

Code_Asterによる解析 : Step-by-Step



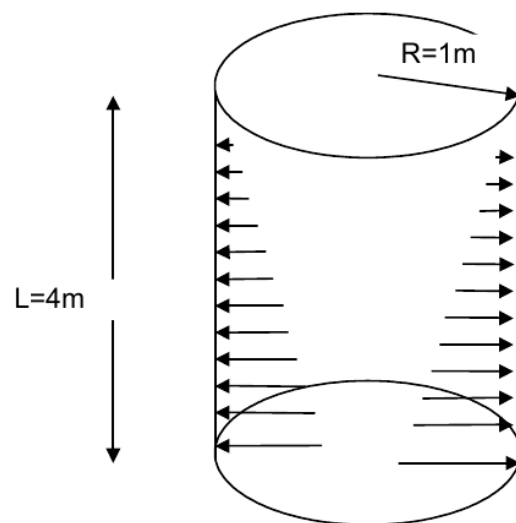
Code_Aster, Salome-Meca course material

GNU FDL licence (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>)

Code_Asterによる解析Step-by-Step: 概要

- ▶ 簡単な例
- ▶ スタディの開始とメッシュの取得
- ▶ モデルデータの選択, 定義, 割当
 - モデルと有限要素
 - 材料特性
 - 構造要素の幾何特性
 - 境界条件と荷重
- ▶ 求解
 - 求解のオペレータ設定
 - 線形ソルバ, 並列ソルバ, 分散計算
 - 結果
- ▶ 結果の後処理
 - オプションの計算と場の操作
 - 値の抽出と印字出力

簡単な例



テストケース DEMO005A : [U1.05.00] “A simple example”

```
DEBUT ()

# Reading of the mesh
mesh=LIRE_MAILLAGE (FORMAT='MED')

# Model definition
model=AFFE_MODELE (MAILLAGE=mesh,
                  AFFE=_F (TOUT='OUI',
                          PHENOMENE='MECANIQUE',
                          MODELISATION='AXIS',),),)

# Definition of material properties
steel=DEFI_MATERIAU (ELAS=_F (E=2.1E11,
                              NU=0.3,),),)

# Affectation of the material on the mesh
mater=AFFE_MATERIAU (MAILLAGE=mesh,
                   AFFE=_F (TOUT='OUI',
                           MATER=steel,),),)

# Definition of boundary conditions
bc=AFFE_CHAR_MECA (MODELE=model,
                  FACE_IMPO=_F (GROUP_MA='LAB',
                                DY=0,),),)

# Definition of loadings
f_y=DEFI_FONCTION (NOM_PARA='Y',
                  VALE=(0.,200000.,
                       4.,0.,),),)

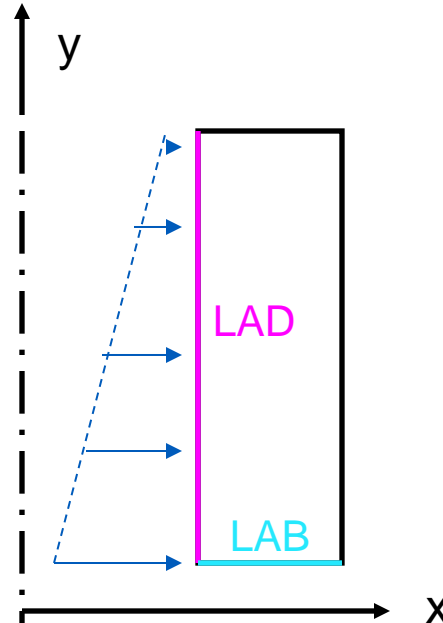
load=AFFE_CHAR_MECA_F (MODELE=model,
                     PRES_REP=_F (GROUP_MA='LDA',
                                   PRES=f_y,),),)
```

```
# Resolve
result=MECA_STATIQUE (MODELE=model,
                    CHAM_MATER=mater,
                    EXCIT=( _F (CHARGE=load,),
                          _F (CHARGE=bc,),),),)

# Stress Calculation at nodes
result=CALC_ELEM (reuse=result,
                 RESULTAT=result,
                 OPTION='SIGM_ELNO')

# Print results for display in Salome
IMPR_RESU (FORMAT='MED',
          RESU=_F (RESULTAT=result))

FIN ()
```



