
Curriculum Vitae

Sébastien Fueyo

Page personnelle : <https://sebastienfueyo.wixsite.com/fueyosebastien>

Mail : sebastien.fueyo@gmail.com

24 Juillet 2025

Table des matières

1	Curriculum vitae	2
1.1	État civil	2
1.2	Postes occupés	2
1.3	Études	2
2	Activités d’enseignement	3
3	Activités d’évaluation scientifique	4
4	Activité de recherche	4
4.1	La thèse : Étude de la stabilité d’équations à retards et d’EDP hyperboliques 1-D périodiques linéaires à l’aide de méthodes fréquentielles et de la fonction de transfert harmonique (Stabilité $\mathcal{H}_{\text{op}}^\infty$) [J1, J2, J3, C1, S2]	7
4.2	Premier post-doctorat : Stabilisation d’équations retardées scalaires [J9, C4]	10
4.3	Second post-doctorat : Commandabilité d’équations retardées et/ou EDP hyperboliques 1-D à l’aide de méthodes algébriques et de la fonction de transfert [J4, J5, J8]	11
4.4	Post-doctorat 3 : Système passif bien posé avec contrainte sur la variable d’état avec application aux équations de Maxwell [J6, J10, J11, C2, S1]	13
4.5	Post-doctorat 4 : Commandabilité de grands réseaux issus de modèles de trafic routier avec une méthode de continuation [J3, C3, S3]	14
4.6	Bibliographie	15
5	Publications et prépublications	16
5.1	Prépublications	16
5.2	Articles parus ou acceptés dans des revues avec comité de lecture	17
5.3	Publications dans des actes de congrès avec comité de lecture	18
5.4	Thèse	19
6	Exposés de séminaires et autres exposés	19
7	Recommandations	20

1 Curriculum vitae

1.1 État civil

Nom : FUEYO

Prénom : Sébastien

Adresse personnelle : 7 rue Charles Chabert, les jardins du parc,
appartement 501A, 26200, Montélimar

Téléphone mobile : 06 32 84 02 49

Courriel : sebastien.fueyo@gmail.com

Né le 26 février 1990 à Toulon

Nationalité française

[Site web personnel](#)

1.2 Postes occupés

- **Septembre 2024 -** : Post-doctorant CNRS (GIPSA-lab).
Encadrant : Carlos Canudas-de-Wit.
Thématique : Analyse de la méthode de continuation appliquée à la commande de grands réseaux issus du trafic routier.
- **Octobre 2022 - Janvier 2024** : Post-doctorant Tel-Aviv University (Israël).
Encadrant : George Weiss.
Thématique : Caractère bien posé de systèmes entrée-sortie dont la variable d'état est contrainte dans un convexe fermé.
- **Mai 2021 - Septembre 2022** : Post-doctorant Université Paris-Saclay et INRIA (LJLL).
Encadrants : Yacine Chitour et Mario Sigalotti.
Thématique : Commandabilité de systèmes à retards et d'EDP hyperboliques 1-D *via* des méthodes algébriques (identités de Bézout) et des fonctions de transfert.
- **Janvier 2021 - Mai 2021** : Post-doctorant CentraleSupélec.
Encadrant : Islam Boussaada.
Thématique : Stabilisation d'équations retardées avec des gains bornés.
- **2016 - 2020** : Doctorant contractuel INRIA (2016-2019, Sophia-Antipolis), puis Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche (mi-temps, 2019-2020, Université Côte d'Azur)
Encadrant : Laurent Baratchart et Jean-Baptiste Pomet.
Thématique : Stabilité d'amplificateurs haute fréquence à l'aide de la fonction de transfert harmonique.

1.3 Études

- **2016 - 2020** : Thèse en mathématiques appliquées, (INRIA Sophia-Antipolis).

- Titre : «Systèmes à retard et EDP hyperboliques 1-D instationnaires, fonctions de transfert harmoniques et circuits électriques non-linéaires».
- Encadrant : Laurent Baratchart (INRIA) et Jean-Baptiste Pomet (INRIA).
- Soutenance : le 30 octobre 2020 à Sophia Antipolis (INRIA) devant le jury composé de :

Yacine Chitour	Université Paris-Saclay	Rapporteur
Jonathan R. Partington	University of Leeds	Rapporteur
Birgit Jacob	Bergische Universität Wuppertal	Examineur
Hoài-Minh Nguyễn	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne	Examineur
Almudena Suárez	Universidad de Cantabria	Examineur
Marius Tucsnak	Université de Bordeaux	Président
Adam Cooman	Ampleon	Invité

- **2015 - 2016** : Master 2 MDFI (Mathématiques discrètes et fondement de l'informatique) (Aix-Marseille-Université, Marseille), mention bien (classement : 2ième).
- **2014 - 2015** : Master 2 EDP et calcul scientifique, spécialité Ingénierie Mathématique et Modélisation (Aix-Marseille-Université, Marseille), mention bien (classement : 2ième).
- **2012 - 2014** : Préparation à l'agrégation de mathématiques : M2 validé en 2013, spécialité Enseignement et Formation en Mathématiques (Aix-Marseille-Université, Marseille), admission au concours 2014 (rang 149-ième).

2 Activités d'enseignement

1. **2024–2025** — IUT1 Grenoble, Département Génie Électrique et Informatique Industrielle

Cours : Outils Mathématiques et Logiciels (OML)

- 14 heures de travaux pratiques (TP) réalisés avec le logiciel **Scilab**, centrés sur les **transformées en Z**.

2. **2019–2020** — Demi-ATER, Université Côte d'Azur

Volume total : **96 heures équivalent TD**

- **48h de TP** avec **Scilab**, sur la « résolution numérique de systèmes d'équations » — interventions auprès de deux groupes : L2 Économie et L2 Mathématiques.
- **38h de TD** pour le cours « Méthodes mathématiques – approche continue », destinés à des étudiants de Licence 1 (physique, biologie, informatique).
- **10h de TD** intitulés « Maths enjeux », consacrés à des révisions du cours « Méthodes mathématiques – approche continue » pour un groupe de Licence 1.

3 Activités d'évaluation scientifique

- Agence Nationale de la Recherche (ANR)
- IEEE Conference on Decision and Control (CDC)
- American Control Conference (ACC)
- European Control Conference (ECC)
- Mathematical Control and Related Fields (MCRF)
- Journal of Optimization Theory and Applications (JOTA)
- Systems and Control Letters (S&CL)
- European Journal of Control (Eur. J. Control)
- IEEE Transactions on Control of Network Systems (TCNS)
- Asian Journal of Control (Asian J. Control)
- International Journal of Control (TCON)
- Journal of Mathematical Analysis and Applications (JMAA)
- Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo, Series 2

4 Activité de recherche

Dans un premier temps, je vais présenter succinctement le cheminement qui a été le mien lors de mes travaux de recherche, avant de fournir par la suite une description plus détaillée et mathématique.

