

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



[www.cea.fr](http://www.cea.fr)

## Présentation de mfront



— T. HELFER

**Sommaire**

**Contexte**

**Propriétés matériaux**

**Modèles**

**Annexes**

- **permettre** l'écriture de connaissances matériau :
  - les propriétés matériau (module d'YOUNG, etc...);
  - les lois de comportement mécanique (viscoplasticité, plasticité, endommagement);
  - les modèles (gonflement, évolution physico-chimique);

- **permettre** l'écriture de connaissances matériau :
  - les propriétés matériau (module d'YOUNG, etc...);
  - les lois de comportement mécanique (viscoplasticité, plasticité, endommagement);
  - les modèles (gonflement, évolution physico-chimique);
- **mutualiser** ces connaissances matériau :
  - entre les différentes études des applications de la plate-forme pleiades :
    - ▶ toutes les lois de comportement de la plate-forme vont être ré-écrites en mfront dès cette année;
    - ▶ la plate-forme pleiades a créé une base de données nommée sirius qui a été adaptée pour utiliser des fichiers mfront en interne (+ de 100 matériaux différents);
  - avec d'autres codes :
    - ▶ quelque soit leur langage (fortran,C,C++,VBA, etc..);

- **permettre** l'écriture de connaissances matériau :
  - les propriétés matériau (module d'YOUNG, etc...);
  - les lois de comportement mécanique (viscoplasticité, plasticité, endommagement);
  - les modèles (gonflement, évolution physico-chimique);
- **mutualiser** ces connaissances matériau :
  - entre les différentes études des applications de la plate-forme pleiades :
    - ▶ toutes les lois de comportement de la plate-forme vont être ré-écrites en mfront dès cette année;
    - ▶ la plate-forme pleiades a créé une base de données nommée sirius qui a été adaptée pour utiliser des fichiers mfront en interne (+ de 100 matériaux différents);
  - avec d'autres codes :
    - ▶ quelque soit leur langage (fortran,C,C++,VBA, etc..);
- **simplifier le travail des utilisateurs** :
  - numérique;
  - informatique;
  - minimiser le risque d'erreur

	Propriétés	Loi de com- portement	Modèle
Fichier mfront	33	<b>92</b>	22
Fichier généré	130	<b>1641</b>	556

- le gain, pour l'utilisateur, peut être conséquent ;
- on « automatise » au maximum pour réduire le risque d'erreurs en ce qui concerne la partie purement informatique de l'implantation ;
- ces « détails » informatiques peuvent avoir de nombreuses conséquences (portabilité, performances, etc..) ;
- une partie du code est de la « glue » pour s'adapter au code/langage cible.

- pour les propriétés matériaux :
  - différents langages (C++,fortran,python);
- pour les lois de comportement mécanique :
  - différents solveurs (Cast3M,Aster,TMFFT, mtests,...);
- pour les modèles :
  - germinal, licos;

- pour les propriétés matériaux :
  - différents langages (C++,fortran,python);
- pour les lois de comportement mécanique :
  - différents solveurs (Cast3M,Aster,TMFFT, mtests,...);
- pour les modèles :
  - germinal, licos;

mfront propose la notion d'**interface**



- pour les propriétés matériaux :
  - différents langages (C++,fortran,python);
- pour les lois de comportement mécanique :
  - différents solveurs (Cast3M,Aster,TMFFT, mtests,...);
- pour les modèles :
  - germinal, licos;

mfront propose la notion d'**interface**

Le code généré dépend de l'interface choisie ! (on veut être performant !)

# Propriétés matériaux

■ conductivité thermique du combustible *UPuC* :

$$k(T, p, \tau)$$

- $T$  est la température ;
- $p$  est la porosité ;
- $\tau$  est le taux de combustion ;