スタディの開始とメッシュの取得

特殊コマンド: DEBUT, FIN, POURSUITE

▶ DEBUT コマンド

- 実行の始まりを示す(先行行を無視)
- メッセージや結果ファイルの論理ユニット設定
- 基本用法: **DEBUT ()**

▶ POURSUITE コマンド

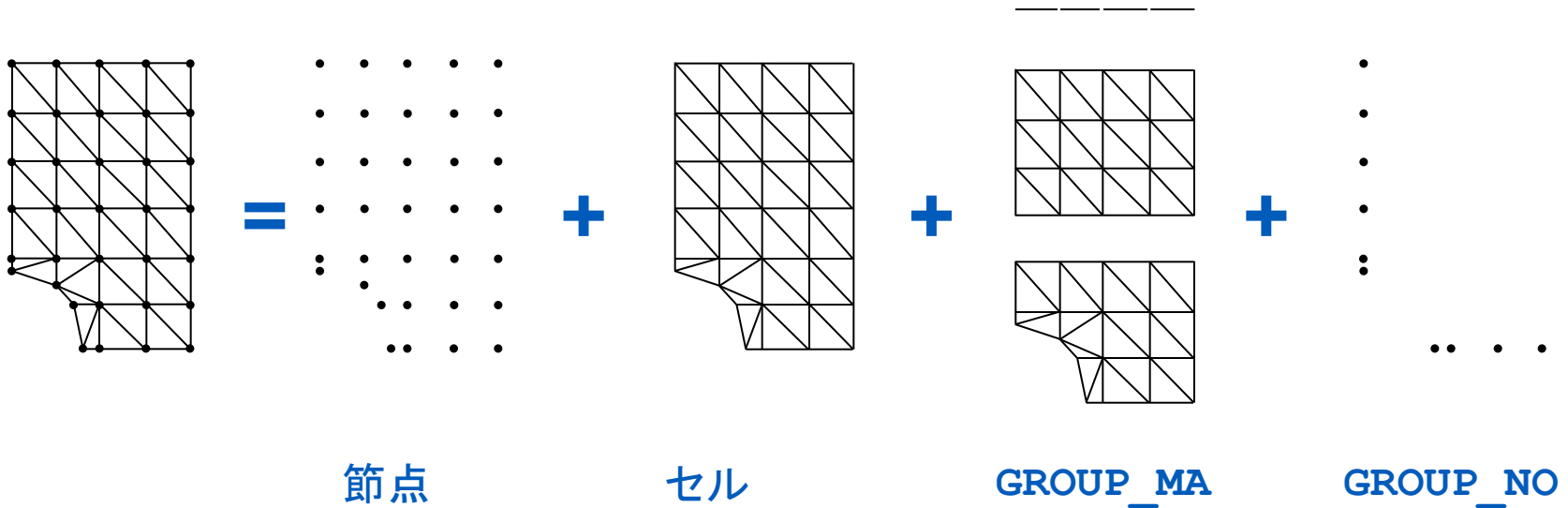
- 入力として用意されたベース(base)からのリスタート実行
- 同一バージョンの Code_Aster で開始された解析の継続に便利
- 継続して行う解析の分離に使用することを推奨
- 基本的な用法: **初期解析 : DEBUT () ... FIN ()**
継続解析 : POURSUITE () ... FIN ()

▶ FIN コマンド

- コマンドファイルと解析実行の終わりを示す(後続行を無視)
- 実行の最後にベース(計算中に生成されたすべてのコンセプト(メッシュ, 中間構造, 結果, ...)を含む)を閉じる
- ベースを生成するためのフォーマットを特定(HDF または Aster)

メッシュとは?

