

MAILLAGE

Philippe PASQUET
30/10/1997
©php

TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	8
1. SYNTAXE GENERALE D'UNE INSTRUCTION	10
1.1 Les objets	10
1.2 Les opérateurs	10
1.3 Les directives	10
2. PARTICULARITE DE GIBI	12
2.1 Paramétrage	12
2.2 Références	12
2.3 Sous-objets	12
3. PRINCIPE DE MAILLAGE	13
4. ORGANIGRAMME D'UN JEU DE DONNEES	14
5. DONNEES PRELIMINAIRES	15
5.1 La commande *	15
5.2 La directive COMMENTAIRE	15
5.3 La directive INFORMATION	15
5.4 La directive TITRE	15
5.5 La directive OPTION	15
a) ACQUÉRIR	15
b) DIMENSION	15
c) DONNÉE	16
d) ECHO	16
e) ELEMENT	16
f) IMPRIMER	17
g) LECTURE	17
h) MODELE	17
i) NIVEAU	17
j) RESTITUER	17
k) SAUVER	17
l) SORTIR	18
m) TRACER	18
5.6 La directive DENSITÉ	18

6. FABRICATION DE NOMBRES	19
6.1 Les opérations élémentaires	19
6.2 Les fonctions élémentaires	19
a) ABSolu	19
b) ArcTanGente	19
c) COSinus	19
d) COSinusHyperbolique	20
e) ENTier	20
f) ERF	20
g) EXPONENTielle	20
h) FLOTtant	20
i) LOGarithme	20
j) SIGNe	20
k) SINus	20
l) SINusHyperbolique	21
m) TANHyperbolique	21
7. DEFINITION D'UN POINT	22
7.1 Fournir les coordonnées	22
7.2 Changement de repère	22
a) Repère cylindrique	22
b) Repère sphérique	22
7.3 Calculer les coordonnées	22
7.4 Récupérer les coordonnées d'autres points	22
7.5 Utilisation de la CAO	23
7.6 Utilisation de l'opérateur DIGItaliser	23
7.7 Intersection de courbe	23
7.8 Remarque	23
8. DEFINITION D'UNE LIGNE	24
8.1 L'opérateur CER3	25
8.2 L'opérateur CERCle	26
8.3 L'opérateur CONGé	27
8.4 L'opérateur COURbe	27
8.5 L'opérateur CUBP	27
8.6 L'opérateur CUBT	28
8.7 L'opérateur DEDOubler	30
8.8 L'opérateur DROIt	30

8.9 L'opérateur INTERsection	30
8.10 L'opérateur LIGNe	32
a) Arc de Cercle	32
b) Segment de droite	33
8.11 L'opérateur MANUel	34
8.12 L'opérateur PARABole	34
8.13 L'opérateur PARC	35
8.14 La procédure PATIN	36
8.15 L'opérateur QUELconque	36
8.16 La procédure ZIGZAG	36
8.17 Remarques générales	36
9. DEFINITION D'UNE SURFACE	38
9.1 Notion de contour	39
9.2 L'opérateur COUture	39
9.3 L'opérateur DALLer	39
a) Option CONIque	40
b) Option CYLIndrique	40
c) Option PLAN	40
d) Option POLYnôme	40
e) Option QUELconque	41
f) Option SPHEre	41
g) Option TORIque	41
9.4 L'opérateur GENERer	41
9.5 L'opérateur GENJoint	42
9.6 L'opérateur MANUel	42
9.7 La procédure NORMAL	42
9.8 L'opérateur RACCord	42
9.9 L'opérateur RAFT	42
9.10 L'opérateur REGLer	43
9.11 L'opérateur ROTAtion	44
9.12 L'opérateur SURFace	45
a) Option CONIque	46
b) Option CYLIndrique	46
c) Option PLAN	46
d) Option POLYnôme	46
e) Option SPHEre	46
f) Option TORIque	46

g) Cas particulier: surface contenant un ou plusieurs trous	47
9.13 L'opérateur TRANslation	47
9.14 Remarques générales	48
10. DEFINITION D'UN VOLUME	49
10.1 L'opérateur GENJoint	49
10.2 L'opérateur LIAison	49
10.3 L'opérateur MANUel	49
10.4 L'opérateur PAVEr	50
10.5 L'opérateur VOLUme	50
10.6 L'opérateur VOLUme ...	50
10.7 L'opérateur VOLUme GENErer	51
10.8 L'opérateur VOLUme ROTAtion	52
10.9 L'opérateur VOLUme TRANslation	53
10.10 Remarques générales	54
11. MAILLAGE D'UN BLOC SUIVANT	56
11.1 De la même manière	56
a) L'opérateur NBELément	56
b) L'opérateur COORdonnées	56
c) L'opérateur NBNOeud	56
11.2 Utilisation des opérateurs de manipulation	56
12. MANIPULATION D'OBJETS	57
12.1 L'opérateur AFFInité	57
12.2 L'opérateur CHANger	57
12.3 La directive ELIMiner	58
12.4 L'opérateur ET	58
12.5 L'opérateur HOMOthétie	58
12.6 La directive MODifier	58
12.7 L'opérateur MOINs	59
12.8 L'opérateur PLUS	59
12.9 L'opérateur PROJection	59
a) Projection sur une ligne ou une surface	59

b) Projection sur un maillage	60
12.10 L'opérateur SYMEtrie	60
12.11 L'opérateur TOURner	61
12.12 Remarques générales	61
13. LES DIRECTIVES D'ENTREES-SORTIES	62
13.1 La directive LIRE	62
13.2 La directive LISTe	62
13.3 La directive RESTituer	62
13.4 La directive SAUVer	62
13.5 La directive SORTir	63
13.6 La directive TASSer	64
13.7 La directive TRACer	64
14. LE PRINCIPE DESCENDANT	65
14.1 L'opérateur COORdonnées	65
14.2 L'opérateur NORMe	65
14.3 L'opérateur PSCAlaire	65
14.4 L'opérateur PMIXte	65
14.5 L'opérateur POINT	66
14.6 L'opérateur NOEUd	67
14.7 L'opérateur BARYcentre	67
14.8 L'opérateur PVEctoriel	67
14.9 L'opérateur COTE	67
14.10 L'opérateur CONTour	67
14.11 L'opérateur COMPris	68
14.12 L'opérateur FACE	68
14.13 L'opérateur ENVEluppe	68
14.14 L'opérateur ELEMeNt	68
14.15 L'opérateur INCLus	68
14.15 L'opérateur ARETe	69

14.16 La directive FIN	69
15. TYPE D'OBJETS CREES	70
16. ESSAI DE RECENSEMENT DES VALEURS PAR DEFAUT	71
17. REFERENCES GENERALES	72
18. ANNEXE THEORIQUE	73
18.1 METHODE DE	73
19. REPERES BIOGRAPHIQUES	74
20. INDEX	75

AVERTISSEMENT

Le volume Maillage fait partie d'un ensemble comprenant les titres suivants

Langage et Procédures

Maillage

Vérification des données

Thermique des Structures

Mécanique des Structures

Mécanique des Fluides

Electromagnétisme

Post-Traitements

Nous avons repris dans ce volume, l'ensemble des opérateurs, procédures, directives permettant le maillage. Ils ne sont pas décrits dans leur intégralité mais dans leur acception la plus couramment utilisée. Le lecteur intéressé peut, pour obtenir l'intégralité des possibilités d'un opérateur, faire **INFO** nom ; dans CASTEM2000®.

Nous avons aussi essayé de faire un peu plus qu'un guide d'utilisation. Le lecteur s'en rendra, nous l'espérons, compte tout au long de ce volume et en particulier dans les premiers et derniers chapitres.

Le maillage peut servir de pré-processeur à de nombreux systèmes qui peuvent donc au moins relire les objets créés. Parmi les plus connus, on peut citer :

CASTEM®

CASTEM2000® (évidemment)

CODE_ASTER®

PROMETHEE®

THERMX®

TRIO_EF®

TRIO_VF®

Dans la pratique de la description et de l'utilisation, il ne sera jamais possible de dissocier l'aspect langage de l'aspect plus classique, regroupant les fonctionnalités de maillage et de tracé, celles-ci étant réellement partie intégrante de celui-là.

Toutefois, et par souci de clarté, c'est l'aspect maillage qui sera placé en avant, le langage étant l'outil privilégié pour effectuer ces opérations de discrétisation puis plus tard de calcul.

Ce volume, comme l'ensemble de ce manuel, est nécessairement incomplet et malheureusement, il n'est pas exempt d'erreurs. Nous serions particulièrement reconnaissants aux lecteurs qui nous signaleront toute imperfection.

Nous n'avons pas repris de manière systématique la description des erreurs possibles dans CASTEM2000®. Les erreurs de syntaxe sont bien contrôlées et le diagnostic est relativement clair sauf dans le cas où le point virgule (;) a été omis. Les erreurs les plus sournoises sont la conséquence de l'ouverture et de la permissivité de CASTEM2000® qui permet d'enchaîner toutes les opérations.

Il y a très peu de valeurs par défaut dans CASTEM2000® : dans la suite, on trouvera un essai de recensement de ces valeurs (voir page 71). Pour attirer l'attention du lecteur-utilisateur signalons la **DENSité**.

Le lecteur gardera bien à l'esprit que l'on se situe dans le cadre de la modélisation géométrique et que l'on n'a pas encore la notion d'éléments finis ni même d'analyse numérique. On se "contente" ici de remplir le plus correctement possible un contour ou une enveloppe à partir d'un choix de formes simples.

Rappelons enfin que tout nom d'objets (choisi par l'utilisateur) doit être différent d'un nom d'opérateur (imposé par CASTEM2000® -sauf directive **MOT**-). Pour ne pas être

handicaper par cette restriction, on peut mettre les noms d'opérateurs ou de directives entre ‘’.
Le contenu de ce volume est cohérent avec la version 1998.

1. SYNTAXE GENERALE D'UNE INSTRUCTION

Elle se présente comme un opérateur agissant sur un ou plusieurs objets afin de construire un (en général) ou plusieurs objets. Tous les objets sont construits de cette manière. Si des objets fournis sont incompatibles avec l'opérateur, un message est imprimé, avertissant l'utilisateur de la non-obtention du résultat escompté ainsi qu'une indication sur la nature de l'erreur commise.

1.1 Les objets

Ils sont reconnus par des noms qui sont fournis par l'utilisateur (ou dans certain cas, par la CAO utilisée en amont). Ce nom est formé de huit caractères au maximum et commence par une lettre de l'alphabet. Le nom peut notamment avoir une connotation mnémotechnique qui permettra de le reconnaître (et de l'associer à l'objet qu'il désigne), mais doit être différent des quatre premiers caractères d'un nom d'opérateur existant. Si l'on met systématiquement un chiffre dans un nom d'objet, ce risque devient quasi-nul.

Si l'objet est l'un de ceux utilisé par un opérateur, il peut être remplacé par sa définition entre parenthèses.

Pour chaque construction d'objets, on retrouvera la notion de références ou de sous-objets (voir ci-dessous).

1.2 Les opérateurs

L'opérateur a pour but d'acquérir de l'information (par l'intermédiaire d'objets - voir ci-dessus), de la transformer et d'en fabriquer de nouvelles.

Sauf ambiguïté, il n'est pas positionnel par rapport aux objets sur lesquels il agit. De manière générale, il est reconnu par ses quatre premiers caractères. Il est possible de changer le nom d'un opérateur en utilisant l'opérateur MOT :

opea = **MOT** opeb ;

De même, il est possible de donner un nom générique à tout un ensemble d'opérateurs formant un texte :

toto = **TEXT** ' **TRAC CACH** ' ;

La syntaxe générale d'une instruction avec opérateur est :

ob1 = **OPEA** ob2 ob3 ... (**OPEB** ...) ... ;

où

obn sont les objets créés (ob1) ou utilisés

OPEx sont des noms d'opérateurs.

La parenthèse indique ici que les opérateurs peuvent être enchaînés ou que l'un des objets est fourni par sa définition (qui donc elle même appelle à un opérateur).

Si le nom à gauche du signe = est le même qu'un nom précédent ou qu'un nom à droite, celui-ci est écrasé.

X = y + z ;

X est le nom de l'objet créé

Y et Z sont les objets permettant de créer X (objets références)

+ est l'opérateur

On aurait aussi pu écrire x = + y z ; ou x = y z + ;

1.3 Les directives

Il est aussi possible de faire appel à une directive dans une instruction qui s'écrit alors :

DIRE obj1 ;

On dit que c'est une directive s'il n'y a pas de signe =.

On aura déjà remarqué que toutes les instructions se terminent par ;. De même, elle s'étend sur 9x72 caractères au maximum et est lue en format libre (un blanc suffit pour séparer les mots).

2. PARTICULARITE DE GIBI

2.1 Paramétrage

La notion d'objets nommés va permettre de remplacer toute donnée (en particulier numérique) par un paramètre (objet) qui la contiendra. Ceci autorisera la modification de tout un processus par la modification d'une seule valeur numérique. Cette notion prend son exacte importance dans le cas de l'utilisation de procédures (voir le volume LANGAGE ET PROCEDURES)

2.2 Références

On appelle « référence » d'un objet, tout objet qui a permis de le construire. Par exemple, on verra un peu plus loin, qu'un point est une référence pour une ligne. Toutes les références d'un objet pourront être retrouvées à partir de la simple connaissance du nom de cet objet et de l'opérateur adéquat.

2.3 Sous-objets

On appelle « sous-objet » toute partie d'une concaténation. Les sous-objets d'un objet peuvent être de type différent. Les références d'un sous-objet ne sont pas obligatoirement des références pour l'objet. La notion de « référence » est beaucoup plus puissante que celle de « sous-objet ».

3. PRINCIPE DE MAILLAGE

La modélisation d'une structure conduit, en général, à s'intéresser à plusieurs aspects.

La géométrie : c'est l'aspect le plus habituel. « Faire un maillage » c'est couramment discrétiser la géométrie.

Les matériaux : il arrive parfois, mais moins habituellement que l'on considère aussi cet aspect.

Il en est plus ou moins de même pour :

Les caractéristiques géométriques,

Les chargements,

Les conditions aux limites,

Les conditions initiales.

Par contre, ce n'est jamais le cas pour les entités qui seront dépouillées (de manière graphique ou numérique).

Tous ces aspects peuvent être modélisés par des objets différents mais certes pas indépendants ; ils s'appuient sur le même ensemble de points.

La structure sera décomposée en blocs faciles à manipuler ... compte tenu des outils dont on dispose et que l'on décrira ci-après.

Le maillage avec GIBI n'impose pas, *a priori*, de système d'unités. C'est l'utilisateur qui doit fournir toutes les valeurs numériques de manière cohérente.

De même les données sont fournies par défaut dans le repère cartésien. On verra dans le volume LANGAGE ET PROCEDURES qu'il est possible de fournir les données dans un repère quelconque, à la condition qu'elles soient transformées avant toute opération de maillage dans le repère cartésien. On verra aussi une procédure permettant d'afficher le repère utilisé, sur le dessin.

4. ORGANIGRAMME D'UN JEU DE DONNEES

On appliquera une description ascendante, partant de la description des nombres jusqu'à la description des volumes donc en partant des entités d'ordre inférieur pour éventuellement s'arrêter en cours de route si nécessaire.

DONNEES PRELIMINAIRES

CREATION DE NOMBRES

CREATION DE POINTS

CREATION DE SURFACES

CREATION DE VOLUMES

TRANSORMATIONS GEOMETRIQUES

Pour respecter le principe édicté plus haut, on utilisera et on conseille d'utiliser les conventions suivantes :

Un nom de point commence par **P** dans le cas général,

Un nom de point commence par **O** si c'est un centre ou un point définissant un axe,

Un nom de vecteur (même définition qu'un point) commence par **V**,

Un nom de ligne commence par **L**,

Un nom de surface commence par **S**,

Un nom de volume commence par **VOL**,

Les caractères suivants (en tout huit au maximum) permettront de reconnaître l'origine et la future fonction de l'objet.

