

Simulation de l'interaction lumière – matière vivante V1.0

Ce modèle utilise la méthode dite de « Monte-Carlo » pour calculer l'absorption et la diffusion de la lumière dans la matière vivante. Une particule de lumière, souvent appelée improprement « photon », saute aléatoirement d'une position à une autre à l'intérieur de la matière, en perdant son énergie, à cause des phénomènes d'absorption et de diffusion. Le programme « lance » une série de particules de lumière à partir du point origine et recueille l'énergie perdue dans une série de cellules.

La méthode de Mont-Carlo est beaucoup plus rapide que les méthodes par éléments finis car elle n'effectue qu'un échantillonnage du modèle physique.

Le résultat est affiché graphiquement. L'énergie contenue dans chaque cellule située dans un plan passant par l'axe de symétrie du faisceau incident est visualisée sous forme d'un carré plus ou moins lumineux.

Lorsque l'impulsion lumineuse réelle est de courte durée, le graphique représente l'élévation instantanée de la température.

La longueur des sauts et leur direction sont déterminés aléatoirement. Le programme utilise la variable aléatoire générée par le logiciel. Cette variable est initialisée différemment chaque fois qu'on lance le calcul. Chaque essais est donc différent.

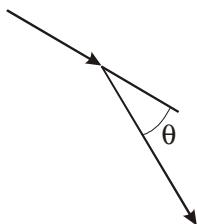
Le programme permet de choisir la façon dont les particules de lumière sont lancées.

Paramètres de la matière

La matière est caractérisée par les paramètres suivants :

μ_a coefficient d'absorption [cm^{-1}]. La lumière est d'autant plus absorbée que μ_a est grand
 μ_s coefficient de diffusion [cm^{-1}]. La lumière est d'autant plus fortement diffusée que μ_s est grand
 g facteur d'anisotropie. $g = 0 \rightarrow$ diffusion isotrope

Les sauts successifs d'une particule de lumière tiennent compte de l'anisotropie de la diffusion. La probabilité d'un saut dans une direction dépend de l'angle de déflexion θ avec la direction incidente (modèle Henyey-Greenstein) et du coefficient de diffusion.

