

# **CESAR-LCPC**

## **version 4.x**

### **CONCEPTION LOGICIELLE**

## **Le format de maillage CESAR**

**1<sup>re</sup> édition**

**Mars 2007**

**Référence : VS4x-DCL\_Fichier-maillage\_01**

**Auteur(s) : Alain Dubouchet (LCPC-DPr/MN)**

**Nomenclature d'activité : 11P052**

**LCPC**  
**Paris**  
**Nantes**  
**Marne-la-Vallée**

**Satory**  
**Internet**

**Etablissement Public national à caractère Scientifique et Technologique**  
58, boulevard Lefebvre - 75732 Paris cedex 15  
Route de Bouaye - BP 4129 - 44341 Bouguenais cedex  
LMSGC - Cité Descartes, Parc Club de la Haute Maison  
2, allée Kepler - 77420 Champs-sur-Marne  
LIVIC - Batiment 140 - 13 route de la Minière - Satory - 78000 Versailles  
[www.lcpc.fr](http://www.lcpc.fr)

**Notes relatives à la présente édition :**

1<sup>re</sup> édition : Mars 2007  
Création de ce fascicule à partir d'informations reprises de la 2<sup>e</sup> édition du Mode d'emploi du solveur CESAR version 3.3 (juil. 2001) et de 7<sup>e</sup> édition du fascicule « La base de données » du Manuel de programmation (nov.2000) ; mise à jour pour CESAR-LCPC version 4.

**Notes relatives aux éditions précédentes :**

**Copyright :** LCPC 2007

**Licence d'utilisation :**

*Le progiciel CESAR-LCPC ne peut être employé que dans le cadre d'une licence d'utilisation octroyée par le LCPC (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) ou par la société ITECH (Informatique et Technologie), diffuseur exclusif de CESAR-LCPC. L'octroi de cette licence ne constitue pas une vente du Progiciel qui reste la propriété exclusive du LCPC.*

# CESAR-LCPC version 4.x

## CONCEPTION LOGICIELLE

### Le format de maillage CESAR

#### Table des matières

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>5</b>
1.1	Public visé et pré-requis .....	5
1.2	Quelques rappels.....	5
1.3	Définition du maillage .....	5
<b>2</b>	<b>COORDONNÉES DES NŒUDS .....</b>	<b>6</b>
2.1	Organisation des données.....	6
2.2	Conventions de mise en données .....	6
<b>3</b>	<b>NUMÉROTATION DES ÉLÉMENTS .....</b>	<b>8</b>
3.1	Organisation des données.....	8
3.2	Conventions de mise en données .....	8
<b>4</b>	<b>NUMÉROTATION LOCALE.....</b>	<b>9</b>
4.1	Éléments linéiques .....	9
4.2	Éléments surfaciques .....	10
4.3	Éléments volumiques .....	13
4.4	Autres éléments.....	17
<b>5</b>	<b>TYPAGE DES ÉLÉMENTS .....</b>	<b>18</b>
5.1	Mécanique .....	18
5.2	Diffusion.....	20
5.3	Couplage .....	21
<b>6</b>	<b>NOTION DE GROUPE .....</b>	<b>22</b>
6.1	Définition .....	22
6.2	Exemples .....	22
<b>7</b>	<b>ÉLÉMENTS : EXEMPLE DE MISE EN DONNÉES .....</b>	<b>24</b>
<b>8</b>	<b>LE FICHER DE MAILLAGE .....</b>	<b>25</b>
8.1	Généralités .....	25
8.2	Description du fichier .....	25
8.3	Lecture/Ecriture en FORTRAN.....	27
<b>9</b>	<b>IMPLÉMENTATION DANS LE SOLVEUR CESAR .....</b>	<b>28</b>
<b>10</b>	<b>PROPOSITIONS D'ÉVOLUTION.....</b>	<b>29</b>
10.1	Famille d'éléments.....	29
10.2	Interface CLEO .....	29



# 1 INTRODUCTION

## 1.1 Public visé et pré-requis

Le présent fascicule est principalement destiné à l'équipe maintenance-qualité et aux développeurs de CESAR-LCPC du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées et de ses partenaires, ainsi qu'aux organismes ayant acquis une licence de développement de CESAR-LCPC. Ce fascicule peut être mis également à la disposition des organismes ayant acquis une licence d'utilisation, afin de leur permettre d'assurer l'interopérabilité entre leurs propres logiciels et le progiciel CESAR-LCPC, par l'intermédiaire de la base de données de ce dernier.

Ce fascicule s'adresse donc à des utilisateurs non débutants. Si tel n'était pas le cas, et pour se prémunir contre d'éventuelles difficultés de compréhension, le lecteur est encouragé à se reporter à la documentation d'utilisation, dont en particulier :

- [1] Manuel d'utilisation, fascicule « Prise en main »
- [2] Manuel de référence, fascicule « Glossaire et Lexiques »
- [3] Manuel de référence, fascicule « Solveur CESAR »

## 1.2 Quelques rappels

Les données d'un maillage au format CESAR peuvent se trouver soit dans le fichier jeu de données, soit dans le fichier de maillage (cf. référence [3]). Ces fichiers sont des composantes de la base de données CESAR-LCPC relative à une étude (cf. références [1] et [2]).

A partir de la version 2 de CESAR-LCPC (1986), le fichier de maillage peut être créé par le (maintenant ancien) pré-processeur MAX. A partir de la version 3 (1992), le nom de ce fichier (syntaxe) est ***étude\_mail.resu***, *étude* étant un nom donné par l'utilisateur. Si MAX ne l'a pas créé (option « JDD entièrement formaté » retenu par l'utilisateur), le fichier de maillage est créé par le solveur CESAR, en vue de son utilisation par le post-processeur.

A partir de la version 4 (2003) :

- le maillage est généré par les options de pré-traitement de la nouvelle interface graphique CLEO.
- les données relatives au maillage sont stockées dans la base spécifique CLEO ***étude.cleo2*** ou ***étude.cleo3*** respectivement suivant les cas 2D et 3D.
- lors de l'étape de lancement du calcul depuis l'interface graphique CLEO, les données du maillage sont introduites sous les mots-clé COOR et ELEM du jeu de données ***étude\_modèle.data***, *modèle* étant un nom donné par l'utilisateur.
- lors du calcul proprement dit, le solveur CESAR crée (entre autres) le fichier de maillage.

## 1.3 Définition du maillage

Un maillage au format CESAR est défini par les données et entités suivantes :

- les coordonnées des nœuds,
- la numérotation des éléments,
- le typage des éléments,
- les groupes d'éléments.

Ces entités sont successivement décrites dans les chapitres 3 à 7. Les exemples de mise en données y sont fournis dans le cadre du fichier jeu de données entièrement formaté (cas M1=0 dans les exemples du paragraphe 2.2 et du chapitre 7, et dans les tableaux du chapitre 9).

Le cas spécifique du fichier de maillage est traité au chapitre 8.

## 2 COORDONNÉES DES NŒUDS

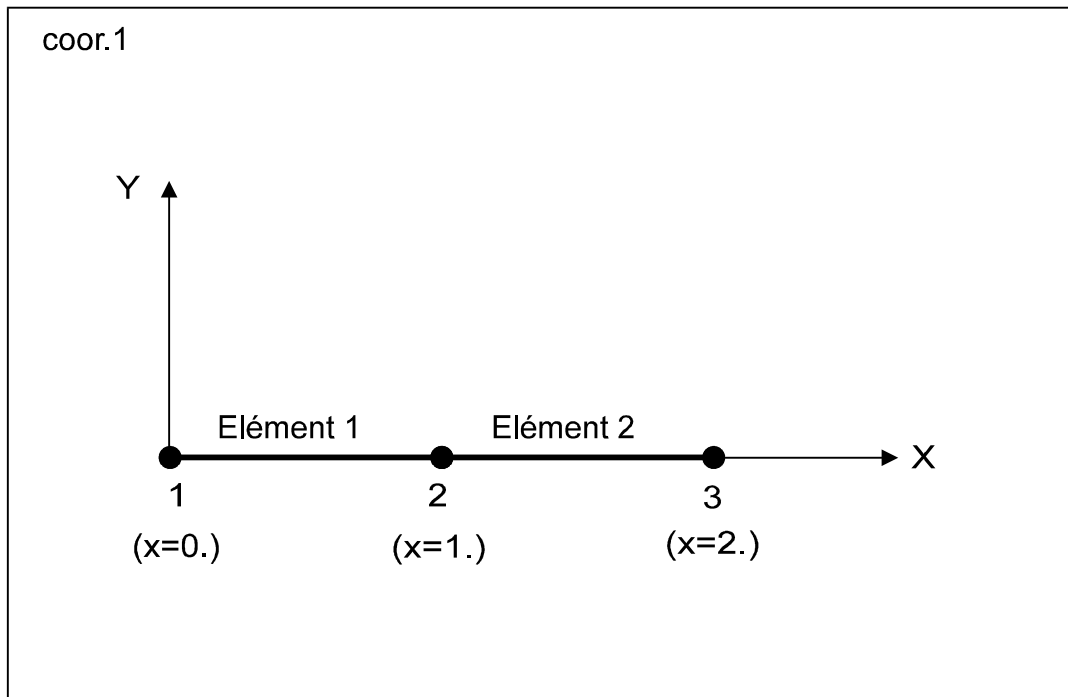
### 2.1 Organisation des données

Les coordonnées des noeuds du maillage CESAR sont définies dans le repère global du modèle. L'ordre d'introduction (rang) des coordonnées est lié de façon naturelle à la numérotation des noeuds du maillage : le numéro d'un noeud est le rang que ce noeud occupe dans le tableau des coordonnées VCORG.