Mots clés : automatique, trafic routier, methode de continuation, stabilité $\mathcal{H}_{\text{op}}^{\infty}$, commandabilité, stabilisation, systèmes entrée-sortie, fonction de transfert, fonction de transfert harmonique, équations aux dérivées partielles hyperboliques unidimensionnelles, systèmes à retards, identité de Bézout, théorèmes de couronne.

Mon parcours de recherche s'articule autour de trois axes majeurs développés lors de ma thèse et de mes post-doctorats, avec pour fil conducteur l'application des **méthodes fréquentielles (transformée de Laplace)** et l'étude des **systèmes entrée-sortie (fonction de transfert)**. Ces outils sont utilisés pour **analyser la stabilité, la commandabilité et la stabilisation des systèmes à retards ainsi que des équations aux dérivées partielles hyperboliques unidimensionnelles (1-D)**.

Mon premier thème de recherche est l'étude de la stabilité de **systèmes linéaire périodiques** en combinant l'**analyse harmonique (séries de Fourier)** et l'utilisation de la **transformée de Laplace**. En particulier, les critères de stabilité se retrouvent exprimés à l'aide de l'étude d'une fonction holomorphe presque-périodique à valeur Hilbertienne,

appelée **fonction de transfert harmonique**, c'est-à-dire que nous obtenons des critères de **stabilité** $\mathcal{H}_{\text{op}}^\infty$, un espace de Hardy à valeur opérateur.

Le second thème que je considère est l'investigation de la **commandabilité de systèmes linéaires à temps invariant** à l'aide de **fonctions de transfert et de méthodes algébriques**, *i.e.*, l'utilisation d'algèbres de convolution sur des distributions ou des mesures (typiquement des sommes finies de Dirac). La commandabilité se réduit dans ce cadre à la résolution d'**identités de Bézout**. De façon équivalente, pour obtenir des **critères fréquentiels de commandabilité de type Hautus**, il faut résoudre des **problèmes de type couronne** à l'aide de l'utilisation de la transformée de Laplace.

Enfin mon troisième thème de recherche porte sur la conception de **lois de commande pour le trafic routier automatisé**, en particulier sur **des routes circulaires**. Je développe une approche liant les **modèles microscopiques d'ordre 2** (décrivant chaque véhicule) à des **modèles macroscopiques de type EDP**, via une **méthode de continuation**. Cette approche permet de dériver rigoureusement les dynamiques collectives, de concevoir des **commandes macroscopiques stabilisantes**, puis de les traduire en **lois locales implémentables pour véhicules autonomes**, selon différents **scénarios de communication**.

Pour une visualisation graphique de mes travaux de recherche, voir Figure 1 et Figure 2 ci-dessous. Je liste maintenant chronologiquement, géographiquement et collaborativement, les travaux que j'ai entrepris ainsi que les publications rattachées à ces derniers.

1. D'octobre 2016 à octobre 2020, j'ai effectué ma thèse dans les équipes FACTAS et McTAO (Inria Sophia Antipolis) sous la direction de Laurent Baratchart et de Jean-Baptiste Pomet. J'ai également collaboré avec Gilles Lebeau lors de son année de délégation à l'INRIA pendant cette période. Mon travail de thèse avait pour point de départ la **justification mathématiques des méthodes harmoniques** utilisées dans les livres d'ingénierie électronique dans le cadre des amplificateurs haute fréquence, voir le livre [11]. Ma thèse aborde d'un point de vue automatique la **stabilité d'équations à retards et/ou d'équations aux dérivées partielles (EDP) hyperboliques linéaires et périodiques**. Elle a donné lieu aux papiers de journaux [J1, J2, J3], au papier de conférence [C1] et à la prépublication [S2].
2. De janvier 2021 à avril 2021, lors d'un post-doctorat à CentraleSupélec au L2S, j'ai étudié la stabilisation des systèmes retardés scalaires avec Islam Boussaada, Yacine Chitour, Guilherme Mazanti et Silviu-Iulian Niculescu. En particulier, nous donnons **une stratégie de commande en ajoutant des retards dans le système en vue d'améliorer la stabilité en cas de gains bornés**. Les contributions de ce travail peuvent se trouver dans les références [J9] et [C4].
3. De mai 2021 à septembre 2022, lors d'un postdoctorat à l'université de Paris-Saclay puis à l'INRIA Paris (au laboratoire LJLL), j'ai étudié avec Yacine Chitour, Guilherme Mazanti et Mario Sigalotti, la **commandabilité des systèmes retardés et de certaines EDP hyperboliques 1-D à l'aide de fonctions de transfert et de méthodes algébriques**. Les contributions sont des bornes sur le temps minimal de commandabilité et des critères fréquentiels de commandabilité de type Hautus, cf les papiers [J4, J5, J8].

4. De novembre 2022 à janvier 2024, j’ai été en post-doctorat à l’université de Tel Aviv sous la supervision de George Weiss. Mon travail consistait à étudier le **caractère bien posé de systèmes différentiels passifs et abstraits ayant des trajectoires contraintes dans un ensemble convexe avec une application aux équations de Maxwell**. Les contributions de ce travail peuvent se trouver dans le papier de conférence [C2] et la publication [J6].

En parallèle, j’ai continué à étudier la **commandabilité des équations retardés pour systèmes plus généraux**, cf les publications [J10, J11]. J’ai aussi également étudié la **robustesse** de la propriété de commandabilité des systèmes retardés suivant leur dépendance en les retards [S1].

5. Depuis Septembre 2024, je suis post-doctorant au GIPSA-lab sous la direction de Carlos Canudas-de-Wit. Je travaille sur la **commandabilité des réseaux à grande échelle, avec une application aux modèles dérivés du trafic routier**, voir le papier de journal [J7], ainsi que le papier de conférence [C3] et le preprint [S3].

Je développe dans les sections suivantes de façon plus précise mes thèmes de recherche sus-mentionnés.

4.1 La thèse : Étude de la stabilité d’équations à retards et d’EDP hyperboliques 1-D périodiques linéaires à l’aide de méthodes fréquentielles et de la fonction de transfert harmonique (Stabilité $\mathcal{H}_{\text{op}}^\infty$) [J1, J2, J3, C1, S2]

Dans cette section, je développerais le contexte et les problématiques de ma thèse, ainsi que les résultats obtenus.

