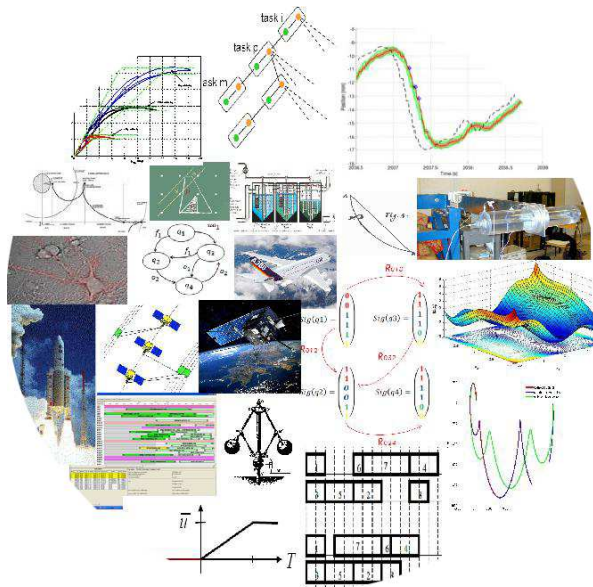


---

Stages M2 2015  
Thème Décision et Optimisation  
LAAS-CNRS



**Equipe de Recherche : DISCO**

**Thèmes :**

INFORMATIQUE CRITIQUE

RESEAUX ET COMMUNICATIONS

ROBOTIQUE

DECISION ET OPTIMISATION

HYPERFREQUENCES ET OPTIQUE DE L'ELECTROMAGNETISME/AUX SYSTEMES

NANOINGENIERIE ET INTEGRATION

MICRONANOBIOTECHNOLOGIES

GESTION DE L'ENERGIE

**Mot(s)-clé(s) :** Apprentissage, Motifs temporels, Diagnostic

**Responsable du sujet :** Euriell Le Corronc, Audine Subias

e-mail

:

elecorro@laas.fr, subias@laas.fr

**Durée du Stage :** 5-6 mois

**Niveau :** DUT

Ingénieur

Master

Nombre d'Elèves : Monôme

Binôme

**Possibilité d'Indemnisation :**

Oui

Non

Obligatoire pour les stages supérieurs à 2 mois

---

**Titre du Stage :** Apprentissage de motifs temporels sur des systèmes complexes : application à des robots mobiles

Nous entendons de plus en plus souvent parler de problématiques liées au traitement des Big Data, ces volumes très importants d'informations provenant de domaines très divers (médical, sociétal, ...) dont celui de la robotique. A partir de ces données, il existe des solutions permettant d'apprendre des modèles de comportement tels que des modèles à événements discrets temporisés. Selon les données à analyser, les modèles appris représentent alors des comportements nominaux ou des situations de défauts. Grâce à ces modèles, il est ensuite possible de réaliser du diagnostic de systèmes complexes.

Dans cette optique, l'équipe DISCO travaille notamment sur l'apprentissage de motifs temporels connus sous le nom de *chroniques* et permettant de représenter le comportement de systèmes dynamiques à un niveau abstrait en terme d'événements. Les événements apparaissant dans ces chroniques sont contraints temporellement les uns par rapport aux autres. Un algorithme d'apprentissage de chroniques a déjà été développée au sein de l'équipe et implémenté en langage Java. Cependant, cette première version ne permet pas de prendre en compte des contraintes appelées *contraintes d'interdiction* qui interdisent l'occurrence d'un événement ou d'une chronique dans le motif recherché.

L'objectif de ce stage sera d'optimiser et de poursuivre le développement de cet algorithme. Une première étape sera de faire un état de l'art sur l'apprentissage de modèles à événements discrets, ce qui permettra de positionner précisément l'algorithme existant et de le confronter aux autres approches. Dans une deuxième étape, il faudra tester et optimiser l'algorithme d'apprentissage à partir des idées tirées de l'état de l'art. Enfin, la prise en compte des contraintes d'interdiction devra être étudiée et intégrée à l'algorithme.

Pour les étapes d'implémentation, la connaissance d'un langage orienté objet est un pré-requis obligatoire, la connaissance du Java en particulier est un plus.