Exemple : PSYMZX Ensemble des points sur lesquels on appliquera une condition de symétrie par rapport au plan XOZ.

5. DONNEES PRELIMINAIRES

5.1 La commande *

Toute ligne d'instruction débutant (ce qui signifie après un ;) est décodée comme un commentaire.

5.2 La directive **COM**mentaire

Elle permet l'introduction d'un commentaire. A la différence de la précédente, elle est une directive et peut donc s'étendre sur plusieurs « lignes » et doit se terminer par un ; .

5.3 La directive **IN**formation

Dans le cas d'une utilisation conversationnelle, elle permet d'afficher la définition de tout opérateur ou directive. L'affichage se fait page par page.

INFO abcd ;

abcd MOT. Quatre premières lettres de la directive ou de l'opérateur sur lequel on désire de l'aide.

5.4 La directive **TIT**Re

Cette directive n'est pas obligatoire et on peut la répéter. Elle indique le titre qui sera affiché sur un dessin.

TITR toto ;

toto MOT. La valeur par défaut est 'GIBI FECIT'

5.5 La directive **OPT**ion

Elle a plusieurs possibilités qui peuvent être fournies ensemble ou séparément.

a) **AC**QUérir

On lit le numéro ou le nom de l'unité logique sur lequel sont inscrites les informations que l'on souhaite lire au cours des opérations par l'utilisation de l'opérateur **AC**QUérir.

b) **DIM**ension

Elle est obligatoire avant toute définition de points. Le chiffre suivant indique le nombre de composantes d'un point ou d'un vecteur. Elle n'apparaît en principe qu'une seule fois. Toutefois, il est possible de définir des points avec **OPT**ion **DIM**ension 2 puis de mettre **OPT**ion **DIM**ension 3 (mais pas le contraire). Dans ce cas, la troisième coordonnée des points définis après **OPT**ion **DIM**ension 2 est nulle.

c) DONNée

Elle permet d'indiquer sur quelle unité logique sont lues les données. On peut utiliser les options suivantes:

3	Elles sont lues sur l'unité logique 3. Il doit y avoir lien entre cette unité logique et un nom de fichier.
5	Elles sont lues à partir du clavier. Cela permet de redonner le main à l'utilisateur.
'nom_de_fichier'	Elles sont lues sur le fichier dont le nom est fourni.

d) ECHO

Il y a deux valeurs possibles: 1 qui indique que les données sont affichées à l'écran, et 0 qui indique le contraire (c'est la valeur par défaut).

e) ELEMent

Elle est suivie d'un des MOT suivants:

Famille des éléments à interpolation linéaire
POI1, SEG2, TRI3, QUA4, TET4, PYR5, PRI6, CUB8.
Famille des éléments à interpolation quadratique (ou parabolique)
POI1, SEG3, TRI6, QUA8, TE10, PY13, PR15, CU20.
Famille des éléments particuliers
RAC2, RAC3, LIA.

On reconnaît aisément dans ces noms les éléments de type POInt, SEGment, TRIangle, QUAdrangle, TEtraèdre, PYramide, PRisme, CUbe.

Dans chaque famille, l'élément comportant le plus grand nombre de points permet en principe de générer les autres dans le sens suivant.

CU	QUA	SEG
PR	QUA	SEG
PY	TRI	SEG
TE	TRI	SEG

Ce mot définissant un type d'élément est obligatoire avant toute opération de maillage. Il peut être répété si nécessaire (pour changer de type d'élément en particulier mais on peut aussi profiter de la remarque précédente).

Les mots représentant les éléments CU, PR, PY, TE nécessitent DIMension 3 sinon il y a impression d'un message d'erreur.

L'opérateur CHANger permet dans certaines conditions de changer le type d'élément utilisé dans un objet. Les changements possibles sont:

Découpage d'un quadrilatère:

QUA4	TRI3
QUA4	TRI6
QUA8	TRI6
QUA8	TRI3

Découpage d'un cube

CU20	TET4
CUB8	TET4

Calcul des points "milieux"

TRI3	TRI6
------	------

QUA4 QUA8
CUB8 CU20
PRI6 PR15

On trouve donc les options suivantes:

toto = titi **CHAN mot** ;
titi MAILLAGE formé d'éléments de gauche
mot MOT de la colonne de droite

Les options LINEaire et QUADratique permettent de passer d'une famille à l'autre.

f) IMPRimer

On lit le numéro ou le nom de l'unité logique sur lequel sont inscrites les informations que l'on souhaite imprimer au cours des opérations ultérieures.

g) LECTure

On lit le numéro ou le nom de l'unité logique sur lequel sont inscrites les informations que l'on souhaite lire au cours des opérations par l'utilisation de l'opérateur LIRE (voir page 62). Le nom du fichier s'écrit en entier. Cette option ne concerne que les objets de type MAILLAGE.

OPTILECT 'nomdufichier' ;

Voir directive SORTir page 63

h) MODEle

Les valeurs imposées dans OPTIon sont récupérables dans la variable &vale, où vale prend le nom de l'option, ou à l'aide de l'opérateur VALEur.

val = **VALE** mm ;
mm MOT

i) NIVEau

j) RESTituer

On lit le numéro ou le nom de l'unité logique sur lequel sont inscrites les informations que l'on souhaite restituer au cours des opérations par l'utilisation de l'opérateur RESTituer(voir page 62). On peut restituer un fichier formaté ou binaire. Le nom de l'unité logique s'écrit en entier.

OPTI REST (FORM) 'nomdufichier' ;

Voir directive SAUVer page 62

k) SAUVer

On lit le numéro ou le nom de l'unité logique sur lequel sont inscrites les informations que l'on souhaite sauver au cours des opérations par l'utilisation de l'opérateur SAUVer (voir page 62). On peut sauver un fichier formaté ou binaire. Le nom de l'unité logique s'écrit en entier.

OPTI SAUV (FORM) 'nomdufichier' ;

Voir directive RESTituer page 62

l) SORTir

On lit le numéro ou le nom de l'unité logique sur lequel sont inscrites les informations que l'on souhaite sortir au cours des opérations par l'utilisation de l'opérateur SORTir (voir page 63). Le nom du fichier s'écrit en entier. Cette option ne concerne que les objets de type MAILLAGE.

OPTI SORT 'nomdufichier' ;

Voir directive LIRE page 62

m) TRACer

Elle permet de changer le type de terminal graphique. Par défaut, c'est X comme terminal X.

5.6 La directive DENSité

Cette « directive » n'est pas obligatoire si l'on ne fait pas de maillage automatique (voir pages 24, 41 et 50). Dans ce cas, elle représente la taille approximative d'un côté d'élément (de type SEG). Elle est affectée au voisinage d'un POINT nommé et peut donc prendre une valeur différente en chacun des points. Si elle est absente au cours d'une opération de maillage automatique, il y a impression du message d'erreur suivant :

« DENSITE LOCALE INCORRECTE »

Elle peut être répétée mais la densité des points définis antérieurement n'est pas modifiée. La valeur lue peut, comme dans tous les cas, être paramétrée.

Attention : Sa valeur divisée par 10 est souvent une valeur par défaut pour les critères de proximité.

La valeur courante peut être récupérée dans la variable &DENS ou par l'intermédiaire de l'opérateur VALEur.

DENS val ;

val FLOTTANT. Notez l'absence de signe = qui signifierait création de l'objet DENS (en l'occurrence un nombre ENTIER ou FLOTTANT).

6. FABRICATION DE NOMBRES

Il est possible de construire des variables qui pourront servir de paramètres. Le type des variables est imposée par leur définition.

R = 5 ; R est un nombre ENTIER
J = 4. ; J est un nombre FLOTTANT (réel)

6.1 Les opérations élémentaires

+, -, *, /, **

Elles sont utilisables avec les mêmes restrictions qu'en arithmétique mais ce sont des opérateurs qui doivent donc être séparés des opérands (par un blanc). Les opérations sont effectuées par ordre d'apparition en tenant compte des parenthèses les plus internes (il n'y a pas d'opérations prioritaires). Chacun des opérateurs nécessite deux opérands. Certains (+, *) sont commutatifs.

x = 2 + 3 * 2 ; (x = 10)
x = 2 + (3 * 2) ; (x = 8)

Remarques importantes:

*La variable -X provoque une erreur puisque - est un opérateur qui attend deux opérands. Pour obtenir l'opposé d'une variable, il faut faire x = 0. - x ; (ou x = -1. * x).*

Ne pas confondre + et PLUS d'une part et - et MOINS d'autre part.

*On peut utiliser ** pour calculer une racine (par exemple ** 0.5 pour la racine carrée).*

6.2 Les fonctions élémentaires

Dans ce chapitre, on applique les opérateurs à des nombres. On peut aussi les utiliser avec d'autres types d'objets (CHPOINT, MCHAML en particulier).

a) ABSolu

Calcul de la valeur absolue d'un nombre. Le résultat a le même type que l'argument.

x = **ABS** y ;
y ENTIER ou FLOTTANT.

b) ArcTanGente

Calcul de l'arc tangente d'un nombre (ou du rapport des deux nombres qui suivent). Le résultat a le même type que l'argument.

a = **ATG** x (y) ;

c) COSinus

Calcul du cosinus d'un angle en degrés. Le résultat a le même type que l'argument.

c = **COS** a ;
a ENTIER ou FLOTTANT.

d) COSinusHyperbolique

Calcul du cosinus hyperbolique d'un angle en degrés. Le résultat a le même type que l'argument.

$$c = \mathbf{COSH} a ;$$

a ENTIER ou FLOTTANT.

e) ENTier

Conversion d'un nombre FLOTTANT en nombre ENTIER.

$$x = \mathbf{ENTI} y ;$$

y FLOTTANT

f) ERF

Calcul de l'intégrale $\frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-x^2} dx$. Le résultat a le même type que l'argument.

$$y = \mathbf{ERF} z ;$$

z FLOTTANT (limite de l'intégration) ou ENTIER.
y FLOTTANT

g) EXPonentielle

Calcul de l'exponentielle d'un nombre. Le résultat a le même type que l'argument.

$$x = \mathbf{EXP} y ;$$

y FLOTTANT.

h) FLOTtant

Conversion d'un nombre ENTIER en nombre FLOTTANT.

$$x = \mathbf{FLOT} y ;$$

y ENTIER

i) LOGarithme

Calcul du logarithme naturel d'un nombre positif. Le résultat a le même type que l'argument.

$$x = \mathbf{LOG} y ;$$

y FLOTTANT.

j) SIGNe

Le résultat est de type ENTIER ou FLOTTANT.

$$x = \mathbf{SIGN} (\mathbf{FLOT}) y ;$$

y ENTIER ou FLOTTANT
x ENTIER par défaut ou FLOTTANT

k) SINus

Calcul du sinus d'un angle en degrés. Le résultat a le même type que l'argument.

$$c = \mathbf{SIN} a ;$$

a ENTIER ou FLOTTANT.

l) SINusHyperbolique

Calcul du sinus hyperbolique d'un angle en degrés. Le résultat a le même type que l'argument.

$$c = \mathbf{SINH} a ;$$

a ENTIER ou FLOTTANT.

m) TANHyperbolique

Calcul de la tangente hyperbolique d'un angle en degrés. Le résultat a le même type que l'argument.

$$c = \mathbf{TANH} a ;$$

a ENTIER ou FLOTTANT.

D'une manière générale, on retrouve les mêmes restrictions qu'en arithmétique ou en FORTRAN 77.

7. DEFINITION D'UN POINT

Il y a cinq possibilités qui ne font pas directement appel à un opérateur. Un vecteur a la même définition qu'un point.

7.1 Fournir les coordonnées

On fournit autant de données qu'il est permis par OPTION DIMENSION sinon il y a impression d'un message d'erreurs.

```
OPTI DIME 2 ;  
p1 = 0. 0. ;
```

7.2 Changement de repère

a) Repère cylindrique

Permet de définir un point par ses coordonnées polaires ou cylindriques

```
p1 = POINTCYL r th (z) ;  
p1    POINT  
r     FLOTTANT - rayon  
th    FLOTTANT - angle en degrés autour de l'axe z  
z     FLOTTANT - cote si OPTION DIMENSION 3
```

b) Repère sphérique

Permet de définir un point par ses coordonnées sphériques (si OPTION DIMENSION 3)

```
p1 = POINTSPH r th ph ;  
p1    POINT  
r     FLOTTANT - rayon  
th    FLOTTANT - angle en degrés autour de l'axe z 0 < th < 360  
ph    FLOTTANT - angle en degrés -90 < ph < 90
```

7.3 Calculer les coordonnées

On utilise les opérateurs de fabrications de nombres pour paramétrer les coordonnées.

```
OPTI DIME 2 ;  
r = 10. ;  
a = 25. ;  
x = r * ( COS a ) ;  
y = r * ( SIN a ) ;  
p1 = x y ;
```

7.4 Récupérer les coordonnées d'autres points

L'opérateur COORDonnée permet de récupérer une ou toutes les coordonnées d'un POINT ou d'un MAILLAGE.

```
x1 = COOR i toto ;  
toto POINT (ou MAILLAGE)
```

- i ENTIER compris entre 1 et 3 (si OPTI DIME 2) ou 1 et 4 (si OPTI DIME 3)
- x1 FLOTTANT (ou CHPOINT)

L'opérateur COORdonnées n'est pas positionnel.

Remarque:

Si l'on appelle $ndim$ la dimension courante de l'espace, OPTIon DIMEnSion, la densité en un point est sa $(ndim+1)^e$ coordonnée.

7.5 Utilisation de la CAO

Il est possible de récupérer les points définis en CAO par l'intermédiaire du module MAGIC[®] qui, en fait, permet de transformer les entités CAO avec leur nom en données CASTEM2000[®]. Les points y sont définis sous la première forme.

7.6 Utilisation de l'opérateur DIGItaliser

Cet opérateur est actuellement non opérationnel.

7.7 Intersection de courbe

Voir le volume LANGAGE ET PROCEDURES pour le calcul des points d'intersection entre droite, cercle, ellipse ...

7.8 Remarque

On peut appliquer sur un POINT l'opérateur *, ce qui signifie la multiplication d'un vecteur par un scalaire. Dans ce cas toutes les composantes du POINT (du vecteur) sont multipliées par ce scalaire (y compris la densité).

8. DEFINITION D'UNE LIGNE

Une ligne peut être :

Un segment de droite	Opérateur DROIt
Un arc de cercle	Opérateur CERCle, CER3, PARC
Un arc de parabole	Opérateur PARAbole
Un arc de cubique	Opérateur CUBP, CUBP
Un arc d'ellipse	Procédure ELLI
Un arc intersectant deux surfaces	Opérateur INTERsection
Un arc de courbe paramétrée	Opérateur COURbe
	Opérateur LIGNe
Une ligne brisée	Opérateur QUELconque
Un congé de raccordement	Opérateur CONGé

La ligne sera modélisée avec des éléments SEG2 ou SEG3. Dans ce dernier cas, le point « milieu » est bien entendu sur l'arc en question.

Pour chacun de ces opérateurs (à l'exception de QUELconque), il existe les possibilités suivantes :

Maillage (ou plutôt découpage) dirigé

On crée un nombre imposé d'éléments ayant tous la même direction.

Maillage (ou plutôt découpage) automatique

On crée un nombre d'éléments, inconnu *a priori*, qui ont, approximativement les tailles issues des densités aux points extrémités. Les sommets des éléments sont positionnés en progression géométrique.

Maillage (ou plutôt découpage) semi-dirigé (ou semi-automatique)

On impose, à la fois, le nombre d'éléments (écrit en valeur négative) et la taille aux extrémités.