Contexte de la thèse : Fonctions de transfert harmonique et stabilité d’amplificateurs haute fréquence

Les amplificateurs hyperfréquences sont des composants essentiels des appareils de télécommunications modernes, qu’il s’agisse de relais de téléphones portables ou d’équipements de multiplexage de satellites. Leur prototypage est coûteux et prend du temps, de ce fait la conception assistée par ordinateur (CAO) est devenu omniprésente dans le domaine. Un outil de CAO raisonnable devrait prédire la réponse fréquentielle d’un amplificateur théorique et évaluer sa stabilité, ce qui est une caractéristique cruciale. Pourtant, même si les outils de CAO de pointe peuvent fournir des estimations fiables des réponses fréquentielles d’un système, ils peuvent ne pas parvenir à fournir une évaluation fiable de sa stabilité. Notez que, étant donné que les simulations précises dans le domaine temporel sont numériquement hors de portée pour les circuits complexes, les réponses sont obtenues *via* des calculs dans le domaine fréquentiel (« harmonic balance »). La stabilité ne peut donc pas être déduite directement des données fréquentielles. Le but de ma thèse est de discuter d’une approche mathématiquement fondée pour évaluer la stabilité à partir de simulations dans le domaine fréquentiel, évaluation en vogue avec les idées heuristiques que nous trouvons dans le livre [11].

Les amplificateurs contiennent des composants linéaires passifs, ainsi que non linéaires actifs, qui peuvent tous être décrits par un nombre fini de variables d'état. Ils contiennent aussi des lignes de transmission, généralement modélisées par des **équations aux dérivées partielles (EDP) unidimensionnel (1-D) hyperboliques** comme les **équations du télégraphe** sans perte qui rendent l'espace d'état de dimension infinie (voir par exemple le livre [11]) :

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial x} V(x, t) &= -L \frac{\partial}{\partial t} I(x, t), \\ \frac{\partial}{\partial x} I(x, t) &= -C \frac{\partial}{\partial t} V(x, t). \end{cases}$$

En utilisant une forme intégrée des équations du télégraphe, à l'aide de la **méthode des caractéristiques**, on obtient un modèle composé d'**équations aux différences retardées et d'équations différentielles**. Dans la suite de ce paragraphe, nous ne parlerons plus que des résultats obtenus sur les systèmes à retards tout en gardant à l'esprit qu'ils s'appliquent aussi aux EDP hyperboliques.

Considérant une trajectoire périodique qui s'établit dans l'amplificateur à cause d'un signal périodique forçant, **la thèse vise à caractériser la stabilité locale d'une telle trajectoire périodique**. En utilisant une approximation de premier ordre, cela se réduit à étudier la stabilité exponentielle du système linéaire périodique temporel obtenu par linéarisation autour de la solution périodique. Nous obtenons alors un réseau d'équations aux différences retardées dont les conditions aux limites sont couplés par des équations différentielles de la forme

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = A_1(t)x(t) + \sum_{k=0}^N B_{1,k}(t)y(t - \tau_k), \\ y(t) = \sum_{k=1}^N B_{2,k}(t)y(t - \tau_k) + A_2(t)x(t). \end{cases} \quad (1)$$

La **stabilité des équations du système (1)** est fortement corrélée avec la **stabilité du système linéaire périodique aux différences retardées** (*via* un argument de perturbation compacte) suivant :

$$y(t) = \sum_{k=1}^N B_{2,k}(t)y(t - \tau_k). \quad (2)$$

Dans le cadre des amplificateurs, le système (2) est appelé le comportement à haute fréquence de l'amplificateur et il est toujours dissipatif, donc stable.

En raison du nombre énorme de composants électroniques, il est connu dans les livres d'ingénierie électronique que la stabilité du système (1) ne peut pas se déterminer directement à partir du système linéarisé avec des méthodes temporelles. Ainsi pour étudier les propriétés de stabilité du système linéarisé précédent, **une analyse fréquentielle est utilisée sur une famille de systèmes entrée-sortie** construite en perturbant le système linéarisé par un petit courant i à un nœud du circuit et en observant la perturbation résultante de tension v

entre deux nœuds. Cette stratégie est modélisée par les équations suivantes

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = A_1(t)x(t) + \sum_{k=0}^N B_{1,k}(t)y(t - \tau_k) + C_1(t)i(t), \\ y(t) = \sum_{k=1}^N B_{2,k}(t)y(t - \tau_k) + A_2(t)x(t) + C_2(t)i(t), \\ v(t) = \sum_{k=1}^N B_{3,k}(t)y(t - \tau_k) + A_3(t)x(t) + C_3(t)i(t). \end{cases} \quad (3)$$

La stabilité du système (3) équivaut à la stabilité du système (1), au moins sous des hypothèses d'observabilité et de commandabilité. La sélection de l'un de ces systèmes d'entrée-sortie, nous conduit donc au concept de **fonction de transfert instantané** (FTI), qui est de la forme $(t, s) \mapsto G(t, s)$ où t est le temps et s une variable complexe (l'entrée $t \mapsto e^{st}$ donne, en supprimant le transitoire, la sortie en régime permanent $t \mapsto G(t, s)e^{st}$). Ce n'est pas la FTI qui peut être simulée numériquement, mais plutôt ses coefficients de Fourier. En notant $G_k(s)$ le k -ième coefficient de Fourier de la fonction $t \mapsto G(t, s)$, nous pouvons définir la **fonction de transfert harmonique** (FTH), qui est la matrice doublement infinie $(G_{k-n}(s + ni\omega_0))_{k,n \in \mathbb{Z}}$ où ω_0 est la fréquence propre du système (2π divisé par la période de la trajectoire). La FTH est commodément considérée comme une fonction analytique à valeur opérateur, avec pour valeur les opérateurs continus de $l^2(\mathbb{Z})$ dans $l^2(\mathbb{Z})$. La FTH appliquée en $s \in \mathbb{C}$ envoie le vecteur doublement infini $\hat{I}(s + ni\omega_0)$, $n \in \mathbb{Z}$, où $\hat{I}$ est la transformée de Laplace de l'entrée i , au vecteur infini $\hat{V}(s + ni\omega_0)$, $n \in \mathbb{Z}$, où $\hat{V}$ est la transformée de Laplace de la sortie v du Système (3). La fonction de transfert harmonique est, dans le cadre périodique, la généralisation de la fonction de transfert classique pour les systèmes linéaire à temps-invariant.

