

**Manuel de Descriptif Informatique**  
**Fascicule D4.06 : Structures liées aux éléments finis**  
**Document D4.06.21**

## Structures de Données SD\_FETI

---

### Résumé :

Description des objets informatiques permettant de représenter la décomposition en sous-domaines d'un maillage (cf. opérateur de décomposition `DEFI_PART_FETI` [U4.23.05]). Ce partitionnement est destiné à nourrir un solveur linéaire multidomaine de type FETI (cf. solveur `FETI` [U4.50.01] [R6.01.03]).

## 1 Généralités

Un objet de type `SD_FETI` est créé par l'opérateur `DEFI_PART_FETI` [U4.23.05] sur la base globale afin de représenter la décomposition en sous-domaines d'un maillage. Il doit être fourni au solveur linéaire multi-domaines FETI (mot-clé `SOLVEUR/PARTITION`).

La taille de cet objet est de l'ordre de  $\text{nb\_ma\_tot} + 2 \times \text{nb\_no\_tot} + 12 \times \text{nb\_no\_int} + \text{nb\_sd}$  (cf. objet `.DIME` pour les notations).

Cette notion de partitionnement FETI nécessite quelques éclaircissements sur les entités décrites. En résumé :

- Les **mailles** du **ligrel** du **modèle** sont réparties en plusieurs **sous-domaines**. Ces derniers sont donc constitués d'un ensemble d'un seul tenant (connexité 1) de mailles listées dans l'objet `.FETA`. Une maille ne peut donc appartenir qu'à un seul sous-domaine : pas de maille scindée en morceaux ou commune à plusieurs sous-domaines.
- Les nouvelles frontières générées par ce découpage constituent l'**interface**. Les **nœuds d'interface** la décrivant sont partagés avec au moins deux sous-domaines (**multiplicité géométrique** de `.FETI` et liste `.FETJ`).
- La résolution du problème FETI s'effectue sur un vecteur d'inconnues, les **Lagranges d'interfaces** (à ne pas confondre avec les autres Lagranges intervenant dans *Code\_Aster* : conditions de Dirichlet, contacts ...) (objet `.FETI`), coïncidant avec ces nœuds d'interface. A un nœud d'interface correspond autant de Lagranges qu'il est nécessaire pour contrôler la continuité entre les sous-domaines. Un Lagrange est requis pour chaque binôme de sous-domaines.

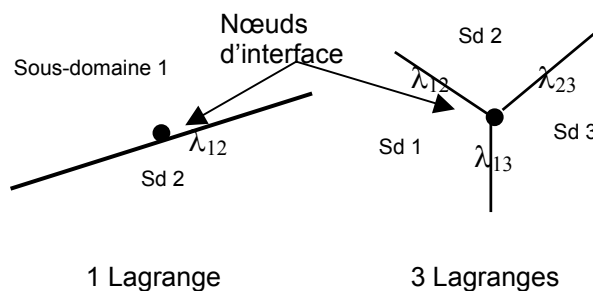


Figure 1-a : Illustration de Lagranges d'interfaces en 2D avec 2 et 3 sous-domaines

### Remarque importante sur les interfaces :

*Pour l'instant, on déconseille vivement l'emploi d'une interface de taille  $n-2$  par rapport à la dimension  $n$  du problème. Par exemple, dans un problème 3D ( $n=3$ ), une interface de type segment entre un sous-domaine hexaédrique et un sous-domaine constitué de coques. D'autre part, il vaut mieux éviter de « polluer » ces interfaces par des chargements, des conditions limites de type Dirichlet généralisé, des fissures, des zones de contact... **Les développements de FETI actuellement industrialisés dans le code, ne nous assure du bon déroulement des choses que lorsque ces interfaces sont relativement vierges de tout traitement particulier.***