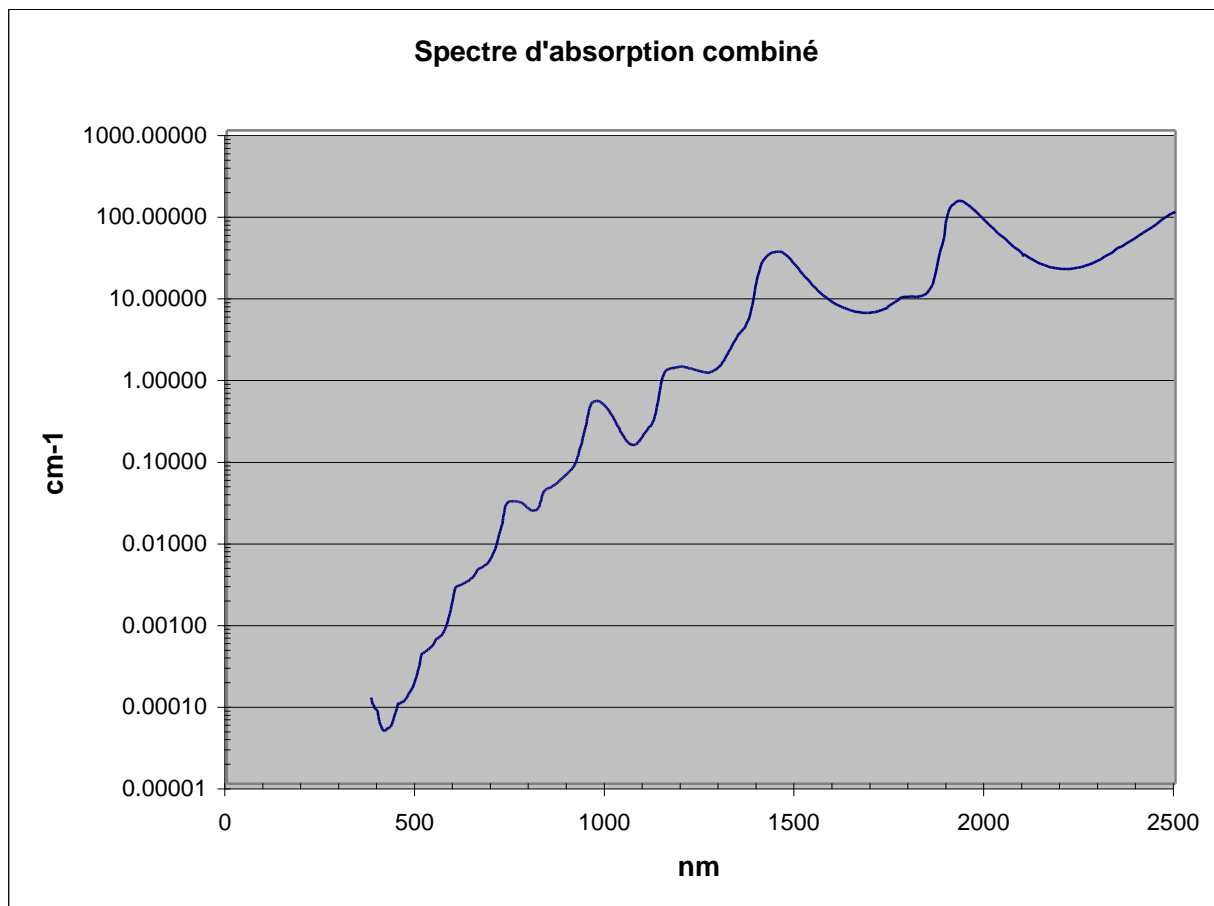


$$p(\theta) = \frac{1 - g^2}{2(1 + g^2 - 2g \cos \theta)^{3/2}}$$

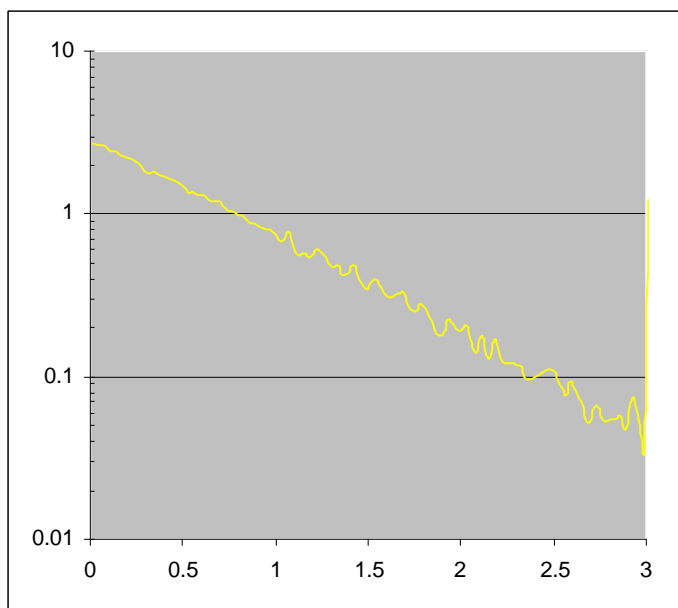
L'angle azimutal ϕ est distribué uniformément entre 0 et 2π

La longueur des sauts est distribuée selon une loi exponentielle pour tenir compte de l'absorption et de la diffusion de la lumière. La matière elle-même est isotrope.

Le spectre d'absorption de l'eau donne une bonne approximation de l'absorption de la lumière par la matière vivante.



Vérification



Source isotropique ponctuelle sans diffusion.

100'000 particule de lumière.

Le graphique représente l'intensité lumineuse reçue par une surface élémentaire fonction de la distance à la source.

