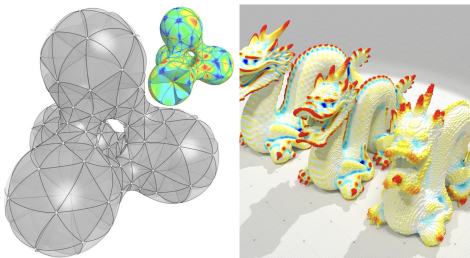


# Année “Géométrie” 2023–2024

## Bilan & Prospective

Mathieu Desbrun et Jacques-Olivier Lachaud



26 mars 2025

Journées nationales du GdR IFM

Bilan : Objectifs, Equipe, Animation scientifique

# Objectifs de l'année Géométrie

## animation scientifique

- ▶ favoriser les échanges entre communautés
- ▶ développer de nouvelles collaborations
- ▶ initier de nouveaux projets
- ▶ actions spécifiques envers les jeunes

## réflexion sur le domaine

- ▶ cartographie, enjeux, tendances

## actions transverses

- ▶ GT Géo Algo : géométrie algorithmique
- ▶ GT GDMM : géométrie discrète et morphologie mathématique
- ▶ GT MG : modélisation géométrique

**inter-GdR** action commune GdR IFM et GdR IG-RV

# Comité de travail

## Coordinateurs

- ▶ Mathieu Desbrun, LIX (Ecole Polytechnique) & INRIA
- ▶ Jacques-Olivier Lachaud, LAMA, U. Savoie Mont Blanc

## GT GDMM

- ▶ Jean Cousty, LIGM, ESIEE Paris
- ▶ Isabelle Sivignon, Gipsa-lab Grenoble & CNRS
- + Aldo Gonzalez-Lorenzo, LIS, U. Aix-Marseille

## GT ModGeom

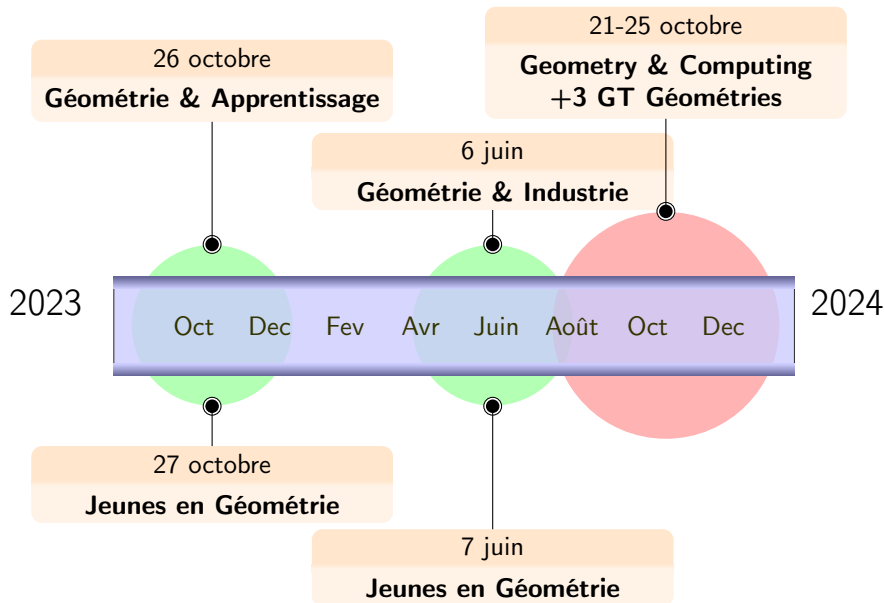
- ▶ Géraldine Morin, IRIT, U. Toulouse
- ▶ Romain Raffin, LIB, U. Bourgogne
- + Julie Digne, LIRIS Lyon & CNRS

## GT GeoAlgo

- ▶ Clément Maria, INRIA Sophia and FGV/EMAp, Brazil
- ▶ Théo Lacombe, LIGM, U. Gustave Eiffel
- + Xavier Goaoc, LORIA, U. Lorraine



