

ARIA TECHNOLOGIES

_

Sujets de stage (PFE)

Contacts:

Maxime Nibart - mnibart@aria.fr Laurent Makké - lmakke@aria.fr Félix Gomez - fgomez@aria.fr

Présentation générale de l'entreprise

_

Depuis sa création en 1990, ARIA Technologies se consacre exclusivement à l'étude de l'environnement atmosphérique et en particulier à la simulation numérique de la dispersion des polluants atmosphériques. Son siège social est basé à Boulogne-Billancourt et la société est composée d'une équipe de 25 personnes. ARIA Technologies possède aussi une filiale en Italie (ARIANET) et une au Brésil (ARIA do Brasil).

ARIA Technologies propose des logiciels, des systèmes intégrés, des prestations d'études et des prestations de formation sur trois marchés principaux : industrie, villes et régions, défense. L'expertise de la société repose donc sur la complémentarité de deux démarches : la réalisation d'études et la prestation de services, ainsi que la conception et la réalisation de systèmes informatiques de simulation.

Activités et clients

- Industries: TOTAL FINA ELF, LAFARGE, EDF, GDF, RENAULT...
- Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement : Haute-Normandie, PACA, Ile-de-France...
- Villes et communautés urbaines : Paris, Bordeaux, Marseille...
- Réseaux de surveillance de la qualité de l'air : AIRPARIF, ASPA, COPARLY, ORAMIP...
- Ministères : Environnement, Equipement, Défense
- Bureaux d'études : APAVE, BETURE, Bureau Veritas.

Un client industriel sollicitera ARIA pour réaliser une étude de dispersion cherchant à montrer si ses rejets atmosphériques ont un impact sanitaire sur les populations environnantes.

Une communauté urbaine pourra demander conseil à ARIA dans le cadre de la construction d'une nouvelle voie de circulation automobile pour minimiser les nuisances dues à la pollution liée au trafic routier.

Un réseau de surveillance de la qualité de l'air commandera à ARIA un système configuré pour prédire au jour le jour les pics de pollution en ozone, oxydes d'azote ou particules fines.

Gamme de logiciels

ARIA Technologies développe une palette de logiciels lui permettant de réaliser des études de dispersion atmosphérique:

ARIA Impact: modèle de type gaussien permettant d'évaluer l'impact à long terme sur la qualité de l'air des émissions industrielles et du trafic afin de calculer des données (concentrations en moyenne annuelle, dépôts, centiles,...) pour les confronter aux exigences réglementaires.

ARIA Local: CFD (Computational Fluid Dynamics) dédié à l'expertise de l'écoulement et de la dispersion de l'air à petite échelle en prenant en compte les obstacles (bâtiments, relief...).

ARIA View: connecté en ligne aux émissions de l'installation et à des données météorologiques *in-situ*, ce système fournit en temps réel une cartographie en 3D de l'impact du site et permet de faire un suivi de la pollution de sites industriels.

ARIA Risk: logiciel 3D d'évaluation de la dispersion de rejets accidentels (stockage, rupture de canalisation...) qui génère une cartographie des concentrations instantanées ou intégrées et prend en compte la topographie.

ARIA Regional: ce système fournit une analyse et une prévision de la pollution atmosphérique à l'échelle régionale pour des polluants primaires et secondaires (ozone, oxydes d'azote, particules,...) jusqu'à 48 heures à l'avance.

ARIA Wind : outil d'aide à la conception d'une ferme éolienne. Ce modèle 3D permet d'évaluer le potentiel éolien e d'optimiser des sites éoliens.	t
<u>Technologie</u>	
Les logiciels de modélisation de dispersion atmosphérique créés par ARIA Technologies sont composés d'un ou plusieurs moteur(s) de calculs développé(s) par les ingénieurs R&D de la société. Le langage communément utilisé pour le développement des cœurs de calculs est le FORTRAN90 alors que les interfaces utilisateurs sont développées en C++Par ailleurs, les programmes de calculs les plus usités sont massivement parallélisés MPI à l'aide de la technologie INTEL.	
APIA Tochnologies SA	_

Prise en compte de la topographie dans le module « quantité de mouvement » du modèle de micro météo (CFD) SWIFT

SWIFT, modèle météo diagnostique à conservation de la masse, dispose d'un module résolvant les équations de conservation de la quantité de mouvement. Cette implémentation récente tient compte de l'urbanisme mais se limite aux cas de topographie plane. L'objectif du stage est de compléter le schéma numérique de résolution des équations RANS pour tenir compte de la déformation du maillage induite par une topographie non plane.

