

SalomeMecaの使いかた -- 11.1 周波数応答（減衰あり）

信頼性課 藤井 08/5/19  
修正 09/2/11

SalomeMecaの使いかた -- 11.1 周波数応答（減衰あり）  
(SalomeMeca 2008.1)

## 目次

1. 目的
2. 解析方法
  - 2-1. モデルの読み込みとメッシュの作成
  - 2-2. Code\_Aster の作成
  - 2-3. 実行と結果の確認
3. 複雑なモデルの場合
  - 3-1. モデルの作成
  - 3-2. Code\_Aster の作成
  - 3-3. Code\_Aster の修正
  - 3-4. 実行と結果の確認
4. ソースコード

## 1. 目的

「11.0 周波数応答解析」で減衰無しの場合を解析したが、ここでは減衰がある場合の周波数応答を解析する。

減衰がないと、共振周波数では、振幅が無限大になってしまうが、実際には減衰があり、無限大にはならない。しかし、減衰の値をいくつにするかは、難しいところであり、減衰を直接測定することはできない。実際に近い状態を解析するという意味では、減衰を考慮する必要があるので、ここで解析する。

## 2. 解析方法

減衰無しの解析を既に実施しているので、ここではそのコードを使い、一部分を修正して解析する。

## 2-1. モデルの作成

モデルは、片持ち梁（100x20x10）を使って、変動荷重は、1G加振として解析する。  
この為、~/CAE/harmoG-bar/のフォルダの内容をそのままフォルダごと~/CAE/harmoGD-bar/にコピーする。  
コピー後、ASTKを起動して、ファイル名（フルパス）を正しく設定しておく。

## 2-2. Code\_Aster の修正

EFICASを起動して、Code\_Asterを修正する。  
粘性減衰は、 $\alpha$ 減衰と $\beta$ 減衰の2種類が定義できる。それぞれの意味は下記。

 $\alpha$ 減衰

運動速度に比例した抵抗力で、空気・水・油などの中で運動するとき運動速度に比例した抵抗力が働くがこ

## SalomeMecaの使いかた -- 11.1 周波数応答（減衰あり）

の減衰係数の事をいう。この抵抗力は、質量マトリックスに働く減衰力。

### β 減衰

材料のたわみ速度に比例した抵抗力で、材料自体が持っている減衰力。軟らかい材料で、何回も変形させると発熱する材料の場合は、この減衰力が大きい。実際は殆ど小さく、一般的にはα減衰をつかう。

β減衰は、剛性（ばね）マトリックスに働く減衰力。

ここでは、α減衰を使って解析する。この減衰を考慮するために Code\_Aster を以下の様に修正する。まず、材料の定義を以下のように修正する。

```
DEFI_MATERIAU          ACIER
  ELAS
    E                   130300
    NU                  0.343
    RHO                 7.8e-9
    AMOR_ALPHA         0.001          #α 減衰を定義
```

減衰マトリックスを定義する。

```
MACRO_MATR_ASSE
  MODELE               MODELE
  CHAM_MATER           CHMAT
  CHARGE               BLOCAGE
  NUME_DDL             NUMEDDL
  MATR_ASSE
    MATR_ASSE_1                #剛性マトリックス
      MATRICE                   RIGITE
      OPTION                    RIGI_MACA
      b_rigi_meca
    MATR_ASSE_2                #質量マトリックス
      MATRICE                   MASSE
      OPTION                    MASS_MECA
    MATR_ASSE_3                #減衰マトリックス（追加する）
      MATRICE                   amore
      OPTION                    AMOR_MECA
      #名称は任意
```

計算方法（solver）は、以下のように減衰マトリックスを追加する。

```
DYNA_LINE_HARM          dynaharm
  MATR_MASS              MASSE          #質量マトリックス
  MATR_RIGI              RIGIDITE       #剛性マトリックス
  MATR_AMOR              amore          #減衰マトリックスを定義（追加）
  LIST_FREQ              Lfreq          #周波数の変化幅
  EXCIT
    VECT_ASSE            vectass         #負荷の変動
    COFE_MULT            1.0
```

