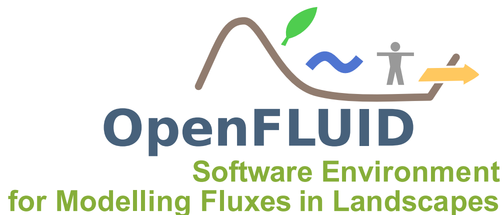


Développement de simulateurs OpenFLUID

Formation CEREG - Novembre 2013

Jean-Christophe Fabre

LISAH
Laboratoire d'étude des Interactions
Sol-Agrosystème-Hydrosystème

This document is licensed
under Creative Commons license

Plan

1. Généralités
2. Signature de simulateur
3. Code de calcul de simulateur
4. Kit de développement

Plan

1. Généralités
   - Structure d'un simulateur OpenFLUID
   - Interactions avec le framework OpenFLUID
2. Signature de simulateur
3. Code de calcul de simulateur
4. Kit de développement

Structure générale

Un simulateur est un code en C++ comprenant deux parties distinctes

- La signature
- Le corps intégrant le code de calcul ("le simulateur")

L'ensemble est intégré dans un fichier `.cpp` (et éventuellement d'autres fichiers `.cpp` et `.hpp` qui peuvent être inclus).

Ce(s) fichier(s) est(sont) compilé(s) sous la forme d'un plugin indépendant pouvant être reconnu et utilisé par le framework OpenFLUID

- nom = identifiant du simulateur
- suffixe = `_ofware-sim`
- extension = `.so` (Unix/Linux), `.dylib` (MacOSX), `.dll` (Windows)

Signature

La signature contient une description du simulateur :

- identifiant du simulateur
- variables utilisées
- variables produites
- paramètres de simulateur utilisés
- attributs spatiaux nécessaires
- évènements pris en compte
- méta-information : version, auteur(s), nom, description, . . .

La signature doit refléter le comportement du simulateur

La signature peut être consultée en ligne de commande (`openfluid -r`), ou via l'interface graphique.

Corps du simulateur

Le corps du simulateur est constitué d'une classe C++ unique.

Cette classe implémente des méthodes qui doivent être obligatoirement présentes (même si elles sont vides).

Ces méthodes correspondant à différentes phases de simulation

- Préparation
- Initialisation
- Exécution du calcul
- Finalisation

Vue d'ensemble (pseudo-simulateur)

Exemple

```
#include <openfluid/ware/PluggableSimulator.hpp>

DECLARE_SIMULATOR_PLUGIN

BEGIN_SIMULATOR_SIGNATURE("my.own.simulator")
  // ici la signature a completer
END_SIMULATOR_SIGNATURE

class MySimulator : public openfluid::ware::PluggableSimulator
{
  // ici la classe a completer
  // avec les methodes obligatoires
  // incluant le code de calcul
}

DEFINE_SIMULATOR_CLASS(MySimulator);
```

Interactions avec le framework OpenFLUID

Le framework charge dynamiquement les simulateurs constituant le modèle couplé lors des simulations.

La signature de chaque simulateur est utilisée par le framework pour

- connaître les entrées/sorties des simulateurs
- vérifier la cohérence entre simulateurs

Les méthodes définies par chaque simulateur sont exécutées (appelées) à différentes phases de simulation.

Plan

1. Généralités
2. Signature de simulateur
   - Définition du simulateur
   - Déclaration des données manipulées
3. Code de calcul de simulateur
4. Kit de développement

Identification du simulateur et autres informations

- L'identifiant du simulateur est obligatoire
- D'autres informations facultatives peuvent être ajoutées pour mieux décrire le simulateur

Exemple

```
BEGIN_SIMULATOR_SIGNATURE("formation.exemple");
  DECLARE_NAME("Simulateur exemple");
  DECLARE_DESCRIPTION("Ce simulateur est ...");

  DECLARE_VERSION("10.04");
  DECLARE_STATUS(openfluid::ware::EXPERIMENTAL);

  DECLARE_DOMAIN("formation");
  DECLARE_PROCESS("exemple");
  DECLARE_METHOD("simple");
  DECLARE_AUTHOR("Bruce Wayne","bruce@waynecorp.com");
  DECLARE_AUTHOR("Alfred Pennyworth","alfred@waynecorp.com");
END_SIMULATOR_SIGNATURE
```

