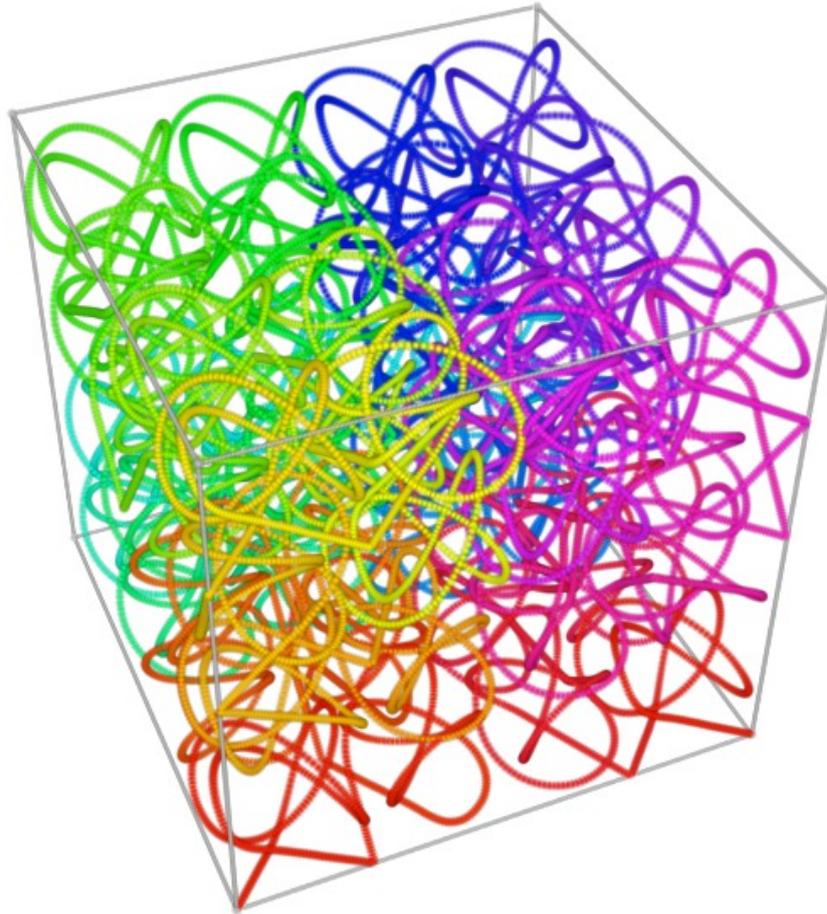


Faire connaître et faire aimer les Mathématiques



CPA
LACTAMME.POLYTECHNIQUE.FR

Une courbe de Peano remplissant le cube unité à l'aide d'un nœud de trèfle "ouvert" (deuxième itération)

Jean-François Colonna

**Centre de Mathématiques APpliquées
Ecole Polytechnique
91128 Palaiseau Cedex**

+33 (0) 1 69 33 46 45

**jean-francois.colonna@polytechnique.edu
www.lactamme.polytechnique.fr**

A la question “à quoi servent les Mathématiques ?”, “à rien” est la réponse qui revient le plus fréquemment, en particulier lorsqu'elle est adressée à nos collégiens et à nos lycéens. Faire comprendre l'omniprésence des Mathématiques, aussi bien dans la vie courante que dans la recherche la plus fondamentale¹, montrer qu'elles ont une très longue et passionnante histoire ou encore révéler leur beauté devrait être une vocation pour ceux qui sont à leur service en particulier aujourd'hui où les évaluations internationales ne placent pas nos élèves aux premières places, loin s'en faut, et où la réforme récente du baccalauréat ne vient pas favoriser la formation des ingénieurs nécessaires pour relever tous les défis auxquels nous sommes confrontés.

Même si les grandes avancées en Mathématiques se font généralement grâce à des questions sans lien avec le réel et le plus souvent incompréhensibles au commun des mortels, pour des raisons très mystérieuses, elles “savent” devenir concrètes puisqu'elles sont, pour la Physique en particulier, tout à la fois un langage (Galileo Galilei²), une mémoire et une pensée (Heinrich Hertz³). Face à leur “redoutable efficacité” (Eugène Wigner⁴), la question de savoir si elles sont inventées ou découvertes est posée depuis leur origine et toujours sans réponse (à jamais ?).