Cependant, le paradigme des ingénieurs électronique manque d'un **fondement rigoureux**. En effet, la définition de la fonction de transfert harmonique, son existence et le lien avec la stabilité des équations à retards ou d'EDP hyperboliques est souvent traité de façon tangente. Ma thèse a apporté ce fondement rigoureux pour l'étude de la stabilité de systèmes linéaires périodiques à l'aide de la fonction de transfert harmonique. Je liste dans la sous-section suivante les contributions qui ont été les miennes.

Les résultats

1. Dans l'article [J1], mes co-auteurs et moi-même avons donné des **conditions nécessaire de stabilité exponentielle pour des réseaux d'équations du télégraphe à temps variant**, non-nécessairement périodiques. Ce travail repose en partie sur l'interprétation du système d'équations aux dérivées partielles comme un système à retards et la construction d'une **fonction de Lyapunov**.
2. La publication [J2] donne une **condition nécessaire et suffisante pour la stabilité exponentielle des systèmes périodiques aux différences retardées** (2) exprimée à l'aide de la fonction de transfert harmonique. C'est à dire, le système est stable si et seulement si la **fonction de transfert harmonique appartient à l'espace $\mathcal{H}_{\text{op}}^\infty$** , où cet espace de Hardy est compris comme un espace de Hardy de fonctions à valeur opérateur uniformément bornée dans le demi-plan droit. Ce résultat généralise au cas

périodique un résultat à temps invariant dû à Hale [7] dans les années 70. La preuve est technique et utilise fortement les propriétés des **fonctions presque périodiques à valeur Hilbertienne**, la **théorie de la commande** ainsi que la **théorie spectrale**. Une extension de ce travail dans le cadre où les retards sont rationnellement indépendants peut être trouvé dans le papier de conférence [C1] et les résultats précédents sont appliqués aux EDP hyperboliques 1-D.

3. La publication [J3] donne une formule de **représentation intégrale** pour les systèmes linéaires non autonomes d'équations aux différences retardées (2). En particulier, le résultat permet de **représenter certains systèmes entrée-sortie**, associés à des équations linéaires périodiques et retardées, comme **une intégrale contre un noyau** ; rendant possible l'utilisation des méthodes fréquentielles. Notre étude utilise la résolution d'**équations de Volterra du second genre**. La formule de représentation permet alors de définir la fonction de transfert harmonique, cf. la publication [J2].
4. Le résultat central de la thèse [PhD1], également développé dans le travail [S2], est le suivant : **Sous des hypothèses de dissipation à haute fréquence qui sont toujours vérifiées pour les amplificateurs, la thèse montre alors que la FTH ne possède éventuellement que des pôles dans un demi-plan droit complexe contenant strictement l'axe imaginaire**. Ces pôles sont en particulier les logarithmes d'une famille finie de nombres complexes, et sous une hypothèse de commandabilité et d'observabilité, la solution périodique est localement stable si et seulement si les coefficients de la FTH n'ont pas de pôles dans le demi-plan droit complexe. Ces résultats sont importants car ils **justifient le fait de chercher des pôles instables via des approximations rationnelles**. Autrement dit, le fait de vérifier si un nombre fini de coefficients de la FTH appartiennent à $\mathcal{H}^\infty$, où $\mathcal{H}^\infty$ est l'espace de Hardy usuel des fonctions holomorphes uniformément bornées dans le demi-plan droit.

4.2 Premier post-doctorat : Stabilisation d'équations retardées scalaires [J9, C4]

Lors de mon premier doctorat, j'ai étudié la stabilisation de systèmes retardés scalaires présentant deux retards, décrits par l'équation suivante

$$y'(t) + a_0 y(t) + a_1 y(t - \tau_1) + a_2 y(t - \tau_2) = u(t), \quad (4)$$

avec un feedback linéaire u retardé en les retards du système τ_1 et τ_2 , c'est-à-dire $u = b_1 y(t - \tau_1) + b_2 y(t - \tau_2)$ où b_1 et b_2 sont les gains du feedback. Les résultats obtenus dans le papier [J9] et le papier de conférence [C4], basés sur l'idée que l'existence d'une racine de multiplicité maximale associée à l'équation caractéristique est dominante, nous permettent de donner une stratégie pour **construire une commande stabilisant le système**. De plus, le papier de journal justifie qu'en cas de gain borné, l'ajout de retards dans un feedback peut améliorer la stabilité du système.

4.3 Second post-doctorat : Commandabilité d'équations retardées et/ou EDP hyperboliques 1-D à l'aide de méthodes algébriques et de la fonction de transfert [J4, J5, J8]

J'aborderais ici, mon second thème majeur de recherche qui est la commandabilité d'équations retardées et d'EDP hyperboliques.

Contexte et problématique

Ma thèse comportait des **questions de commandabilité** sous-jacente que je n'avais pas traité. L'une des conditions suffisantes pour garantir que le système entrée-sortie (3) conserve les propriétés de stabilité du système (1) est la commandabilité (et l'observabilité) de ce même système. Par commandabilité, j'entends la possibilité de construire une commande permettant d'atteindre tout état d'espace final du système voulu et ce à partir de n'importe quel état initial. De plus la commandabilité est un problème que l'on rencontre également dans les systèmes modélisant des réseaux de distribution d'eau [6] ou bien des réseaux de transport d'informations [1]. Les problèmes classiques de commandabilité consistent à donner des critères permettant la commandabilité dans différents espaces fonctionnels (à cause de la dimension infinie), de donner des bornes sur le temps minimal de commandabilité, *i.e.*, le plus petit temps pour lequel on arrive à atteindre la cible voulue.

Pour fixer les idées, écrivons les deux problèmes de commande que nous considérons dans cette section :

$$y(t) = \sum_{k=1}^N B_{2,k} y(t - \tau_k) + Bu(t) \quad (5)$$

et

$\partial_t R(t, x) + \Lambda(x) \partial_x R(t, x) + D(x) R(t, x) = 0, t > 0, x \in (0, 1),$
 $\begin{pmatrix} R^+(t, 0) \\ R^-(t, 1) \end{pmatrix} = M \begin{pmatrix} R^+(t, 1) \\ R^-(t, 0) \end{pmatrix} + Bu(t), t \geq 0,$ avec $\Lambda(x), D(x)$ deux matrices diagonales. Il est à noter que la méthode des caractéristiques permet de retranscrire le problème de commande sur les EDP hyperboliques (6) en un système de commande pour les équations aux différences retardées (5).