La validation des résultats pourra être réalisée sur des données issues de simulateurs de robots mobiles fournies par l'Institute of Software Technology (TU de Graz, Autriche) avec qui le groupe DISCO a une collaboration.

**Equipe de Recherche : DISCO**

**Thèmes :**

*INFORMATIQUE CRITIQUE*

*RESEAUX ET COMMUNICATIONS*

*ROBOTIQUE*

*DECISION ET OPTIMISATION*

*GESTION DE L'ENERGIE*

*MICRONNABIOTECHNOLOGIES*

*MICRONANOSYSTEMES RF ET OPTIQUES*

*NANOINGENIERIE ET INTEGRATION*

**Mot(s)-clé(s) :** systèmes hybrides, pronostic et diagnostic, systèmes à événements discrets, modèles d'état

**Responsable du sujet :** E. Chanthery, P. Ribot

e-mail

[elodie.chanthery@laas.fr](mailto:elodie.chanthery@laas.fr) ; [pauline.ribot@laas.fr](mailto:pauline.ribot@laas.fr)

**Durée du Stage :** 6 mois

**Niveau :** *Licence*  *Master*  **Nombre d'Elèves :** *Monôme*  *Binôme*

**Possibilité d'Indemnisation :** Oui  Non

Obligatoire pour les stages supérieurs à 2 mois

---

**Titre du Stage :** Surveillance de santé d'un système à base de modèles adaptatifs

Ce stage s'intéresse aux systèmes complexes dans des domaines variés comme l'aéronautique ou le spatial. Ces systèmes subissent des sollicitations importantes au cours de leur existence, et nombre de leurs équipements tombent en panne. Il est donc crucial de développer d'une part des méthodes de diagnostic pour suivre leur état de santé, d'autre part des méthodes de pronostic pour prédire et éviter certaines pannes critiques en anticiper les réparations à venir.

Ces méthodes reposent sur un modèle du système généralement figé lors de la phase de conception. Dans ce stage, on s'intéressera au cas où le modèle initial s'enrichit au cours de la vie du système, par des méthodes d'apprentissage. En ce sens, le modèle utilisé est qualifié d'« adaptatif », c'est-à-dire qu'il est mis à jour en fonction des sollicitations et des observations que l'on fait du système. On pourra ainsi découvrir un comportement non prévu, une dégradation anormale, i.e. plus rapide que prévue, etc.

L'objectif est ici de développer des algorithmes de diagnostic et de pronostic sur des systèmes hybrides qui possèdent à la fois des dynamiques continues et discrètes. Ces algorithmes devront prendre en compte en ligne, et de manière efficace (c'est-à-dire sans reprendre tous les développements à zéro) les divers ajouts, retrait ou modifications dans le modèle de base du système surveillé.

L'équipe DISCO dispose pour l'instant d'un algorithme de diagnostic et de pronostic intégré dans un environnement Matlab appelé HyDiagPro. Il s'agira de faire évoluer cet outil dans ce sens. Le travail se déroulera en 4 parties : (1) Etude des concepts de base (diagnostic, pronostic) ; (2) Prise en main d'HyDiagPro; (3) Développement d'une méthode de pronostic/diagnostic à base de modèles adaptatifs; (4) Test sur un exemple simple de la littérature.

Le stagiaire doit idéalement connaître le logiciel Matlab, les systèmes à événements discrets et les représentations sous forme de modèles d'état. Une connaissance dans le domaine du diagnostic serait un plus.

[1] <https://www.projet-plume.org/relier/hydiag>

**Equipe de Recherche :**

**Thèmes :**

INFORMATIQUE CRITIQUE

RESEAUX ET COMMUNICATIONS

ROBOTIQUE

DECISION ET OPTIMISATION

HYPERFREQUENCES ET OPTIQUE DE L'ELECTROMAGNETISME AUX SYSTEMES

NANOINGENIERIE ET INTEGRATION

MICRONANOBIOTECHNOLOGIES

GESTION DE L'ENERGIE

**Mot(s)-clé(s) :** rendez-vous spatial, théorie du primer vector, approximation minimax

**Responsable du sujet :** Mioara Joldes, Christophe Louembet

e-mail : [joldes@laas.fr](mailto:joldes@laas.fr), [louembet@laas.fr](mailto:louembet@laas.fr)

