



**HAL**  
open science

## Modélisation. OSR2 | Action 10

B. Camenen, Jean-Baptiste Faure, Carla Walter, Emilie Andries, Jérôme Le Coz, Marina Launay

► **To cite this version:**

B. Camenen, Jean-Baptiste Faure, Carla Walter, Emilie Andries, Jérôme Le Coz, et al.. Modélisation. OSR2 | Action 10. [Rapport de recherche] Irstea. 2013. hal-03750112

**HAL Id: hal-03750112**

**<https://hal.science/hal-03750112>**

Submitted on 11 Aug 2022

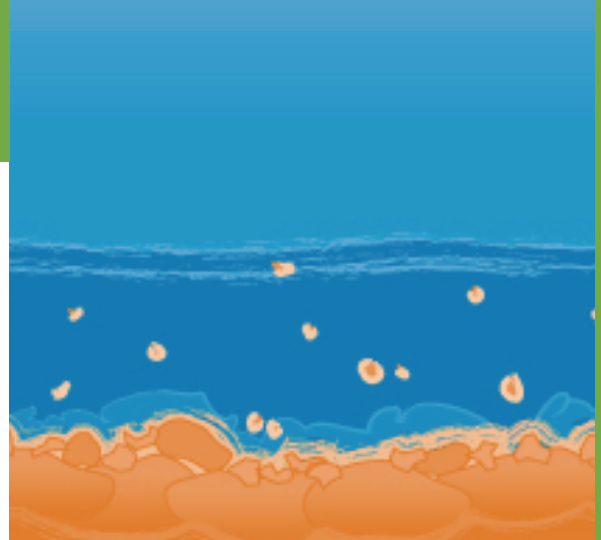
**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

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

Version du 25 juin 2013



2  
0  
1  
3  
  
S  
E  
M  
E  
S  
T  
R  
E  
  
8



# Synthèse finale

## Action 10 : Modélisation

Personnes impliquées	Equipe de recherche
Benoît Camenen, Jean-Baptiste Faure, Carla Walter, Emilie Andries, Jérôme Le Coz, Marina Launay	Irstea Lyon

### 1. Objectif de l'action

Cette action a pour objectif d'obtenir une modélisation numérique 1-D du transport solide en suspension sur le Rhône du Léman à la mer. Le modèle doit reproduire correctement les processus de transport, de dépôt et d'érosion sur une grande échelle avec des temps de calcul suffisamment courts pour permettre des simulations en temps réel et des simulations de scénarios de plusieurs décennies. Au niveau recherche, ce projet motive des développements numériques innovants, ainsi que la validation de représentations adaptées des processus appuyés sur des études de cas réels sur le Rhône.

La création de ce modèle a une visée clairement opérationnelle. Les informations prédictives qu'il peut apporter peuvent servir directement pour la gestion du fleuve, en particulier dans le cadre d'opérations ponctuelles de remobilisation artificielle des sédiments (dragage, chasses d'ouvrage) afin d'organiser ces opérations au regard de différents scénarios et de connaître par exemple leurs impacts potentiels.

Ce modèle sera mis à disposition de l'ensemble des partenaires pour supporter toute étude de la dynamique des flux particulières (MES et substances associées) sur le Rhône.

### 2. Résultats marquants

#### 2.1. Développement du code de simulation Adis-TS

Irstea a développé un modèle du transport des matières en suspension sur le Haut-Rhône (du Léman à Lyon-Perrache). Le modèle d'advection-dispersion ADIS-TS permettant la simulation de processus sédimentaires comme le dépôt et l'érosion est couplé au modèle hydraulique 1D à surface libre MAGE. Tout modèle hydraulique 1D moyennant le développement d'une routine de lecture des résultats du code d'hydraulique visé peut être utilisé à cette fin.