Lors d'un calcul avec le solveur CESAR, les coordonnées des nœuds sont initialisées à l'aide du module de définition du modèle **COOR**.

### 2.2 Conventions de mise en données

L'exemple `coor.1` permet de mettre en évidence la structure des données à l'aide d'un maillage plan constitué par deux éléments de poutre.



Données du module COOR	Notations utilisées dans le Manuel de référence du solveur CESAR (cf. [3])
COOR 2, 0 3, 2 0., 0., 1., 0., 2., 0.	<i>mot-clé</i> M, M1 NNT, NDIM ((VCORG(I,J),I=1,NDIM),J=1,NNT)

Les coordonnées des nœuds sont rangées dans le tableau VCORG suivant l'ordre conventionnel explicité page suivante.

L'instruction ((*VCORG*(*I,J*),*I*=1,*NDIM*),*J*=1,*NNT*) s'inspire de la notation utilisée dans le langage FORTRAN : elle indique que les composantes de la matrice des coordonnées des noeuds (dimension *NDIM* \* *NNT*) doivent être définies selon l'ordre suivant :

<i>VCORG</i>	(1, 1)	:	Coordonnée	suivant	X	du	noeud	1
<i>VCORG</i>	(2, 1)	:	"		Y		"	1
<i>VCORG</i>	(1, 2)	:	"		X		"	2
<i>VCORG</i>	(2, 2)	:	"		Y		"	2
<i>VCORG</i>	(1, 3)	:	"		X		"	3
<i>VCORG</i>	(2, 3)	:	"		Y		"	3

### 3 NUMÉROTATION DES ÉLÉMENTS

#### 3.1 Organisation des données

La numérotation des éléments est connue lorsque sont fournis le pointeur de numérotation et la numérotation globale des éléments (matrice de connexion).

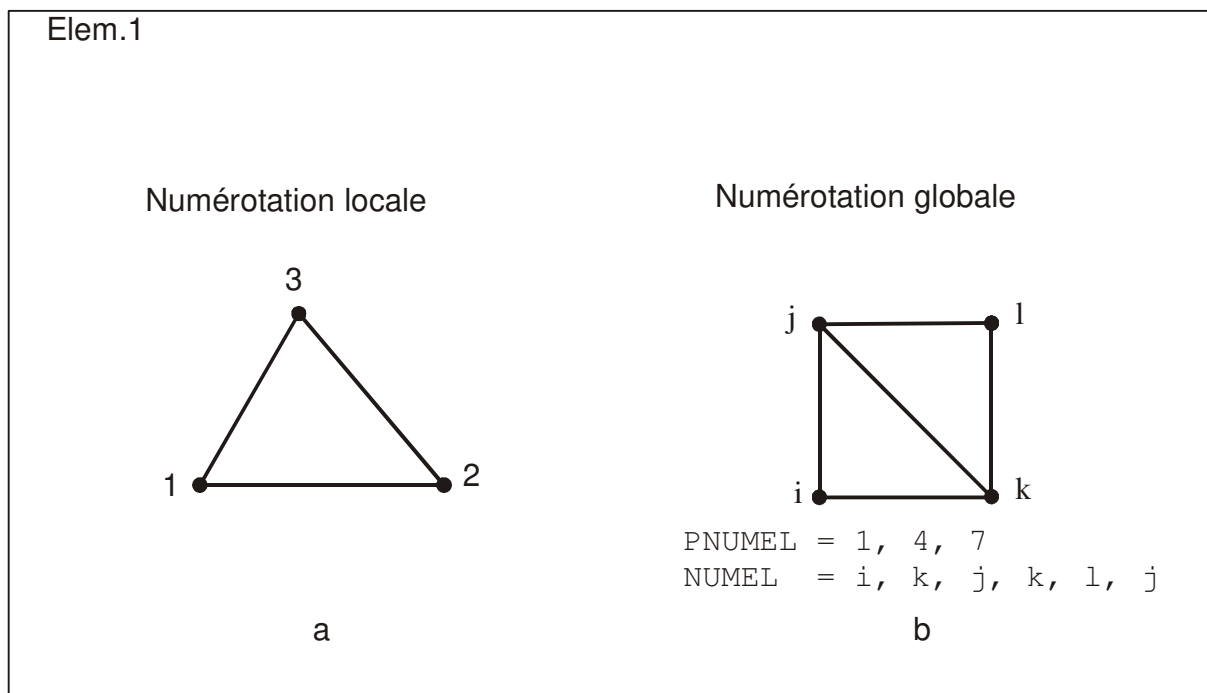
Le pointeur de numérotation (PNUMEL) indique le début de la numérotation de chaque élément dans le tableau de la numérotation globale (NUMEL) : voir figure Elem.1.

La numérotation globale des éléments se détermine à partir de la numérotation des noeuds (figures Elem.1b et coord.1) et de la numérotation locale de chaque élément (figure Elem.1a).

Pour une géométrie d'élément donnée, la numérotation locale est l'ordre dans lequel les numéros des noeuds sont relevés. Cet ordre conventionnel, propre à chaque type de géométrie d'élément, est indiqué dans le chapitre 4.

Lors d'un calcul avec le solveur CESAR, la numérotation des éléments est initialisée à l'aide du module de définition du modèle **ELEM**.

#### 3.2 Conventions de mise en données





## 4 NUMÉROTATION LOCALE

Les éléments sont présentés dans ce chapitre par type de géométrie : linéique, surfacique, volumique, divers. Sont également indiqués : les différentes natures d'éléments que l'on est susceptible de rencontrer dans ces catégories, leur nom géométrique, et leur numérotation locale.

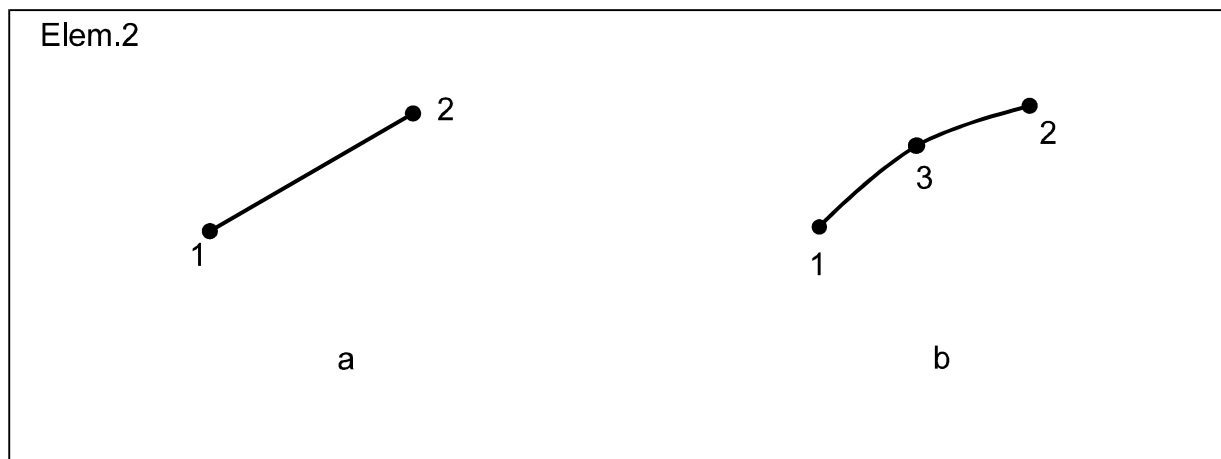
Les figures de ce chapitre présentent toutes les géométries possibles, indépendamment de leur présence dans les différentes familles d'éléments. Pour connaître les types d'éléments (nature du problème + nom géométrique) disponibles dans le solveur CESAR, se reporter aux tableaux du chapitre 5.

Remarque : Dans cette édition, ce chapitre ne présente que les éléments disponibles dans la version Standard (voir propositions d'évolution au chapitre 10).