以上で修正は完了。修正結果を保存して、EFICASを終了する。

## SalomeMeca の使いかた -- 11.1 周波数応答 (減衰あり)

### 2-3. 実行と結果の確認

ASTK から実行させる。実行した結果は、必要なデータのみ取り出し、グラフ化する。

なお、粘性減衰  $C_v$  は、 $0.001 \sim 0.00001$  まで変化させて確認した。

また、減衰を考慮しなかった場合には、solver が出力した結果には、下記の様に、2 行目のデータが「0」になっていた。

```
----->
CHAMP AUX NOEUDS DE NOM SYMBOLIQUE ACCE
NUMERO D'ORDRE: 2 FREQ: 2.00000E+02
NOEUD      DX      DY      DZ
N3         1.84934E+04  1.02479E+00 -1.26367E+05
           0.00000E+00  0.00000E+00  0.00000E+00  ← 減衰無しは、「0」になる。
```

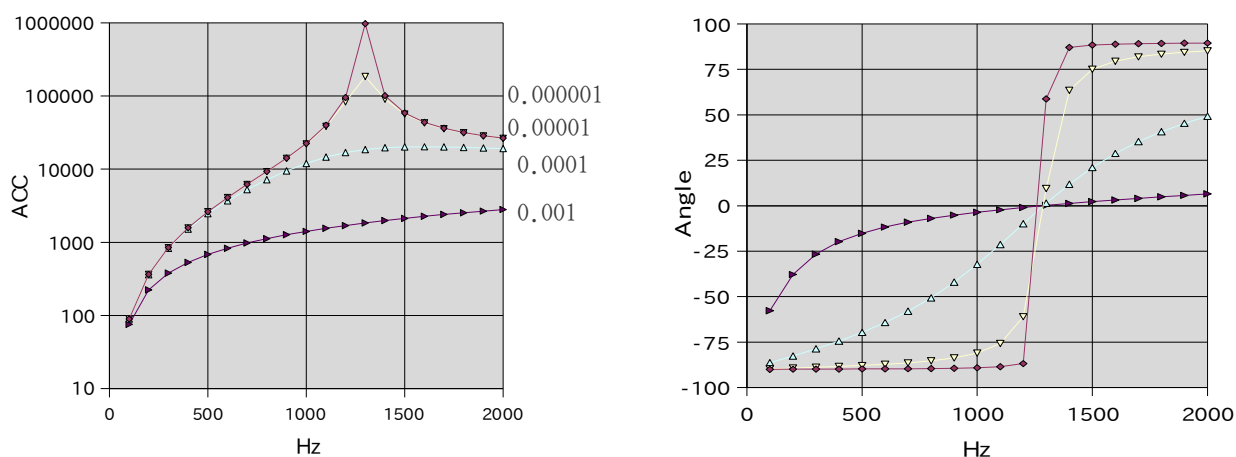
減衰を考慮すると、下記の様に 2 行とも値が出力されるようになる。

```
----->
CHAMP AUX NOEUDS DE NOM SYMBOLIQUE ACCE
NUMERO D'ORDRE: 4 FREQ: 4.00000E+02
NOEUD      DX      DY      DZ
N3         2.30865E+01  4.01749E-03 -1.80169E+02
           -6.45473E+01 -1.04178E-02  5.01725E+02  ← 「0」になっていない。
```

これは、solver が振動の大きさと方向 (位相差) をベクトル表示しているため、1 行目を  $i$  方向、2 行目を  $j$  方向の XYZ 成分と考えた時、XYZ それぞれの方向の振動の大きさや位相差は、以下で求められる。例えば  $Z$  方向の場合、振動の大きさは、 $ij$  方向の  $Z$  成分の 2 乗和を開平することで求められる。同様に  $Z$  方向の位相差は、 $ij$  平面における振動ベクトルの方向なので、 $ij$  方向の  $Z$  成分の傾き ( $\tan\phi$ ) から位相差を求められる。

減衰がなければ、加振の振動と応答の振動の位相差は表れないが、減衰が大きくなってくると位相差が洗われてくる。

粘性減衰  $C_v$  を変化させて、加振方向 ( $Z$  方向) の振動の大きさと位相差を確認した結果が、下記の様になる。



共振している周波数で、振幅が大きくなり、位相が  $180^\circ$  反転していることがわかる。位相のグラフは、周波数が低い時は、 $0$  で、共振以降の周波数から位相が反転 ( $180^\circ$  ずれる) する。上記位相のグラフは、位相角が  $-90^\circ$  小さくなっているのに注意。(単純な計算間違い) 減衰がある場合には、加振の振動に対して、応答の振動が位相差分遅れて振動する事を意味している。

$\beta$  減衰を考慮する場合は、たわみ速度が運動速度に比べて小さい為、 $C_\beta$  を大きくする事になる。 $C_\beta=100$  程度にする必要がある。