## 2 Arborescences

```
SD_FETI (K19) ::=record
```

```

♦ '.FDIM'           :      OBJ      S      V      I
♦ '.FETA'           :      OBJ      XD      V      I
♦ '.FETB'           :      OBJ      XD      V      I
♦ '.FETG'           :      OBJ      XD      V      I
♦ '.FETH'           :      OBJ      S      V      I
♦ '.FETI'           :      OBJ      S      V      I
♦ '.FETJ'           :      OBJ      S      V      I
♦ '.FREF'           :      OBJ      S      V      K8
♦ '.FLIN'           :      OBJ      XD      V      K24
♦ '.FLIM'           :      OBJ      XD      V      I
♦ '.FLII'           :      OBJ      XD      V      I

```

% objets temporaires de travail globaux à tout le processus FETI (cf. remarques [§4])

```

♦ '&&'//SDFETI(1:17)//'.FINF' :      OBJ      S      V      K24
♦ '&FETI.INFO.STOCKAGE.FID'   :      OBJ      S      V      I
♦ '&FETI.INFO.STOCKAGE.FVAF'  :      OBJ      S      V      I
♦ '&FETI.INFO.STOCKAGE.FVAL'  :      OBJ      S      V      I
♦ '&FETI.INFO.STOCKAGE.FNBN'  :      OBJ      S      V      I
♦ '&FETI.INFO.CPU.FACN'       :      OBJ      S      V      R
♦ '&FETI.INFO.CPU.FACS'       :      OBJ      S      V      R
♦ '&FETI.INFO.CPU.ASSE'       :      OBJ      S      V      R

♦ SDFETI(1:8)//'.MAILLE.NUMSD' :      OBJ      S      V      I

♦ LIGREL_DE_CHARGE(K19)'.FEL1':      OBJ      S      V      K24
♦ LIGREL_DE_CHARGE(K19)'.FEL2':      OBJ      S      V      I
♦ LIGREL_DE_CHARGE(K19)'.FEL3':      OBJ      S      V      I
♦ LIGREL_DE_CHARGE(K19)'.FEL4':      OBJ      S      V      I
♦ LIGREL_DE_CHARGE(K19)'.FEL5':      OBJ      S      V      I

♦ '&FETI.LISTE.SD.MPI'        :      OBJ      S      V      I
♦ '&FETI.LISTE.SD.MPIB'       :      OBJ      S      V      I

```

### 3 Contenu des objets JEVEUX

**.FDIM :** S V I dim=5

Vecteur listant des grandeurs caractéristiques du modèle découpé.

**FDIM(1)** = nombre de sous-domaines nb\_sd.

**FDIM(2)** = nombre de Lagranges d'interface nb\_no\_int.

**FDIM(3)** = nombre total de mailles du modèle nb\_ma\_tot.

**FDIM(4)** = nombre de DDLs d'interface nb\_ddl\_int.

**FDIM(5)** = nombre total de nœuds du modèle nb\_no\_tot.

**.FETA :** XD V I LONG=nb\_sd

Collection dispersée énumérant la liste des mailles par sous-domaines (mailles volumiques et mailles de peau associées sur lesquelles s'appliquent un chargement)

Soit  $V_i = .FETA(i)$

$V_i(j)$  = numéro de la  $j^{\text{ème}}$  maille du  $i^{\text{ème}}$  sous-domaine.

Le LONMAX de  $V_i$  est égal au nombre de mailles du sous-domaine choisi.

**.FETB :** XD V I LONG=nb\_sd

Collection dispersée décrivant les nœuds des sous-domaines.

Soit  $V_i = .FETB(i)$

$V_i(2(j-1)+1)$  = le numéro du  $j^{\text{ème}}$  nœud du  $i^{\text{ème}}$  sous-domaine. Ce numéro est précédé d'un signe – si il s'agit d'un nœud d'interface ( $V_i(2(j-1)+1) < 0$ ), d'un signe + sinon.

$V_i(2(j-1)+2)$  = le nombre de DDLs jusqu'à ce nœud inclus. Ainsi nombre de DDLs du  $j^{\text{ème}}$  nœud s'écrit :

Si  $j=1$  nb\_ddl\_j =  $V_i(2)$ ,

Sinon nb\_ddl\_j =  $V_i(2(j-1)+2) - V_i(2(j-2)+2)$ .

