



Adis-TS

Documentation de l'utilisateur

Table des matières

1. Introduction.....	2
2. Les équations.....	2
3. Structure de données.....	3
3.1. Géométrie.....	3
3.2. Topologie.....	3
3.3. Conditions aux limites et apports latéraux.....	3
4. Calcul du coefficient de diffusion.....	4
4.1. Formule de Fisher (1975).....	4
4.2. Formule d'Elder (1959).....	4
4.3. Formule d'Iwasa & Aya (1991).....	5
4.4. Forme générique.....	5
5. Termes sources (second membre).....	5
5.1. Cas d'un soluté.....	5
5.2. Cas des sédiments fins (MES).....	5
6. Méthodes de résolution.....	8
6.1. Résolution de la partie transport (convection).....	8
6.2. Résolution de la partie dispersion (diffusion).....	8
7. Parallélisation du code.....	8
8. Résultats.....	9
9. Couplage avec la simulation hydraulique.....	9
10. Bibliographie.....	10
11. Installation.....	11
11.1. sur une machine sous Ubuntu.....	11
11.2. Sur une machine sous MS-Windows.....	11
12. Options de la ligne de commande.....	11
13. Déroulement du calcul et affichages en console.....	13
13.1. Capture de la sortie standard (sortie écran).....	13
13.2. Nombre de Péclet : poids de la dispersion par rapport au transport.....	14
13.3. Bilan de masse.....	14
13.4. Calcul de la contrainte au fond.....	14
14. Fichiers de résultats.....	15
15. Organisation des fichiers de données.....	16

15.1. Fichier répertoire (extension par défaut : REP).....	16
15.2. Fichier REP de la simulation hydraulique (Nouveau).....	17
15.3. Fichier de topologie (extension par défaut : NET).....	17
15.4. Fichier de paramètres numériques (extension par défaut : NUM).....	18
15.5. Fichier de définition d'un polluant (extension par défaut : POL).....	19
15.6. Fichier de coefficients de diffusion (extension par défaut : DIF).....	20
15.7. Fichier de conditions aux limites (extension par défaut : CDT).....	22
15.8. Fichier d'Apports Latéraux Distribués (extension par défaut : ALD).....	22
15.9. Fichier de conditions initiales (extension par défaut : INI).....	23
15.10. Fichier des paramètres de rugosité de peau du fond stable (extension par défaut : D90).....	24

1. Introduction

Adis-TS est un code de calcul en ligne de commande développé pour simuler le transport de polluant et de sédiments fins en suspension dans un réseau hydrographique. Ses principales caractéristiques sont les suivantes :

- Adis-TS résout en parallèle plusieurs équations de convection-diffusion 1D en formulation conservative avec termes sources. Ces équations sont couplées, généralement par l'intermédiaire de leurs termes sources.
- Les substances transportées peuvent être des solutés ou des matières en suspension (MES) pourvu que les concentrations en jeu soient suffisamment petites pour ne pas modifier les caractéristiques rhéologiques de l'eau.
- Dans le cas des MES (constituées essentiellement de sédiments fins avec un diamètre caractéristique inférieur au mm), les termes sources permettent de modéliser le dépôt et la remise en suspension.
- Adis-TS fonctionne par défaut en couplage faible (cascade) avec un code d'hydraulique à surface libre qui lui fournit l'évolution des lignes d'eau dont il a besoin. Il peut fonctionner aussi en couplage fort si on a besoin de prendre en compte l'évolution de la géométrie.
- Adis-TS lit en entrée un fichier texte qui décrit l'ensemble des données nécessaires et produit en sortie des fichiers de résultats textuels (dont des fichiers csv exploitables avec un tableur).
- Les options de la ligne de commande permettent également d'extraire des résultats et de les présenter sous forme graphique, pourvu que gnuplot soit disponible sur la machine utilisée.
- Adis-TS est un code de calcul parallélisé ; il peut utiliser plusieurs processeurs (cœurs) d'une même machine (mémoire partagée).

2. Les équations

Adis-TS résout l'équation de transport-dispersion unidimensionnelle sous sa forme conservative :

$$\frac{\partial(SC)}{\partial t} + \frac{\partial(QC)}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left(D_f S \frac{\partial C}{\partial x} \right) = f(S, Q, C, \dots) \quad (1)$$

où C est la concentration, Q le débit, S la section mouillée, U la vitesse moyenne, D_f le coefficient de diffusion et f le second membre qui peut représenter un terme de disparition cinétique, des apports en débit massique (kg/s) ou des dépôt-érosion.

3. Structure de données

Les données sont structurées à l'aide de types dérivés Fortran (~classes). Ces types dérivés sont regroupés dans un module (conteneur regroupant des déclarations de types, des données, des fonctions et des sous-programmes).

3.1. Géométrie

Les données géométriques sont définies à partir de points (*point2D*, *pointXYZ*, etc.) et de profils en travers (*profil*, *profilAC*) qui sont essentiellement des listes de points. Pour les besoins du calcul on distingue les données géométriques brutes fournies sous la forme de profils en travers définis par des points en coordonnées (x,y,z) (par ex. coordonnées Lambert III + altitude) et les données géométriques tabulées utilisables par les modules de calcul. Ces données tabulées réduisent l'information géométrique au strict nécessaire, c'est-à-dire, en fonction de la profondeur, la largeur au miroir, la section mouillée et le périmètre mouillé. Une des principales caractéristiques des données géométriques tabulées est qu'elles oublient toute information sur la forme du profil et en particulier toute distinction entre rive gauche et rive droite.

Le type-dérivé *profil*, associé à des routines utilitaires de transformation, regroupe les deux présentations des données géométriques ce qui autorise la modification des données brutes sous l'effet de l'écoulement (localisation latérale des dépôts et des érosions) et la mise à jour correspondante des données tabulées.

Dans la version actuelle d'Adis-TS, chaque profil en travers est découpée en 3 lits, un lit mineur, un lit moyen gauche et un lit moyen droit. Cela permet d'assurer aisément le couplage faible avec MAGE qui utilise une structuration en lits composés avec un lit mineur et un lit moyen à travers la formulation Debord.

3.2. Topologie

La topologie du réseau hydrographique est représentée à l'aide du type-dérivé *rezo*. Il est constitué de branches (*bief*) interconnectées par des nœuds (*noeud*). À cela s'ajoutent des données et fonctions utilitaires permettant de parcourir le réseau, d'accéder et manipuler les données qui lui sont reliées telles que les conditions aux limites et les apports aux nœuds, ainsi que la géométrie de chaque section de calcul.

Une des fonctions principales du module de topologie est de classer les branches du réseau dans un ordre amont → aval compatible avec les contraintes hydrauliques aux confluent et diffluences.

3.3. Conditions aux limites et apports latéraux

Les conditions aux limites sont les apports en matière (polluant et/ou MES) aux nœuds entrants (débit hydraulique positif, vitesse positive) du réseau. Les conditions aux limites sont des concentrations imposées, la masse entrant dépend donc du débit d'eau entrant au même nœud.

Les conditions aux limites aval (sorties du réseau) sont de type sortie libre (Neumann homogène).

Les apports latéraux sont les apports à l'intérieur des branches, ils sont définis comme des apports diffus (apports répartis le long d'un tronçon) mais on peut considérer des tronçons très courts pour simuler des apports quasi-ponctuels. Ces apports sont des débits massiques (kg/s) et non des concentrations¹, ils sont transformés et utilisés sous la forme de débits massiques par unité de longueur (kg/s/m). Contrairement aux apports aux entrées du modèle (conditions aux limites), les apports latéraux sont pris en compte par le second membre de l'équation de convection-diffusion.

4. Calcul du coefficient de diffusion

Le coefficient de diffusion correspond à la somme de trois phénomènes : la diffusion moléculaire, la diffusion turbulente et la dispersion.

$$D_f = D_{mol} + D_{turb} + D_{disp} = D_{mol} + D_{mix} \quad (2)$$

La diffusion moléculaire correspond au mouvement aléatoire des particules et peut être considéré comme négligeable. D_{mol} est pris égal à 10^{-8} m²/s. La diffusion turbulente est liée au mélange induit par les vitesses turbulentes de l'écoulement. Enfin, la dispersion correspond au mélange induit par les variations spatiales de la vitesse de l'écoulement.

