

Critères relatifs aux modèles de dispersion

Les sciences cognitives constituent, depuis 25 ans environ, un nouveau secteur rassemblant de nombreuses disciplines des sciences exactes et expérimentales autour de disciplines des sciences humaines. On y retrouve des disciplines comme la psychologie, la linguistique, la philosophie, l'anthropologie, l'intelligence artificielle et les neurosciences etc., regroupées autour d'un même projet, l'étude de l'activité de connaissance sous toutes ses formes : perception, mémoire, langage, apprentissage, résolution de problèmes, conceptualisation, planification de comportements passionnels, gestion des émotions, action.

Les sciences cognitives ont pour objet la description, l'explication et la simulation des mécanismes de la pensée humaine, animale ou artificielle, et plus généralement de tout système complexe de traitement de l'information capable d'acquérir, conserver, utiliser et transmettre des connaissances. Elles reposent sur l'étude et la modélisation de phénomènes aussi divers que la perception, l'intelligence, le langage, la mémoire, l'attention, le raisonnement, les émotions ou même la conscience. On trouve un quadruplet fondamental de méthodes au coeur des sciences cognitives : la conceptualisation, l'expérimentation, la modélisation et la simulation. La dernière étant la plus fortement caractérisée par l'essor de l'informatique, c'est pourquoi l'ordinateur joue un rôle majeur dans cette démarche. La conceptualisation est une mise en forme essentiellement verbale visant la description précise des causes, du fonctionnement ou de la structure d'un phénomène (observé ou attendu). Elle peut s'appliquer à différents niveaux, que ce soit la description d'un mécanisme mental de haut niveau tel qu'un raisonnement précis dans un contexte donné, ou l'explication de bas niveau du fonctionnement cérébral. L'expérimentation vise la manipulation des variables, elle peut naturellement s'appuyer sur une conceptualisation afin d'induire un effet expérimental. La différence entre conceptualisation et modélisation se situe dans la mathématisation. La simulation, à son tour, cherche à faire vivre le modèle : la modélisation est donc une étape statique alors que la simulation est dynamique.

Très brièvement, les sciences cognitives cherchent à expliquer les fonctions cognitives de l'homme en termes d'algorithmes informatiques qui, à son tour, réalisent le traitement des données d'entrée en données de sorties. Elles partent du principe : Entrée de données - Traitements de données - Sortie de résultats.

Le thème développé dans le cadre du présent mémoire de recherche porte sur "Modélisation cognitive : application au développement de programme de simulation de phénomène d'advection-diffusion 2D par la méthode de volumes finis en vue de modélisation de pollution atmosphérique". Les méthodes menées au nous ont permis de simuler numériquement les phénomènes d'advection-diffusion de la concentration d'un polluant dans un écoulement permanent bidimensionnel dans une région géographique réelle bien définie et nous avons constaté que ce type de modélisation représente fidèlement la réalité.

En terme de perspective, l'optimisation de la précision du modèle pourra être envisagée en tenant compte la variation des paramètres comme le phénomène de mélange obtenu par l'homogénéisation de l'écoulement turbulent du vecteur de transport, qui est le vent.

Annexes

Annexe A

Les types de modélisation

Les échelles considérées

Les échelles retenues pour décrire le domaine spatial d'application des modèles sont les suivants :

- locale : signifie que le modèle est plutôt adapté au champ proche de la source (distance inférieure à 5 kilomètres). Le champ très proche de la source se rapporte plutôt à des distances inférieures à 1 kilomètre.
- sub-méso : signifie que le modèle est plutôt adapté à l'échelle sub-méso, comprise entre 5 et 50 kilomètres.
- régionale : signifie que le modèle est plutôt adapté à la méso échelle, comprise entre 50 et 500 à 1000 kilomètres.
- continentale : signifie que le modèle est plutôt adapté aux grandes échelles météorologiques, au-delà de 1000 kilomètres (échelle globale, climat).