Surcharge locale des densités puis maillage (semi-)automatique

Il est possible, lors du découpage d'une ligne, de modifier, pour l'opération en cours (et pour elle seule) la densité à l'origine et/ou la densité à l'extrémité sans que la densité à ce(s) point(s) ne soi(en)t modifiée(s) pour les opérations ultérieures. Le découpage reste automatique et en progression géométrique.

On retrouvera ces quatre possibilités dans certains cas de maillage de surface (découpage dans la deuxième direction) et de volume (découpage dans la troisième direction).

Un opérateur de création de lignes est caractérisé par, notamment, ses deux extrémités qui ont donc fonction d'origine et d'extrémité et qui confère à cette ligne une notion de sens que l'on peut reconnaître mnémotechniquement ou à l'aide de la procédure PATIN (voir Volume LANGAGE ET PROCEDURES) et que l'on peut modifier à l'aide de l'opérateur INVERse.

Ces deux points, s'ils sont nommés, constituent des références de la ligne (voir page 12). De même, sur toute une ligne, même engendrée par l'enchaînement de plusieurs opérateurs, il est possible de (re)nommer le point initial et le point final par l'utilisation de l'opérateur POINT (INITial ou FINAL) . Ces noms deviennent alors automatiquement des références de la ligne.

lm = **INVE** ll ;

ll MAILLAGE d'une ligne

pi = ll **POIN INIT** ;

ll MAILLAGE d'une ligne.

8.1 L'opérateur CER3

Il permet de discrétiser un arc de cercle à partir de trois points : les deux extrémités de l'arc et un point permettant de choisir l'arc.

Dans la syntaxe, ce point doit être écrit entre les deux extrémités et ne constitue pas une référence de la ligne. De plus, le maillage ne passe pas systématiquement par la position de ce point.

Les deux extrémités doivent être distinctes (en position et donc en nom), ce qui implique qu'une seule utilisation de CER3 ne peut suffire pour décrire une circonférence entière - il en faut 2 -(sauf en utilisant un artifice - voir directive ELIMiner page 57). On retrouve les quatre possibilités de découpage suivantes :

Automatique

112 = p1 **CER3** q1 p2 ;
p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc
q1 POINT définissant l'arc

Le découpage se fait en utilisant les densités définies au moment de la création des opérandes P1 et P2. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Dirigé

112 = p1 **CER3** n q1 p2 ;
p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc
q1 POINT définissant l'arc
n ENTIER nombre d'éléments

Tous les éléments ont la même longueur.

Semi-dirigé

112 = p1 **CER3** n q1 p2 ;
p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc
q1 POINT définissant l'arc
n ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément

Le découpage se fait en utilisant approximativement les densités définies au moment de la création des opérandes P1 et P2. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Surcharge locale des densités puis découpage (semi-)automatique

112 = p1 **CER3** (n) q1 p2 (**DINI** di) (**DFIN** df) ;
p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc
q1 POINT définissant l'arc
n ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément
di FLOTTANT densité au point P1
df FLOTTANT densité au point P2

Cette densité locale n'affecte pas la densité des points lors de leur utilisation ultérieure.

On rappelle que, dans tous les cas, on peut remplacer le nom d'un point par sa définition entre parenthèses (avec 2 ou 3 coordonnées selon la valeur de OPTion DIMENSION.) et que l'opérateur (CER3 n) n'est pas positionnel, contrairement aux points qu'il demande ; les syntaxes suivantes sont équivalentes :

p1 **CER3** q1 p2 ; **CER3** p1 q1 p2 ; p1 q1 p2 **CER3** ;

8.2 L'opérateur CERCle

Il permet de discrétiser un arc de cercle à partir de trois points : les deux extrémités de l'arc et le centre du cercle.

Dans la syntaxe, ce point doit être écrit entre les deux extrémités et ne constitue pas une référence de la ligne.

L'arc discrétisé est le plus petit des deux possibles. En particulier les deux extrémités ne doivent pas être diamétralement opposées (en position), ce qui implique qu'une seule utilisation de CERC ne peut suffire pour décrire une circonférence entière - il en faut 3 -. Le centre doit être le plus exactement possible sur la médiatrice du segment joignant les deux extrémités. On retrouve les quatre possibilités de découpage suivantes :

Automatique

```
112 = p1 CERC o1 p2 ;  
    p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc  
    o1    POINT définissant le centre
```

Le découpage se fait en utilisant les densités définies au moment de la création des opérandes P1 et P2. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Dirigé

```
112 = p1 CERC n o1 p2 ;  
    p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc  
    o1    POINT définissant le centre  
    n     ENTIER nombre d'éléments
```

Tous les éléments ont la même longueur.

Semi-dirigé

```
112 = p1 CERC n o1 p2 ;  
    p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc  
    o1    POINT définissant le centre  
    n     ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément
```

Le découpage se fait en utilisant approximativement les densités définies au moment de la création des opérandes P1 et P2. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Surcharge locale des densités puis découpage (semi-)automatique

```
112 = p1 CERC (n) o1 p2 (DINI di) (DFIN df) ;  
    p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc  
    o1    POINT définissant le centre  
    n     ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément  
    di    FLOTTANT densité au point P1  
    df    FLOTTANT densité au point P2
```

Cette densité locale n'affecte pas la densité des points lors de leur utilisation ultérieure.

On rappelle que, dans tous les cas, on peut remplacer le nom d'un point par sa définition entre parenthèses (avec 2 ou 3 coordonnées selon la valeur de OPTION DIMENSION.) et que l'opérateur (CERC n) n'est pas positionnel, contrairement aux points qu'il demande ; les syntaxes suivantes sont équivalentes :

```
p1 CERC o1 p2 ;    CERC p1 o1 p2 ;    p1 o1 p2 CERC ;
```

8.3 L'opérateur CONGé

Il permet de créer un congé de raccordement entre deux lignes. Il a une syntaxe particulière car il crée trois objets: dans l'ordre, la partie de la première ligne, le congé lui-même et la partie de la seconde ligne. Le congé est de forme circulaire, défini par son rayon. Il y a trois possibilités générales:

Automatique

```
ln1 lc ln2 = 11 CONG r l2 ;  
    11, l2  MAILLAGE  
    r      FLOTTANT - rayon du congé  
    ln1    MAILLAGE - sous ensemble de l1  
    ln2    MAILLAGE - sous ensemble de l2
```

Le découpage de LC se fait en utilisant les densités définies au moment de la création des opérands L1 et L2. De même, LN1 et LN2 sont des redécoupages de L1 et L2. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Dirigé

```
ln1 lc ln2 = 11 CONG n r l2 ;  
    11, l2  MAILLAGE  
    r      FLOTTANT - rayon du congé  
    ln1    MAILLAGE - sous ensemble de l1  
    ln2    MAILLAGE - sous ensemble de l2  
    n      ENTIER - nombre d'éléments sur LC (à placer avant r)
```

LN1 et LN2 sont redécoupés.

Semi-dirigé

```
ln1 lc ln2 = 11 CONG n r l2 ;  
    11, l2  MAILLAGE  
    r      FLOTTANT - rayon du congé  
    ln1    MAILLAGE - sous ensemble de l1  
    ln2    MAILLAGE - sous ensemble de l2  
    n      ENTIER - |n| est le nombre d'éléments sur LC (à placer avant r)
```

LN1 et LN2 sont redécoupés. LC est découpé en fonction du rapport des densités en L1 et L2.

On constatera que cet opérateur est à la limite du principe d'ascendance, puisqu'il nécessite le maillage préalable de deux lignes.

8.4 L'opérateur COURbe

Il permet de discrétiser une courbe polynomiale provenant de la CAO. C'est un opérateur qui est donc créé automatiquement par MAGIC[®].

8.5 L'opérateur CUBP

Il permet de discrétiser un arc de cubique à partir de quatre points : les deux extrémités de l'arc et deux points intermédiaires.

Dans la syntaxe, les quatre points doivent être écrits dans l'ordre du parcours. Les deux points

intermédiaires ne constituent pas des références de la ligne. De plus, le maillage ne passe pas systématiquement par la position de ces points.

On retrouve les quatre possibilités de découpage suivantes :

Automatique

112 = p1 **CUBP** q1 q2 p2 ;
p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc
q1 q2 POINT définissant les points intermédiaires

Le découpage se fait en utilisant les densités définies au moment de la création des opérandes P1 et P2. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Dirigé

112 = p1 **CUBP** n q1 q2 p2 ;
p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc
q1 q2 POINT définissant les points intermédiaires
n ENTIER nombre d'éléments

Tous les éléments ont la même longueur.

Semi-dirigé

112 = p1 **CUBP** n q1 q2 p2 ;
p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc
q1 q2 POINT définissant les points intermédiaires
n ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément

Le découpage se fait en utilisant approximativement les densités définies au moment de la création des opérandes P1 et P2. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Surcharge locale des densités puis découpage (semi-)automatique

112 = p1 **CUBP** (n) q1 q2 p2 (**DINI** di) (**DFIN** df) ;
p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc
q1 q2 POINT définissant les points intermédiaires
n ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément
di FLOTTANT densité au point P1
df FLOTTANT densité au point P2

Cette densité locale n'affecte pas la densité des points lors de leur utilisation ultérieure.

On rappelle que, dans tous les cas, on peut remplacer le nom d'un point par sa définition entre parenthèses (avec 2 ou 3 coordonnées selon la valeur de **OPTION DIMENSION**.) et que l'opérateur (**CUBP** n) n'est pas positionnel, contrairement aux points qu'il demande ; les syntaxes suivantes sont équivalentes :

p1 **CUBP** q1 q2 p2 ; **CUBP** p1 q1 q2 p2 ; p1 q1 q2 p2 **CUBP** ;

*Cet opérateur ne fonctionne qu'avec des (cotés ou arêtes d') éléments de type SEG2. On peut repasser en SEG3 en utilisant l'opérateur **CHANGER QUADRATIQUE** (mais les points « milieux » ne seront pas sur la cubique mais sur les cordes).*

8.6 L'opérateur CUBT

Il permet de discrétiser un arc de cubique à partir de quatre points : les deux extrémités de

l'arc et deux vecteurs représentant les tangentes à la cubique en ces deux extrémités.

Dans la syntaxe, les deux couples-origine (point, vecteur) puis les deux couples-extrémité (point, vecteur) dans l'ordre. Bien entendu, les deux vecteurs ne constituent pas des références de la ligne.

On retrouve les quatre possibilités de découpage suivantes :

Automatique

112 = p1 **CUBT** vt1 vt2 p2 ;
p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc
vt1 vt2 POINT définissant les tangentes

Le découpage se fait en utilisant les densités définies au moment de la création des opérandes P1 et P2. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Dirigé

112 = p1 **CUBT** n vt1 vt2 p2 ;
p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc
vt1 vt2 POINT définissant les tangentes
n ENTIER nombre d'éléments

Tous les éléments ont la même longueur.

Semi-dirigé

112 = p1 **CUBT** n vt1 vt2 p2 ;
p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc
vt1 vt2 POINT définissant les tangentes
n ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément

Le découpage se fait en utilisant approximativement les densités définies au moment de la création des opérandes P1 et P2. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Surcharge locale des densités puis découpage (semi-)automatique

112 = p1 **CUBT** (n) vt1 vt2 p2 (**DINI** di) (**DFIN** df) ;
p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc
vt1 vt2 POINT définissant les tangentes
n ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément
di FLOTTANT densité au point P1
df FLOTTANT densité au point P2

Cette densité locale n'affecte pas la densité des points lors de leur utilisation ultérieure.

On rappelle que, dans tous les cas, on peut remplacer le nom d'un point par sa définition entre parenthèses (avec 2 ou 3 coordonnées selon la valeur de OPTIon DIMENSION.) et que l'opérateur (CUBT n) n'est pas positionnel, contrairement aux points qu'il demande ; les syntaxes suivantes sont équivalentes :

p1 **CUBT** v1 v2 p2 ; **CUBT** p1 v1 v2 p2 ; p1 v1 v2 p2 **CUBT** ;

Cet opérateur ne fonctionne qu'avec des (cotés ou arête d') éléments de type SEG2. On peut repasser en SEG3 en utilisant l'opérateur CHANger QUADratique (mais les points « milieux » ne seront pas sur la cubique mais sur les cordes).

8.7 L'opérateur DEDoubler

8.8 L'opérateur DROI

Il permet de discrétiser un segment de droite à partir de ces deux extrémités.

On retrouve les quatre possibilités de découpage suivantes :

Automatique

l12 = p1 **DROI** p2 ;

p1 p2 POINT origine et extrémité du segment

Le découpage se fait en utilisant les densités définies au moment de la création des opérandes P1 et P2. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Dirigé

l12 = p1 **DROI** n p2 ;

p1 p2 POINT origine et extrémité du segment

n ENTIER nombre d'éléments

Tous les éléments ont la même longueur.

Semi-dirigé

l12 = p1 **DROI** n p2 ;

p1 p2 POINT origine et extrémité du segment

n ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément

Le découpage se fait en utilisant approximativement les densités définies au moment de la création des opérandes P1 et P2. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Surcharge locale des densités puis découpage (semi-)automatique

l12 = p1 **DROI** (n) p2 (**DINI** di) (**DFIN** df) ;

p1 p2 POINT origine et extrémité du segment

n ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément

di FLOTTANT densité au point P1

df FLOTTANT densité au point P2

Cette densité locale n'affecte pas la densité des points lors de leur utilisation ultérieure.

On rappelle que, dans tous les cas, on peut remplacer le nom d'un point par sa définition entre parenthèses (avec 2 ou 3 coordonnées selon la valeur de OPTION DIMENSION.) et que l'opérateur (DROI n) n'est pas positionnel, contrairement aux points qu'il demande ; les syntaxes suivantes sont équivalentes :

p1 **DROI** p2 ; **DROI** p1 p2 ; p1 p2 **DROI** ;

8.9 L'opérateur INTERsection

Il permet de discrétiser l'arc intersectant deux surfaces de formes géométriques simples (sans la modéliser selon notre principe ascendant). Dans la syntaxe, les deux surfaces sont écrites

successivement avec les points qui permettent de les définir. Ces points n'appartenant pas nécessairement à la ligne, ne font donc pas partie de ses références.

On retrouve les quatre possibilités de découpage suivantes :

Automatique

112 = p1 **INTE sur1 sur2** p2 ;

p1 POINT origine de l'arc

p2 POINT extrémité de l'arc

Le découpage se fait en utilisant les densités définies au moment de la création des opérandes P1 et P2. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Dirigé

112 = p1 **INTE sur1 sur2 n** p2 ;

p1 POINT origine de l'arc

p2 POINT extrémité de l'arc

n ENTIER nombre d'éléments

Tous les éléments ont la même longueur.

Semi-dirigé

112 = p1 **INTE sur1 sur2 n** p2 ;

p1 POINT origine de l'arc

p2 POINT extrémité de l'arc

n ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément

Le découpage se fait en utilisant approximativement les densités définies au moment de la création des opérandes P1 et P2. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Surcharge locale des densités puis découpage (semi-)automatique

112 = p1 **INTE sur1 sur2 (n) p2 (DINI di) (DFIN df)** ;

p1 POINT origine de l'arc

p2 POINT extrémité de l'arc

n ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément

di FLOTTANT densité au point P1

df FLOTTANT densité à l'extrémité

Cette densité locale n'affecte pas la densité des points lors de leur utilisation ultérieure. Dans tous les cas sur1 et sur2 représentent:

- Un plan qui est défini par un point supplémentaire
PLAN q1
- Une sphère qui est définie par un point supplémentaire (son centre)
SPHE o1
- Un cylindre qui est défini par deux points supplémentaires (définissant son axe, l'ordre n'a pas d'importance)
CYLI q1 q2
- Un cône qui est défini par deux points supplémentaires (définissant son sommet puis un autre point sur l'axe)
CONI o1 q2
- Un tore qui est défini par trois points supplémentaires (définissant son centre puis un autre point de l'axe puis l'un quelconque des centres du petit cercle)
TORI o1 q2 o2

On rappelle que, dans tous les cas, on peut remplacer le nom d'un point par sa définition entre parenthèses (avec 2 ou 3 coordonnées selon la valeur de OPTIOn DIMEnSion.) et que l'opérateur (INTE n) n'est pas positionnel non plus sur1 et sur2, contrairement aux points qu'il demande ; les syntaxes suivantes sont équivalentes :

p1 INTE sur1 sur2 p2 ; INTE sur1 sur2 p1 p2 ; p1 p2 INTE sur1 sur2 ;

8.10 L'opérateur LIGNE

a) Arc de Cercle

Il permet de discrétiser un arc de cercle à partir de deux points : l'origine et le centre, et de l'angle d'ouverture.