Adis-TS peut utiliser plusieurs formules différentes pour calculer le coefficient de diffusion. Les formules disponibles sont celles d'Elder, de Fisher et d'Iwasa. Chacune de ces formules utilise le coefficient de Strickler, Adis-TS utilise ici le même coefficient de Strickler que le modèle hydraulique, c'est-à-dire le coefficient de Strickler servant à modéliser la résistance à l'écoulement dans son ensemble et non pas seulement le frottement sur le fond et les berges.

4.1. Formule de Fisher (1975)

$$D_{mix} = \frac{\alpha_F \cdot L^2 \cdot K \cdot |U|}{\sqrt{g} \cdot H^{5/6}} \quad (3)$$

où α_F est un coefficient de calage (qui est de l'ordre de 0,011 d'après Fisher, 1975), L est la largeur de l'écoulement (Adis-TS utilise une largeur équivalente c'est-à-dire le rapport de la section mouillée à la profondeur), H est la profondeur et K le coefficient de Strickler.

L'intérêt principal de la formule de Fisher est de faire intervenir la largeur au carré et donc d'augmenter considérablement la valeur du coefficient D dans les zones d'élargissement qui favorisent par nature la dispersion.

4.2. Formule d'Elder (1959)

$$D_{mix} = \alpha_E \cdot \sqrt{g} \cdot \frac{H^{5/6} \cdot |U|}{K} \quad (4)$$

Pour α_E on utilise des valeurs de l'ordre de 100 en rivière et 10 en canal expérimental.

1 On ne peut pas introduire une concentration sans avoir le débit d'eau qui va avec car la concentration seule ne donne pas la masse introduite.

4.3. Formule d'Iwasa & Aya (1991)

$$D_{mix} = \alpha_{IA} \cdot \sqrt{g} \cdot \frac{L^{3/2} \cdot |U|}{K \cdot H^{2/3}} \quad (5)$$

La valeur par défaut du coefficient α_{IA} est prise égale à 2.

4.4. Forme générique

Les formules ci-dessus peuvent se mettre sous la forme générique suivante :

$$D_{mix} = \alpha \cdot H \cdot U_* \cdot \left(\frac{U}{U_*}\right)^b \cdot \left(\frac{L}{H}\right)^c \quad (6)$$

L est la largeur au miroir et U_* est défini par $U_* = \sqrt{\frac{\tau}{\rho}} = \sqrt{\frac{g U^2}{K^2 R_H^{1/3}}} = \sqrt{g} \frac{U}{K R_H^{1/6}}$ où K est le coefficient de Strickler du modèle. Ce qui donne :

$$D_{mix} = \alpha \cdot H \cdot \sqrt{g} \frac{U}{K R_H^{1/6}} \cdot \left(\frac{K R_H^{1/6}}{\sqrt{g}}\right)^b \cdot \left(\frac{L}{H}\right)^c \quad (7)$$

Dans le cas de rivières larges on peut assimiler le rayon hydraulique à la profondeur, ce qui nous donne ici :

$$D_{mix} = \alpha \cdot \sqrt{g} \cdot \frac{H^{5/6} \cdot U}{K} \cdot \left(\frac{K H}{\sqrt{g}}\right)^b \cdot \left(\frac{L}{H}\right)^c \quad (8)$$

La formule d'Elder correspond à $b = c = 0$, celle de Fisher à $b = c = 2$ et celle d'Iwasa et Aya à $b = 0$ et $c = 1,5$.

5. Termes sources (second membre)

C'est par l'intermédiaire des termes sources que se réalise le couplage entre les différentes équations résolues en parallèle.

5.1. Cas d'un soluté

Dans le cas d'un soluté l'hypothèse actuelle est de le considérer comme conservatif, le terme source correspondant est donc nul.

5.2. Cas des sédiments fins (MES)

L'équation avec termes source s'écrit :

$$\frac{\partial(S \cdot C)}{\partial t} + \frac{\partial(Q \cdot C)}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left(D_f \cdot S \cdot \frac{\partial C}{\partial x} \right) = f(S, Q, C, \dots) = (E - D) \cdot L_z + q_L C_L \quad (9)$$

où C est la concentration (en kg/m^3 ou g/L), S la section mouillée (en m^2), Q le débit liquide (en m^3/s , $Q = S \cdot V$ avec V la vitesse moyenne ou vitesse débitante en m/s), D_f le coefficient de diffusion (en m^2/s). E est le taux d'érosion en $\text{kg/m}^2/\text{s}$, D est le taux de dépôt en $\text{kg/m}^2/\text{s}$, L_z est la largeur au miroir (largeur de l'écoulement), q_L est le débit d'apport latéral (en $\text{m}^3/\text{s}/\text{m} = \text{m}^2/\text{s}$) et C_L (en $\text{kg/m}^3 = \text{g/L}$) est la concentration dans les apports latéraux.

5.2.1. Terme source pour une classe de sédiment

On décrit d'abord le cas d'un sédiment unique, caractérisé par un diamètre, on généralisera ensuite au cas d'un mélange de plusieurs sédiments. L'équation d'advection-dispersion détermine l'influence de la charge en MES sur la géométrie par la différence entre les taux d'érosion (E) et de dépôt (D). La formulation proposée ici (Eq. 10) agrège les équations proposées par Partheniades (1965) pour le taux d'érosion E et Krone (1962) pour le taux de dépôt D .

$$(E - D) = a_{PD} \cdot (C_{eq} - C) \cdot \frac{W_s}{H} \quad (10)$$

où a_{PD} est un coefficient de calage, W_s est la vitesse de chute des particules solides et H est la profondeur d'eau moyenne.

Fondamentalement, il y a érosion si la concentration d'équilibre est supérieure à la concentration moyenne calculée par le modèle. Il faut cependant noter que certains auteurs critiquent l'application de cette règle pour les sédiments très fins cohésifs (*wash load*). La distinction entre sédiments cohésifs et non-cohésifs n'est pas faite dans ce modèle. Il est possible de prendre en compte une particularité des sédiments cohésifs en imposant une valeur de contrainte critique d'érosion (estimée par défaut à partir du diagramme de Shields).

La section de rivière (profil en travers) est partagée entre le lit mineur (*main channel*) et le lit moyen (*medium channel*) souvent assimilé à la plaine d'inondation (*flood plain*). Le dépôt des sédiments fins est supposé uniforme dans les deux lits. La répartition des débits entre lits mineur et moyen est déterminée à l'aide de la formulation Debord (Nicollet & Uan, 1969), ce qui permet d'estimer la contrainte au fond dans chacun des deux lits et d'en déduire :

$$(E - D) \cdot W = a_{PD} \cdot e_{disp,m} \cdot (C_{eq,m} - C) \cdot \frac{W_s}{H_m} \cdot L_{mz} + a_{PD} \cdot e_{disp,M} \cdot (C_{eq,M} - C) \cdot \frac{W_s}{H_M} \cdot L_{Mz} \quad (11)$$

où $H_{m/M}$ est la profondeur moyenne dans le lit mineur|Moyen et L_{mz} et L_{Mz} sont les largeurs au miroir dans le lit mineur et le lit moyen. On suppose de plus que la concentration est homogène dans la section.

Le coefficient e_{disp} donne une indication sur la quantité de sédiment disponible à la suite des événements passés. L'estimation de ce coefficient est basée sur la méthode choisie pour décrire la géométrie d'une section de rivière.

Dans le cas de l'érosion ($C_{eq} > C$), $e_{disp,m|M} = 1$ tant que la quantité de sédiments dans le chenal est positive, i.e. $M_{f,s,m|M} > 0$ ($e_{disp,m|M} = 0$ si $M_{s,m|M} = 0$). Dans le cas d'un dépôt ($C_{eq} \leq C$), $e_{disp,m|M} = 1$.

5.2.2. Calcul de la concentration d'équilibre

La concentration d'équilibre dans le lit mineur et le lit moyen peut être définie comme une fonction de la contrainte au fond effective $\tau_{m|M}$ adimensionnalisée par sa valeur critique de mise en mouvement (Partheniades 1965) :

$$C_{eq,m|M} = C_0 \left(\frac{\tau_{m|M}}{\tau_{cr}} - 1 \right)^\alpha \quad (12)$$

où C_0 et α sont des coefficients de calage ($\alpha = 1$ en première approximation). Il faut noter que C_0 a la dimension d'une concentration (g/l).

