



HAL
open science

La vague dans la matrice

Gaëtan Robillard, Caterina Calgaro, Emmanuel Creusé

► **To cite this version:**

Gaëtan Robillard, Caterina Calgaro, Emmanuel Creusé. La vague dans la matrice. [Rapport de recherche] Université de Lille (2018-..). 2020, pp.2020:02. hal-03133380

HAL Id: hal-03133380

<https://hal.science/hal-03133380v1>

Submitted on 23 Feb 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

« *La Vague dans la matrice* » (2019) examine la relation entre mathématiques et environnement, en particulier la façon dont les sciences du climat inscrivent de nouveaux signes dans le monde. Le travail se matérialise dans un réseau de surfaces en cuivre et de processeurs qui simulent un champ de vagues généré à partir de données océanographiques. La distribution du calcul rend visible un flux d'opérations qui à leur tour engendrent un déferlement de nombres. Les processeurs augmentent en température et se désynchronisent. L'installation restitue sa propre température. Le projet s'accompagne d'une performance électroacoustique improvisée à partir d'une enquête menée dans les laboratoires de l'Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM).

Contexte et démarche

Dans les années soixante, des mathématiciens et artistes comme Frieder Nake, Georg Nees et A. Michael Noll cherchèrent à produire des résultats esthétiques à partir de méthodes de calcul informatique. C'est dans l'œuvre de Frieder Nake que l'on trouve en particulier des images abstraites qui traitent de la matrice en tant que forme artistique et structure mathématique (Figure 1). L'étude de cette iconographie questionne la relation entre image et algorithme et entre une surface et une sous-face [1].

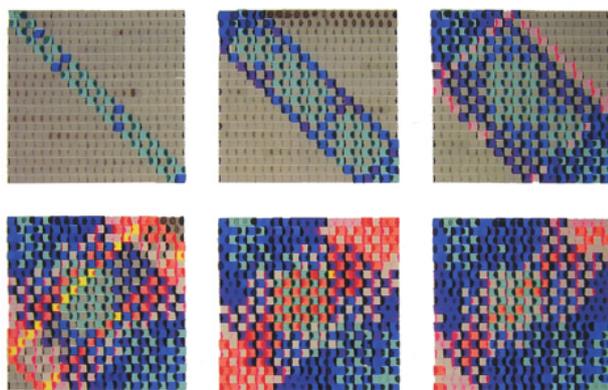


Figure 1 – Frieder Nake, *Matrizenmultiplikation, Serie 34* (détail), encre sur papier, généré par ordinateur, 50 x 50 cm, 1968.

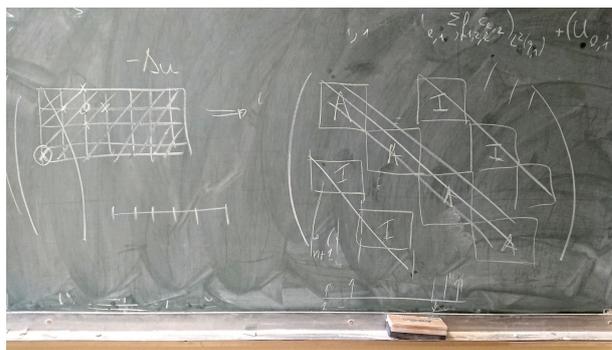


Figure 2 – Travail de transmission au tableau en phase d'immersion, Laboratoire Paul Painlevé, 2019.

À la suite d'une investigation sur les œuvres pionnières du Computer Art en Allemagne, le projet qui est présenté ici a été développé à partir d'une immersion au sein du Laboratoire de Mathématiques et leurs Applications de Valenciennes (LAMAV) et du laboratoire de mathématiques Paul Painlevé. Nous renouvelons alors un dialogue sur le thème de la vague qui avait commencé avec un premier travail de collaboration qui avait abouti en 2013 à l'installation *En recherchant la vague* [2].

Mise en œuvre et collaboration

Le processus de création a débuté par une phase à caractère didactique. Nous nous sommes interrogés sur la signification physique des phénomènes dissipatifs et leur traduction en langage mathématique. Les chercheurs mathématiciens ont partagé avec l'artiste des savoirs généraux sur la mise au point d'un code de calcul numérique assurant la simulation d'écoulements fluides. Une grande quantité de nombres et de multiplications matricielles sont nécessaires pour décrire la complexité du mouvement des vagues, des avalanches, de la pollution et des flux thermiques (Figure 2).

