

La recherche dans un laboratoire de mathématiques : Hexaflexagones et tetraflexagones

Bérénice Delcroix-Oger

IMAG-Université de Montpellier



Lycée Jean Moulin, Saint-Brieuc, Mercredi 12 Mars 2025

Sommaire

- 1 Qui fait de la recherche ?
- 2 Quel est mon projet de recherche ?
- 3 Comment passe-t-on d'une question à des découvertes et à des connaissances ?

1- Qui fait de la recherche ?

D'après vous, quelle photo n'est pas celle d'un chercheur ou d'une chercheuse en mathématiques/informatique ?



1- Qui fait de la recherche ?

D'après vous, quelle photo n'est pas celle d'un chercheur ou d'une chercheuse en mathématiques/informatique ?



Réponse :



Photo réalisée par Midjourney

Mon parcours

- 2006 : En terminale : "Tu as l'air d'aimer les maths, tu ne voudrais pas faire de la recherche?"
- 2006-2008 : Classe Préparatoire aux Grandes Écoles (CPGE) à Nantes (MPSI / MP)
- 2008-2012 : École Normale Supérieure de Lyon (Licence / Master / Agrégation en Mathématiques) (**études rémunérées**)
- 2011-2014 : Thèse/Doctorat (initiation à la recherche pendant 3 ans avec un manuscrit et une soutenance) à Lyon de Mathématiques
- 2015-2017 : Post-doc (poste temporaire de chercheur) à Toulouse
- 2017-2022 : Maître de conférences à Paris en Informatique
- Depuis 2022 : Maître de conférences à Montpellier en Mathématiques



Mon parcours

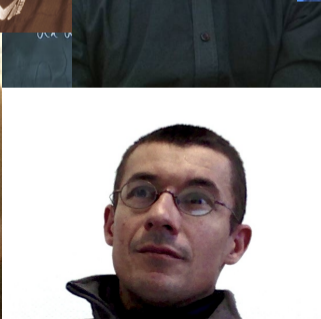
- 2006 : En terminale : "Tu as l'air d'aimer les maths, tu ne voudrais pas faire de la recherche?"
- 2006-2008 : Classe Préparatoire aux Grandes Écoles (CPGE) à Nantes (MPSI / MP)
- 2008-2012 : École Normale Supérieure de Lyon (Licence / Master / Agrégation en Mathématiques) (**études rémunérées**)
- 2011-2014 : Thèse/Doctorat (initiation à la recherche pendant 3 ans avec un manuscrit et une soutenance) à Lyon de Mathématiques
- 2015-2017 : Post-doc (poste temporaire de chercheur) à Toulouse
- 2017-2022 : Maître de conférences à Paris en Informatique
- Depuis 2022 : Maître de conférences à Montpellier en Mathématiques



Un aspect de la recherche

La mobilité! → Mais n'empêche pas la vie familiale!

Mes collaborateurs

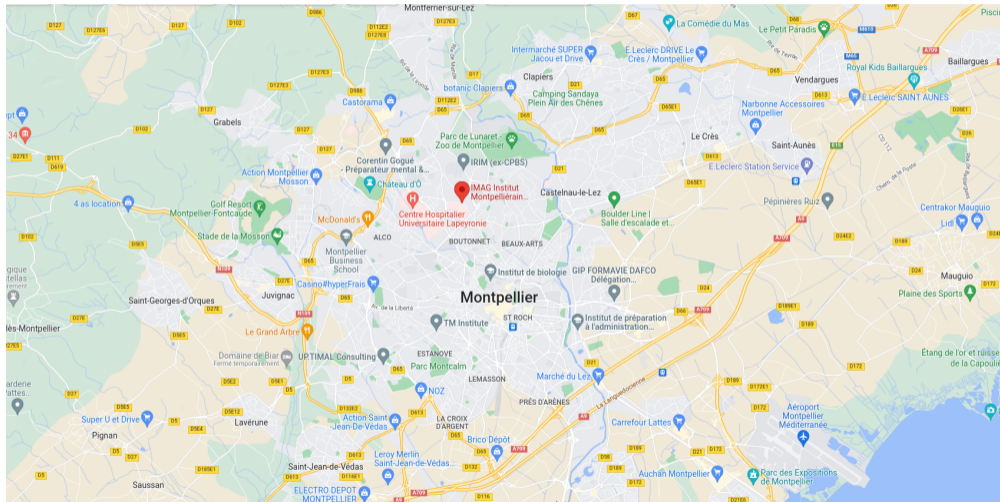


Que fait-on au laboratoire ?