La contrainte au fond effective est calculée dans chaque lit par la formule suivante :

$$\tau_m = \frac{\rho g H_m V_m^2}{K_{s,m}^2 R_{hm}^{4/3}} \quad \tau_M = \frac{\rho g H_M V_M^2}{K_{s,M}^2 R_{hM}^{4/3}} \quad (13)$$

où le coefficient de Strickler de peau $K_{s,m|M}$ est estimé à partir de la formule proposée par Strickler (1923) :

$$K_{s,m|M} = \frac{21}{d_{50,m|M}^{1/6}} \quad (14)$$

ou par celle de Meyer-Peter & Muller :

$$K_{s,m|M} = \frac{26}{d_{90,m|M}^{1/6}} \quad (15)$$

Cependant dans le cas de la modélisation de sédiments fins en suspension, il peut être plus approprié de calculer la contrainte en prenant en compte la résistance à l'écoulement globale au lieu du frottement sur le fond, et donc de remplacer les coefficients de Strickler de peau par les coefficients de Strickler du modèle hydraulique obtenus par calage.

La contrainte critique de mise en mouvement τ_{cr} est calculée en utilisant le paramètre de Shields θ_{cr} avec l'approximation de Soulsby & Whitehouse 1997 :

$$\theta_{cr} = \frac{0,24}{d_{fs}^*} + 0,055 \left[1 - \exp(-0,02 d_{fs}^*) \right] \quad \text{et} \quad \tau_{cr} = \theta_{cr} \cdot g \cdot (\rho_{fs} - \rho) \cdot d_{fs} \quad (16)$$

où $d_{fs}^* = \left[\left(\frac{\rho_{fs}}{\rho} - 1 \right) g / \nu^2 \right]^{1/3} \cdot d_{fs}$ est le diamètre adimensionnel de référence des particules du sédiment, ν est la viscosité cinématique ($\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$), ρ est la masse volumique de l'eau prise égale à 1000 kg/m^3 et ρ_{fs} celle du sédiment fin qui est de l'ordre de 2650 kg/m^3 pour les sédiments non cohésifs mais peut prendre des valeurs beaucoup plus faibles pour les sédiments cohésifs sous la forme de floes.

5.2.3. Calcul de la vitesse de chute des sédiments

La vitesse de chute W_s est estimée de la façon suivante :

$$W_s = \frac{\nu}{d_{fs}} \left[\sqrt{\frac{1}{4} \left(\frac{A}{B} \right)^{2/m} + \left(\frac{4}{3} \frac{(d_{fs}^*)^3}{B} \right)^{1/m}} - \frac{1}{2} \left(\frac{A}{B} \right)^{1/m} \right]^m \quad (17)$$

où A , B et m sont des coefficients qui dépendent de la forme des grains (Camenen, 2007).

<i>Types de particule</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>m</i>
Particules sphériques	24,0	0,39	1,92
Galets lisses	24,5	0,62	1,71
Sable naturel	24,6	0,96	1,53
Sable concassé	24,7	1,36	1,36
Cylindres longs	36,0	1,51	1,40
Limon, particules cohésives	38,0	3,55	1,12
Floes	26,8	2,11	1,19

Tableau 1: Coefficients A, B et m pour les principaux types de particule

5.2.4. Cas de plusieurs classes de sédiments

C'est ici que se fait le couplage entre les équations de convection-diffusion qui permettent de simuler chacune le devenir d'une classe de sédiment fin. Le dépôt des sédiments en suspension est contrôlé par la concentration totale en sédiments fins. Le couplage est donc réalisé en utilisant pour la variable C dans l'équation 10 la concentration totale en sédiments fins c'est-à-dire la somme des concentrations de chacune des classes de sédiments présents.

Le calcul de la contrainte au fond est basé sur une estimation d'un strickler de peau représentant le frottement pur et non le strickler du modèle hydraulique qui représente lui la résistance à l'écoulement et donc intègre d'autres facteurs de perte d'énergie que le frottement sur le fond et les berges.

Le strickler de peau est une fonction du d_{90} qui dépend des sédiments déposés au fond. Si dans une section, il n'y a pas de sédiment déposé au fond, le d_{90} utilisé est celui du fond stable, s'il y a un ou plusieurs sédiments déposés au fond, le d_{90} utilisé est le diamètre caractéristique du sédiment le plus grossier présent dans le dépôt.

6. Méthodes de résolution

L'équation de convection-diffusion se compose d'un opérateur de transport (convection) et d'un opérateur de dispersion (diffusion). Ces deux opérateurs ont des propriétés mathématiques différentes, l'opérateur de transport étant de type hyperbolique et celui de dispersion de type parabolique. La principale différence tient dans le fait qu'un opérateur parabolique a un effet régularisant sur les conditions initiales alors qu'au contraire un opérateur hyperbolique peut faire apparaître des discontinuités (chocs) même à partir d'un état initial continu. Compte tenu de cela, il est naturel de choisir pour chacun des opérateurs, une méthode numérique particulière adaptée à ses caractéristiques mathématiques.

À chaque pas de temps on résout d'abord une équation de transport pur avec terme source nul. La solution obtenue sert d'état initial pour l'équation de dispersion avec termes sources.

6.1. Résolution de la partie transport (convection)

Le schéma numérique utilisé est un schéma explicite TVD de Lax-Wendroff avec limiteur de flux. On reprend ici le travail réalisé par Sébastien Martin (stage TFE ECL 2002) pour une précédente version d'Adis. L'algorithme de calcul a été adapté pour prendre en compte automatiquement (ignorer) les sections singulières de Mage (pas d'espace nul).

6.2. Résolution de la partie dispersion (diffusion)

Le schéma numérique utilisé est un schéma semi-implicite en temps de Crank-Nicholson standard qui conduit à la résolution d'un système linéaire tridiagonal. La résolution de ce système linéaire est faite par une méthode d'élimination de Gauss adaptée ou par l'algorithme de Thomas.

7. Parallélisation du code

La résolution d'un pas de temps d'une équation de convection-diffusion est essentiellement l'enchaînement de deux sous-programmes, le premier étant chargé de réaliser l'étape de transport et le second l'étape de diffusion. L'organisation générale du calcul dans Adis-TS est

une boucle sur le temps avec à chaque pas de temps une boucle sur l'ensemble des équations à résoudre et dans cette boucle interne, l'appel des deux sous-programmes *convection* et *diffusion*.

La technique de parallélisation utilisée ici est la parallélisation à mémoire partagée : le programme Adis-TS est exécuté sur une machine unique ayant plusieurs cœurs de calcul (plusieurs processeurs) entre lesquels on va répartir le travail. L'outil de parallélisation utilisé est OpenMP qui est une norme de programmation disponible pour le C++ et le Fortran. La stratégie mise en œuvre consiste à répartir les pas de la boucle interne (celle sur les équations à résoudre, c'est-à-dire sur les polluants) entre les différents processeurs disponibles. Ainsi, si on dispose d'une machine à 2 cœurs et que l'on doit simuler le comportement de 4 classes granulométriques de sédiments fins en suspension, chaque cœur va se voir attribuer la résolution de 2 équations.

Adis-TS utilise aussi OpenMP pour paralléliser des boucles de calcul dans la phase de préparation d'un pas de temps – par exemple pour la lecture ou l'interpolation d'une ligne d'eau à partir du fichier de résultat de Mage – ou dans la phase de post-traitement du pas de temps pour calculer par exemple des bilans de masse.

Le couplage entre les équations ne se faisant que par les termes sources, la plus grande partie des calculs nécessaires à la résolution d'une équation est complètement indépendante des calculs pour une autre équation. Cette quasi-indépendance permet de réduire à presque rien les échanges nécessaires entre cœurs de calcul et, partant, de maximiser l'efficacité de la parallélisation.

8. Résultats

Les résultats produits par Adis-TS sont :

- Des résultats bruts de concentration et de masse de sédiment déposée dans chacun des 3 lits (mineur, moyen gauche et moyen droit) en chaque point de calcul et selon un pas de temps à choisir (pas trop petit) par l'utilisateur. Ces résultats sont stockés sous forme binaire. À chaque pas de temps de stockage on écrit $4 \times 4 \times N$ octets où N est le nombre de points de calcul, soit environ 16 Ko pour 1000 points de calcul. On a un fichier binaire par polluant ou classe granulométrique suivi.
- Des résultats plus synthétiques dans des fichiers texte au format CSV (*Comma Separated Values*). Ces fichiers sont également écrits selon un pas de temps (différent du précédent) à choisir par l'utilisateur. On a un fichier par polluant ou classe granulométrique suivi. Ces résultats sont :
 - les concentrations en des points de calcul particuliers choisis par l'utilisateur ;
 - pour chaque bief : le cumul de masse entrée, le cumul de masse sortie, le stock dans l'eau, le stock déposé au fond et le bilan de masse depuis le début de la simulation.