## SalomeMecaの使いかた -- 11.1 周波数応答（減衰あり）

### 3. 複雑なモデルの場合

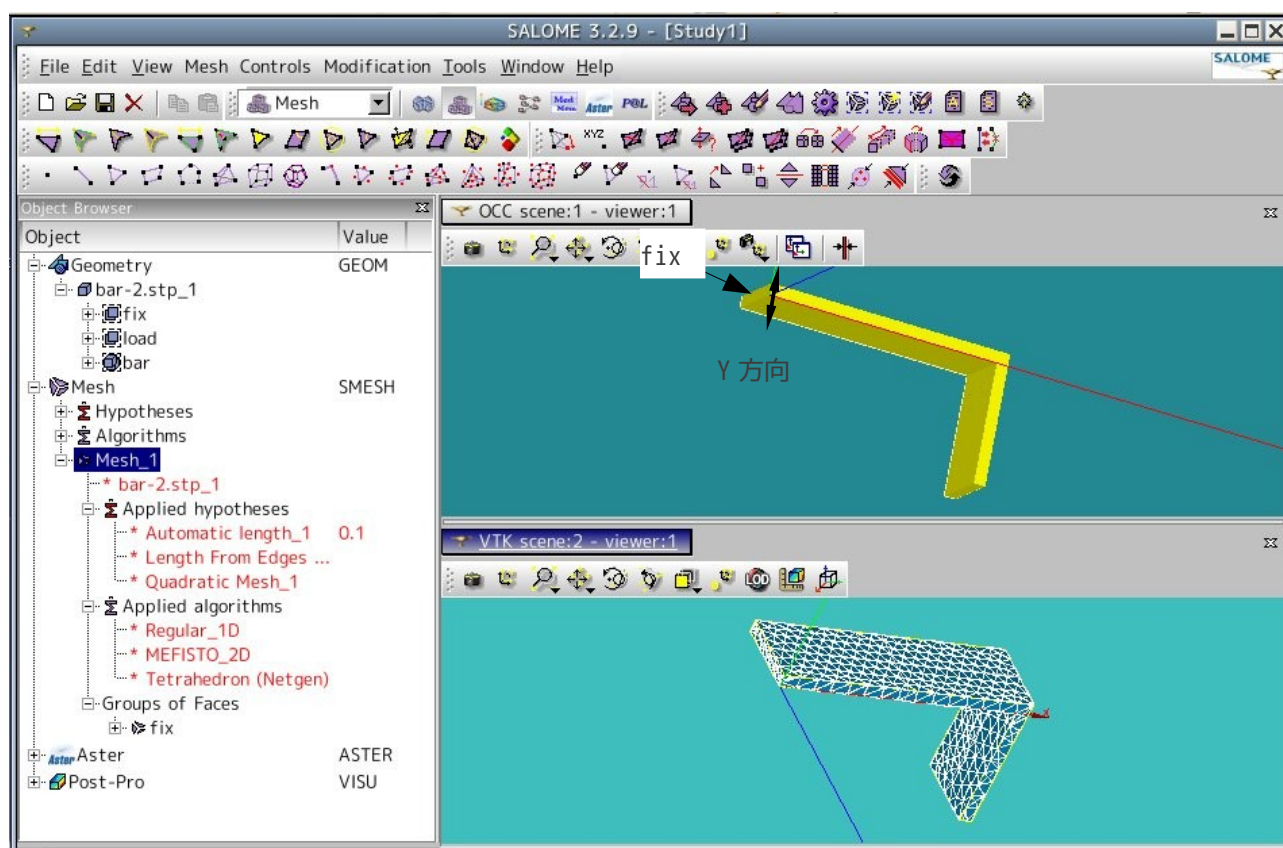
単純な片持ち梁のモデルではなく、複雑な形状のモデルで周波数応答を解析してみる。

モデルの fix 部を Y 方向に振幅 0.5mm で 20~500Hz までスイープさせる。（振幅一定で共振試験をすること等価。）

#### 3-1. モデルの作成

モデルは、下図のモデルとし、fix 部の Y 軸方向に 0.5mm 変位させる。

メッシュは、Automatic Length 0.1 で三角形の 2 次メッシュとした。



#### 3-2. Code\_Aster の作成

このモデルで、Salome のウィザードを使って、モーダル解析の Code\_Aster を作成する。

フォルダは、~/CAE/harmoD-elbo/を作成し、この中に保存した。

材料定数は、以下を入力した。

ヤング率	130300 MPa
ポアソン比	0.343
密度	7.8e-6 ton/mm <sup>3</sup>

この定数は、固有振動数が 500Hz 以下になる様、適当に設定してあるので、注意。

この状態でモーダル解析したときの固有振動数は、下記。

## SalomeMecaの使いかた -- 11.1 周波数応答 (減衰あり)

1次	53.8	Hz
2次	146.3	Hz
3次	220.1	Hz
4次	453.9	Hz
5次	652.7	Hz

### 3-3. Code\_Aster の修正

作成した Code\_Aster を修正する。

まず、材料定数は、下記で設定。粘性減衰は、適当にいれている。0.0001 で良いかどうかは不明。

```
DEFI_MATERIAU          ACIER
ELAS
  E                    130300
  NU                   0.343
  RHO                  7.8e-6
  AMOR_ALPHA           0.0001          #粘性減衰
```

減衰マトリックスを追加する。

```
MOCRO_MATR_ASSE
MODELE                 MODELE
CHAM_MATER             CHMAT
CHARGE                 BLOCAGE
NUME_DDL               NUMDDL
MATR_AASE
MATR_ASSE_1
MATR_ASSE_2