### 4.1 Éléments linéiques

Les éléments linéiques disponibles sont les suivants :

- Barres bi ou tridimensionnelles
- Echanges bidimensionnels
- Poutres bi ou tridimensionnelles



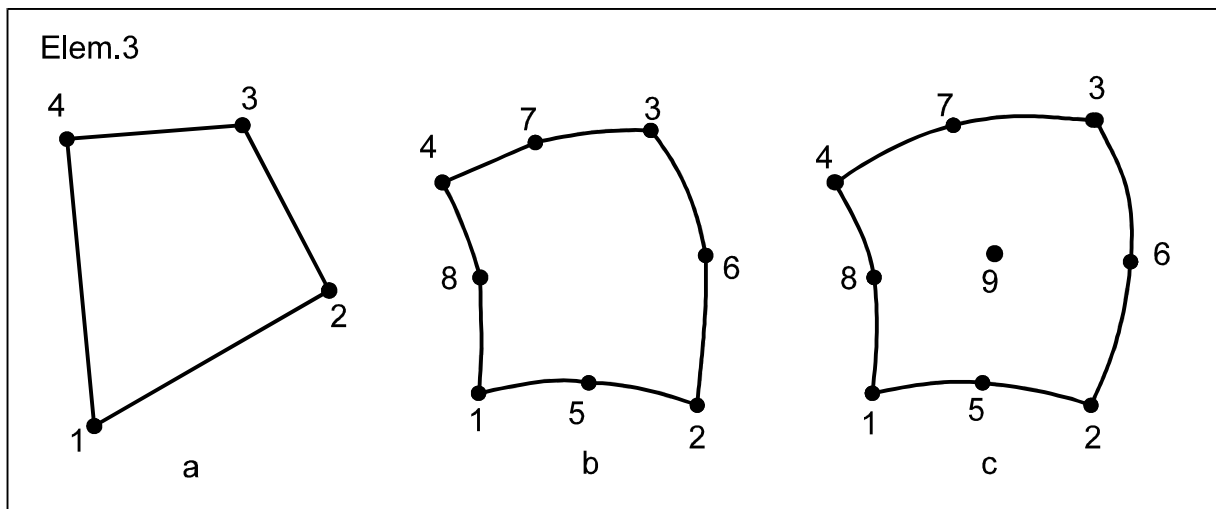
Nom géométrique :	2	3
Numérotation locale :	1, 2	1, 2, 3

## 4.2 Éléments surfaciques

Les éléments surfaciques disponibles sont les suivants :

- Éléments de massif bidimensionnels
- Coques minces
- Membranes tridimensionnelles
- Echanges tridimensionnels
- Éléments de transition pour éléments de massif bidimensionnels
- Élément de contact bidimensionnels
- Élément de flexion bidimensionnels

### 4.2.1 Quadrilatères



Nom

géométrique : Q4

Q8

Q9

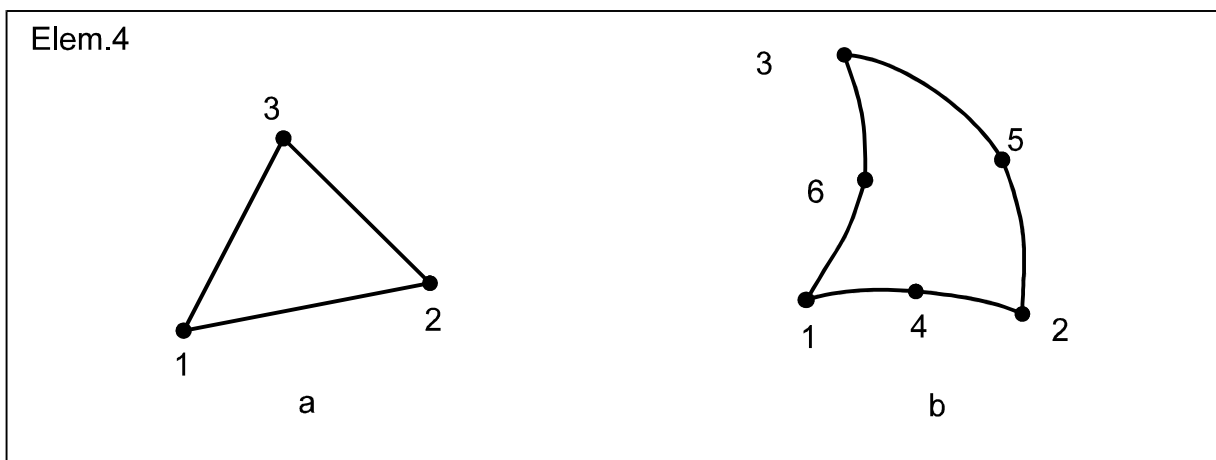
Numérotation

locale : 1, 2, 3, 4

de 1 à 8

de 1 à 9

### 4.2.2 Triangles



Nom géométrique : T3

T6

Numérotation locale : 1, 2, 3

1, 2, 3, 4, 5, 6

### 4.2.3 Éléments de transition pour éléments de massif bidimensionnels

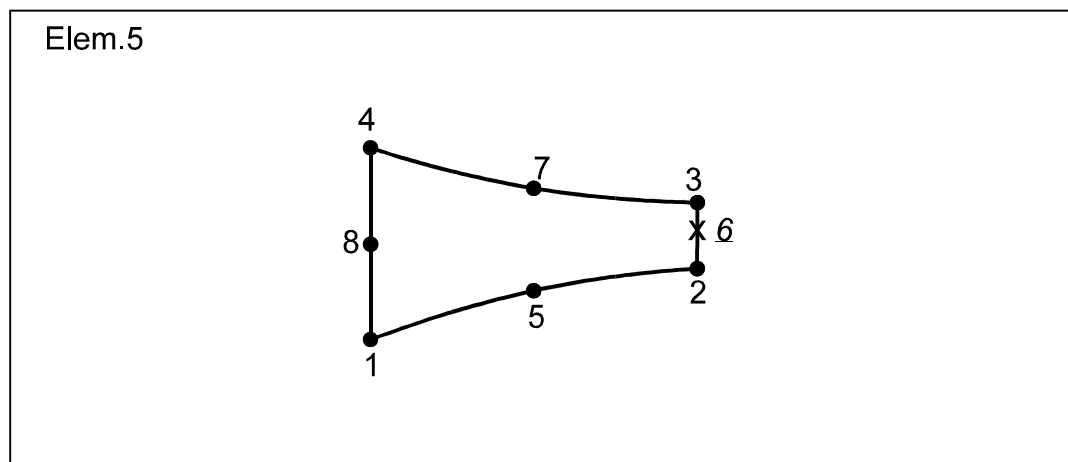
On peut utiliser des éléments ayant un nombre de noeuds quelconque compris entre 4 et 8, de façon à assurer la continuité entre éléments de massif bidimensionnels quadratique et linéaire. Un tel élément est appelé « élément de transition ».

L'élément de base utilisé pour construire ces éléments de transition est l'élément Q8 précédemment défini. A l'exception des 4 noeuds sommets, on peut ainsi supprimer n'importe lequel des noeuds de cet élément de base pour construire un élément de transition.

Cet élément est caractérisé par sa numérotation. Celle-ci est identique à celle de l'élément Q8, la valeur 0 étant attribuée aux numéros des noeuds milieux absents.

Exemple :

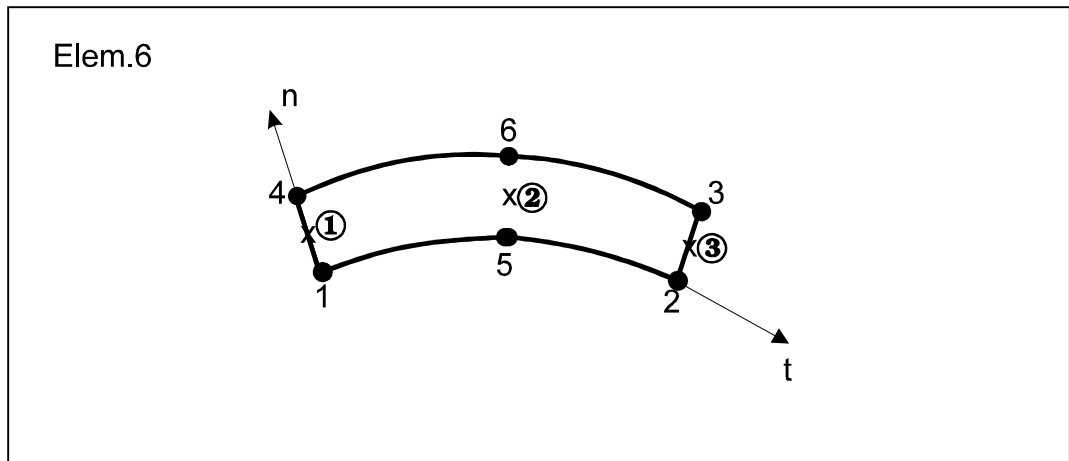
La croix (x) représente le noeud milieu que l'on a supprimé par rapport au quadrilatère à 8 noeuds.



