

35e journée du projet CaSciModOT

# Simulation d'équations des ondes et vulgarisation scientifique

Nils Berglund (IDP)

Avec la participation de Marco Mancini (IDP)

Institut Denis Poisson, Université d'Orléans, Université de Tours, CNRS



10 décembre 2021 (en visioconférence)

# Brève histoire d'une chaîne YouTube

Chaîne <https://www.youtube.com/c/NilsBerglund>

- ▷ Créée en décembre 2012 pour héberger des vidéos utilisées dans des articles du site CNRS [Images des Mathématiques](#)
- ▷ En avril 2021 : Environ 60 000 vues, pour 40 vidéos

# Brève histoire d'une chaîne YouTube

Chaîne <https://www.youtube.com/c/NilsBerglund>

- ▶ Créée en décembre 2012 pour héberger des vidéos utilisées dans des articles du site CNRS [Images des Mathématiques](#)
- ▶ En avril 2021 : Environ 60 000 vues, pour 40 vidéos
- ▶ En décembre 2021 : bientôt 300 vidéos,

**Your channel got 8,372,025 views in the last 365 days**



## Realtime

● Updating live

**24,628**

Subscribers

[SEE LIVE COUNT](#)

**27,460**

Views - Last 48 hours



Top videos

Views

	Yellow's great escape: tr...	8,526
	Heavily peated: wave st...	3,849
	Billiard in a von Koch sn...	2,807

# Que s'est-il passé ???

(Link to simulation)

Quelques commentaires d'internautes :

- ▷ Small physics simulations are really getting popular aren't they?
- ▷ What is great about good scientific divulgation, is not the answers, but the questions that I never thought about.
- ▷ now I not only understand entropy, but also how videocompression works.

# Que s'est-il passé ???

(Link to simulation)

(Link to simulation)

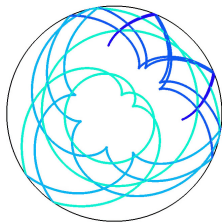
Quelques commentaires d'internautes :

- ▷ Small physics simulations are really getting popular aren't they?
- ▷ What is great about good scientific divulgation, is not the answers, but the questions that I never thought about.
- ▷ now I not only understand entropy, but also how videocompression works.
- ▷ The algorithm has chosen you!
- ▷ youtube has thrown me into a pit and told me to learn science and physics
- ▷ Dang it, I wanted to see it go full circle
- ▷ WHERE'S THE FULL CIRCLE DARNIT!

# Les thèmes

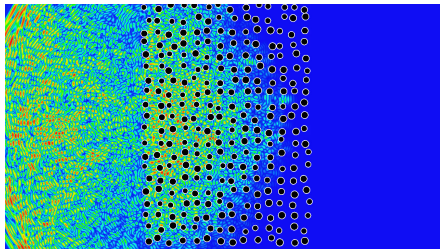
## ▷ Simulations de particules :

- ◇ Billards réguliers/chaotiques
- ◇ Le problème d'illumination
- ◇ Surfaces de translation
- ◇ Statistiques (collisions, libre parcours) pour des billards de Sinai (gaz de Lorentz)
- ◇ Dynamique moléculaire























## ▷ Simulations d'équations aux dérivées partielles :

- ◇ Équation des ondes (linéaire, hyperbolique)  
Réfraction, diffraction, domaines fractals, localisation d'Anderson, protection contre les vagues, cape d'invisibilité, résonateurs
- ◇ Équation de la chaleur
- ◇ Équation de Schrödinger