A l'heure actuelle, le logiciel ADIS-TS répond aux objectifs suivants :

- Résolution numérique et performances de calcul : grâce à la parallélisation du code, celui-ci est utilisable même sur un PC (assez récent toutefois), les objectifs de performance sont atteints (quelques heures de calcul pour 10 ans d'écoulement simulés).
- Hydraulique : la reproduction de la régulation des aménagements hydro-électriques est possible grâce à des lois de régulation développées spécialement dans le code MAGE.

- Coefficient de dispersion longitudinale : le développement d'une formule générique donne toute la souplesse de paramétrage possible et couvre les formules particulières qui étaient déjà implémentées (Fisher, Iwasa, Elder).
- Transport des MES et lois de dépôt-érosion : Outre la loi d'advection-dispersion déjà implémentée pour les solutés, une formule exprimant le bilan net d'échange de MES avec le fond en fonction d'une concentration d'équilibre a été développée et implantée dans le code. Plusieurs classes granulométriques peuvent être transportées en parallèle.
- Rédaction de la documentation : une documentation d'utilisation aussi bien qu'une documentation de conception a été rédigée pour le logiciel ADIS-TS.

## *2.2. Construction de la géométrie du modèle du Rhône*

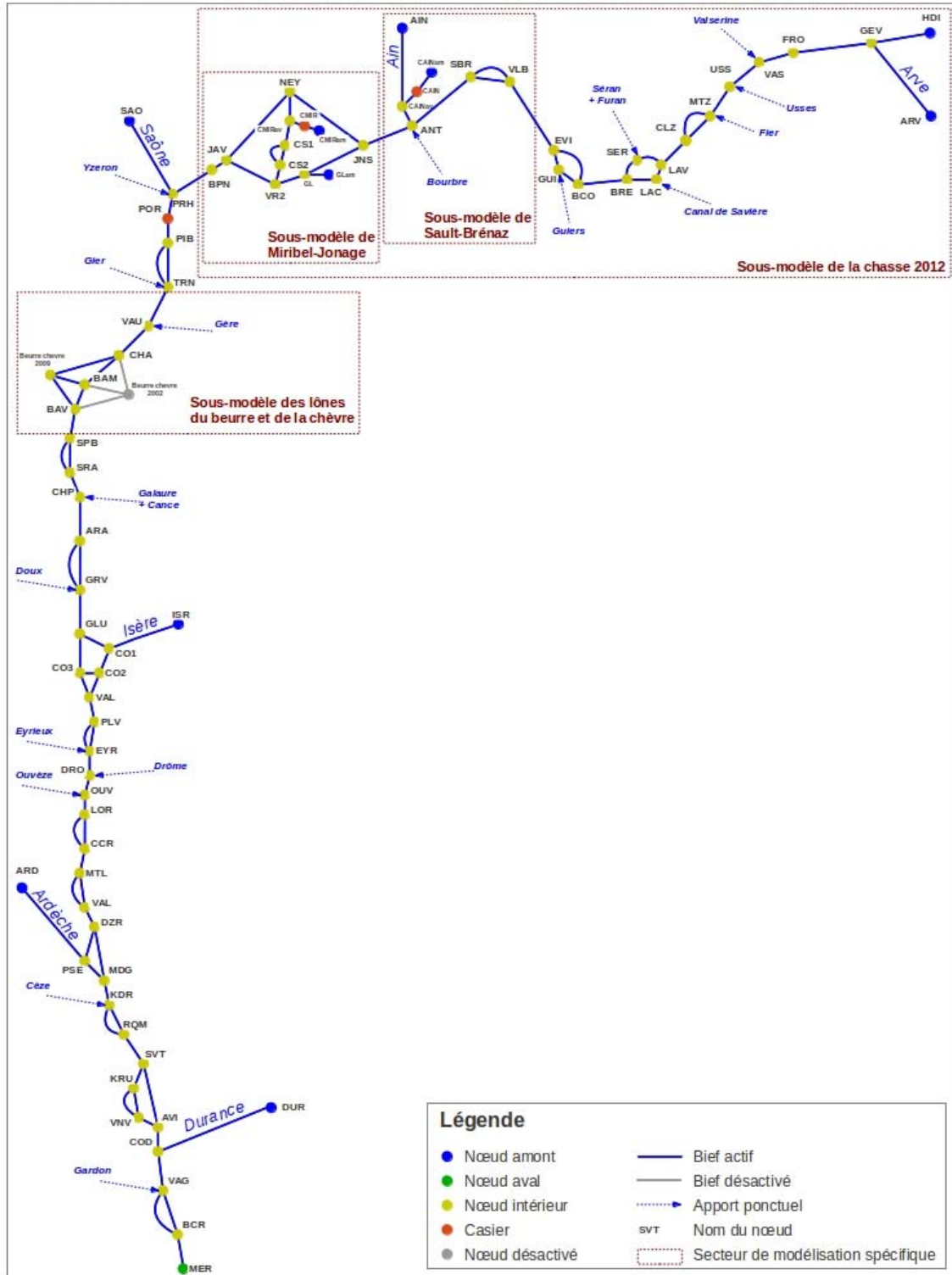
Le modèle couvre le linéaire du Rhône entre le Lac Léman et la mer Méditerranée, ainsi que quelques tronçons d'affluents entre leur dernière station hydrométrique et leur embouchure dans le Rhône, à savoir l'Arve, l'Ain et la Saône. Une vue d'ensemble du réseau maillé est représenté dans la figure de la page suivante.