Modèle gaussien

Les critères suivants permettent de préciser le type de modélisation gaussienne pris en compte :

- "panache gaussien" : ce critère est sélectionné pour un panache gaussien.
- "bouffées gaussiennes" : ce critère est sélectionné pour un modèle de bouffées gaussiennes. Les critères ci-après précisent globalement quel est le type de modélisation des écarts-types utilisé dans le modèle :
- "sortie du modèle météo" : ce critère est sélectionné pour préciser que les écarts-types de dispersion sont modélisés à partir des informations sur la turbulence obtenues au moyen d'un modèle météorologique.
- "par classes" : ce critère est sélectionné pour préciser que les écarts-types de dispersion sont modélisés en fonction de différentes classes permettant de définir l'état de stratification atmosphérique (exemples des classes de Pasquill-Gifford, de Turner, de Doury) ou le type de sol (rural ou urbain).
- "continue" : ce critère est sélectionné pour préciser que les écarts-types de dispersion sont modélisés continûment en fonction de l'état de l'atmosphère (exemple de la modélisation basée sur la théorie de similitude).

Modèle eulérien 3D

Les critères suivants permettent de préciser d'où provient la paramétrisation de la turbulence :

- "sortie du modèle météo" : ce critère est sélectionné pour préciser que les informations sur la turbulence proviennent du modèle météorologique.
- "modèle spécifique interne" : ce critère est sélectionné pour préciser que la turbulence est paramétrée par une modélisation spécifique interne au modèle de dispersion.

Modèle lagrangien

Les critères suivants permettent de préciser d'où provient la paramétrisation de la diffusion turbulente :

- "sortie du modèle météo" : ce critère est sélectionné pour préciser que la paramétrisation de la diffusion turbulente utilise les informations sur la turbulence délivrées par le modèle météorologique.
- "modèle spécifique interne" : ce critère est sélectionné pour préciser que la paramétrisation de la diffusion turbulente est réalisée au moyen d'une modélisation spécifique interne au modèle de dispersion.

Les phénomènes de dispersion représentés

Les effets de relief

Les critères suivants permettent de préciser comment sont pris en compte les effets de relief dans le modèle de dispersion :

- "pris en compte par le champ météo" : ce critère est sélectionné lorsque les effets induits par le relief sont pris en compte à travers la fourniture du champ météorologique.
- "modèle interne spécifique" : ce critère est sélectionné lorsque les effets induits par le relief sont pris en compte par une modélisation spécifique interne au modèle de dispersion.

Les effets des obstacles

Les critères suivants permettent de préciser comment sont pris en compte les effets des bâtiments dans le modèle de dispersion :

- "pris en compte par le champ météo" : ce critère est sélectionné lorsque les effets induits par les bâtiments sont pris en compte à travers la connaissance du champ météorologique.
- "modèle interne spécifique" : ce critère est sélectionné lorsque les effets induits par les bâtiments sont pris en compte par une modélisation spécifique interne au modèle de dispersion.

Les effets de la source

Les critères relatifs au type de la source (ponctuelle, linéique, surfacique, volumique), sont pris dans cette partie car ils concernent directement les effets de la source sur la dispersion. Les critères (source variable, source multiple) sont également mis dans cette partie. Les critères supplémentaires suivants permettent de préciser si les effets relatifs aux flux initiaux de quantité de mouvement et de chaleur ainsi que ceux induits par la présence d'un bâtiment situé à proximité de la source, sont pris en compte par le modèle de dispersion :

- "surhauteur cinématique" : ce critère est sélectionné lorsque les effets relatifs à la quantité de mouvement initiale des rejets sont pris en compte (vitesse de rejet des effluents à la cheminée par exemple).
- "surhauteur thermique" : ce critère est sélectionné lorsque les effets relatifs au flux initial de chaleur du rejet sont pris en compte (température des rejets différente de la température de l'air ambiant).
- "downwash/flagging" : ce critère est sélectionné lorsque les effets aérodynamiques induits par la source sont pris en compte (effet de sillage des cheminées par exemple).

Les effets de la stratification thermique

Les critères suivants permettent de préciser globalement quels sont les effets relatifs à la stratification thermique qui sont pris en compte par le modèle de diffusion :

- "effet sur les coef. de diffusion" : ce critère est sélectionné lorsque les coefficients de diffusion sont modifiés par la stratification thermique.
- "effets liés à la couche d'inversion" : ce critère est sélectionné lorsque l'un ou plusieurs des effets décrits ci-dessous, liés à la couche d'inversion, sont pris en compte.
- "réflexion" : ce critère est sélectionné pour préciser que la réflexion totale du panache sur la couche d'inversion est prise en compte.
- "pénétration" : ce critère est sélectionné pour préciser que le phénomène de pénétration du panache dans la couche d'inversion est pris en compte.
- "fumigation" : ce critère est sélectionné pour préciser que les phénomènes de fumigation du panache sont pris en compte. La fumigation est souvent à rapprocher des phénomènes météorologiques de brise de mer, mais elle peut également avoir d'autres origines.