MATR_ASSE_3           #追加
MATRICE                 amore         #マトリックスを定義
OPTION                 AMOR_MECA     #減衰マトリックスを追加
```

定義した変位 0.5mm を変動させる為の設定。

```
CALC_VECT_ELEM        vect
OPTION                 CHAR_MECA
  b_chr_meca
  CHARGE                 BLOCAGE
  b_charge
ASSE_VECTEUR           vectass
VECT_ELEM              vect
NUME_DDL               NUMDDL
```

周波数を 20~500Hz まで 20Hz 間隔で変位させる為の設定

```
DEFI_LIST_REEL        Lfreq
DEBUT                 20
INTERVALLE
  JUSQU_A              500
```

SalomeMecaの使いかた -- 11.1 周波数応答 (減衰あり)

```
PAS                20
```

以下が solver の設定

```
DYNA_LINE_HARM      dynaharm
MATR_MASS            MASSE
MATR_RIGI            RIGIDITE
MATR_AMOR            amore
LIST_FREQ            Lfreq
EXCIT
  VECT_ASSE          vectass
  COEF_MULT           1
```

出力項目を指定する。

```
IMP_RESU
  b_format_resultat
  RESU
    RESULTAT          dynaharm
    b_sensibilite
    b_extrac
      NOM_CHAM         ACCE
    b_parametres
    b_cmp
    b_topologie
      NOEUD             N298          #一番振れる load 面内の節点を指定
    b_valeurs
```

節点を指定して、加速度を求めているが、求めようとする点をジオメトリの段階でグループ化しておくのがスマートなやり方か・・・。今回は、前回と同様に、節点 No.を調べて、節点 No.で指定した。  
以上で設定は、完了。

