



Club U MFront

*Retour d'expérience de l'intégration de
MFront dans Code_Aster*

CEA Cadarache
6 février 2015

Jean-Michel Proix,
Nicolas Sellenet,
Mathieu Courtois,
François Hamon
Thomas De Soza,
Josselin Delmas

EDF-R&D



Plan

- **Contexte à EDF**
- **2013 – 2015 : l'histoire d'un intégration**
 - Janvier 2013 : la rencontre
 - Septembre 2013 : l'évaluation
 - Novembre 2013 – juin 2014 : en avant vers l'Open-Source
 - Juillet - septembre 2014 : du prototype à l'intégration transparente dans Code_Aster
 - Octobre 2014 : la mise en Open-Source
 - Décembre 2014 : version 12.3 intégrant MFront
- **Perspectives et besoins**

Contexte à EDF

Plusieurs projets engagés dans MFront

- **Une dizaine de projets impliqués dans des domaines variés**
 - « Intégrateurs codes » : PSM, 3M
 - « Transverse » : LoCo2
 - « Métiers » : ADELAHYD (barrages), PERFORMII (micro-méca), OMARISI-2016 (GC séisme), CIWAP2 (GC), CORIOLIS (corrosion sous contraintes), Crayon combustible
- **Différents codes ou outils**
 - Code_Aster
 - Cyrano3
 - CADEEX (Mtest)

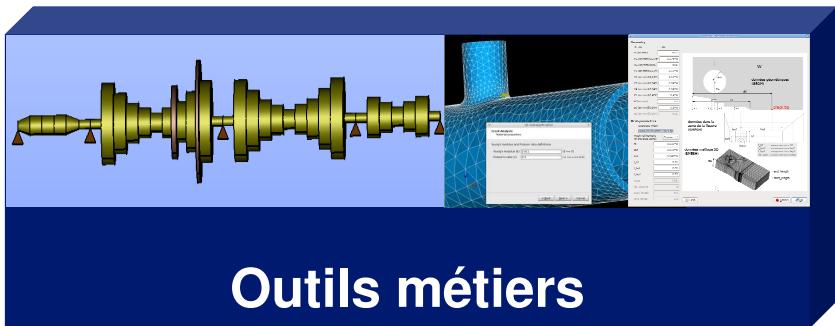
Contexte à EDF Code_Aster et Salome-Meca



- CAO
- Maillage
- Composition de schémas de calcul
- Post-traitements graphiques et mathématiques



- *Code_Aster* : mécanique généraliste implicite
- Europlexus : dynamique rapide



- Mécanique de la rupture
- Machines tournantes
- Conduites forcées
- Reconstruction de champs de température

Janvier 2013

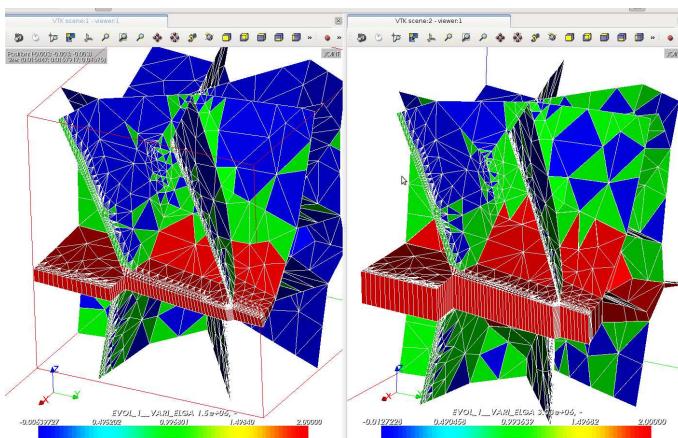
La rencontre

- **Rencontre des équipes PLEIADES CEA et Code_Aster EDF sur la thématique de l'intégration des lois de comportement**
 - Découverte de MFront après un premier contact avec T. Helfer
 - Partage d'expérience sur l'intégration numérique des lois de comportement

Septembre 2013

L'évaluation

- Prise en main de MFront mis à disposition gracieusement par le CEA
- Implémentation dans Code_Aster d'une interface pour MFront
- Écriture d'une note technique en commun
 - Collaboration bénéfique pour les deux parties (*amélioration de MFront, benchmark pour Code_Aster*)
 - *Mise en évidence de la robustesse et des performances de MFront (jusqu'à deux fois plus rapide que l'implémentation native Aster sur certains cas)*
 - *Facilite la mise au point de l'intégration (écriture facilitée de la matrice jacobienne analytique pour les lois complexes → gain en performances)*



Fissuration complète dans un calcul de corrosion sous contraintes; 10h45 CPU avec jacobienne analytique vs. 43h CPU avec jacobienne numérique (implémentation Aster originelle)