Je me suis aperçu que la **commandabilité des systèmes aux différences retardées (5) était mal connue** ; l'unique résultat dans la littérature étant pour deux retards en dimension deux dans l'article de Chitour et al [4]. Cependant, leur méthode calculatoire et basée sur des inégalités d'observabilité (méthode très usitée en commandabilité et observabilité des EDP), n'avait aucune chance de fonctionner pour des dimensions supérieures et/ou avec un nombre plus grand de retards. De l'autre côté, le problème de commandabilité des EDP hyperboliques (6) n'était étudié dans la littérature que pour des cas particulier avec des matrices M et B très spécifique [5]. Que ce soit pour les systèmes retardés (5) ou les systèmes hyperboliques (6), les résultats de commandabilité restaient jusqu'alors parcellaires.

Les résultats

Partant du constat que peu de résultats existaient et que les méthodes proposées dans [4] et [5] ne pouvaient pas s'adapter dans des cas plus généraux, j'ai eu l'idée d'**appliquer** et d'**étendre** la **théorie de la réalisation en dimension infinie de Yutaka Yamamoto**, développée par lui-même entre les années 1978 et 2020, pour obtenir des résultats. Cette théorie permet de traiter la **commandabilité d'un point de vue algébrique**, similaire à l'approche de Kalman [10]. Le système à retards (5) est interprété comme un **système entrée-sortie**, où la commande est l'entrée du système et la sortie est interprétée comme l'état du système retardé, voir Figure 3. **La commandabilité est caractérisée en terme d'identités de**

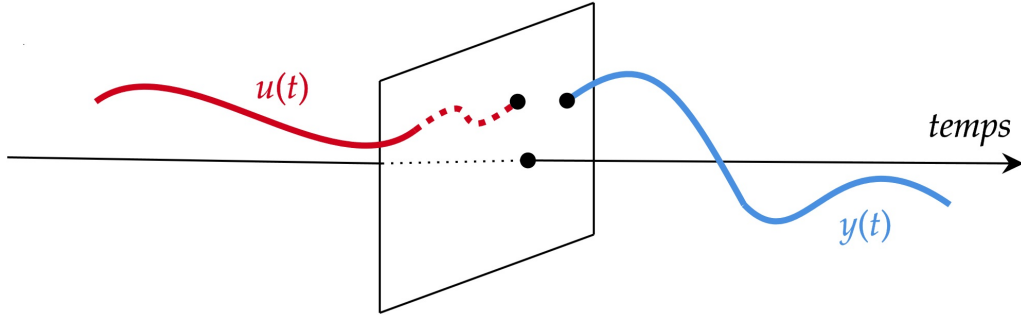


FIGURE 3 : La commande $u(\cdot)$ est appliquée pour les temps négatifs (courbe rouge) et la sortie $y(\cdot)$ du système retardée est regardée pour les temps positifs (courbe bleue).

Bézout sur des algèbres; typiquement l'algèbre des distributions avec support bornée à gauche. Enfin, l'identité de Bézout est résolue, ce qui revient à traiter un **problème de couronne**, et permet d'obtenir les **critères fréquentiels de commandabilité de type Hautus**. Je détaille plus en profondeur dans les points suivants les résultats obtenus en employant cette méthode.

1. La première grande difficulté dans ce travail a été de comprendre le travail et les résultats profonds de Y. Yamamoto, dont je peux citer les papiers [12, 13] représentant la quintessence de son travail. Une fois ce travail accompli, il a fallu appliquer et étendre certaines notions, puis obtenir les résultats de commandabilité suivants pour les systèmes aux différences retardées (5), présentés dans l'article [J5]. Ces résultats se déclinent en trois types :
 - (a) Premièrement, mes co-auteurs et moi-même donnons une **borne supérieure sur le temps minimal de commandabilité** du système qui est égale à la dimension multiplié par le plus grand retard. Ce résultat implique qu'une dimension du système ou un retard plus grand entraînent un temps plus long pour pouvoir commander le système.
 - (b) Deuxièmement, nous donnons des **critères nécessaires et suffisants dans le domaine fréquentiel pour la L^q commandabilité approchée**.

- (c) Troisièmement, nous caractérisons la commandabilité exacte pour les fonctions L^1 en terme d'une **identité de Bézout** sur l'algèbre des mesures de Radon. Ce dernier fait nous permet d'obtenir un **critère nécessaire pour la L^1 commandabilité exacte**.
- 2. Le papier [J5] laissait ouverte la question de donner un critère de commandabilité exacte L^1 , problème qui se ramenait grâce à la caractérisation en identité de Bézout à résoudre un problème de couronne. Ces problèmes sont célèbres depuis la résolution par L. Carleson pour les fonctions holomorphes uniformément bornées dans le disque unité [3]. En revanche, pour le problème de couronne associé à la L^1 commandabilité, la question était ouverte. Yacine Chitour et moi-même nous sommes attaqués au problème de couronne soulevée par la caractérisation en identité de Bézout de la L^1 commandabilité exacte, ce qui a amené au papier [J8]. En particulier, ce résultat permet de donner un critère nécessaire et suffisant pour la commandabilité L^1 des systèmes aux différences retardées (5). Ce travail nécessitait d'investiguer les méthodes usuelles pour résoudre les problèmes de couronne comme les propriétés de l'algèbre de Gelfand et de réussir à les appliquer dans le cadre particulier du problème qui nous intéressait.
- 3. Nous avons spécifié ces résultats dans le cadre d'équations hyperboliques 1-D (6) dans la publication [J4] et appliqué les résultats dans le cas de réseaux d'équations de transport. Ces résultats sont pertinents car ils sont les premiers à donner des **critères de commandabilité approchée et exacte pour ce genre d'équations dans le domaine fréquentiel de type Hautus**. Nous avons en particulier raffiné la borne supérieure sur le temps minimal de commandabilité dans ce cadre là, extension non triviale du travail fait dans le papier [J5] pour les systèmes retardés (5).