### 3-4. 実行と結果の確認

作成した Code\_Aster を実行する。

実行した結果を、抽出して Office で読み込みグラフ化した。この結果が下図となる。

加速度をグラフ化しているが、固有振動数 220Hz での共振が激しい。また、固有振動数 53Hz 付近にも共振が見られる。

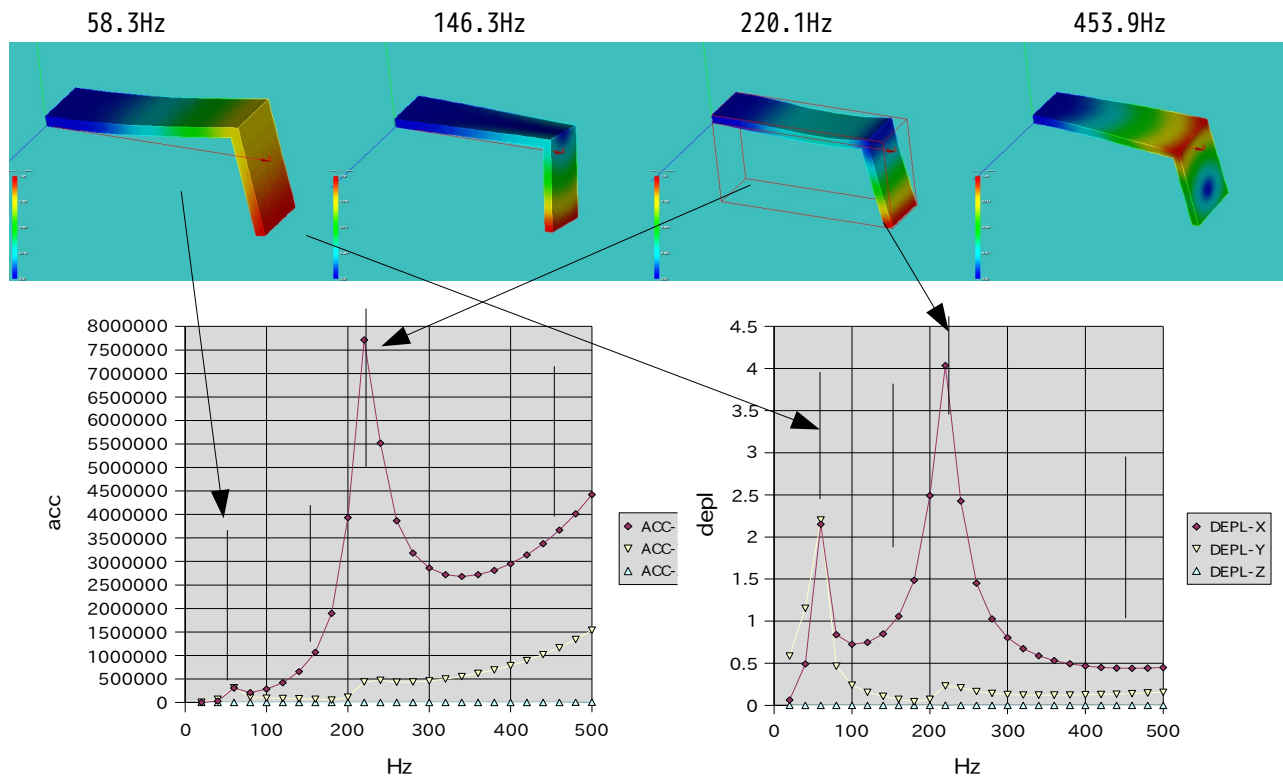
同様に、振幅についても計算し、グラフ化してみる。方法は、IMP\_RESU 中に記述した ACC を DEPL に変更して再計算させる。詳細は、下記。

```
IMP_RESU
  RESU
    b_extrac
      NOM_CHAM         DEPL          #この部分を ACC→DEPL に変更する。
```

この結果をグラフ化すると下図となる。やはり同じ周波数に共振が見られる。解析の周波数をもう少し細かく計算すれば、他の共振も現れるかもしれないが、時間がかかってしまう。(この計算で1回3分程かかっている。)

## SalomeMeca の使いかた -- 11.1 周波数応答 (減衰あり)

モーダル解析で求めた固有振動数の内、ねじりモードに関しては、Y方向加振にたいして応答していない。今回の加振は、fix面をY軸方向に振幅0.5mmで加振させている。この加振方法では、下記の結果となる。



### 4. ソースコード

以下に今回のソースコードを示す。

```
-----bar-100.comm (片持ち梁) -----
DEBUT();

MAIL=LIRE_MALLAGE(UNITE=20,
                  FORMAT='MED',);

MODELE=AFPE_MODELE(MAILLAGE=MAIL,
                  AFPE=_F(TOUT='OUI',
                          PHENOMENE='MECANIQUE',
                          MODELISATION='3D',),);

ACIER=DEFI_MATERIAU(ELAS=_F(E=130300.0,
                             NU=0.343,
                             RHO=7.8e-9,
                             AMOR_ALPHA=0.001,)),);

CHMAT=AFPE_MATERIAU(MAILLAGE=MAIL,
                   AFPE=_F(TOUT='OUI',
```