Nom géométrique :  
Numérotation locale :

QT  
1, 2, 3, 4, 5, 0, 7, 8

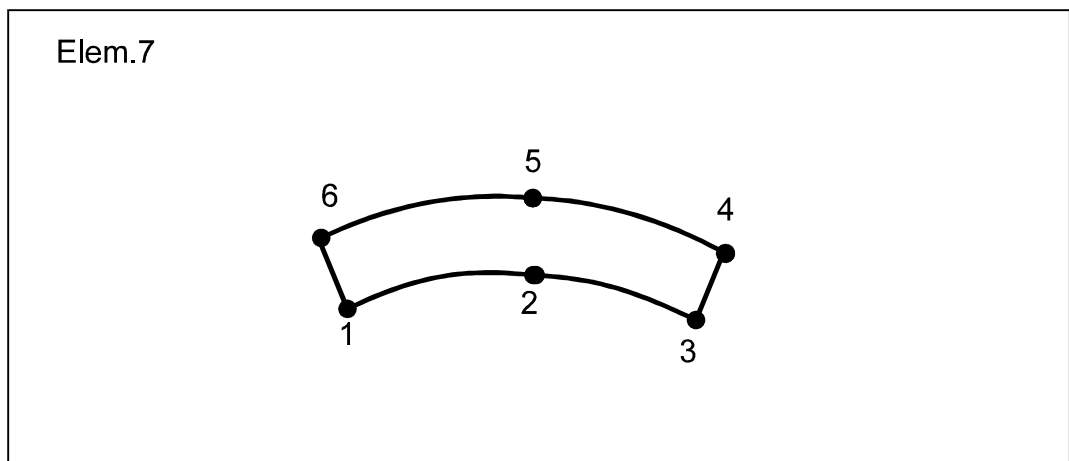
4.2.4 Élément de contact bidimensionnel



Nom géométrique : Q6  
 Numérotation locale : 1, 2, 3, 4, 5, 6

Les croix (X) suivies d'un numéro encerclé indiquent respectivement la position des points de Gauss et leur rang.

4.2.5 Élément de flexion bidimensionnel



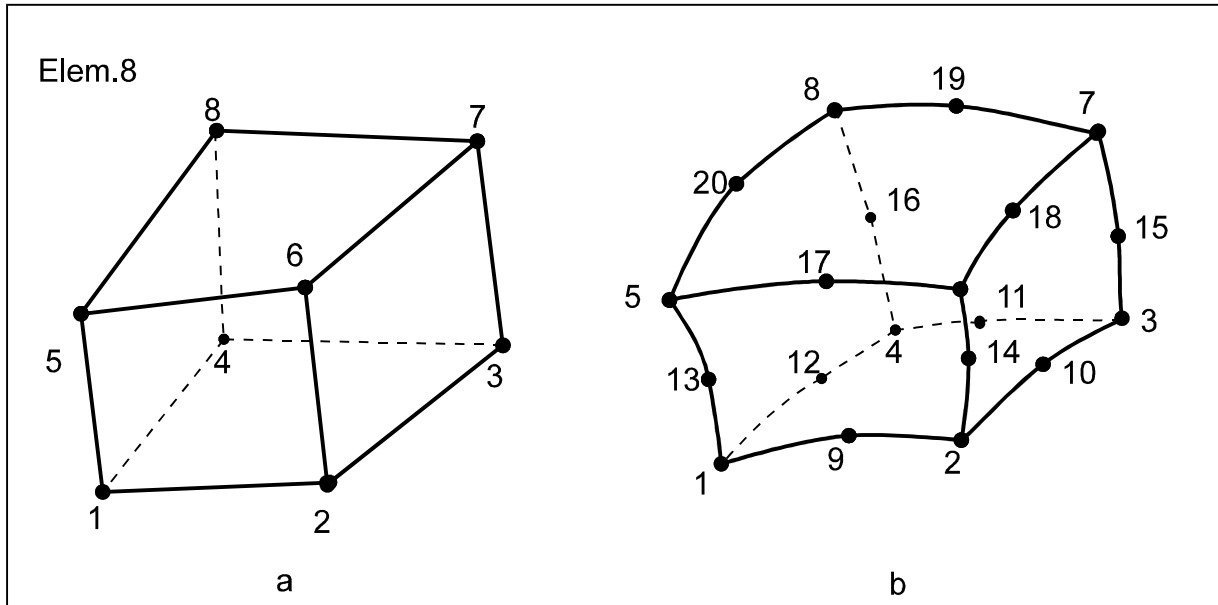
Nom géométrique : QF  
 Numérotation locale : 1, 2, 3, 0, 4, 5, 6, 0

### 4.3 Éléments volumiques

Les éléments volumiques disponibles sont les suivants :

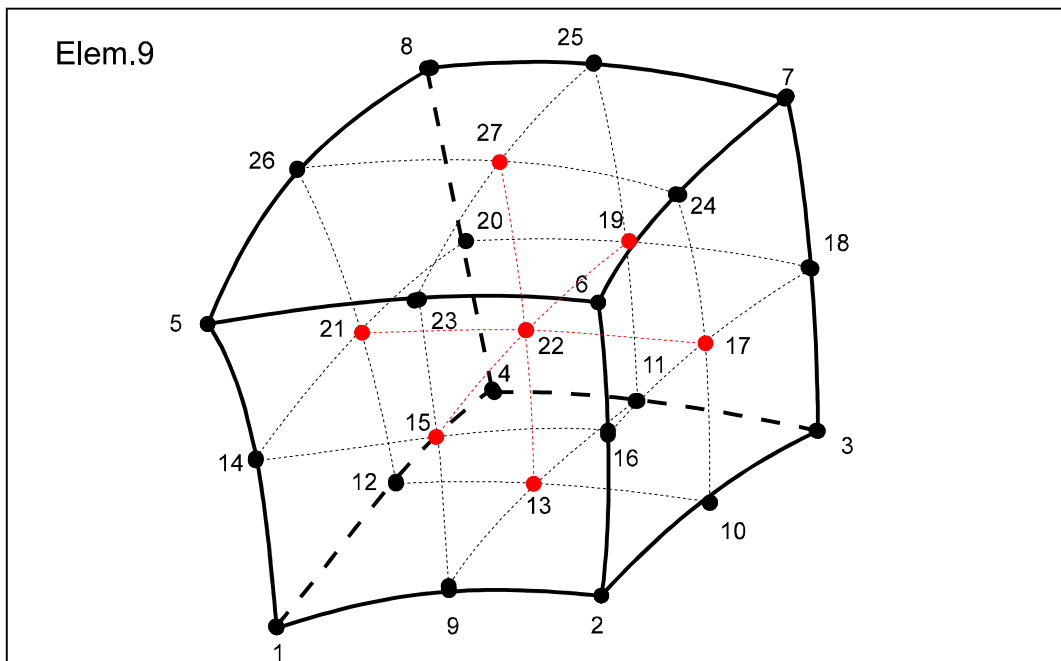
- Éléments de massif tridimensionnels
- Coques épaisses
- Contacts tridimensionnels
- Éléments de transition pour éléments de massif tridimensionnels

#### 4.3.1 Hexaédres



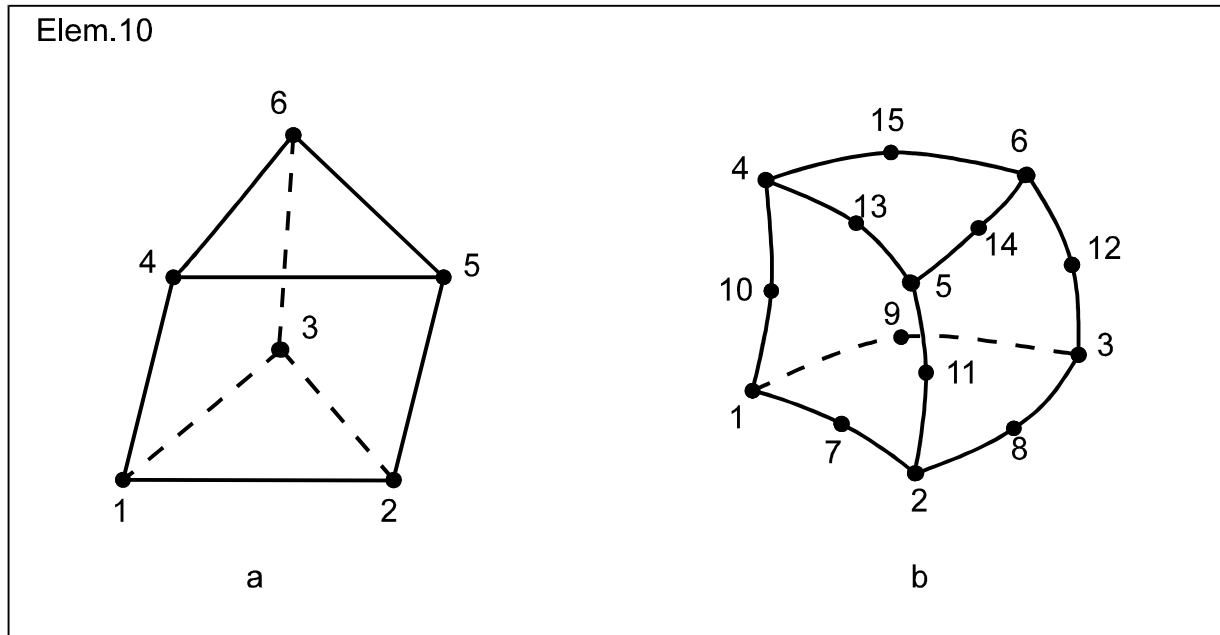
Nom géométrique : H8  
 Numérotation locale : de 1 à 8