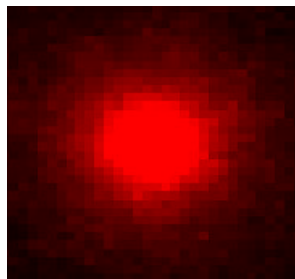
Le bruit statistique augmente lorsqu'on s'éloigne de la source

En posant $\mu_s = 0$ et $g = 0$, on retrouve la loi quadrique de l'éclairement

Quelques exemples

Source ponctuelle isotrope

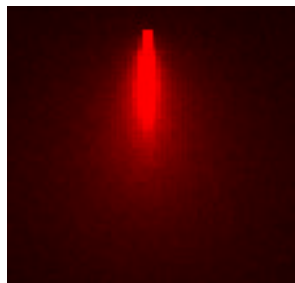
Chaque particule de lumière est issue d'une source ponctuelle située au milieu de la matière ($x=0$, $y=0$, $z=0$). La source est isotrope. Le programme utilise la distribution aléatoire des angles directeurs en coordonnées cartésiennes.



10'000 photons
100 cellules
 $\mu_a = 1$
 $\mu_s = 100$
 $g = 0,9$

Source parallèle ponctuelle

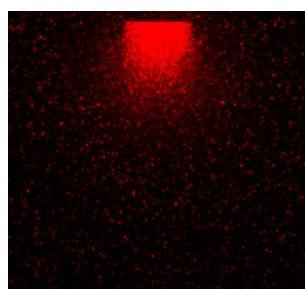
Les particules de lumière sont issues du point (0,0,0) et sont lancée dans la direction z



100'000 photons
1000 cellules
 $\mu_a = 1$
 $\mu_s = 20$
 $g = 0,9$

Source parallèle étendue

Les particules de lumière sont issues d'une surface circulaire centrée au point (0,0,0) et sont lancées dans la direction z.



100'000 photons
1000 cellules
 $\mu_a = 1$
 $\mu_s = 20$
 $g = 0,9$

Paramètres de la simulation

La vitesse de calcul, le nombre maximum de particules de lumière et le nombre maximum de cellules dépendent de la capacité de l'ordinateur.

Les paramètres par défaut se trouvent dans le fichier mc32.ini et peuvent être modifiés au moyen d'un éditeur de texte.

Graphique

Le graphique comporte $(2n)^2$ cellules. L'affichage du graphique ralentit lorsque le nombre de cellules n augmente.