Novembre 2013 – juin 2014

En avant vers l'Open-Source

▪ Intérêts pour EDF à disposer de MFront dans un cadre Open-Source

- Productivité
 - Gains de temps pour l'écriture de comportements, plus besoin de compétences informatiques spécifiques (environnement Aster, Fortran)
 - Performances de l'implémentation MFront par comparaison à des lois existantes dans Aster

- Préparation de l'avenir
 - Grand nombre de méthodes d'intégration disponibles (par exemple Broyden, Runge-Kutta 5/4)
 - Capacité à devenir co-développeur de MFront pour l'adapter à nos besoins spécifiques (besoin non couvert par les bibliothèques fermées type UMAT ou ZMAT)

- Facilité d'accès aux lois de comportement (ouverture plus large que dans un code)
 - Plus besoin d'avoir recours à *Code_Aster* pour des applications « point matériel »

- Standardisation des lois de comportement pour mutualiser leur utilisation à EDF
 - Substitution de lois présentes « en dur » dans *Code_Aster*
 - Exemple d'utilisations possibles : SALOME/ADAO pour identification de paramètres, projets « matériaux » à EDF

▪ Discussion d'une mise en libre entre les programmes CEA et EDF

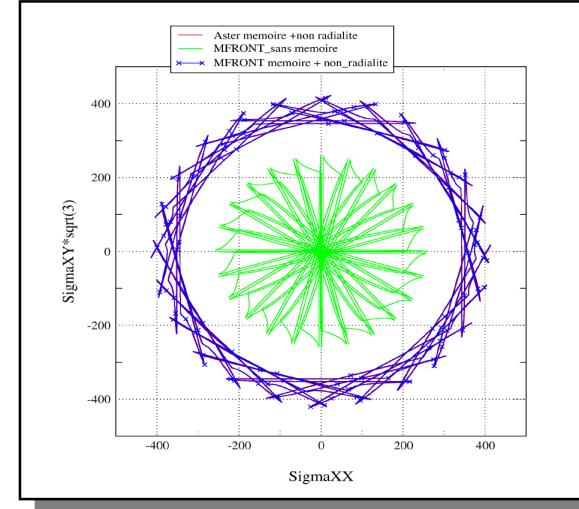
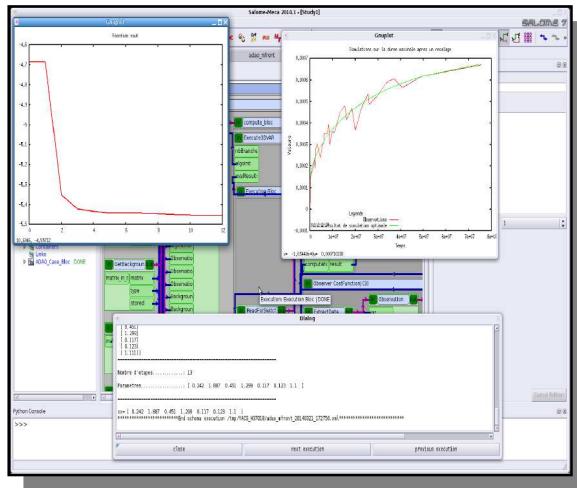
Novembre 2013 – juin 2014

En avant vers l'Open-Source (2)

- Quelques exemples des performances obtenues tirés de « *Écriture de lois de comportement avec mfront : tutoriel* », T. Helfer, J.M. Proix

TABLE 1 – comparaison des temps de calcul

éprouvette entaillée 2D axi	MFRONT impl J prog	MFRONT impl J num	MFRONT expl RK4/5	Aster impl J prog	Aster impl J num	Aster expl RK2/1
Nb de pas de temps	601	601	4011	601	601	4011
Nb itérations Newton	1818	1810	17493	2479	1832	17495
Temps CPU	3mn5s	3mn19s	32mn21s	8mn40s	8mn53s	46mn37s



Juillet 2014 – septembre 2014

Du prototype à l'intégration transparente

- Développement d'une interface dédiée pour Aster dans MFront
 - Modifications mineures de l'interface déjà mise à disposition par T. Helfer
 - Suppression de beaucoup de paramètres (par rapport au standard UMAT)
 - Passage du type de modélisation à MFront (3D, Axisymmetrical, ...)
 - Interrogation de la loi de comportement pour connaître les *ExternalStateVariables*
 - Récupération côté Aster des *InternalStateVariables*
- Premier étape côté Aster : prototypage
 - Syntaxe côté Aster : définition d'un matériau « UMAT », Appel de MFront dans un opérateur de calcul

```
MAT = DEFI_MATERIAU(# DruckPragEcroLin.mfront
                      UMAT = _F( C1 = 5800.0E6,
                                 C2 = 0.3,
                                 C3 = 0.328,
                                 C4 = 0,
                                 C5 = 2.11E6,
                                 C6 = 0,
                                 NB_VALE=6, ), )
```

```
U1 = STAT_NON_LINE( # ...
                      COMPORTEMENT=_F( RELATION = 'MFRONT',
                                      NOM_ROUTINE='asterdruckpragecrolin',
                                      LIBRAIRIE='druckprag.so', ) # ...
                                         ),
                                         ) ,
```

