepsilon_0 E_0)^2} \left| \vec{\varepsilon}^* \cdot \vec{p} \right|^2 \left| \sum_i \sum_j e^{i\vec{q} \cdot (\vec{x}_j - \vec{x}_i)} \right|^2$$

## Théorie de la diffusion : critère général

Diffusion par une collection de centres diffuseurs :

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(\vec{n}, \vec{\varepsilon}, \vec{n}_0, \vec{\varepsilon}_0) = \frac{k^4}{(4\pi\varepsilon_0 E_0)^2} \left| \vec{\varepsilon}^* \cdot \vec{p} \right|^2 |F(\vec{q})|$$

$$F(\vec{q}) = \sum_i \sum_j e^{i\vec{q} \cdot (\vec{x}_i - \vec{x}_j)}$$

- $F(\vec{q}) = N$  pour des centres de diffusion dispersés aléatoirement comme dans les gaz : c'est la diffusion Rayleigh
- Interférences destructives sauf vers l'avant dans les réseaux cristallins réguliers (diffusion de Bragg seulement pour les rayons X) :
  - Pas de diffusion Rayleigh dans les cristaux !
- Pour les milieux intermédiaires compressibles, le coefficient d'atténuation  $\alpha = n\sigma$  a une dépendance en  $1/\lambda^4$

$$\alpha = \frac{1}{6\pi N} \left( \frac{\omega}{c} \right)^4 \left| \frac{(\varepsilon_r - 1)(\varepsilon_r + 2)}{3} \right|^2 \cdot NkT \frac{1}{V} \left| \frac{\partial V}{\partial P} \right|_T \quad (\text{Jackson})$$

# Diffusion Rayleigh et diffusion de Mie

- Diffusion Rayleigh  
(loin de la résonance UV à  $\lambda_0 \sim 150 \mu\text{m} \ll \lambda$ )

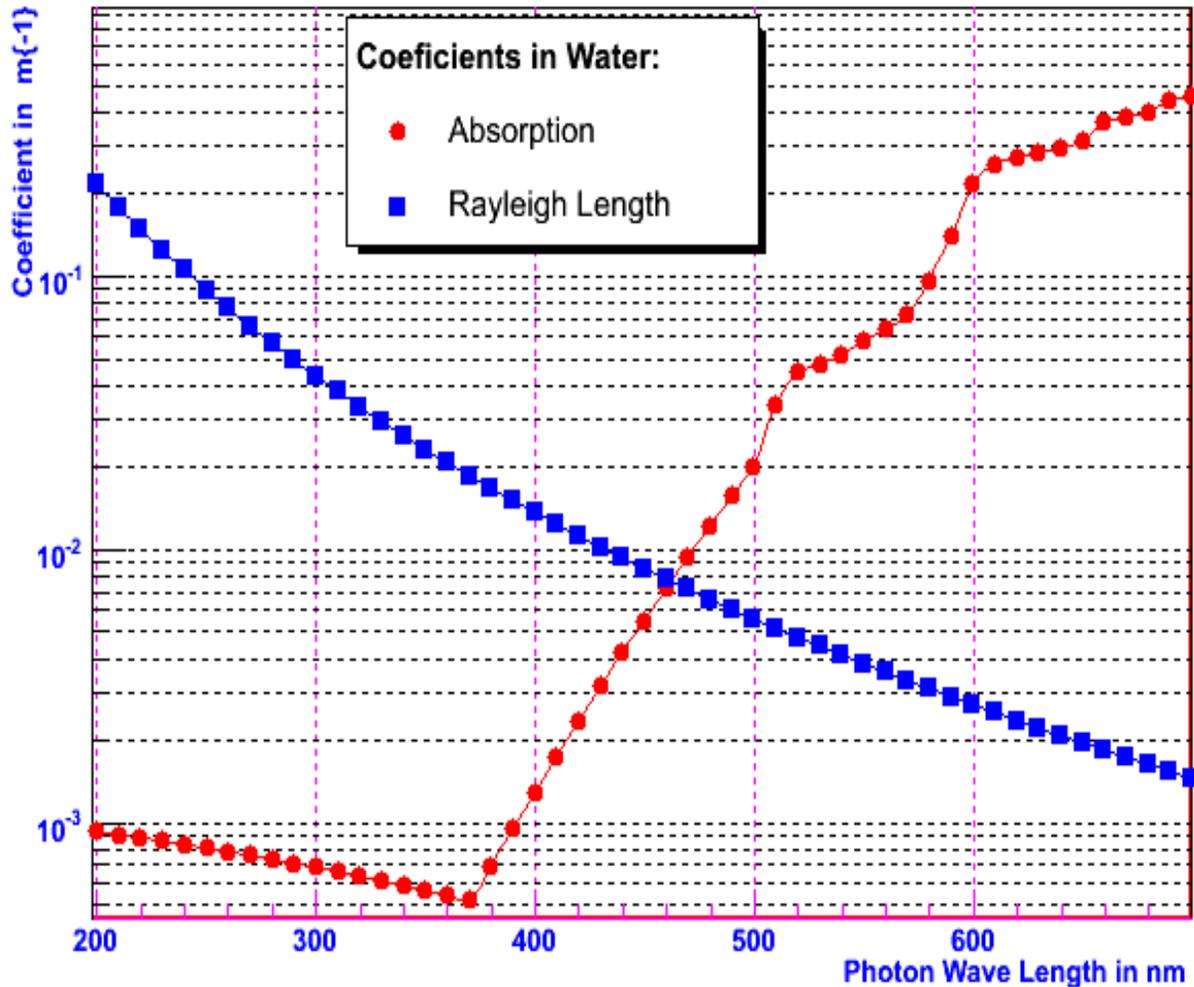
$$\sigma_{ray} \sim \sigma_{t \text{ hom son}} \times \left( \frac{\lambda_0}{\lambda} \right)^4$$
$$\alpha = n \sigma_{ray} = 3m^{-1} \times \left( \frac{\lambda_0}{\lambda} \right)^4$$