Le LONMAX de  $V_i$  est égal à deux fois le nombre de nœuds du sous-domaine choisi :  
nb\_no\_j = LONMAX/2.

**.FETG :** XD V I LONG=nb\_sd

Collection dispersée simulant l'action des opérateurs de restriction/prédiction.

Soit  $W_i = .FETG(i)$

$W_i(2(j-1)+1)$  = indice du  $j^{\text{ème}}$  Lagrange d'interface du  $i^{\text{ème}}$  sous-domaine dans l'objet .FETI. Ce numéro doit être signé pour vérifier la continuité du champ inconnu à l'interface.

**Peut importe la convention de signe pourvu que sa logique soit respectée partout.** On peut par exemple faire précéder cet indice d'un signe – si ce Lagrange est partagé avec un autre sous-domaine de numéro  $k > j$  ( $W_i(2(j-1)+1) < 0$ ), d'un signe + sinon. Cette convention est celle retenue par l'opérateur DEFI\_PART\_OPS [U4.23.05].

$W_i(2(j-1)+2)$  = indice du même Lagrange dans l'ensemble des nœuds (il est supposé coïncidant avec un des nœuds d'interface du maillage) du sous-domaine choisi  $V_i = .FETB(i)$  (donc  $V_i(W_i(2(j-1)+2)) < 0$ ).

Le LONMAX de  $W_i$  est égal à deux fois le nombre de Lagrange d'interface du sous-domaine choisi : nb\_no\_int\_j = LONMAX/2.

**.FETH :** S V I dim=nb\_sd

Vecteur listant les nombres de DDLs par sous-domaine (des nœuds physiques et des nœuds tardifs).

Soit  $X = .FETH$

$X(i)$  = nombre de DDLs du  $i^{\text{ème}}$  sous-domaine.

**.FETI :** S V I dim= 4 \* nb\_no\_int

Vecteur décrivant les Lagranges d'interface.

Soit  $Y = .FETI$

$Y(4(j-1)+1)$  = numéro du  $j^{\text{ème}}$  Lagrange d'interface. Il doit donc être présent dans deux '.FETH' négatifs (ils existent  $k, l, m$  et  $n$  tels que  $Y(4(j-1)+1) = -FETH(k)(2(l-1)+1) = -FETH(m)(2(n-1)+1)$ )

$Y(4(j-1)+2)$  = sa multiplicité géométrique  $mult\_j$ .

$Y(4(j-1)+3)$  = le nombre de DDLs jusqu'à ce nœud inclus. Ainsi nombre de DDLs s'écrit :

Si  $j=1$   $nb\_ddl\_j = Y(3)$ ,

Sinon  $nb\_ddl\_j = Y(4(j-1)+3) - Y(4(j-2)+3)$ .

$Y(4(j-1)+4)$  = indice, dans l'objet .FETH, du premier des  $mult\_j$  sous-domaines comportant ce Lagrange sur une de leurs interfaces. Les autres sous-domaines sont à la suite.

**.FETH :** S V I dim= somme\_mult =  $\sum_{j=1}^{nb\_no\_int} mult\_j$

Vecteur décrivant la liste des sous-domaines contenant les nœuds d'interface. L'accès à ce vecteur de stockage est indirect et effectué via le pointeur .FETH(4(j-1)+4).

**.FREF :** S V K8 dim= 1 + nb\_char (nombre de chargements)

Vecteur listant des caractéristiques générales du partitionnement pour d'éventuelles vérifications (mot-clé SOLVEUR/VERIF\_SDFETH).

**FREF(1)** = nom du modele,

...

**FREF(1+i)** = nom du  $i^{\text{ème}}$  chargement.

**.FLIN :** XD V K24 LONG=nb\_sd

Pour un sous-domaine donné, noms des LIGRELS de charge comportant des mailles tardives à nœuds tardifs (condition de Dirichlet...) ou pas (force nodale). Voir aussi les objets .FEL1/3 au §4.