# Bilan de l'animation scientifique



# Journée Géométrie & Apprentissage + Jeunes en Géométrie



## **ml4geo : Machine Learning for Geometry**

Machine Learning for Geometry Workshop, October 26 2023

*IHP, Paris (France)*

## **Géométrie & Apprentissage** (26 octobre 2023, Institut Henri Poincaré)

<https://ml4geo.sciencesconf.org>

- ▶ 7 exposés invités : Niloy Mitra, Maks Ovsjanikov, Gül Varol, Mathieu Carrière, Mathieu Aubry, Benjamin Perret, Samy Blusseau
- ▶ 58 participants

## **Jeunes en Géométrie** (27 octobre 2023, Institut Henri Poincaré)

<https://jcgeo.sciencesconf.org>

- ▶ 9 exposés courts des doctorants
- ▶ table ronde “Après ma thèse”
- ▶ vidéos “ma thèse en 5 minutes”
- ▶ 42 participants

# Journée Géométrie & Industrie + Jeunes en Géométrie



## **geom-industry : Geometrie dans l'industrie**

6 juin 2024 - Université Gustave Eiffel (Amphithéâtre Georges Perec) - GdRs IFM & IG-RV

*Champs-sur-Marne (France)*

## **Géométrie dans l'Industrie** (6 juin 2024, Université Gustave Eiffel)

<https://geom-industry.sciencesconf.org>

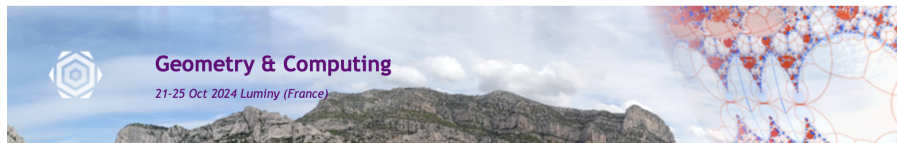
- ▶ 5 exposés invités : Tamy Boubekeur (Adobe Research), David Bonner (Dassault Systèmes), Tong Fu (Kitware), Pierre Alliez (Inria, CGAL), Jan Frykestig (Ansys)
- ▶ exposés d'industriels, applications concrètes des géométries, verrous scientifiques et industriels.
- ▶ 50 participants

## **Jeunes en Géométrie** (7 juin 2024, Université Gustave Eiffel)

<https://jcgeo2024.sciencesconf.org>

- ▶ 7 exposés courts des doctorants
- ▶ Tutoriaux : CGAL, DGtal, HIGRA, GUDHI
- ▶ 30 participants

# Colloque Geometry & Computing 2024



<https://conferences.cirm-math.fr/3128.html>

- ▶ CIRM, 21-25 octobre 2024
- ▶ 5 keynotes : G. Bertrand, A. Lieutier, P. Memari, B. Speckmann, A. Vaxman
- ▶ 19 autres exposés scientifiques
- ▶ diversité thématique, senior/mid/jeunes, parité (45,8%)
- ▶ + journées des 3 GT géométrie sur 1/2 journée
- ▶ 2 sessions posters
- ▶ 10 financements doctorants
- ▶ Questionnaire aux géométries + Townhall

# Colloque Geometry & Computing



► 102 participants (le plein au CIRM)

# Introspection “bottom-up”

## Questionnaire aux géométries + Townhall

- ▶ questionnaire envoyé aux membres des GT Géo Algo, GDMM, MG 80 questions sur les thèmes suivants : profil, format des journées GT, année géométrie, actions inter-GT, structuration des GT, suites à donner à l'année géométrie
- ▶ 87 répondants (80% chercheurs ou enseignants-chercheurs)
- ▶ échantillon équilibré par rapport aux tailles des GTs
- ▶ présentation synthétique des résultats pendant le townhall
- ▶ suivie d'une discussion.

### Connexions entre GT

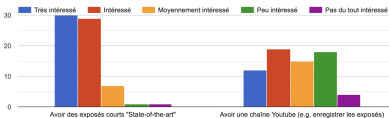
Vous sentez-vous proche d'un autre GT géométrie ?



Quel est le GT dont vous vous sentez le plus proche ?