Dans la syntaxe, on écrit le centre avant le point. Le centre ne constitue pas une référence de la ligne (il n'appartient évidemment pas au maillage).

On retrouve les quatre possibilités de découpage suivantes :

Automatique

112 = o1 **LIGNE ROTA** p1 ang (vecn) ;

o1 POINT centre du cercle

p1 POINT origine de l'arc

ang FLOTTANT ouverture en degrés. En 2D (OPTI DIME 2) il est positif dans le sens trigonométrique. En 3D (OPTI DIME 3) il es positif autour de VECN

vecn POINT en 3D uniquement. Vecteur définissant la normale au plan de l'arc

Le découpage se fait en utilisant les densités définies au moment de la création des opérandes P1 et P2. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Dirigé

112 = o1 **LIGNE ROTA** n p1 ang (vecn) ;

o1 POINT centre du cercle

p1 POINT origine de l'arc

ang FLOTTANT ouverture en degrés. En 2D (OPTI DIME 2) il est positif dans le sens trigonométrique. En 3D (OPTI DIME 3) il es positif autour de VECN

vecn POINT en 3D uniquement. Vecteur définissant la normale au plan de l'arc

n ENTIER nombre d'éléments

Tous les éléments ont la même longueur.

Semi-dirigé

112 = o1 **LIGNE ROTA** n p1 ang (vecn) ;

o1 POINT centre du cercle

p1 POINT origine de l'arc

ang FLOTTANT ouverture en degrés. En 2D (OPTI DIME 2) il est positif dans le sens trigonométrique. En 3D (OPTI DIME 3) il es positif autour de VECN

vecn POINT en 3D uniquement. Vecteur définissant la normale au plan de l'arc

n ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément

Le découpage se fait en utilisant approximativement les densités définies au moment de la création des opérandes P1 et P2. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Surcharge locale des densités puis découpage (semi-)automatique

112 = o1 **LIGNE ROTA** (n) p1 ang (**DINI** di) (**DFIN** df) (vecn) ;

o1 POINT centre du cercle

p1 POINT origine de l'arc

ang FLOTTANT ouverture en degrés. En 2D (OPTI DIME 2) il est positif dans le sens trigonométrique. En 3D (OPTI DIME 3) il es positif autour de VECN

vecn POINT en 3D uniquement. Vecteur définissant la normale au plan de l'arc

n ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément

di FLOTTANT densité au point P1

df FLOTTANT densité à l'extrémité

Cette densité locale n'affecte pas la densité des points lors de leur utilisation ultérieure.

b) Segment de droite

Il permet de discrétiser un segment de droite à partir d'un point : l'origine et d'un vecteur de translation.

Dans la syntaxe, le point doit être écrit avant le vecteur et qui ne constitue pas une référence de la ligne (il n'appartient évidemment pas au maillage).

On retrouve les quatre possibilités de découpage suivantes :

Automatique

112 = p1 **LIGNE TRAN** vec1 ;

p1 POINT origine du segment

vec1 POINT vecteur de translation

Le découpage se fait en utilisant les densités définies au moment de la création des opérandes P1 et P2. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Dirigé

112 = p1 **LIGNE TRAN** n vec1 ;

p1 POINT origine du segment

vec1 POINT vecteur de translation

n ENTIER nombre d'éléments

Tous les éléments ont la même longueur.

Semi-dirigé

112 = p1 **LIGNE TRAN** vec1 ;

p1 POINT origine du segment

vec1 POINT vecteur de translation

n ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément

Le découpage se fait en utilisant approximativement les densités définies au moment de la création des opérandes P1 et P2. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Surcharge locale des densités puis découpage (semi-)automatique

l12 = p1 **LIGNE TRAN** vec1 ang (**DINI** di) (**DFIN** df) ;

p1 POINT origine du segment
vec1 POINT vecteur de translation
n ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément
di FLOTTANT densité au point P1
df FLOTTANT densité à l'extrémité

Cette densité locale n'affecte pas la densité des points lors de leur utilisation ultérieure.

On rappelle que, dans tous les cas, on peut remplacer le nom d'un point par sa définition entre parenthèses (avec 2 ou 3 coordonnées selon la valeur de **OPTION DIMENSION**.) et que l'opérateur (**LIGN ROTA/TRAN** n) n'est pas positionnel, contrairement aux points qu'il demande ; les syntaxes suivantes sont équivalentes :

p1 **LIGN TRAN** vecn ; **LIGN TRAN** p1 vecn ; p1 vecn **LIGN TRAN** ;

8.11 L'opérateur **MANUEL**

Il permet de générer manuellement des éléments de type **SEG2** ou **SEG3** en leur attribuant éventuellement une couleur.

ll = **MANU SEGi** p1 p2 (p3) coul ;
i peut être égal à 2 ou 3
pi POINT. 2 si **SEG2**, 3 si **SEG3**
coul **MOT BLEU, BLANC, ROUGE, VERT, ROSE, JAUNE, TURQUOISE**

Chacun des nom de points peut être remplacé par sa définition entre parenthèses.

8.12 L'opérateur **PARABOLE**

Il permet de discrétiser un arc de parabole à partir de trois points : les deux extrémités de l'arc et le point d'intersection des tangentes en ces deux extrémités.

Dans la syntaxe, ce point doit être écrit entre les deux extrémités et ne constitue pas une référence de la ligne (il n'appartient évidemment pas au maillage).

On retrouve les quatre possibilités de découpage suivantes :

Automatique

l12 = p1 **PARA** pt p2 ;
p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc
pt POINT définissant le point d'intersection des tangentes

Le découpage se fait en utilisant les densités définies au moment de la création des opérandes **P1** et **P2**. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Dirigé

l12 = p1 **PARA** n pt p2 ;
p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc
pt POINT définissant le point d'intersection des tangentes
n ENTIER nombre d'éléments

Tous les éléments ont la même longueur.

Semi-dirigé

l12 = p1 **PARA** n pt p2 ;

p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc
 pt POINT définissant le point d'intersection des tangentes
 n ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément

Le découpage se fait en utilisant approximativement les densités définies au moment de la création des opérandes P1 et P2. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Surcharge locale des densités puis découpage (semi-)automatique

112 = p1 **PARA** (n) pt p2 (**DINI** di) (**DFIN** df) ;
 p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc
 pt POINT définissant le point d'intersection des tangentes
 n ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément
 di FLOTTANT densité au point P1
 df FLOTTANT densité au point P2

Cette densité locale n'affecte pas la densité des points lors de leur utilisation ultérieure.

On rappelle que, dans tous les cas, on peut remplacer le nom d'un point par sa définition entre parenthèses (avec 2 ou 3 coordonnées selon la valeur de **OPTION DIMENSION**.) et que l'opérateur (**PARA** n) n'est pas positionnel, contrairement aux points qu'il demande ; les syntaxes suivantes sont équivalentes :

p1 **PARA** pt p2 ; **PARA** p1 pt p2 ; p1 pt p2 **PARA** ;

8.13 L'opérateur **PARC**

Il permet de discrétiser un arc de cercle décrit par son origine, son centre et son extrémité (définis par leur nom ou leur définition entre parenthèses) en l'approchant par une suite de paraboles.

On retrouve les quatre possibilités de découpage suivantes :

Automatique

112 = p1 **PARC** o1 p2 ;
 p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc
 o1 POINT définissant le centre du cercle

Le découpage se fait en utilisant les densités définies au moment de la création des opérandes P1 et P2. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Dirigé

112 = p1 **PARC** n o1 p2 ;
 p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc
 o1 POINT définissant le centre du cercle
 n ENTIER nombre d'éléments

Tous les éléments ont la même longueur.

Semi-dirigé

112 = p1 **PARC** n o1 p2 ;
 p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc
 o1 POINT définissant le centre du cercle
 n ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément

Le découpage se fait en utilisant approximativement les densités définies au moment

de la création des opérandes P1 et P2. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Surcharge locale des densités puis découpage (semi-)automatique

112 = p1 **PARC** (n) o1 p2 (**DINI** di) (**DFIN** df) ;
 p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc
 o1 POINT définissant le centre du cercle
 n ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément
 di FLOTTANT densité au point P1
 df FLOTTANT densité au point P2

Cette densité locale n'affecte pas la densité des points lors de leur utilisation ultérieure.

On rappelle que, dans tous les cas, on peut remplacer le nom d'un point par sa définition entre parenthèses (avec 2 ou 3 coordonnées selon la valeur de OPTIon DIMENSION.) et que l'opérateur (**PARC** n) n'est pas positionnel, contrairement aux points qu'il demande ; les syntaxes suivantes sont équivalentes :

p1 **PARC** o1 p2 ; **PARC** p1 o1 p2 ; p1 o1 p2 **PARC** ;

8.14 La procédure PATIN

Elle permet de visualiser les normales aux éléments constituant une ligne. Voir le volume LANGAGE ET PROCEDURES .

PATIN ll ;

8.15 L'opérateur QUELconque

Il permet de discrétiser une ligne brisée point par point. Il y a deux syntaxes possibles selon le type d'élément utilisé.

ll = **QUEL SEG2** p1 p2 ... pn ;
 Il est formé des (n-1) segments p1p2, p2p3, ... pn-1pn.

ll = **QUEL SEG3** p1 p2 ... pn ;
 Il est formé des (n-1/2) segments p1p2p3, p3p4p5, ... pn-2pn-1pn. Il faut

fournir

un nombre impair de points. Les points intermédiaires fournis ne sont pas nécessairement au milieu.

8.16 La procédure ZIGZAG

8.17 Remarques générales

A l'exception de l'opérateur **CONGé**, toutes les lignes sont décrites par au moins un point (l'origine que l'on a appelé p1) et une indication permettant d'obtenir l'extrémité (que l'on a appelé p2).

Si p1 est remplacé par un nom de ligne, c'est l'extrémité de cette ligne qui est l'origine de l'opérateur.

Si p2 est remplacé par un nom de ligne, c'est l'origine de cette ligne qui est l'extrémité de

l'opérateur.

ll = 112 **DROI** 134 ;

ll **MAILLAGE** de la ligne contenant 112, la ligne qui va de l'extrémité de 112 à l'origine de 134 et 134.

112, 134 et leurs références respectives sont des références de ll.

On peut mettre plusieurs opérateurs dans la même instruction. Dans ce cas l'omission du dernier point conduit CASTEM2000[®] à prendre le premier point de l'instruction à sa place comme point final.

9. DEFINITION D'UNE SURFACE

Une surface peut être obtenue par :

Découpage à partir des quatre cotés	Opérateur DALLer
Remplissage à l'intérieur d'un contour fermé	Opérateur SURFace
Opération géométrique sur une ligne	Opérateur TRANslation, ROTAtion
Translation le long d'une ligne	Opérateur GENERer
Réglage entre deux lignes	Opérateur REGLer
Raccord entre deux lignes	Opérateur COUTure

Une surface sera modélisée avec des éléments TRI3, TRI6, QUA4 ou QUA8 selon la demande formulée, ou déduite, dans la directive OPTIon ELEMent sauf dans les cas COUTure et SURFace (voir les chapitres correspondants pages 39 et 45).

Les opérateurs TRANslation, ROTAtion et REGLer permettent les possibilités suivantes pour le maillage dans la « deuxième direction » :

Maillage (ou plutôt découpage) dirigé

On crée un nombre imposé d'éléments ayant tous la même direction.

Maillage (ou plutôt découpage) automatique

On crée un nombre d'éléments, inconnu *a priori*, qui ont, approximativement les tailles issues des densités aux points extrémités. Les sommets des éléments sont positionnés en progression géométrique.

Maillage (ou plutôt découpage) semi-dirigé (ou semi-automatique)

On impose, à la fois, le nombre d'éléments (écrit en valeur négative) et la taille aux extrémités.

Surcharge locale des densités puis maillage (semi-)automatique

Il est possible, lors du découpage d'une ligne, de modifier, pour l'opération en cours (et pour elle seule) la densité à l'origine et/ou la densité à l'extrémité sans que la densité à ce(s) point(s) ne soi(en)t modifiée(s) pour les opérations ultérieures. Le découpage reste automatique et en progression géométrique.

Un opérateur de création de surface est caractérisé par au moins une ligne qui lui confère une notion d'orientation que l'on ne peut pas connaître autrement que mnémotechniquement ou à l'aide de la procédure NORMAL (voir Volume LANGAGE ET PROCEDURES) et que l'on peut modifier à l'aide de l'opérateur ORIEnter.

Cette ligne, si elle est nommée constitue une référence de la surface. De même toutes les surfaces créées par DALLer, TRANslation, ROTAtion, REGLer, GENERer a pour références les lignes qui constituent ses quatre cotés. En particulier, il est possible de renommer l'un de ses cotés par l'utilisation de l'opérateur COTE. Ces noms quand ils sont créés deviennent automatiquement des références de la surface.

s1 = **ORIE** s2 (vec1) ;

s2 MAILLAGE d'une surface

vec1 POINT définissant une direction si OPTI DIME 3

L'orientation se fait dans le sens trigonométrique si OPTI DIME 2 et dans le sens direct autour de vec1 si OPTI DIME 3

Il = s1 **COTE** i ;

s1 MAILLAGE d'une surface.

i ENTIER compris entre 1 et 4.

9.1 Notion de contour

On appelle contour, un ensemble continu de lignes (donc parcourues dans le même sens). L'extrémité du i^{e} arc étant l'origine du $(i+1)^{\text{e}}$ arc.

On appelle contour fermé, un contour dont l'origine se confond (en nom d'objet ayant la même position ou en position si l'on fait appel à la directive **ELIMiner**) avec l'extrémité. Dans ce qui suit, on trouvera quelques exemples de création de contour fermé utilisant l'opérateur **DROI**t que l'on peut remplacer par tout opérateur de création de lignes (voir page 24 et suivantes)

$ll = p1 \text{ DROI } p2 \text{ DROI } p3 \text{ DROI } ;$

Dans cette syntaxe, l'absence du dernier point indique que la fermeture (sur le premier point) est automatique. C'est exactement identique à terminer par **P1**.

$ll = p1 \text{ DROI } p2 ;$

$ll = p2 \text{ DROI } p3 ;$

$ll = p3 \text{ DROI } p1 ;$

$ll = ll \text{ ET } ll \text{ ET } ll ;$

On verra plus loin les fonctions de l'opérateur **ET** (page 58). Dans ce cas, **P1**, **P2**, **P3**, **L1**, **L2** et **L3** sont des références de **LL**. Mais les points ne doivent pas être redéfinis sinon le contour risque de ne plus être fermé.

$ll = p1 \text{ DROI } p2 ;$

$ll = ll \text{ DROI } p3 \text{ DROI } ;$

On peut évidemment utiliser toute combinaison de ces trois syntaxes.

Attention, quand une ligne n'est pas définie à partir de d'un nom de point mais par sa définition entre parenthèses, le contour n'est pas reconnu fermé si l'on n'utilise pas la directive **ELIMiner** (voir page 57).