- 節点の座標
- 節点の結合によって定義されたセル
- セルのグループ(GROUP_MA)と節点のグループ(GROUP_NO)



メッシュの読み込み

▶ Aster フォーマットまたは MED フォーマットによるメッシュ

- Code_Aster フォーマット

```
mymesh = LIRE_MAILLAGE()
```

- MED フォーマット

```
mymesh = LIRE_MAILLAGE(FORMAT='MED')
```

▶ その他のフォーマットのメッシュ

- PRE_***: PRE_GIBI, PRE_IDEAS, PRE_GMSH などのコマンド

- 例:

```
PRE_***()
```

```
mymesh = LIRE_MAILLAGE()
```

▶ 結果

- IMPR_RESU コマンド

- 例えば MED フォーマットなら:

```
IMPR_RESU( FORMAT='MED',  
           RESU=_F(RESULTAT=myresult,), );
```


モデルデータの選択, 定義, 割当

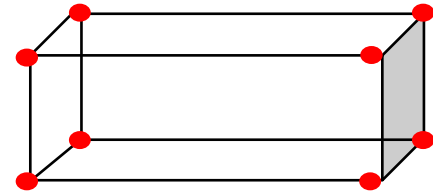
有限要素の選択

有限要素とは:

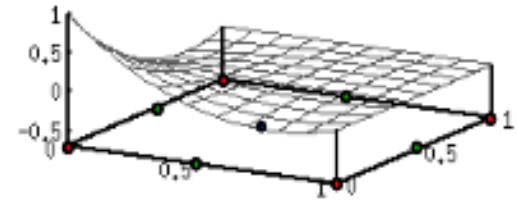
- メッシュとして与えられた幾何的記述
- 形状関数
- 自由度

有限要素の選択によって決まるもの:

- 解かれる方程式
- 離散化と積分における仮定
- 出力される場



$$(x-1)*(y-1)*(x-0,5)*(y-0,5)*4, -$$



```
mymodel = AFFE_MODELE( MAILLAGE=mymesh,  
                        AFFE=_F( GROUP_MA           ='ZONE_1',  
                                PHENOMENE         ='MECANIQUE',  
                                MODELISATION      ='C_PLAN'), )
```

有限要素の選択

◆ 機械的現象, 3D要素の例:

```
◆ / ◆ PHENOMENE = 'MECANIQUE'  
◆ / ◆ MODELISATION =  
  / '3D'  
  / '3D_SI'  
  / '3D_INCO'  
  / '3D_INCO_UP'  
  / '3D_INCO_GD'  
  / '3D_FLUIDE'  
  / '3D_FAISCEAU'  
  / '3D_ABSO'  
  / '3D_FLUI_ABSO'  
  / '3D_GRAD_EPSI'  
  / '3D_GRAD_VARI'  
  / '3D_THM' ...  
  / '3D_XFEM_CONT' ...
```

●
●
●

力学問題のための3Dアイソ
パラメトリック要素

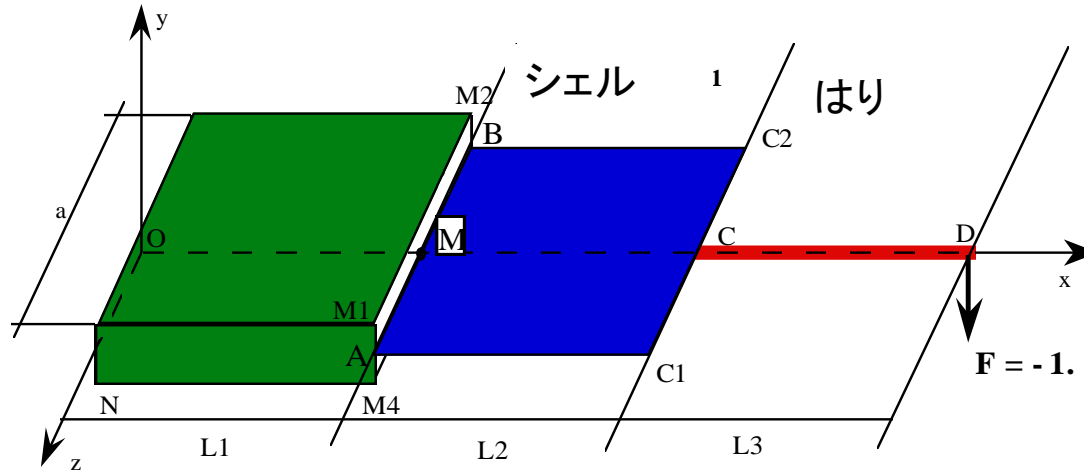
他にも多くの3D要素がある:
低減積分,
非圧縮,
非局所型,
流体-構造
連成熱
...