C'est dans ce contexte que je développe et utilise depuis de nombreuses années le concept d'*Expérimentation Virtuelle*. Celui-ci est situé au point de rencontre des Mathématiques, de la Physique et de l'Informatique. Faire une expérience virtuelle, c'est étudier le comportement ou bien encore la structure d'un certain système par l'intermédiaire de son modèle mathématique traduit en algorithmes, puis en programmes informatiques dont les exécutions produisent des résultats mis en images animées afin d'en faciliter interactivement la compréhension et de voir ce qui sinon échapperait le plus souvent à notre conscience et à nos sens⁵: **les Mathématiques sont donc un “instrument d'optique” révolutionnaire** (au moins autant que le furent en leur temps le microscope et le télescope...).

Ces images sont calculées dans différents contextes non exclusifs l'un de l'autre : la recherche, l'enseignement ou encore la création artistique. Mais *a posteriori*, il semble qu'elles soient aussi un outil privilégié de communication à destination d'un très large public et qu'elles permettent ainsi d'aider à répondre concrètement et utilement à la question posée dans la première phrase de ce document⁶.

Alors, pour faire connaître et faire aimer les Mathématiques au plus grand nombre, j'ai conçu il y a de nombreuses années un site Internet, rédigé de nombreux articles et livres, participé à des expositions, des émissions de radio et de télévision, fait de nombreuses conférences destinées en particulier à nos collégiens et à nos lycéens.

1-LE SITE INTERNET www.lactamme.polytechnique.fr, A VIRTUAL MACHINE FOR EXPLORING SPACE-TIME AND BEYOND (UNE MACHINE VIRTUELLE A EXPLORER L'ESPACE-TEMPS ET AU-DELA) : Mis en place⁷ en novembre 1994, il contient actuellement⁸ 7300 documents dont 350 pages principales⁹ (articles, exposés interactifs, galeries d'images,...) et plus de 8.900 images et animations. Son nom a été choisi afin de résumer en une formule “choc” les potentialités des “outils” de la science et des techniques contemporaines...

Ce site est accessible à plusieurs niveaux : du plus simple au plus technique¹⁰, en français et en anglais. C'est ainsi que des galeries thématiques d'images présentent des expériences virtuelles faites dans différentes disciplines : la Mécanique Quantique, la Mécanique Céleste, la Mécanique Statistique, la Géométrie Fractale, les Mathématiques elles-mêmes,...

1 -En particulier dans la vie courante où les téléphones portables ou encore les récepteurs GPS sont omniprésents.

2 -“Le livre de la nature est écrit en langage mathématique”.

3 -“On ne peut échapper au sentiment que ces formules mathématiques ont une existence qui leur est propre, qu'elles sont plus savantes que ceux qui les ont découvertes, et que nous pouvons en extraire plus de science qu'il n'en a été mis à l'origine”.

4 -“La déraisonnable efficacité des mathématiques dans les sciences de la nature”.

5 -Les ondes gravitationnelles prédites par Albert Einstein en 1915-1916 ont été observées pour la première fois en 2015. Etant donnée la faiblesse des signaux correspondants, elles n'auraient pu être vues “accidentellement” (contrairement, par exemple, à l'expansion de l'Univers). Il s'agit donc bien là du plus bel exemple d'une découverte faite grâce aux Mathématiques.