$$\begin{cases} \partial_t \ U_{im} \ = \ - \ U_{jm} \partial_j \ U_{im} - \frac{1}{\rho} \ \partial_i \ P_m \ + \ \partial_j \left[\ v \, \partial_j \ U_{im} - \tau_{ij} \right] \\ \\ \tau_{ij} \ = \ - \ v_t \left[\ \partial_i \ U_{jm} \ + \ \partial_j \ U_{im} \ \right] + \frac{2}{3} K \delta_{i,j} \\ \\ K \ = \ \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 \tau_{ii} \end{cases}$$

Equations RANS de la quantité de mouvement

- U champ de vitesse 3D- (m/s)
- P pression (kg.m⁻¹.s⁻²)
- v viscosité cinématique (m²/s)
- v_t viscosité turbulent cinématique (fermeture de Eddy) (m²/s)
- $\tau_{i,j}$ tenseur de Reynold (m^2/s^2)
- K énergie turbulente (m²/s²)
- δ_i symbole de Kronecker

Les étapes clefs du stage sont :

- Prise en main du code source de SWIFT
- Compréhension du module de résolution de la quantité de mouvement et de son implémentation
- Spécification et codage des termes numériques additionnels dans les équations pour tenir compte de la déformation du maillage selon la topographie (maillage structuré « terrain following »)
- Assurer la compatibilité du nouveau développement avec le fonctionnement parallèle de SWIFT (MPI)
- Tests, validation et comparaison au code CFD Code_Saturne
- Application sur une problématique en attente de ce développement (Energie éolienne)
- Rédaction d'une note interne ARIA et du rapport de stage « école »

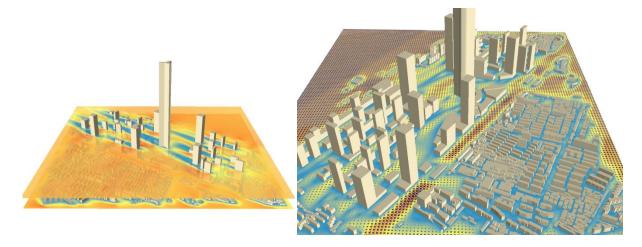


Figure 1 : Champ de vent en milieu urbain Modèle SWIFT avec activation du module de conservation de la quantité de mouvement

Amélioration de la prise en compte des zones canyons du modèle de micro météo SWIFT

SWIFT, modèle météo diagnostique à conservation de la masse dédié à la micro-échelle, dispose d'une formulation analytique spécifique pour la construction du champ de vent dans les zones canyons (zones inter-bâtiments).

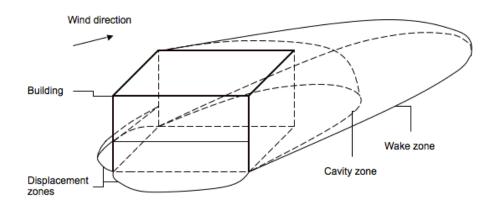


Figure 2: Zones analytiques autour des obstacles

Cette construction analytique est suivie d'une méthode eulérienne assurant la conservation de la masse. L'utilisation intensive du modèle SWIFT depuis plusieurs années a mis en évidence les limites de la formulation analytique des zones canyons.

Les étapes clefs du stage sont :

- Prise en main du code source de SWIFT
- Compréhension du module de zones canyons et de son implémentation
- Compréhension et reproduction des limites de l'implémentation existante, notamment l'apparition de zones canyons parasites en présence d'IGH (Immeuble de Grande Hauteur)
- Spécification et codage des modifications à apporter
- Assurer la compatibilité du nouveau développement avec le fonctionnement parallèle de SWIFT (MPI)
- Tests, validation et comparaison au code CFD Code_Saturne
- Rédaction d'une note interne ARIA et du rapport de stage « école »

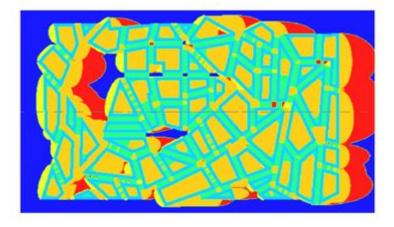


Figure 3 : Projection au sol des zones analytiques. Zones non modifiées en bleu, zones de « cavitation » en orange, zones de « sillage » en rouge, zones de « déplacement » en jaune, zones « canyons » en vert.