有限要素の選定

力学現象に対する, 2D, 1D, 0D 要素の例:

◆ /	◆ PHENOMENE =	'MECANIQUE'	
◆ /	◆ MODELISATION =		
	/ 'D_PLAN'		} 力学問題のための2D 要素 平面ひずみ 平面応力 軸対称
	/ 'C_PLAN'		
	/ 'AXIS'		
		⋮	
	/ 'DKT'		} シェル要素 平面ひずみ 平面応力 軸対称
	/ 'DST'		
	/ 'COQUE_3D'		
		⋮	
	/ 'POU_D_T'		} 1D 要素 はり 配管 ケーブル ...
	/ 'TUYAU'		
		⋮	

有限要素の混成: 結合に注意



```
mo=AFFE_MODELE (  
  MAILLAGE= ma,  
  AFFE=(  
    _F(MAILLE= he1, PHENOMENE='MECANIQUE',MODELISATION='3D'),  
    _F(GROUP_MA= grma1,PHENOMENE='MECANIQUE',MODELISATION='DKT'),  
    _F(GROUP_MA= grma2,PHENOMENE='MECANIQUE',MODELISATION='POU_D_E')))
```

自由度間の動力的結合を記述する必要がある

- 荷重や境界条件については次章参照のこと

その他注意すべき点:

▶ 軸対称モデル AXI:

- 節点座標: y が対称軸で x の値は正でなければならない

▶ 法線の方向:

- `MODI_MAILLAGE [U4.23.04]` コマンド
- 圧力を与えるシェル要素や3Dエッジの法線ベクトルの方向をチェック
- 接触するセルの方向を適正化

◇ `ORIE_NORM_COQUE = _F(`

このキーワードは表面メッシュセル(シェル)の法線が相互に整合しているかどうかを調べる. 整合していない場合, 一部のセルの方向を修正する

◇ `ORIE_PEAU_2D =`

◇ `ORIE_PEAU_3D =`

これらのキーワードはメッシュのエッジの方向を修正し, 法線を整合化(材料の外側に向く)する. 表層上に圧力を与える場合などには必須

材料の定義と割当て

▶ 材料は数値パラメータで定義

- *Code_Aster* では単位が管理されない: ユーザは材料間で, 要素長さやメッシュの長さ, 荷重の大きさについて整合のとれた単位系を用いること
- 例:

節点座標	mm	m
ヤング率	MPa	Pa
荷重	N	N
結果として得られる応力	MPa	Pa

▶ 材料の割当ては必須

- 割当先: 幾何学的領域, セルグループの名前によって指定される有限要素のグループ

材料の定義と割当て

▶ 材料は解の仮定(構成式)と整合する必要がある

▶ 例:

- VMIS_ISOT_TRAC: Von Misesの弾塑性関係に基づく等方非線形硬化則
- 弾性特性に加えて, 応力-ひずみ曲線を定義する必要がある

```
steel=DEFI_MATERIAU ( ELAS      =_F (E=2.1.E11, NU=0.3,,) )
                   TRACTION   =_F ( SIGM = CTRACB), )

mater=AFFE_MATERIAU (MAILLAGE=mesh,
                   AFFE=_F (TOUT='OUI', MATER=steel,,) )

result=STAT_NON_LINE ( ...
                   CHAM_MATER=mater,
                   COMP_INCR=_F (
                               RELATION = 'VMIS_ISOT_TRAC'), )
```


