

Vers une plateforme numérique : point de vue des mathématiques appliquées

V. Louvet

Institut Camille Jordan & CNRS

8 décembre 2006

- 1 Modèles et problématiques numériques
Phénomènes physiques, Modélisation et problèmes numériques dans le bâtiment
Plateforme numérique : contraintes de développement
- 2 Projet CSIMOON : Analyse et conception objet du problème mathématique
Niveaux d'abstraction
Cadre théorique
Modèle d'analyse
Conception détaillée
- 3 Projet CSIMOON : environnement de travail
Gestion et contrôle du code
Architecture logicielle et physique
Choix techniques
- 4 Exemples de plateformes numériques
Salome
Elsa

① Modèles et problématiques numériques

Phénomènes physiques, Modélisation et problèmes numériques dans le bâtiment

Plateforme numérique : contraintes de développement

② Projet CSIMOON : Analyse et conception objet du problème mathématique

Niveaux d'abstraction

Cadre théorique

Modèle d'analyse

Conception détaillée

③ Projet CSIMOON : environnement de travail

Gestion et contrôle du code

Architecture logicielle et physique

Choix techniques

④ Exemples de plateformes numériques

Salome

Elsa

① Modèles et problématiques numériques

Phénomènes physiques, Modélisation et problèmes numériques dans le bâtiment

Plateforme numérique : contraintes de développement

② Projet CSIMOON : Analyse et conception objet du problème mathématique

Niveaux d'abstraction

Cadre théorique

Modèle d'analyse

Conception détaillée

③ Projet CSIMOON : environnement de travail

Gestion et contrôle du code

Architecture logicielle et physique

Choix techniques

④ Exemples de plateformes numériques

Salome

Elsa

Quels sont les modèles physiques en jeu dans la simulation numérique des bâtiments ?

- **Thermique** \implies transfert de chaleur, convection, conduction, diffusion

Quels sont les modèles physiques en jeu dans la simulation numérique des bâtiments ?

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

- Thermique \implies transfert de chaleur, convection, conduction, diffusion
- **Aérodynamique** \implies mécanique des fluides

Quels sont les modèles physiques en jeu dans la simulation numérique des bâtiments ?

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

- Thermique \implies transfert de chaleur, convection, conduction, diffusion
- Aérothermie \implies mécanique des fluides
- **Rayonnement** \implies transfert radiatif

Quels sont les modèles physiques en jeu dans la simulation numérique des bâtiments ?

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

- Thermique \implies transfert de chaleur, convection, conduction, diffusion
- Aérothermie \implies mécanique des fluides
- Rayonnement \implies transfert radiatif
- **Interaction** fluide-structure

Quels sont les modèles physiques en jeu dans la simulation numérique des bâtiments ?

- Thermique \implies transfert de chaleur, convection, conduction, diffusion
- Aérothermie \implies mécanique des fluides
- Rayonnement \implies transfert radiatif
- Interaction fluide-structure
- ...

- Equations de Navier Stokes compressible/incompressible,

Et d'un point de vue modélisation ?

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

- Equations de Navier Stokes compressible/incompressible,
- Equations de convection, de diffusion, d'advection, équation de la chaleur,

Et d'un point de vue modélisation ?

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

- Equations de Navier Stokes compressible/incompressible,
- Equations de convection, de diffusion, d'advection, équation de la chaleur,
- **Ecoulements turbulents, calculs d'efforts, couches limites**
- ...

Et d'un point de vue modélisation ?

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

- Equations de Navier Stokes compressible/incompressible,
- Equations de convection, de diffusion, d'advection, équation de la chaleur,
- Ecoulements turbulents, calculs d'efforts, couches limites
...,
- **Géométrie complexe, 2D/3D,**

Et d'un point de vue modélisation ?

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

- Equations de Navier Stokes compressible/incompressible,
- Equations de convection, de diffusion, d'advection, équation de la chaleur,
- Ecoulements turbulents, calculs d'efforts, couches limites
...,
- Géométrie complexe, 2D/3D,
- ...

Couplages multi-physiques sur géométrie complexe :

- **Maillage** \implies adaptatif, méthode de décomposition de domaine, remaillage,

Couplages multi-physiques sur géométrie complexe :

- Maillage \implies adaptatif, méthode de décomposition de domaine, remaillage,
- **Discretisation spatiale adaptée,**

Couplages multi-physiques sur géométrie complexe :

- Maillage \implies adaptatif, méthode de décomposition de domaine, remaillage,
- Discrétisation spatiale adaptée,
- **Phénomènes multi-échelles** \implies problème de la discrétisation temporelle, pas de temps adaptatif,

Couplages multi-physiques sur géométrie complexe :

- Maillage \implies adaptatif, méthode de décomposition de domaine, remaillage,
- Discrétisation spatiale adaptée,
- Phénomènes multi-échelles \implies problème de la discrétisation temporelle, pas de temps adaptatif,
- **Performance, stabilité, optimisation des méthodes,** langages de programmation, parallélisation, distribution,

Couplages multi-physiques sur géométrie complexe :

- Maillage \implies adaptatif, méthode de décomposition de domaine, remaillage,
- Discrétisation spatiale adaptée,
- Phénomènes multi-échelles \implies problème de la discrétisation temporelle, pas de temps adaptatif,
- Performance, stabilité, optimisation des méthodes, langages de programmation, parallélisation, distribution,
- ...

Couplages multi-physiques sur géométrie complexe :

- Maillage \implies adaptatif, méthode de décomposition de domaine, remaillage,
- Discrétisation spatiale adaptée,
- Phénomènes multi-échelles \implies problème de la discrétisation temporelle, pas de temps adaptatif,
- Performance, stabilité, optimisation des méthodes, langages de programmation, parallélisation, distribution,
- ...

Quelle méthodologie permettrait d'appréhender ces problématiques dans leur globalité et leur complexité ?