H20  
 de 1 à 20



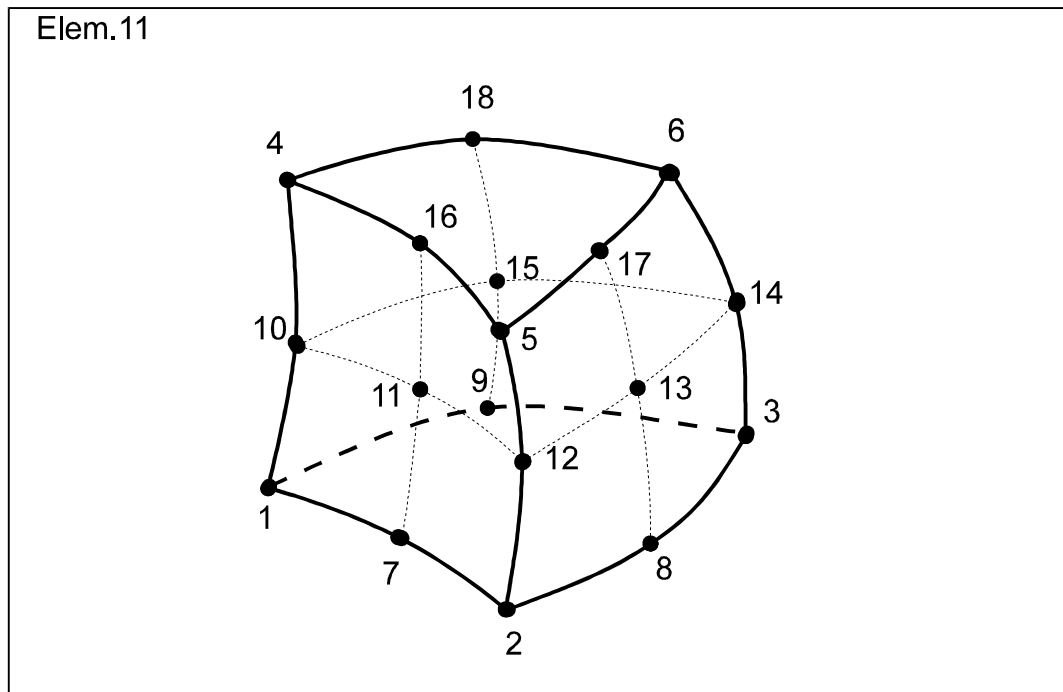
Nom géométrique : H27  
 Numérotation locale : de 1 à 27

4.3.2 Pentaèdres



Nom géométrique : P6  
 Numérotation locale : de 1 à 6

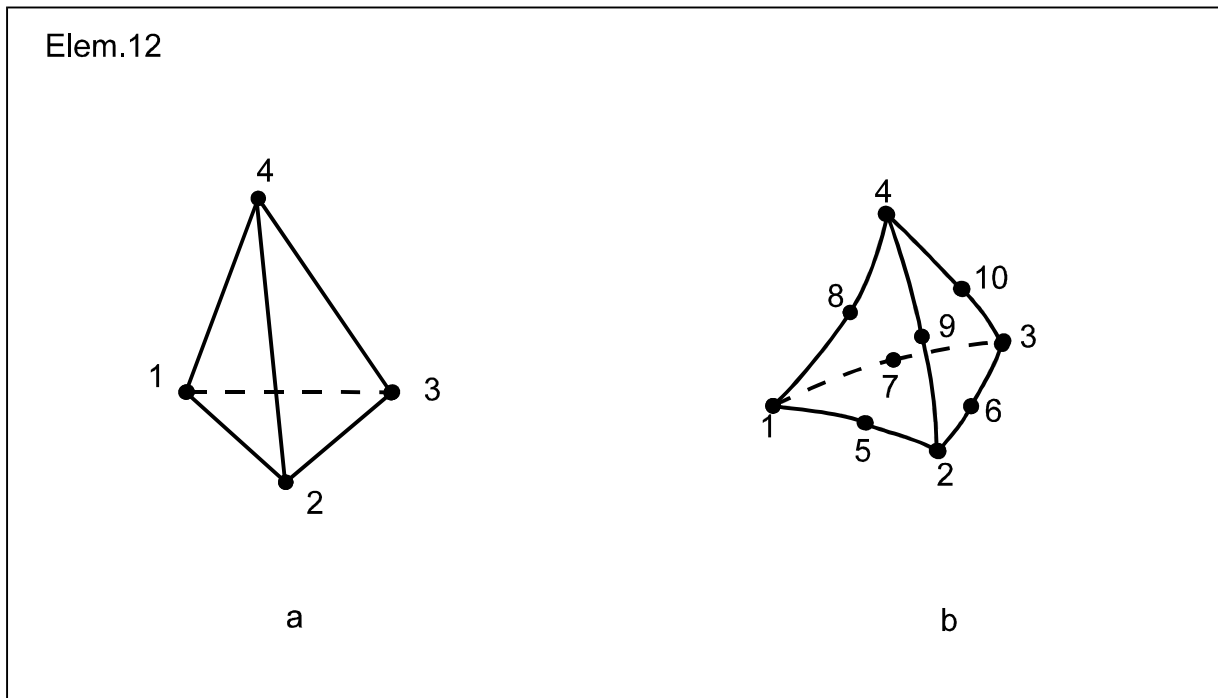
P15  
 de 1 à 15



Nom géométrique :  
 Numérotation locale :

P18  
 de 1 à 18

### 4.3.3 Tetraèdres



Nom géométrique : T4  
 Numérotation locale : de 1 à 4

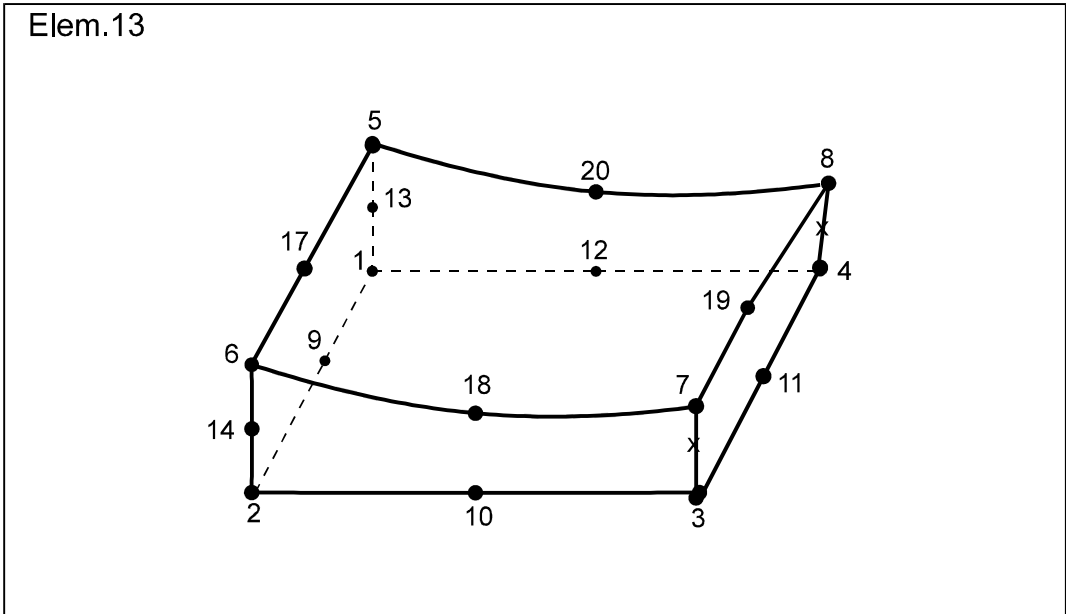
T10  
 de 1 à 10

### 4.3.4 Éléments de transition pour éléments de massif tridimensionnels

On peut utiliser des éléments ayant un nombre de noeuds quelconque compris entre 8 et 20, de façon à assurer la continuité entre éléments de massif tridimensionnels quadratique et linéaire. L'élément de base utilisé pour construire ces éléments de transition est l'élément H20 précédemment défini. A l'exception des 8 noeuds sommets, on peut ainsi supprimer n'importe lequel des noeuds de cet élément de base pour construire un élément de transition. Cet élément est caractérisé par sa numérotation. Celle-ci est identique à celle d'un élément H20 dans laquelle les numéros des noeuds absents sont égaux à 0.