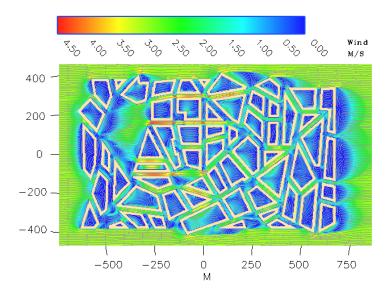


Figure 4 : Coupe horizontale (vue de dessus) du champ de vent résultant



Figure 5 : Essai en soufflerie

Sujet 3:

Couplage 3D du module de chimie du modèle SPRAY

Le modèle de dispersion atmosphérique lagrangien à particules SPRAY dispose d'un module de chimie atmosphérique (conversion NO-NO2 par titrage de l'ozone). Ce module nécessite l'import de valeurs de fond, souvent issues d'une modélisation de plus large échelle (modèle CHIMERE par exemple). L'implémentation est aujourd'hui limitée à une valeur homogène ce qui apparait comme une forte simplification lors de la modélisation de grands domaines comme Paris (Figure 6). Les étapes clefs du stage sont :

- Prise en main du code source de SPRAY
- Compréhension du module de chimie
- Spécification et codage des modifications à apporter pour prendre en compte un fond 3D
- Assurer la compatibilité du nouveau développement avec le fonctionnement parallèle de SPRAY (MPI)
- Tests, validations
- Quantification de l'apport de la méthode sur un calcul « tout Paris » à 3 m de résolution
- Rédaction d'une note interne ARIA et du rapport de stage « école »

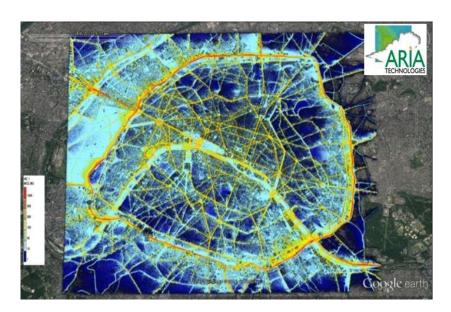


Figure 6 : Carte de concentration en NO2 sur Paris, modélisation à haute résolution (3m)

Sujet 4:

Mise en place d'une structure automatique de validation et de non régression pour les modèles SWIFT et SPRAY

Les modèles SWIFT et SPRAY, comme les autres programmes de calculs d'ARIA sont gérés par un système de suivi de version (CVS). L'objectif du stage est de mettre en place une chaine de validation automatique permettant la validation et la non régression de tous les modèles physiques implémentés dans ces programmes. Les étapes clefs sont :

- Compréhension du besoin
- Etat de l'art
- Spécifications (avec échange avec l'équipe de développement) de la structure de l'outil d'auto-validation, l'objectif étant de mettre en place un outil pérenne et modulable
- Codage de l'outil avec implémentation de quelques cas tests et rédaction automatique de rapport (développement Python).
- Listing des cas tests unitaires (compréhension des modèles physiques implémentés dans SWIFT et SPRAY)
- Implémentation de cas tests supplémentaires
- Rédaction d'une note interne ARIA et du rapport de stage « école »

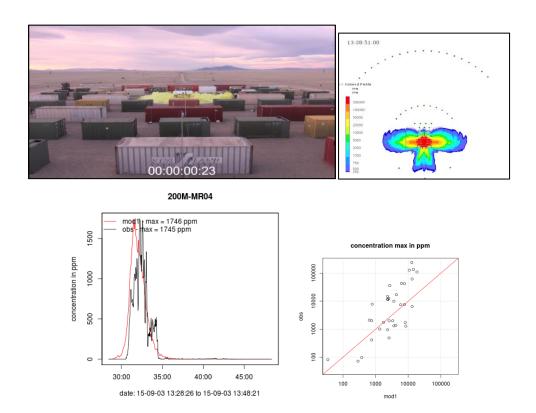


Figure 7 : Exemple de scénario modélisé avec l'outil PMSS (Parallel Micro Swift Spray). Décharge d'un réservoir de chlore pressurisé en zone expérimentale équipée de capteurs (comparaison modèle / mesures)

Amélioration de la production de classifications SOMs de régimes météorologiques

ARIA utilise les classifications SOMS pour plusieurs applications :

- Discrimination des meilleurs représentants de champ de vents 3D issus des modèles météo méso-échelles, afin de réaliser un minimum de simulations avec un modèle de plus petite échelle (couteux en temps de calcul).
- Sélection des journées types afin de réaliser des modélisations de la qualité de l'air à l'aide du modèle PMSS (modèle CFD simplifié lagrangien), trop couteux en temps de calcul pour réaliser des études d'impact basées sur des chroniques annuelles complètes.
- Généralisation de la classification à partir des mesures (ou résultats de modèle) standard permettant ensuite le test et le choix des meilleurs paramètres de la classification pour chaque application (éolien, solaire, qualité de l'air, etc...)