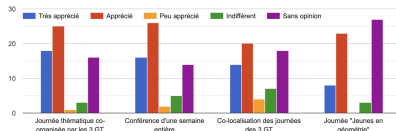


Seriez-vous intéressé par de nouvelles formes d'échanges dans la communauté ?

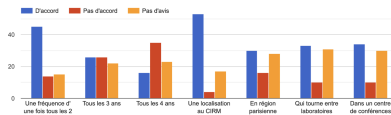


# Introspection “bottom-up”

Avec le recul, quels sont les événements que vous avez particulièrement appréciés et que vous aimeriez voir réitérer dans le futur ?



Si on voulait pérenniser les JIG sous le format Geometry & Computing (conférence sur 5 jours), indiquez-vous êtes plutôt d'accord ou pas d'accord avec les affirmations suivantes



## Conclusions partielles

- conférence CIRM très appréciée: format 5 jours tous les 2 ans, + journées GT
- journées “jeunes en géométrie” très appréciées des doctorants
- 80% de satisfaction du périmètre actuel des GTs

# Document “Année Géométrie : bilan & prospective

- ▶ Structuration des GTs géométrie et interactions
- ▶ Bilan des actions menées
- ▶ Avancées récentes
- ▶ Perspectives de recherche
- ▶ Prospective : analyse SWOT
- ▶ Actions futures, évolutions, soutien

## Année “Géométrie” 2023-2024

### bilan et prospective

mars 2025 (v1)

#### Introduction

Le Groupement de Recherche (GdR) Informatique Fondamentale et ses Mathématiques (IFM) s'est doté d'un nouvel instrument pour favoriser les échanges scientifiques et développer des interactions transversales à ses Groupes de Travail (GT), voire avec d'autres GdR : les *années thématiques*. Deux thèmes ont été proposés par le comité exécutif pour lancer ce nouvel outil en 2023/2024 : “Probabilités” et “Géométrie”. Ce document, rédigé par le comité de pilotage de l'année Géométrie à la demande du GdR IFM, a plusieurs objectifs :

- donner les contours de la structuration actuelle des GT géométries et de leurs interactions,
- dresser le bilan de l'année Géométrie et des actions menées dans ce cadre,
- proposer un bilan des avancées récentes des disciplines,
- présenter les principales perspectives de recherche,
- identifier les forces et faiblesses de la communauté, son positionnement par rapport à l'international, et les actions potentielles pour soutenir la discipline.

Comité de pilotage de l'année Géométrie

- Pilotes : Jacques-Olivier Lachaud, Mathieu Desbrun
- GT Géo Algo : Théo Lacombe, Clément Maria, Xavier Goeac
- GT GDMF : Jean Cousty, Isabelle Sivignon, Aldo Gonzalez-Lorenzo
- GT MG : Géraldine Morin, Romain Raffin, Julie Digne

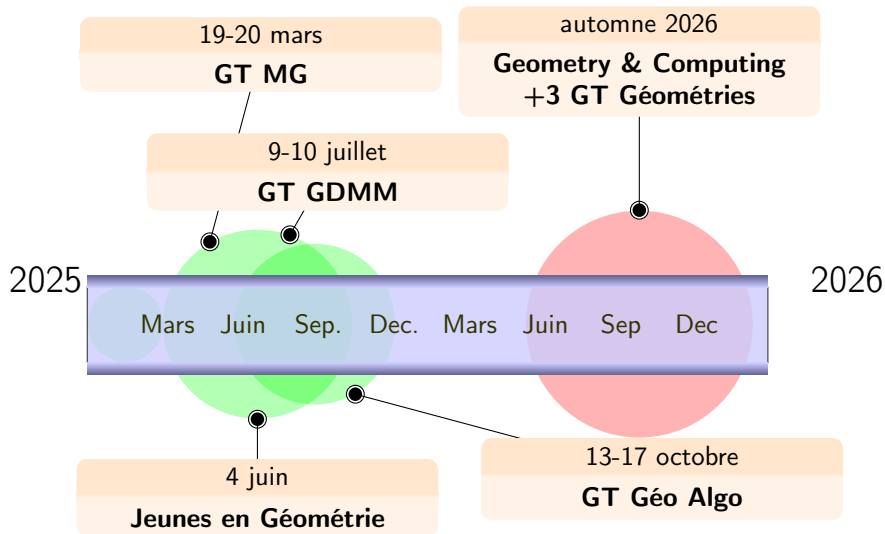
#### Structuration des GTs géométries et interactions