材料の定義と割当て

- ▶ 先行行で定義された材料を割当て、割当済みの材料を使用する:

```
STEEL1 = DEFI_MATERIAU( ELAS = _F( E = 205000.0E6,  
                                NU = 0.3, ), )  
STEEL2 = DEFI_MATERIAU( ELAS = _F( E = 305000.0E6,  
                                NU = 0.3, ), )  
STEEL3 = DEFI_MATERIAU( ELAS = _F( E = 405000.0E6,  
                                NU = 0.3, ), )
```

```
CHMAT1 = AFFE_MATERIAU(MAILLAGE=MESH,  
                        AFFE = _F(TOUT='OUI',  
                                MATER= STEEL2, ), )  
CHMAT2 = AFFE_MATERIAU(MAILLAGE=MESH,  
                        AFFE = _F(TOUT='OUI',  
                                MATER= STEEL3, ), )
```

```
RESU    = MECA_STATIQUE(...  
                        CHAM_MATER= CHMAT1,  
                        ...)
```

3つの異なる材料を定義し: **STEEL1** **STEEL2** **STEEL3**

そのうち2つを割当て: **CHMAT1** **CHMAT2**

最終的に解析に使用される材料は **CHMAT1** だけ!!

構造要素の特性

▶ シェル, 板, はり, 配管, 離散要素 ...

▶ 以下の幾何学的な特性情報はメッシュに与えられない

- シェル: 板厚; 接平面の参照方向
- はり: 断面; 中立軸まわりの慣性の主軸方向; 曲がりはり要素の曲率
- 離散要素 (バネ, 質量/慣性, 減衰): 剛性の値, 質量マトリックス; 減衰マトリックス
- 棒またはケーブル: 断面積
- 3D および 2D の連続媒体要素: 異方性に関する局所座標軸

```
charac=AFFE_CARA_ELEM(MODELE=MODELE,  
                        POUTRE=_F( GROUP_MA='rotor',  
                                   SECTION='CERCLE',  
                                   CARA='R',  
                                   VALE=.05, ),
```

荷重

▶ コマンド `AFFE_CHAR_***`

▶ 連続媒体内部の荷重

| PESANTEUR
| ROTATION
| FORCE_INTERNE
| FORCE_NODALE
.
.
.

▶ エッジ荷重

| FORCE_FACE
| FORCE_ARETE
| FORCE_CONTOUR
| PRES_REP
.
.
.

▶ 構造要素特有の荷重

| FORCE_POUTRE
| FORCE_COQUE
| FORCE_TUYAU
.
.
.

荷重

▶ コマンド `AFFE_CHAR_***`

▶ 自由度に対する関係をあらかじめ設定

<code>DDL_IMPO</code>	節点または節点のグループに課された自由度
<code>FACE_IMPO</code>	セルの節点やセルのグループに課された自由度
<code>LIAISON_SOLIDE</code>	節点またはセルの集合の剛体化
<code>LIAISON_ELEM</code>	3D はりの連結, はり-シェル, 3D配管 ...
<code>LIAISON_COQUE</code>	シェル同士の連結

...

▶ 選択した要素に対して許容されている自由度との整合に注意

```
char=AFFE_CHAR_MECA ( MODELE=MO,  
                      DDL_IMPO=_F( GROUP_NO = 'A',  
                                   DX  = 0.,  
                                   DY  = 0.,  
                                   DZ  = 0.,  
                                   DRX = 0.,  
                                   DRY = 0.,  
                                   DRZ = 0.)
```