**Durée du Stage :** 4 - 6 mois

**Niveau :** DUT   Ingénieur  Master

Nombre d'Elèves : Monôme  Binôme

**Possibilité d'Indemnisation :** Oui  Non

Obligatoire pour les stages supérieurs à 2 mois

---

**Titre du Stage :** Preuve de la convergence d'un algorithme de guidage en rendez-vous spatial

Le rendez-vous spatial consiste en la rencontre de deux véhicules spatiaux. Le premier véhicule, appelé cible est inerte tandis que le second est appelé chasseur car il possède la capacité de se propulser. Nous nous intéresserons plus particulièrement à la phase de navigation relative du rendez-vous à savoir lorsque les deux véhicules sont suffisamment proches l'un de l'autre pour que leurs instruments de bord se détectent mutuellement.

Une spécificité du rendez-vous orbital est que le type des contrôles considérés est impulsif; cela se traduit par des sauts de vitesse et des discontinuités dans les trajectoires d'état. Cette hypothèse se justifie par l'utilisation de propulseurs chimiques à temps d'ouverture petit en comparaison aux constantes de temps du mouvement relatif entre les satellites.

Dans ce contexte, le problème de guidage pour le rendez-vous orbital se conforme particulièrement bien au formalisme des problèmes de commande optimale. Les méthodes pour résoudre le problème de commande optimale sont multiples. Parmi celles-ci, on distingue les méthodes, dites directes, basés sur la transformation du problème dynamique en un problème de programmation mathématique [Hull97] et les méthodes indirectes utilisant les conditions d'optimalité offertes par la théorie du Maximum de Pontryagin [Pontryagin62].

Ce stage a pour objet un algorithme constructif basé sur la théorie du Primer Vector [Lawden63]. Cette théorie regroupe les conditions d'optimalité appliquées au contexte particulier des commandes de type impulsif. Ces conditions qui sont transcendantes et non convexes sont les fondements d'un algorithme développé au LAAS-CNRS [Arzelier13] et qui est composé de deux phases. La première phase est une phase d'initialisation qui calcule une manoeuvre en deux impulsions. La seconde consiste en une procédure itérative qui par ajout/déplacement/fusion d'impulsions va chercher à construire une trajectoire du primer vector qui satisfait à toutes les conditions d'optimalité.

Bien que cet algorithme se soit montré efficace dans une grande majorité des cas qui lui ont été proposés, aucune preuve de convergence n'a pu être écrite.

L'objectif de ce stage est de démontrer la convergence systématique de l'algorithme développé au LAAS-CNRS. Une première piste d'étude a été identifiée. En effet, cet algorithme présente des similitudes

L.A.A.S. du C.N.R.S. - 7, Avenue du Colonel Roche –BP 54200 31031 Toulouse Cédex 4 - ☐ 05.61.33.62.00

avec des algorithmes itératifs "échange de points" classiques en théorie de l'approximation minimax, comme par exemple l'algorithme de Remez [Remez34], [Chap. 3, Cheney98].

Ainsi le(la) candidat(e) sera amené(e) à analyser la théorie du premier vecteur afin de comprendre la construction et le fonctionnement de l'algorithme proposé par le LAAS-CNRS. Par la suite, il(elle) devra mettre en exergue les liens entre cet algorithme et celui de Remez pour éventuellement aboutir à la construction d'une preuve de convergence.

#### Références

[Arzelier13] Arzelier, D. and Louembet, C. and Rondepierre, A. and Kara-Zaitri, M., A New Mixed Iterative Algorithm to Solve the Fuel-Optimal Linear Impulsive Rendezvous Problem, *Journal of Optimization Theory and Applications*, 2013, vol. 159, no. 1, pages 210-230.

[Cheney98] Cheney, E.W., *Introduction to approximation theory*, Amer. Mathematical Society, 1998.

[Hull97] Hull, D. G., *Conversion of optimal control problems into parameter optimization problems*, J. Guidance, Control and Dynamics, AIAA, 1997, vol. 20, no. 1.