4.4 Post-doctorat 3 : Système passif bien posé avec contrainte sur la variable d'état avec application aux équations de Maxwell [J6, J10, J11, C2, S1]

Dans cette section, je détaille la recherche à laquelle j'ai été introduite par George Weiss à l'université de Tel Aviv durant mon troisième post-doctorat. Au jour d'aujourd'hui, cette thématique est mineure dans ma recherche, et le mince lien qui la relie aux deux thématiques décrites précédemment est ma connaissance de la théorie des semigroupes appliquée aux équations retardées et aux systèmes entrée-sortie. Pour rentrer dans les détails de la recherche en elle-même, je me suis intéressé à l'**existence de solutions pour des systèmes entrée-sortie passifs et abstraits dont l'état est contraint dans un ensemble convexe fermé**, voir le papier de conférence [C2] et la publication [J6]. L'intérêt de ce travail est de justifier l'existence de solutions pour des systèmes entrée-sortie modélisés par des équations aux dérivées partielles quand le système a des effets de saturation. Ce genre de phénomène arrive par exemple en physique dans le cadre de l'ingénierie électrique. En particulier, nous avons prouvé le caractère bien posé des **équations de Maxwell** représentant le fonctionnement d'un limiteur de courant de défaut, avec pour domaine un cylindre, où la valeur moyenne du courant ne peut pas dépasser une certaine valeur maximale. D'un point de vu technique,

ce travail utilise la théorie des systèmes dynamiques projetés ainsi que la théorie des opérateurs maximaux monotones introduite par Brezis [2], ainsi que celle des semigroupes, dit de Lax–Phillips [8], pour travailler dans le cadre de la diffusion des ondes.

En parallèle, j’ai continué à étudier la thématique introduite durant mon post-doctorat 3. Spécifiquement, j’ai étudié **la commandabilité des équations retardées pour des systèmes plus généraux**, *i.e.* avec des **retards distribués**, cf les publications [J11, J10]. De plus, la prépublication [S1] étudie la propriété de commandabilité des systèmes aux différences retardées (5) en tenant compte de la structure de rationnel dépendance des retards.

4.5 Post-doctorat 4 : Commandabilité de grands réseaux issus de modèles de trafic routier avec une méthode de continuation [J3, C3, S3]

J’ai commencé depuis septembre 2024 un post-doctorat au GIPSA-lab de Grenoble sous la supervision de **Carlos Canudas-de-Wit**. Mes travaux de recherche récents portent sur le développement de **stratégies de commande pour les systèmes de trafic routier**, en particulier sur des **routes circulaires**. J’ai exploré le lien entre les **dynamiques microscopiques** (modèles de type ODE d’ordre 2 décrivant chaque véhicule) et les **représentations macroscopiques** (modèles de type EDP de transport), dans le but de concevoir des **lois de commande pour véhicules autonomes**. Le principe général de mon travail est résumé dans la Figure 4.

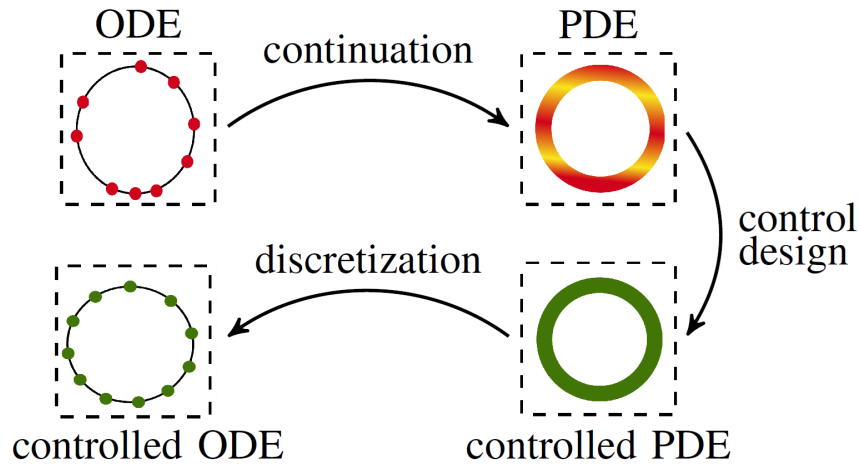


FIGURE 4 : Continuation control paradigm

Dans un premier travail [J7], j’ai étudié la **dérivation rigoureuse de modèles macroscopiques de trafic** à partir de **modèles microscopiques d’ordre 2** sur une route circulaire. En introduisant la **méthode de continuation** développée dans le papier [9], j’ai pu relier les dynamiques individuelles de modèles classiques (ex. **OV-FTL**, **IDM**) à des **équations aux dérivées partielles (EDP)** de transport. Cette approche permet de **capter finement les effets de stabilisation/déstabilisation** liés à la topologie fermée de la

route, tout en fournissant une **structure analytique exploitable pour la commande à grande échelle**.

Dans un second travail [C3], j’ai conçu une **stratégie de commande macroscopique**, traduite ensuite en **lois de commande locales pour véhicules autonomes** via discrétisation. La méthode repose sur le **design d’une commande continue dans le cadre EDP** (utilisant des outils d’analyse sur des domaines périodiques, comme l’**analyse de Fourier**), puis sur sa **rétroprojection vers des lois d’accélération** implémentables à l’échelle des véhicules. Ce cadre permet de générer une **famille de lois de commande inter-véhicules**, chacune adaptée à une **topologie de communication différente** (locale, non locale, globale).

Enfin, dans un troisième travail [S3], j’ai **généralisé cette approche à des profils cibles non stationnaires de densité et de vitesse**. La commande proposée permet de guider le trafic vers des **configurations temporellement et spatialement variables**, bien au-delà de la stabilisation autour d’un équilibre constant. Cette méthode s’adapte à des **structures de communication hétérogènes entre véhicules**, et repose sur une **conception rigoureuse de la commande via la méthode de continuation**, suivie d’une **discrétisation systématique**.

4.6 Bibliographie

- [1] S. Boccaletti, V. Latora, Y. Moreno, M. Chavez, and D.-U. Hwang. Complex networks : Structure and dynamics. *Physics reports*, 424(4-5) :175–308, 2006.
- [2] H. Brezis. *Opérateurs maximaux monotones et semi-groupes de contractions dans les espaces de Hilbert*. Elsevier, 1973.
- [3] L. Carleson. Interpolations by bounded analytic functions and the corona problem. *Annals of Mathematics*, 76 :547–559, 1962.
- [4] Y. Chitour, G. Mazanti, and M. Sigalotti. Approximate and exact controllability of linear difference equations. *J. Éc. polytech. Math.*, 7 :93–142, 2020.
- [5] J.-M. Coron and H.-M. Nguyen. Optimal time for the controllability of linear hyperbolic systems in one-dimensional space. *SIAM Journal on Control and Optimization*, 57(2) :1127–1156, 2019.
- [6] M. Gugat. Contamination source determination in water distribution networks. *SIAM J. Appl. Math.*, 72(6) :1772–1791, 2012.
- [7] J. K. Hale and S. M. Verduyn Lunel. *Introduction to functional-differential equations*, volume 99 of *Applied Mathematical Sciences*. Springer-Verlag, New York, 1993.
- [8] P. D. Lax and R. S. Phillips. Scattering theory. *Bulletin of the American Mathematical Society*, 70(1) :130–142, 1964.
- [9] D. Nikitin, C. Canudas-de Wit, and P. Frasca. A continuation method for large-scale modeling and control : From ODEs to PDE, a round trip. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 67(10) :5118–5133, 2022.