Le traitement de la géométrie en informatique concerne l'étude des formes discrètes et combinatoires, que celles-ci proviennent d'objets abstraits comme les graphes ou les complexes simpliciaux, ou de données réelles telles que des nuages de points échantillonnés à la surface d'un crâne ou d'une carrosserie, ou une surface dans une image 3D. Il s'agit de comprendre, analyser, traiter, ou produire des formes géométriques. Ces buts demandent de développer des outils fondamentaux à l'interface entre les mathématiques et l'informatique, tant sur les aspects mathématiques et géométriques que sur les aspects algorithmiques. Sur le plan applicatif, l'imagerie numérique est une cible majeure que l'on retrouve dans les applications industrielles pour le loisir (jeux vidéo, animation, cinéma,



Actions futures, évolution de l'équipe

# Animation scientifique en préparation



# Ajouts à l'équipe

- ▶ Laurent Fuchs, XLIM, Université de Poitiers
- ▶ Yukiko Kenmochi, GREYC, CNRS / Université Caen
- ▶ Etienne Le Quentrec, ICube, Université de Strasbourg
- ▶ Phuc Ngo, LORIA, Université de Lorraine

# Prospective : Thématiques, Structuration, Perspectives scientifiques, Forces et faiblesses

# Thématiques scientifiques

- GT Géo Algo** Géométrie discrète et combinatoire, géométrie différentielle, géométrie et topologie aléatoire, topologie algorithmique, topologie en basse dimension, optimisation topologique, analyse topologique des données, inférence géométrique.
- GT GDMM** géométrie discrète et combinatoire, topologie discrète et computationnelle, théorie de Morse, pavages, tomographie discrète, géométrie différentielle discrète, inférence géométrique, morphologie mathématique, traitement d'image, opérateurs morphologiques dans les réseaux de neurones, représentations hiérarchiques
- GT MG** génération et caractérisation de modèles, traitement de données géométriques, maillages, nuages de points, surfaces de subdivision, splines, géométrie discrète et combinatoire, géométrie différentielle, topologie calculatoire, modélisation de structures topologiques, prototype virtuel, apprentissage géométrique profond

# Thématiques scientifiques

## **Données géométriques discrètes**

points, graphes, mailles

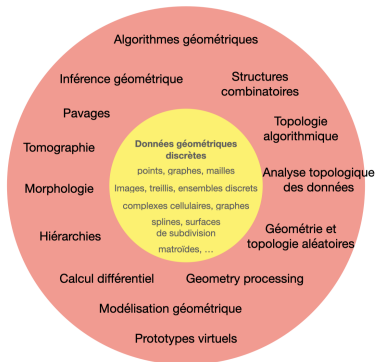
Images, treillis, ensembles discrets

complexes cellulaires, graphes

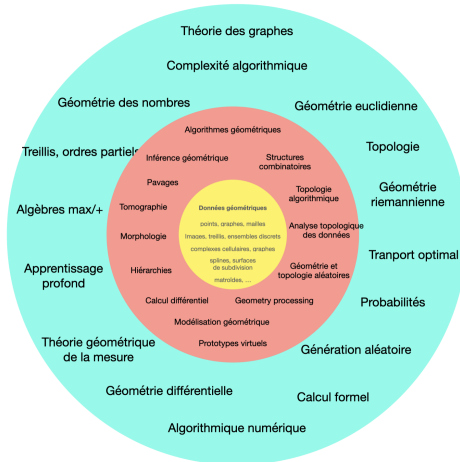
splines, surfaces  
de subdivision

matroïdes, ...