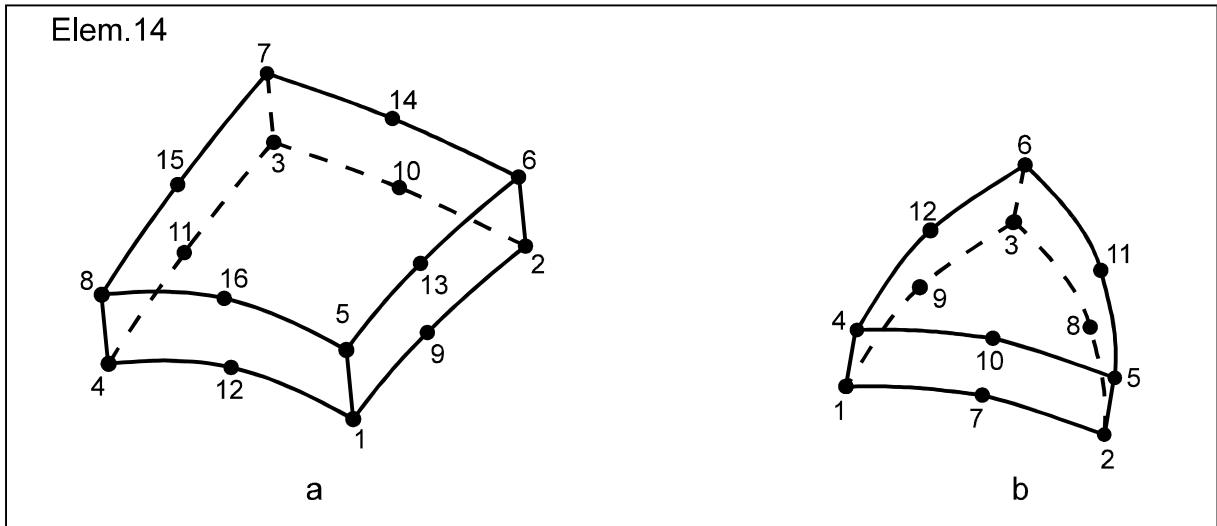
Exemple :

Sur la figure suivante, les croix (X) représentent les noeuds que l'on a supprimés par rapport à l'hexaèdre à 20 noeuds.



Nom géométrique : HT  
 Numérotation locale : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20

#### 4.3.5 Coques épaisses et éléments de contact tridimensionnels



Nom géométrique : H16  
 Numérotation locale : de 1 à 16

P12  
 de 1 à 12

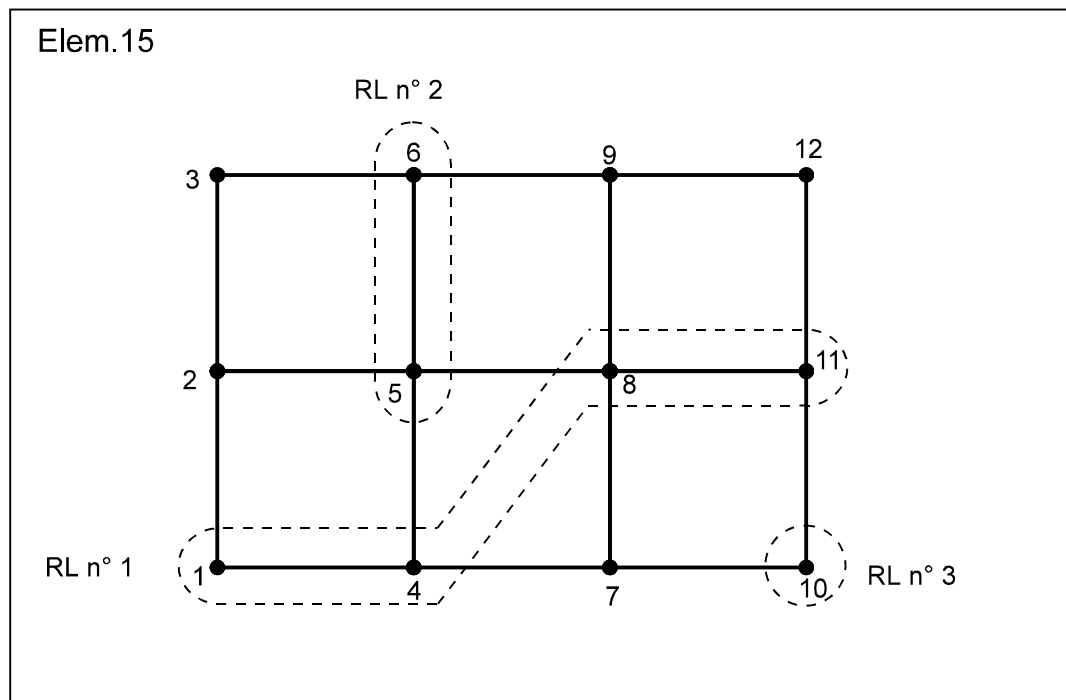


## 4.4 Autres éléments

### 4.4.1 Éléments RL

Un élément RL permet d'imposer une relation linéaire un nombre quelconque de degré de liberté, appartenant( à un ou plusieurs Nœuds. Ces éléments « relient » entre eux les noeuds appartenant à la même relation linéaire : ils sont donc constitués d'un nombre de noeuds dépendant de la situation à modéliser, et n'ont donc pas de numérotation locale prédéfinie.

Exemple avec un modèle bidimensionnel de type déplacement :



Numérotation globale (compte non tenu des éléments MB) :

NELT, NGRPE :	3, 3
PNUMEL :	1, 5, 7, 8
NUMEL :	1, 4, 8, 11, 5, 6, 10
TYPE :	RL, RL, RL
GROUPE :	1, 2, 3

### 4.4.2 Éléments SP

Les éléments SP permettent d'ajouter des termes de rigidité (élément SPxR), des termes de masse (élément SPxM) et des termes d'amortissement (élément SPxA) aux matrices globales respectives. Ces éléments sont constitués d'un nombre de noeuds dépendant de la situation à modéliser (1, 2, ..., m)

La numérotation globale se présente de la façon suivante :

NELT, NGRPE :	1, 1
PNUMEL :	1, m + 1
NUMEL :	n1, n2, n3, ..., nm
TYPE :	SPx
GROUPE :	1

## 5 TYPAGE DES ÉLÉMENTS

Le type d'élément (TYPE) est obtenu par concaténation du code d'identification des éléments de la famille derrière le nom géométrique de l'élément (indiqué dans le chapitre précédent).

Une famille est constituée par l'ensemble des éléments finis traitant le même problème (mécanique, diffusion, couplage), ayant même dimension (2D, 3D), et appartenant au même ensemble géométrique (massif, structure, poutre, barre, etc.). Chaque famille est identifiée par un numéro à deux chiffres.

### 5.1 Mécanique

Tableau TYPE.1 - Familles d'éléments disponibles en mécanique

Familles	Type	Géométrie
Famille 01 ( <b>M</b> écanique, <b>B</b> idimensionnel)	MBT3 MBT6 MBQ4 <b>MBQ8</b> MBQ9 MBQT MBQF	Triangle à 3 noeuds Triangle à 6 noeuds Quadrilatère à 4 noeuds <b>Quadrilatère à 8 noeuds</b> Quadrilatère à 9 noeuds Quadrilatère de Transition Quadrilatère Flexion à 6 noeuds
Famille 02 (Mécanique, Tridimensionnel)	MTH8 MTH20 MTH27 MTP6 MTP15 MTP18 MTT4 MTT10 MTH16 MTH16 MTP12	Hexaèdre à 8 noeuds Hexaèdre à 20 noeuds Hexaèdre à 27 noeuds Pentaèdre à 6 noeuds Pentaèdre à 15 noeuds Pentaèdre à 18 noeuds Tétraèdre à 4 noeuds Tétraèdre à 10 noeuds Hexaèdre de Transition Elément Hexaèdre à 16 noeuds de coque épaisse Elément Pentaèdre à 12 noeuds de coque épaisse
Famille 03 Poutre, Bidimensionnel)	PB2	Elément linéique à 2 noeuds
Famille 04 Poutre, Tridimensionnel)	PT2	Elément linéique à 2 Noeuds

## Familles d'éléments disponibles en mécanique (suite)

Familles	Type	Géométrie
Famille 05 (COque mince)	COT3 COQ4 COT6 COQ8	Triangle à 3 noeuds Quadrilatère à 4 noeuds Triangle à 6 noeuds Quadrilatère à 8 noeuds
Famille 06 (Frottement Décollement)	FDQ6 FDP12 FDH16	Quadrilatère à 6 noeuds Pentaèdre à 12 noeuds Hexaèdre à 16 noeuds
Famille 07 (Barre, Bidimensionnel)	BB2 BB3	Élément à 2 noeuds Élément à 3 noeuds
Famille 08 (Barre, Tridimensionnel)	BT2 BT3	Élément à 2 noeuds Élément à 3 noeuds
Famille 09 (Relations Linéaires)	RL	Relations linéaires entres paramètres
Famille 10 (SPécial)	SPxA SPxM SPxR SPxT	Élément de type Amortissement Élément de type Masse Élément de type Rigidité Élément pour module Transitoire
Famille 11 (AXisymétrique)	AXT3 AXT6 AXQ4 AXQ8 AXQ9 AXQT	Triangle à 3 noeuds Triangle à 6 noeuds Quadrilatère à 4 noeuds Quadrilatère à 8 noeuds Quadrilatère à 9 noeuds Quadrilatère de Transition