9. Couplage avec la simulation hydraulique

Le couplage avec la simulation hydraulique peut être de 2 types, faible ou fort.

Le couplage faible, celui mis en œuvre pour les versions d'Adis-TS sans charriage ni mise à jour de la géométrie, consiste à réaliser en cascade la simulation hydraulique puis la simulation du transport avec Adis-TS. Il n'y a aucune rétroaction d'Adis-TS sur la simulation hydraulique.

Le couplage fort consiste à relancer la simulation hydraulique en tant que de besoin quand Adis-TS modifie significativement la géométrie afin de prendre en compte l'influence de cette géométrie modifiée sur l'écoulement. Le couplage fort repose donc sur les fonctions suivantes :

- Adis-TS :
 - modification de la géométrie en fonction des dépôts et érosions ;
 - export de la géométrie modifiée dans le même format que celui utilisé par Adis-TS et Mage à partir de la version 8 ;
 - suspension de la simulation et lancement de Mage sur une période de temps bien choisie ;
 - relecture des nouveaux résultats hydrauliques et reprise de la simulation ;
 - gestion des erreurs en cas d'échec de la simulation hydraulique ;
- Mage :
 - archivage des simulations permettant de garder une trace des simulations hydrauliques intermédiaires ;

10. Bibliographie

- Camenen, B. (2007), *A simple and general formula for the settling velocity of particles in suspension*, J. Hydraulic Eng. 133(2), 229–233.
- Krone, R. (1962), *Flume studies of the transport of sediment in estuarial shoaling processes : final report*, Rapport technique, Hydraulic Eng. Lab. and Sanitary Eng. Res. Lab., University of California, Berkeley, Californie, USA.
- Martin, S. (2002), *Réalisation d'un code de dispersion de polluant en rivière*, mémoire de stage de fin d'étude, École Centrale de Lyon.
- Nicollet, G. & Uan, M. (1979), *Écoulements permanents surface libre en lits composés*, La Houille Blanche 1, 21– 30.
- Partheniades, E. (1965), *Erosion and deposition of cohesive soils*, J. Hydraulic Division 91, 105–139.
- Strickler A. (1923), *Beiträge zur Frage der Geschwindigkeitsformel und der Rauigkeitszahlen für Ströme, Kanäle und Geschlossene Leitungen*, Mitteilungen des eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft, N° 16, Berne, Suisse.
- Soulsby, R. L. & Whitehouse, R. J. S. W. (1997), *Threshold of sediment motion in coastal environment*, Proc. Pacific Coasts and Ports'97 Conf., University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, pp. 149–154.

11. Installation

11.1. sur une machine sous Ubuntu

Le plus simple est d'installer Adis-TS dans votre dossier personnel (votre *home*). Pour pouvoir définir une commande *adis-ts* utilisable dans un terminal depuis n'importe quel répertoire, la méthode la plus simple est de définir un dossier nommé *bin* à la racine de votre *home* puis de placer la commande *adis-ts* dans ce dossier. Dans le cas présent la commande sera un simple lien symbolique (un raccourci) vers l'exécutable *adis-ts* copié où bon vous semble dans votre *home*. Pensez à rendre ce fichier exécutable en modifiant comme il convient ses propriétés.

Si ce n'est pas déjà fait, installez le logiciel Gnuplot (<https://www.gnuplot.info/>) qui est un logiciel libre pour tracer des courbes. La version fournie par le dépôt logiciel de votre distribution convient parfaitement.

11.2. Sur une machine sous MS-Windows

Placez l'exécutable *adis-ts.exe* dans un répertoire sur lequel vous avez les droits d'écriture. Ajoutez le chemin de ce répertoire à la variable d'environnement PATH afin de pouvoir invoquer l'exécutable *adis-ts.exe* depuis n'importe quel autre répertoire.

Si ce n'est pas déjà fait, installez le logiciel Gnuplot (<https://www.gnuplot.info/>) qui est un logiciel libre pour tracer des courbes. Assurez-vous que le chemin de l'exécutable Gnuplot a bien été ajouté à la variable d'environnement PATH.

12. Options de la ligne de commande

Adis-TS est un code de calcul qui s'utilise en ligne de commande sous Linux et sous MS-Windows. Pour lancer Adis-TS il suffit d'invoquer le nom de l'exécutable suivi de la liste des paramètres nécessaires.

Les options de la ligne de commande sont les suivantes :

- **Exécuter une simulation :**

syntaxe : `adis-ts [options] nom_rep`

options disponibles :

- ~ `-cpu=` pour définir le nombre de processeurs à utiliser
valeur par défaut : la moitié du nombre de processeurs disponibles sur la machine
- ~ `-out=` pour définir le dossier où placer les fichiers de résultats ; si ce dossier n'existe pas il est créé ; valeur par défaut : `./resultats`
- ~ `-s=` permet de fournir une date pour calculer seulement la contrainte au fond ; le résultat est dans un fichier texte nommé automatiquement
format : `-s=date` avec date sous la forme `JJJ:HH:MM:SS`
nom du fichier résultat : **contraintes_locales_date.txt**
si la date souhaitée est 0, on peut se contenter d'écrire `-s=0`
- ~ `-nc` permet d'inhiber le couplage entre les classes granulométriques pour évaluer les dépôts-érosions ; option incompatible avec `-s`
- ~ `-with_bedload` pour activer la prise en charge du transport par charriage ce qui implique la réitération de la simulation hydraulique avec Mage-8

- ~ -b version courte de -with_bedload
 - ~ -m pour forcer le lancement de Mage à l'initialisation, la simulation hydraulique est lancée avec des dates de début et de fin identiques à celles de la simulation Adis-TS parente.
 - ~ les options -nc et -s sont mutuellement exclusives
 - ~ les options -m et -with_bedload requièrent une version de Mage ≥ 8 , sinon la simulation hydraulique peut avoir été faite avec Mage-7. Le nom complet (chemin compris) de l'exécutable Mage à utiliser pour les simulations hydrauliques lancées par Adis-TS doit être défini dans une variable d'environnement nommée EXE_MAGE. Par exemple :
 - Linux : export EXE_MAGE=/home/user/bin/mage_install/mage8/mage
 - MS-Windows : set EXE_MAGE=c:\mage_install\mage8\mage.exe
- **Extraire ou tracer des résultats :**
- syntaxe:** `adis-ts -x|-p nom_bin type_courbe n_bief param`
- où :
- -x pour extraire avec affichage sur la sortie standard
 - -p pour tracer directement avec gnuplot
 - type_courbe peut prendre pour valeur : cdt|cdx, gdt|gdx, mdt|mdx, ddt|ddx
 - n_bief est un numéro de bief au sens de l'ordre du fichier NET
 - si type_courbe est en x alors param est une date en jj:hh:mm:ss ; si type_courbe est en t alors param est un pk sur le bief n_bief
- **Extraire plusieurs courbes de résultats d'un fichier BIN et les mettre dans un fichier csv :**
- syntaxe:** `adis-ts -b nom_bin type_courbe p1 PPP p2`
- où :
- nom_bin = nom du fichier BIN sous la forme nom_polluant.bin
 - type_courbe peut prendre pour valeur : cdt|cdx, gdt|gdx, mdt|mdx, ddt|ddx
 - ~ cdt|cdx : extraction de concentrations
 - ~ gdt|gdx, mdt|mdx, ddt|ddx sur nom_polluant.bin : extraction de masse « linéïque »
 - ~ gdt|gdx, mdt|mdx, ddt|ddx sur total_sediment.bin : extraction d'épaisseurs
 - ~ g,m,d → lit majeur actif gauche, lit mineur, lit majeur actif droit
 - ~ ldt|ldx, ndt|ndx, rdt|rdx sur nom_polluant.bin : extraction de la concentration d'équilibre
 - ~ p1 : si type_courbe est en x, numéro du bief où l'extraction doit être faite ; si type_courbe est en t, pas de valeur
 - ~ PPP : liste de paramètres p1,p2,p3,... de longueur quelconque dont le type dépend de la valeur de type_courbe ; les paramètres sont attachés en une seule chaîne de caractères avec des underscores comme séparateurs ; si type_courbe est en x alors les paramètres sont des dates au format jj[:hh:mm:ss] et adis-ts renvoie les résultats au premier temps de calcul supérieur ou égal à la date indiquée ; si type_courbe est en t alors les paramètres sont des couples numero_bief pk liés par un dièse, par exemple : 002#10000. (ne pas oublier le point décimal) et adis-ts renvoie les résultats au point de calcul le plus proche du pk indiqué.
 - ~ p2 (optionel) : nom de base, sans extension, pour les fichiers de sortie csv et mdata ; si p2 n'est pas fourni, le nom est calculé sur la base de la date et de l'heure.