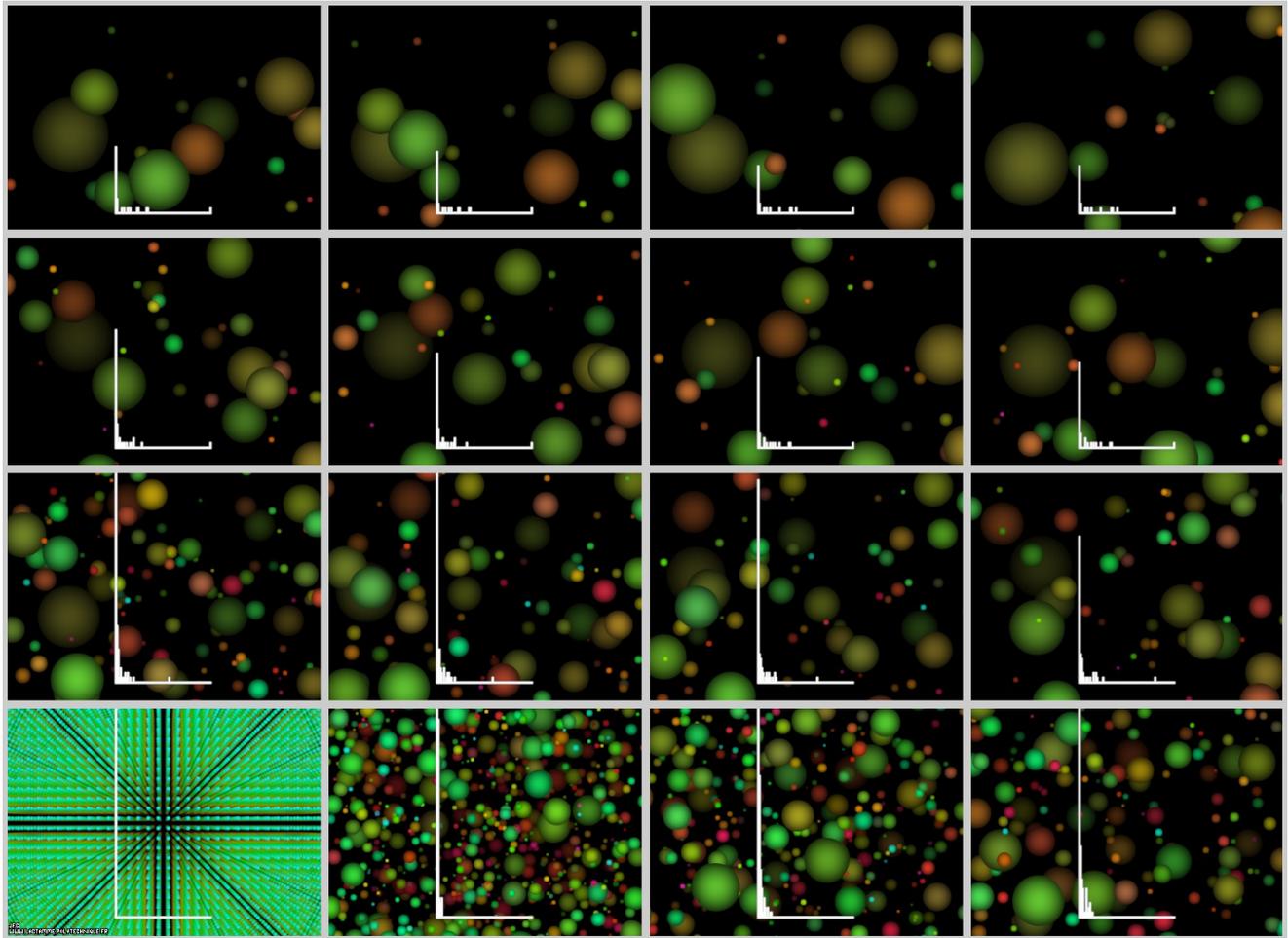
6 -Voir l'annexe 2 “A quoi servent et que sont les Mathématiques ?” (La trame d'une conférence générale sur les Mathématiques).

7 -Il convient de noter que pour sa conception et sa réalisation, une approche similaire à celle que j'utilise depuis bien des années pour le développement de mes logiciels de calcul et de visualisation a été mise en place : elle a consisté à définir des outils portables très généraux permettant la description des “objets” Internet classiques (textes, images, animations,...), en privilégiant la structure et le fond par rapport à la forme, tout en favorisant l'homogénéité des présentations, la réutilisabilité, l'unicité et la non duplication des informations. Ces outils permettent de plus le multilinguisme (actuellement le français et l'anglais) en mettant en commun les structures partagées par les versions française et anglaise d'un même document.

8 -Au mois de mai 2022.

9 -L'annexe 1 présente la page d'accueil (*home page*).