Température

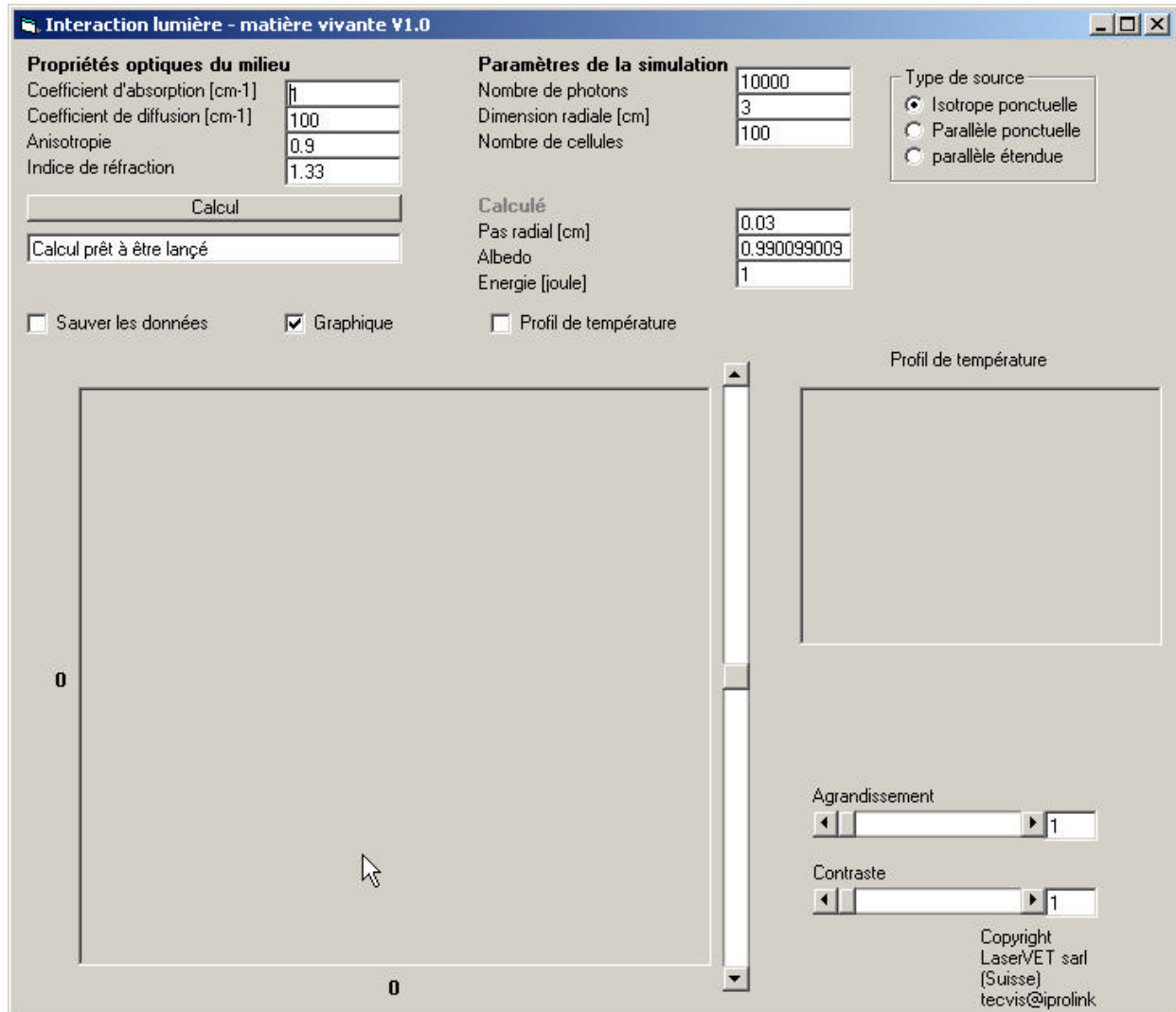
Le programme calcul l'élévation instantanée de la température correspondant à une impulsion lumineuse de courte durée d'énergie commue. La chaleur spécifique par défaut est celle de l'eau.

Le curseur vertical permet de déplacer le profil de température.

Résultats

Les résultats peuvent être enregistrés dans un fichier mc321.out dans un format qui peut être importé dans Excel 2000.

Mode d'emplois



La fenêtre ci-dessus apparaît au lancement du programme.