- **Extraire plusieurs lignes d'un fichier csv et les réécrire en colonne dans un autre fichier csv en vue de les afficher sous la forme d'un histogramme :**
syntaxe : `adis-ts -c nom_csv TTT p2`
 où :
 - `nom_csv` = nom du fichier csv sous la forme `nom_polluant.csv` ou `nom_polluant_masse.csv`
 - `TTT` est une liste de dates au format `jj[:hh:mm:ss]_jj[:hh:mm:ss]_jj[:hh:mm:ss]...`
`TTT` est de longueur quelconque, les dates sont séparées par un underscore (`_`) ; il ne doit pas y avoir d'espace
 - `p2` (optionel) : nom de base, sans extension, pour les fichiers de sortie csv et mdata ; si `p2` n'est pas fourni, le nom est calculé sur la base de la date et de l'heure
- **Afficher le numéro de version :** `adis-ts -v[ersion]`
 cette option affiche également la dernière modification importante
- **Afficher l'aide sur les options de la ligne de commande :** `adis-ts -h[elp]`

13. Déroulement du calcul et affichages en console

13.1. Capture de la sortie standard (sortie écran)

Pendant le calcul Adis-TS affiche des informations dans le terminal. On peut enrichir la ligne de commande pour capturer ces sorties dans un fichier texte de façon à pouvoir les consulter ultérieurement. Pour cela (valable seulement sous Linux) au lieu de saisir la commande :

```
toto@machine : adis-ts nom_rep nb_proc outdir
```

saisir :

```
toto@machine : adis-ts nom_rep nb_proc outdir 2>&1 |tee outdir.log
```

De cette façon les données envoyées sur la sortie standard (le terminal) sont copiées dans le fichier `outdir.log` tout en étant affichées dans le terminal.

Le début de ce fichier contiendra d'abord une analyse des données et de la phase d'initialisation. Une fois le calcul commencé, Adis-TS va afficher des informations synthétiques sur le déroulement de la simulation, selon un pas de temps choisi par l'utilisateur (Voir le [fichier des paramètres numériques](#)). Ces informations ressemblent à ceci :

- Informations générales :

```
t = 199.00 jours dt moyen = 245.45455 dt inf = 198.28436 dt sup = 246.55153 Nb
de Peclet = 40000.
```

- Informations spécifique à un polluant (deux lignes par polluant) :

```
AAA-clean Cmax = 0.100E+00 Cmin = 0.509E-01 Caval = 0.509E-01
```

```
Masses : in = 159.346E+06 out = 133.501E+06 eau = 1.520E+06 fond = 24.399E+06
```

```
Bilan = 73.475E+03 (abs)
```

La ligne d'informations générales donne le pas de temps moyen utilisé par Adis-TS depuis la date de l'affichage précédent, ainsi que les pas de temps minimum et maximum sur la même période. Si ces pas de temps minimum et maximum sont très différents, cela peut signifier que le nombre de Courant, donc la vitesse de l'écoulement, varie fortement sur la période. Si on sait que ce n'est pas le cas, il faut chercher une explication.

13.2. Nombre de Péclet : poids de la dispersion par rapport au transport

La dernière information donnée sur cette ligne est le nombre de Péclet qui mesure le rapport entre transport (convection) et dispersion (diffusion). Le nombre de Péclet est défini par :

$$Pe = \frac{U \cdot \Delta x}{D} \quad (18)$$

avec U la vitesse, Δx le pas d'espace et D le coefficient de diffusion

Le nombre de Péclet est une valeur locale définie à chaque instant en chaque point de calcul, la valeur affichée est le minimum des nombres de Péclet sur tout le domaine de calcul et sur la période considérée. L'information fournie par Adis-TS est le minimum des nombres de Péclet locaux pour le pas de temps affiché.

Plus ce nombre est grand plus la dispersion (diffusion) est petite devant le transport (convection). En général, plus la part de la dispersion est importante, moins la conservation de la masse est bien respectée. Si le nombre de Péclet est trop petit, on a donc plus de risque d'avoir un bilan de masse médiocre. Comme on ne peut pas jouer sur la vitesse qui est une donnée fournie par le modèle hydraulique, ni, en principe, sur le coefficient de dispersion, qui est un paramètre de calage dirigé par les observations, la seule façon d'augmenter le nombre de Péclet est d'augmenter le pas d'espace. Il faut noter cependant que la stabilité du schéma numérique pour l'étape de transport (convection) impose au contraire de ne pas avoir un pas d'espace trop grand sous peine de produire de la dispersion numérique parasite. Il faut donc rechercher le meilleur compromis entre stabilité numérique et conservation de la masse.

13.3. Bilan de masse

Le bilan de masse est donné à l'écran pour chaque espèce (polluant ou classe granulométrique) transportée. Il est égal à la somme des masses sortant du système (sorties par les C.L. Aval), plus la variation du stock depuis l'instant initial (stock dans l'eau et stock déposé au fond, actuel moins état initial), moins la somme des masses entrant dans le système (entrées par les C.L. Amont, par les apports intermédiaires ponctuels et distribués). Si ce bilan est positif c'est qu'il sort plus de matière qu'il n'est possible. En quelque sorte la simulation crée de la matière ! Si le bilan est négatif, c'est qu'il sort moins de matière qu'il ne devrait, la variation des stocks ne correspond pas à la différence entre les entrées et les sorties. En quelque sorte la simulation détruit de la matière.

Si le stock initial dans l'eau est non nul, le bilan de masse est exprimé en pourcentage de cette masse initiale (en valeur relative). Si ce stock initial est nul, le bilan de masse est fourni en absolu.

13.4. Calcul de la contrainte au fond

L'option -s permet de réduire la simulation au calcul de la contrainte au fond avec écriture des résultats dans un fichier texte. Ce fichier texte a, grossièrement, la forme des fichiers de géométrie ST dans lesquels on aurait remplacé la colonne des altitudes z par la valeur de la contrainte au fond pour le point du profil de coordonnées x et y .

Le calcul de la contrainte au fond est basé sur la valeur du strickler de peau défini à partir du diamètre des sédiments déposés au fond à l'instant initial et pour la date de la ligne d'eau passée en paramètre avec l'option -s.

Si l'option -s est absente, la contrainte au fond est aussi calculée, mais à la date finale de la simulation et donc en tenant compte de l'état des dépôts au fond obtenu en fin de simulation.

Le strickler de peau est défini par le d90 lu dans le fichier D90 si les dépôts sont faibles (épaisseur inférieure à 30 cm), sinon à partir du d50 du sédiment le plus grossier déposé au fond. Si le fichier D90 n'existe pas, le d90 par défaut est 1 cm. La formule utilisée pour calculer la contrainte locale est définie de la façon suivante : En chaque point i du lit (mineur ou moyen), de tirant d'eau $H_i = Z_{\text{eau}} - Z_{\text{fond},i}$:

$$\tau_i = \rho g H_i \frac{V^2}{K^2 R_H^{4/3}} \quad (19)$$

avec V, K et R_H calculés en moyenne sur le lit. $R_H = A / P$ avec A l'aire mouillée du lit et P son périmètre mouillé (au fond, sans les frontières verticales eau-eau).

Pour estimer la contrainte au fond pour un d90 et une ligne d'eau donnés, il faut construire un modèle Adis-TS avec la bonne géométrie et avec un polluant quelconque, un état initial (pour ce polluant) sans dépôt au fond et un fichier D90 pour définir l'état du fond. Les données qui n'interviennent pas dans le calcul de la contrainte au fond peuvent être définies avec des valeurs par défaut sommaires. Attention cependant, si le modèle doit être ensuite utilisé pour réaliser des simulations, il faudra le compléter avec des données correctes.