Juillet 2014 – septembre 2014

Du prototype à l'intégration transparente (2)

- Deuxième étape : ajout de comportements MFront de manière transparente
 - Intégrés dans le source de Code_Aster
 - Compilés à l'installation de Code_Aster
 - Ces comportements peuvent remplacer des comportements présents dans Code_Aster
- Syntaxe beaucoup plus lisible pour l'utilisateur

```
MATF=DEFI_MATERIAU(
    Chaboche=_F(YoungModulus = 145200,
                PoissonRatio = 0.3,
                R_inf = 151.,
                R_0 = 87.,
                b = 2.3,
                k = 0.43,
                w = 6.09,
                C_inf_0 = 187.*341.,
                C_inf_1 = 29.*17184.,
                g_0_0 = 341,
                g_0_1 = 17184,
                a_inf = 1.,),)
SOLNL=SIMU_POINT_MAT(
    MATER=MATF,
    COMPORTEMENT=_F(RELATION='Chaboche',
                    RESI_INTE_REL=1e-12, ),
    # (...) )
```

Octobre 2014

La mise en Open-Source

- Actée en juillet, effective en octobre
- Licence libre
 - A permis d'éviter la remise en cause de la politique de diffusion libre de *Code_Aster*
- Accès au dépôt SVN
 - A facilité la restitution des développements EDF dans l'interface Aster de MFront

Décembre 2014

Version 12.3 de Code_Aster intégrant MFront

- Merci à Thomas Helper, Renaud Masson, Bruno Michel et Vincent Marelle pour avoir rendu cela possible

Code_Aster

Accueil du site Présentation Documentation Formations Forum Téléchargement Support ProNet

Français ▾

Téléchargement

- Code_Aster
- Mise à jour de Code_Aster
- Salome-Meca
- Pré-requis
- Outils
- Licences
- FAQ - Installation

Téléchargement

Derniers téléchargements

Les paquets aster-full (Code_Aster_stable et Code_Aster_testing) contiennent tous les pré-requis nécessaires sauf Python qui doit être installé avant Code_Aster.

Pour l'installation des mises à jour pour code_Aster_unstable, consultez la page Version unstable de la section Support.

Vous devez consulter et accepter les termes de la licence avant de télécharger un produit.

Modèle de MFront: les lois de comportement à la perle de tress - 15/10/2014

Modèle de MFront: Comparaison Aster-MFront

Agrégat polyacrylate: Comparaison des performances

Calibration stable EPZ2-0% EPZ2+10% EPZ2-0% EPZ2+10%

Nombre d'itérations de Newton: 441 1232 441 820

Temps CPU: 20min 30min 20min 30min

Récalage d'une loi de flUAGE de billet avec d'Adas et d'astest. Comparaison courbe expérimentale et simulation

Modèle viscoplastique de Chaboche

Modèle viscoélastique de Chaboche

Modèle viscoplastique de Chaboche

Modèle viscoplastique de Chaboche

Produit	Version	Date	Licence
Code_Aster stable	11.6	11 juin 2014	
Code_Aster testing	12.2	11 juin 2014	
Code_Aster unstable			
Salome-Meca	2014.2	7 juillet 2014	LGPL
Documentation stable	11.6	-	GFDL
Documentation unstable	12.2	-	GFDL

Club U MFront - 06 février 2015 - REX EDF | 12

Perspectives concernant MFront dans Code_Aster

- **Conversion de lois de Code_Aster intégrées par un algorithme vers MFront**
 - Facilitation de la maintenance
 - Amélioration de la robustesse (plus d'algorithmes de résolution)
 - Simplification de certains modèles
- **Utilisation de MFront pour les lois élastiques non-linéaires (hyper-élasticité)**

Besoins et intérêts pour de nouvelles fonctionnalités

- **Intégration de la non-localité dans MFront**
 - Pour les lois d'endommagement
 - Gradient de variables internes ou de déformation en entrée
- **Lois écrites en efforts généralisés (lois globales pour le GC sous séisme)**
 - Permettrait à plus long-terme l'intégration dans Europlexus pour le chaînage avec Code_Aster (même loi, même implémentation)

Besoins pour la qualification et la pérennisation de l'intégration

- **AQ**
 - Politique de versionnement (version stable, version de dév.)
 - Release notes, fiche qualité (si comportements directement utilisés)

- **Cadre contractuel ou partenarial**
 - Pour restitution dans le dépôt officiel
 - Pour définir les orientations scientifiques et techniques en matière de développement