- [10] Y. Rouchaleau, B. F. Wyman, and R. Kalman. Algebraic structure of linear dynamical systems. III. Realization theory over a commutative ring. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 69(11) :3404–3406, 1972.
- [11] A. Suárez. *Analysis and Design of Autonomous Microwave Circuits*. John Wiley & Sons, 2009.
- [12] Y. Yamamoto. Pseudo-rational input/output maps and their realizations : a fractional representation approach to infinite-dimensional systems. *SIAM J. Control Optim.*, 26(6) :1415–1430, 1988.
- [13] Y. Yamamoto. Reachability of a class of infinite-dimensional linear systems : an external approach with applications to general neutral systems. *SIAM J. Control Optim.*, 27(1) :217–234, 1989.

5 Publications et prépublications

Cette section présente un résumé de mes contributions scientifiques, réparties comme suit :

- 3 prépublications ;
- 11 articles parus ou acceptés dans des revues avec comité de lecture ;
- 4 publications dans des actes de congrès avec comité de lecture.

Je détaille plus précisément par la suite les papiers que j’ai écrit. De plus, quand les auteurs sont classés par ordre alphabétique, cela signifie que leur contribution est jugée égale. La liste suivante présente mes publications, classées par ordre chronologique, des plus anciennes aux plus récentes.

- Thèse : [J1, J2, J3], [C1] et [S2].
- Post-doctorat 1 : [J9] et [C4].
- Post-doctorat 2 : [J4, J5, J8].
- Post-doctorat 3 : [J6, J10, J11], [C2] et [S1].
- Post-doctorat 4 : [J7], [C3] et [S3].

5.1 Prépublications

- [S1] **Sébastien Fueyo**. Hale-Silkowski criterion for exact controllability of difference delay systems and 1-D hyperbolic PDEs. Preprint, December 2024. URL : <https://hal.science/hal-04830757/document>.
- [S2] **Sébastien Fueyo**, Laurent Baratchart, and Jean-Baptiste Pomet. Monodromy Structure and Harmonic Transfer Function in Lossless Transmission Line Circuits. working paper or preprint, 2025. URL : <https://hal.science/hal-05042937>.

- [S3] **Sébastien Fueyo** and Carlos Canudas de Wit. Continuum Control Design for Traffic Flow Stabilization on Circular Roads : A Microscopic-Macroscopic Approach $\star$. working paper or preprint, July 2025. URL : <https://hal.science/hal-05180508>.

5.2 Articles parus ou acceptés dans des revues avec comité de lecture

- [J1] Laurent Baratchart, **Sébastien Fueyo**, Gilles Lebeau, and Jean-Baptiste Pomet. Sufficient Stability Conditions for Time-varying Networks of Telegrapher’s Equations or Difference Delay Equations. *SIAM Journal on Mathematical Analysis*, 2021. Q1 in Analysis, applied mathematics and computational mathematics. SRJ 1.994. Impact Factor 1.937. URL : https://hal.inria.fr/hal-02385548v3/file/papier_SIMA_stab_HAL.pdf, doi:10.1137/19M1301795.
- [J2] Laurent Baratchart, **Sébastien Fueyo**, and Jean-Baptiste Pomet. Exponential stability of linear periodic difference-delay equations. *SIAM Journal on Mathematical Analysis*, 57(3) :3110–3145, 2025. Q1 in Analysis, applied mathematics and computational mathematics. SRJ 1.994. Impact Factor 1.937. URL : <https://inria.hal.science/hal-03500720v5/file/papiergeneralisationhale.pdf>.
- [J3] Laurent Baratchart, **Sébastien Fueyo**, and Jean-Baptiste Pomet. Integral representation formula for linear nonautonomous difference-delay equations. *Journal of Integral Equations and Applications*, 36(4) :407 – 418, 2024. Q3 in applied mathematics. SRJ 0.4. Impact Factor 0.974. URL : <https://hal.science/hal-04204500/document>, doi:10.1216/jie.2024.36.407.
- [J4] Yacine Chitour, **Sébastien Fueyo**, Guilherme Mazanti, and Mario Sigalotti. Approximate and exact controllability criteria for linear one-dimensional hyperbolic systems. *Systems Control Letters*, 190 :105834, 2024. Q1 in Control and Systems Engineering. SRJ 1.501. URL : <https://arxiv.org/pdf/2310.04088>, doi:10.1016/j.sysconle.2024.105834.
- [J5] Yacine Chitour, **Sébastien Fueyo**, Guilherme Mazanti, and Mario Sigalotti. Hautus-yamamoto criteria for approximate and exact controllability of linear difference delay equations. *Discrete and Continuous Dynamical Systems*, 43(9) :3306–3337, 2023. Q1 in Analysis, applied mathematics and discrete mathematics and combinatorics. SRJ 1.13. Impact Factor 1.588. URL : <https://hal.science/hal-03827918v2/document>, doi:10.3934/dcds.2023049.
- [J6] Shantanu Singh, **Sébastien Fueyo**, and George Weiss. Projected incrementally scattering passive systems on closed convex sets. *Systems & Control Letters*, 197 :106033, 2025. Q1 in Control and Systems Engineering. SRJ 1.501. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167691125000155>, doi:10.1016/j.sysconle.2025.106033.
- [J7] **Sébastien Fueyo** and Carlos Canudas-de Wit. From microscopic driver models to macroscopic pdes in ring road traffic dynamics. *European Journal of Control*,

page 101364, 2025. Q1 in Control and Systems Engineering. SRJ 0.811. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0947358025001931>, doi: 10.1016/j.ejcon.2025.101364.