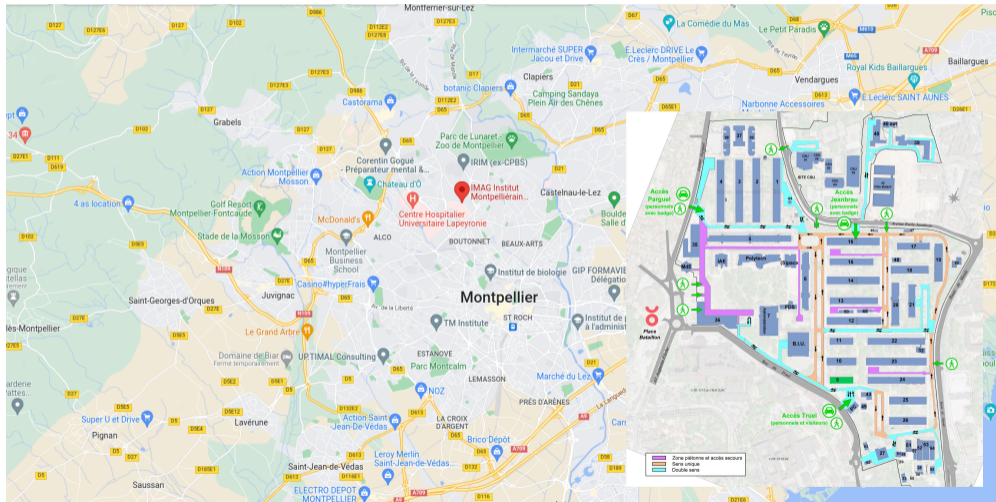
Le laboratoire est un lieu de rencontre et d'échange où on assiste à des séminaires et où on travaille seul ou entre collaborateurs.



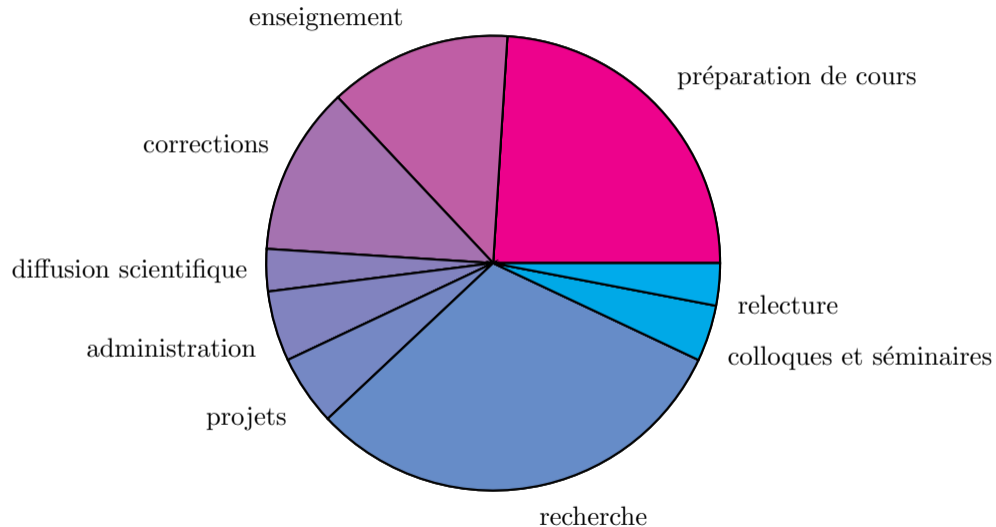
Où travaille-t-on ?