Couplages multi-physiques sur géométrie complexe :

- Maillage \implies adaptatif, méthode de décomposition de domaine, remaillage,
- Discrétisation spatiale adaptée,
- Phénomènes multi-échelles \implies problème de la discrétisation temporelle, pas de temps adaptatif,
- Performance, stabilité, optimisation des méthodes, langages de programmation, parallélisation, distribution,
- ...

Quelle méthodologie permettrait d'appréhender ces problématiques dans leur globalité et leur complexité ?

Comment développer un tel outil d'expérimentation numérique ?

① Modèles et problématiques numériques

Phénomènes physiques, Modélisation et problèmes numériques dans le bâtiment

Plateforme numérique : contraintes de développement

② Projet CSIMOON : Analyse et conception objet du problème mathématique

Niveaux d'abstraction

Cadre théorique

Modèle d'analyse

Conception détaillée

③ Projet CSIMOON : environnement de travail

Gestion et contrôle du code

Architecture logicielle et physique

Choix techniques

④ Exemples de plateformes numériques

Salome

Elsa

Qu'est-ce qu'une plateforme numérique de simulation ?

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

**Contraintes de
développement**

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

Un outil à destination :

Qu'est-ce qu'une plateforme numérique de simulation ?

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

Un outil à destination :

- **Des utilisateurs** \implies expériences et essais de simulations numériques,

Qu'est-ce qu'une plateforme numérique de simulation ?

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

Un outil à destination :

- Des utilisateurs \implies expériences et essais de simulations numériques,
- **Des développeurs** \implies tests de modèles, de méthodes ...

Qu'est-ce qu'une plateforme numérique de simulation ?

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

Un outil à destination :

- Des utilisateurs \implies expériences et essais de simulations numériques,
- Des développeurs \implies tests de modèles, de méthodes ...

Un outil :

Qu'est-ce qu'une plateforme numérique de simulation ?

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

Un outil à destination :

- Des utilisateurs \implies expériences et essais de simulations numériques,
- Des développeurs \implies tests de modèles, de méthodes ...

Un outil :

- **Coopératif**,

Qu'est-ce qu'une plateforme numérique de simulation ?

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

Un outil à destination :

- Des utilisateurs \implies expériences et essais de simulations numériques,
- Des développeurs \implies tests de modèles, de méthodes ...

Un outil :

- Coopératif,
- **Maintenable et évolutif,**

Qu'est-ce qu'une plateforme numérique de simulation ?

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

Un outil à destination :

- Des utilisateurs \implies expériences et essais de simulations numériques,
- Des développeurs \implies tests de modèles, de méthodes ...

Un outil :

- Coopératif,
- Maintenable et évolutif,
- **Compréhensif pour les utilisateurs,**

Qu'est-ce qu'une plateforme numérique de simulation ?

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

Un outil à destination :

- Des utilisateurs \implies expériences et essais de simulations numériques,
- Des développeurs \implies tests de modèles, de méthodes ...

Un outil :

- Coopératif,
- Maintenable et évolutif,
- Compréhensif pour les utilisateurs,
- **Permettant l'utilisation des codes déjà existants.**

Contraintes pour les développements numériques

- Utilisation de modèles physiques existants et **des codes associés**, capitalisation des acquis,

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

**Contraintes de
développement**

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

Contraintes pour les développements numériques

- Utilisation de modèles physiques existants et des codes associés, capitalisation des acquis,
- Usage **des langages les plus adaptés**,

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

**Contraintes de
développement**

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

Contraintes pour les développements numériques

- Utilisation de modèles physiques existants et des codes associés, capitalisation des acquis,
- Usage des langages les plus adaptés,
- Rationalisation **des moyens informatiques**, prenant en compte les besoins spécifiques des différents éléments (codes de calcul, interface graphique ...),

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

Contraintes pour les développements numériques

- Utilisation de modèles physiques existants et des codes associés, capitalisation des acquis,
- Usage des langages les plus adaptés,
- Rationalisation des moyens informatiques, prenant en compte les besoins spécifiques des différents éléments (codes de calcul, interface graphique ...),
- Facilité **du travail collaboratif** entre spécialistes de compétences différentes,

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

Contraintes pour les développements numériques

- Utilisation de modèles physiques existants et des codes associés, capitalisation des acquis,
- Usage des langages les plus adaptés,
- Rationalisation des moyens informatiques, prenant en compte les besoins spécifiques des différents éléments (codes de calcul, interface graphique ...),
- Facilité du travail collaboratif entre spécialistes de compétences différentes,
- Prise en compte des notions **d'évolutabilité, d'efficacité, de modularité, de réutilisabilité, d'optimisation, et de structuration** de la programmation.

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

Contraintes pour les développements numériques

- Utilisation de modèles physiques existants et des codes associés, capitalisation des acquis,
- Usage des langages les plus adaptés,
- Rationalisation des moyens informatiques, prenant en compte les besoins spécifiques des différents éléments (codes de calcul, interface graphique ...),
- Facilité du travail collaboratif entre spécialistes de compétences différentes,
- Prise en compte des notions d'évolutabilité, d'efficacité, de modularité, de réutilisabilité, d'optimisation, et de structuration de la programmation.

⇒ Approche globale modulaire.

Contraintes pour les développements numériques

- Utilisation de modèles physiques existants et des codes associés, capitalisation des acquis,
- Usage des langages les plus adaptés,
- Rationalisation des moyens informatiques, prenant en compte les besoins spécifiques des différents éléments (codes de calcul, interface graphique ...),
- Facilité du travail collaboratif entre spécialistes de compétences différentes,
- Prise en compte des notions d'évolutabilité, d'efficacité, de modularité, de réutilisabilité, d'optimisation, et de structuration de la programmation.

⇒ Approche globale modulaire.

Intéressons-nous plus particulièrement au **problème mathématique**.