10 -Par exemple, une page explique la méthode mathématique N-dimensionnelle que j'ai conçue pour simuler certains phénomènes naturels à l'aide de la géométrie fractale. Une autre encore décrit la notion de *pseudo-projection* des surfaces paramétriques.



Une expérience virtuelle de coalescence.

Les images auxquelles ce site donne accès peuvent être considérées bien souvent tout à la fois comme des représentations scientifiques et pédagogiques (dont j'autorise gracieusement les exploitations), mais aussi comme des images plaisantes à regarder, indices d'une rencontre entre l'Art et la Science. Elles se retrouvent fréquemment à l'intérieur d'ouvrages et revues scientifiques, sur des affiches de congrès et colloques ou encore dans des expositions, aussi bien en France qu'à l'étranger, participant ainsi au rayonnement scientifique de la France.

2-LES PUBLICATIONS : Même si je privilégie aujourd'hui largement la publication sur Internet (pour des raisons liées à son instantanéité, à son ubiquité et à son universalité), j'ai rédigé au cours des années passées plusieurs centaines d'articles et trois ouvrages¹¹. De très nombreux chapitres y sont évidemment consacrés aux Mathématiques, au génie logiciel, à la création artistique, mais aussi aux limites de nos outils¹².

3-LES EXPOSITIONS : J'ai participé à (ou [co]organisé) plusieurs dizaines d'entre-elles et en particulier, au cours des derniers mois, à l'Ecole Polytechnique à l'occasion de la Fête de la Science 2019, à l'Opéra de Massy ou encore à la Mairie du cinquième arrondissement de Paris. Evidemment, les années 2020 et 2021 ont été considérablement bouleversées par la pandémie...

11 -Le premier, *Images du Virtuel* (Addison-Wesley) se voulait un livre d'art où les "natures mortes" exhibées étaient toutes des "objets" scientifiques ; le second, *Le bug de l'an 2000* (Flammarion) prenait le prétexte d'un "simple" problème de date dans les ordinateurs pour expliquer combien cette informatique aujourd'hui omniprésente (trop ?) n'est peut-être qu'un colosse aux pieds d'argile et que notre civilisation qui en est si dépendante (comme de la technologie en général) pourrait avoir à souffrir dramatiquement de ses dysfonctionnements potentiels. Enfin, le troisième, *A quoi servent les Mathématiques* (rue des écoles) tente de répondre à cette question.

12 -L'incomplétude des Mathématiques, l'absence de représentations *a priori*,... mais aussi le manque de fiabilité de la programmation des ordinateurs et le fait (tout à la fois méconnu du grand public et sous-estimé par les spécialistes) que les ordinateurs, machines à calculer programmables tout à la fois finies et discrètes, ne calculent pas exactement (voir le paragraphe 2.8 de l'annexe 3).



“L'homme et son ombre” (auto-portrait fractal à la manière de René Magritte)

Il convient d'insister sur le fait que nombreuses sont les images que j'ai réalisées qui ont été présentées à la fois dans des contextes scientifiques et artistiques. Mais dans ce domaine, comme dans celui de la publication, le médium privilégié de diffusion est, pour moi, Internet. Plusieurs galeries d'images sont d'ailleurs consacrées à la rencontre de l'Art et de la Science ; dans celles-ci, je développe le concept d'*œuvre potentielle* où l'œuvre n'est plus, par exemple, l'image affichée sur un écran ou imprimée sur un support matériel, mais l'algorithme mathématique qui lui a donné naissance. Ainsi, chaque œuvre potentielle contient en puissance, selon un principe qui n'aurait certainement pas déplu à Jorge Luis Borges, une "infinité" (à entendre au sens informatique du terme) d'œuvres "voisines".

4-LA MÉDIATION SCIENTIFIQUE ET LES CONFÉRENCES : En parallèle à ces expositions, ou indépendamment de celles-ci, j'ai fait de très nombreuses conférences destinées à montrer tout à la fois l'utilité et la beauté des Mathématiques, et ce pour les publics les plus divers (élèves des enseignements primaire, secondaire et supérieur, mais aussi grand public dans des maisons de la culture ou encore en milieu pénitentiaire).