9.2 L'opérateur **COUTure**

Il permet de mailler le raccord entre deux lignes (ou une ligne et un point) découpés d'une manière quelconque.

Dans la syntaxe, les lignes sont fournies par leurs noms ou leurs définitions entre parenthèses. La surface créée est plane. Les lignes, dans le cas où elles sont nommées, ainsi que leurs références constituent des références de la surface engendrée ainsi que les cotés que la première ligne a générés et qui peuvent être nommés par l'opérateur **COTE**.

Le sens de la première ligne indique quel est le premier puis le deuxième puis le troisième puis enfin le quatrième coté. ceci fournit également le sens d'orientation des éléments qui constituent la surface.

Le maillage se fait en tirant des droites entre les points des deux lignes sans création de points intermédiaires (hormis les points milieux qui n'ont aucune raison d'être sur la surface à laquelle appartiennent les deux lignes). Les éléments créés sont des triangles et leur forme n'est pas vérifiée.

L'une des lignes peut être remplacée par un point. L'opérateur n'est pas positionnel.

$ll \text{ COUT } ll ; \quad \text{COUT } ll \text{ } ll ; \quad ll \text{ } ll \text{ COUT } ;$

9.3 L'opérateur **DALLer**

Il permet de mailler une surface à partir, en général, de la discrétisation de quatre cotés. Chacun des cotés doit être maillé avec le même nombre de points, le même type d'éléments (SEG2 ou SEG3) et une orientation continue qui fournit l'orientation des éléments. De plus les quatre cotés doivent former un contour fermé.

Dans la syntaxe, les lignes sont fournies par leur nom ou leur définition entre parenthèses.

Les noms des lignes et leurs références sont des références de la surface. Les cotés peuvent être renommés par l'opérateur COTE.

Les éléments sont ceux que l'on a demandé dans OPTIon ELEMEnt. Le maillage est donc constitué d'éléments d'un seul type.

Cet opérateur comporte sept options. L'option par défaut est

a) Option CONIque

La surface créée s'appuie sur un cône défini dans l'ordre par le nom de son sommet (ou sa définition entre parenthèses) puis le nom d'un autre point de l'axe (ou sa définition entre parenthèses). Ces deux points ne sont pas des références de l'objet créé. Les quatre lignes doivent être précisément sur le cône sinon, il y a impression d'un message d'erreur. Cette option nécessite avec OPTIon DIMEnSion 3.

```
sc = 11 12 13 14 DALL CONI o1 q1 ;  
    11, 12, 13, 14  MAILLAGE  
    o1              POINT - sommet du cône  
    q1              POINT de l'axe
```

Remarque: Le contour formé par 11, 12, 13, 14 ne doit pas passer par O1.

b) Option CYLIndrique

La surface créée s'appuie sur un cylindre défini par deux points (ou leur définition entre parenthèses) définissant l'axe du cylindre. Ces deux points ne sont pas des références de l'objet créé. Les quatre lignes doivent être précisément sur le cylindre sinon, il y a impression d'un message d'erreur. Cette option nécessite avec OPTIon DIMEnSion 3.

```
sc = 11 12 13 14 DALL CYLI q1 q2 ;  
    11, 12, 13, 14  MAILLAGE  
    q1, q2          POINT définissant l'axe
```

c) Option PLAN

La surface créée s'appuie sur un plan. Les quatre lignes doivent être précisément dans le plan sinon, il y a impression d'un message d'erreur. Cette option peut être utilisée avec OPTIon DIMEnSion 2 ou 3. Dans le premier cas le mot PLAN est optionnel.

```
sc = 11 12 13 14 DALL PLAN ;  
    11, 12, 13, 14  MAILLAGE
```

d) Option POLYnôme

La surface s'appuie sur un paramétrage. C'est une option générée par MAGIC à partir de la CAO. Les quatre cotés construits constituent des références de la surface. Cette option nécessite avec OPTIon DIMEnSion 3.

```
sc = 11 12 13 14 DALL POLY ;
```


e) Option QUELconque

Dans ce cas, les quatre cotés peuvent avoir une orientation quelconque, ils sont réorientés à partir de l'orientation de la première ligne. La surface générée s'appuie sur les lignes fournies. Si l'on a demandé

```
sc = 11 12 13 14 DALL QUEL ;  
      11, 12, 13, 14  MAILLAGE
```

f) Option SPHEre

La surface créée s'appuie sur une sphère définie par son centre (ou sa définition entre parenthèses). Ce point n'est pas une référence de l'objet créé. Les quatre lignes doivent être précisément sur la sphère sinon, il y a impression d'un message d'erreur. Cette option nécessite avec OPTIon DIMENSION 3.

```
sc = 11 12 13 14 DALL SPHE o1 ;  
      11, 12, 13, 14  MAILLAGE  
      o1              POINT définissant le centre de la sphère
```

g) Option TORIque

La surface créée s'appuie sur un tore défini par trois points (ou leur définition entre parenthèses) définissant dans l'ordre l'axe du tore, un point de l'axe et un centre d'un petit cercle. Ces trois points ne sont pas des références de l'objet créé. Les quatre lignes doivent être précisément sur le tore sinon, il y a impression d'un message d'erreur. Cette option nécessite avec OPTIon DIMENSION 3.

```
sc = 11 12 13 14 DALL TORI o1 q1 o2 ;  
      11, 12, 13, 14  MAILLAGE  
      o1, o2          POINT - centre du tore et d'un petit cercle  
      q1             POINT sur l'axe du tore
```

On rappelle que, dans tous les cas, on peut remplacer le nom d'une ligne par sa définition entre parenthèses (avec 2 ou 3 coordonnées selon la valeur de OPTIon DIMENSION.) et que l'opérateur (DALL) n'est pas positionnel, contrairement aux points qu'il demande ; les syntaxes suivantes sont équivalentes :

```
11 DALL 12 13 14 ;      DALL 11 12 13 14 ;      11 12 13 14 DALL ;
```

9.4 L'opérateur **GENERer**

Il permet de mailler une surface par translation d'une ligne maillée le long d'une autre ligne maillée.

Dans la syntaxe, les lignes sont fournies par leur nom ou leur définition entre parenthèses.

Les noms des lignes et leurs références sont des références de la surface, ainsi que les cotés que la première engendre qui peuvent être nommés par l'opérateur COTE.

Le sens de la première ligne indique quel est le premier puis le deuxième puis le troisième puis enfin le quatrième coté. ceci fournit également le sens d'orientation des éléments qui constituent la surface.

Ces éléments sont ceux que l'on a demandé dans OPTIon ELEMENT. Le maillage est donc constitué d'éléments d'un seul type.

Le découpage dans la deuxième direction est fournie par la deuxième ligne.

```
s1 = 11 GENE 12 ;  
      11   MAILLAGE  
      12   MAILLAGE
```

L'inversion de L1 ou de L2 peut conduire à une orientation différente des éléments.

On rappelle que, dans tous les cas, on peut remplacer le nom d'une ligne par sa définition entre parenthèses (avec 2 ou 3 coordonnées selon la valeur de OPTION DIMENSION.) et que l'opérateur (GENE) n'est pas positionnel, contrairement aux points qu'il demande ; les syntaxes suivantes sont équivalentes :

```
11 GENE 12 ;      GENE 11 12 ;      11 12 GENE ;
```

9.5 L'opérateur GENJoint

9.6 L'opérateur MANUel

Il permet de générer manuellement des éléments de type TRI3, QUA4, TRI6 ou QUA8 en leur attribuant éventuellement une couleur.

```
ll = MANU nom p1 p2 p3 (p4 p5 p6 p7 p8) coul ;  
      nom   MOT: TRI3, QUA4, TRI6 ou QUA8  
      pi    POINT. 3 si TRI3, 4 si QUA4, 6 si TRI6, 8 si QUA8  
      coul  MOT BLEU, BLANc, ROUGe, VERT, ROSE, JAUNe, TURQuoise
```

Chacun des nom de points peut être remplacé par sa définition entre parenthèses.

9.7 La procédure NORMAL

Elle permet de visualiser les normales aux éléments constituant une surface. Voir le volume LANGAGE ET PROCEDURES.

```
NORMAL s1 ;
```

9.8 L'opérateur RACCord

Il permet de modéliser des éléments comportant des points doubles. Deux types d'éléments peuvent être créés: un élément à quatre noeuds -RAC2- (deux points doubles, deux SEG2), ou un élément à six noeuds-RAC3- (trois points doubles, deux SEG3). Les points doubles sont détectés à partir d'un critère de proximité.

```
sd = RACC ll mm crit ;  
      ll, mm MAILLAGE de même type  
      crit  FLOTTANT - critère de proximité
```

9.9 L'opérateur RAFT

Il permet de raffiner un maillage de surface constitué de TRI3, en fonction d'une carte de taille provenant par exemple de l'opérateur ERREur (voir le volume POST-TRAITEMENTS).

```
s2 = RAFT chpo s1 ;
      chpo  CHPOINT
      s1    MAILLAGE de TRI3
```

9.10 L'opérateur **REGLer**

Il permet de mailler une surface réglée s'appuyant sur deux lignes également maillées..

Dans la syntaxe, les lignes sont fournies par leur nom ou leur définition entre parenthèses. Les deux lignes doivent avoir le même découpage et être décrites dans le « même sens ».

Le nom de la première ligne et ses références sont des références de la surface, ainsi que les cotés qu'elle engendre qui peuvent être nommés par l'opérateur **COTE**.

Le sens de la première ligne indique quel est le premier puis le deuxième puis le troisième puis enfin le quatrième coté. Ceci fournit également le sens d'orientation des éléments qui constituent la surface.

Ces éléments sont ceux que l'on a demandé dans **OPTIon ELEMent**. Le maillage est donc constitué d'éléments d'un seul type.

On retrouve les quatre possibilités de découpage dans la deuxième direction :

Automatique

```
s1 = 11 REGL l2 ;
      11 l2  MAILLAGE
```

Le découpage se fait en utilisant les densités définies au moment de la création des opérandes L1 et L2. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Dirigé

```
s1 = 11 REGL n l2 ;
      11 l2  MAILLAGE
      n      ENTIER nombre d'éléments
```

Tous les éléments ont la même longueur.

Semi-dirigé

```
s1 = 11 REGL n l2 ;
      11 l2  MAILLAGE
      n      ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément
```

Le découpage se fait en utilisant approximativement les densités définies au moment de la création des opérandes L1 et L2. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Surcharge locale des densités puis découpage (semi-)automatique

```
s1 = 11 REGL n l2 (DINI di) (DFIN df) ;
      11 l2  MAILLAGE
      n      ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément
      di     FLOTTANT densité en L12
      df     FLOTTANT densité au point V1
```

Cette densité locale n'affecte pas la densité des points lors de leur utilisation ultérieure.

On rappelle que, dans tous les cas, on peut remplacer le nom d'une des lignes par sa définition entre parenthèses et que l'opérateur (**REGL** n) n'est pas positionnel, contrairement aux points qu'il demande ; les syntaxes suivantes sont équivalentes :

9.11 L'opérateur ROTAtion

Il permet de mailler une surface par rotation d'une ligne discrétisée autour d'un point (OPTI DIME 2) ou d'un axe défini par deux points (OPTI DIME 3).

Dans la syntaxe, la ligne est fournie par son nom ou sa définition entre parenthèses. Il en est de même pour le ou les points. La rotation se fait:

- en bidimensionnel, dans le sens trigonométrique,
- en tridimensionnel, dans le sens direct autour de l'axe défini par les deux points dont l'ordre fourni le sens d'orientation.

Le nom de la ligne et ses références sont des références de la surface, ainsi que les cotés qu'elle engendre qui peuvent être nommés par l'opérateur COTE.

Le sens de la première ligne indique quel est le premier puis le deuxième puis le troisième puis enfin le quatrième coté. ceci fournit également le sens d'orientation des éléments qui constituent la surface.

Ces éléments sont ceux que l'on a demandé dans OPTIon ELEMEnt. Le maillage est donc constitué d'éléments d'un seul type sauf dans le cas suivant: des quadrilatères ont été demandés et la ligne et l'axe de rotation sont concourants. Dans ce cas, la rotation de la ligne entraînant la génération au voisinage de l'axe, il y a lieu d'utiliser l'opérateur REGEnerer.

```
p1 = ;
p2 = ;
l12 = p1 DROI p2 ;
s1 = l12 ROTA 75 p1 ;
ELIM s1 .0001 ;
s1 = s1 REGE ;
```

On verra plus loin (page 57) l'utilisation de la directive ELIMiner qui dans ce cas doit précéder l'opérateur REGEnerer.

On retrouve les quatre possibilités de découpage dans la deuxième direction (circonférentielle) :

Automatique

```
s1 = l12 ROTA ang o1 (o2) ;
o1 o2 POINT définissant le centre (ou l'axe de rotation)
112 MAILLAGE
ang FLOTTANT - angle de rotation en degrés.
```

Le découpage se fait en utilisant les densités définies au moment de la création de l'opérande L12. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Dirigé

```
s1 = l12 ROTA n ang o1 (o2) ;
o1 o2 POINT définissant le centre (ou l'axe de rotation)
112 MAILLAGE
ang FLOTTANT - angle de rotation en degrés.
n ENTIER nombre d'éléments avant ang
```

Tous les éléments ont la même longueur.

Semi-dirigé

```
s1 = l12 ROTA n ang o1 (o2) ;
```

o1 o2 POINT définissant le centre (ou l'axe de rotation)
 112 MAILLAGE
 ang FLOTTANT - angle de rotation en degrés.
 n ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément avant ang

Le découpage se fait en utilisant approximativement les densités définies au moment de la création de l'opérande L12. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Surcharge locale des densités puis découpage (semi-)automatique

s1 = 112 **ROTA** (n) ang o1 (o2) (**DINI** di) (**DFIN** df) ;
 o1 o2 POINT définissant le centre (ou l'axe de rotation)
 112 MAILLAGE
 ang FLOTTANT - angle de rotation en degrés.
 p1 p2 POINT origine et extrémité de l'arc
 pt POINT définissant le point d'intersection des tangentes
 n ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément
 di FLOTTANT densité en L12
 df FLOTTANT densité finale

Cette densité locale n'affecte pas la densité des points lors de leur utilisation ultérieure.

On rappelle que, dans tous les cas, on peut remplacer le nom d'une ligne ou d'un point par sa définition entre parenthèses (avec 2 ou 3 coordonnées selon la valeur de OPTIon DIMENSION.) et que l'opérateur (ROTA n) n'est pas positionnel, contrairement aux points qu'il demande ; les syntaxes suivantes sont équivalentes :

112 **ROTA** ang o1 (o2) ; **ROTA** 112 ang o1 (o2) ; 112 ang o1 (o2) **ROTA** ;

9.12 L'opérateur SURFace

Cet opérateur qui permet de remplir automatiquement un contour fermé, comporte six options. L'option par défaut est. Pour les six options, le contour et ses références sont des références de la surface. On ne peut pas récupérer les lignes élémentaires mais juste le contour par l'opérateur CONTOUR (voir page 67). Si l'on a demandé des triangles, les éléments engendrés sont effectivement des triangles. Si l'on a demandé des quadrangles, les éléments engendrés sont majoritairement des quadrangles mais il pourra subsister quelques triangles. L'orientation du contour fournit l'orientation des éléments qui constituent la surface. La disposition des points à l'intérieur du contour tient compte de la densité des points du contour et d'un critère sur la forme des éléments. Les critères principaux sont:

pour les quadrangles: tous les angles sont inférieurs à 149° ce qui exclut les quadrangles plats.

pour les triangles: ils ont tous une "qualité" supérieure à 0.4. La "qualité" est proportionnelle au rapport entre la surface et le carré du plus grand coté. La forme optimale est le triangle équilatéral dont la qualité est égale à 1.