La géométrie du cours d'eau est définie par des profils en travers à un espacement maximal de 500 m. Une grande partie des données topographiques sur le territoire français est issue de la BDT Rhône. Localement le modèle a pu être précisé grâce à des données de la CNR, ou encore grâce à des données internes Irstea issues de précédentes études. Sur le secteur de Miribel-Jonage, Irstea a relevé des profils topographiques complémentaires. Des données topographiques sur le territoire suisse ont été mises à disposition par les Services Industriels de Genève (SIG). Aujourd'hui, la topographie du lit mineur et moyen du Rhône est intégralement décrite. Des extensions vers des affluents dotés de modèles hydrauliques comme l'Ardèche, l'Isère et la Durance pourront être envisagées.

Pour les aménagements hydrauliques, les informations sur les dimensions géométriques ont été rassemblées pour les barrage-usines, les barrages de retenue, les usines et les seuils. Les données ont été fournies par la CNR, EDF et les SIG, gestionnaires des ouvrages. Les dimensions géométriques précises des aménagements ainsi que les consignes d'exploitation en régime normale et en crue ont été intégrées dans le modèle sur Haut-Rhône. Pour le Rhône en aval de Lyon ce travail reste encore à compléter ponctuellement.

# Synthèse - OSR/Action n°10

Figure 1 - Réseau maillé du modèle hydro-sédimentaire 1D du Rhône



### 2.3. Calages hydro-sédimentaires et validation

Comme pour toutes opérations de modélisation, une phase de calage est nécessaire pour lequel le suivi des chasses du Haut-Rhône offre un jeu de données idéal.