Les étapes clefs du stage sont:

- Compréhension des classifications déjà réalisées et de leurs limites
- Proposition d'améliorations (paramétrages, choix des variables, normalisation des variables, supervision, etc)
- Tests et quantifications de l'apport sur la descente d'échelle des modèles méso-échelles vers les modèles CFD
- Tests et automatisation pour le choix de journées types à partir d'un format standard de mesures météo
- Aide à l'ajout du choix automatique de journées types dans les logiciels ARIA Impact 3D et ARIA City
- Généralisation de l'outil de classification
- Rédaction d'une note interne ARIA et du rapport de stage « école »

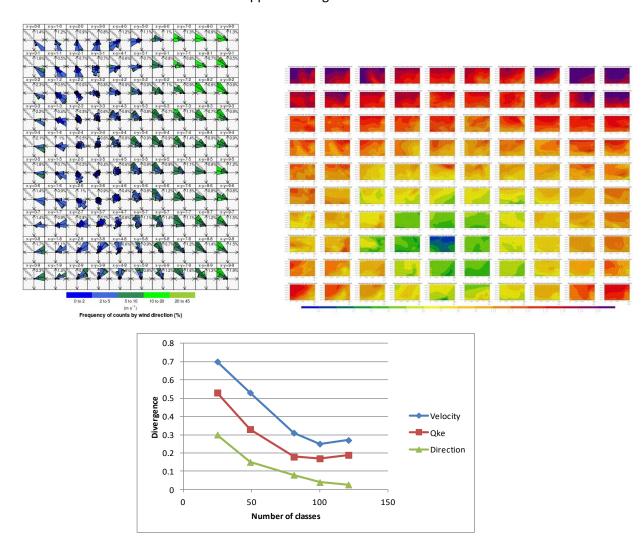


Figure 8 : Exemple de post-traitement des classifications pour quantifier et qualifier leur qualité

Quantification de l'incertitude d'extrapolation du modèle SWIFT à partir d'une mesure de vent

Le modèle SWIFT est proposé en opérationnel à des sapeurs-pompiers dans le cadre du projet européen AF3 (http://af3project.eu/consortium/). Ce modèle est alimenté par une mesure de vent réalisée à partir d'un lidar vent Leopshere (WindCube V2). En plus de fournir la cartographie du champ de vent de la modélisation, nous souhaitons fournir une cartographie d'indice de confiance de la modélisation. Cet outil pourra également être utilisé pour cartographier les zones où la modélisation SWIFT peut se substituer à une modélisation CFD complète (argumentaire commercial dans un contexte plus général).

Les étapes clefs du stage sont donc :

- Compréhension de la problématique et de l'algorithme de reconnaissance de la classe de complexité du terrain
- Spécification et implémentation d'un outil répondant au besoin
- Validation à partir d'une campagne de mesure existante et disposant de plusieurs points de mesure (une mesure pour alimenter le modèle et les autres pour valider l'estimation de l'incertitude)
- Rédaction d'une note interne ARIA et du rapport de stage « école »

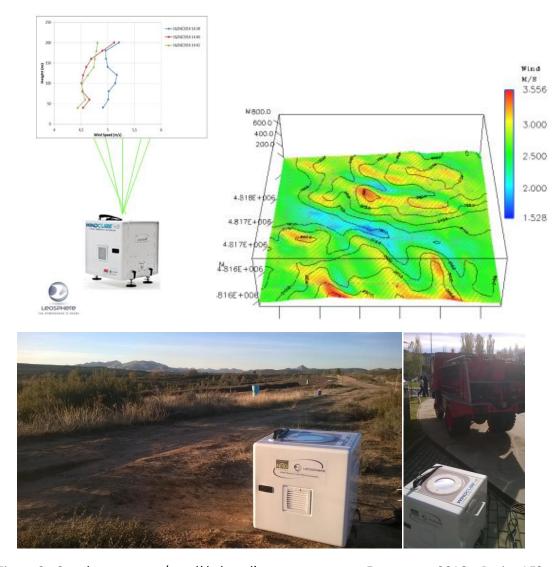


Figure 9 : Couplage mesure / modèle lors d'une campagne en Espagne en 2016 – Projet AF3