① Modèles et problématiques numériques

Phénomènes physiques, Modélisation et problèmes numériques dans le bâtiment

Plateforme numérique : contraintes de développement

② Projet CSIMOON : Analyse et conception objet du problème mathématique

Niveaux d'abstraction

Cadre théorique

Modèle d'analyse

Conception détaillée

③ Projet CSIMOON : environnement de travail

Gestion et contrôle du code

Architecture logicielle et physique

Choix techniques

④ Exemples de plateformes numériques

Salome

Elsa

① Modèles et problématiques numériques

Phénomènes physiques, Modélisation et problèmes numériques dans le bâtiment

Plateforme numérique : contraintes de développement

② Projet CSIMOON : Analyse et conception objet du problème mathématique

Niveaux d'abstraction

Cadre théorique

Modèle d'analyse

Conception détaillée

③ Projet CSIMOON : environnement de travail

Gestion et contrôle du code

Architecture logicielle et physique

Choix techniques

④ Exemples de plateformes numériques

Salome

Elsa

Analyse et conception objet du problème mathématique

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

**Niveaux
d'abstraction**

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

Modélisation des phénomènes physiques \implies **Systemes
d'équations différentielles**

Analyse et conception objet du problème mathématique

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

Modélisation des phénomènes physiques \implies **Systemes
d'équations différentielles**

La résolution numérique des systèmes d'EDP s'effectue en
plusieurs étapes qui permettent de passer du **problème continu**
aux **systemes algébriques** à inverser.

Analyse et conception objet du problème mathématique

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

Modélisation des phénomènes physiques \implies **Systèmes
d'équations différentielles**

La résolution numérique des systèmes d'EDP s'effectue en
plusieurs étapes qui permettent de passer du **problème continu**
aux **systèmes algébriques** à inverser.

Chaque étape correspond à un **domaine de compétence**
particulier :

Analyse et conception objet du problème mathématique

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation
Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction
Cadre théorique
Modèle
d'analyse
Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code
Architecture
Choix techniques

Exemples

Salome
Elsa

Modélisation des phénomènes physiques \implies **Systèmes
d'équations différentielles**

La résolution numérique des systèmes d'EDP s'effectue en plusieurs étapes qui permettent de passer du **problème continu** aux **systèmes algébriques** à inverser.

Chaque étape correspond à un **domaine de compétence** particulier :

- **la théorie des équations,**

Analyse et conception objet du problème mathématique

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation
Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction
Cadre théorique
Modèle
d'analyse
Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code
Architecture
Choix techniques

Exemples

Salome
Elsa

Modélisation des phénomènes physiques \implies **Systèmes
d'équations différentielles**

La résolution numérique des systèmes d'EDP s'effectue en plusieurs étapes qui permettent de passer du **problème continu** aux **systèmes algébriques** à inverser.

Chaque étape correspond à un **domaine de compétence** particulier :

- la théorie des équations,
- **les méthodes de résolution,**

Analyse et conception objet du problème mathématique

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation
Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction
Cadre théorique
Modèle
d'analyse
Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code
Architecture
Choix techniques

Exemples

Salome
Elsa

Modélisation des phénomènes physiques \implies **Systèmes
d'équations différentielles**

La résolution numérique des systèmes d'EDP s'effectue en plusieurs étapes qui permettent de passer du **problème continu** aux **systèmes algébriques** à inverser.

Chaque étape correspond à un **domaine de compétence** particulier :

- la théorie des équations,
- les méthodes de résolution,
- **la mise en œuvre informatique.**

A chacune de ces étapes correspond un certain nombre
d'entités mathématiques (espace, opérateur, ...).

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

**Niveaux
d'abstraction**

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

A chacune de ces étapes correspond un certain nombre
d'entités mathématiques (espace, opérateur, ...).

⇒ **conceptualiser ces entités** dans un esprit d'implémentation
informatique.

A chacune de ces étapes correspond un certain nombre
d'entités mathématiques (espace, opérateur, ...).

⇒ **conceptualiser ces entités** dans un esprit d'implémentation
informatique.

Différents **niveaux d'abstraction** :

A chacune de ces étapes correspond un certain nombre
d'entités mathématiques (espace, opérateur, ...).

⇒ **conceptualiser ces entités** dans un esprit d'implémentation
informatique.

Différents **niveaux d'abstraction** :

- **le niveau mathématique** qui définit de façon abstraite le problème à traiter, correspondant à la première phase de la résolution.

A chacune de ces étapes correspond un certain nombre
d'entités mathématiques (espace, opérateur, ...).

⇒ **conceptualiser ces entités** dans un esprit d'implémentation
informatique.

Différents **niveaux d'abstraction** :

- le niveau mathématique qui définit de façon abstraite le problème à traiter, correspondant à la première phase de la résolution.
- **Le niveau de discrétisation** décrivant la méthode de discrétisation du problème, correspondant à la deuxième phase de la résolution.

A chacune de ces étapes correspond un certain nombre
d'entités mathématiques (espace, opérateur, ...).

⇒ **conceptualiser ces entités** dans un esprit d'implémentation
informatique.

Différents **niveaux d'abstraction** :

- le niveau mathématique qui définit de façon abstraite le problème à traiter, correspondant à la première phase de la résolution.
- Le niveau de discrétisation décrivant la méthode de discrétisation du problème, correspondant à la deuxième phase de la résolution.
- **Le niveau algébrique** correspondant à la troisième phase de la résolution, c'est-à-dire aux calculs proprement dits.

① Modèles et problématiques numériques

Phénomènes physiques, Modélisation et problèmes numériques dans le bâtiment

Plateforme numérique : contraintes de développement

② Projet CSIMOON : Analyse et conception objet du problème mathématique

Niveaux d'abstraction

Cadre théorique

Modèle d'analyse

Conception détaillée

③ Projet CSIMOON : environnement de travail

Gestion et contrôle du code

Architecture logicielle et physique

Choix techniques

④ Exemples de plateformes numériques

Salome

Elsa

Problème continu

soit $f \in W_2$, trouver $u \in W_1$ tel que $\mathcal{P}u = f$,

- W_1, W_2 , deux espaces fonctionnels,
- \mathcal{P} , un opérateur linéaire ou non
- u la solution,
- f les forces extérieures.