C'est un opérateur de maillage automatique qui peut donc, dans certains cas (rares), ne pas aboutir. Dans ce cas il faut soit revoir les densités des points du contour et notamment ne pas abuser des densités locales., soit découper la géométrie en blocs de forme plus homogène. ON peut tenir compte pour le maillage, d'une carte de taille provenant par exemple de l'opérateur ERREUR (voir le volume POST-TRAITEMENT).

a) Option CONIque

La surface créée s'appuie sur un cône défini dans l'ordre, par le nom de son sommet (ou sa définition entre parenthèses) puis le nom d'un autre point de l'axe. Ces deux points ne sont pas des références de la surface. La ligne-contour doit être précisément sur le cône sinon il y a impression d'un message d'erreur). Cette option nécessite OPTIOn DIMEnSion 3.

```
s1 = lc SURF (chpo) CONI o1 q1 ;  
lc      MAILLAGE  
o1      POINT - sommet du cône  
q1      POINT de l'axe  
chpo    CHPOINT carte de taille (densité)
```

Remarque: Le contour ne doit pas passer par O1.

b) Option CYLIndrique

La surface créée s'appuie sur un cylindre défini dans l'ordre, par deux points définissant l'axe du cylindre. Ces deux points ne sont pas des références de la surface. La ligne-contour doit être précisément sur le cône sinon il y a impression d'un message d'erreur). Cette option nécessite OPTIOn DIMEnSion 3.

```
s1 = lc SURF (chpo) CYLI q1 q2 ;  
lc      MAILLAGE  
q1, q2  POINT de l'axe  
chpo    CHPOINT carte de taille (densité)
```

c) Option PLAN

La surface créée s'appuie sur un plan. La ligne-contour doit être précisément sur le plan sinon il y a impression d'un message d'erreur). Cette option peut être utilisée avec OPTIOn DIMEnSion 2 ou 3.

```
s1 = lc SURF (chpo) PLAN ;  
lc      MAILLAGE  
chpo    CHPOINT carte de taille (densité)
```

d) Option POLYnôme

```
chpo    CHPOINT carte de taille (densité)
```

e) Option SPHEre

La surface créée s'appuie sur une sphère définie par son centre qui n'est pas une référence de la surface. La ligne-contour doit être précisément sur la sphère sinon il y a impression d'un message d'erreur). Cette option nécessite OPTIOn DIMEnSion 3.

```
s1 = lc SURF (chpo) SPHE o1;  
lc      MAILLAGE  
o1      POINT centre de la sphère  
chpo    CHPOINT carte de taille (densité)
```

f) Option TORIque

La surface créée s'appuie sur un tore défini dans l'ordre, par trois points, le nom de son centre,

un point de l'axe et un centre d'un petit cercle (tous pouvant être remplacé par leur définition entre parenthèses). Ces trois points ne sont pas des références de la surface. La ligne-contour doit être précisément sur le tore sinon il y a impression d'un message d'erreur). Cette option nécessite OPTIon DIMension 3.

```
s1 = lc SURF (chpo) TORE o1 q1 o2 ;
      lc      MAILLAGE
      q1      POINT de l'axe
      o1, o2 POINT centre du tore et d'un petit cercle
      chpo    CHPOINT carte de taille (densité)
```

On rappelle que, dans tous les cas, on peut remplacer le nom d'une ligne par sa définition entre parenthèses (avec 2 ou 3 coordonnées selon la valeur de OPTIon DIMension.) et que l'opérateur (SURF) n'est pas positionnel, contrairement aux points qu'il demande ; les syntaxes suivantes sont équivalentes :

```
lc SURF ;          SURF lc ;
```

g) Cas particulier: surface contenant un ou plusieurs trous

Il suffit de construire le contour externe puis dans le sens contraire, le(s) contours interne(s) de chacun des trous et d'assembler par l'opérateur ET (voir page 58) ces différents contours.

9.13 L'opérateur TRANslation

Il permet de mailler une surface par translation d'une ligne discrétisée le long d'un vecteur.

Dans la syntaxe, la ligne est fournie par son nom ou sa définition entre parenthèses. Il en est de même pour le vecteur.

Le nom de la ligne et ses références sont des références de la surface, ainsi que les cotés qu'elle engendre qui peuvent être nommés par l'opérateur COTE.

Le sens de la première ligne indique quel est le premier puis le deuxième puis le troisième puis enfin le quatrième coté. ceci fournit également le sens d'orientation des éléments qui constituent la surface.

Ces éléments sont ceux que l'on a demandé dans OPTIon ELEMEnt. Le maillage est donc constitué d'éléments d'un seul type.

On retrouve les quatre possibilités de découpage dans la deuxième direction (celle du vecteur) :

Automatique

```
s1 = 112 TRAN v1 ;
      v1    POINT définissant le vecteur de translation
      112    MAILLAGE
```

Le découpage se fait en utilisant les densités définies au moment de la création des opérantes L12 et V1. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Dirigé

```
s1 = 112 TRAN n v1 ;
      v1    POINT définissant le vecteur de translation
      112    MAILLAGE
      n      ENTIER nombre d'éléments
```

Tous les éléments ont la même longueur.

Semi-dirigé

s1 = 112 **TRAN** n v1 ;
v1 POINT définissant le vecteur de translation
112 MAILLAGE
n ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément

Le découpage se fait en utilisant approximativement les densités définies au moment de la création des opérands L12 et V1. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Surcharge locale des densités puis découpage (semi-)automatique

s1 = 112 **TRAN** (n) v1 (**DINI** di) (**DFIN** df) ;
v1 POINT définissant le vecteur de translation
112 MAILLAGE
n ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément
di FLOTTANT densité en L12
df FLOTTANT densité au point V1

Cette densité locale n'affecte pas la densité des points lors de leur utilisation ultérieure.

On rappelle que, dans tous les cas, on peut remplacer le nom d'une ligne ou d'un point par sa définition entre parenthèses (avec 2 ou 3 coordonnées selon la valeur de **OPTION DIMENSION**.) et que l'opérateur (**TRAN** n) n'est pas positionnel, contrairement aux opérands qu'il demande ; les syntaxes suivantes sont équivalentes :

112 **TRAN** v1 ; **TRAN** 112 v1 ; 112 v1 **TRAN** ;

9.14 Remarques générales

A l'exception de l'opérateur **SURFACE**, toutes les surfaces sont décrites à partir d'au moins une ligne qui est le premier coté de cette surface et qui impose son orientation.

Si cette ligne est remplacée par un nom de surface, c'est le troisième coté de cette surface qui fait fonction de la ligne qui va engendrer une nouvelle surface. Il faut bien entendu que cette surface soit constituée de quatre cotés c'est à dire qu'elle ait elle-même été générée par l'un des opérateurs **DALLER**, **GENERER**, **REGLER**, **ROTATION**, **TRANSLATION**.

ss = s1 **TRAN** v1 ;
ss MAILLAGE composé de S1, la surface engendrée par la translation du troisième coté de S1 le long de V1. S1 et les quatre cotés de SS sont des références de SS.

On peut mettre plusieurs opérateurs dans la même instruction.

10. DEFINITION D'UN VOLUME

On retrouve des possibilités similaires à celles que l'on a utilisées pour discrétiser les surfaces :

Découpage à partir des six faces	Opérateur PAVer
Remplissage à l'intérieur d'une enveloppe fermée	Opérateur VOLUme
Opération géométrique sur une surface	Opérateur VOLUme TRANslation, VOLUme ROTAtion
Translation le long d'une ligne	Opérateur VOLUme GENERer
Réglage entre deux surfaces	Opérateur VOLUme

Selon les options choisies, les éléments générés seront des cubes (CUB8, CU20), des prismes (PRI6, PR15), des pyramides (PYR5, PY13) ou des tétraèdres (TET4, TE10). Cet aspect sera précisé pour chacun des opérateurs.

Dans certaines conditions, qui seront précisées le moment venu, les possibilités suivantes pour le maillage dans la « troisième direction » sont permises :

- Maillage (ou plutôt découpage) dirigé
- Maillage (ou plutôt découpage) automatique
- Maillage (ou plutôt découpage) semi-dirigé (ou semi-automatique)
- Surcharge locale des densités puis maillage (semi-)automatique

10.1 L'opérateur GENJoint

10.2 L'opérateur LIAison

Il permet de modéliser des éléments comportant des points doubles. Quatre types d'éléments peuvent être créés: un élément à six noeuds -LIA3- (trois points doubles, deux TRI3), un élément à huit noeuds -LIA4- (quatre points doubles, deux QUA4), un élément à douze noeuds -LIA6- (six points doubles, deux TRI6) et un élément à seize noeuds -LIA8- (huit points doubles, deux QUA8) Les points doubles sont détectés à partir d'un critère de proximité.

vor = **LIAI** s1 s2 crit ;
s1, s2 MAILLAGE de même type
crit FLOTTANT - critère de proximité

10.3 L'opérateur MANUel

Il permet de générer manuellement des éléments de type TET4, PYR5, PRI6, CUB8, TE10, PY13, PR15 ou CU20 en leur attribuant éventuellement une couleur.

ll = **MANU nom** p1 p2 p3 p4 (p5 ... p20) coul ;
nom MOT: TET4, PYR5, PRI6, CUB8, TE10, PY13, PR15 ou CU20
pi POINT. 4 si TET4, 5 si PYR5, 6 si PRI6, 8 si CUB8, 10 si TE10, 13 si PY13, 15 si PR15, 20 si CU20
coul MOT BLEU, BLANc, ROUGe, VERT, ROSE, JAUNe, TURQuoise

Chacun des nom de points peut être remplacé par sa définition entre parenthèses.

10.4 L'opérateur PAVEr

Il permet de mailler un volume de forme hexaédrique, donc constitué de six faces quadrangulaires. Toutes les faces doivent être maillées avec un opérateur fournissant des surfaces à quatre cotés (DALLer, GENERer, ROTAtion, TRANslation) formées d'éléments quadrangulaires. De plus elles doivent être deux à deux maillées de manière identique, donc avec le même type et le même nombre d'éléments. Les surfaces doivent être homotopes. Les éléments résultant sont des cubes.

Dans la syntaxe, chacune des surfaces est écrite par son nom (ou sa définition entre parenthèses). Les surfaces opposées sont consécutives dans l'instruction. Chacune des six surfaces et ses références constituent des références du volume.

C'est l'équivalent de l'opérateur DALLer pour les surfaces.

vol1 = s1 s2 s3 s4 s5 s6 **PAVE** ;

L'opérateur PAVEr n'est pas positionnel.

10.5 L'opérateur VOLUme

Cet opérateur contient toutes les autres options. On décrit ici l'opérateur qui permet de remplir automatiquement l'intérieur d'une enveloppe fermée. Cette enveloppe est une surface formée d'éléments triangulaires ou quadrangulaires. L'opérateur engendre des éléments de type hexaèdre, prisme, pyramide ou tétraèdre. La surface et ses références constituent les références du volume. On ne peut pas récupérer les surfaces élémentaires mais juste l'enveloppe par l'opérateur ENVElloppe (voir page 68).

La disposition des points à l'intérieur de l'enveloppe tient compte de la densité des points de l'enveloppe et d'un critère sur la forme des éléments. Les critères principaux sont:

pour les hexaèdres:

pour les prismes:

pour les pyramides:

pour les tétraèdres:

C'est un opérateur de maillage automatique qui peut donc, dans certains cas, ne pas aboutir. Dans ce cas il faut soit revoir les densités des points de l'enveloppe et notamment ne pas abuser des densités locales., soit découper la géométrie en blocs de forme plus homogène.

C'est l'équivalent de l'opérateur SURFace pour les surfaces.

vol1 = senv **VOLU** ;

L'opérateur VOLUme n'est pas positionnel.

10.6 L'opérateur VOLUme ...

On décrit ici l'opérateur qui permet de mailler le volume compris entre deux surfaces. Dans la syntaxe, les surfaces sont fournies par leurs noms (ou leurs définitions entre parenthèses). Elles doivent avoir le même découpage. La forme du volume s'appuie sur le contour des deux surfaces. Elles (dans le cas où elles sont nommées) et leurs références constituent les références du volume. De la même façon, elles peuvent être renommées avec l'opérateur FACE (voir page 68) qui ne connaît que trois faces. Les éléments créés sont des prismes ou

de hexaèdres selon que les surfaces sont formées de triangles ou de quadrangles.
C'est l'équivalent de l'opérateur REGLer pour les surfaces.

On retrouve les quatre possibilités de découpage dans la troisième direction :

Automatique

vol1 = s1 **VOLU** s2 ;
s1, s2 **MAILLAGE**

Le découpage se fait en utilisant les densités définies au moment de la création des opérandes S1 et S2. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Dirigé

vol1 = s1 **VOLU** n s2 ;
s1, s2 **MAILLAGE**
n **ENTIER** nombre d'éléments

Tous les éléments ont la même longueur.

Semi-dirigé

vol1 = s1 **VOLU** n s2 ;
s1, s2 **MAILLAGE**
n **ENTIER** négatif. |n| est le nombre d'élément

Le découpage se fait en utilisant approximativement les densités définies au moment de la création des opérandes S1 et S2. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Surcharge locale des densités puis découpage (semi-)automatique

vol1 = s1 **VOLU** (n) s2 (**DINI** di) (**DFIN** df) ;
s1, s2 **MAILLAGE**
n **ENTIER** négatif. |n| est le nombre d'élément
di **FLOTTANT** densité en S1
df **FLOTTANT** densité en S2

Cette densité locale n'affecte pas la densité des points lors de leur utilisation ultérieure.

On rappelle que, dans tous les cas, on peut remplacer le nom d'une surface par sa définition entre parenthèses (avec 3 coordonnées) et que l'opérateur (**VOLU** n) n'est pas positionnel, contrairement aux surfaces qu'il demande ; les syntaxes suivantes sont équivalentes :

s1 **VOLU** s2 ; **VOLU** s1 s2 ; s1 s2 **VOLU** ;

10.7 L'opérateur *VOLU*me *GENE*rer

Il permet de mailler un volume par translation d'une surface maillée le long d'une autre ligne maillée.

Dans la syntaxe, les objets sont fournis par leur nom ou leur définition entre parenthèses.

Les noms des objets et leurs références sont des références de la surface, ainsi que les faces que le premier engendre qui peut être nommé par l'opérateur **FACE**.

Ces éléments sont des prismes ou des hexaèdres selon que la surface est formée de triangles ou de quadrangles. Le maillage est donc constitué d'éléments d'un seul type.

C'est l'équivalent de l'opérateur **GENE**rer pour les surfaces.

Le découpage dans la troisième direction est fournie par la ligne.

vol1 = s1 **VOLU** **GENE** 11 ;

```
s1  MAILLAGE
11  MAILLAGE
```

On rappelle que, dans tous les cas, on peut remplacer le nom d'une ligne par sa définition entre parenthèses (avec 3 coordonnées) et que l'opérateur (VOLU GENE) n'est pas positionnel, contrairement aux opérandes qu'il demande ; les syntaxes suivantes sont équivalentes :

```
s1 VOLU GENE 11 ;      VOLU GENE s1 11 ;      s1 11 VOLU GENE ;
```

Remarque: Ne pas confondre VOLUme GENERer et GENERer

10.8 L'opérateur VOLUme ROTAtion

Il permet de mailler un volume par rotation d'une surface maillée autour d'un axe défini par deux points. Dans la syntaxe, la surface est fournie par son nom ou sa définition entre parenthèses. Il en est de même pour les deux points. La rotation se fait dans le sens direct autour de l'axe défini par les deux points dont l'ordre fournit le sens de rotation de l'axe.