## 5.2 Diffusion

TABLEAU TYPE.2 - Familles d'éléments disponibles en diffusion

Familles	Type	Géométrie
Famille 21 (Diffusion, Bidimensionnel)	DBT3 DBT6 DBQ4 DBQ8 DBQ9 DBQT	Triangle à 3 noeuds Triangle à 6 noeuds Quadrilatère à 4 noeuds Quadrilatère à 8 noeuds Quadrilatère à 9 noeuds Quadrilatère de Transition
Famille 22 Diffusion, Tridimensionnel)	DTH8 DTH20 DTH27 DTP6 DTP15 DTP18 DTT4 DTT10 DTHT	Hexaèdre à 8 noeuds Hexaèdre à 20 noeuds Hexaèdre à 27 noeuds Pentaèdre à 6 noeuds Pentaèdre à 15 noeuds Pentaèdre à 18 noeuds Tétraèdre à 4 noeuds Tétraèdre à 10 noeuds Hexaèdre de Transition
Famille 23 (Echange, Bidimensionnel)	EB2 EB3	Elément à 2 noeuds Elément à 3 noeuds
Famille 24 (Echange, Tridimensionnel)	ETT3 ETT6 ETQ4 ETQ8 ETQ9 ETQT	Triangle à 3 noeuds Triangle à 6 noeuds Quadrilatère à 4 noeuds Quadrilatère à 8 noeuds Quadrilatère à 9 noeuds Quadrilatère de Transition
Famille 25 (Surface libre, Bidimensionnel)	SBT3 SBT6	Triangle à 3 noeuds Triangle droit à 6 noeuds

### 5.3 Couplage

TABLEAU TYPE.I.c - Familles d'éléments en couplage mécanique/diffusion

Familles	Type	Géométrie
Famille 41 (Consolidation, Bidimensionnel)	CBT3 CBT6 CBQ4 CBQ8 CBQ9 CBQT	Triangle à 3 noeuds Triangle à 6 noeuds Quadrilatère à 4 noeuds Quadrilatère à 8 noeuds Quadrilatère à 9 noeuds Quadrilatère de Transition
Famille 42 (Consolidation, Tridimensionnel)	CTH8 CTH20 CTH27 CTP6 CTP15 CTP18 CTT4 CTT10 CTHT	Hexaèdre à 8 noeuds Hexaèdre à 20 noeuds Hexaèdre à 27 noeuds Pentaèdre à 6 noeuds Pentaèdre à 15 noeuds Pentaèdre à 18 noeuds Tétraèdre à 4 noeuds Tétraèdre à 10 noeuds Hexaèdre de Transition
Famille 45 (milieu pOreux, Bidimensionnel)	OBT3 OBT6 OBQ4 OBQ8 OBQ9 OBQT	Triangle à 3 noeuds Triangle à 6 noeuds Quadrilatère à 4 noeuds Quadrilatère à 8 noeuds Quadrilatère à 9 noeuds Quadrilatère de Transition
Famille 46 (milieu pOreux, Tridimensionnel)	OTH8 OTH20 OTH27 OTP6 OTP15 OTP18 OTT4 OTT10 OTHT	Hexaèdre à 8 noeuds Hexaèdre à 20 noeuds Hexaèdre à 27 noeuds Pentaèdre à 6 noeuds Pentaèdre à 15 noeuds Pentaèdre à 18 noeuds Tétraèdre à 4 noeuds Tétraèdre à 10 noeuds Hexaèdre de Transition

## 6 NOTION DE GROUPE

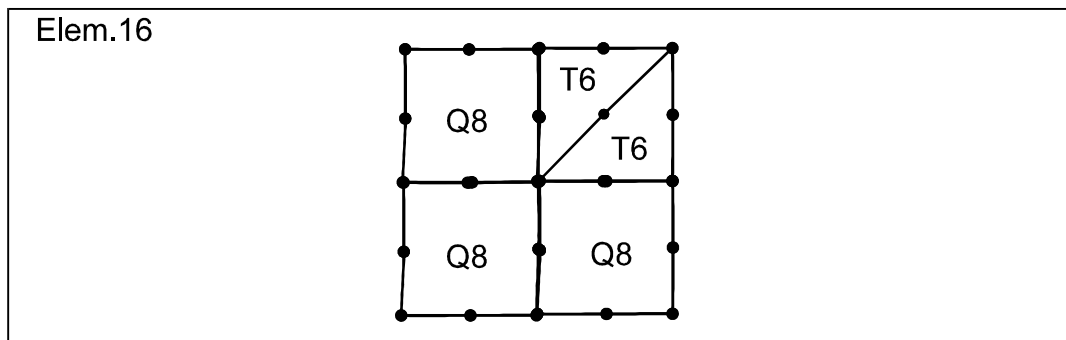
### 6.1 Définition

Les éléments du maillage doivent être répartis en groupes, en fonction de leur famille, de leurs caractéristiques physiques et de leurs caractéristiques géométriques. Plus précisément, un groupe désigne un ensemble d'éléments appartenant à une même famille et possédant les mêmes lignes de propriétés. Autrement dit, pour un calcul mécanique par exemple, tous les éléments d'un groupe d'éléments donné ont la même loi de comportement (même modèle et mêmes valeurs des paramètres). Il s'ensuit que deux éléments de la même famille ayant des lignes de propriétés distinctes doivent être affectés à deux groupes différents.

Remarque : Pour des raisons pratiques (ex : exploitation des résultats,...), l'utilisateur pourra être amené à définir plus de groupes que ce qui est strictement nécessaire.

### 6.2 Exemples

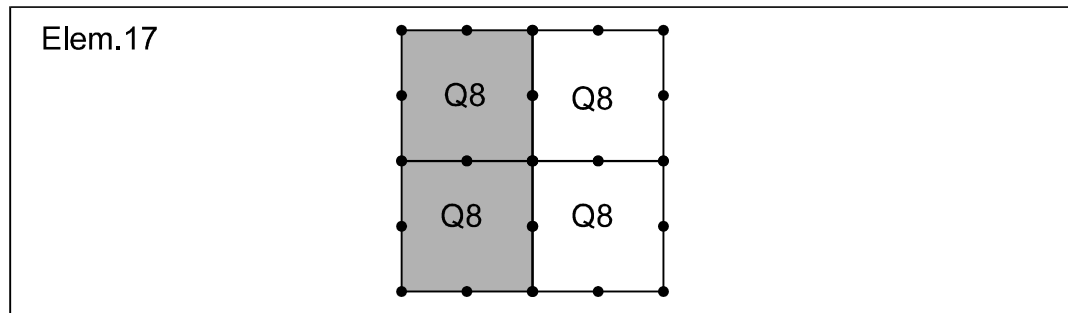
#### 6.2.1 Exemple d'un groupe d'éléments



Maillage constitué d'éléments bidimensionnels (famille 01) ayant les mêmes caractéristiques physiques. (En élasticité, tous les éléments ont ainsi même module Young et même coefficient de Poisson).

⇒ Il y a un groupe.

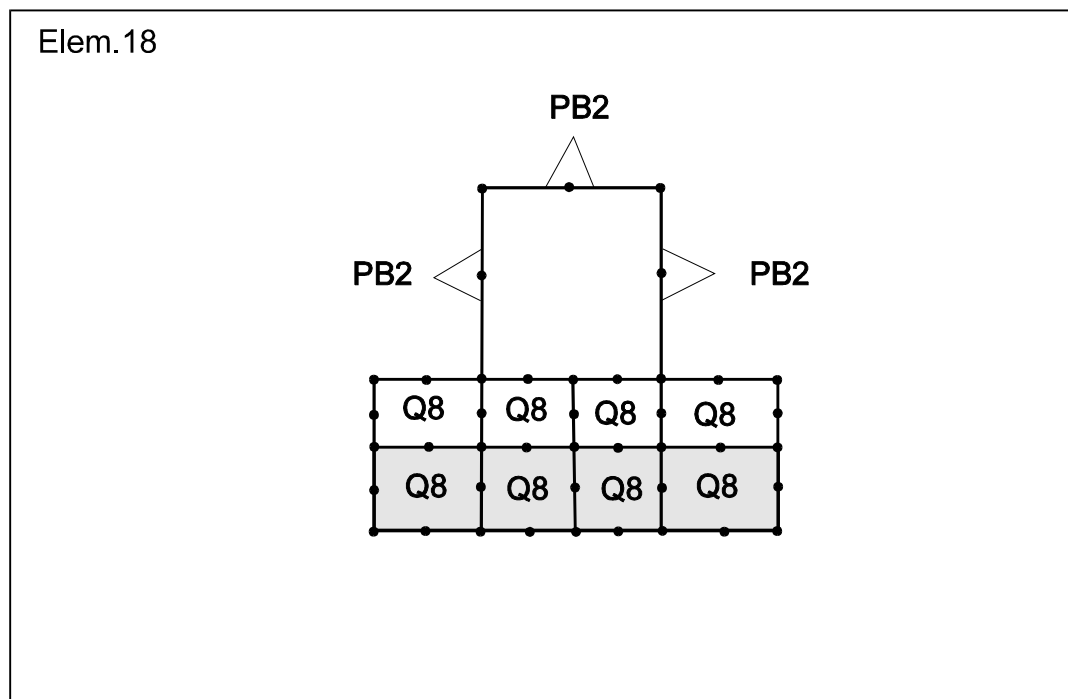
### 6.2.2 Exemple de deux groupes d'éléments



Maillage constitué d'éléments bidimensionnels (famille 01). Les éléments grisés et les éléments non grisés n'ont pas les mêmes caractéristiques physiques.

⇒ Il y a deux groupes.