Variables

Les variables déclarées doivent comporter

- un nom
- la classe d'unité à laquelle elles sont attachées
- une description et une unité SI

Pour une classe d'unité donnée, un nom de variable doit être unique

Exemple

```
BEGIN_SIMULATOR_SIGNATURE("formation.exemple");
  // variable produite
  DECLARE_PRODUCED_VAR("exemple.var0","UnitsA","variable␣0","m");
  // variable requise
  DECLARE_REQUIRED_VAR("exemple.var1","UnitsA","variable␣1","kg");
  // variable utilisee si presente
  DECLARE_USED_VAR("exemple.var2","UnitsA","variable␣2","-");
END_SIMULATOR_SIGNATURE
```

Variables et types de données

- Variable non typée : les valeurs peuvent être de n'importe quel type
- Variable typée : toutes les valeurs doivent être du type de la variable

La vérification de cohérence production/utilisation tient compte du typage/non-typage des variables

Exemple

```
BEGIN_SIMULATOR_SIGNATURE("formation.exemple");
  // variable produite
  DECLARE_PRODUCED_VAR("exemple.var0","UnitsA","variable␣0","m");
  // variable produite de type matrice
  DECLARE_PRODUCED_VAR("exemple.var4[matrix]","UnitsA","variable␣4","-");
  // variable requise
  DECLARE_REQUIRED_VAR("exemple.var1","UnitsA","variable␣1","kg");
  // variable requise de type double
  DECLARE_REQUIRED_VAR("exemple.var3[double]","UnitsA","variable␣3","?");
END_SIMULATOR_SIGNATURE
```

Attributs

Les attributs spatiaux déclarés doivent comporter

- un nom d'attribut existant
- une classe d'unité à laquelle ils sont attachés
- une description et une unité SI

Exemple

```
BEGIN_SIMULATOR_SIGNATURE("formation.exemple");
  DECLARE_REQUIRED_ATTRIBUTE("input1","UnitsA","attribute␣1","m");
  DECLARE_USED_ATTRIBUTE("input2","UnitsA","attribute␣2","-");
END_SIMULATOR_SIGNATURE
```

Paramètres

Les paramètres de simulateur déclarés doivent comporter

- un nom de paramètre
- une description et une unité SI

Exemple

```
BEGIN_SIMULATOR_SIGNATURE("formation.exemple");
  DECLARE_SIMULATOR_PARAM("param1","","-");
  DECLARE_SIMULATOR_PARAM("param2","","m/s");
END_SIMULATOR_SIGNATURE
```

Exemple complet

```
BEGIN_SIMULATOR_SIGNATURE("formation.exemple");
  DECLARE_NAME("Simulateur␣exemple");

  DECLARE_VERSION("13.06");
  DECLARE_STATUS(openfluid::ware::BETA);
  DECLARE_DOMAIN("formation");
  DECLARE_AUTHOR("Anthony␣Stark","stark@shield.org");
  DECLARE_AUTHOR("Obi-Wan␣Kenobi","kenobi@tatooine.org");

  DECLARE_PRODUCED_VAR("var.exemple.var0","UnitsA","","m");
  DECLARE_REQUIRED_VAR("exemple.var1","UnitsA","","kg");
  DECLARE_USED_VAR("exemple.var2","UnitsA","var␣2","-");

  DECLARE_REQUIRED_ATTRIBUTE("input1","UnitsA","","m");
  DECLARE_USED_ATTRIBUTE("input2","UnitsA","input␣data␣2","-");

  DECLARE_SIMULATOR_PARAM("param2","","m/s");
END_SIMULATOR_SIGNATURE
```

Plan

1. Généralités
2. Signature de simulateur
3. Code de calcul de simulateur
   - Structure
   - Manipulation de données
4. Kit de développement

Un simulateur est une classe C++

Une classe définissant un simulateur doit hériter de la classe `openfluid::ware::PluggableSimulator`