[Lawden63] Lawden, D.F., *Optimal trajectories for space navigation*, Butterworth, London, England, 1963.

[Pontryagin62] Pontryagin, L.S. and Boltyanskii, V.G. and Gamkrelidze, R.V. and Mishchenko, E.F., *The Mathematical Theory of Optimal Processes*, Interscience, 1962.

[Remez34] E. Remes, *Sur le calcul effectif des polynômes d'approximation de Tchebichef*, *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences*, no. 199, pages 337–340, 1934.

**SUJET DE STAGE 2014 - 2015**

---

**Equipe de Recherche : MAC**

**Thèmes :**

INFORMATIQUE CRITIQUE

RESEAUX ET COMMUNICATIONS

ROBOTIQUE

DECISION ET OPTIMISATION

HYPERFREQUENCES ET OPTIQUE DE L'ELECTROMAGNETISME AUX SYSTEMES

NANOINGENIERIE ET INTEGRATION

MICRONANOBIOTECHNOLOGIES

GESTION DE L'ENERGIE

**Mot(s)-clé(s) :** Rendez-vous spatial, commande prédictive, analyse robuste

**Responsable du sujet :** Louembet Christophe

e-mail:

louembet@laas.fr

**Durée du Stage :** 5-6 mois

**Niveau :** DUT

Ingénieur

Master

Nombre d'Elèves : Monôme

Binôme

**Possibilité d'Indemnisation :**

Oui

Non

Obligatoire pour les stages supérieurs à 2 mois

---

**Titre du Stage :** Analyse robuste d'un algorithme de contrôle impulsionnel pour le rendez-vous orbital

Le rendez-vous spatial consiste en la rencontre de deux véhicules spatiaux. Le premier véhicule, appelé cible est inerte tandis que le second est appelé chasseur car il possède la capacité de se propulser. Nous nous intéresserons plus particulièrement à la phase de navigation relative du rendez-vous à savoir lorsque les deux véhicules sont suffisamment proches l'un de l'autre pour que leurs instruments de bord se détectent mutuellement. Des premiers travaux [Deaconu12b] ont montré qu'il était possible de rejoindre une orbite relative respectant des contraintes de dimension d'une zone de tolérance. La stabilisation de cette orbite a aussi pu être réalisé par la répétition d'une manœuvre en deux impulsions [Deaconu12a]. Plus récemment [Arantes14], un algorithme de faible complexité numérique qui permet rapprocher le véhicule chasseur de l'orbite relative la plus proche en terme de consommation parmi l'ensemble des orbites respectant des contraintes de dimensions plutôt que vers une orbite périodique prédéfinie. Une telle démarche stabilise le satellite chasseur dans la zone de tolérance décrite par les contraintes de dimensions à moindre frais. Pour ce faire, la description mathématique formelle de l'ensemble des orbites relatives respectant des contraintes de dimensions [Deaconu12b] a été exploité ainsi qu'un algorithme de projections alternées de faible complexité numérique.

L'objectif principal du stage proposé est de qualifier formellement la robustesse d'un tel algorithme vis-à-vis des incertitudes liées aux modules de navigation et propulsion mais aussi aux erreurs commis par les calculateurs embarqués.

Le travail du stagiaire consistera en une analyse des travaux déjà réalisés au sein du groupe MAC,

Puis, La loi de commande proposée sera ensuite décrit dans le formalisme de la théorie des systèmes dynamique hybride. L'intérêt de ce formalisme est de permettre l'analyse robuste de loi de commande basé sur des algorithmes itératifs

L.A.A.S. du C.N.R.S. - 7, Avenue du Colonel Roche –BP 54200 31031 Toulouse Cédex 4 - ☐ 05.61.33.62.00

Les candidats devront avoir de bonnes connaissances en Automatique des systèmes linéaires ainsi qu'avec les outils modernes de l'algèbre linéaire et de l'analyse convexe.

Une expérience dans les systèmes spatiaux n'est pas exigée.

[Deaconu2012a] G Deaconu, C. Louembet and A Théron.

"A two-impulse method for stabilizing the spacecraft relative motion with respect to a periodic trajectory "

51st IEEE Conference on Decision and Control, Maui, Hawaii, USA, 2012.