### 6.2.3 Exemple de trois groupes d'éléments

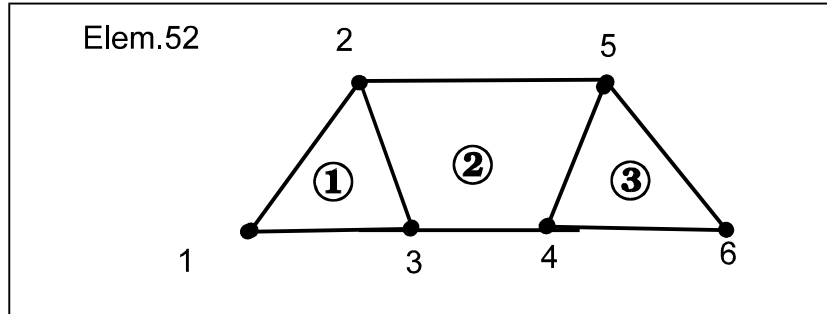


Maillage constitué de six éléments de poutre PB2 ayant les mêmes caractéristiques physiques, et de huit éléments bidimensionnels Q8 constituant deux zones de caractéristiques différentes.

⇒ Il y a trois groupes.

## 7 ÉLÉMENTS : EXEMPLE DE MISE EN DONNÉES

Considérons le maillage bidimensionnel de type déplacement, composé des 3 éléments suivants :



Les éléments du maillage appartiennent à la famille 01. Ils ont un nombre de noeuds variable (les éléments 1 et 3 sont des éléments à 3 noeuds, l'élément 2 est un élément à 4 noeuds). Comme la numérotation des éléments est donnée de manière « comprimée » par le tableau NUMEL, on dispose du pointeur PNUMEL pour indiquer le début de la numérotation de chaque élément dans le tableau.

Pour compléter l'exemple, on suppose que l'élément 3 appartient au groupe 1, les éléments 1 et 2 au groupe 2.

Les données de la numérotation, du type et de l'indicateur de groupe sont ainsi les suivantes :

Données du module ELEM	Notations utilisées dans le Manuel de référence du solveur CESAR (cf. [3])
ELEM	<i>mot-clé</i>
0, 0	<i>M, M1</i>
3, 2	<i>NELT, NGRPE</i>
1, 4, 8, 11	<i>PNUMEL</i>
1, 3, 2, 3, 4, 5, 2, 4, 6, 5	<i>NUMEL</i>
MBT3      MBQ4      MBT3	<i>TYPE</i>
2, 2, 1	<i>GROUPE</i>



## 8 Le fichier de maillage

### 8.1 Généralités

Le fichier de maillage est un fichier binaire (donc non lisible par un éditeur de texte). Il contient dans l'ordre :

- un champ d'identification,
- des champs correspondant aux coordonnées des nœuds,
- des champs correspondant à la numérotation des éléments.

La description de son contenu est faite à l'aide des conventions suivantes :

Notation	<Type> * (dimension) Description
----------	-------------------------------------

La colonne « Notation » indique le nom des variables inscrites dans le fichier. Chaque case correspond à un enregistrement. Le contenu du fichier se lit séquentiellement de haut en bas.

La ligne <Type> \* (dimension) de la colonne suivante indique entre < > le type de variable (au sens FORTRAN) et entre ( ) sa dimension dans le cas d'un tableau. Cette dimension correspond au nombre de valeurs inscrites dans le fichier.

La ligne "Description" de cette même colonne définit succinctement chaque notation.

### 8.2 Description du fichier

#### Champ d'identification

ETUDE	<CHARACTER*5> Nom de l'étude.
MOT5	<CHARACTER*5> Nom du programme ayant créé le fichier de maillage.
MOTA	<CHARACTER*80> 1:24 = Nom et version du progiciel ; 26:29 = État de la renumérotation du maillage (mot-clé "TODO" ou "DONE" ; 31:59 = Date et heure d'écriture du fichier.
MOTB	<CHARACTER*80> Inutilisé.
MOTC	<CHARACTER*80> Inutilisé.

### Champs relatifs aux nœuds

"COOR"	<CHARACTER*4> Mot clé.
NNT	<INTEGER*4> Nombre total de noeuds du maillage.
NDIM	<INTEGER*4> Dimension de l'espace.
VCORG	<REAL*8> * (NDIM*NNT) Coordonnées globales.

### Champs relatifs aux éléments

"ELEM"	<CHARACTER*4> Mot clé.
NELT	<INTEGER*4> Nombre total d'éléments du maillage.
NGRPE	<INTEGER*4> Nombre total de groupes.
PNUMEL	<INTEGER*4> * (NELT+1) Pointeur d'éléments.
NUMEL	<INTEGER*4> * (PNUMEL (NELT+1) -1) Numérotation des éléments.
TYPE	<CHARACTER*8> * (NELT) Type de chaque élément.
GROUPE	<INTEGER*4> * (NELT) Numéro du groupe auquel appartient chaque élément.
	Fin du fichier -----

### 8.3 Lecture/Ecriture en FORTRAN

A titre d'exemple, le fichier de maillage pourrait se lire à l'aide des ordres FORTRAN suivants (les tableaux doivent être dimensionnés selon les informations de la page précédente) :

```

PROGRAM LECMAIL
C
CHARACTER MOT4*4, ETUDE*5, MOT5*5, MOTA*80, MOTB*80, MOTC*80
CHARACTER*8 TYPE( )
INTEGER*4 NNT, NDIM, NELT, NGRPE
INTEGER*4 PNUMEL( ), NUMEL( ), GROUPE( )
REAL*8 VCORG( , )
C
MF = 17
OPEN (UNIT=MF, FILE='étude_mail.resu', etc. )
C
READ (MF) ETUDE, MOT5, MOTA, MOTB, MOTC
C
READ (MF) MOT4
READ (MF) NNT, NDIM
READ (MF) ((VCORG(I,J), I=1,NDIM), J=1,NNT)
C
READ (MF) MOT4
READ (MF) NELT, NGRPE
II = NELT + 1
READ (MF) (PNUMEL(I), I=1,II)
JJ = PNUMEL(NELT+1)-1)
READ (MF) (NUMEL(J), J=1,JJ)
READ (MF) (TYPE(K), K=1,NELT)
READ (MF) (GROUPE(K), K=1,NELT)
C
STOP
END

```

## 9 IMPLÉMENTATION DANS LE SOLVEUR CESAR

Les observations suivantes s'adressent plus particulièrement aux développeurs.

Pour des raisons diverses, les notations utilisées dans la documentation et dans le code source du solveur CESAR ne sont pas forcément identiques. La situation actuelle est donnée par le tableau suivant. La colonne Routine indique dans quel sous-programme la lecture de la donnée est effectuée.

Notation dans la documentation	Notation dans le code source	Routine
M	MEXE	BLCOOR
M1	NFGEOM	BLCOOR
NNT NDIM	idem	BLCOOR
VCORG	idem	EXCOOR

M	MEXE	BLELEM
M1	M1 doit être égal à NFGEOM sinon arrêt	BLELEM
NELT NGRPE	idem	lus dans un tampon JJ dans LECENT, puis initialisés dans BLELEM
PNUMEL	KPNTE	LGKNTE
NUMEL	KNTE	EXELEM
TYPE	KTYPE	EXELEM
GROUPE	KPGRE	EXELEM

L'écriture (ou réécriture) des données du maillage est effectuée dans la routine MACRIT.

## 10 PROPOSITIONS D'ÉVOLUTION

### 10.1 Famille d'éléments

Compléter les chapitres 4 et 5 par les informations relatives aux familles d'éléments en version Recherche ou en version Expert. Le tableau suivant, donné à titre indicatif, est extrait de la base de données des développements.

Familles	Description
07-fs	Éléments de barre bidimensionnels pour simuler les forces suiveuses.
12	Éléments de fond de fissure bidimensionnels (module MECR).
13	Éléments de membrane tridimensionnels.
14	Éléments de poutre tridimensionnelle multifibres non intégrés dans F05.
15	Éléments de coque multicouches non intégrés dans la famille 05.
16	Éléments de contact de type 3 <sup>e</sup> corps
31	Éléments de frontières (équations intégrales) bidimensionnels.
32	Éléments de frontières (équations intégrales) tridimensionnels.
33	Éléments spéciaux de frontières (source, couplage EF) bidimensionnels.
43	Éléments isoparamétriques bidimensionnels à quatre degrés de liberté par nœud (deux déplacements, pression de fluide, pression de gaz) pour les problèmes de consolidation dans les milieux poreux non saturés (CSNS).
47	Éléments isoparamétriques bidimensionnels à cinq degrés de liberté par nœud (deux déplacements, pression de fluide, pression de gaz, température) pour les problèmes de thermo-poro-mécanique dans les milieux poreux non saturés (module MPNL).
61	Éléments isoparamétriques bidimensionnels pour l'endommagement avec gradient (module DMGE).
62	Éléments isoparamétriques tridimensionnels pour l'endommagement avec gradient (module DMGE).

### 10.2 Interface CLEO

Possibilité de création par CLEO du fichier de maillage au format CESAR (*étude\_mail.resu*) de façon à rendre le fichier jeu de données (.data) plus léger, donc plus lisible.