Elle doit redéfinir les méthodes publiques obligatoires suivantes:

- `initParams()`
- `prepareData()`
- `checkConsistency()`
- `initializeRun()`
- `runStep()`
- `finalizeRun()`

Classe C++ de simulateur "vide"

```
class MySimulator : public openfluid::ware::PluggableSimulator
{
  public:

    MySimulator() : PluggableSimulator() {  }
    ~MySimulator() {  }

    void initParams(const openfluid::ware::WareParams_t& Params)
    { }

    void prepareData()
    { }

    void checkConsistency()
    { }

    openfluid::base::SchedulingRequest initializeRun()
    { return DefaultDeltaT(); }

    openfluid::base::SchedulingRequest runStep()
    { return DefaultDeltaT(); }

    void finalizeRun()
    { }
};
```

Méthodes d'un simulateur (préparation)

```
void initParams(openfluid::ware::WareParams_t Params)
```

- récupération des paramètres de simulateur depuis la section `<model>`, via le paramètre `Params`

```
void prepareData()
```

- préparation des données avant vérification de cohérence

```
void checkConsistency()
```

- vérification de la cohérence interne du simulateur

Méthodes du simulateur (simulation)

```
openfluid::base::SchedulingRequest initializeRun()
```

- phase d'initialisation de la simulation : initialisation des variables produites, calcul d'invariants, mise en place de "lookup tables", chargement de fichiers propres, . . .

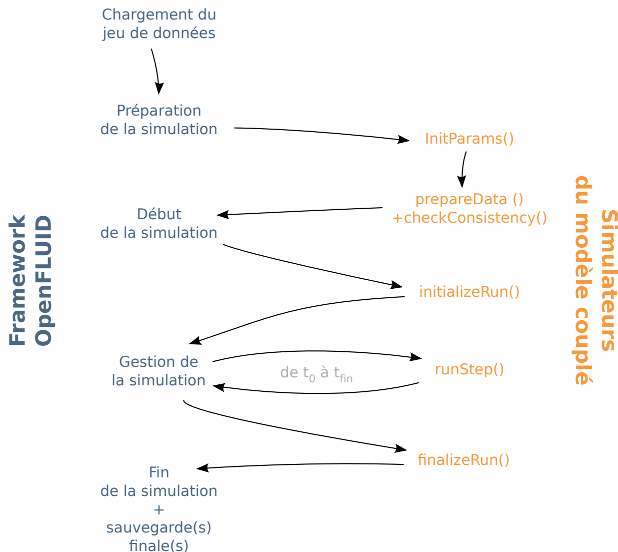
```
openfluid::base::SchedulingRequest runStep()
```

- exécution des calculs à un index de temps donné

```
void finalizeRun()
```

- phase de finalisation de la simulation : calcul de bilans, sauvegarde de fichiers propres, . . .

Séquence d'interaction avec le framework OpenFLUID



Boucles spatiales

Une boucle spatiale permet de parcourir l'ensemble des unités d'une même classe d'unité, selon leur ordre de traitement

- définition de boucle: `OPENFLUID_UNITS_ORDERED_LOOP()`
- délimitation de la boucle par un bloc d'instructions: `{ }`

Exemple

```
{
  openfluid::core::Unit* pUA;

  // boucle sur les unites de classe "UnitsA"
  // a chaque tour de boucle, pUA pointe sur l'unite courante
  OPENFLUID_UNITS_ORDERED_LOOP("UnitsA",pUA)
  {
    // effectuer ici les calculs sur l'unite courante
    // pointee par pUA
  }
}
```

Informations sur l'avancée de la simulation

Les informations temporelles sur la simulation peuvent être obtenue via les fonctions suivantes

Informations invariantes

- `OPENFLUID_GetBeginDate()` : Date de début de la période de simulation
- `OPENFLUID_GetEndDate()` : Date de fin de la période de simulation
- `OPENFLUID_GetSimulationDuration()` : Durée de la simulation en secondes
- `OPENFLUID_GetDefaultDeltaT()` : DeltaT par défaut