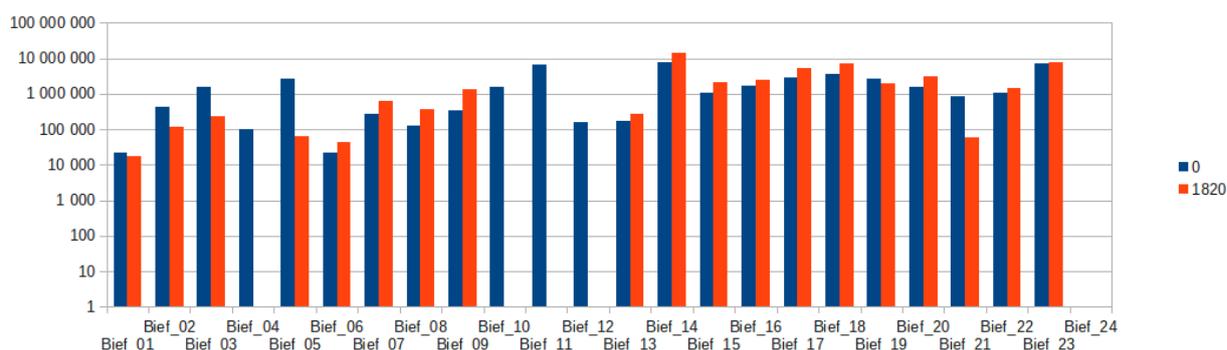
14. Fichiers de résultats

Adis-TS produit 5 types de fichiers de résultats différents :

- un fichier texte de format CSV (Comma Separated Values) par substance transportée, nommé **nom_pol.csv** où nom_pol est le nom donné à la substance transportée ; ce fichier donne, pour chaque pas de temps d'enregistrement, les concentrations en entrée et sortie de chaque bief, les concentrations aux points choisis par l'utilisateur et indiqués dans le fichier NUM, les cumuls de masses entrées et sorties du modèle, les stocks dans l'eau et déposés au fond, et enfin le bilan de masse.
- Un fichier texte de format CSV (Comma Separated Values) par substance transportée, nommé **nom_pol_masse.csv** où nom_pol est le nom donné à la substance transportée ; ce fichier donne, pour chaque pas de temps d'enregistrement, la masse actuelle stockée sur le fond dans chaque bief ainsi que les cumuls des masses entrées, sorties, dans l'eau et au fond du modèle. La dernière colonne donne le bilan de masse qui est la masse sortie + la variation du stock dans l'eau + variation du stock au fond - la masse entrée. Ce bilan est positif si le modèle « fabrique » de la matière, négatif s'il en perd. La variation du stock est calculée depuis l'instant initial, c'est donc la masse actuelle moins la masse à l'instant initial.
- Un fichier binaire pour chaque substance transportée ; ce fichier donne, pour chaque pas de temps d'enregistrement, et en chaque point de calcul, la concentration et les masses déposées sur la rive gauche, le lit mineur et la rive droite.
- Un fichier nommé **total_sediment.bin** global qui donne, pour chaque pas de temps d'enregistrement, et en chaque point de calcul, la concentration globale en sédiment fin (la somme des concentrations de chaque sédiment), et l'épaisseur déposée sur la rive gauche, le lit mineur et la rive droite. Cette épaisseur est calculée à partir de la somme des masses de chaque sédiment fin déposées au fond, pondérées par leur porosité.
- Un fichier texte nommé **contraintes_locales_jj-hh-mm-ss.txt** (cf. 13.4) dont le format est calqué sur celui des fichiers ST. jj-hh-mm-ss est la date de la ligne d'eau correspondante. Pour chaque point (X,Y) d'un profil en travers, le fichier donne :

- colonne 3 : contrainte locale
- colonne 4 : hauteur d'eau locale
- colonne 5 : rayon hydraulique pour la sous-section
- colonne 6 : vitesse moyenne de la sous-section
- colonne 7 : strickler de peau de la sous-section
- colonne 8 : nom de la sous-section

Les fichiers CSV permettent d'extraire des informations de synthèse ou locales aux points principaux du domaine simulé. Ils peuvent être importés dans un tableur quelconque pour être traités selon les besoins de l'utilisateur. On peut ainsi, par exemple, comparer les masses stockées dans chaque bief du modèle à différentes dates au cours de la simulation. Par exemple comme sur la figure suivante (ordonnées en échelle logarithmique, les dates sont en jours) :



Les fichiers binaires (*.BIN) sont des dépôts de résultats dont on peut en extraire avec la commande Adis-TS adéquate. On peut extraire essentiellement des fonctions $f(t)$ à x fixé et des fonctions $f(x)$ à t fixé. Si gnuplot (sous Linux) est installé, Adis-TS peut produire un graphique en plus d'un fichier texte. Voir les options de la ligne de commande pour les détails.

15. Organisation des fichiers de données

Les fichiers de données de Adis-TS sont organisés d'une manière analogue à ce qui est fait pour MAGE : un fichier répertoire qui contient la liste des fichiers de données. C'est ce fichier répertoire qui est passé en argument lors du lancement d'un calcul.

15.1. Fichier répertoire (extension par défaut : REP)

Ce fichier contient la liste des fichiers de données nécessaires à Adis-TS pour réaliser une simulation.

15.1.1. Exemple de fichier

```
*liste des fichiers pour le Rhône Amont
NET Haut-Rhone.net
NUM Haut-Rhone.num
REP ../HautRhoQ.REP
POL AAA-PCB.pol
POL AAA-clean.pol
```

DIF Haut-Rhone.dif

*

15.1.2. Description du format

Chaque ligne qui commence par une étoile est considérée comme un commentaire et ignorée.

La syntaxe de chaque ligne est :

AAA nom_du_fichier

où :

- AAA est un mot clé identique à l'extension par défaut pour le fichier de données.
- nom_du_fichier est le nom du fichier avec son chemin relatif ou absolu ; l'extension AAA n'est pas obligatoire

Contrairement à MAGE le fichier REP ne contient pas les noms des fichiers de résultats car ceux-ci ont un nom fixe

L'utilisateur place les fichiers de résultats dans le dossier qui lui convient en indiquant le nom du dossier sur la ligne de commande.

15.2. Fichier REP de la simulation hydraulique (*Nouveau*)

La ligne REP indique quelle est la simulation hydraulique associée. C'est le décodage de cette ligne qui permet de trouver les fichiers BIN et FIN des versions précédentes d'Adis-TS, et aussi le fichier NET de topologie s'il s'agit d'une simulation hydraulique faite avec une version de Mage supérieure ou égale à la version 8.

Si la simulation hydraulique est faite avec Mage-7, il faut fournir un fichier NET pour Adis-TS.

Si l'option `-with_bedload` est utilisée, il faut que la simulation hydraulique soit réalisée avec une version de Mage ≥ 8 , donc que le fichier REP de la simulation hydraulique référence un fichier NET pour la topologie du réseau.

15.3. Fichier de topologie (extension par défaut : NET)

Le fichier de topologie définit la liste des biefs du réseau hydrographique. Chaque bief est défini par son nom et les noms de ses nœuds amont et aval. C'est la connaissance de ces nœuds qui permet à Adis-TS de déduire la connectivité des biefs et ainsi de déterminer la topologie du réseau. En particulier il détermine automatiquement :

- les nœuds amont (entrées) et aval (sorties) du réseau ;
- l'ordre de parcours du réseau de l'amont vers l'aval.

15.3.1. Exemple de fichier

*

```
Bief_1 JAV BPN./b/Bief_1.M
Bief_2 NEY JAV./b/Bief_2.M
Bief_3 JNS NEY./b/Bief_3.M
Bief_4 VR2 JAV./b/Bief_4.M
Bief_5 JNS VR2./b/Bief_5.M
Bief_6 CS2 VR2./b/Bief_6.M
Bief_7 CS1 CS2./b/Bief_7.M
Bief_8 CS1 CS2./b/Bief_8.M
Bief_9 NEY CS1./b/Bief_9.M
Bief_10 ANT JNS./b/Bief_10.M
```

```
Bief_11 SBR ANT./b/Bief_11.M
Bief_12 VLB SBR./b/Bief_12.M
Bief_13 VLB SBR./b/Bief_13.M
Bief_14 EVI VLB./b/Bief_14.M
Bief_15 BCO EVI./b/Bief_15.M
Bief_16 BCO EVI./b/Bief_16.M
Bief_17 FUR BCO./b/Bief_17.M
Bief_18 LAV FUR./b/Bief_18.M
Bief_19 LAV FUR./b/Bief_19.M
Bief_20 CLZ LAV./b/Bief_20.M
Bief_21 MTZ CLZ./b/Bief_21.M
Bief_22 MTZ CLZ./b/Bief_22.M
Bief_23 LEM MTZ./b/Bief_23.M
Bief_24 AIN ANT./b/Bief_24.M
```

*

15.3.2. Description du format

Chaque ligne qui commence par une étoile est considérée comme un commentaire et ignorée.

