

REMERCIEMENTS

<http://www.chaos-math.org>

CHAOS est un film mathématique constitué de neuf chapitres de treize minutes chacun. Il s'agit d'un film tout public autour des systèmes dynamiques, de l'effet papillon et de la théorie du chaos. Tout comme **DIMENSIONS**, ce film est diffusé sous une licence **Creative Commons** et a été produit par **Jos LEYS**, **Étienne GHYS** et **Aurélien ALVAREZ**.

Les auteurs :



Jos LEYS. Ingénieur devenu passionné de graphismes sur ordinateur, il est spécialisé dans l'imagerie mathématique (Anvers, Belgique).

Étienne GHYS. Directeur de recherche CNRS, travaillant à l'ÉNS Lyon. Il adore la géométrie. Il s'est chargé en particulier du scénario et de la partie mathématique.

Aurélien ALVAREZ. Maître de conférences à l'université d'Orléans, particulièrement intéressé par les systèmes dynamiques. Il s'est notamment occupé du calcul des images et de la post-production.

Voix :

- ◇ français : **Étienne GHYS** et **Thierry LHERMITTE**

Un immense merci à **Thierry LHERMITTE** d'avoir très gentiment et spontanément accepté de nous prêter sa voix.

- ◇ anglais : Saul SCHLEIMER
- ◇ espagnol : Adolfo GUILLOT et Alberto VERJOVSKY
- ◇ italien : Paolo TRIESTINO
- ◇ néerlandais : Fleur DEBOUTTE et Jan LANNEAU
- ◇ portugais : Thalma DE FREITAS

Musique (par chapitre, dans l'ordre d'apparition dans le film) :

- ◇ Chapitre I : Panta Rhei
 - *Sunshine*, Kevin MACLEOD
 - *Étude Op. 10 No. 3 en Mi majeur*, Frédéric CHOPIN
interprété par John Lewis GRANT
 - Improvisation au piano sur le film *Sur ta joue ennemie*
musique et interprétation de Karol BEFFA
 - *Gnossienne No. 1*, Éric SATIE
interprété par Mark HENSLEY
- ◇ Chapitre II : La course des legos
 - *Schvisen*, Canton BECKER
 - *Rocket*, Kevin MACLEOD
 - *Killing Time*, Kevin MACLEOD
 - *Spatial Harvest*, Kevin MACLEOD
 - *Kick Shock*, Kevin MACLEOD
- ◇ Chapitre III : La pomme et la lune
 - *Variations Goldberg, Aria*, Jean-Sébastien BACH
interprété par Andreas PFAUL
 - *Prélude 23 en Si majeur* (BWV 868a), Jean-Sébastien BACH
interprété par John Lewis GRANT
 - *Variations Goldberg, 5, 17, 4, 6, 22, Aria*, Jean-Sébastien BACH
interprété par Roberto CARNEVALE
- ◇ Chapitre IV : La balançoire
 - *Prélude de la Suite bergamasque*, Claude DEBUSSY
interprété par Tom PASCALE
 - *Clair de lune de la Suite bergamasque*, Claude DEBUSSY
interprété par Tom PASCALE
 - *Arabesque No. 1*, Claude DEBUSSY
interprété par Chris BREEMER

- ◇ Chapitre V : Le taureau de Duhem
 - Extrait d’*Orange mécanique*, Karol BEFFA
interprété par le quatuor PARKER
 - *Gymnopédie No. 1*, Éric SATIE
interprété par Andreas PFAUL
 - *Gnossienne No. 2*, Éric SATIE
interprété par Mark HENSLEY
 - *Gnossienne No. 3*, Éric SATIE
interprété par Mark HENSLEY
 - Extrait d’*Orange mécanique*, Karol BEFFA
interprété par le quatuor PARKER
- ◇ Chapitre VI : Smale à Copacabana
 - *Lakota’s spirit*, Stefano MOCINI
 - *The keys of happiness*, Stefano MOCINI
- ◇ Chapitre VII : L’effet papillon
 - Extraits des films *Sur ta joue ennemie* et *Le théâtre des opérations*,
musique de Karol BEFFA
interprété par l’ensemble CONTRASTE, direction Johan FARJOT
- ◇ Chapitre VIII : Le moulin de Lorenz
 - Extrait de *Dédales*, Karol BEFFA
pour orchestre à cordes (et harpe *ad libitum*)
interprété par l’ensemble CONTRASTE, direction Johan FARJOT
 - *Heart of darkness*, Stefano MOCINI
 - *Étude No. 3 en Mi majeur*, « Tristesse », Frédéric CHOPIN
interprété par Chiara BERTOGLIO
- ◇ Chapitre IX : La recherche aujourd’hui
 - *Intractable*, Kevin MACLEOD
 - *Opportunity Walks*, Kevin MACLEOD
 - *Raw*, Kevin MACLEOD
 - *Pilot Error*, Kevin MACLEOD
 - Extrait du film *Sur ta joue ennemie*, musique de Karol BEFFA
interprété par l’ensemble CONTRASTE, direction Johan FARJOT