Où travaille-t-on ?



Mon quotidien



Portrait de Mireille Bousquet-Mélou (Directrice de recherche CNRS à Bordeaux)

- 1986 : ENS Ulm - Agrégation de Mathématiques
- 1991 : Thèse en informatique
- 1990 : Chargée de recherche CNRS (LaBRI, Université de Bordeaux)
- 1993 : Médaille de bronze du CNRS
- 1993 : Prix IBM des jeunes chercheurs en Informatique
- 2002 : Directrice de recherche CNRS (LaBRI, Université de Bordeaux)
- 2009 : Prix de l'Académie des Sciences "Charles-Louis de Saulces de Freycinet "
- 2014 : Médaille d'argent du CNRS
- 2019 : Membre élue de l'Académie des Sciences dans la section Mathématiques



2- Quel est mon projet de recherche ?

Mon but est d'étudier les propriétés d'objets discrets et finis afin de choisir les plus adaptés suivant l'objectif (qui varie).

2- Quel est mon projet de recherche ?

Mon but est d'étudier les propriétés d'objets discrets et finis afin de choisir les plus adaptés suivant l'objectif (qui varie).

Exemples :

quelle représentation pour un planning (par salle/par professeur/par classe) ? pour les ancêtres d'un individu ? pour les relations d'amitié d'un réseau social ?

2- Quel est mon projet de recherche ?

Mon but est d'étudier les propriétés d'objets discrets et finis afin de choisir les plus adaptés suivant l'objectif (qui varie).

Exemples :

quelle représentation pour un planning (par salle/par professeur/par classe) ? pour les ancêtres d'un individu ? pour les relations d'amitié d'un réseau social ?

A vous de répondre : savez-vous ce que veut dire le terme "discret" ?

2- Quel est mon projet de recherche ?

Définition

*Un objet **discret** est un objet formé d'éléments isolés les uns des autres, par opposition à un objet continu.*

2- Quel est mon projet de recherche ?

Définition

*Un objet **discret** est un objet formé d'éléments isolés les uns des autres, par opposition à un objet continu.*

Exemples :

Les entiers, les graphes, les arbres, les cailloux, les voitures, ...

Contre-exemple

Le temps, l'eau, ...

Pensez à la différence entre "How many" et "How much" !

Questions de recherche

Question traitée dans la prochaine partie

Comment fonctionnent les flexagones, combien de faces différentes peut-on faire ?

But :

Étudier ces objets pour mieux les comprendre

- les compter
- comprendre leurs propriétés
- comprendre comment les engendrer

Applications en vue

Nouveaux designs, robes transformables.

3- Comment passe-t-on d'une question à des découvertes et à des connaissances ?

A vous de répondre : quels outils utilise-t-on ?



Des livres

Un tableau



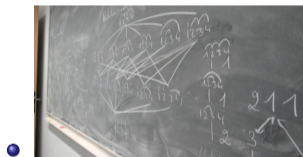
©freepik
Un ordinateur

©freepik
Une calculatrice

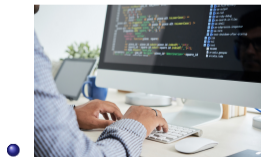
3- Comment passe-t-on d'une question à des découvertes et à des connaissances ?



→ pour faire l'état des lieux de ce que l'on sait



→ pour analyser le problème, réfléchir



→ pour modéliser le problème, l'explorer informatiquement

Vers l'élaboration d'un résultat

Étapes :

- faire l'état des lieux de ce que l'on sait
- analyser et explorer le problème
- formuler une conjecture
- la prouver
- la certifier

Du résultat vers la publication

Après écriture, l'article est soumis à un journal scientifique.