Informations évolutives au cours de la simulation

- `OPENFLUID_GetCurrentTimeIndex()` : Index de temps courant
- `OPENFLUID_GetCurrentDate()` : Date courante
- `OPENFLUID_GetPreviousRunTimeIndex()` : Index de temps lors de la précédente exécution du simulateur

Manipulation de variables: Initialisation

Les variables doivent être initialisées depuis la méthode `initializeRun()`

- initialisation: `OPENFLUID_InitializeVariable()`

Exemple

```
openfluid::base::SchedulingRequest initializeRun()
{
  openfluid::core::Unit* pUA;

  OPENFLUID_UNITS_ORDERED_LOOP("UnitsA",pUA)
  {
    OPENFLUID_InitializeVariable(pUA,"example.var",0.0);
  }

  return DefaultDeltaT();
}
```

Manipulation de variables: Accès

L'accès aux valeurs de variables n'est possible que depuis la méthode `runStep()`

Plusieurs approches d'accès aux variables sont possibles

- `OPENFLUID_GetVariable()` : Accès à la valeur à l'index de temps courant ou à un index de temps précédent pour la variable
- `OPENFLUID_GetLatestVariable()` : Accès à la dernière valeur disponible pour la variable
- `OPENFLUID_GetLatestVariables()` : Accès aux dernières valeurs disponibles pour la variable depuis un index de temps donné
- `OPENFLUID_GetVariables()` : Accès aux valeurs disponibles pour la variable entre deux index de temps donnés

Manipulation de variables: Accès

Exemple

```
openfluid::base::SchedulingRequest runStep()
{
  openfluid::core::Unit* pUA;
  openfluid::core::DoubleValue Value, PrevValue;
  openfluid::core::IndexedValue LatestValue;

  OPENFLUID_UNITS_ORDERED_LOOP("UnitsA",pUA)
  {
    OPENFLUID_GetVariable(pUA,"example.var",Value);
    OPENFLUID_GetVariable(pUA,"example.var",
                          OPENFLUID_GetPreviousRunTimeIndex(),PrevValue);

    OPENFLUID_GetLatestVariable(pUA,"example.var",LatestValue);
  }

  return Duration(90);
}
```

Manipulation de variables: Production

La production de valeurs de variables n'est possible que depuis la méthode `runStep()`

Une valeur de variable produite est obligatoirement indexée avec l'index de temps courant

- `OPENFLUID_AppendVariable()`

Exemple

```
openfluid::base::SchedulingRequest runStep()
{
  openfluid::core::Unit* pUA;
  openfluid::core::DoubleValue Value;

  OPENFLUID_UNITS_ORDERED_LOOP("UnitsA",pUA)
  {
    OPENFLUID_GetVariable(pUA,"example.var",Value);
    Value = Value + 1;
    OPENFLUID_AppendVariable(pUA,"example.varplus",Value);
  }

  return DefaultDeltaT();
}
```

Manipulation de variables: Mise à jour

La mise à jour de valeurs de variables n'est possible que depuis la méthode `runStep()`

Une valeur de variable ne peut être mise à jour que pour l'index de temps courant

- `OPENFLUID_SetVariable()`

Exemple

```
openfluid::base::SchedulingRequest runStep()
{
  openfluid::core::Unit* pUA;
  openfluid::core::DoubleValue Value;
  const double Adjustment = 0.005;

  OPENFLUID_UNITS_ORDERED_LOOP("UnitsA",pUA)
  {
    OPENFLUID_GetVariable(pUA,"example.var",Value);
    Value = Value + Adjustment;
    OPENFLUID_SetVariable(pUA,"example.var",Value);
  }

  return DefaultDeltaT();
}
```

Accès aux attributs spatiaux

Les attributs spatiaux ne peuvent être accédés que depuis les méthodes `prepareData()`, `checkConsistency()`, `initializeRun()`, `runStep()`, `finalizeRun()`