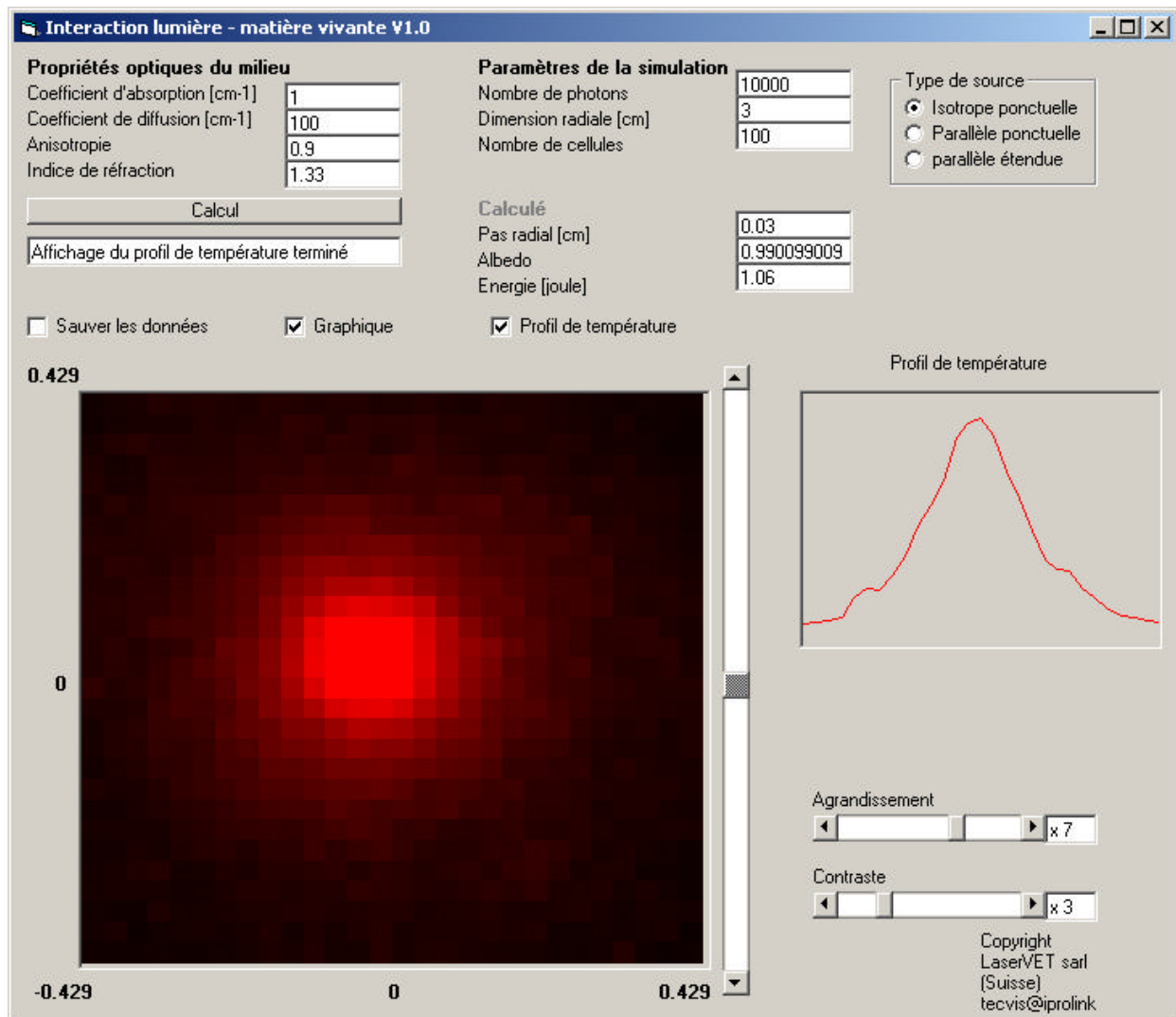
Les propriétés optiques du milieu et les paramètres de la simulation peuvent être changés.

Le calcul est lancé en cliquant sur la touche < Calcul >.

Les numéros des particules de lumière en cours s'affichent alors dans la fenêtre sous la touche calcul.

Lorsque le calcul est terminé, le curseur <Agrandissement> permet de « zoomer » sur l'image, tandis que le curseur <Contraste> permet d'afficher les cellules ayant reçu peu de lumière (il faut aussi intervenir quelquefois sur les fonctions « luminosité » et « contraste » de l'écran).

Si la case « Profil de température » est cochée, celui-ci s'affiche dans la fenêtre de droite (unités arbitraires). Le profil correspond à une section horizontale de l'image de gauche dont la position est déterminée par le curseur vertical.



Le programme affiche aussi

- La dimension de chaque cellule [cm]
- L'albedo
- L'énergie absorbée totale calculée sur chaque cellule

Les paramètres peuvent ensuite être changés et un nouveau calcul démarré.

LaserVET sarl
Grand Rue 30
1446 Baulmes (Suisse)

Tél 024 459 26 09
Fax 024 459 26 08
Email tecvis@iprolink.ch
www.tecvision.ch/laservet