Problème approché

soit $f_h \in W_{2,h}$, trouver $u_h \in W_{1,h}$ tel que $\mathcal{P}_h u_h = f_h$,

- $W_{1,h}$, $W_{2,h}$, deux espaces de dimension finie,
- u_h la solution approchée,
- f_h l'approximation des forces extérieures,
- \mathcal{P}_h une approximation de \mathcal{P} à laquelle nous allons donner un sens.

Problème approché

soit $f_h \in W_{2,h}$, trouver $u_h \in W_{1,h}$ tel que $\mathcal{P}_h u_h = f_h$,

- $W_{1,h}$, $W_{2,h}$, deux espaces de dimension finie,
- u_h la solution approchée,
- f_h l'approximation des forces extérieures,
- \mathcal{P}_h une approximation de \mathcal{P} à laquelle nous allons donner un sens.

On peut aussi considérer les opérateurs de plongement

$P_h^*: W_{1,h} \mapsto W_1$ (resp. $Q_h^*: W_{2,h} \mapsto W_2$) et de restriction

$P_h: W_1 \mapsto W_{1,h}$ (resp. $Q_h: W_2 \mapsto W_{2,h}$).

① Modèles et problématiques numériques

Phénomènes physiques, Modélisation et problèmes numériques dans le bâtiment

Plateforme numérique : contraintes de développement

② Projet CSIMOON : Analyse et conception objet du problème mathématique

Niveaux d'abstraction

Cadre théorique

Modèle d'analyse

Conception détaillée

③ Projet CSIMOON : environnement de travail

Gestion et contrôle du code

Architecture logicielle et physique

Choix techniques

④ Exemples de plateformes numériques

Salome

Elsa

Identifier les **objets métiers** issus du cadre théorique :

Opérateur : correspond à la notion d'opérateur continu \iff
 \mathcal{P} (par exemple laplacien, *grad*, *div*, ∂_x , trace sur
le bord ...),

Discrétisation : méthode de projection et de relèvement des
espaces continus vers les espaces discrets et
inversement.

Identifier les **objets métiers** issus du cadre théorique :

Opérateur : correspond à la notion d'opérateur continu \iff
 \mathcal{P} (par exemple laplacien, *grad*, *div*, ∂_x , trace sur
le bord ...),

Discrétisation : méthode de projection et de relèvement des
espaces continus vers les espaces discrets et
inversement.

La notion d'**opérateur** conduit à la notion de **variables**, une
équations étant l'application d'opérateurs à un certain nombre
de variables. Les espaces sont définis sur des **domaines**.

D'où deux nouvelles classes d'objets mathématiques :

Variable : éléments des différents espaces de dimension infinie (solutions des équations, conditions initiales ..., de type volumique ou surfacique selon qu'elles sont définies à l'intérieur du domaine ou au bord),

Domaine : topologie continue ou discrète des domaines (de \mathbb{R}^n en général) sur lesquels les espaces fonctionnels sont définis.

Les différentes phases de la résolution

Cette conceptualisation des éléments mathématiques conduit à formaliser les différentes phases de la résolution :

- Le **Problème formel** est constitué d'une ou plusieurs équations portant sur des **domaines continus**, faisant intervenir des **opérateurs continus** agissant sur des **variables continues**.

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

Les différentes phases de la résolution

Cette conceptualisation des éléments mathématiques conduit à formaliser les différentes phases de la résolution :

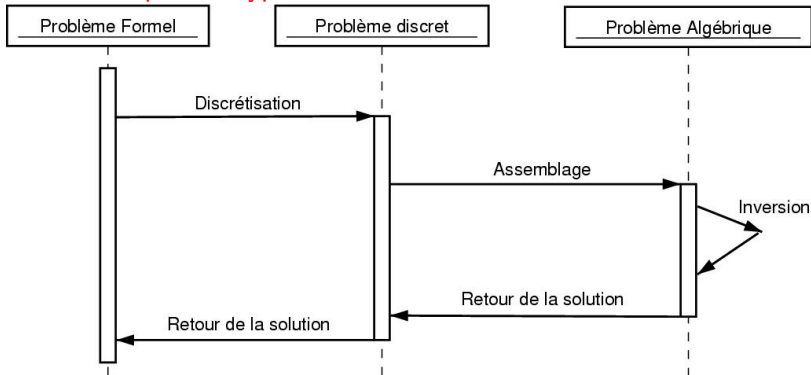
- Le Problème formel est constitué d'une ou plusieurs équations portant sur des domaines continus, faisant intervenir des opérateurs continus agissant sur des variables continues.
- Le **problème discret** est obtenu par le choix d'une **méthode de discrétisation** qui discrétise les opérateurs et variables du problème continu en **opérateurs discrets** et **variables discrètes** et conduit au choix d'un **maillage** du domaine continu.

Les différentes phases de la résolution

Cette conceptualisation des éléments mathématiques conduit à formaliser les différentes phases de la résolution :

- Le Problème formel est constitué d'une ou plusieurs équations portant sur des domaines continus, faisant intervenir des opérateurs continus agissant sur des variables continues.
- Le problème discret est obtenu par le choix d'une méthode de discrétisation qui discrétise les opérateurs et variables du problème continu en opérateurs discrets et variables discrètes et conduit au choix d'un maillage du domaine continu.
- Les **systèmes linéaires** sont obtenus par assemblages des **matrices** et **vecteurs** issus des opérateurs et variables discrets. Le **stockage** dépend de la forme des matrices et l'inversion peut être directe ou itérative.

Succession des évènements concernant les **objets mathématiques de type Problème** au cours du calcul :



① Modèles et problématiques numériques

Phénomènes physiques, Modélisation et problèmes numériques dans le bâtiment

Plateforme numérique : contraintes de développement

② Projet CSIMOON : Analyse et conception objet du problème mathématique

Niveaux d'abstraction

Cadre théorique

Modèle d'analyse

Conception détaillée

③ Projet CSIMOON : environnement de travail

Gestion et contrôle du code

Architecture logicielle et physique

Choix techniques

④ Exemples de plateformes numériques

Salome

Elsa

- Définir les interactions entre classes.