[Deaconu2012b] G Deaconu, C. Louembet and A Théron.

"Constrained periodic spacecraft relative motion using non-negative polynomials "

31st American Control Conference (ACC), Montreal, Quebec, Canada, 2012.

[Arantes14] P Arantes Gilz, and C Louembet

"Predictive control algorithm for spacecraft rendezvous hovering phases"

Available online <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01078506>

, October 2014

**Campagne:** Stage 2015

**Responsable:** P.LOPEZ, C.ARTIGUES, S.NGUEVEU

**Email:** artigues@laas.fr, lopez@laas.fr, ngueveu@laas.fr

**Equipe(s):** ROC,

**Thème(s):** DO,

**Titre:** Ordonnancement avec sources d'énergie multiples

**Sujet:**

L'intégration de la problématique de sélection de sources d'énergie dans des problèmes combinatoires d'ordonnancement a peu été étudiée en raison de la complexité de traitement des contraintes liées au rendement des dispositifs technologiques et à la dynamique de l'action. On considère le problème RCPSP (pour lequel des tâches liées par des contraintes de précédence et de ressources doivent être ordonnancées à durée minimale) auquel on ajoute un niveau de décision supplémentaire concernant le choix de la source d'énergie utilisée pour chaque activité et à chaque instant. Différentes sources d'énergie sont disponibles, chacune ayant des caractéristiques spécifiques (courbes de rendement, puissances maximales, dynamique, ...). L'objectif est d'identifier la combinaison ordonnancement et répartition de puissance qui minimise le makespan et le coût total. Les applications de ce problème concernent la planification de tâches de domotique pour les bâtiments intelligents, ou la gestion de réseaux électriques domestiques capable d'être alimentés par des sources d'énergie autre que le réseau EDF classique (panneaux solaires, puits canadiens, ...). D'un point de vue théorique, lorsque l'ordonnancement est fixé, le problème se réduit à un problème de sélection de sources d'énergie. Ce stage s'intéresse au cas où deux sources d'énergie sont disponibles. Il comprendra une recherche bibliographique des travaux récents sur le sujet ou des sujets voisins, la classification et l'identification des propriétés spécifiques des différentes variantes du problème et enfin le développement d'un ou plusieurs algorithmes de résolution dont l'efficacité sera évaluée sur les jeux de données adaptés. Ce stage se fait dans le cadre du projet OREM financé par le Programme Gaspard Monge (PGMO).

**Diplôme:** Master

**Indemnisation:** Possibilité d'indemnisation

**Nombre de postes à pourvoir:** 1

**Durée:** 4 à 6 mois



**Campagne:** Stage 2015

**Responsable** E.HEBRARD, M.HUGUET

**Email:** hebrard@laas.fr, huguet@laas.fr

**Equipe(s):** ROC,

**Thème(s):** DO,

**Titre:** Conception et Développement d'un modèle par contraintes pour l'optimisation de plan de tests

**Mots-Clés :** optimisation combinatoire, planification de tests, programmation par contraintes

**Sujet:**

Le problème considéré dans ce stage est celui de la réalisation d'un plan de tests pour un système embarqué. Les tests nécessitent différents équipements pour leur réalisation :

- des routeurs devant être dans une position donnée
- des équipements devant être allumés (appelés équipements ON/OFF)

Avant de lancer la réalisation effective des tests, les équipements sont positionnés ou allumés il est nécessaire de vérifier l'état du système. Le nombre d'équipement allumés simultanément est par ailleurs limité.

L'objectif est d'établir un plan de tests avec comme objectif de minimiser sa durée totale de réalisation ainsi que le nombre total de changements sur les équipements ON/OFF.

Pour cela, on s'intéressera à développer une modélisation par contraintes tirant profit de contraintes globales récentes : *AtmostNValue* et *Switch* pour lesquelles des algorithmes de propagation efficaces ont été proposés dans la littérature. Le modèle proposé sera implémenté dans un solveur de programmation par contraintes (*Choco*) et des tests expérimentaux seront menés pour valider le modèle proposé.

Ce problème présente de plus de nombreuses solutions symétriques, des stratégies permettant de les éliminer seront également étudiées lors de ce stage.