Les effets de la variabilité des conditions météorologiques

Le critère suivant permet de préciser si le modèle de dispersion prend en compte explicitement les effets relatifs à la variabilité des conditions météorologiques :

- "meandering" : ce critère est sélectionné pour préciser que les effets de meandering du panache sont explicitement pris en compte. Rappelons que ces effets de meandering sont particulièrement mis en évidence dans les processus de dispersion en atmosphère très stable (faible diffusion) par vent relativement calme.

Les fluctuations

Les critères suivants permettent de préciser comment les fluctuations de concentration sont prises en compte par le modèle de dispersion :

- "écart-type de concentration" : ce critère est sélectionné pour préciser que le modèle calcule les écarts-types des fluctuations de concentration.
- "fluctuation" : ce critère est sélectionné pour préciser que les fluctuations de concentration sont prises en compte au moyen d'une fonction de densité de probabilité.

La chimie

Les critères suivants permettent de préciser le type de chimie qui est pris en compte dans le modèle de dispersion :

- "chimie simplifiée" : ce critère est sélectionné pour préciser que la chimie prise en compte concerne essentiellement des réactions simples pouvant être traitées séparément les unes des autres et faisant intervenir uniquement les polluants émis par une source. Les transformations chimiques sont traitées en utilisant des décroissances linéaire ou exponentielle selon les cas. Les constantes de temps relatives aux réactions peuvent parfois être une données d'entrée que l'utilisateur doit fournir.
- "chimie atmosphérique complexe" : ce critère est sélectionné pour préciser que les phénomènes de chimie atmosphérique sont pris en compte par la résolution d'un ensemble de réactions chimiques.

Les particules

Les critères suivants permettent de préciser si le transport et la dispersion des particules sont pris en compte dans le modèle :

- "particules" : ce critère est sélectionné pour spécifier que le transport et la dispersion de particules est pris en compte.
- "sédimentation" : ce critère est sélectionné pour préciser que les phénomènes de sédimentation des particules sont traités.

Les dépôts au sol

Les critères suivants permettent de distinguer les types de dépôt pris en compte par le modèle de dispersion :

- "dépôt sec" : ce critère est sélectionné pour préciser que les phénomènes de dépôt sec au sol sont pris en compte.
- "dépôt humide" : ce critère est sélectionné pour préciser que les phénomènes de dépôt humide sont pris en compte (lessivage par les précipitations atmosphériques).

La radioactivité

Les critères suivants permettent de décrire rapidement quels sont les phénomènes spécifiques aux émissions radiologiques qui sont pris en compte par le modèle de dispersion :

- "décroissance radioactive" : ce critère est sélectionné pour préciser que le phéno-

mène de décroissance radioactive est pris en compte.

- "filiation radioactive" : ce critère est sélectionné pour préciser que la filiation entre radionucléides est pris en compte.
- "calcul de débit de dose" : ce critère est sélectionné pour préciser que le calcul des débits de dose radiologique est pris en compte.

Annexe B

Les données d'entrée

Les données géographiques

Les critères suivants permettent de décrire globalement le type de données géographiques que le modèle prend en compte :

- "relief" : ce critère est sélectionné pour préciser que le modèle prend en compte des données de relief, soit dans un format spécifique, soit au format de l'IGN.
- "obstacles" : ce critère est sélectionné pour préciser que le modèle prend en compte des informations géométriques concernant la position et les dimensions des obstacles.
- "catégories de sol" : ce critère est sélectionné pour préciser que le modèle prend en compte des informations sur la nature du sol (catégorie landcover par exemple).