- Définir les interactions entre classes.
- Préciser **les services attendus** pour chacune des classes.

- Définir les interactions entre classes.
- Préciser les services attendus pour chacune des classes.
- Tendre vers **des paquetages de plus en plus indépendants**.

- Définir les interactions entre classes.
- Préciser les services attendus pour chacune des classes.
- Tendre vers des paquetages de plus en plus indépendants.

5 notions clés :

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

- Définir les interactions entre classes.
- Préciser les services attendus pour chacune des classes.
- Tendre vers des paquetages de plus en plus indépendants.

5 notions clés :

Couplage : interdépendances des classes

- Définir les interactions entre classes.
- Préciser les services attendus pour chacune des classes.
- Tendre vers des paquetages de plus en plus indépendants.

5 notions clés :

Couplage : interdépendances des classes

Cohésion : mesure le degré de connectivité existant entre les éléments d'une classe.

- Définir les interactions entre classes.
- Préciser les services attendus pour chacune des classes.
- Tendre vers des paquetages de plus en plus indépendants.

5 notions clés :

Couplage : interdépendances des classes

Cohésion : mesure le degré de connectivité existant entre les éléments d'une classe.

Autarcie : autosuffisance d'une classe qui désigne sa faculté d'offrir à elle seule un vrai service.

- Définir les interactions entre classes.
- Préciser les services attendus pour chacune des classes.
- Tendre vers des paquetages de plus en plus indépendants.

5 notions clés :

Couplage : interdépendances des classes

Cohésion : mesure le degré de connectivité existant entre les éléments d'une classe.

Autarcie : autosuffisance d'une classe qui désigne sa faculté d'offrir à elle seule un vrai service.

Complétude : les services proposés par une classe doivent correspondre à toutes les manipulations mathématiques réalisables sur les éléments qu'elle représente.

- Définir les interactions entre classes.
- Préciser les services attendus pour chacune des classes.
- Tendre vers des paquetages de plus en plus indépendants.

5 notions clés :

Couplage : interdépendances des classes

Cohésion : mesure le degré de connectivité existant entre les éléments d'une classe.

Autarcie : autosuffisance d'une classe qui désigne sa faculté d'offrir à elle seule un vrai service.

Complétude : les services proposés par une classe doivent correspondre à toutes les manipulations mathématiques réalisables sur les éléments qu'elle représente.

Primitivité : les primitives du niveau n s'appuient sur les primitives du niveau $n - 1$ et offre un certain nombre de services au niveau $n + 1$.

① Modèles et problématiques numériques

Phénomènes physiques, Modélisation et problèmes numériques dans le bâtiment

Plateforme numérique : contraintes de développement

② Projet CSIMOON : Analyse et conception objet du problème mathématique

Niveaux d'abstraction

Cadre théorique

Modèle d'analyse

Conception détaillée

③ Projet CSIMOON : environnement de travail

Gestion et contrôle du code

Architecture logicielle et physique

Choix techniques

④ Exemples de plateformes numériques

Salome

Elsa

① Modèles et problématiques numériques

Phénomènes physiques, Modélisation et problèmes numériques dans le bâtiment

Plateforme numérique : contraintes de développement

② Projet CSIMOON : Analyse et conception objet du problème mathématique

Niveaux d'abstraction

Cadre théorique

Modèle d'analyse

Conception détaillée

③ Projet CSIMOON : environnement de travail

Gestion et contrôle du code

Architecture logicielle et physique

Choix techniques

④ Exemples de plateformes numériques

Salome

Elsa

En complément de la partie **code de calcul** à proprement parlé, le développement d'un outil de simulation nécessite de prévoir les fonctionnalités minimales suivantes :

En complément de la partie code de calcul à proprement parlé, le développement d'un outil de simulation nécessite de prévoir les fonctionnalités minimales suivantes :

- Accès aux **données du code** en interactif et sans contrainte (textuel, graphique ...), **instrumentation** du code :

En complément de la partie code de calcul à proprement parlé, le développement d'un outil de simulation nécessite de prévoir les fonctionnalités minimales suivantes :

- Accès aux données du code en interactif et sans contrainte (textuel, graphique ...), instrumentation du code :
 - sortie standard,
 - flow-trace,
 - données choisies par l'utilisateur lors de l'implémentation.

En complément de la partie code de calcul à proprement parlé, le développement d'un outil de simulation nécessite de prévoir les fonctionnalités minimales suivantes :

- Accès aux données du code en interactif et sans contrainte (textuel, graphique ...), instrumentation du code :
 - sortie standard,
 - flow-trace,
 - données choisies par l'utilisateur lors de l'implémentation.
- **Contrôle** de l'exécution, suspension, arrêt et reprise des calculs.

En complément de la partie code de calcul à proprement parlé, le développement d'un outil de simulation nécessite de prévoir les fonctionnalités minimales suivantes :

- Accès aux données du code en interactif et sans contrainte (textuel, graphique ...), instrumentation du code :
 - sortie standard,
 - flow-trace,
 - données choisies par l'utilisateur lors de l'implémentation.
- Contrôle de l'exécution, suspension, arrêt et reprise des calculs.
- Accès à la **documentation** directe des sources

① Modèles et problématiques numériques

Phénomènes physiques, Modélisation et problèmes numériques dans le bâtiment

Plateforme numérique : contraintes de développement

② Projet CSIMOON : Analyse et conception objet du problème mathématique

Niveaux d'abstraction

Cadre théorique

Modèle d'analyse

Conception détaillée

③ Projet CSIMOON : environnement de travail

Gestion et contrôle du code

Architecture logicielle et physique

Choix techniques

④ Exemples de plateformes numériques

Salome

Elsa

L'architecture logicielle d'un tel outil comprend **3 grandes parties** :

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation
Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction
Cadre théorique
Modèle
d'analyse
Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code
Architecture
Choix techniques

Exemples

Salome
Elsa

L'architecture logicielle d'un tel outil comprend 3 grandes parties :

- la **présentation des données et résultats**,

L'architecture logicielle d'un tel outil comprend 3 grandes parties :

- la présentation des données et résultats,
- le **calcul** en lui-même,

L'architecture logicielle d'un tel outil comprend 3 grandes parties :

- la présentation des données et résultats,
- le calcul en lui-même,
- le **stockage des données**.