- conductivité thermique du combustible *UPuC* :

$$k(T, p, \tau)$$

- $T$  est la température ;
- $p$  est la porosité ;
- $\tau$  est le taux de combustion ;
- introduction en 3 étapes :
  - écriture d'une fonction `UPuC_ThermalConductivity` ;
  - création d'une librairie `libUPuCMaterialProperties.so` ;
  - appel depuis `Cast3M` ;

```
@Parser   MaterialLaw;
@Law      ThermalConductivity;
@Material UPuC;
@Author   Thomas Helfer;

@Output k;  //< changing the name of output

@Input T,p,Bu;  //< inputs of the law

@Function{
  if (T<=773.15){
    k = (8.14e-6*T-0.010096882)*T+19.65063040915;
  } else {
    k = (-1.88e-6*T+0.009737044)*T+10.2405949657;
  }
  k *= (1.-p)/(1.+2.*p);
  k *= 1.-(0.02*Bu);
} // end of function
```

```

@Parser    MaterialLaw;
@Law       ThermalConductivity;
@Material  UPuC;
@Author    Thomas Helfer;

@Output k;  //< changing the name of output

@Input T,p,Bu;                                //< inputs of the law
T.setGlossaryName("Temperature");             //< pleiades name
p.setGlossaryName("Porosity");                 //< pleiades name
Bu.setGlossaryName("BurnUp");                  //< pleiades name

@PhysicalBounds T in [0:*[; //< temperature physical bounds
@Bounds T in [0:2573.15]; //< temperature bounds
@PhysicalBounds p in [0:1]; //< porosity physical bounds
@PhysicalBounds Bu in [0:*[; //< burn-up physical bounds

@Function{
  if (T<=773.15){
    k = (8.14e-6*T-0.010096882)*T+19.65063040915;
  } else {
    k = (-1.88e-6*T+0.009737044)*T+10.2405949657;
  }
  k *= (1.-p)/(1.+2.*p);
  k *= 1.-(0.02*Bu);
} // end of function

```

```

@Parser    MaterialLaw;
@Law       ThermalConductivity;
@Material  UPuC;
@Author    Thomas Helfer;

@Output k;  ///< changing the name of output

@Input T,p,Bu;          ///< inputs of the law
T.setGlossaryName("Temperature");  ///< pleiades name
p.setGlossaryName("Porosity");      ///< pleiades name
Bu.setGlossaryName("BurnUp");       ///< pleiades name

@PhysicalBounds T in [0:*];  ///< temperature physical bounds
@Bounds T in [0:2573.15];    ///< temperature bounds
@PhysicalBounds p in [0:1];  ///< porosity physical bounds
@PhysicalBounds Bu in [0:*];  ///< burn-up physical bounds

@Function{
  if (T<=773.15){
    k = (8.14e-6*T-0.010096882)*T+19.65063040915;
  } else {
    k = (-1.88e-6*T+0.009737044)*T+10.2405949657;
  }
  k *= (1.-p)/(1.+2.*p);
  k *= 1.-(0.02*Bu);
} ///< end of function

```

```
mfront --obuild --interface=castem UPuC-ThermalConductivity.mfront
```

- un fichier clair (avis subjectif) ;



- un fichier clair (avis subjectif) ;
- interfaces disponibles :
  - castem (!) ;
  - Excel (Visual Basic) ;
  - C/C++/fortran ;
  - python ;
  - octave ;
  - gnuplot ;
  - etc...

- un fichier clair (avis subjectif) ;
- interfaces disponibles :
  - castem (!) ;
  - Excel (Visual Basic) ;
  - C/C++/fortran ;
  - python ;
  - octave ;
  - gnuplot ;
  - etc...
- gestion facilitée des bornes des propriétés matériau ;

- un fichier clair (avis subjectif) ;
- interfaces disponibles :
  - castem (!) ;
  - Excel (Visual Basic) ;
  - C/C++/fortran ;
  - python ;
  - octave ;
  - gnuplot ;
  - etc...
- gestion facilitée des bornes des propriétés matériau ;
- gestion facilitée des dépendances entre propriétés matériau ;

- un fichier clair (avis subjectif) ;
- interfaces disponibles :
  - castem (!) ;
  - Excel (Visual Basic) ;
  - C/C++/fortran ;
  - python ;
  - octave ;
  - gnuplot ;
  - etc...
- gestion facilitée des bornes des propriétés matériau ;
- gestion facilitée des dépendances entre propriétés matériau ;
- support de la procédure de compilation :