# Thématiques scientifiques

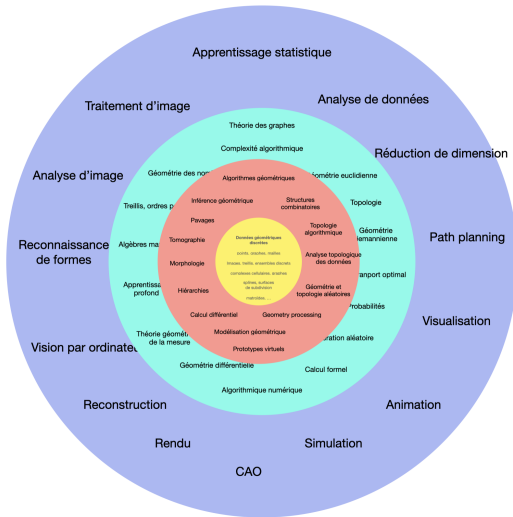


# Thématiques scientifiques

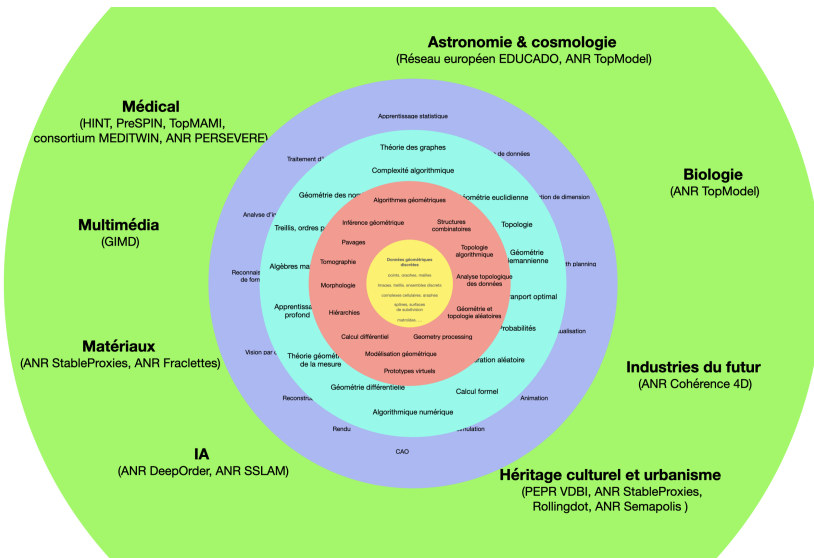




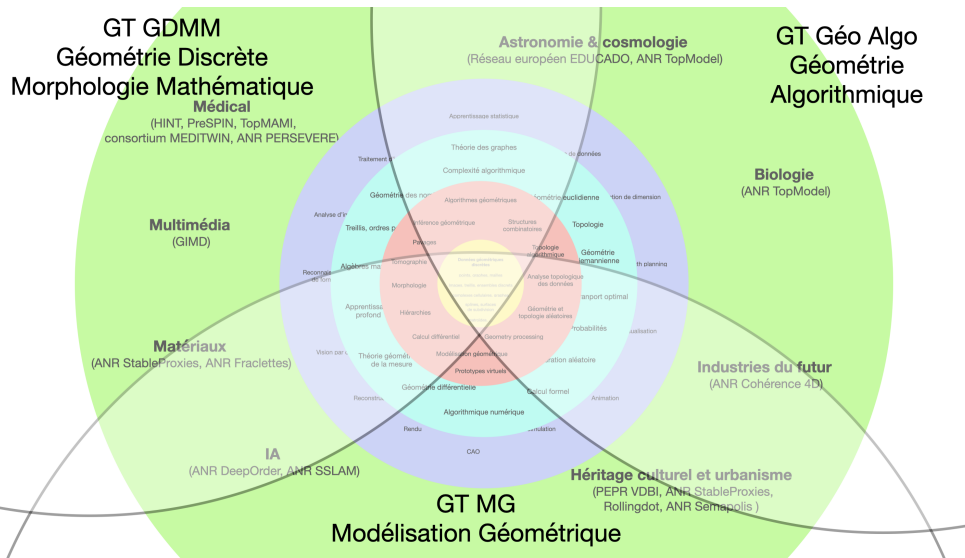
# Thématiques scientifiques



# Thématiques scientifiques



## Thématiques scientifiques

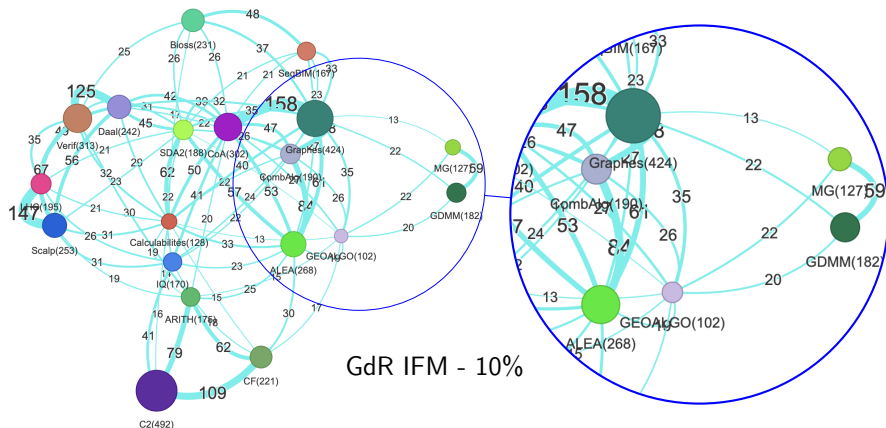


# Structuration et interactions

GT	permanents	(dont DR/CR)	non-perm.	labs	10 labos
Géo Algo	62	28	40	36	63/102
GDMM	139	18	41	51	106/180
MG	92	16	33	44	76/125
<b>Total</b>	$\approx 200$	45	$\approx 100$	60	$\approx 50\%$

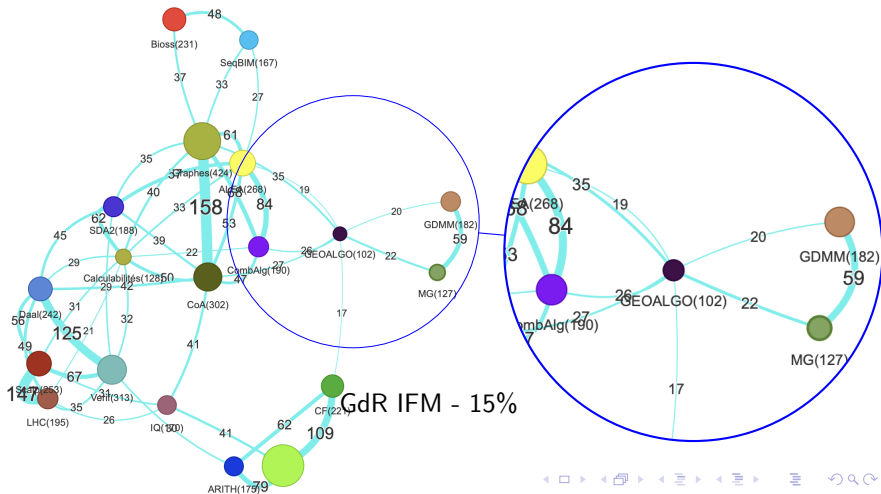
# Structuration et interactions

GT	permanents	(dont DR/CR)	non-perm.	labs	10 labos
Géo Algo	62	28	40	36	63/102
GDMM	139	18	41	51	106/180
MG	92	16	33	44	76/125
<b>Total</b>	<b>≈ 200</b>	<b>45</b>	<b>≈ 100</b>	<b>60</b>	<b>≈ 50%</b>



# Structuration et interactions

GT	permanents	(dont DR/CR)	non-perm.	labs	10 labos
Géo Algo	62	28	40	36	63/102
GDMM	139	18	41	51	106/180
MG	92	16	33	44	76/125
<b>Total</b>	<b>≈ 200</b>	<b>45</b>	<b>≈ 100</b>	<b>60</b>	<b>≈ 50%</b>





# Perspectives de recherche

**Géo. Algo** structures combinatoires généralisant la géométrie euclidienne : graphes sur les surfaces hyperboliques (ANR ABYSM), matroïdes orientés, théorie existentielle des réels, analyse topologique des données (ANR TopModels), théorie des noeuds (ANR AlgoKnot), plongement métrique, géométrie spatio-temporelle