**Diplôme:** Master

**Indemnisation:** Possibilité d'indemnisation

**Nombre de postes à pourvoir:** 1

**Durée:** 4 à 6 mois

**Campagne:** Stage 2015

**Responsable** C.ARTIGUES, L. BERGHMAN, C.BRIAND, P.LOPEZ

**Email:** {artigues,briand,lopez}@laas.fr, l.berghman@tbs-education.fr

**Equipe(s):** ROC en collaboration avec Toulouse Business School

**Thème(s):** DO,

**Titre:** Résolution d'un problème de transbordement robuste

**Mots-Clés :** optimisation combinatoire, crossdocking, relaxation lagrangienne, flots, robustesse

**Sujet:**

Le stage s'intéresse à un problème de transbordement ("crossdocking"). Des camions provenant d'usines de fabrication arrivent sur une plateforme où ils doivent être déchargés. Les biens doivent alors être chargés sur d'autres camions pour être transportés vers des clients. Les opérations de déchargement/chargement se font sans interruption. On sait a priori quels biens doivent être chargés sur quels camions, ce qui induit des contraintes de précedence entre camions. On dispose d'un nombre limité de quais identiques.

L'objectif est de minimiser le temps entre le déchargement d'un bien et son chargement, ce qui correspond à la minimisation du temps de séjour dans l'entrepôt.

On cherche à résoudre le problème par programmation mathématique. Il s'agit d'utiliser une relaxation lagrangienne. En effet, en relâchant les contraintes de capacité, on obtient un problème de coupe minimale qui est facile à résoudre.

Le but du stage est d'étudier les propriétés du problème relâché, d'implémenter un algorithme de flot pour le résoudre et de paramétrer le sous-problème de relaxation lagrangienne pour obtenir des bonnes bornes. Dans un deuxième temps, le stagiaire implémentera aussi une heuristique lagrangienne pour déterminer une solution réalisable de bonne qualité. Dans un troisième temps, des incertitudes sur les dates d'arrivée des camions sur la plateforme pourront être prises en compte au moyen d'approches d'optimisation robuste.

**Diplôme:** Master

**Indemnisation:** Possibilité d'indemnisation

**Nombre de postes à pourvoir:** 1

**Durée:** 4 à 6 mois

**Campagne:** Stage 2015

**Responsable:** C.ARTIGUES, P.LOPEZ

**Email:** artigues@laas.fr, lopez@laas.fr

**Equipe(s):** ROC,

**Thème(s):** DO,

**Titre:** Ordonnancement de chaîne d'assemblage aéronautique

**Mots-Clés :** optimisation combinatoire, ordonnancement, aéronautique, assemblage, programmation linéaire en nombres entiers

**Sujet:**

Les problèmes d'ordonnancement sont de plus en plus importants dans le contexte industriel. L'objectif de ce travail consiste à améliorer une formulation basée sur la Programmation Linéaire en Nombres Entiers du problème d'ordonnancement d'une plateforme appartenant à une chaîne d'assemblage aéronautique. Le travail sera basé sur un problème réel, donné par un des plus importants fabricants aéronautiques. Dans ces chaînes d'assemblage, les activités sont divisées en plateformes. Dans chaque plateforme, il y a un nombre d'activités à réaliser. Les activités utilisent différentes ressources à capacité limitée et ont des relations de précédences entre elles. L'ensemble des activités doit être terminé dans une durée fixée. Ce problème correspond à un « Resource Leveling Multimode Resource-Constraint Problem » avec des contraintes spécifiques additionnelles: contraintes disjonctives (de non parallélisme), délais minimaux/maximaux d'exécution entre activités.

En partant d'une formulation de programmation linéaire en nombres entiers basée sur les événements, l'objectif est d'utiliser différentes techniques pour améliorer la performance du modèle. Des expérimentations seront effectuées sur des instances de la littérature mais aussi sur des instances réelles de l'industrie aéronautique. Ces expérimentations constitueront une des principales contributions du travail.

Ce stage sera coencadré par Tamara Borreguero (AIRBUS & ESTII UPM Madrid) [Tamara.Borreguero@military.airbus.com](mailto:Tamara.Borreguero@military.airbus.com).