Tous les ans, je participe aux Portes Ouvertes de l'Ecole Polytechnique et à la *Fête de la Science*¹³ qui sont d'autres occasions de rencontrer le grand public, ainsi qu'aux opérations qu'organisent les pôles *diversité* de l'Ecole Polytechnique et du CNRS.

13 -A cette occasion, en 2019, j'avais organisé une exposition sur le thème “A la manière de” qui présentait une vingtaine d'images inspirées d'œuvres de Escher, Hockney, Kandinsky, Klein, Magritte, Mondrian, Sérusier, Soulages et Vasarely (voir l'annexe 4).

Les sujets alors abordés sont évidemment ceux qui viennent d'être évoqués, mais pas uniquement. En effet, en l'espace de quelques années, les nouvelles technologies de l'informatique et des télécommunications, ont envahi nos maisons, nos bureaux, nos laboratoires,... Nos ordinateurs sont chaque jour davantage les dépositaires d'une part toujours plus importante de notre patrimoine scientifique et culturel. Or sont-ils plus sûrs que la Grande Bibliothèque d'Alexandrie ? Et plus spécifiquement dans le domaine scientifique, sont-ils des machines fiables auxquelles accorder notre confiance ?



“Les pommiers en fleurs”, un hommage à Pietr Mondrian.

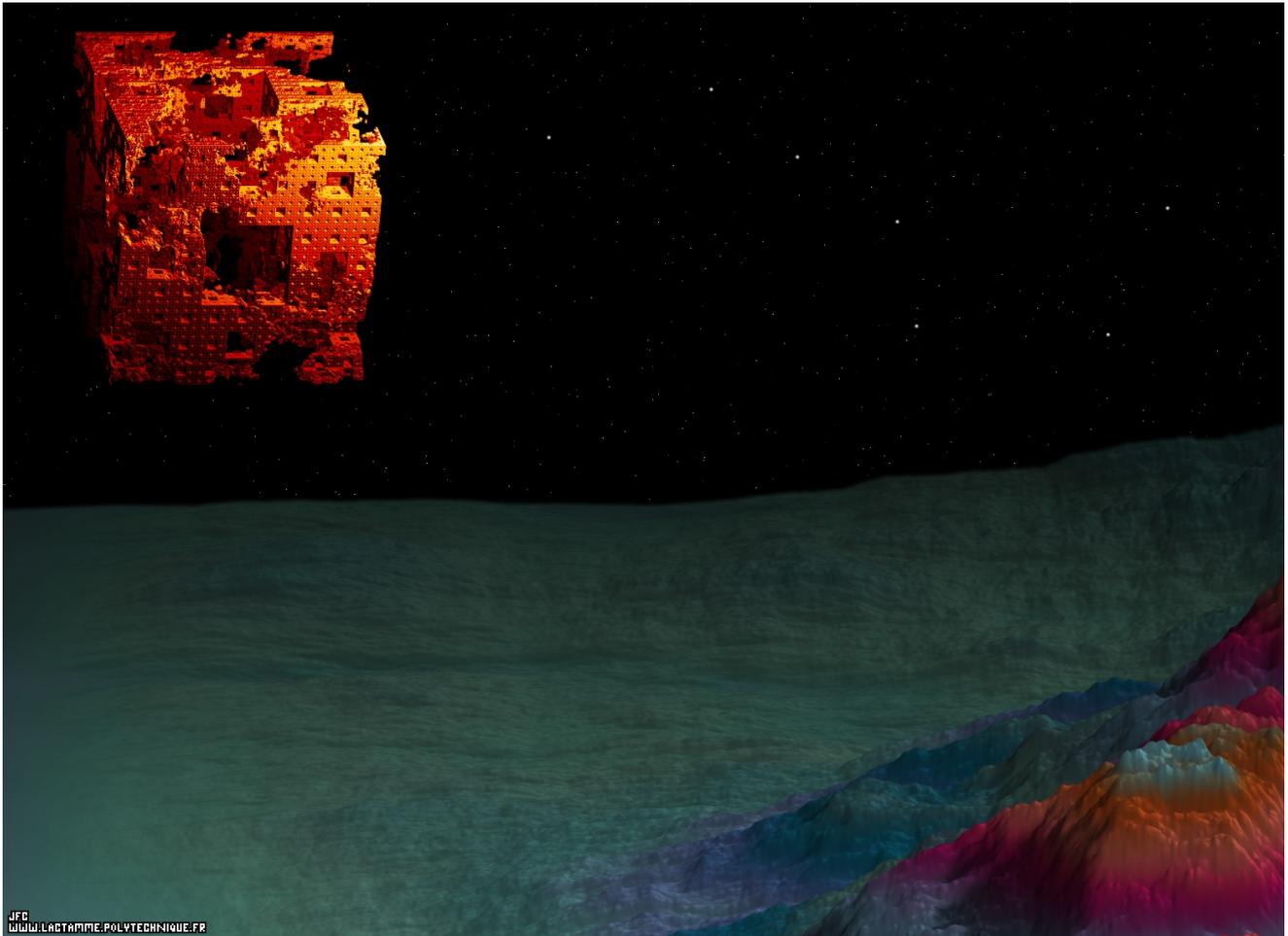
Mais plus vital encore : l'Humanité est aujourd'hui confrontée à un certain nombre de défis majeurs : pollution généralisée, modification quasiment irréversible du climat, épuisement prévisible des ressources non renouvelables (pétrole, charbon, minerais divers,...), commerce mondial déséquilibré par des économies dites *émergentes* (aux normes sociales et fiscales très différentes des nôtres) et par des systèmes de transports et des énergies aux coûts trop faibles, chômage, conflits actuels ou potentiels (Ukraine/Russie, Chine/Taïwan, Corée du Nord,...),... Les Mathématiques, la Physique et l'Informatique, utilisées à bon escient, avec intelligence¹⁴, font certainement partie des solutions à ces problèmes : recherche de sources d'énergie nouvelles¹⁵, réduction et contrôle des différentes formes de pollution, études sur l'évolution du climat ou encore mise sur le marché de produits éco-responsables, attractifs, innovants¹⁶ et utiles,...