Nous avons d'abord travaillé sur des programmes qui font intervenir les équations de Navier-Stokes (en langage Freefem++) et de Korteweg de Vries (en



Figure 3 – *La vague dans la matrice*, 2019. À gauche : vue d'exposition, au centre : affichage des valeurs normalisées, à droite : affichage des températures.

langage Python). La simulation de tels modèles engendre à chaque itération le calcul de produits matrices-vecteurs. Le projet a entraîné une recherche sur la visualisation de telles matrices dans ce cas de simulation de vagues [3]. Il a permis des échanges sur les méthodes numériques et les applications les plus récentes développées au sein du LAMAV et du laboratoire Paul Painlevé, par exemple pour la simulation d'écoulements à faible Mach [4].

Au Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale (LOPS) de l'IUEM, les états de mer sont modélisés de façon statistique. Nous nous sommes donc intéressés dans un second temps à un programme génératif de simulation d'un champ d'onde à partir d'un spectre directionnel, programmé en langage Python, programme qui émane d'un partenaire du LOPS, l'institut France Energies Marines.

Productions et perspectives

Le programme génératif a finalement été adapté à nos besoins et intégré à l'installation. Les données considérées (hauteur significative, spectre directionnel) ont été enregistrées par la bouée CANDHIS (Les Pierres Noires, Atlantique Nord) sur le mois de février 2014, un mois marqué par des cyclones historiques. À partir de ces données, l'installation génère un champ de vagues et distribue un calcul matriciel de hauteurs sur un ensemble de trente-deux processeurs synchronisés (Raspberry Pi Zero W, 1GHz single-core CPU, 512MB RAM), répartis sur huit modules. Les hauteurs sont normalisées afin de restituer des très grands nombres (Figure 3).

Parce que le calcul est distribué et que sa fréquence sur chacun des processeurs est affectée par le seuil thermique du matériel lui-même, la temporalité des opérations diffère légèrement d'un processeur à l'autre. L'unité spatio-temporelle de la matrice de vagues tend vers le désordre. Le système est entropique et devient asynchrone. Une fois la séquence de calcul terminée, les objets de l'installation affichent la température pour chaque processeur. L'ensemble de ce processus se boucle sur une

durée de vingt minutes environ. Chaque exposition est l'occasion de développer une spatialisation des modules de l'installation¹.

Le travail sur le flux du calcul dans un réseau d'objets met en tension la manière dont les signes du climat peuvent être vus ou perçus. Il ne s'agit pas ici de construire une représentation du phénomène naturel mais de donner à voir la production de valeurs numériques – en lien avec des événements climatologiques dans notre histoire récente. La visualisation de ce processus laisse place à une exploration critique de la dimension thermique et de la dimension performative du système qui interagit avec son propre environnement. Cette recherche en art et en science ouvre à de nouvelles explorations de la dimension entropique de l'œuvre d'art.

Remerciements et financements

Crédits. Recherche en art : Gaëtan Robillard, thèse en cours d'écriture, Université Paris 8 et ESAD TALM-Tours. Équipe scientifique : Caterina Calgaro (Laboratoire Paul Painlevé), Emmanuel Creusé (LAMAV), Bernard Fichaut (LETG), Jean-François Filipot, Rui Duarte, Andrea Ruju (France Energies Marine). Création sonore : Aude Rabillon. Conception Informatique et électronique : Martin Saez. Simulation stade maquette : Alexandre Rotolo. Soutiens : Résidence AIRLab ComUE Lille Nord de France, en partenariat avec le Fresnoy et Cinquante Degrés Nord, Festival RESSAC – UBO, avec le concours du CNRS.

Remerciements. Luc-Jérôme Bailleul, Kelly Barton, Lucy Bodel, Christophe Chaillou, Sylvain Cherrier, Thomas Feminier, Thierry Grandpierre, Slim Mahouachi, Petra Maitz, Félix Ali Mehmeti, Laura Mené, Taiki Kondo, Masayuki Orihara, Thierry Mouillé, Christine Paillard, Clémentine Prevost, Eric Prigeant, Shabnam Rahimian, Stéphanie Robin, Alexander Stingl, Özlem Sulak, Meltem Yildirim, et le Fablab Decartes.

Références

- [1] F. Nake, Think the Image, Don't Make It! On Algorithmic Thinking, Art Education, en Re-Coding, *J. of Science and Technology of the Arts*, 9:3, 22–31, 2017.
- [2] Gaëtan Robillard, Caterina Calgaro, Emmanuel Creusé, En recherchant la vague, *Œuvres et Recherches*, 2020:01.
- [3] Gaëtan Robillard, La Vague dans la matrice, *Journée Visu 2019*, Télécom ParisTech, 2019.
- [4] Caterina Calgaro, Claire Colin and Emmanuel Creusé, A combined Finite Volumes – Finite Elements method for a low-Mach model, *Int. J. for Numerical Methods in Fluids*, 90:1, 1–21, 2019.

1. Diffusions : Université Bretagne Ouest (Brest, 2019), Espace Croisé (Roubaix, 2019), Centre d'arts Ronzier de l'Université Polytechnique Hauts-de-France (Valenciennes, 2020).