Traductions et relectures des commentaires :

- ◇ allemand : Fabian HEBESTREIT, Philipp KUEHLMANN, Martin OLBERMANN, Moritz RODENHAUSEN, Carmen ROVI, Mark ULLMANN et Chris-

tophe WINGES

- ◇ anglais : Jos LEYS, Jeff WEEKS
- ◇ arabe : Hamza KHELIF
- ◇ bengali : Parthasarathi MUKHOPADHYAY
- ◇ chinois : Tan LEI, Hsueh-Yung LIN
- ◇ espagnol : Vanessa ALDERETE ACOSTA, Óscar Francisco GUAJARDO GARZA, Adolfo GUILLOT, Mayra MÉNDEZ CARRERA
- ◇ finnois : Jouni PARKKONEN
- ◇ grec : Konstantinos KONSTANTOUDAKIS, Maria TZIMAKA
- ◇ italien : Michele TRIESTINO
- ◇ japonais : Takashi TSUBOI
- ◇ lituanien : Lukas MELNINKAS
- ◇ malaisien : Justin LIM
- ◇ néerlandais : Jos LEYS, Annelies MAES, Stefaan VAES
- ◇ portugais : Lídio DE CARVALHO ANTUNES, Alciléa AUGUSTO, Gilza DE MELO, Michelle DYSMAN
- ◇ russe : Mikhail CHRISTOPHOROV, Svetlana MAKAROVA, Victoria MALYASOVA, Artem SERGEEV, Katerina SERGEEVA, Alexandra VICTOROVA
- ◇ slovène : Bostjan KUZMAN
- ◇ urdu : Rida ALEEM

Traductions du site web :

- ◇ anglais : Jos LEYS
- ◇ arabe : Hamza KHELIF
- ◇ chinois : Chen PENG, Gao YAN, He YUHAO
- ◇ espagnol : Fernando ALCALDE CUESTA, Nydia PINEDA, Ana RECHTMAN
- ◇ italien : Michele TRIESTINO
- ◇ japonais : Takashi TSUBOI
- ◇ néerlandais : Jos LEYS
- ◇ portugais : Alciléa AUGUSTO, Gilza DE MELO
- ◇ russe : Mikhail CHRISTOPHOROV, Svetlana MAKAROVA, Victoria MALYASOVA, Artem SERGEEV, Katerina SERGEEVA, Alexandra VICTOROVA

Remerciements particuliers :

- ◇ Merci à **Alain CHENCINER** et **Jacques FÉJOZ** pour les coordonnées de certains chorégraphies planétaires dans le chapitre 3.
- ◇ Merci à **Bruno SÉVENNEC** pour les calculs du billard à trois plots dans le chapitre 5.
- ◇ Un grand merci à Chantal BOSSE pour les portraits des principaux héros de ce film et à **Jean-Marc DELLAC** pour ses dessins humoristiques :-).
- ◇ Merci aux *Archives of the Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach* pour les portraits de BOWEN, RUELLE et SINAÏ utilisés dans le chapitre 8.
- ◇ Merci à Piet BONTE qui s'est chargé du mixage audio de la voix néerlandaise, ainsi qu'à **Paul IGODT** qui a coordonné l'équipe d'enregistrement en néerlandais.
- ◇ Merci à **Victor KLEPTSYN** qui a coordonné l'équipe de traducteurs russes et à **Andrew RANICKI** qui a coordonné l'équipe allemande.
- ◇ L'enregistrement espagnol a été réalisé par Claudia LOZANO, Milk Studios, à Cuernavaca au Mexique.
- ◇ L'enregistrement italien a été réalisé par Alessio FRANCO et le mixage audio par **Michele TRIESTINO**.
- ◇ Merci enfin à Gilberte et Martine.