14 -Par exemple, en ne remplaçant pas le *je pense donc je suis* par un *je calcule donc je suis* !

15 -L'éclairage électrique n'a pas été inventée en tentant d'améliorer les bougies ou les lampes à huile !

16 -Rappelons à ce propos que sans la Mécanique Quantique, la Relativité Restreinte et la Relativité Générale, le GPS n'existerait pas !

Or de moins en moins de jeunes se dirigent vers les carrières scientifiques et plus grave encore, ils sont de plus en plus nombreux à se désintéresser de leurs études, malgré les incertitudes qui planent sur leur avenir. Montrer aux générations futures l'histoire, l'utilité et la beauté des Sciences (et des Mathématiques tout particulièrement) est donc aujourd'hui une mission de la plus haute importance, mais aussi, un investissement essentiel pour demain : l'image est alors une aide inestimable et de nombreuses pages de mon site sont là pour décrire, expliquer, partager et diffuser ces messages et une partie de ces connaissances.



JFC
WWW.LACTAMME.POLYTECHNIQUE.FR

La recherche n'est-elle pas la forme ultime de l'aventure moderne ?

Liste des Annexes :

Annexe 1 : La page d'accueil et la liste des pages principales du site Internet.

Annexe 2 : “*A quoi servent et que sont les Mathématiques ?*” (La trame d'une conférence générale sur les Mathématiques).