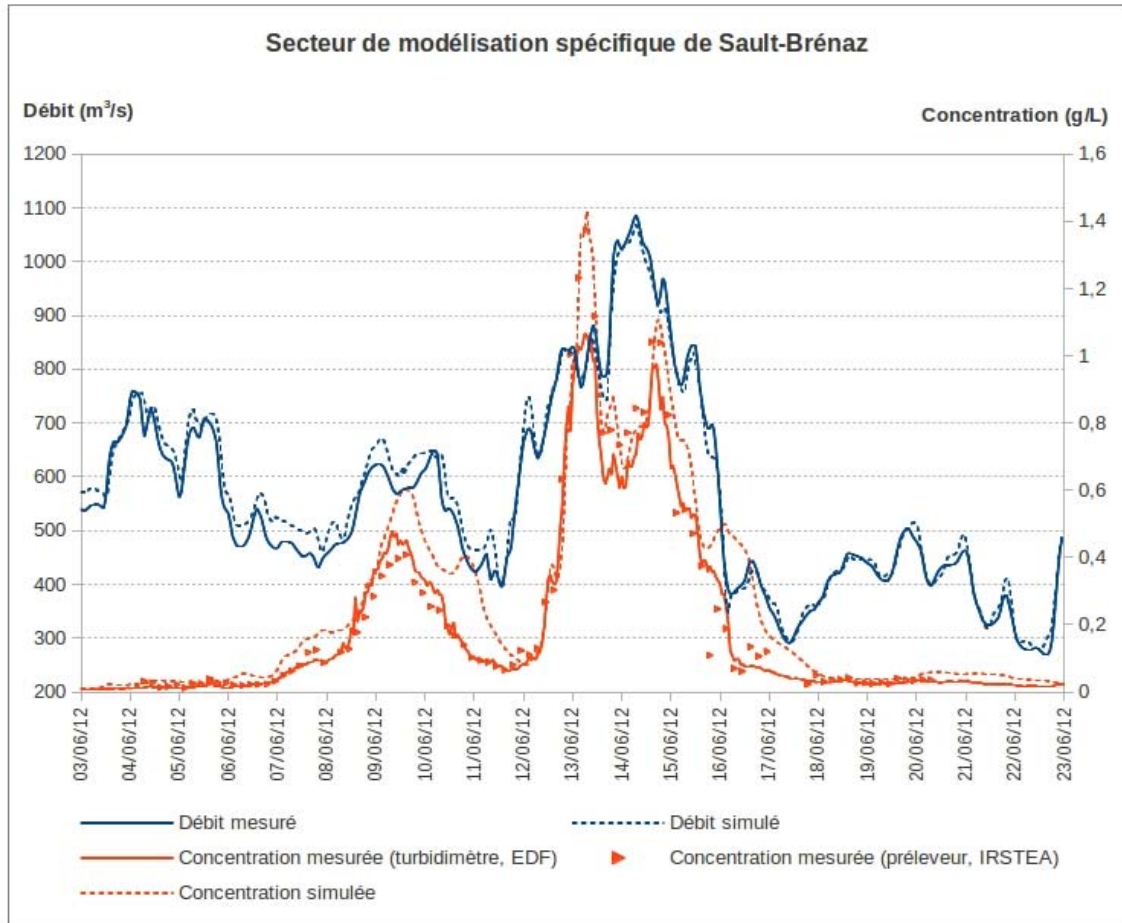
Pour le modèle hydraulique, les coefficients de Strickler ont été calés sur l'ensemble du Haut-Rhône grâce à des lignes d'eau fournies par la CNR et des lignes d'eau relevées par Irstea. Le modèle reproduit correctement les conditions hydrauliques pendant la chasse 2012. L'utilisateur doit fournir les hydrogrammes entrants, la répartition des débits entre le Rhône aménagé et le Vieux Rhône pour les centrales hydro-électriques au fil de l'eau et la variation de la cote en amont des usines. Aujourd'hui, le travail de calage des coefficients de Strickler doit encore être effectué sur le Rhône en aval de Lyon, à l'exception du secteur des lônes du beurre pour lequel le calage sur Rhône a été vérifié sur des lignes d'eau mesurées pour des débits variant de 900 à 4500 m<sup>3</sup>/s. Puis, des simulations de validation seront nécessaires, par exemple sur les données de suivi de la crue de mai-juin 2008 sur l'Isère et la Durance (cf. action 8 OSR).