**GDMM** équivalences géométriques continu-discret (ANR PARADIS), inférence géométrique (ANR CoMeDiC), calcul différentiel sur données hétérogènes (ANR StableProxies), structures de graphes et de hiérarchies, apprentissage profond hiérarchique (ANR Ultralearn), modèles pour de nouvelles imageries

**MG** traitement de nuages de points massifs (ANR SSLAM), création intuitive de contenu numérique 3D, design virtuel, modélisation par apprentissage statistique, représentation procédurale par des grammaires de formes ou de processus de construction (ANR Fraclettes), impression additive, modèles intégrés (géométrie, colorimétrie, physique)



# Verrous scientifiques et enjeux à la croisée des géométries

## ► Géométries en dimensions intermédiaires.

Inférence géométrique reste limitée aux basses dimensions, car complexité algorithmique trop dépendante de la dimension. Avancées nécessaires pour expliquer la géométrie des espaces latents.

## ► Rôle de la géométrie en apprentissage.

Manque de structure ou de géométrie dans les réseaux de neurones. Equivariance (accélère l'apprentissage, garanties d'invariance). Comment forcer les fonctions en IA à représenter des géométries (e.g. Signed Distance Function) ?

## ► Analyse topologique des données.

Complexité de calcul des invariants topologiques reste un frein. Analyse souvent limitée à la connexité sur des masses de données importantes.

## ► Enjeux sociétaux.

L'IA en géométrie est très gourmande en calcul. L'usage éthique des avancées en géométrie est un problème partagé avec l'IA (e.g. fausses scènes 3D avec rendu réaliste).

# Analyse SWOT

<b>Forces internes</b>	<b>Faiblesses internes et risques</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>▶ répartition géographique équilibrée</li><li>▶ chercheurs CNRS / INRIA / autres</li><li>▶ large couverture thématique</li><li>▶ continuum fondements (GdR IFM) et applications (GdR IG-RV)</li><li>▶ convergence de thèmes des GTs</li><li>▶ culture commune des bibliothèques/outils open-source</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ interactions entre GT limitées</li><li>▶ découpage en section 6 et 7 (maintenant 2 et 3), mais co-appartenance IG-RV bénéfique</li><li>▶ IA a impacté fortement les communautés MM/MG</li><li>▶ mais amène des outils nouveaux</li><li>▶ formations géométries math-info ?</li></ul>
<b>Forces externes</b>	<b>Faiblesses externes et opportunités</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>▶ forte ouverture aux domaines applicatifs (projets)</li><li>▶ communautés françaises très actives à l'international</li><li>▶ présentes dans les comités des conférences/journaux principaux du domaine</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ trop peu de projets européens</li><li>▶ (prob. lié à l'explosion de l'IA)</li><li>▶ tendance positive néanmoins : des chercheurs des 3 GT s'intéressent au potentiel des géométries en IA.</li></ul>

# Soutiens souhaités / possibles

- ▶ Actions transverses en géométrie
  - ▶ nouvelle édition de **Geometry & Computing**
  - ▶ pérenniser les **Jeunes en géométrie**
  - ▶ formations en géométries à l'EJCIM ?
- ▶ Structuration des géométries
  - ▶ position à cheval GdR IFM et IG-RV très positive
  - ▶ question de la Géo Algo (à cheval ou seulement IFM)
  - ▶ pôle/responsable(s) géométrie dans les GdR ?
- ▶ Support institutionnel
  - ▶ postes de chercheurs fléchés géométrie
  - ▶ mot-clé “géométrie” présent dans les appel ANR, “modélisation géométrique” dans la section 3.
  - ▶ peu de formations math-info centrées géométries

# Conclusion

- ▶ coopération des 3 GT Géométrie très motivante
- ▶ important de piloter en binôme
- ▶ réflexion sur les thématiques transversales
- ▶ succès des événements organisés
- ▶ pérennisation souhaitée par les communautés
- ▶ instrument “année thématique” assez fédérateur pour un coût financier relativement faible
- ▶ évolution de la structuration : échéance projet IG-RV à la fin de l’année