- Diffusion de Mie : diffusion sur des particules « diélectriques » de rayon R,
  - Il faut que  $R \gg \lambda$ ,
  - Dépendance en  $1/\lambda^4$

$$\sigma_{MIE} = \frac{8\pi}{3} k^4 \left| \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 2} \right|^2 R^6$$
$$\frac{d\sigma_{MIE}}{d\Omega} = \frac{\omega^4}{c^4} |\vec{e} \cdot \vec{e}_0|^2 \left( \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 2} \right)^2 R^6$$

# Simulation Geant4 de Memphys

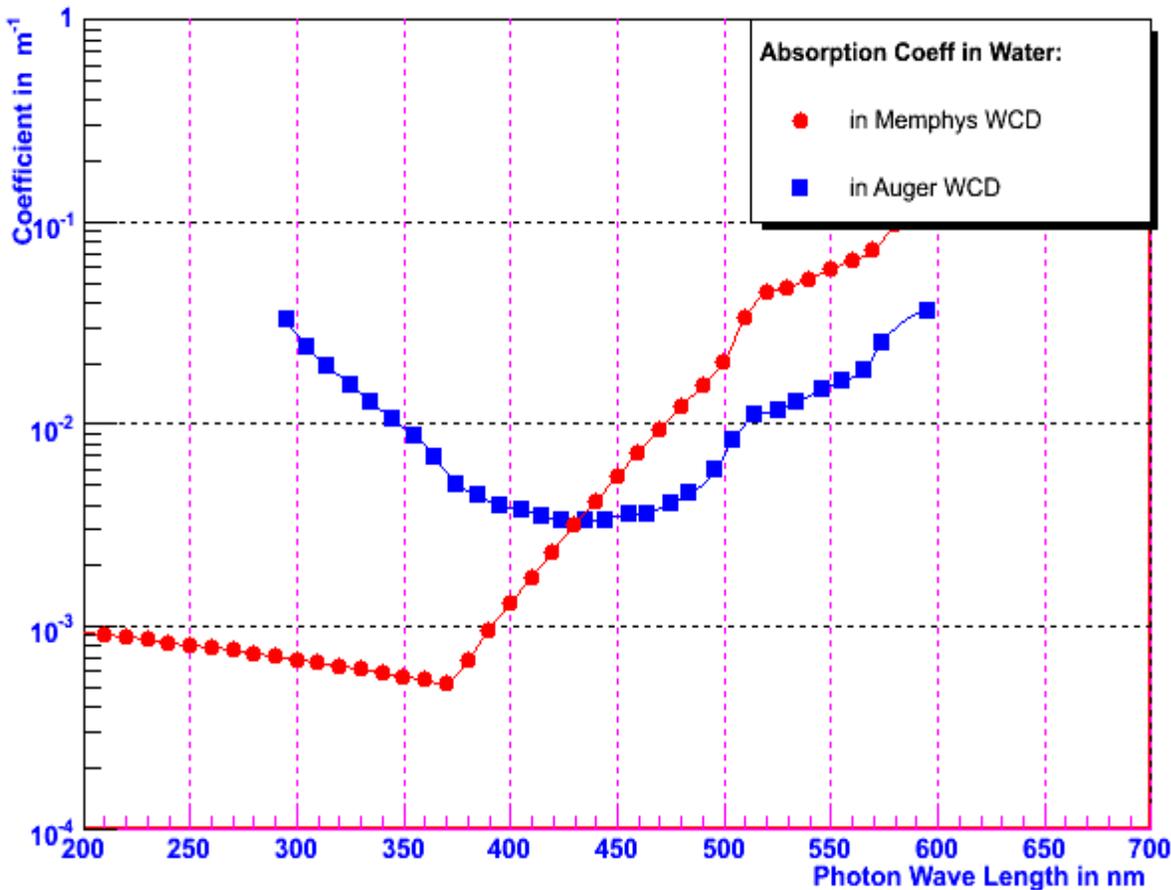
## Memphys WC simulation



**Simu Memphys/SK**

- Absorption sous estimée
- Diffusion Rayleigh surestimée

# Comparaison Memphys/Auger



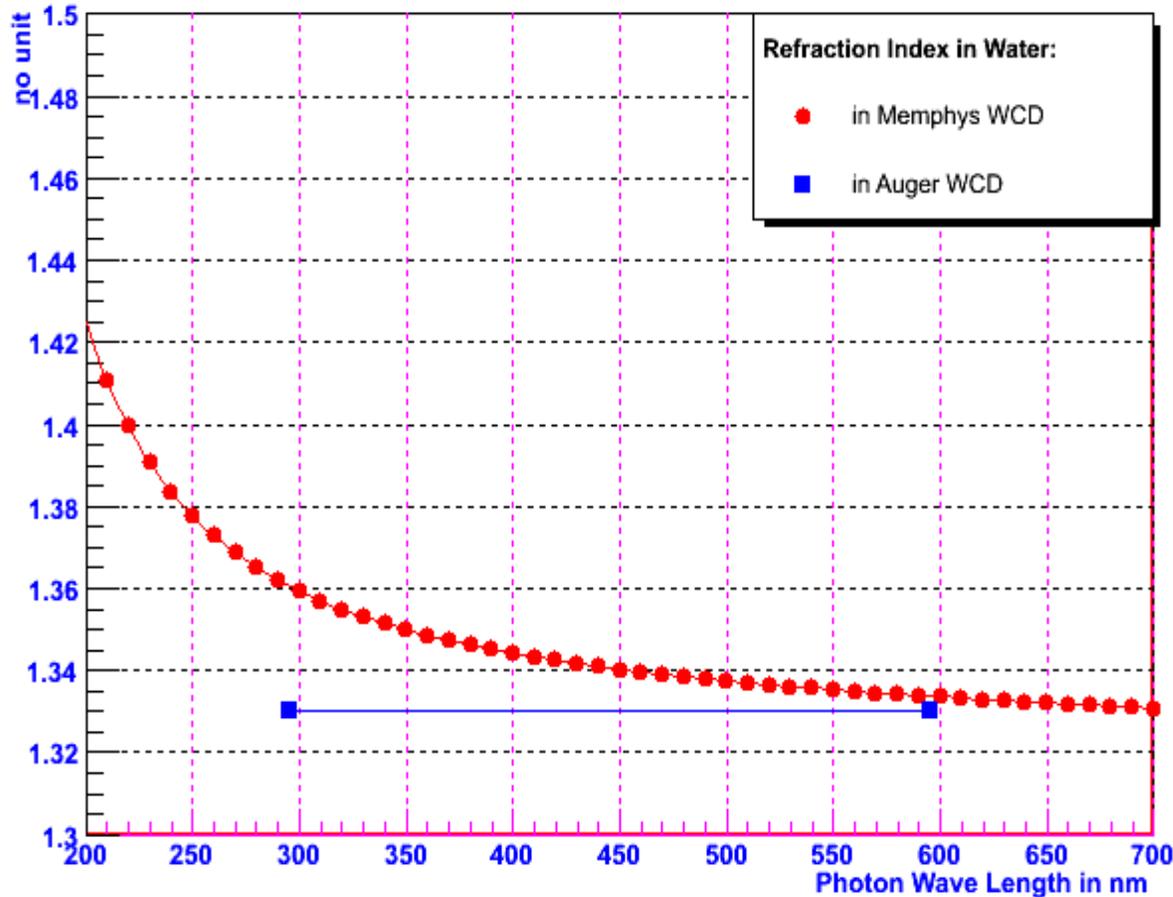
Dans Auger, l'absorption:

- est moins forte au dessus de 420 nm que SK-Memphys
- est légèrement plus forte que l'eau « sale » de SK.