Les données météorologiques

Les critères suivants apportent des informations complémentaires sur l'origine des données météorologiques qu'il faut utiliser en entrée du modèle :

- "mesures météorologiques" : ce critère est sélectionné pour préciser que le modèle accepte des données issues de mesures de terrain. Il n'est pas détaillé si ces mesures proviennent de stations au sol, de radiosondages.
- "pré-processeur météorologique" : ce critère est sélectionné pour préciser que le modèle utilise des données fournies par un pré-processeur météorologique. Dans ce cas, le pré-processeur renvoie au modèle des informations concernant la structure verticale de l'atmosphère (longueur de Monin-Obukhov, vitesse convective, hauteur de la couche limite atmosphérique). Le pré-processeur météorologique utilise en général des informations de lieu (longitude, latitude), de temps (jour de l'année, heure de la journée) et des mesures provenant des stations météorologiques. Le pré-processeur météorologique utilisé par le modèle, lorsqu'il est identifié, est indiqué dans le champ texte relatif aux modèles liés.
- "résultats de calcul 3D" : ce critère est sélectionné pour préciser que le modèle utilise un champ météorologiques 3D provenant d'un modèle météorologique.

Les données d'émissions

Les critères suivants permettent d'identifier la provenance des données d'émissions qu'il faut rentrer dans le modèle :

- "quantités rejetées" : ce critère est sélectionné pour signaler qu'il faut spécifier au modèle les quantités de polluants rejetées.
- "modèle d'émission" : ce critère est sélectionné pour signaler que les quantités de polluants rejetées proviennent d'un modèle spécifique d'émission.

Les données de sortie

Les formats de sortie

Les critères suivants permettent de préciser le format des données de sortie du modèle :

- "fichiers ASCII" : ce critère est sélectionné lorsque les données de sortie du modèle sont dans un format texte.
- "cartographies" : ce critère est sélectionné lorsque les données de sortie sont présentées sous forme de cartographie. Si un post processeur externe est utilisé, alors son nom est indiqué dans le champ texte (logiciel post traitement).
- "tracés 3D" : ce critère est sélectionné lorsque les données de sortie sont des fichiers ou des tracés 3D. Si un post processeur externe est utilisé, alors son nom est indiqué dans le champ texte (logiciel post traitement).
- "affichage WEB" : ce critère est sélectionné lorsque les données de sortie sont présentées sur un site internet.

Les grandeurs calculées

Les critères suivants permettent de préciser quelles sont les grandeurs typiques disponibles en sortie du modèle :

- "concentration moyenne" : ce critère est sélectionné lorsque le modèle calcule des concentrations moyennes.
- "percentiles" : ce critère est sélectionné lorsque le modèle calcule des percentiles.
- "dépôt sec" : ce critère est sélectionné lorsque le modèle calcule des dépôts secs.
- "dépôt humide" : ce critère est sélectionné lorsque le modèle calcule des dépôts humides.
- "écart-type" : ce critère est sélectionné lorsque le modèle calcule des écarts-types de concentration.

La répartition temporelle des données de sortie

Les critères suivants permettent de préciser la période sur laquelle sont calculées les différentes grandeurs :

- "moyenne par pas de temps" : ce critère est sélectionné lorsque le modèle restitue des valeurs moyennes par pas de temps.
- "moyenne annuelle" : ce critère est sélectionné lorsque le modèle calcule des moyennes annuelles.
- "fluctuations" : ce critère est sélectionné lorsque le modèle renvoie des informations sur les fluctuations de concentration.

Annexe C

Présentation du langage de programmation R

Bref historique

À l'origine fut le S, un langage pour "programmer avec des données" développé chez Bell Laboratories à partir du milieu des années 1970 par une équipe de chercheurs menée par John M. Chambers. Au fil du temps, le S a connu quatre principales versions communément identifiées par la couleur du livre dans lequel elles étaient présentées : version "originale" (Brown Book ; Becker et Chambers, 1984), version 2 (Blue Book ; Becker et collab., 1988), version 3 (White Book ; Chambers et Hastie, 1992) et version 4 (Green Book ; Chambers, 1998) ; voir aussi Chambers (2000) et Becker (1994) pour plus de détails. Dès la fin des années 1980 et pendant près de vingt ans, le S a principalement été popularisé par une mise en oeuvre commerciale nommée S-PLUS. En 2008, Lucent Technologies a vendu le langage S à Insightful Corporation, ce qui a effectivement stoppé le développement du langage par ses auteurs originaux. Aujourd'hui, le S est commercialisé de manière relativement confidentielle sous le nom Spotfire S+ par TIBCO Software.