L'architecture logicielle d'un tel outil comprend 3 grandes parties :

- la présentation des données et résultats,
- le calcul en lui-même,
- le stockage des données.

Des **contraintes** différentes :

L'architecture logicielle d'un tel outil comprend 3 grandes parties :

- la présentation des données et résultats,
- le calcul en lui-même,
- le stockage des données.

Des **contraintes** différentes :

- L'interface utilisateur doit être **multiplateforme**,

L'architecture logicielle d'un tel outil comprend 3 grandes parties :

- la présentation des données et résultats,
- le calcul en lui-même,
- le stockage des données.

Des **contraintes** différentes :

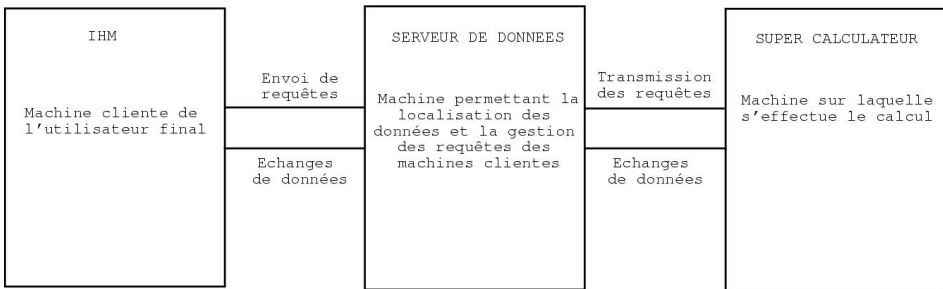
- L'interface utilisateur doit être multiplateforme,
- Le calcul demande des **performances** machine importante,

L'architecture logicielle d'un tel outil comprend 3 grandes parties :

- la présentation des données et résultats,
- le calcul en lui-même,
- le stockage des données.

Des **contraintes** différentes :

- L'interface utilisateur doit être multiplateforme,
- Le calcul demande des performances machine importante,
- Les données doivent être stockées pour être **accessibles** en permanence.



① Modèles et problématiques numériques

Phénomènes physiques, Modélisation et problèmes numériques dans le bâtiment

Plateforme numérique : contraintes de développement

② Projet CSIMOON : Analyse et conception objet du problème mathématique

Niveaux d'abstraction

Cadre théorique

Modèle d'analyse

Conception détaillée

③ Projet CSIMOON : environnement de travail

Gestion et contrôle du code

Architecture logicielle et physique

Choix techniques

④ Exemples de plateformes numériques

Salome

Elsa

En fonction de cette architecture, il faut faire les **bons choix techniques** selon l'état de l'art et l'évolution prévue du logiciel.

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

En fonction de cette architecture, il faut faire les **bons choix techniques** selon l'état de l'art et l'évolution prévue du logiciel.

Systemes d'exploitation : hétérogènes

En fonction de cette architecture, il faut faire les **bons choix techniques** selon l'état de l'art et l'évolution prévue du logiciel.

Systemes d'exploitation : hétérogènes

- **unix, linux** pour le code de calcul et le stockage des données,
- **windows, unix, linux, mac os x** pour l'interface utilisateur.

En fonction de cette architecture, il faut faire les **bons choix techniques** selon l'état de l'art et l'évolution prévue du logiciel.

Systemes d'exploitation : hétérogènes

- unix, linux pour le code de calcul et le stockage des données,
- windows, unix, linux, mac os x pour l'interface utilisateur.

Langages de programmation : adaptés

En fonction de cette architecture, il faut faire les **bons choix techniques** selon l'état de l'art et l'évolution prévue du logiciel.

Systemes d'exploitation : hétérogènes

- unix, linux pour le code de calcul et le stockage des données,
- windows, unix, linux, mac os x pour l'interface utilisateur.

Langages de programmation : adaptés

- portable, multiplateforme pour l'interface utilisateur : **java, python ...**
- performant, efficace pour le code : **C++, fortran ...**
- pérennité du stockage et de l'extraction des données : **XML**

En fonction de cette architecture, il faut faire les **bons choix techniques** selon l'état de l'art et l'évolution prévue du logiciel.

Systemes d'exploitation : hétérogènes

- unix, linux pour le code de calcul et le stockage des données,
- windows, unix, linux, mac os x pour l'interface utilisateur.

Langages de programmation : adaptés

- portable, multiplateforme pour l'interface utilisateur : java, python ...
- performant, efficace pour le code : C++, fortran ...
- pérennité du stockage et de l'extraction des données : XML

Middleware de communication : multi OS, compatible avec les langages choisis : **Corba**

① Modèles et problématiques numériques

Phénomènes physiques, Modélisation et problèmes numériques dans le bâtiment

Plateforme numérique : contraintes de développement

② Projet CSIMOON : Analyse et conception objet du problème mathématique

Niveaux d'abstraction

Cadre théorique

Modèle d'analyse

Conception détaillée

③ Projet CSIMOON : environnement de travail

Gestion et contrôle du code

Architecture logicielle et physique

Choix techniques

④ Exemples de plateformes numériques

Salome

Elsa

① Modèles et problématiques numériques

Phénomènes physiques, Modélisation et problèmes numériques dans le bâtiment

Plateforme numérique : contraintes de développement

② Projet CSIMOON : Analyse et conception objet du problème mathématique

Niveaux d'abstraction

Cadre théorique

Modèle d'analyse

Conception détaillée

③ Projet CSIMOON : environnement de travail

Gestion et contrôle du code

Architecture logicielle et physique

Choix techniques

④ Exemples de plateformes numériques

Salome

Elsa

Simulation numérique par Architecture Logicielle en Open source et à Méthodologie d'Evolution

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation
Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction
Cadre théorique
Modèle
d'analyse
Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code
Architecture
Choix techniques

Exemples

Salome
Elsa

Environnement logiciel, en source libre, de liaison
CAO/CALCUL pour l'intégration de solveurs, d'algorithmes de
maillage et de propriétés physiques.