シェルやはり要素に
おける回転変位

割当ての上書き規則

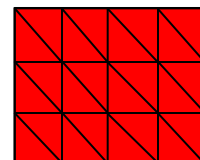
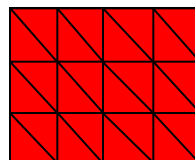
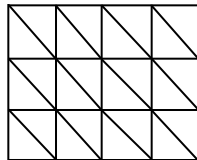
```
STEEL1 = DEFI_MATERIAU( ELAS = _F( E = 305000.0E6,  
                                NU = 0.3, ), )  
STEEL2 = DEFI_MATERIAU( ELAS = _F( E = 405000.0E6,  
                                NU = 0.3, ), )
```

```
CHMAT1 = AFFE_MATERIAU(MAILLAGE=MESH,  
                          AFPE = (_F(GROUP_MA=('GR1','GR2'),),  
                                  MATER=STEEL1,),  
                          _F(GROUP_MA=('GR2'),),  
                          MATER=STEEL2,),),)
```

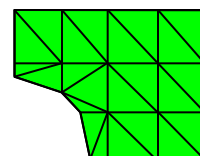
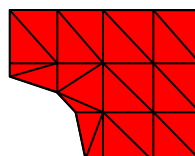
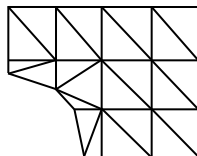
1

2

GR1



GR2



1

2

問題の求解

求解オペレータの設定

◆ 物理問題を解くためのオペレータが約15個用意されている

- ◆ 熱的: `THER_LINEAIRE`, `THER_NON_LINE`
- ◆ 静的: `MECA_STATIQUE`, `STAT_NON_LINE`
- ◆ 動的: `DYNA_VIBRA`, `DYNA_NON_LINE`
- ◆ モーダル(振動): `MODE_ITER_SIMULT`, `MODE_ITER_INV`, `MODE_ITER_CYCL`

◆ 求解の前に問題の詳細を記述

- ◆ モデル: `MODELE`
- ◆ 材料: `CHAM_MATER`
- ◆ 幾何学的特性(構造要素): `CARA_ELEM`
- ◆ 荷重: `EXCIT`
- ◆ (必要な場合)時刻のリスト: `LIST_INST`

◆ 求解アルゴリズムの設定の変更 → 高度な利用

- ◆ ほとんどの場合デフォルトが適する

線形ソルバの選択

- ▶ ソルバを選択に使用するキーワード **SOLVEUR / METHODE**
- ▶ 解こうとする問題に応じて関連するソルバを選択

▶ 直接ソルバ

- **MULT_FRONT** (マルチフロント): デフォルトの手法. ロバストな汎用ソルバ. X-FEMの混合モードや非圧縮性には推奨しない ...
- **MUMPS** (マルチフロンタル, 超並列スパース直接ソルバ) 外部ソルバ. **MULT_FRONT** と同じ範囲で使用. 並列計算可能

▶ 反復ソルバ

- ▶ **GCPC** (前処理付共役勾配法): 熱解析に推奨される. よく調整された大規模問題に有効
- ▶ **PETSC**: 外部マルチメソッドソルバ. 前処理 **LDLT_SP** と組み合わせて使用すればロバスト. 並列計算可