- [J8] **Sébastien Fueyo** and Yacine Chitour. A corona theorem for an algebra of Radon measures with an application to exact controllability for linear controlled delayed difference equations. *Comptes Rendus. Mathématique*, 362 :851–861, 2024. Q2 in Mathematics. SRJ 0.66. URL : <https://comptes-rendus.academie-sciences.fr/mathematique/item/10.5802/crmath.604.pdf>, doi:10.5802/crmath.604.
- [J9] **Sébastien Fueyo**, Guilherme Mazanti, Islam Boussaada, Yacine Chitour, and Silviu-Iulian Niculescu. On the pole placement of scalar linear delay systems with two delays. *IMA Journal of Mathematical Control and Information*, 40(1) :81–105, 2023. Q2 in control and systems engineering. SRJ 0.44. Impact Factor 1.54. URL : <https://hal.science/hal-03669644v2/document>, doi:10.1093/imamci/dnad001.
- [J10] **Sébastien Fueyo**. L^q approximate controllability frequency criterion for linear difference delay equations with distributed delays. *Mathematics of Control, Signals, and Systems*, May 2025. Q1 in Applied Mathematics, Control and Optimization, Control and Systems Engineering, and Signal Processing. SRJ 1.246. doi:10.1007/s00498-025-00418-8.
- [J11] **Sébastien Fueyo**. Left-coprimeness condition for the reachability in finite time of pseudo-rational systems of order zero with an application to difference delay systems. *Systems & Control Letters*, 198 :106051, 2025. Q1 in Control and Systems Engineering. SRJ 1.501. URL : <https://arxiv.org/pdf/2409.12767>, doi:10.1016/j.sysconle.2025.106051.

5.3 Publications dans des actes de congrès avec comité de lecture

- [C1] Laurent Baratchart, **Sébastien Fueyo**, and Jean-Baptiste Pomet. Exponential stability of periodic difference delay systems and 1-D hyperbolic PDEs of conservation laws. *TDS 2022 - IFAC 17th Time Delay Systems*, Montreal, Canada, September 2022. URL : <https://hal.science/hal-03792038v1/document>, doi:10.1016/j.ifacol.2022.11.362.
- [C2] Shantanu Singh, **Sébastien Fueyo**, and George Weiss. Incrementally passive infinite dimensional systems with a constrained state variable. *CDC 2023 - 62th IEEE Conference on Decision and Control*, Singapore, Singapore, December 2023. URL : https://www.researchgate.net/publication/376951082_Incrementally_passive_infinite_dimensional_systems_with_a_constrained_state_variable, doi:10.1109/CDC49753.2023.10383643.
- [C3] **Sébastien Fueyo** and Carlos Canudas-de Wit. A Continuation-Based Control Strategy for Stabilizing Second-Order Macroscopic Traffic Flow on Circular Roads. *CDC (Conference on Decision and Control)*, 2025. To appear. URL : <https://hal.science/hal-04984782>.

- [C4] **Sébastien Fueyo**, Guilherme Mazanti, Islam Boussaada, Yacine Chitour, and Silviu-Iulian Niculescu. Insights into the multiplicity-induced-dominancy for scalar delay-differential equations with two delays. *TDS 2021 - 16th IFAC Workshop on Time Delay Systems*, Guangzhou, China, September 2021. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03298715v2/document>, doi:10.1016/j.ifacol.2021.11.124.

5.4 Thèse

- [PhD1] **Sébastien Fueyo**. *Time-varying delay systems and 1-D hyperbolic equations, Harmonic transfer function and nonlinear electric circuits*. Thèse, Université Côte d’Azur, October 2020. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-03105344/document>.

6 Exposés de séminaires et autres exposés

- **ECC 2025**, Thessalonique, Grèce, Présentation du papier de journal [J7] intitulée « From Microscopic Driver Models to Macroscopic PDEs in Ring Road Traffic Dynamics ».
- Mini-cours, **7–11 avril 2025**, **École de printemps d’Aussois**, Aussois, France, intitulé « Algebraic Methods for the Controllability of Some One-Dimensional Hyperbolic PDEs and Delay Systems » (5 heures).
- Exposé, **6 décembre 2024**, **groupe de contrôle du LJLL**, Paris, France, intitulé « Méthodes algébriques pour la contrôlabilité des EDP hyperboliques 1-D et des systèmes à retards ».
- Exposé, **7 novembre 2024**, **équipe Inria Sphinx**, Inria centre à Université de Lorraine, Nancy, France, intitulé « Algebraic methods for the controllability of 1-D hyperbolic PDEs and delay systems ».
- Exposé, **5 novembre 2024**, **LS2N**, Nantes, France, intitulé « Algebraic methods for the controllability of 1-D hyperbolic PDEs and delay systems ».
- **CDC 2023**, Singapour, Singapour, Présentation du papier de conférence [C2] intitulée « Incrementally passive infinite dimensional systems with a constrained state variable ».
- **TDS 2022**, Montréal, Canada, Présentation du papier [C1] intitulée « Exponential stability of periodic difference delay systems and 1-D hyperbolic PDEs of conservation laws ».
- **IX Partial differential equations, optimal design and numerics 2022**, Benasque, Espagne, Présentation intitulée « Hautus-Yamamoto criteria for approximate and exact controllability of difference delay equations ».

- **ICDEA 2022**, Paris, France Présentation intitulée « Hautus–Yamamoto criteria for approximate and exact controllability of difference delay equations ».
- **TDS 2021**, en ligne, Présentation du papier [C4] intitulée « Insights into the Multiplicity-Induced-Dominancy for Scalar Delay-Differential Equations with Two Delays ».
- **IWOTA 2021**, en ligne, Présentation intitulée « Stability of periodic delay systems and harmonic transfer function ».
- **SYSID 2021**, en ligne, Présentation intitulée « Stability of Active Circuits Via Singularities of the Harmonic Transfer Function ».
- **ERNSI workshop 2021**, France, en ligne Présentation intitulée « Stability of high frequency amplifiers via singularities of the Harmonic Transfer Function ».
- **TDS 2019**, Sinaia, Roumanie, Présentation intitulée « On deciding stability of high frequency amplifiers ».
- **ERNSI 2018**, Cambridge, Angleterre, Présentation Poster intitulée « Checking the stability of amplifiers ».
- **ISMB/ECCB 2017**, Prague, Czech Republic, Poster intitulé « Reversed dynamics to uncover basins of attraction of asynchronous logical models », [Lien F1000Posters](#).

7 Recommendations

- **Laurent Baratchart**, directeur de thèse, laurent.baratchart@inria.fr,
- **Yacine Chitour**, encadrant de post-doctorat, yacine.chitour@l2s.centralesupelec.fr,
- **Jean-Baptiste Pomet**, directeur de thèse, jean-baptiste.pomet@inria.fr
- **Mario Sigalotti**, encadrant post-doctorat, mario.sigalotti@inria.fr
- **George Weiss**, encadrant post-doctorat, gweiss@tauex.tau.ac.il
- **Carlos Canudas-de-Wit**, Post-doctoral supervisor, carlos.canudas-de-wit@gipsa-lab.grenoble-inp.fr