**.FLII :** XD V I LONG=nb\_sd

Pour le  $i^{\text{ème}}$  sous-domaine, soit  $X_i = .FLII(i)$  et  $j$  variant de 1 à  $LONMAX(.FLIN(i))$

$X_i(2(j-1)+1)$  = nombre de mailles tardives du  $j^{\text{ème}}$  LIGREL de .FLIN(i),

$X_i(2(j-1)+2)$  = nombre de ces mailles tardives concernant ce sous-domaine (car un LIGREL de charge peut être à cheval entre plusieurs sous-domaines),

**.FLIM :** XD V I LONG=nb\_sd

Liste des valeurs absolues des mailles tardives concernant le sous-domaine  $i$ , dans l'ordre préfiguré par les deux objets précédents .FLIN et .FLIM. Cet objet de

collection est donc de longueur  $\sum_{j=1}^{LONMAX(.FLIN(i))} X_i(2(j-1)+2)$

## 4 Objets connexes

Ces objets temporaires de la base volatile existent durant une bonne part d'une résolution FETI.

### Pour les besoins du monitoring

'&&'//SDFETI(1:17)///'.FINF'	S V K24 dim= 1
'&FETI.INFO.STOCKAGE.FIDD'	S V I dim= 2
'&FETI.INFO.STOCKAGE.FVAF'	S V I dim= nb_sd+1
'&FETI.INFO.STOCKAGE.FVAL'	S V I dim= nb_sd+1
'&FETI.INFO.STOCKAGE.FNBN'	S V I dim= nb_sd+1
'&FETI.INFO.CPU.FACN'	S V R dim= nb_sd+1
'&FETI.INFO.CPU.FACS'	S V R dim= nb_sd+1
'&FETI.INFO.CPU.ASSE'	S V R dim= nb_sd+1

### Pour les routines d'assemblage

SDFETI(1:8)///'.MAILLE.NUMSD'	S V I dim= nb_ma_tot
-------------------------------	-------------------------

### Pour les routines d'assemblage en présence de ligrel à mailles et/ou à nœuds tardifs

LIGREL_DE_CHARGE(K19)'.FEL1'	S V K24 dim= nb_sd
LIGREL_DE_CHARGE(K19)'.FEL2'	S V I dim= 2 * nombre de mailles tardives du ligrel

Chaîne de caractère pour affiner le monitoring de FETI[U4.50.01].  
Vecteur auxiliaire pour le remplissage de .FVAF et .FVAL.  
V(1)= sous-domaine courant,  
V(2)= nombre de sous-domaines  
Nombres de composantes des factorisées locales  
Nombres de composantes des matrices locales  
Nombres de nœuds des sous-domaines  
Temps (obtenu via la routine UTTCPU, qui est donc inférieur au véritable temps consommé (elapsed)) CPU + SYS des factorisations numériques locales.  
Temps CPU + SYS des factorisations symboliques locales.  
Temps CPU + SYS des assemblages locaux.

Indique le numéro de sous-domaine auquel appartient une maille du modèle. Valeur initialisée à -999, cela permet de tester l'appartenance de toutes les mailles du modèle à un seul sous-domaine (uniquement en mode séquentiel. En parallèle, chaque processeur n'accède qu'à une information partielle et donc ces vérifications sont invalides) et d'assembler les matrices et vecteurs locaux.

Noms des projections du ligrel sur les sous-domaines concernés.  
Pour la  $i^{\text{ème}}$  maille tardive :  
 $V(2(i-1)+1)$ = nouveau numéro dans le ligrel projeté,  
Si  $V(2(i-1)+2)>0$  alors numéro du sous-domaine concerné, sinon  
 $-V(2(i-1)+2)$  = multiplicité de la maille tardive (DDL\_IMPO sur l'interface par ex.) et associé à un .FEL4.