Ce qui a fortement contribué à la perte d'influence de S-PLUS, c'est une nouvelle mise en oeuvre du langage développée au milieu des années 1990. Inspirés à la fois par le S et par Scheme (un dérivé du Lisp), Ross Ihaka et Robert Gentleman proposent un langage pour l'analyse de données et les graphiques qu'ils nomment R (Ihaka et Gentleman, 1996). À la suggestion de Martin Maechler de l'ETH de Zurich, les auteurs décident d'intégrer leur nouveau langage au projet GNU 1, faisant de R un logiciel libre. Ainsi disponible gratuitement et ouvert aux contributions de tous, R gagne rapidement en popularité là même où S-PLUS avait acquis ses lettres de noblesse, soit dans les milieux académiques. De simple dérivé "not unlike S", R devient un concurrent sérieux à S-PLUS, puis le surpasse lorsque les efforts de développement se rangent massivement derrière le projet libre. D'ailleurs John Chambers place aujourd'hui ses efforts de réflexion et de développement dans le projet R (Chambers, 2008).

Description sommaire de R

R est un environnement intégré de manipulation de données, de calcul et de préparation de graphiques. Toutefois, ce n'est pas seulement un "autre" environnement statistique (comme SPSS ou SAS, par exemple), mais aussi un langage de programmation complet et autonome. Tel que mentionné précédemment, le R est un langage principalement inspiré du S et de Scheme (Abelson et collab., 1996). Le S était à son tour inspiré de plusieurs langages, dont l'APL (autrefois un langage très prisé par les actuaires) et le Lisp. Comme tous ces langages, le R est interprété, c'est-à-dire qu'il requiert un autre programme à l'interprète à pour que ses commandes soient exécutées. Par opposition, les programmes de langages compilés, comme le C ou le C++, sont d'abord convertis en code machine par le compilateur puis directement exécutés par l'ordinateur. Cela signifie donc que lorsque l'on programme en R, il n'est pas possible de plaider l'attente de la fin de la phase de compilation pour perdre son temps au travail. D'ailleurs ! Le programme que l'on lance lorsque l'on exécute R est en fait l'interprète. Celui-ci attend que l'on lui soumette des commandes dans le langage R, commandes qu'il exécutera immédiatement, une à une et en séquence. Par analogie, Excel est certes un logiciel de manipulation de données, de mise

en forme et de préparation de graphiques, mais c'est aussi au sens large un langage de programmation interprété. On utilise le langage de programmation lorsque l'on entre des commandes dans une cellule d'une feuille de calcul. L'interprète exécute les commandes et affiche les résultats dans la cellule. Le R est un langage particulièrement puissant pour les applications mathématiques et statistiques puisque précisément développé dans ce but. Parmi ses caractéristiques particulièrement intéressantes, on note :

- langage basé sur la notion de vecteur, ce qui simplifie les calculs mathématiques et réduit considérablement le recours aux structures itératives (boucles for, while, etc.) ;
- pas de typage ni de déclaration obligatoire des variables ; programmes courts, en général quelques lignes de code seulement ;
- temps de développement très court.

Interface

R est d'abord et avant tout une application n'offrant qu'une invite de commande. En soi, cela n'est pas si différent d'un tableur tel que Excel : la zone d'entrée de texte dans une cellule n'est rien d'autre qu'une invite de commande, par ailleurs aux capacités d'édition plutôt réduites.

- Sous Windows, une interface graphique plutôt rudimentaire est disponible. Elle facilite certaines opérations tel que l'installation de packages externes, mais elle offre autrement peu de fonctionnalités additionnelles pour l'édition de code R.
- L'interface graphique de R sous Mac OS X est la plus élaborée. En outre, l'application R.app comporte de nombreuses fonctionnalités, dont un éditeur de code assez complet.
- Sous Unix et Linux, R n'est accessible que depuis la ligne de commande du système d'exploitation (terminal). Aucune interface graphique n'est offerte avec la distribution de base de R.

Peu importe la plateforme utilisée, quoique dans une moindre mesure sous OS X, nous recommandons d'interagir avec R par le biais d'un éditeur de texte pour programmeur ou d'un environnement de développement intégré.