TRANSACTIONS OF THE
AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY
Volume 374, Number 11, November 2021, Pages 8249–8273
<https://doi.org/10.1090/trms/3602>
Article electronically published on August 30, 2021

OPERADS WITH COMPATIBLE CL-SHELLABLE PARTITION POSETS ADMIT A POINCARÉ-BIRKHOFF-WITT BASIS

JOAN BELLIER-MILLÈS, BÉRÉNICE DELCROIX-OGER, AND ERIC HOFFBECK

ABSTRACT. In 2007, Vallette built a bridge across posets and operads by proving that an operad is Koszul if and only if the associated partition posets are Cohen-Macaulay. Both notions of being Koszul and being Cohen-Macaulay admit different refinements: our goal here is to link two of these refinements. We more precisely prove that any (basic-set) operad whose associated posets admit isomorphism-compatible CL-shellings admits a Poincaré-Birkhoff-Witt basis. Furthermore, we give counter-examples to the converse.

CONTENTS

1. Operads and associated constructions
 2. Posets
 3. Main theorem
 4. Study of the converse of the main theorem
- Acknowledgments
References

8251
8254
8261
8268
8272
8272

Du résultat vers la publication

Après écriture, l'article est soumis à un journal scientifique.



Identifiez les supports qui publient des articles scientifiques.

TRANSACTIONS OF THE
AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY
Volume 374, Number 11, November 2021, Pages 8249–8273
<https://doi.org/10.1090/trms/3602>
Article electronically published on August 30, 2021

OPERADS WITH COMPATIBLE CL-SHELLABLE PARTITION POSETS ADMIT A POINCARÉ-BIRKHOFF-WITT BASIS

JOAN BELLIER-MILLÈS, BÉRÉNICE DELCROIX-OGER, AND ERIC HOFFBECK

ABSTRACT. In 2007, Vallette built a bridge across posets and operads by proving that an operad is Koszul if and only if the associated partition posets are Cohen-Macaulay. Both notions of being Koszul and being Cohen-Macaulay admit different refinements: our goal here is to link two of these refinements. We more precisely prove that any (basic-set) operad whose associated posets admit isomorphism-compatible CL-shellings admits a Poincaré-Birkhoff-Witt basis. Furthermore, we give counter-examples to the converse.

CONTENTS

1. Operads and associated constructions
 2. Posets
 3. Main theorem
 4. Study of the converse of the main theorem
- Acknowledgments
References

8251
8254
8261
8268
8272
8272

Du résultat vers la publication

Après écriture, l'article est soumis à un journal scientifique.



Identifiez les supports qui publient des articles scientifiques.

TRANSACTIONS OF THE
AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY
Volume 374, Number 11, November 2021, Pages 8249–8273
<https://doi.org/10.1090/tran/9602>
Article electronically published on August 30, 2021

OPERADS WITH COMPATIBLE CL-SHELLABLE PARTITION POSETS ADMIT A POINCARÉ-BIRKHOFF-WITT BASIS

JOAN BELLIER-MILLÈS, BÉRÉNICE DELCROIX-OGER, AND ERIC HOFFBECK

ABSTRACT. In 2007, Vallette built a bridge across posets and operads by proving that an operad is Koszul if and only if the associated partition posets are Cohen-Macaulay. Both notions of being Koszul and being Cohen-Macaulay admit different refinements: our goal here is to link two of these refinements. We more precisely prove that any (basic-set) operad whose associated posets admit isomorphism-compatible CL-shellings admits a Poincaré-Birkhoff-Witt basis. Furthermore, we give counter-examples to the converse.

CONTENTS

1. Operads and associated constructions
 2. Posets
 3. Main theorem
 4. Study of the converse of the main theorem
- Acknowledgments
References

8251
8254
8261
8268
8272
8273

Des collègues anonymes, appelés *rapporteurs* sont alors chargés de l'évaluer. S'ils le trouvent d'un niveau de preuves suffisant, avec un raisonnement scientifique suffisamment cohérent, l'article sera publié. Les rapporteurs suggèrent aussi régulièrement des améliorations : c'est un processus interactif ! Les connaissances scientifiques se construisent par un processus de validation par les pairs !