並列処理

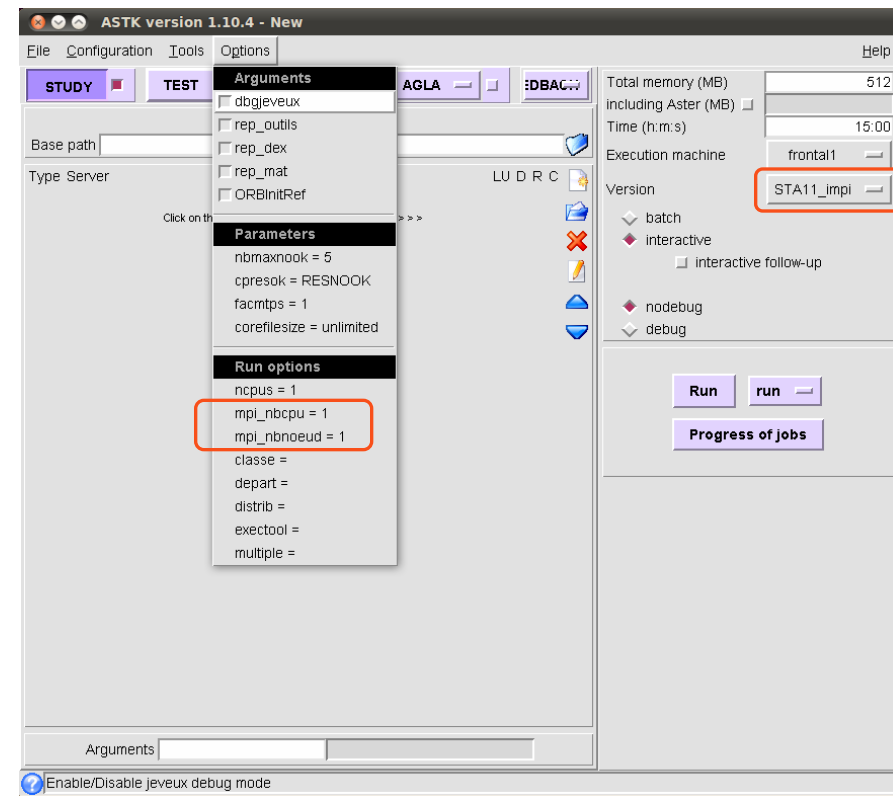
▶ 並列処理の使用

- コマンドファイル内で, SOLVEUR=_F (METHODE='MUMPS') を選択
- Astk で MPI バージョンの Code_Aster を選択
- Astk 内でプロセッサ数を設定

▶ 8プロセッサまでは, 効率が事実上保証される

▶ 多少のリスクを負えるユーザには,

- コマンドファイル内で
SOLVEUR=_F (METHODE='PETSC') を選択
- 直接ソルバほどロバストでない

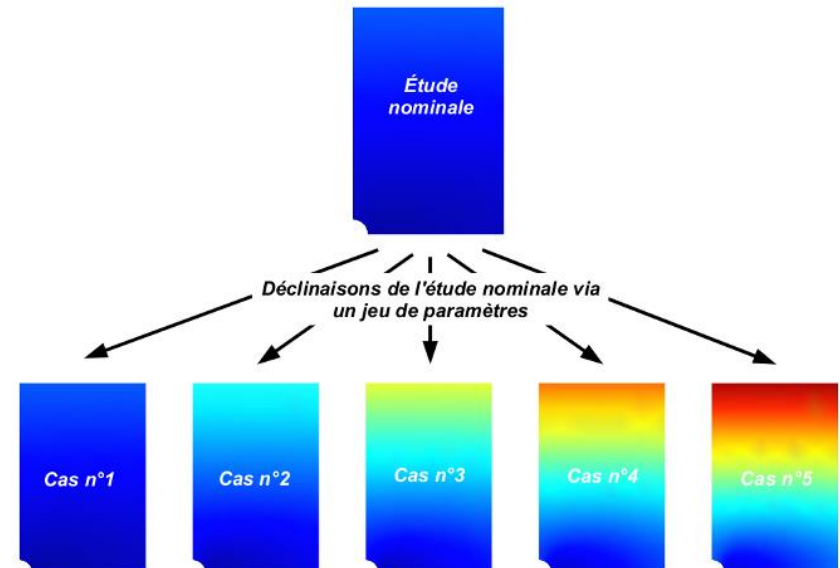


パラメトリック求解

- ▶ 同一問題について、パラメータ(ヤング率, 板厚, etc)を変化させた組合せを用いて解く
- ▶ Astk を用いて解析実行を自動的に割り振る
 - 標準コマンドファイル+1個以上のパラメータの変動範囲を与える
 - 整数, 実数, テキスト
 - [U2.08.07] “Distribution of parametric calculations”