Editeurs de texte et environnements intégrés

Dans la mesure où l'on a recours à des fichiers de script tel qu'expliqué à la section précédente, l'édition de code R est rendue beaucoup plus aisée avec un bon éditeur de texte pour programmeur ou un environnement de développement intégré (integrated development environment, IDE).

- Un éditeur de texte est différent d'un traitement de texte en ce qu'il s'agit d'un logiciel destiné à la création, l'édition et la sauvegarde de fichiers textes purs, c'est-à-dire dépourvus d'information de présentation et de mise en forme. Les applications Bloc-notes sous Windows ou TextEdit sous OS X sont deux exemples d'éditeurs de texte simples.
- Un éditeur de texte pour programmeur saura en plus reconnaître la syntaxe d'un langage de programmation et assister à sa mise en forme : indentation automatique du code, marquage des mots-clés, manipulation d'objets, etc.

- Un éditeur compatible avec R réduira, entre autres, l'opération de copiercoller à un simple raccourci clavier. Le lecteur peut utiliser le logiciel de son choix pour l'éditior de code R. Certains offrent simplement plus de fonctionnalités que d'autres.
- Dans la catégorie des éditeurs de texte, nous recommandons le vénérable et très puissant éditeur pour programmeur GNU Emacs. À la question 6.2 de la foire aux questions de R (Hornik, 2013), "Devrais-je utiliser R à l'intérieur de Emacs? ", la réponse est : "Oui, absolument". En effet, combiné avec le mode ESS (Emacs Speaks Statistics), Emacs offre un environnement de développement aussi riche qu'efficace. Entre autres fonctionnalités uniques à cet éditeur, le fichier de script et l'invite de commandes R sont regroupés dans la même fenêtre.
- Emacs est toutefois un logiciel difficile à apprivoiser, surtout pour les personnes moins à l'aise avec l'informatique.
- RStudio est un environnement de développement intégré (IDE) créé spécifiquement pour travailler avec R. Sa popularité connaît une progression foudroyante depuis 2014. Il permet de consulter dans une interface conviviale ses fichiers de script, la ligne de commande R, les rubriques d'aide, les graphiques, etc. RStudio est disponible sur les plateformes Windows, OS X et Linux.
- Il existe plusieurs autres options pour éditer efficacement du code R et le Bloc-notes de Windows n'en fait pas partie!

Nous recommandons plutôt :

1. sous Windows, l'éditeur Notepad++ additionné de l'extension NppToR (Redd, 2010), tous deux des logiciels libres, ou le partagiciel WinEdt muni de l'extension libre R-WinEdt (Ligges, 2003) ;
2. sous OS X, tout simplement l'éditeur de texte très complet intégré à l'application R.app, ou alors l'éditeur de texte commercial TextMate (essai gratuit de 30 jours) ;
3. sous Linux, Vim et Kate semblent les choix les plus populaires dans la communauté R, après Emacs et RStudio.

Répertoire de travail

Le répertoire de travail (workspace) de R est le dossier par défaut dans lequel le logiciel :

- 1) va rechercher des fichiers de script ou de données ; et
- 2) va sauvegarder l'espace de travail dans le fichier .RData.

Le répertoire de travail est déterminé au lancement de R. Les interfaces graphiques de R démarrent avec un répertoire de travail par défaut. Pour le changer, utiliser l'entrée appropriée dans le menu Fichier (Windows) ou Divers (OS X). Consulter aussi les foires aux questions spécifiques aux interfaces graphiques (Ripley et Murdoch, 2013 ; Iacus et collab., 2013) pour des détails additionnels sur la gestion des répertoires de travail.

Dans RStudio, on change le répertoire de travail via le menu Session. Avec GNU Emacs, la situation est un peu plus simple puisque l'on doit spécifier un répertoire de travail chaque fois que l'on démarre un processus R.