Le nom de la surface et ses références constituent les références du volume ainsi que la face opposée. Ces deux faces peuvent être renommées avec l'opérateur FACE (voir page 68) qui ne connaît que trois faces. Les éléments créés sont des prismes ou de hexaèdres selon que les surfaces sont formées de triangles ou de quadrangles sauf dans le cas où des cubes ont été demandés et la surface contient l'axe de rotation. Dans ce cas, la rotation de la surface entraînant la génération au voisinage de l'axe, il y a lieu d'utiliser l'opérateur REGENérer.

```
p1 =0. 0. 0. ;
p2 =0. 0. 10. ;
112 = p1 DROI p2 ;
s1 = 112 TRAN (0 10 0);
vol1 = s1 VOLU ROTA 90. p1 p2 ;
ELIM vol1 .0001 ;
vol1 = vol1 REGE ;
```

On verra plus loin (page 57) l'utilisation de la directive ELIMiner qui dans ce cas doit précéder l'opérateur REGENérer.

C'est l'équivalent de l'opérateur ROTAtion pour les surfaces.

On retrouve les quatre possibilités de découpage dans la troisième direction (celle de la rotation) :

Automatique

```
vol1 = s1 VOLU ROTA ang p1 p2 ;
s1  MAILLAGE
ang  FLOTTANT angle de rotation en degrés
p1, p2 POINT définissant l'axe orienté
```

Le découpage se fait en utilisant les densités définies au moment de la création des opérandes. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Dirigé

```
vol1 = s1 VOLU n ROTA ang p1 p2 ;
s1  MAILLAGE
ang  FLOTTANT angle de rotation en degrés
p1, p2 POINT définissant l'axe orienté
```

n ENTIER nombre d'élément

Tous les éléments ont la même longueur.

Semi-dirigé

vol1 = s1 **VOLU** n **ROTA** ang p1 p2 ;
s1 MAILLAGE
ang FLOTTANT angle de rotation en degrés
p1, p2 POINT définissant l'axe orienté
n ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément

Le découpage se fait en utilisant approximativement les densités définies au moment de la création des opérands S1 et V1. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Surcharge locale des densités puis découpage (semi-)automatique

vol1 = s1 **VOLU** (n) **ROTA** ang p1 p2 **DINI** di) (**DFIN** df) ;
s1 MAILLAGE
ang FLOTTANT angle de rotation en degrés
p1, p2 POINT définissant l'axe orienté
n ENTIER négatif. |n| est le nombre d'élément
di FLOTTANT densité en S1
df FLOTTANT densité finale

Cette densité locale n'affecte pas la densité des points lors de leur utilisation ultérieure.

On rappelle que, dans tous les cas, on peut remplacer le nom d'une surface par sa définition entre parenthèses (avec 3 coordonnées) et que l'opérateur (VOLU n ROTA) n'est pas positionnel, contrairement aux opérands qu'il demande ; les syntaxes suivantes sont équivalentes :

s1 **VOLU ROTA** ang p1 p2 ; **VOLU ROTA** s1 ang p1 p2 ;
s1 ang p1 p2 **VOLU ROTA** ;

Remarque: Ne pas confondre VOLUme ROTAtion et ROTAtion

10.9 L'opérateur VOLUme TRANSlation

Il permet de mailler un volume par translation d'une surface maillée le long d'un vecteur. Dans la syntaxe, la surface est fournie par son nom ou sa définition entre parenthèses. Il en est de même pour le vecteur.

Le nom de la surface et ses références constituent les références du volume ainsi que la face opposée. Ces deux faces peuvent être renommées avec l'opérateur FACE (voir page 68) qui ne connaît que trois faces. Les éléments créés sont des prismes ou de hexaèdres selon que les surfaces sont formées de triangles ou de quadrangles.

C'est l'équivalent de l'opérateur TRANSlation pour les surfaces.

On retrouve les quatre possibilités de découpage dans la troisième direction (celle du vecteur) :

Automatique

vol1 = s1 **VOLU TRAN** v1 ;
s1 MAILLAGE
v1 POINT vecteur de translation

Le découpage se fait en utilisant les densités définies au moment de la création des

opérandes S1 et V1. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Dirigé

vol1 = s1 **VOLU** n **TRAN** v1 ;
 s1 **MAILLAGE**
 v1 **POINT** vecteur de translation
 n **ENTIER** nombre d'élément

Tous les éléments ont la même longueur.

Semi-dirigé

vol1 = s1 **VOLU** n **TRAN** v1 ;
 s1 **MAILLAGE**
 v1 **POINT** vecteur de translation
 n **ENTIER** négatif. |n| est le nombre d'élément

Le découpage se fait en utilisant approximativement les densités définies au moment de la création des opérandes S1 et V1. La longueur des éléments est en progression géométrique entre la longueur des éléments à chaque extrémité (densité). Si elles sont égales, tous les éléments auront bien entendu la même longueur.

Surcharge locale des densités puis découpage (semi-)automatique

vol1 = s1 **VOLU** (n) **TRAN** v1 **DINI** di) (**DFIN** df) ;
 s1 **MAILLAGE**
 v1 **POINT** vecteur de translation
 n **ENTIER** négatif. |n| est le nombre d'élément
 di **FLOTTANT** densité en S1
 df **FLOTTANT** densité finale

Cette densité locale n'affecte pas la densité des points lors de leur utilisation ultérieure.

On rappelle que, dans tous les cas, on peut remplacer le nom d'une surface par sa définition entre parenthèses (avec 3 coordonnées) et que l'opérateur (VOLU n TRAN) n'est pas positionnel, contrairement aux opérandes qu'il demande ; les syntaxes suivantes sont équivalentes :

s1 **VOLU TRAN** v1 ; **VOLU TRAN** s1 v1 ; s1 v1 **VOLU TRAN** ;

Remarque: Ne pas confondre VOLUme TRANslation et TRANslation

10.10 Remarques générales

A l'exception de l'opérateur VOLUme (maillage automatique), tous les volumes sont décrits à partir d'au moins une surface qui est la première face de ce volume. Les faces ont une numérotation implicite accessible par l'opérateur FACE (voir page 68).

Si cette surface est remplacée par un nom de volume, c'est la deuxième face de ce volume qui fait fonction de la surface qui va engendrer un nouveau volume. Il faut bien entendu que cet volume soit constitué de trois faces c'est à dire qu'il ait lui-même été généré par l'un des opérateurs PAVEr, VOLUme GENERer, VOLUme , VOLUme ROTAtion, VOLUme TRANslation.

vol = vol1 **VOLU TRAN** v1 ;

vol **MAILLAGE** composé de VOL1, le volume engendré par la translation de la deuxième face de VOL1 le long de V1. VOL1 et les trois faces de VOL sont des références de VOL.

On peut mettre plusieurs opérateurs dans la même instruction.

11. MAILLAGE D'UN BLOC SUIVANT

Tous les opérateurs que l'on vient de décrire permettent d'engendrer un bloc de maillage. Le reste (les autres) peut être engendré de l'une des manières suivantes.

11.1 De la même manière

Dans ce cas, on prendra garde à l'assemblage des différents blocs en utilisant les possibilités de paramétrage. Hormis les nombres, les longueurs, on peut aussi paramétrer le nombre d'éléments d'un objet ce qui permettra d'avoir des lignes avec le même découpage.

a) L'opérateur NBELément

Il fabrique un nombre qui est le nombre d'élément d'un objet. Celui-ci doit être formé d'un seul type d'élément.

n = **NBEL** toto ;
toto MAILLAGE

b) L'opérateur COORdonnées

On l'a déjà vu lors de l'opération de création de points. Il peut permettre de plus de récupérer la densité en un point qui est la (n+1)^e coordonnée d'un point (si n est la dimension de l'espace de travail (OPTI DIME n))

OPTI DIME 2 ;
...
nden = **COOR** 3 p1 ;
p1 POINT

Bien entendu, c'est la densité courante au moment de la création de P1 qui est récupérée, et non une éventuelle densité locale utilisée lors de la création de la ligne (DINIale ou DFINale). C'est une deuxième bonne raison pour ne pas abuser de DINI et DFIN.

c) L'opérateur NBNOeud

Il fabrique un nombre qui est le nombre de noeuds d'un maillage.

n = **NBNO** toto ;

L'utilisation judicieuse de la directive ELIMiner permettra alors d'éliminer proprement les points multiples (si nécessaire).

Il est aussi possible d'utiliser les possibilités décrites dans les paragraphes « Remarques générales » (pages 23,36,48 et 54), c'est à dire de générer

une ligne à partir d'une ou deux autres lignes,
une surface à partir d'une ou deux autres surfaces,
un volume à partir d'un ou deux autres volumes.

Rappelons que ces possibilités permettent respectivement d'accéder aux extrémités (opérateur POINT page 66), aux cotés (opérateur COTE page 67) ou aux faces (opérateur FACE page 68).

11.2 Utilisation des opérateurs de manipulation

Divers opérateurs permettent de manipuler les objets créés, qui éventuellement contiennent des références ou des sous-objets (qui ont par exemple servi à les créer).

12. MANIPULATION D'OBJETS

Les opérateurs disponibles sont :

Déplacement par translation	opérateurs PLUS et MOINS
Déplacement par rotation	opérateur TOURNer
Déplacement par affinité	opérateur AFFInité
Déplacement par homothétie	opérateur HOMOTHétie
Déplacement par symétrie	opérateur SYMETrie
Déplacement par projection	opérateur PROJection

Il y a deux modes d'utilisation :

- par opérateur: dans ce cas seul l'objet est déplacé. Il perd ses références explicites qui peuvent être déplacées indépendamment.
- par directive : dans ce cas l'objet et ses références sont déplacés (sauf pour CHANger).

Quel que soit le mode d'utilisation, il n'y a pas de vérification sur le recouvrement éventuel entre les objets ou les éléments.

12.1 L'opérateur AFFInité

Cet opérateur permet de dupliquer un objet en lui faisant subir une affinité, de rapport donné dans le sens d'un vecteur fourni par deux points, qui conserve invariant le premier point.

Les points sont écrits avec leurs noms ou leurs définition entre parenthèses. Le rapport d'affinité (comme toutes valeurs) peut être paramétré (un nombre, une variable ou sa définition entre parenthèses).

```
toto = titi AFFI rap p1 p2 ;  
DEPL titi AFFI rap p1 p2 ;  
titi   MAILLAGE  
rap    FLOTTANT  
p1, p2 POINT
```

Remarque: On rappelle que l'affinité est la relation liant les points de TOTO (M') aux points de TITI (M) par la formule $OM' = rap^2 \times (OM.P1P2)$ OM. On peut voir dans le volume LANGAGE ET PROCEDURES, l'utilisation de cet opérateur pour mailler un arc d'ellipse à partir d'un arc de cercle.

12.2 L'opérateur CHANger

```
toto = titi CHAN type ;  
titi   MAILLAGE  
type   MOT de valeur  
LIGNe  
LINEaire, les éléments de TITI sont transformées dans la famille  
linéaire.  
QUADratique, les éléments de TITI sont transformées dans la famille
```

quadratique.
nom d'élément (voir page 16)

12.3 La directive **ELIMiner**

Elle offre deux possibilités:

12.4 L'opérateur **ET**

Cet opérateur de concaténation que l'on rencontrera dans toutes les possibilités de CASTEM2000® permet de fusionner plusieurs objets de même type (ici de type MAILLAGE mais de n'importe quel autre type comme on le verra dans les volumes suivants) et permet dans un seul et même objet, de conserver la mémoire de tous les sous-objets et de leurs références. C'est l'opérateur qui permet de stocker toutes les composantes d'une modélisation (au sens de la page 13) dans un seul objet.

toto = titi **ET** tata ... ;

Il est toujours possible de remplacer les objets par leurs définitions entre parenthèses. Si cette opération conduit à l'obtention de points multiples, il peut être nécessaire d'utiliser la directive ELIMiner.

Les POINT concaténés entre eux deviennent des MAILLAGE de POI1.

12.5 L'opérateur **HOMO**thétie

Cet opérateur permet de dupliquer un objet en lui faisant subir une homothétie, de rapport et de centre donné.

Le point est écrit avec son nom ou sa définition entre parenthèses. Le rapport d'homothétie (comme toutes valeurs) peut être paramétré (un nombre, une variable ou sa définition entre parenthèses).

toto = titi **HOMO** rap o1 ;
DEPL titi **HOMO** rap o1 ;
titi MAILLAGE
rap FLOTTANT
o1 POINT

Remarque: On rappelle que l'affinité est la relation liant les points de TOTO (M') aux points de TITI (M) par la formule $O1M' = rap \times O1M$

12.6 La directive **MODifier**

Elle permet de modifier la position d'un point ou d'un élément ou d'en créer à partir du dessin affiché. Cette directive est surtout utile en bidimensionnel.

MODI toto ;
toto MAILLAGE

12.7 L'opérateur MOINS

Cet opérateur permet de dupliquer un objet en le translatant d'un vecteur -V1. Cet objet peut être indifféremment :

- un point,
- une ligne,
- une surface,
- un volume,
- ou un objet de composition plus complexe.

Le résultat aura les mêmes caractéristiques. En particulier, si le vecteur est le vecteur nul, les points de l'objet seront dupliqués au mêmes coordonnées (points multiples).

```
toto = titi MOIN v1 ;  
DEPL titi MOIN v1 ;  
      titi   MAILLAGE  
      v1    POINT
```

Cas particulier intéressant : Si TITI est un POINT (P1), l'opérateur MOINS permet d'obtenir dans TOTO le vecteur P2P1 (OP2 représentant V1).

Remarque: Ne pas confondre MOINS et -

12.8 L'opérateur PLUS

Cet opérateur permet de dupliquer un objet en le translatant d'un vecteur V1. Cet objet peut être indifféremment :

- un point,
- une ligne,
- une surface,
- un volume,
- ou un objet de composition plus complexe.

Le résultat aura les mêmes caractéristiques. En particulier, si le vecteur est le vecteur nul, les points de l'objet seront dupliqués au mêmes coordonnées (points multiples).

```
toto = titi PLUS v1 ;  
DEPL titi PLUS v1 ;  
      titi   MAILLAGE  
      v1    POINT
```

Remarque: Ne pas confondre PLUS et TRANslation et +

12.9 L'opérateur PROJection

Cet opérateur permet de dupliquer un maillage par projection conique ou cylindrique sur une surface ou une ligne définie géométriquement ou sur un maillage. Il faut évidemment que la projection ait un sens (ligne sur ligne ou surface sur surface).

a) Projection sur une ligne ou une surface

```
toto = titi PROJ mot1 mot2 ;  
DEPL titi PROJ mot1 mot2 ;  
      titi   MAILLAGE  
      mot1  CONIque o1 : la projection est conique de sommet O1 (par son nom ou  
              sa définition),
```

(CYLIndrique) v1 : la projection est cylindrique (par défaut) dans la direction de V1 (par son nom ou sa définition),
 mot2 CERCle o2 p1 : la projection (si OPTIon DIMEnSion 2 uniquement) est sur le cercle de centre O2 passant par P1 (par leurs noms ou leurs définitions),
 CONIque o2 o3 p1 : la projection est sur le cône de sommet O2 , d'axe passant par O3 et passant par P1 (par leurs noms ou leurs définitions),
 CYLIndrique o2 o3 p1 : la projection est sur le cylindre d'axe passant par O2 et O3 et passant par P1 (par leurs noms ou leurs définitions),
 DROItE p1 p2 : la projection (si OPTIon DIMEnSion 2 uniquement) est sur la droite passant par P1 et P2 (par leurs noms ou leurs définitions),
 PLAN p1 p2 p3 : la projection est sur le plan passant par P1, P2, P3 (par leurs noms ou leurs définitions),
 SPHEre o2 p1 : la projection est sur la sphère de centre O2 passant par P1 (par leurs noms ou leurs définitions),
 TORIque o2 o3 o4 p1 : la projection est sur le tore de centre O2 d'axe passant par O3, dont un petit cercle est centré en O4 et passant par P1 (par leurs noms ou leurs définitions),
 o1, o2, o3, o4, p1, p2, p3, v1 sont des POINT

b) Projection sur un maillage

toto = titi **PROJ** mot1 tata ;
DEPL titi **PROJ** mot1 tata ;
 titi, tata MAILLAGE toto est la projection de titi sur tata,
 mot1 CONIque o1 : la projection est conique de sommet O1 (par son nom ou sa définition),
 CYLIndrique v1 : la projection est cylindrique dans la direction de V1 (par son nom ou sa définition),

12.10 L'opérateur SYMEtrie

Cet opérateur permet de dupliquer un objet en lui appliquant une symétrie par rapport à un point, à une droite définie par deux points ou un plan défini par trois points. Ce(s) point(s) est (sont) écrit(s) par son (leurs) nom(s) ou sa (leurs) définition(s) entre parenthèses. L'objet à dupliquer peut être indifféremment :

un point,
 une ligne,
 une surface,
 un volume,
 ou un objet de composition plus complexe.