Modèles **POV-Ray** :

- ◇ Merci à Alex KLUCHIKOV pour *Whirlpool*, **Paul NYLANDER** pour *Flowers*, **Friedrich LOHMUELLER** pour *Helical pendulum* et *Fence, Flask* et *Newton's cradle*, **Lewis SELLERS** pour *Rocking Chair*, **Chris COLEFAX** pour *Explode*, *City* et *Lens effect*, **Christoff HORMANN** pour *Earth*, **Anton RAVES** pour *Lego*, et **Gilles TRAN** pour *Apple*, *Tree*, *Grass*, *Ducky* et *Mini Cooper*.



Merci également à la **NASA** pour la séquence des ouragans, ainsi qu'à Philip DANIELS pour **Cumulus Cloud Time Lapse #3**. Merci enfin à **LEGO figures trademarked by the Lego Company**.



Nous ne remercions pas **Warner Bros** qui a refusé de nous prêter un extrait d'un dessin animé des années 1950.

Côté informatique :

- ◇ Le site web doit beaucoup à Romain THÉRON et a été réalisé avec le CMS **Drupal**. Un très grand merci à Romain pour son immense aide. Merci également à la plateforme **Mathrice** qui héberge ce site.
- ◇ Les 180 000 images de ce film ont été calculées sur les machines du Pôle scientifique de modélisation numérique (**PSMN**) de l'École normale supérieure de Lyon. Merci en particulier à Hervé GILQUIN et Gérard LASSEUR pour leurs conseils et leur aide dans la préparation de ces calculs.
- ◇ Les images du film ont presque toutes été créées grâce au logiciel libre **POV-Ray**. Le montage et la post-production du film ont été en grande partie réalisés avec la suite **Final Cut Pro X**.

Soutiens institutionnels :

- ◇ Merci à **Laurent BERGER** qui a apporté le soutien de l'Unité de mathématiques pures et appliquées (**UMPA**) de l'École normale supérieure de Lyon. Merci à **Stéphane CORDIER** puis **Romain ABRAHAM** qui ont apporté le soutien du laboratoire de Mathématiques - Analyse, Probabilités, Modélisation - Orléans (**MAPMO**) de l'Université d'Orléans.



- ◇ Merci également à l'École normale supérieure de Lyon et au **CNRS** qui ont apporté un soutien financier à ce projet.



Les principaux héros de ce film :



GALILÉE, 1564-1642



NEWTON, 1643-1727



LAPLACE, 1749-1827



MAXWELL, 1831-1879



POINCARÉ, 1854-1912



HADAMARD, 1865-1963



LORENZ, 1917-2008



SMALE, 1930-...



PALIS, 1940-...

- ◇ GALILÉE s'est notamment rendu célèbre pour avoir perfectionné la lunette astronomique, ce qui a bouleversé les fondements de l'astronomie.
- ◇ Mathématiques et physique doivent beaucoup à NEWTON, de l'attraction gravitationnelle au calcul différentiel pour ne citer que deux exemples parmi tant d'autres.
- ◇ Le *Newton* français diront certains! LAPLACE a notamment dégagé le concept de déterminisme scientifique et a beaucoup contribué à l'étude du système solaire.
- ◇ Physicien et mathématicien, MAXWELL a contribué de manière décisive à l'unification du magnétisme et de l'électricité dans de célèbres équations qui portent son nom.
- ◇ Savant universel, POINCARÉ a notamment fondé la théorie qualitative des systèmes dynamiques et jeté les bases de la théorie du chaos.
- ◇ Immense mathématicien, HADAMARD a marqué très jeune les esprits en démontrant notamment le théorème des nombres premiers.
- ◇ Intéressé par la convection, LORENZ étudia des systèmes d'équations très simples et sut aborder le problème de l'effet papillon de manière positive et constructive.
- ◇ Les contributions de SMALE sont nombreuses et variées, notamment la découverte de la possible coexistence du chaos et de la stabilité structurelle.

- ◇ Mathématicien brésilien, PALIS a proposé un programme de recherche dans le but d'avoir une compréhension globale pour un système dynamique en général.