- `OPENFLUID_GetAttribute()`

Exemple

```
openfluid::base::SchedulingRequest runStep()
{
  openfluid::core::Unit* pUA;
  openfluid::core::DoubleValue Value,Data;

  OPENFLUID_UNITS_ORDERED_LOOP("UnitsA",pUA)
  {
    OPENFLUID_GetVariable(pUA,"example.var",Value);
    OPENFLUID_GetAttribute(pUA,"idata",Data);
    Value = Value + Data;
    OPENFLUID_AppendVariable(pUA,"example.varplusdata",Value);
  }

  return Never();
}
```

Manipulation des paramètres de simulateur

Les paramètres de simulateur ne peuvent être accédés que depuis la méthode `initParams()`

- `OPENFLUID_GetSimulatorParameter()`

Afin de pouvoir être utilisées depuis d'autres méthodes, il est préférable de stocker les valeurs des paramètres dans des attributs privés de la classe C++

Exemple

```
void initParams(openfluid::ware::WareParams_t Params)
{
  OPENFLUID_GetSimulatorParameter(Params,"paramA",&m_PA);
  OPENFLUID_GetSimulatorParameter(Params,"paramB",&m_PB);
}
```

Manipulation des connexions entre unités

Les connexions sont portées par les unités elles-mêmes, accessibles via les méthodes

- liste des unités connectées "vers" : `getToUnits()`
- liste des unités connectées "depuis" : `getFromUnits()`

Exemple

```
void prepareData()
{
  openfluid::core::Unit* pUA, pFromUA;
  openfluid::core::DoubleValue Area, AreaSum;

  OPENFLUID_UNITS_ORDERED_LOOP("UnitsA",pUA)
  {
    UpperAreaSum = 0;
    OPENFLUID_UNITS_LIST_LOOP(pUA->getFromUnits("UnitsA"),pFromUA)
    {
      OPENFLUID_GetAttribute(pFromUA,"area",&Area);
      UpperAreaSum = UpperAreaSum + Area;
    }
  }
}
```

Messages d’erreurs et d’avertissements

Il est possible de faire remonter des messages d’avertissement

- avertissements non-bloquants : `OPENFLUID_RaiseWarning()`
- erreurs stoppant la simulation : `OPENFLUID_RaiseError()`

Exemple

```
openfluid::base::SchedulingRequest runStep()
{
  openfluid::core::Unit* pUA;
  openfluid::core::IntegerValue Value;

  OPENFLUID_UNITS_ORDERED_LOOP("UnitsA",pUA)
  {
    OPENFLUID_GetVariable(pUA,"example.var",&Value);

    if (Value < 0)
      OPENFLUID_RaiseError("simulator.example","runStep()",
                           "Error message from example simulator");
  }

  return DefaultDeltaT();
}
```

Plan

1. Généralités
2. Signature de simulateur
3. Code de calcul de simulateur
4. Kit de développement
   - API et documentation
   - Environnement de développement

API OpenFLUID

Application Programming Interface = ensemble des fonctionnalités OpenFLUID disponibles pour développer des simulateurs, des observateurs, des applications logicielles, des bindings de langage, ...

Principaux espaces de nommage OpenFLUID

- `openfluid::core` (types et structures de données)
- `openfluid::base` (base de fonctionnement)
- `openfluid::ware` (branchement des plugins)
- `openfluid::tools` (outils de traitement de données réutilisables)
- `openfluid::fluidx` (gestion des descripteurs de simulation et I/O)
- `openfluid::machine` (moteur de simulation)
- `openfluid::landr` (fonctionnalités de traitement spatial)

⇒ librairies logicielles et fichiers d'en-têtes C++

Documentation

Disponible via l'espace communautaire OpenFLUID sur le web

http://www.openfluid-project.org/community/

- Documentation de l'API
- Guide de développement
- Guide de bonnes pratiques
- Manuel de l'utilisateur
- Code snippets ("Bouts de code")
- Information de migration (changement de version du moteur de calcul)
- Support

Environnement de développement préconisé

Compilateurs : suite GCC

- g++, gfortran

Système de construction/test/packaging

- CMake, CTest, CPack

Environnement de développement intégré (IDE)