# Implémentation de la diffusion Rayleigh dans les WCD d'Auger

- Est-ce que ça contribue à diminuer la lumière directe ?

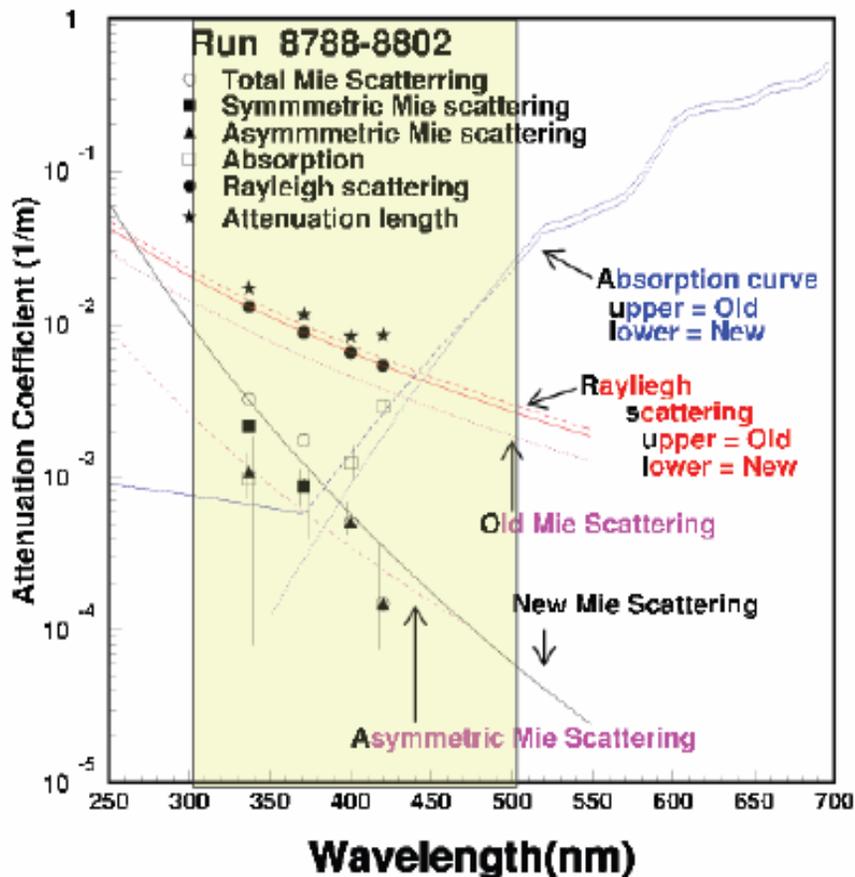
# Indice de Réfraction dans l'eau



Le seuil Cerenkov  
serait donc plus  
bas !

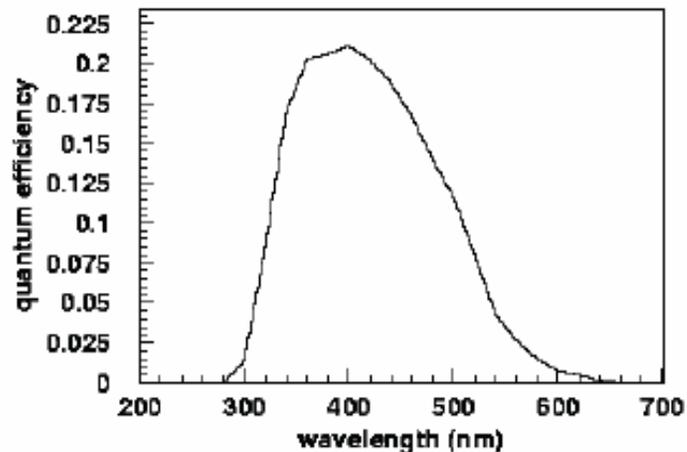
le nombre de  
photoélectrons  
doit augmenter  
dans Auger !

# current scattering parameter in Super-K MC



(T.Shibata, Master Thesis, Niigata univ., 2002)

attenuation length is determined  
by Rayleigh scattering mainly.



PMT quantum efficiency

# Supplément