Simulation numérique par Architecture Logicielle en Open source et à Méthodologie d'Evolution

Environnement logiciel, en source libre, de liaison CAO/CALCUL pour l'intégration de solveurs, d'algorithmes de maillage et de propriétés physiques.

SALOME est basé sur le modèle de **composants distribués via CORBA**.

On distingue 2 niveaux principaux :

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation
Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction
Cadre théorique
Modèle
d'analyse
Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code
Architecture
Choix techniques

Exemples

Salome
Elsa

Simulation numérique par Architecture Logicielle en Open source et à Méthodologie d'Evolution

Environnement logiciel, en source libre, de liaison CAO/CALCUL pour l'intégration de solveurs, d'algorithmes de maillage et de propriétés physiques. SALOME est basé sur le modèle de **composants distribués via CORBA**.

On distingue 2 niveaux principaux :

- **Couche bas niveau** : gestion des composants distribués, des interfaces utilisateurs et des données partagées par l'ensemble des composants.

Simulation numérique par Architecture Logicielle en Open source et à Méthodologie d'Evolution

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation
Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction
Cadre théorique
Modèle
d'analyse
Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code
Architecture
Choix techniques

Exemples

Salome
Elsa

Environnement logiciel, en source libre, de liaison CAO/CALCUL pour l'intégration de solveurs, d'algorithmes de maillage et de propriétés physiques.

SALOME est basé sur le modèle de **composants distribués via CORBA**.

On distingue 2 niveaux principaux :

- **Couche bas niveau** : gestion des composants distribués, des interfaces utilisateurs et des données partagées par l'ensemble des composants.
- **Couches modules** : composants de haut niveau construits au dessus des services offerts par la couche de bas niveau : GEOM, MESH, DATA, SUPERB, VISU.

Simulation numérique par Architecture Logicielle en Open source et à Méthodologie d'Evolution

Vers une plateforme numérique : point de vue des mathématiques appliquées

V. Louvet

Modèles et problématiques numériques

De la physique à la simulation

Contraintes de développement

Problème mathématique

Niveaux d'abstraction

Cadre théorique

Modèle d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et contrôle du code

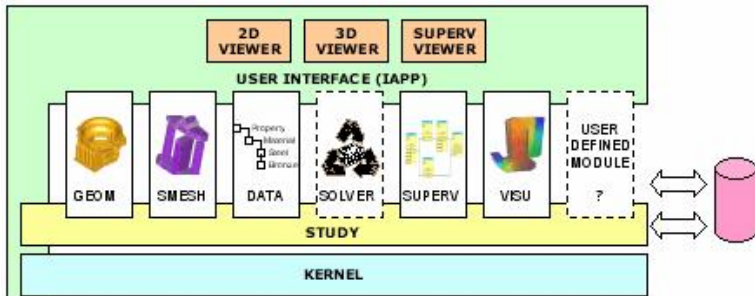
Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa



Simulation numérique par Architecture Logicielle en Open source et à Méthodologie d'Evolution

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

Un **composant** est organisé en 3 parties principales :

Simulation numérique par Architecture Logicielle en Open source et à Méthodologie d'Evolution

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation
Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction
Cadre théorique
Modèle
d'analyse
Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code
Architecture
Choix techniques

Exemples

Salome
Elsa

Un **composant** est organisé en 3 parties principales :

- **Interface Utilisateur** qui implémente le dialogue avec l'utilisateur final via une interface graphique ou via une console python.

Simulation numérique par Architecture Logicielle en Open source et à Méthodologie d'Evolution

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation
Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction
Cadre théorique
Modèle
d'analyse
Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code
Architecture
Choix techniques

Exemples

Salome
Elsa

Un **composant** est organisé en 3 parties principales :

- Interface Utilisateur qui implémente le dialogue avec l'utilisateur final via une interface graphique ou via une console python.
- **Moteur** qui implémente les services du composants.

Simulation numérique par Architecture Logicielle en Open source et à Méthodologie d'Evolution

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation
Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction
Cadre théorique
Modèle
d'analyse
Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code
Architecture
Choix techniques

Exemples

Salome
Elsa

Un **composant** est organisé en 3 parties principales :

- Interface Utilisateur qui implémente le dialogue avec l'utilisateur final via une interface graphique ou via une console python.
- Moteur qui implémente les services du composants.
- **Modèle de données** qui implémente la structure interne des données produite par le moteur et par l'ensemble des mécanismes attachés au transfert des objets transitoires ou persistants.

Simulation numérique par Architecture Logicielle en Open source et à Méthodologie d'Evolution

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation
Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction
Cadre théorique
Modèle
d'analyse
Conception

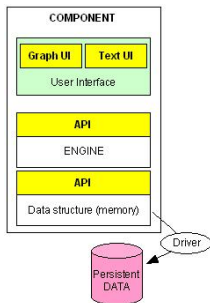
Environnement

Gestion et
contrôle du code
Architecture
Choix techniques

Exemples

Salome
Elsa

Un **composant** est organisé en 3 parties principales :



① Modèles et problématiques numériques

Phénomènes physiques, Modélisation et problèmes numériques dans le bâtiment

Plateforme numérique : contraintes de développement

② Projet CSIMOON : Analyse et conception objet du problème mathématique

Niveaux d'abstraction

Cadre théorique

Modèle d'analyse

Conception détaillée

③ Projet CSIMOON : environnement de travail

Gestion et contrôle du code

Architecture logicielle et physique

Choix techniques

④ Exemples de plateformes numériques

Salome

Elsa

Ensemble Logiciel pour la Simulation en Aérodynamique

Ce logiciel est destiné à la simulation numérique en
aérodynamique compressible pour des configurations
géométriques complexes.