Titre : Structure de Données SD\_FETI  
Auteur(s) : O. BOITEAU

Date : 29/09/05  
Clé : D4.06.21-B Page : 7/10

LIGREL_DE_CHARGE(K19) . 'FEL3' Uniquement si mailles tardives à nœuds tardifs	S V I dim= 2 * nombre de nœuds tardifs du ligrel	Pour le $i^{\text{ème}}$ nœud tardif $V(2(i-1)+1)$ = nouveau numéro dans le ligrel projeté, Si $V(2(i-1)+2)>0$ alors numéro du sous-domaine concerné, sinon $-V(2(i-1)+2)$ = multiplicité du nœud tardif (DDL_IMPO sur l'interface par ex.) et associé à un .FEL5. $V(1)$ = dernier indice utilisé du vecteur Pour la $i^{\text{ème}}$ maille tardive multiple $V(3(i-1)+2)$ = nouveau numéro dans le ligrel projeté, $V(3(i-1)+3)$ = numéro du sous- domaine concerné, $-V(3(i-1)+4)$ = ancien numéro.
LIGREL_DE_CHARGE(K19) . 'FEL4'	S V I dim= 3 * nombre de mailles tardives d'interface potentielles	$V(1)$ = dernier indice utilisé du vecteur Pour la $i^{\text{ème}}$ maille tardive multiple $V(3(i-1)+2)$ = nouveau numéro dans le ligrel projeté, $V(3(i-1)+3)$ = numéro du sous- domaine concerné, $-V(3(i-1)+4)$ = ancien numéro.
LIGREL_DE_CHARGE(K19) . 'FEL5' Uniquement si mailles tardives à nœuds tardifs	S V I dim= 3 * nombre de nœuds tardifs d'interface potentiels	$V(1)$ = dernier indice utilisé du vecteur Pour le $i^{\text{ème}}$ nœud tardif multiple $V(3(i-1)+2)$ = nouveau numéro dans le ligrel projeté, $V(3(i-1)+3)$ = numéro du sous- domaine concerné, $-V(3(i-1)+4)$ = ancien numéro.
<b>Pour le parallélisme MPI</b> '&FETI.LISTE.SD.MPI'	S V I dim= nb_sd+1	Indique dans les boucles sur les sous-domaines, si le processeur courant est concerné par le $i^{\text{ème}}$ sous-domaine : $V(i+1)= 1 \Rightarrow$ la boucle sur ce sous- domaine est effectuée, $V(i+1)= 0 \Rightarrow$ elle est sautée. Par convention des boucles, $V(1)$ concerne le domaine global et vaut toujours 1. En séquentiel, $V(i)= 1$ pour tout $i$ . Objet inverse du précédent $V(i)= j \Rightarrow$ le sous-domaine $i$ est concerné par le processeur $j$ . En séquentiel, $V(i)= 0$ pour tout $i$ .
'&FETI.LISTE.SD.MPIB'	S V I dim= nb_sd	

## Remarque sur le parallélisme :

Lors d'une exécution parallèle, ces objets temporaires sont déclinés par processeur. Or, suivant la répartition de charge, chaque processeur n'est concerné que par certains sous-domaines (cf. objets '&FETI.LISTE...'). Donc, mis à part ces deux derniers objets JEVEUX, les autres objets connexes ne contiennent que les informations relatives aux sous-domaines qui les intéressent.

Par exemple, l'objet SDFETI (1:8) // ' .MAILLE.NUMSD' comportera des valeurs initialisées à -999 pour les mailles des sous-domaines concernant les autres processeurs.

Titre : Structure de Données SD\_FETI  
Auteur(s) : O. BOITEAU

Date : 29/09/05  
Clé : D4.06.21-B Page : 8/10

## 5 Exemples

Dans le cas test FETI002A, le partitionnement en quatre sous-domaines conduit aux SD SD\_FETI suivantes :