**Diplôme:** Master

**Indemnisation:** Possibilité d'indemnisation

**Nombre de postes à pourvoir:** 1

**Durée:** 4 à 6 mois

**Campagne:** Stage 2015

**Responsable** M.HUGUET, S. U. NGUEVEU

**Email:** huguet@laas.fr, ngueveu@laas.fr

**Equipe(s):** ROC

**Thème(s):** DO,

**Titre:** Algorithmes de calcul d'itinéraires alternatifs dans des graphes multimodaux

**Mots-Clés :** calcul d'itinéraires, plus courts chemins multimodaux, automates,

**Sujet:**

Ce stage vise à développer une approche permettant de proposer plusieurs itinéraires à un utilisateur dans le contexte des réseaux de transport multimodaux. Ces différents itinéraires, appelés alternatives, doivent permettre de réaliser le même trajet mais ont des caractéristiques différentes. Dans la littérature, différentes approches existent permettant d'obtenir plusieurs solutions pour un même trajet :

- Méthodes basées sur une approche multi-objectif. La notion d'itinéraires différents est alors exprimée via différents objectifs tels que le temps de trajet, le nombre de changement de modes, le coût, etc.
- Méthodes basées sur plusieurs calculs de plus courts chemins (k-plus courts-chemins, plateau, pénalités, ...). Ces méthodes exploitent (de manière intégrée ou non) une notion de distance entre itinéraires (nombre d'arcs/sommets en commun, distance de Levenshtein, ...).

Le travail à réaliser lors de ce stage consiste dans un premier temps à affiner la définition d'itinéraires alternatifs du point de vue de l'utilisateur dans un contexte multimodal. Dans un second temps, nous nous intéresserons à l'utilisation d'automates permettant d'exprimer des préférences utilisateurs en termes de séquences de modes de transport.

L'objectif est de proposer une nouvelle méthode, basée sur ces automates, pour déterminer des trajets alternatifs. Des expérimentations seront ensuite menées sur les jeux de données issus des réseaux de transport urbains (Toulouse, Paris, New York, ...) pour évaluer la méthode proposée et réaliser des études comparatives par rapport aux méthodes existantes.

**Diplôme:** Master

**Indemnisation:** Possibilité d'indemnisation

**Nombre de postes à pourvoir:** 1

**Durée:** 4 à 6 mois

**Campagne:** Stage 2015

**Responsable** J. Moncel

**Email:** moncel@laas.fr

**Equipe(s):** ROC

**Thème(s):** DO,

**Titre:** S-coloration de graphes

**Mots-Clés :** théorie des graphes, S-coloration, complexité

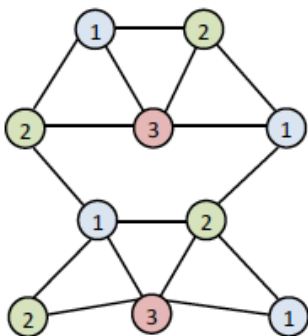
**Sujet:**

Définitions et motivations : Etant donné un graphe (non orienté, simple, sans boucle)  $G=(V,E)$  et une séquence de  $k$  entiers (positifs et non nuls)  $S=s_1,s_2,\dots,s_k$ , une  $S$ -coloration de  $G$  est une partition des sommets de  $G$  en  $V_1,\dots,V_k$  telle que pour tout  $i=1,\dots,k$ , pour tout  $u,v\in V_i$ ,  $u\neq v$ , on a  $d(u,v)>s_i$ , avec  $d(u,v)$  qui désigne la distance entre  $u$  et  $v$  (la longueur d'un plus court chemin entre  $u$  et  $v$ , ou  $+\infty$  s'il n'existe pas de tel chemin).

Autrement dit, on veut colorer les sommets du graphe de sorte que deux sommets ayant la même couleur  $k$  soient à une distance strictement supérieure à  $s_k$  l'un de l'autre. Ainsi, si l'on considère  $S=s_1,s_2,\dots,s_k$  avec  $s_1=s_2=\dots=s_k=1$ , une  $S$ -coloration est simplement une  $k$ -coloration propre au sens usuel : deux sommets voisins ne peuvent pas avoir la même couleur. De même, si l'on considère  $S=s_1,s_2,\dots,s_k$  avec  $s_1=s_2=\dots=s_k=d$ , une  $S$ -coloration est simplement une  $k$ -coloration à distance  $d$  au sens usuel : deux sommets à distance inférieure ou égale à  $d$  ne peuvent avoir la même couleur.