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

Ensemble Logiciel pour la Simulation en Aérodynamique

Ce logiciel est destiné à la simulation numérique en aérodynamique compressible pour des configurations géométriques complexes.

La conception d'Elsa, qui s'appuie sur des **méthodes orientées objet**, doit répondre aux besoins de trois catégories d'utilisateurs :

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation
Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction
Cadre théorique
Modèle
d'analyse
Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code
Architecture
Choix techniques

Exemples

Salome
Elsa

Ensemble Logiciel pour la Simulation en Aérodynamique

Ce logiciel est destiné à la simulation numérique en aérodynamique compressible pour des configurations géométriques complexes.

La conception d'Elsa, qui s'appuie sur des méthodes orientées objet, doit répondre aux besoins de trois catégories d'utilisateurs :

- **Les aérodynamiciens**, qui recherchent un logiciel facile à utiliser.

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation
Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction
Cadre théorique
Modèle
d'analyse
Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code
Architecture
Choix techniques

Exemples

Salome
Elsa

Ensemble Logiciel pour la Simulation en Aérodynamique

Ce logiciel est destiné à la simulation numérique en aérodynamique compressible pour des configurations géométriques complexes.

La conception d'Elsa, qui s'appuie sur des méthodes orientées objet, doit répondre aux besoins de trois catégories d'utilisateurs :

- Les aérodynamiciens, qui recherchent un logiciel facile à utiliser.
- **Les spécialistes en méthodes numériques ou en modélisation physique** : elsA doit aussi pouvoir être utilisé comme support de recherches scientifiques.

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation
Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction
Cadre théorique
Modèle
d'analyse
Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code
Architecture
Choix techniques

Exemples

Salome
Elsa

Ensemble Logiciel pour la Simulation en Aérodynamique

Ce logiciel est destiné à la simulation numérique en aérodynamique compressible pour des configurations géométriques complexes.

La conception d'Elsa, qui s'appuie sur des méthodes orientées objet, doit répondre aux besoins de trois catégories d'utilisateurs :

- Les aérodynamiciens, qui recherchent un logiciel facile à utiliser.
- Les spécialistes en méthodes numériques ou en modélisation physique : elsA doit aussi pouvoir être utilisé comme support de recherches scientifiques.
- **Les ingénieurs appartenant à l'équipe responsable du projet** qui devront gérer l'implémentation, la portabilité, la maintenance évolutive et corrective, l'optimisation du logiciel.

Ensemble Logiciel pour la Simulation en Aérodynamique

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation
Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction
Cadre théorique
Modèle
d'analyse
Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code
Architecture
Choix techniques

Exemples

Salome
Elsa

Les classes composant elsA se répartissent en trois couches
correspondant à différents niveaux d'abstraction :

Ensemble Logiciel pour la Simulation en Aérodynamique

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation

Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction

Cadre théorique

Modèle
d'analyse

Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code

Architecture

Choix techniques

Exemples

Salome

Elsa

Les classes composant elsA se répartissent en trois couches correspondant à différents niveaux d'abstraction :

- **Les classes de bas-niveau**, fortement liées a la plate-forme de calcul : gestion du parallélisme, des entrées-sorties.

Ensemble Logiciel pour la Simulation en Aérodynamique

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation
Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction
Cadre théorique
Modèle
d'analyse
Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code
Architecture
Choix techniques

Exemples

Salome
Elsa

Les classes composant elsA se répartissent en trois couches correspondant à différents niveaux d'abstraction :

- Les classes de bas-niveau, fortement liées a la plate-forme de calcul : gestion du parallélisme, des entrées-sorties.
- **Les classes intermédiaires**, représentant les types abstraits essentiels du domaine de la C F D : Grid, Field, . . .

Ensemble Logiciel pour la Simulation en Aérodynamique

Vers une
plateforme
numérique :
point de vue
des
mathématiques
appliquées

V. Louvet

Modèles et
problématiques
numériques

De la physique à
la simulation
Contraintes de
développement

Problème
mathématique

Niveaux
d'abstraction
Cadre théorique
Modèle
d'analyse
Conception

Environnement

Gestion et
contrôle du code
Architecture
Choix techniques

Exemples

Salome
Elsa

Les classes composant elsA se répartissent en trois couches correspondant à différents niveaux d'abstraction :

- Les classes de bas-niveau, fortement liées à la plate-forme de calcul : gestion du parallélisme, des entrées-sorties.
- Les classes intermédiaires, représentant les types abstraits essentiels du domaine de la C F D : Grid, Field, . . .
- **Les classes de haut-niveau**, permettant de traduire les concepts abstraits de nature mathématiques, physiques ou numériques.

Tout le monde tend à utiliser les mêmes méthodes de **conception** pour arriver à des **architectures** logicielles très proches.

Tout le monde tend à utiliser les mêmes méthodes de **conception** pour arriver à des **architectures** logicielles très proches.

- OMT
- UP ...

Tout le monde tend à utiliser les mêmes méthodes de **conception** pour arriver à des **architectures** logicielles très proches.

- OMT
- UP ...

Les choix techniques découlent du **modèle d'analyse** du logiciel et conduisent à des technologies actuelles :

Tout le monde tend à utiliser les mêmes méthodes de **conception** pour arriver à des **architectures** logicielles très proches.

- OMT
- UP ...

Les choix techniques découlent du **modèle d'analyse** du logiciel et conduisent à des technologies actuelles :

- **Langages bas niveau** : C++, fortran, ...
- **Langage haut niveau** : python, ...
- **Structuration des données** : xml, ...
- **Langage de communication** : corba, ...
- **Génération de documentation** : doxygen, ...