Bibliographie

- [1] RYCAJAL. *Neurosciences & comportements - Sciences cognitives et neurosciences*,. Archives ouvertes en ligne. 2011
- [2] GARDNER Howard, *The Mind's New Science*, 1985.
- [3] FODOR Jerry. *The Langage of Thought, Brighton*. The Harvester Press. 1975.
- [4] FODOR Jerry. *The Modularity of Mind*. MIT Press Cambridge. 1983.
- [5] BRUNO Sportisse. *Modélisation de la pollution atmosphérique*. Cours de l'école nationale des ponts et chaussées. Laboratoire commun EDF R&D-ENPC.
- [6] HODZIC Aloma. *Thèse de Doctorat en Physique et Chimie de l'Atmosphère*. Laboratoire de Météorologie Dynamique - Institut Pierre-Simon Laplace. 2005.
- [7] ALLAIRE Grégoire. *Analyse mathématique et optimisation*. Les éditions de l'Ecole Polytechnique. 2005
- [8] GONCALVES Eric da Silva. *Méthodes et Analyse Numériques*. Les Éditions de l'École Polytechnique. 2011.
- [9] LAURENT BORREL (ENM/RP), YANN ESNAULT. *Atmosphère*. INP ENM
- [10] MALARDEL. *Fondamentaux de la Météorologie*. 2003
- [11] R. PERKINS, L. SOULHAC, P. MEJEAN, I. RIOS. *Modélisation de la dispersion des émissions atmosphériques d'un site industriel - vers un guide de l'utilisateur*. RECORD 03-0805/2A. RAPPORT FINAL. 2005.
- [12] SUTHAN S. Suthersan. *"Remediation engineering : design concepts"*. CRC Press. 1996.
- [13] Benjamin LOUBET. *Concepts pour la dispersion de polluants et particules*. INRA. 1998.
- [14] H. K VERSTEEG, W. MALALASEKERA. *an introduction to computational fluid dynamics the finite volumes method*. 1995.
- [15] MICHELOT Nicolas , CARREGA Pierre , ROUIL Laurence. *Panorama de la modélisation de la dispersion atmosphérique*. Pollution atmosphérique - numéro spécial. 2015
- [16] KAMAL GUERAOU, *Analyse numérique : Méthode des volumes finis*, 2009.
- [17] PIPERNO Serge. *Systèmes hyperboliques instationnaires et méthodes de type DG*. Cermics - ENPC. 2007.

Renseignement sur l'auteur

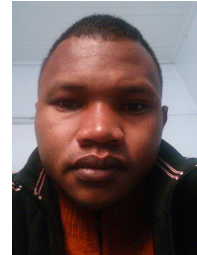
Nom : RAZAFIMAMONJY

Prénom : Andriamparanimalala

Adresse : Lot VS 99 AD/BD Ravitoto-Ambolokandrina
Antananarivo 101 MADAGASCAR

Téléphone : +261 34 46 291 34

E-mail : mamonjy16@gmail.com



Thème :

**MODÉLISATION COGNITIVE : APPLICATION AU DÉVELOPPEMENT
DE PROGRAMME DE SIMULATION DE PHÉNOMÈNE D'ADVECTION-
DIFFUSION 2D PAR LA MÉTHODE DE VOLUMES FINIS EN VUE DE
MODÉLISATION DE POLLUTION ATMOSPHERIQUE**

Nombre de pages : 58

Nombre de tableaux : 02

Nombre de figures : 30

Directeur de mémoire : **Matio ROBINSON**

Téléphone : +261 34 31 390 34

E-Mail : mat_robinson2000@yahoo.fr

Résumé

Le présent mémoire de recherche traite le problème de simulation des phénomènes d'advection et de diffusion de concentration de polluant dans un écoulement permanent 2D. La résolution du problème débute par une approche cognitive (Entrée de données - Traitements de données - Sortie de résultats), et ce, en passant par des traitements mathématiques des phénomènes physiques en question jusqu'aux simulations informatiques. Lesdites simulations sont réalisables grâce au développement d'un programme calculant la diffusion pure, l'advection pure et la combinaison advection-diffusion, et le tout, appliqué sur un domaine géographique réel de 10Km _ 10Km de superficie.

MOTS-CLES : Sciences cognitives, modélisation, pollution atmosphérique.

Abstract

The present memory of research deals with problems of simulation of the advection and diffusion phenomena in a permanent flow 2D. The resolution of the problems begins with a cognitive approach (Input data - Treatment data - Output results) and this, passing by mathematical treatments of physical phenomena in question, up to the computer simulations. Such simulations are achievable through the development of program that calculates the pure diffusion, advection pure as well the combination advection-diffusion, in a geographical field of 10Km*10Km.

KEYWORDS : Cognitive sciences, modeling, atmospheric pollution.