- Eclipse + CDT + Plugin Eclipse pour OpenFLUID

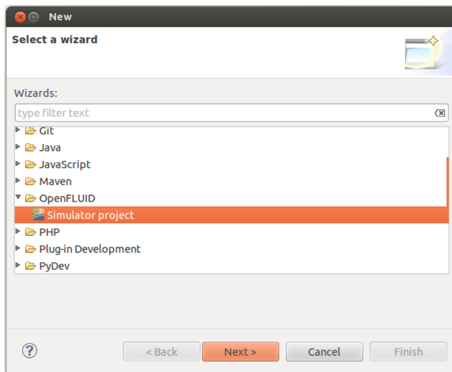
Support : canal IRC, mailing-list, bug-tracking

- http://www.openfluid-project.org/community/

Création d'un simulateur sous Eclipse (1/4)

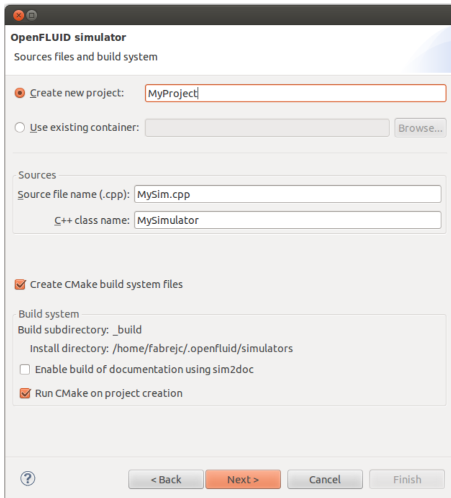
Assistant de création de simulateur OpenFLUID

Menu File > New > Other . . .



Création d'un simulateur sous Eclipse (2/4)

Définition de la structure du code et de la compilation/construction

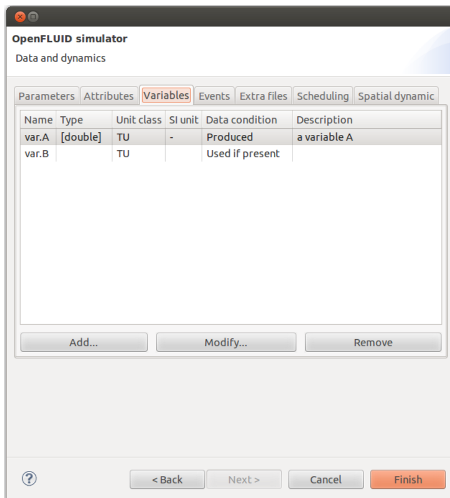


Création d'un simulateur sous Eclipse (3/4)

Déclaration de l'ID et de la méta information

Création d'un simulateur sous Eclipse (4/4)

Déclaration du comportement et des données manipulées



Compilation/construction d'un simulateur sous Eclipse

Une fois l'assistant complété, le code source est automatiquement généré

- signature intégrant les informations renseignées dans l'assistant
- classe C++ du simulateur (à compléter avec le code de calcul)

Le système de compilation/construction est également généré (si option cochée)

Pour compiler/construire et installer le simulateur, il faut aller dans le menu Project > Build ou cliquer sur le marteau dans la barre d'outils
Cette opération est à effectuer pour que les modifications du code source soient prises en compte.

Pour en savoir plus. . .

Fonctionnalités non présentées

- Variables de différents types (vecteur, matrice, entiers, . . .)
- Tests d'existence de variables, d'attributs, . . .
- Utilisation d'évènements discrets
- Production d'évènements discrets
- Gestion de fichiers propres aux simulateurs
- Outils intégrés pour l'interpolation des données
- Intégration de code en d'autres langages (Fortran, . . .)
- Attributs de types élaborés (vecteur, matrice, . . .)
- Paramètres communs à plusieurs simulateurs
- Connectivité de type parents/enfants entre unités
- . . .

Références & Ressources

- Jean-Christophe Fabre.
  Guide du développeur LISAH.
  fabrejc@supagro.inra.fr.
- Eclipse IDE.
  http://www.eclipse.org/.
- Site web OpenFLUID.
  http://www.openfluid-project.org/.
- Site web OpenFLUID Community.
  http://www.openfluid-project.org/community/.