Chaque ligne utile du fichier décrit un bief :

nom_du_bief Nœud_Amont Nœud_Aval fichier_de_géométrie

- Le fichier de géométrie est donné par son chemin relatif ou absolu.
- On peut utiliser des liens symboliques
- Le format du fichier de géométrie est le format ST
- Le fichier de géométrie peut être un fichier ST ou un fichier M (même format) produit par le mailleur SECMA

15.4. Fichier de paramètres numériques (extension par défaut : NUM)

Ce fichier permet de définir les paramètres numériques qui contrôlent le déroulement des calculs.

15.4.1. Exemple de fichier

```
start_date = 00 :00 :00 :00
end_date = 3650 :00 :00 :00
dt0 = 300.
theta = 0.5
dtscr = 21600.
dtbin = 864000.
dtcsv = 10800.
dtMage = 864000.
c_initiale = 0.
output = 23 75000. Pk_75000
output = 23 65000. Pk_65000
output = 14 93000. Evieu
```

15.4.2. Description du format

Chaque ligne qui commence par une étoile est considérée comme un commentaire et ignorée.

Le format de chaque ligne est :

mot_clé = valeur(s)

- `start_date` : date de début de la simulation, en jours, heures, minutes et secondes
- `end_date` : date de fin de la simulation, en jours, heures, minutes et secondes
- `dt0` : pas de temps maximal en secondes
 - le pas de temps effectif est calculé par Adis-TS pour s'adapter aux conditions d'écoulement
 - le pas de temps minimal est codé en dur et vaut 1 seconde
- `theta` : paramètre d'implication du schéma numérique pour la diffusion ; valeur recommandée : 0,5
- `dtscr` : pas de temps en secondes d'affichage à l'écran
- `dtbin` : pas de temps en secondes d'écriture des fichiers de résultats binaires
- `dtcsv` : pas de temps en secondes d'écriture des fichiers de résultats texte (fichiers csv)
- `dtMage` : pas de temps en secondes de couplage avec la simulation hydraulique : le solveur Mage est relancé toutes les `dtMage` secondes pour une simulation de `dtMage` secondes
- `c_initiale` : concentration initiale, valeur par défaut qui peut être remplacée localement, voir le fichier INI
- `output` : définition des points où l'on souhaite récupérer des résultats supplémentaires dans les fichiers csv
 - format: `output = ib pk titre`
 - `ib` = numéro du bief contenant la section où l'on veut des résultats
 - `pk` = abscisse de la section où l'on veut des résultats
 - `titre` = entête de la colonne à ajouter dans les fichiers csv
 - il faut éviter les espaces dans la chaîne de caractères `titre`

15.5. Fichier de définition d'un polluant (extension par défaut : POL)

Ce fichier décrit les caractéristiques propres à chaque polluant ou sédiment transporté. Dans le cas d'un sédiment contaminé, il faut un fichier pour la part de sédiment contaminée et un pour la part non contaminée, chacune des deux parts étant considérée par Adis-TS comme deux espèces différentes.

15.5.1. Exemple de fichier

```
*Polluant A contaminé aux PCB
name = AAA-PCB
type = 2
diametre = 0.00001
rho = 2650.
porosity = 0.4
cdc_riv = 0.
cdc_cas = 0.
apd = 0.1
ac = 0.001
bc = 1.0
file_cl = RhoneAmont.cdt
file_ini = AAA-PCB.ini
```

```
file_ald = saar.ald
```

```
*
```

15.5.2. Description du format

Chaque ligne qui commence par une étoile est considérée comme un commentaire et ignorée.

Le format de chaque ligne est : `mot_clé = valeur(s)`

- `name` : nom du polluant, celui qui apparaîtra dans les affichages et les noms des fichiers de sortie. Ne pas mettre d'espace
- `type` = type de polluant ou MES, valeur entière comprise entre 0 et 7 :
 - 0 : soluté (polluant dissous)
 - 1 : particules sphériques
 - 2 : galets lisses
 - 3 : sable naturel
 - 4 : sable concassé
 - 5 : cylindres longs
 - 6 : limon, particules cohésives
 - 7 : floes
- `diametre` : taille caractéristique du sédiment (en mètre) ; la clé d50 est aussi acceptée pour des raisons de rétro-compatibilité ; détermine la vitesse de chute du sédiment
- `rho` : masse volumique ; valeur recommandée : 2650 (kg/m³) ; détermine la vitesse de chute du sédiment
- `porosity` : porosité des sédiments fins ; valeur comprise entre 0 et 1, généralement de l'ordre de 0,4
- `cdc_riv` : coefficient de disparition cinétique du soluté (inactif si `type > 0`) en rivière
- `cdc_cas` : coefficient de disparition cinétique du soluté (inactif si `type > 0`) en casier
- `apd` : coefficient A_{PD} de la loi de dépôt-érosion ; voir chapitre 5.2.2.
- `ac` : coefficient C_0 de la formule de calcul de la concentration d'équilibre ; homogène à une concentration ; voir équation 12
- `bc` : exposant α de la formule de calcul de la concentration d'équilibre ; valeur standard : 1 ; voir équation 12
- `file_cl` : nom du fichier de conditions aux limites, pollutogrammes amont et apports massiques aux nœuds intérieurs ; les apports nuls si ce fichier est absent.
- `file_ini` : nom du fichier d'état initial ; si ce fichier est absent, les masses au fond sont nulles et les concentrations sont fixées à la valeur par défaut définie dans NUM.
- `file_ald` : nom du fichier d'apports latéraux distribués ; si ce fichier est absent les apports latéraux sont nuls.

15.6. Fichier de coefficients de diffusion (extension par défaut : DIF)

Ce fichier définit les méthodes d'évaluation des coefficients de diffusion utilisée par Adis-TS. On peut utiliser plusieurs méthodes pour différentes parties du modèle.

Chaque méthode utilise un coefficient de proportionnalité qui sert de coefficient de calage.

15.6.1. Exemple de fichier

```
*Définition des paramètres des fonctions de calcul du  
*coefficient de diffusion
```

```
*defaut = fisher 0.011
*defaut = elder 100.
defaut = iwasa 2.0
*fisher = 23 -99999. +99999. 0.011
*elder = 22 -99999. +99999. 110.
```

15.6.2. Description du format

Chaque ligne qui commence par une étoile est considérée comme un commentaire et ignorée. On peut choisir entre 5 méthodes de calcul du coefficient de diffusion : Iwasa, Fisher, Elder, constante et générique.

Dans le cas « constante », le coefficient de diffusion est la valeur fournie par l'utilisateur, il ne dépend d'aucune variable provenant des conditions d'écoulement.

Dans le cas « générique », on utilise la formule suivante (voir le document de conception) :

$$D_{mix} = \alpha \cdot \sqrt{g} \cdot \frac{H^{5/6} \cdot U}{K} \cdot \left(\frac{KH}{\sqrt{g}} \right)^b \cdot \left(\frac{L}{H} \right)^c \quad (20)$$

pour laquelle l'utilisateur doit fournir les paramètres α , b et c . La formule d'Elder correspond à $b = c = 0$, celle de Fisher à $b = c = 2$ et celle d'Iwasa à $b = 0$ et $c = 1,5$.

Le coefficient de diffusion final est toujours la somme du coefficient de diffusion moléculaire (fixé à 10^{-6} m²/s) et du coefficient fourni par la formule de calcul choisie.

On peut utiliser des méthodes différentes sur des tronçons différents.