# Les vidéos les plus regardées

<input type="checkbox"/>		<b>A wave traveling between two parabolic a...</b> This simulation was suggested by several viewers, following the simpler version...	 Public	None	27 Aug 2021 Published	1,877,515	1,741	<b>98.4%</b> 29,048 likes
<input type="checkbox"/>		<b>Illustrating the butterfly effect with a laser</b> This new #shorts episode shows how sensitive dependence on initial conditions...	 Public	None	26 Aug 2021 Published	673,377	1,036	<b>97.1%</b> 52,129 likes
<input type="checkbox"/>		<b>Drop in an elliptic pond</b> Evolution of the wave front created by a drop of water in an elliptic container filled with...	 Public	None	11 Apr 2021 Published	428,790	682	<b>99.4%</b> 10,894 likes
<input type="checkbox"/>		<b>A particle version of Penrose's unilluminat...</b> This simulation is a particle equivalent of the video <a href="https://youtu.be/DUF95VJQZUc">https://youtu.be/DUF95VJQZUc</a> that...	 Public	None	25 Sept 2021 Published	342,195	525	<b>98.2%</b> 6,153 likes
<input type="checkbox"/>		<b>Waves hitting a Sierpinski carpet</b> After having done a number of simulations solving the heat equation in fractal domains...	 Public	None	16 Jun 2021 Published	331,915	622	<b>98.0%</b> 10,103 likes
<input type="checkbox"/>		<b>Drop in an elliptic pond</b> Evolution of the wave front created by a drop of water in an elliptic container filled with...	 Public	None	11 Apr 2021 Published	257,741	262	<b>99.2%</b> 7,048 likes
<input type="checkbox"/>		<b>Illustrating the butterfly effect with a laser...</b> This is a longer version of the video <a href="https://youtu.be/ls_66dIM9-4">https://youtu.be/ls_66dIM9-4</a> without pause...	 Public	None	3 Sept 2021 Published	241,011	341	<b>98.7%</b> 3,488 likes
<input type="checkbox"/>		<b>Irreversibility - Ehrenfest's model</b> For better resolution, see <a href="http://www.youtube.com...">http://www.youtube.com...</a>	 Public	None	27 Dec 2012 Published	214,873	302	<b>98.8%</b> 1,843 likes
<input type="checkbox"/>		<b>Squaring the circle and circling the square...</b> This #short animation shows what a resonator made of four confocal parabolas...	 Public	None	23 Sept 2021 Published	212,361	319	<b>98.5%</b> 7,900 likes
<input type="checkbox"/>		<b>Mixing in an Ehrenfest-type pinball</b> This simulation illustrates a property called "mixing", that many chaotic dynamical...	 Public	None	29 Aug 2021 Published	192,167	157	<b>98.2%</b> 1,361 likes

# Simulations de l'équation des ondes

(Link to simulation)



## Détails techniques

$$\frac{\partial^2}{\partial t^2} u(x, t) = c^2 \Delta u(x, t) \quad + \text{ cond initiale, cond aux bords}$$

## Détails techniques

$$\frac{\partial^2}{\partial t^2} u(x, t) = c^2 \Delta u(x, t) \quad + \text{ cond initiale, cond aux bords}$$

- ▷ Codé en C, avec OpenGL
- Environ 30-40 géométries, 4 conditions aux bords, 7 palettes de couleur
- Code disponible sur GitHub
- <https://github.com/nilsberglund-orleans/YouTube-simulations>

# Détails techniques

$$\frac{\partial^2}{\partial t^2} u(x, t) = c^2 \Delta u(x, t) \quad + \text{ cond initiale, cond aux bords}$$

- ▷ Codé en C, avec OpenGL  
Environ 30-40 géométries, 4 conditions aux bords, 7 palettes de couleur  
Code disponible sur GitHub  
<https://github.com/nilsberglund-orleans/YouTube-simulations>
- ▷ Méthode: différences finies (discrétisation)  
Pour une résolution de 720p, environ
  - ◇  $10^6$  calculs de Laplacien par pas de temps
  - ◇ 10 à 50 pas de temps par image
  - ◇ 25 images par seconde de vidéo $\Rightarrow 10^9$  à  $10^{10}$  calculs en double précision par minute de vidéo

# Optimisation et parallélisation

Avec Marco Mancini :

- ▷ Correction et optimisation du code (gestion de boucles)
- ▷ Options de compilation
- ▷ Utilisation de OpenMP
- ▷ Version sur Leto : gain de temps d'un facteur 10 environ
- ▷ Parallélisation avec CUDA : pour l'instant sans OpenGL  
Gain de temps minime (10%) sur Leto

# Projets

- ▷ EDPs non linéaires (Allen–Cahn, FitzHugh–Nagumo, Keller–Segel, Euler...)
- ▷ 3d : possible pour particules/visualisation d'une interface
- ▷ Extension des simulations de dynamique moléculaire
- ▷ Augmentation de la résolution
- ▷ Une longue liste de suggestions...

Merci pour votre attention!

<https://www.youtube.com/c/NilsBerglund>

[https://www.idpoisson.fr/berglund/CaSciModOT\\_21.pdf](https://www.idpoisson.fr/berglund/CaSciModOT_21.pdf)