Du résultat vers la publication

Après écriture, l'article est soumis à un journal scientifique.

TRANSACTIONS OF THE
AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY
Volume 374, Number 11, November 2021, Pages 8249–8273
<https://doi.org/10.1090/tran/9602>
Article electronically published on August 30, 2021

OPERADS WITH COMPATIBLE CL-SHELLABLE PARTITION
POSETS ADMIT A POINCARÉ-BIRKHOFF-WITT BASIS

JOAN BELLIER-MILLÈS, BÉRÉNICE DELCROIX-OGER, AND ERIC HOFFBECK

ABSTRACT. In 2007, Vallette built a bridge across posets and operads by proving that an operad is Koszul if and only if the associated partition posets are Cohen-Macaulay. Both notions of being Koszul and being Cohen-Macaulay admit different refinements: our goal here is to link two of these refinements. We more precisely prove that any (basic-set) operad whose associated posets admit isomorphism-compatible CL-shellings admits a Poincaré-Birkhoff-Witt basis. Furthermore, we give counter-examples to the converse.

CONTENTS

1. Operads and associated constructions
 2. Posets
 3. Main theorem
 4. Study of the converse of the main theorem
- Acknowledgments
References

8251
8254
8261
8268
8272



Identifiez les supports qui publient des articles scientifiques.

Des collègues anonymes, appelés *rapporteurs* sont alors chargés de l'évaluer. S'ils le trouvent d'un niveau de preuves suffisant, avec un raisonnement scientifique suffisamment cohérent, l'article sera publié. Les rapporteurs suggèrent aussi régulièrement des améliorations : c'est un processus interactif ! Les connaissances scientifiques se construisent par un processus de validation par les pairs !



Combien de temps y a-t-il entre le début d'un projet et sa publication ?

Du résultat vers la publication

Après écriture, l'article est soumis à un journal scientifique.

TRANSACTIONS OF THE
AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY
Volume 374, Number 11, November 2021, Pages 8249–8273
<https://doi.org/10.1090/tran/9602>
Article electronically published on August 30, 2021

OPERADS WITH COMPATIBLE CL-SHELLABLE PARTITION
POSETS ADMIT A POINCARÉ-BIRKHOFF-WITT BASIS

JOAN BELLIER-MILLÈS, BÉRÉNICE DELCROIX-OGER, AND ERIC HOFFBECK

ABSTRACT. In 2007, Vallette built a bridge across posets and operads by proving that an operad is Koszul if and only if the associated partition posets are Cohen-Macaulay. Both notions of being Koszul and being Cohen-Macaulay admit different refinements: our goal here is to link two of these refinements. We more precisely prove that any (basic-set) operad whose associated posets admit isomorphism-compatible CL-shellings admits a Poincaré-Birkhoff-Witt basis. Furthermore, we give counter-examples to the converse.

CONTENTS

1. Operads and associated constructions
 2. Posets
 3. Main theorem
 4. Study of the converse of the main theorem
- Acknowledgments
References

8251
8254
8261
8268
8272



Identifiez les supports qui publient des articles scientifiques.

Des collègues anonymes, appelés *rapporteurs* sont alors chargés de l'évaluer. S'ils le trouvent d'un niveau de preuves suffisant, avec un raisonnement scientifique suffisamment cohérent, l'article sera publié. Les rapporteurs suggèrent aussi régulièrement des améliorations : c'est un processus interactif ! Les connaissances scientifiques se construisent par un processus de validation par les pairs !



Combien de temps y a-t-il entre le début d'un projet et sa publication ?

Du résultat vers la publication

Après écriture, l'article est soumis à un journal scientifique.