Building submitted to an earthquake

300 calculations of 2h each → total execution time in 6h on 100 procs
Speed-up = 100



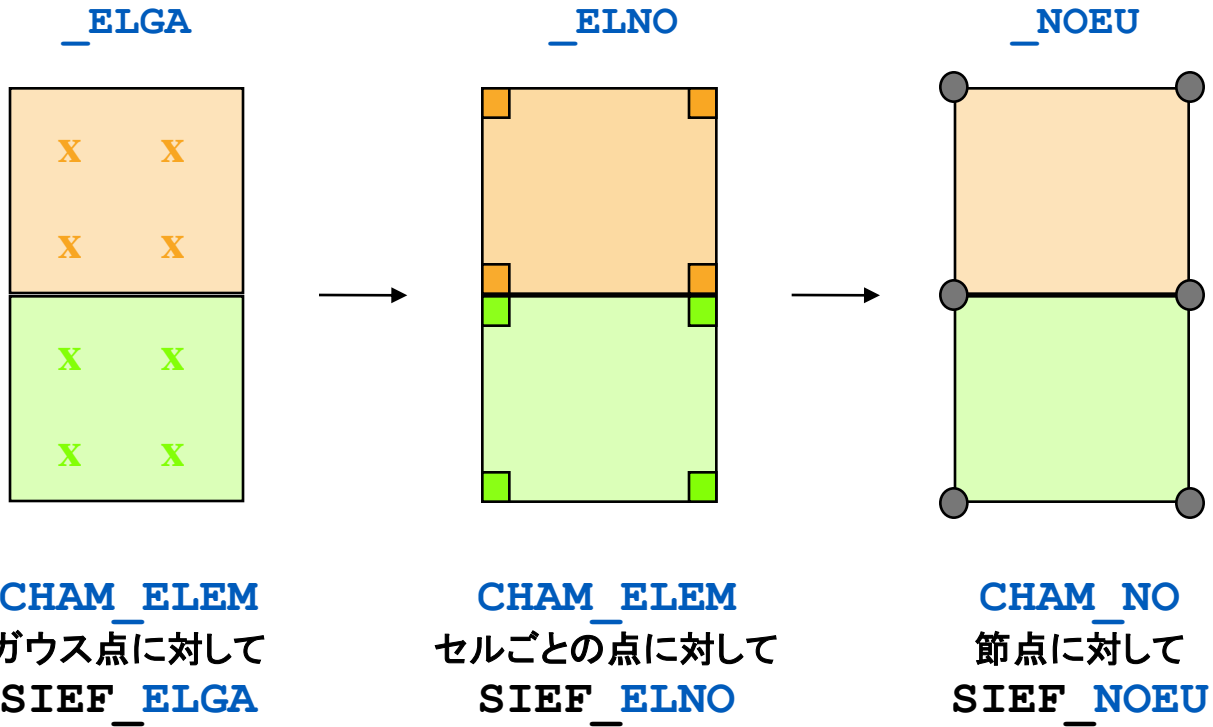
コンセプト resultat

- ▶ 求解オペレータが印字されたデータ構造を出力: `resultat`
- ▶ 型式はオペレータに依存
 - `EVOL_ELAS`, `EVOL_NOLI`, `EVOL_THER`, `MODE_MECA`, ...
- ▶ 計算ステップごと, 1以上の場の量をデータ構造 `resultat` に保存
- ▶ 場の量はアクセス変数によって識別
 - `INST`, `NUME_ORDRE`, `FREQ`, `NUME_MODE`, ...
- ▶ 保存される場の例
 - リスト中の時間ステップごとの温度場
 - 第 n 次モードまでの変位場
 - リスト中の時間ステップごとの変位場と応力場

結果の利用

場

▶ 場のタイプ3種



End of presentation

Is something missing or unclear in this document?
Or feeling happy to have read such a clear tutorial?

Please, we welcome any feedbacks about Code_Aster training materials.
Do not hesitate to share with us your comments on the Code_Aster forum
[dedicated thread](#).