Pour le modèle de transport de sédiments, l'utilisateur doit fournir les informations suivantes : des chroniques de concentration en MES entrantes, des caractéristiques sédimentaires (type de sédiments, taille caractéristique, masse volumique et porosité) et le diamètre des sédiments du fond. Le calage du coefficient de dispersion a pu être validé grâce à une campagne de traçage à la Rhodamine sur la zone de Miribel-Jonage en novembre 2011. Outre l'intérêt de la méthode ADCP consistant à calculer le coefficient de dispersion à partir de jaugeages, l'analyse des résultats a montré que la formule générique d'Iwasa et Aya (1991) était bien adaptée au cas d'étude. Le calage des autres paramètres réglant les processus d'érosion et de dépôt devient possible par les bilans de masse élaborés entre les stations de suivi pour le cas de la chasse 2012 sur le Haut-Rhône. En particulier, le travail de calage sédimentaire sur le tronçon entre Creys et Bugey a permis de détecter le besoin d'une amélioration du logiciel ADIS-TS qui est actuellement en cours (cf. figure suivante)



## Synthèse - OSR/Action n°10

Figure 2 - Résultats de la simulation hydro-sédimentaire entre Groslée et Bugey



## 2.4. Modélisations spécifiques

Des modélisations plus détaillées ont été effectuées sur plusieurs secteurs afin de répondre à une problématique spécifique où encore d'étudier le fonctionnement des ouvrages types.

Le site de Miribel-Jonage est un site qui a été particulièrement étudié. La simulation des expériences de traçage à la Rhodamine en novembre 2011 a permis de valider la méthode ADCP et de discuter l'impact du choix de la formule générique pour le coefficient de dispersion. Une modélisation hydro-sédimentaire sur le même secteur a permis l'étude d'une meilleure gestion des ouvrages hydrauliques afin de minimiser le dépôt de sédiments sur la zone de captage de Crepieux-Charny.

Sur le site des lônes du beurre et de la chèvre en aval de Vienne, le travail de modélisation a permis de valider la possibilité des outils à reproduire un comportement cohérent des lônes d'un point de vue hydrosédimentaire et d'apporter ainsi une meilleure compréhension de la dynamique de ces annexes fluviales.

Une attention particulière a été donnée à l'aménagement hydro-électrique de Sault-Brénaz, un aménagement type encadré par les stations turbidimétriques de Creys et Bugey (EDF) permettant le développement des lois d'ouvrages qui ont été ensuite intégrées dans le modèle hydraulique et appliquées aux autres aménagements au fil de l'eau.

Pour le cas de la chasse 2012, un modèle a été élaboré entre le Léman et Lyon-Perrache représentant correctement les conditions hydrauliques qui se caractérisent principalement par l'abaissement des retenues de Verbois et de Génissiat et par l'accompagnement de la chasse sur le Haut Rhône français. Le travail se poursuit pour reproduire également de manière fiable les flux en MES engendrés par la reprise de dépôts le long du réseau.

## 3. Recommandations opérationnelles

A la fois le code de simulation (Adis-TS) et le modèle du Rhône développés dans le cadre de cette action ont vocation à servir d'outil support pour les recherches et pour les applications opérationnelles menées par les partenaires de l'OSR. Concernant le code de simulation, il est à noter qu'il peut être couplé à n'importe quel modèle hydraulique 1-D, comme le logiciel Crue de la CNR par exemple, moyennant l'adaptation des formats de résultats hydrauliques pris comme données d'entrée des simulations de transport solide. Le modèle hydraulique du Rhône (code Mage) peut être utilisé pour différentes études nécessitant de connaître les conditions hydrauliques en tout point du réseau au cours du temps, en respectant cependant les limites d'utilisation de son paramétrage actuel. En particulier, le calage n'est pas validé en aval de Lyon, la géométrie du lit majeur n'est pas implémentée (le débordement en plaine d'inondation n'est pas simulé), et les lignes d'eau de calage ne concernent ni les débits d'étiage, ni les plus fortes crues.

Cet outil numérique pourra en particulier servir pour les études d'optimisation de la gestion sédimentaire des ouvrages et aménagements, notamment dans le cadre des réflexions en cours sur la gestion sédimentaire du Haut-Rhône avec les SIG et la CNR. En effet, des scénarios alternatifs aux chasses d'hydrocurage, comme des manœuvres d'accompagnement des crues de l'Arve par des lâchers d'eau du Seujet, sont à l'étude et font l'objet de tests. Au-delà du Rhône, l'outil est utilisé pour des expertises comme celle réalisée par CNR et Irstea sur le Mékong.