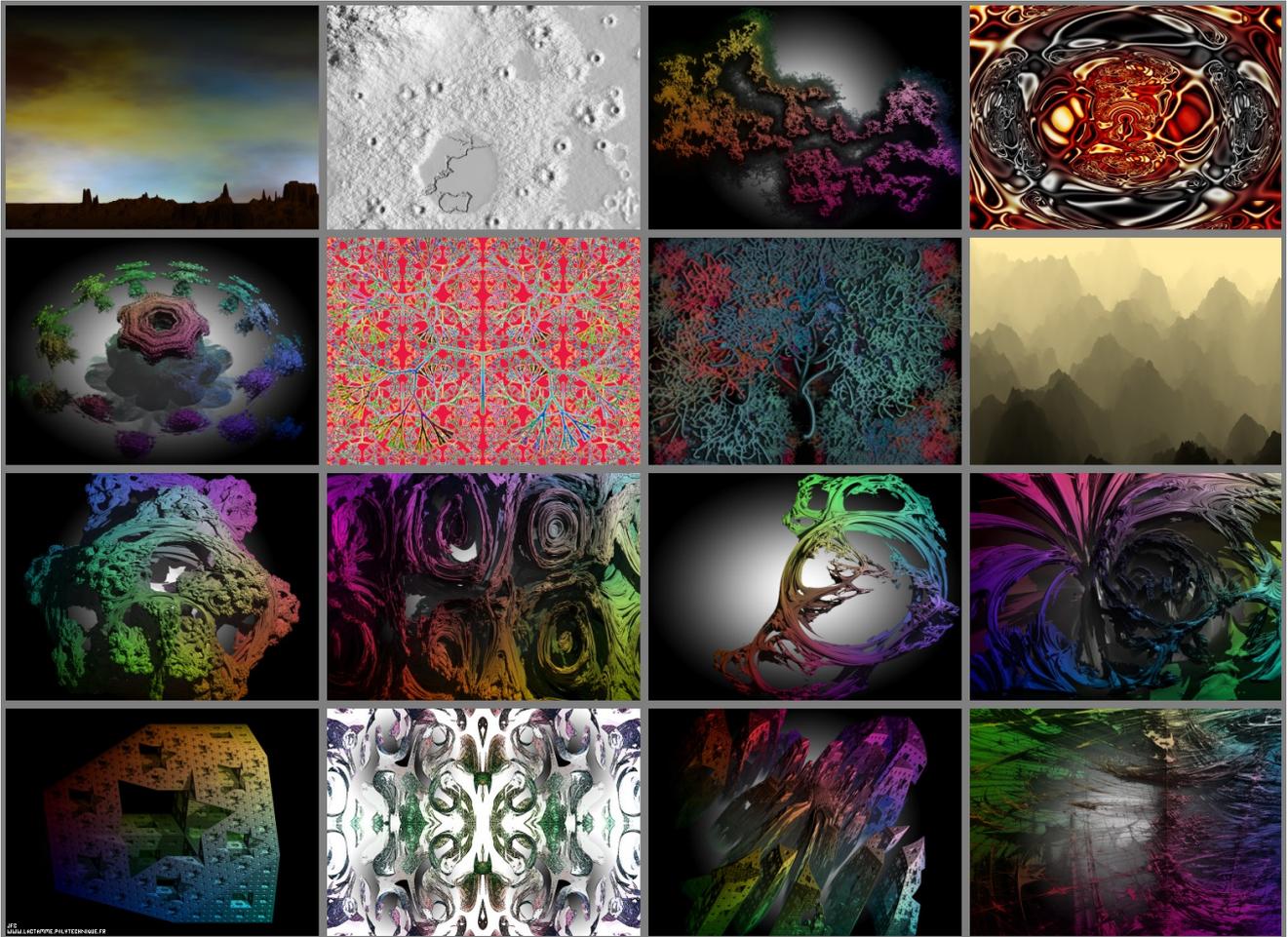
Annexe 3 : L'exposition “*A la manière de*” (10/2019).

Nota : Malheureusement (et évidemment) l'aspect interactif des documents Internet ne peut être reproduit dans ces annexes. Cela concerne en particulier les galeries d'images (pour lesquelles les explications nécessaires à la compréhension de celles-ci apparaissent naturellement en cliquant dessus) ou encore les très nombreuses animations qui sont disponibles.

Annexe 1 :

La page d'accueil et la liste des pages principales du site Internet.