Ce concept a été introduit récemment dans le cadre d'une application à un problème de communication dans les réseaux, les sommets étant des émetteurs, et chaque couleur représentant une fréquence allouée à un émetteur [1]. Le problème de décision associé à une séquence  $S$  est de savoir si le graphe admet une  $S$ -coloration.

Exemple : Considérons le graphe ci-dessous et la séquence  $S=1,1,2$ . Il est aisé de voir que la coloration proposée est en effet une  $S$ -coloration : deux sommets voisins n'ont pas la même couleur, et deux sommets colorés avec la couleur 3 sont à une distance strictement supérieure à 2.



Pistes de recherche : Le concept de  $S$ -coloration se distingue de la coloration classique par

bien des aspects. Par exemple, si l'on sait que décider si un graphe quelconque est  $(1,1,1)$ -colorable est NP-complet (problème de 3-coloration), il n'en est pas de même pour d'autres séquences. On ne sera peut-être pas surpris d'apprendre que décider si un graphe quelconque est  $(1,2,2)$ -colorable est NP-complet, de même que décider si un graphe quelconque est  $(1,1,t)$ -colorable (avec  $t$  quelconque). Mais si l'on prend  $S$  quelconque telle que  $S \neq (1,2,2), (1,1,t)$ , alors il est polynomial de décider si un graphe quelconque est  $S$ -colorable. Troublant, n'est-il pas [2, 5] ?

De même, si l'on sait que décider si un graphe biparti est  $(1,1,1)$ -colorable est trivialement polynomial (la réponse est oui !), il n'en est pas de même pour d'autres listes : il est NP-complet de décider si un graphe biparti est  $(1,2,2)$ -colorable. Et il s'avère d'ailleurs que pour tout  $S \neq (1,2,2)$ , décider si un graphe biparti est  $S$ -colorable est polynomial [2, 5].

Une piste de recherche possible pour ce stage consisterait à étudier la complexité des problèmes de décision associés à la  $S$ -coloration lorsque  $S$  est de taille bornée.

Une autre piste de recherche pourrait concerner les grilles finies et/ou infinies. Dans le cas infini, on s'intéresse en particulier aux grilles dites carrées, triangulaires, et royales, toutes ayant  $\mathbb{Z}^2$  pour ensemble de sommets. Si les nombres chromatiques au sens usuel des grilles sont bien connus, il n'en est pas de même pour la  $S$ -coloration. Par exemple, on ignore à ce jour le  $k$  minimum tel qu'il existe une  $(1,2,\dots,k)$ -coloration de la grille carrée (on sait cependant que ce  $k$  est compris entre 12 et 17 [3,4]).

On pourra se baser sur les références bibliographiques ci-dessous ainsi que sur la thèse récente de Nicolas Gastineau [5].

### Références bibliographiques

[1] W. Goddard, S. M. Hedetniemi, S. T. Hedetniemi, J. M. Harris, et D. F. Rall, Broadcast chromatic numbers of graphs, *Ars Combinatoria*, 86 :33–49, 2008.

[2] W. Goddard et H. Xu, The  $S$ -packing chromatic number of a graph, *Discussiones Mathematicae Graph Theory*, 32 :795–806, 2012.

[3] J. Ekstein, J. Fiala, P. Holub, et B. Lidický, The packing chromatic number of the square lattice is at least 12, *arXiv :1003.2291v1*, 2010.

[4] R. Soukal et P. Holub, A note on packing chromatic number of the square lattice, *The Electronic Journal of Combinatorics*, 17 :447–468, 2010.

[5] N. Gastineau, Partitionnement, recouvrement et colorabilité dans les graphes, Thèse de doctorat, Université de Bourgogne, 2014.

**Diplôme:** Master

**Indemnisation:** Possibilité d'indemnisation

**Nombre de postes à pourvoir:** 1

**Durée:** 4 à 6 mois