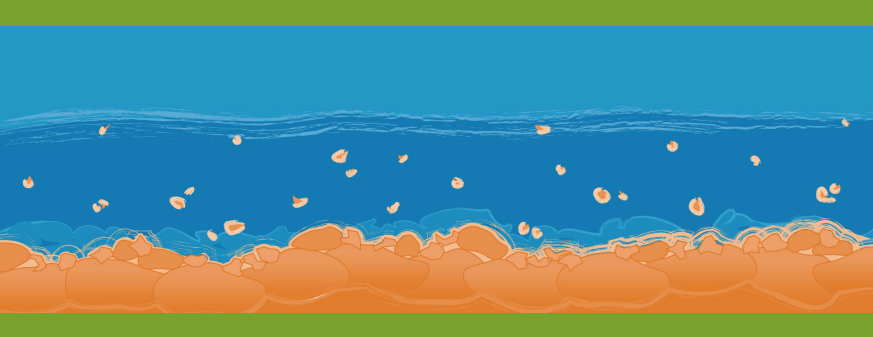
Pour rendre l'outil complètement opérationnel, des développements restent nécessaires. Des extensions vers des affluents sédimentaires majeurs dotés de modèles hydrauliques comme l'Ardèche, la Durance ou l'Isère pourront être envisagées. L'effort de paramétrage et de



validation doit être étendu à la partie en aval de Lyon, en simulant notamment la crue de mai-juin 2008 (documenté par l'action 8) comme cas de validation. La prise en compte des polluants hydrophobes dans le modèle devra être poursuivie, en prolongeant la première synthèse bibliographique faite sur les coefficients de partage des PCB. De plus, la représentation des échanges sédimentaires avec les annexes fluviales permettrait d'améliorer l'interprétation des archives sédimentaires qui s'y trouvent. Une prise en compte de la distance de mélange après les confluences permettrait une meilleure simulation et compréhension de la combinaison des flux provenant des affluents. Enfin, incorporer le charriage et l'évolution des fonds dans Adis-TS ouvrirait de belles perspectives pour des simulations morphodynamiques sur de grandes échelles spatio-temporelles, en lien avec les actions géomorphologiques de l'OSR.

#### *4. Valorisation scientifique (masters/thèses, articles, communications orales, posters, plaquettes, brevet, ...)*

- Andries, E. Faure, J.B. Camenen, B. (2012). Modélisation hydro-sédimentaire du site de Miribel-Jonage à l'aide des modèles numériques Mage et Adis-TS. Rapport Axelera
- Andries, E. Faure, J.B. & Camenen, B. (2012). Modélisation hydro-sédimentaire du Rhône à l'aide des modèles numériques Mage et Adis-TS. Rapport Axelera
- Camenen, B., Andries, E., Faure, J.B., de Linares, M., Gandilhon F. & Raccasi G. (2012). Etude des transferts de sédiments fins dans le système Rhône : L'île du Beurre. Rapport Axelera
- Andries, E., Le Coz, J., Faure, J.B., Camenen, B. & Launay, M. (2011). Impact of dam flushes on bed clogging in a secondary channel of the Rhône river. RCEM conference, Pékin, Chine, CDRom, 8 pages.
- M. Launay, J. Le Coz, B. Camenen, C. Walter, H. Angot, G. Dramais, J.-B. Faure, and M. Coquery (2013). Assessment of methods for evaluating the longitudinal dispersion of pollutants in rivers, Water Resources Research (soumis)



Observatoire des Sédiments du Rhône

École normale supérieure de Lyon  
Sites Descartes – 15, parvis René Descartes  
BP 7000 – 69342 Lyon Cedex 07  
[www.osr-rhone.org](http://www.osr-rhone.org)

Contact : [guillaume.fantino@ens-lyon.fr](mailto:guillaume.fantino@ens-lyon.fr)