[\(http://www.lactamme.polytechnique.fr/\)](http://www.lactamme.polytechnique.fr/)

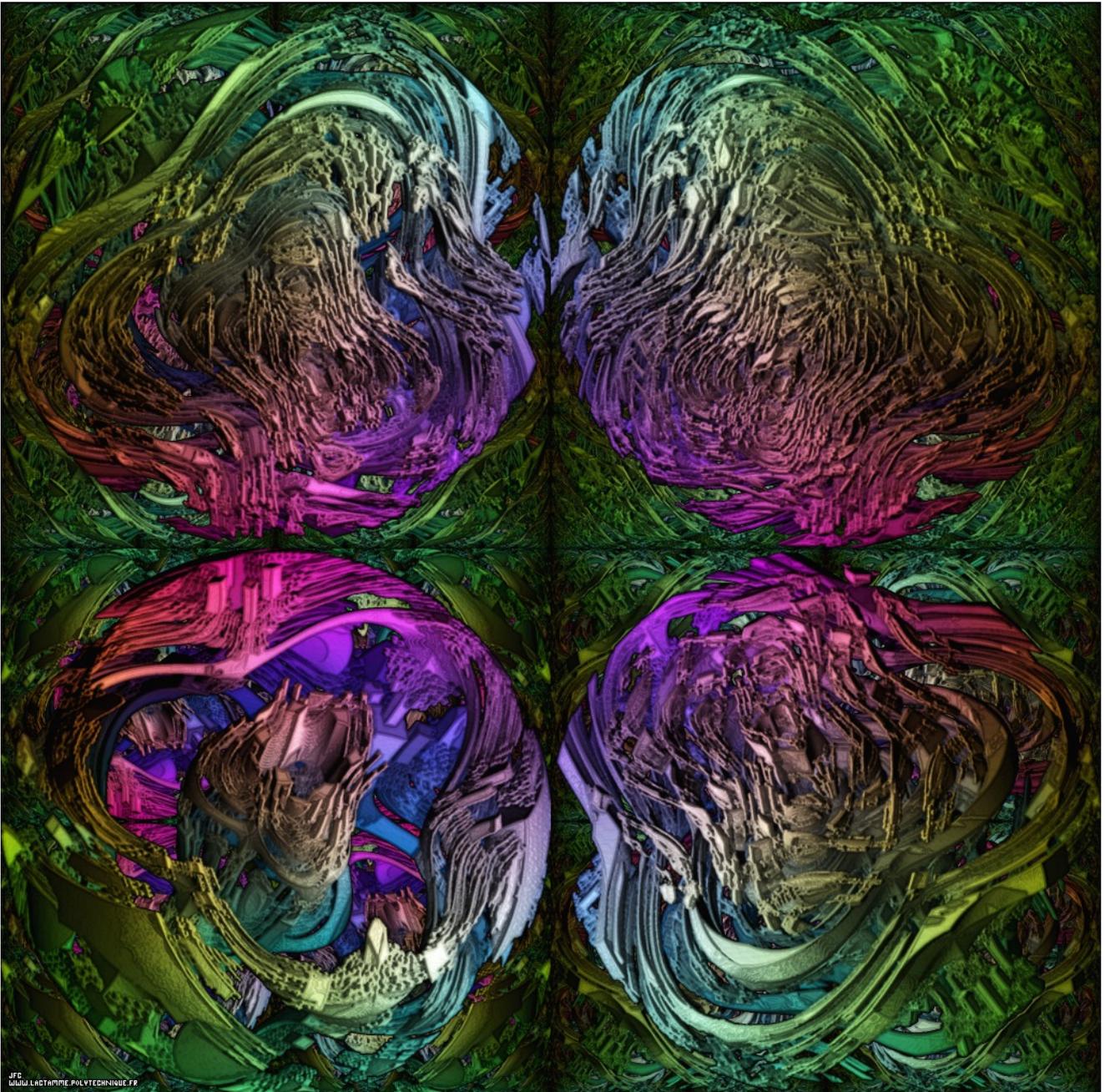


Quelques fractals.

Annexe 2 :

“A quoi servent et que sont les Mathématiques ?”
(La trame d'une conférence générale sur les Mathématiques)

<http://www.lactamme.polytechnique.fr/Mosaic/descripteurs/MathematiquesPhysiqueFractales.12.html>



Quelques variations sur le thème de l'éponge de Menger.

Annexe 3 :

L'exposition "*A la manière de*" (10/2019)

http://www.lactamme.polytechnique.fr/Mosaic/descripteurs/Exposition_EcolePolytechnique_Fete_DeLaScience_201910.html