La définition de la méthode de calcul se fait en deux niveaux :

- définition d'une méthode et d'une valeur par défaut à l'aide du mot-clé "defaut" (sans accent) :
- surcharge locale de la valeur par défaut : pour les tronçons à modifier on définit la méthode de calcul et la valeur du coefficient.

```
defaut = methode coeff b c
```

où :

- methode peut prendre les valeurs iwasa, fisher, elder, constante, generique
- coeff est la valeur du coefficient de diffusion
- b est l'exposant b (actif seulement pour la méthode générique)
- c est l'exposant c (actif seulement pour la méthode générique)

```
methode = ib pk_debut pk_fin coeff b c
```

où :

- methode peut prendre les valeurs iwasa, fisher, elder, constante, generique
- ib est le numéro du bief (rang dans le fichier NET) contenant le tronçon
- pk_debut et pk_fin sont les abscisses en long limites du tronçon
- coeff est la valeur du coefficient de diffusion
- b est l'exposant b (actif seulement pour la méthode générique)
- c est l'exposant c (actif seulement pour la méthode générique)

Les valeurs classiques des coefficients sont :

- Iwasa : 2
- Fisher : 0,011
- Elder : 100
- constante : 0,001

15.7. Fichier de conditions aux limites (extension par défaut : CDT)

Il s'agit des conditions aux limites amont qui définissent les apports de masse dans le modèle. Ces conditions ne s'appliquent que si le débit est entrant. Dans le cas des nœuds amont du modèle, il faut fournir une concentration en fonction du temps. On peut aussi définir des apports dans les nœuds intermédiaires ; dans ce cas il s'agit d'un débit massique fonction du temps. Les conditions aux limites aval (sorties) sont des conditions de type Neumann homogènes et donc ne requièrent aucune donnée.

15.7.1. Exemple de fichier

```
$AIN
*temps |concentration
*JJ:HH:MM | (g/L)
*-----+
0:00:00 0.001
1:00:00 0.001
*

$LEM
*temps |concentration
*JJ:HH:MM | (g/L)
*-----+
0:00:00 0.010
1:00:00 0.010
*
```

15.7.2. Description du format

Chaque ligne qui commence par une étoile est considérée comme un commentaire et ignorée.

On peut définir un fichier CDT pour chaque polluant. Voir le fichier POL.

Chaque apport est défini par une ligne commençant par le caractère \$ qui indique le nom du nœud qui reçoit l'apport, suivi éventuellement d'un décalage temporel en secondes, ce décalage sera ajouté aux valeurs de temps lues dans les lignes suivantes. Après cette ligne commençant par \$ on peut mettre autant de lignes que nécessaire pour décrire la fonction d'apport. Chaque ligne porte deux valeurs, la première étant une date au format [JJJ]:HH:MM

La seconde valeur est soit une concentration soit un débit massique :

- si le nœud est un nœud amont (une entrée du modèle), il faut fournir une concentration en fonction du temps (unité : kg/m^3 ou g/L)
- si le nœud est interne (non aval), il faut fournir un débit massique en kg/s

Pour chaque nœud où aucune loi n'est fournie, l'apport est nul.

On ne peut pas fournir d'apport aux nœuds aval (les points de sortie) du modèle.

Le séparateur de champ (dans une ligne, entre la date et la concentration) est l'espace, il en faut au moins 1. En particulier ne pas utiliser de tabulation.

15.8. Fichier d'Apports Latéraux Distribués (extension par défaut : ALD)

Les Apports Latéraux Distribués sont des apports de masse répartis sur un tronçon du réseau. Il s'agit de débits massiques (kg/s) fonction du temps.

15.8.1. Exemple de fichier

```
$saar 7000. 6000.  
*temps |débit massique (kg/s)  
*-----+  
000:00:00 0.000  
001:00:00 0.000  
001:00:01 1.000  
011:00:00 1.000  
011:00:01 0.000  
*
```

15.8.2. Description du format

Chaque ligne qui commence par une étoile est considérée comme un commentaire et ignorée.

On peut définir un fichier ALD pour chaque polluant. Voir le fichier POL.

Chaque apport est défini par une ligne commençant par le caractère \$ qui indique le nom du bief et les limites amont et aval, exprimées en pk, du tronçon qui reçoit l'apport, suivi d'autant de lignes que nécessaire pour décrire la fonction d'apport. Chacune de ces lignes porte deux valeurs, la première étant une date au format [JJJ]:HH:MM et la seconde valeur étant un débit massique (en kg/s).

Si les 2 pk définissant le tronçon d'apport sont identiques, l'apport sera traité comme un apport ponctuel chaque fois qu'il sera non nul.

Si les 2 pk sont différents, ils doivent être fournis dans l'ordre amont → aval. Si ce n'est pas le cas un message d'erreur fatale est émis et le programme est arrêté.

Les apports latéraux distribués sont nuls en dehors des tronçons sur lesquels on en a définis.

Le séparateur de champ est l'espace, il en faut au moins 1 entre deux champs. Ne pas utiliser de tabulation.

15.9. Fichier de conditions initiales (extension par défaut : INI)

Les conditions initiales définissent l'état initial pour chaque substance transportée. L'état initial comprend la concentration en tout point du réseau et les masses déposées au fond dans le lit mineur et les lits majeurs gauche et droit.

15.9.1. Exemple de fichier

```
*État initial pour le polluant AAA-PCB  
default = 0.0001 0.00 0.00 0.00  
*  
leman 23 99999. 99799.0278 0.0000 0.00 0.00 0.00  
usine 11 45000. 34000. 0.0001 0.00 0.01 0.00  
ain 24 38600. 0. 0.00 0.00 0.00 0.00
```

15.9.2. Description du format

Chaque ligne qui commence par une étoile est considérée comme un commentaire et ignorée.

On peut définir un fichier INI pour chaque polluant. Voir le fichier POL.

Comme pour le fichier DIF la définition des conditions initiales est faite à deux niveaux :

- définition de valeurs par défaut globales ;
- définition des valeurs pour certains tronçons par surcharge des valeurs par défaut ;

On définit chaque fois 4 valeurs :

- une concentration en g/L
- 3 épaisseurs de sédiment déposées au fond, en lit majeur gauche, lit mineur et lit majeur droit

Les épaisseurs sont indiquées en mètre

Ligne nom_tronçon = ib pk_debut pk_fin C Eg Em Ed Tau_consolidé

où :

- nom_tronçon est le nom du tronçon, choisi par l'utilisateur
- ib est le numéro du bief (rang dans le fichier NET) contenant le tronçon
- pk_debut et pk_fin sont les abscisses en long limites du tronçon
- C est la concentration, Eg, Em et Ed sont les épaisseurs de sédiment respectivement en lit majeur gauche, lit mineur et lit majeur droit
- tau_consolidé (optionnel) est un facteur multiplicatif qui permet d'augmenter localement la contrainte critique pour des dépôts consolidés ; valeur par défaut 1, une valeur nulle est remplacée par 1 comme si elle était absente.

La ligne commençant par le mot-clé `defaut` définit les valeurs par défaut.

15.10. Fichier des paramètres de rugosité de peau du fond stable (extension par défaut : D90)

Ce fichier permet de définir sous la forme d'un diamètre d_{90} la rugosité de peau du fond stable. Ce paramètre est utilisé pour calculer la contrainte au fond, c'est la valeur qui est utilisée pour les points de calcul où il n'y a pas de dépôt sur le fond.

Si ce fichier n'est pas défini, on utilise un d_{90} uniforme de 0,01 (1 cm).

Comme pour d'autres fichiers de données, on peut définir une valeur par défaut globale et des valeurs spécifiques pour des tronçons particuliers.

15.10.1. Exemple de fichier

*Diamètres caractéristiques du fond stable

defaut = 0.01

* 1 1021.8 1512.7 0.02

15.10.2. Description du format

Chaque ligne qui commence par une étoile est considérée comme un commentaire et ignorée.

Comme pour le fichier DIF la définition des d_{90} est faite à deux niveaux :

- définition de la valeur par défaut globale
- définition d'une valeur spécifique pour certains tronçons par surcharge de la valeur par défaut

Ces diamètres sont indiqués en mètre.

Ligne nom_tronçon = ib pk_debut pk_fin d90

où :

- nom_tronçon est le nom du tronçon, choisi par l'utilisateur
- ib est le numéro du bief (rang dans le fichier NET) contenant le tronçon
- pk_debut et pk_fin sont les abscisses en long limites du tronçon
- d90 est le diamètre représentatif choisi.

La ligne commençant par le mot-clé `defaut` définit la valeur par défaut.