construit la SD\_FETI nommée 'SDFETI' suivante

```
====> IMPR_CO DE LA STRUCTURE DE DONNEE : SDFETI ??????????????
ATTRIBUT : F CONTENU : T BASE : >G<
NOMBRE D'OBJETS (OU COLLECTIONS) TROUVES : 8
=====
IMPRESSION DU CONTENU DES OBJETS TROUVES :
-----
IMPRESSION SEGMENT DE VALEURS >SDFETI .FDIM <
1 - 4 10 36 20 19
-----
IMPRESSION DE LA COLLECTION : SDFETI .FETA
IMPRESSION SEGMENT DE VALEURS >SDFETI .FETA$$NOM <
>>>> REPERTOIRE DE NOMS DE LA COLLECTION :SDFETI
1 - >SD1 <>SD2 <>SD3 <>SD4 <
IMPRESSION OBJET DE COLLECTION >SDFETI .FETA< OC : 1
1 - 1 2 3 4 5
6 - 6 25 27
IMPRESSION OBJET DE COLLECTION >SDFETI .FETA< OC : 2
1 - 19 20 21 22 23
6 - 24 29 31
IMPRESSION OBJET DE COLLECTION >SDFETI .FETA< OC : 3
1 - 13 14 15 16 17
6 - 18 30 32 33 34
IMPRESSION OBJET DE COLLECTION >SDFETI .FETA< OC : 4
1 - 7 8 9 10 11
6 - 12 26 28 35 36
-----
IMPRESSION DE LA COLLECTION : SDFETI .FETB
IMPRESSION SEGMENT DE VALEURS >SDFETI .FETB$$NOM <
>>>> REPERTOIRE DE NOMS DE LA COLLECTION :SDFETI
1 - >SD1 <>SD2 <>SD3 <>SD4 <
IMPRESSION OBJET DE COLLECTION >SDFETI .FETB< OC : 1
1 - -1 2 2 4 -3
6 - 6 -4 8 10 10
11 - 14 12 -17 14
IMPRESSION OBJET DE COLLECTION >SDFETI .FETB< OC : 2
1 - -1 2 -3 4 -8
6 - 6 9 8 11 10
11 - 15 12 -16 14
IMPRESSION OBJET DE COLLECTION >SDFETI .FETB< OC : 3
1 - -3 2 -5 4 7
6 - 6 -8 8 12 10
11 - -16 12 18 14
IMPRESSION OBJET DE COLLECTION >SDFETI .FETB< OC : 4
1 - -3 2 -4 4 -5
6 - 6 6 8 13 10
11 - -17 12 19 14
-----
IMPRESSION DE LA COLLECTION : SDFETI .FETG
IMPRESSION SEGMENT DE VALEURS >SDFETI .FETG$$NOM <
>>>> REPERTOIRE DE NOMS DE LA COLLECTION :SDFETI
1 - >SD1 <>SD2 <>SD3 <>SD4 <
IMPRESSION OBJET DE COLLECTION >SDFETI .FETG< OC : 1
1 - -1 1 -2 3 -3
6 - 3 -6 4 -10 7
IMPRESSION OBJET DE COLLECTION >SDFETI .FETG< OC : 2
1 - 1 1 2 2 -4
6 - 2 -8 3 -9 7
IMPRESSION OBJET DE COLLECTION >SDFETI .FETG< OC : 3
1 - 4 1 -5 1 -7
6 - 2 8 4 9 6
IMPRESSION OBJET DE COLLECTION >SDFETI .FETG< OC : 4
1 - 3 1 5 1 6
6 - 2 7 3 10 6
-----
IMPRESSION SEGMENT DE VALEURS >SDFETI .FETH <
1 - 14 14 14 14
-----
IMPRESSION SEGMENT DE VALEURS >SDFETI .FETI <
1 - 1 2 2 1 3
6 - 4 4 3 3 4
11 - 6 5 3 4 8
16 - 7 3 4 10 9
21 - 4 2 12 11 5
26 - 2 14 13 8 2
31 - 16 15 16 2 18
36 - 17 17 2 20 19
-----
IMPRESSION SEGMENT DE VALEURS >SDFETI .FETJ <
1 - 1 2 1 2 1
```



Titre : **Structure de Données SD\_FETI**  
 Auteur(s) : **O. BOITEAU**

Date : **29/09/05**  
 Clé : **D4.06.21-B** Page : **9/10**

6 -	4	2	3	3	4
11 -	1	4	3	4	2
16 -	3	2	3	1	4
-----					
IMPRESSION SEGMENT DE VALEURS >SDFETI					
1 - >MODM	<>CH1	<	.FREF	<	

Page laissée intentionnellement blanche.