TRANSACTIONS OF THE
AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY
Volume 374, Number 11, November 2021, Pages 8249–8273
<https://doi.org/10.1090/trms/3602>
Article electronically published on August 30, 2021

OPERADS WITH COMPATIBLE CL-SHELLABLE PARTITION
POSETS ADMIT A POINCARÉ-BIRKHOFF-WITT BASIS

JOAN BELLIER-MILLÈS, BÉRÉNICE DELCROIX-OGER, AND ERIC HOFFBECK

ABSTRACT. In 2007, Vallette built a bridge across posets and operads by proving that an operad is Koszul if and only if the associated partition posets are Cohen-Macaulay. Both notions of being Koszul and being Cohen-Macaulay admit different refinements: our goal here is to link two of these refinements. We more precisely prove that any (basic-set) operad whose associated posets admit isomorphism-compatible CL-shellings admits a Poincaré-Birkhoff-Witt basis. Furthermore, we give counter-examples to the converse.

CONTENTS

1. Operads and associated constructions
 2. Posets
 3. Main theorem
 4. Study of the converse of the main theorem
- Acknowledgments
References

8251
8254
8261
8268
8272



Identifiez les supports qui publient des articles scientifiques.

Des collègues anonymes, appelés *rapporteurs* sont alors chargés de l'évaluer. S'ils le trouvent d'un niveau de preuves suffisant, avec un raisonnement scientifique suffisamment cohérent, l'article sera publié. Les rapporteurs suggèrent aussi régulièrement des améliorations : c'est un processus interactif ! Les connaissances scientifiques se construisent par un processus de validation par les pairs !

Ici, début en septembre 2017, soumis en nov. 2018, publié en nov. 2021



Combien de temps y a-t-il entre le début d'un projet et sa publication ?

De la publication au consensus scientifique

Est-ce qu'une nouvelle publication scientifique suffit pour qu'une connaissance soit établie ?

De la publication au consensus scientifique

Est-ce qu'une nouvelle publication scientifique suffit pour qu'une connaissance soit établie ?

Réponse

Non ! La recherche prend du temps, la vérification aussi. Il arrive que des erratums soient publiés après publication pour la rectifier, mais tout est **vérifiable** car tout résultat se doit d'être fourni avec sa preuve.

Alerte fake news !

Parfois, un fait scientifique n'est pas admis par la communauté des chercheurs et chercheuses, mais circule comme s'il était vrai. Ce sont les fameuses [fake news](#) ou [infox](#).

Alerte fake news !

Parfois, un fait scientifique n'est pas admis par la communauté des chercheurs et chercheuses, mais circule comme s'il était vrai. Ce sont les fameuses **fake news** ou **infox**.



Avez-vous des idées d'infox sur les mathématiques, l'informatique ou les ordinateurs ?

Alerte fake news !

Parfois, un fait scientifique n'est pas admis par la communauté des chercheurs et chercheuses, mais circule comme s'il était vrai. Ce sont les fameuses **fake news** ou **infox**.



Avez-vous des idées d'infox sur les mathématiques, l'informatique ou les ordinateurs ?

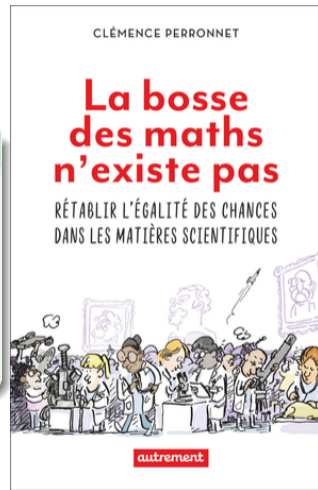
Exemples :

- Il n'y a plus rien à trouver en maths.
- Les ordinateurs ont une volonté propre/réfléchissent et pourront nous remplacer.

Attention, infox !

Exemple :

On naît génie en maths ou nul en maths et on ne peut rien y faire.



Encore plus d'infox

Exemple :

L'informatique a été inventée par des geeks.



Encore plus d'infox

Exemple :

L'informatique a été inventée par des geeks.



- Ada Lovelace (1er programme, 1843)
- Hedy Lamarr (Télécommunications, 1940)
- Grace Hopper (1er compilateur, 1950)
- Katherine Johnson et Margaret Hamilton (1er trajet sur la lune, 1969)



À vos flexagones !