SalomeMecaの使いかた -- 11.1 周波数応答 (減衰あり)

```

MATER=ACIER,,);

BLOCAGE=AFFE_CHAR_MECA(MODELE=MODELE,
    DDL_IMPO=_F(GROUP_MA='fix',
        DX=0.0,
        DY=0.0,
        DZ=0.0,),
    FORCE_INTERNE=_F(TOUT='OUI',
        FZ=0.00007644,,));

MACRO_MATR_ASSE(MODELE=MODELE,
    CHAM_MATER=CHMAT,
    CHARGE=BLOCAGE,
    NUME_DDL=CO('NUMEDDL'),
    MATR_ASSE=( _F(MATRICE=CO('RIGIDITE'),
        OPTION='RIGI_MECA',),
        _F(MATRICE=CO('MASSE'),
        OPTION='MASS_MECA',),
        _F(MATRICE=CO('amore'),
        OPTION='AMOR_MECA',),),));

MODES=MODE_ITER_SIMULT(MATR_A=RIGIDITE,
    MATR_B=MASSE,
    CALC_FREQ=_F(OPTION='PLUS_PETITE',
        NMAX_FREQ=5,,));

vect=CALC_VECT_ELEM(OPTION='CHAR_MECA',
    CHARGE=BLOCAGE,);

vectass=ASSE_VECTEUR(VECT_ELEM=vect,
    NUME_DDL=NUMEDDL,);

Lfreq=DEFI_LIST_REEL(DEBUT=100.0,
    INTERVALLE=_F(JUSQU_A=2000.0,
        PAS=100.0,));

dynaharm=DYNA_LINE_HARM(MATR_MASS=MASSE,
    MATR_RIGI=RIGIDITE,
    MATR_AMOR=amore,
    LIST_FREQ=Lfreq,
    EXCIT=_F(VECT_ASSE=vectass,
        COEF_MULT=1.0,));

IMPR_RESU(MODELE=MODELE,
    FORMAT='MED',
    RESU=_F(MAILLAGE=MAIL,
        RESULTAT=MODES,
        NOM_CHAM='DEPL',));

IMPR_RESU(MODELE=MODELE,

```



SalomeMecaの使いかた -- 11.1 周波数応答 (減衰あり)

```
RESU=_F(RESULTAT=dynaharm,
        NOM_CHAM='ACCE',
        NOEUD='N3',),);
```

```
FIN();
```

```
-----ここまで-----
```

```
-----test-1.comm (L字の梁) -----
```

```
DEBUT();
```

```
MAIL=LIRE_MALLAGE(UNITE=20,
                  FORMAT='MED',);
```

```
MODELE=AFPE_MODELE(MAILLAGE=MAIL,
                   AFPE=_F(TOUT='OUI',
                           PHENOMENE='MECANIQUE',
                           MODELISATION='3D',),);
```

```
ACIER=DEFI_MATERIAU(ELAS=_F(E=130300.0,
                             NU=0.343,
                             RHO=7.8e-6,
                             AMOR_ALPHA=0.0001,),);
```

```
CHMAT=AFPE_MATERIAU(MAILLAGE=MAIL,
                    AFPE=_F(TOUT='OUI',
                            MATER=ACIER,),);
```

```
BLOCAGE=AFPE_CHAR_MECA(MODELE=MODELE,
                       DDL_IMPO=_F(GROUP_MA='fix',
                                     DX=0.0,
                                     DY=0.5,
                                     DZ=0.0,),);
```

```
MACRO_MATR_ASSE(MODELE=MODELE,
                CHAM_MATER=CHMAT,
                CHARGE=BLOCAGE,
                NUME_DDL=CO('NUMEDDL'),
                MATR_ASSE=( _F(MATRICE=CO('RIGIDITE'),
                               OPTION='RIGI_MECA',),
                           _F(MATRICE=CO('MASSE'),
                               OPTION='MASS_MECA',),
                           _F(MATRICE=CO('amore'),
                               OPTION='AMOR_MECA',),),);
```

```
MODES=MODE_ITER_SIMULT(MATR_A=RIGIDITE,
                       MATR_B=MASSE,
                       CALC_FREQ=_F(OPTION='PLUS_PETITE',
                                     NMAX_FREQ=5,),);
```

```
vect=CALC_VECT_ELEM(OPTION='CHAR_MECA',
```

SalomeMecaの使いかた -- 11.1 周波数応答 (減衰あり)

```
CHARGE=BLOCAGE,);

vectass=ASSE_VECTEUR(VECT_ELEM=vect,
                     NUME_DDL=NUMEDDL,);

Lfreq=DEFI_LIST_REEL(DEBUT=20.0,
                    INTERVALLE=_F(JUSQU_A=500.0,
                                    PAS=20.0,)),);

dynaharm=DYNA_LINE_HARM(MATR_MASS=MASSE,
                        MATR_RIGI=RIGIDITE,
                        MATR_AMOR=amore,
                        LIST_FREQ=Lfreq,
                        EXCIT=_F(VECT_ASSE=vectass,
                                  COEF_MULT=1.0,)),);

IMPR_RESU(RESU=_F(RESULTAT=dynaharm,
                  NOM_CHAM='DEPL',
                  NOEUD='N298',)),);

IMPR_RESU(MODELE=MODELE,
          FORMAT='MED',
          RESU=_F(MAILLAGE=MAIL,
                  RESULTAT=MODES,
                  NOM_CHAM='DEPL',)),);

FIN();
-----ここまで-----
```