- un fichier clair (avis subjectif) ;
- interfaces disponibles :
  - castem (!) ;
  - Excel (Visual Basic) ;
  - C/C++/fortran ;
  - python ;
  - octave ;
  - gnuplot ;
  - etc...
- gestion facilitée des bornes des propriétés matériau ;
- gestion facilitée des dépendances entre propriétés matériau ;
- support de la procédure de compilation :
- interaction avec la base de données matériau sirius :
  - en entrée ;
  - en sortie ;

```
* Création d'un modèle thermique isotrope
ModT1 = 'MODELISER' s1 'THERMIQUE' 'ISOTROPE' ;

* Création d'une table contenant les données relatives
* à la propriété externe :
* - 'MODELE' contient le nom de la fonction appelée
* - 'LIBRAIRIE' contient le nom de la librairie externe
* dans laquelle cette fonction est définie
* - 'VARIABLES' contient la liste des paramètres dont dépend
* la fonction appelée
Tmat = 'TABLE';
Tmat. 'MODELE' = 'UPuC_ThermalConductivity' ;
Tmat. 'LIBRAIRIE' = 'libUPuCMaterialProperties.so' ;
Tmat. 'VARIABLES' = 'MOTS' 'T' 'PORO' 'FIMA';

* Création du matériau.
MatT1 = 'MATERIAU' ModT1 'K' Tmat;
```

```

* Création d'un modèle thermique isotrope
ModT1 = 'MODELISER' s1 'THERMIQUE' 'ISOTROPE' ;

* Création d'une table contenant les données relatives
* à la propriété externe :
* - 'MODELE' contient le nom de la fonction appelée
* - 'LIBRAIRIE' contient le nom de la librairie externe
* dans laquelle cette fonction est définie
* - 'VARIABLES' contient la liste des paramètres dont dépend
* la fonction appelée
Tmat = 'TABLE';
Tmat. 'MODELE' = 'UPuC_ThermalConductivity' ;
Tmat. 'LIBRAIRIE' = 'libUPuCMaterialProperties.so' ;
Tmat. 'VARIABLES' = 'MOTS' 'T' 'PORO' 'FIMA';

* Création du matériau.
MatT1 = 'MATERIAU' ModT1 'K' Tmat;

```

- utilisation transparente dans les procédures classiques (PASAPAS);

```
* Création d'un modèle thermique isotrope
ModT1 = 'MODELISER' s1 'THERMIQUE' 'ISOTROPE' ;

* Création d'une table contenant les données relatives
* à la propriété externe :
* - 'MODELE' contient le nom de la fonction appelée
* - 'LIBRAIRIE' contient le nom de la librairie externe
* dans laquelle cette fonction est définie
* - 'VARIABLES' contient la liste des paramètres dont dépend
* la fonction appelée
Tmat = 'TABLE';
Tmat. 'MODELE' = 'UPuC_ThermalConductivity' ;
Tmat. 'LIBRAIRIE' = 'libUPuCMaterialProperties.so' ;
Tmat. 'VARIABLES' = 'MOTS' 'T' 'PORO' 'FIMA';

* Création du matériau.
MatT1 = 'MATERIAU' ModT1 'K' Tmat;
```

- utilisation transparente dans les procédures classiques (PASAPAS);
- utilisation simple de lois multi-variables :
  - les paramètres doivent être définies par des « chargements »;



# Modèles

```
@Parser Model;
@Model SolidSwellingModel;
@Material UPuC;
@Author Helfer Thomas;
@Date 06 Déc. 2007;

@Output s;
s.setGlossaryName("SolidSwelling");
s.setDefaultInitialValue(0.);
s.setDepth(1);

@Input Bu;
Bu.setGlossaryName("BurnUp");
Bu.setDepth(1);

@Input p;
p.setGlossaryName("Porosity");
p.setDepth(1);

@Function compute
{
    const real coef1 = ...;
    const real coef2 = ...;
    const real p_ = 0.5*(p+p_1);
    s = s_1 + coef1*exp(coef2-p_)*(Bu-Bu_1);
} // end of function compute
```

■ aujourd'hui surtout utilisé dans les applications pleiades ;

# Annexes

- `tfel` est développé sous Linux :
  - pas de problème de portabilité connu ;
  - seule plate-forme « officielle ».
- `tfel` a été porté sous Windows (mingw) :
  - `mfront` fonctionne sans soucis ;
  - `mfront` ne gère le processus de compilation sauf dans l'environnement MSYS ;
  - ne fonctionne pas avec Visual Studio... pour l'instant !
- `tfel` a été porté sous différents Unix :
  - `freebsd`, `opensolaris` ;
  - pas de problèmes particuliers ;

- tfe1 est développé et testé en utilisant les compilateurs suivants :
  - g++, GNU, libre, versions 3.4 à 4.7)
  - clang++, LLVM, libre, versions 3.0 et 3.2)
  - ekopath, PathScale, libre (ou pas)
  - icpc, Intel propriétaire