Le résultat aura les mêmes caractéristiques.

toto = titi **SYME POIN** p1 ;
 toto = titi **SYME DROI** p1 p2 ;
 toto = titi **SYME PLAN** p1 p2 p3 ;
DEPL titi **SYME POIN** p1 ;
DEPL titi **SYME DROI** p1 p2 ;
DEPL titi **SYME PLAN** p1 p2 p3 ;
 titi MAILLAGE

p1, p2, p3 POINT

12.11 L'opérateur **TOURner**

Cet opérateur permet de dupliquer un objet en le faisant tourner d'un angle en degrés autour d'un point (si **OPTION DIMENSION 2**) ou d'un axe défini par deux points (si **OPTION DIMENSION 3**). Ce(s) point(s) est (sont) écrit(s) par son (leurs) nom(s) ou sa (leurs) définition(s) entre parenthèses. Si l'angle est positif, la rotation se fait dans le sens trigonométrique autour du point ou dans le sens direct autour de l'axe dont l'orientation est fournie par l'ordre des points. L'objet à dupliquer peut être indifféremment :

- un point,
- une ligne,
- une surface,
- un volume,
- ou un objet de composition plus complexe.

Le résultat aura les mêmes caractéristiques.

```
toto = titi TOUR alph p1 (p2) ;  
DEPL titi TOUR alph p1 (p2) ;  
titi MAILLAGE  
p1, p2 POINT  
alph FLOTTANT
```

*Remarque: Ne pas confondre **TOURner** et **ROTation**. Cet opérateur permet aussi de tourner un **CHPOINT** (voir le volume **POST-TRAITEMENT**)*

12.12 Remarques générales

Ces opérateurs (ou directives) ne sont pas positionnels contrairement à leurs opérandes. Ils peuvent s'appliquer sur plusieurs objets à la fois

```
t1 t2 ..... = OPEM r1 r2 ... ;  
DEPL OPEM r1 r2 ... ;
```

13. LES DIRECTIVES D'ENTREES-SORTIES

13.1 La directive *LIRE*

C'est la directive duale de SORTir. Elle permet à CASTEM2000® de relire son propre résultat et d'enchaîner directement d'autres opérations. La lecture se fait par défaut sur l'unité logique 4 (voir page 17).

13.2 La directive *LISTe*

Elle permet d'afficher le contenu d'un objet. Le mode d'affichage du contenu dépend de l'objet. Elle peut être placée à n'importe quel endroit dans les données.

LIST ;

permet de lister les objets créés par ordre chronologique inverse et par type.

LIST a ;

permet de lister la valeur de a.

Si a n'existe pas il est de type MOT

Si a résulte d'une erreur, il est de type ANNULE

Si a est une variable, il y a impression de son type et de sa valeur. En particulier si a est un MAILLAGE et n'a pas de sous objets, on obtient la liste des connectivités

Elle permet accessoirement d'obtenir des informations sur un MAILLAGE.

LIST (NBEL toto) ;

nombre d'éléments de toto (si il n'y a qu'un seul type d'élément)

LIST (NBNO toto) ;

nombre de nœuds de toto

LIST *type ;

permet d'obtenir la liste des objets de type "type".

13.3 La directive *RESTITuer*

C'est la directive duale de SAUVer. Elle permet à CASTEM2000® de relire son propre résultat et d'enchaîner directement d'autres opérations. La lecture se fait par défaut sur l'unité logique (voir page 17). La relecture doit se faire sous le format de la sauvegarde (binaire ou ASCII - FORMat).

REST (FORM) ;

13.4 La directive *SAUVer*

Elle permet de sauver plusieurs objets (et leurs références) en particulier les MAILLAGE. La sauvegarde se fait par défaut sur l'unité logique (voir page 17). La sauvegarde peut se faire sous forme de fichier ASCII (FORMat) en général très volumineux, ou binaire.

SAUV toto (titi) (FORM) ;

toto MAILLAGE ou autre type

Description du fichier :

Le fichier de sauvegarde se présente comme un fichier

13.5 La directive SORTir

Elle permet de sortir le fichier résultat de l'opération de maillage. La sortie se fait par défaut sur l'unité logique 7 (voir page 18). On doit concaténer l'objet total afin de ne sortir qu'un seul objet (si on veut le récupérer par son nom). Cet objet pourra être utilisable dans CASTEM2000[®] si on veut le modifier ou le calculer, dans un des autres codes qui acceptent ce format.

La directive SORTir réorganise la numérotation des nœuds dans le but de minimiser la taille du système linéaire à traiter. Si l'on ne veut pas de réorganisation, il faut utiliser l'option NOOPTimiser. C'est la méthode de CROUT qui est utilisé pour la renumérotation.

SORT toto (**NOOP**) ;

toto MAILLAGE

NOOP on ne veut pas de renumérotation (mettre après le MAILLAGE)

Description du fichier :

Le fichier de sortie se présente comme un fichier image de cartes écrit en format sur au plus 80 caractères.

La première ligne contient le nom de l'objet dont la sortie a été demandée (toto), sur les huit premiers caractères puis le titre du maillage (sur soixante douze caractères).

La deuxième ligne contient notamment le niveau de version CASTEM2000[®] (voir page 17).

La troisième ligne contient la dimension de l'espace (2 ou 3 selon OPTIon DIMENSION) et la densité courante au moment de la sortie.

La quatrième ligne contient le nombre de points de l'objet.

Puis sur les lignes suivantes, vient la liste des coordonnées de chaque point (3 ou 4 par points en comptant la DENSité) écrites en format 6E12.5

Sur la ligne suivante, il y a le nombre de points nommés figurant dans l'objet.

Ensuite le nom de ces points et leur numéro d'ordre.

Ensuite, est indiqué le nombre d'objets qui vont être décrits, y compris les références et les sous-objets.

Puis viennent les descriptions de ces objets. Le premier objet est celui dont la sortie a été demandée. La description de chaque objet a la forme suivante :

La première ligne indique le type de l'élément (s'il est unique dans l'objet) ou des blancs (si l'objet est formé de plusieurs types), puis dans l'ordre, le nombre de sous-objets (0 s'il y a un seul type d'élément), le nombre de références, le nombre de nœuds (0 s'il y a plusieurs type d'éléments) et le nombre d'éléments (0 s'il y a plusieurs types d'éléments).

La ligne suivante indique le numéro d'ordre des sous-objets (elle n'existe pas s'il n'y a pas de sous-objet).

La ligne suivante indique le numéro d'ordre des références (elle n'existe pas s'il n'y a pas de références).

Pour les objets ne contenant qu'un seul type d'élément, vient ensuite, la description des couleurs de chaque élément (à partir du niveau 1).

Toujours pour les objets ne contenant qu'un seul type d'élément, vient la description des éléments constituant l'objet sous la forme des connectivités de l'élément.

La ligne suivante indique, le nombre d'objet, parmi les précédents, qui ont un nom.

Enfin, le nom de ces objets suivi du numéro d'ordre dans la description des objets.

13.6 La directive TASSer

Elle sert à réorganiser la numérotation des nœuds.

13.7 La directive TRACer

Elle permet d'obtenir l'image d'un objet. Si OPTION DIMENSION 3 apparaît, il faut fournir un point par son nom ou sa définition avec trois coordonnées entre parenthèses. Dans le cas contraire la valeur par défaut est

On verra l'objet à partir de ce point qui ne doit pas être à l'intérieur de l'objet. Pour faire un tracé plus représentatif il vaut mieux faire ELIMiner sur l'objet en question.

TRAC (poe) toto (options) ;

options MOT pouvant prendre les valeurs suivantes

CACHer permet d'obtenir une vue photographique (avec les lignes du premier plan uniquement).

COULeur nc permet de ne tracer que les éléments dont la couleur est spécifiée. Les couleurs disponibles sont BLANc, BLEU, JAUNe, ROSE, ROUGe, TURQuoise, VERT. Elle peut être générée par l'opérateur COULeur que l'on peut aussi considérer comme une manipulation d'objet (voir page 57)

COUPE p1 p2 p3 titi = toto **COUL** nomcoul ;
permet d'obtenir le maillage coupé par un plan passant par P1, P2, P3 fournis par leurs noms ou leurs définitions entre parenthèses. Le tracé représente la partie du modèle au delà du plan par rapport à la position de l'oeil qui doit être fourni avant les trois points. Cette option n'est possible que si OPTION DIMENSION 3.

ECLATER r permet d'obtenir un tracé « éclaté » (chacun des éléments subit une homothétie de rapport r - 0.5 par défaut). Cette option est incompatible avec CACHer et FACE).

ELEMent permet d'obtenir la numérotation des éléments.

FACE permet d'obtenir un coloriage des facettes selon la * couleur de chacun des objets.

NOEUd permet d'obtenir la numérotation des nœuds.

QUALifier permet d'obtenir le nom des références et des sous-objets

SECTION p1 p2 p3 permet d'obtenir la section du maillage coupé par un plan passant par P1, P2, P3 fournis par leurs noms ou leurs définitions entre parenthèses. Le tracé représente la section du modèle. La position de l'oeil doit être fourni avant les trois points. Cette option n'est possible que si OPTION DIMENSION 3.

On retrouve certaines options (ELEMent, NOEUd, QUALifier) dans le dessin lui-même. Elles peuvent être activées avec la souris.

14. LE PRINCIPE DESCENDANT

Jusqu'à présent, on a adopté un principe « ascendant » qui nous a permis, à partir d'un objet de dimension n (nombre, point, ligne, surface) de créer un objet de dimension n+1 (point, ligne, surface, volume).

Un certain nombre d'opérateurs permettent d'effectuer l'opération inverse. Leur caractéristique commune est encore que l'objet déduit devient une référence de l'objet initial.

14.1 L'opérateur **COOR**données

Nous en avons déjà parlé lors de la création de point (voir page 22). Il permet d'extraire la i^e coordonnée d'un point fourni par son nom ou sa définition entre parenthèses. Si n est la dimension de l'espace (OPTIon DIMEnSion n) la (n+1)^e coordonnée d'un point est sa densité.

x1 (x2 x3) = **COOR** (i) p1 ;
p1 POINT (ou MAILLAGE)
xi FLOTTANT (ou CHPOINT)

D'autres possibilités existent qui sortent du cadre du MAILLAGE.

14.2 L'opérateur **NORM**e

Il faut avant tout se souvenir qu'un point ou un vecteur ont, pour CASTEM2000[®], la même définition. Cet opérateur permet d'obtenir la norme d'un vecteur fourni par son nom ou sa définition entre parenthèses (coordonnées fournies implicitement ou explicitement ou par différence entre deux points - opérateur MOINs).

x = **NORM** v1 ;
v1 POINT
x FLOTTANT

14.3 L'opérateur **PSCA**laire

Il permet de calculer le produit scalaire de deux objets de type POINT. Le résultat est un FLOTTANT.

x = **PSCA** v1 v2 ;
v1, v2 POINT
x FLOTTANT
 $x = \vec{V}_1 \cdot \vec{V}_2$

14.4 L'opérateur **PMIX**te

Il permet de calculer le produit mixte de trois objets de type POINT. Le résultat est un objet de type FLOTTANT.

x = **PMIX** v1 v2 v3 ;
v1, v2, v3 POINT
x FLOTTANT
 $x = \vec{V}_1 \cdot (\vec{V}_2 \times \vec{V}_3)$

14.5 L'opérateur POINT

Il permet d'extraire d'un objet quelconque de type MAILLAGE, un POINT ou un MAILLAGE (ensemble de POI1). Il vaut mieux mettre le nom de l'objet avant l'opérateur POINT.

- Extraction d'un POINT

```
p1 = toto POIN n ;  
p1 = toto POIN INIT ;  
p1 = toto POIN FINA ;  
p1 = toto POIN PROC pi ;  
    toto  MAILLAGE  
    pi    POINT  
    p1    POINT
```

- Extraction d'un ensemble de points

```
elp = toto POIN DROI p1 p2 (crit) ;  
    toto  MAILLAGE  
    p1, p2 POINT  
    crit  FLOTTANT (par défaut un dixième de la densité courante)  
    elp   MAILLAGE de POI1 (ensemble des points de toto dont la  
          distance à la droite passant par P1 et P2 est inférieure à crit)  
elp = toto POIN PLAN p1 p2 p3 (crit) ;  
    toto  MAILLAGE  
    pi    POINT  
    crit  FLOTTANT (par défaut un dixième de la densité courante)  
    elp   MAILLAGE de POI1 (ensemble des points de toto dont la  
          distance au plan passant par P1, P2 et P3 est inférieure à crit)  
elp = toto POIN CYLI o1 o2 p1 (crit) ;  
    toto  MAILLAGE  
    pi    POINT  
    crit  FLOTTANT (par défaut un dixième de la densité courante)  
    elp   MAILLAGE de POI1 (ensemble des points de toto dont la  
          distance au cylindre d'axe passant par O1 et O2 et passant par P1  
          est inférieure à crit)  
elp = toto POIN CONE o1 o2 p1 (crit) ;  
    toto  MAILLAGE  
    pi    POINT  
    crit  FLOTTANT (par défaut un dixième de la densité courante)  
    elp   MAILLAGE de POI1 (ensemble des points de toto dont la  
          distance au cône de sommet O1, d'axe passant par O1 et O2 et  
          passant par P1 est inférieure à crit)  
elp = toto POIN SPHE o1 p1 (crit) ;  
    toto  MAILLAGE  
    pi    POINT  
    crit  FLOTTANT (par défaut un dixième de la densité courante)  
    elp   MAILLAGE de POI1 (ensemble des points de toto dont la  
          distance à la sphère de centre O1 et passant par P1 est inférieure  
          à crit)
```

elp = toto **POIN TORE** o1 o2 o3 p1 (crit) ;
 toto MAILLAGE
 pi POINT
 crit FLOTTANT (par défaut un dixième de la densité courante)
 elp MAILLAGE de POI1 (ensemble des points de toto dont la distance au tore de centre O1, d'axe O1 O2, de petit centre O3 et passant par P1 est inférieure à crit)

14.6 L'opérateur **NOEUd**

Il permet, sur l'objet en cours de construction, de fournir un nom au nœud numéro n ou de récupérer le numéro courant du POINT de nom donné.

n = NOEU p1 ;
 p1 = NOEU n ;
 n ENTIER
 p1 POINT

14.7 L'opérateur **BARYcentre**

Il permet de calculer et de nommer le barycentre d'un objet de type MAILLAGE. Chacun des points de l'objet est affecté du même poids.

pb = BARY toto ;
 toto MAILLAGE
 pb POINT

On retrouvera dans le volume LANGAGE ET PROCEDURES, une procédure équivalente à cet opérateur.

14.8 L'opérateur **PVECToriel**

Il permet de nommer et de calculer le produit vectoriel de deux vecteurs (POINT). Le résultat est un vecteur (POINT)

v1 = **PVEC** v2 v3 ;
 vi POINT
 $\vec{V}_1 = \vec{V}_2 \times \vec{V}_3$

14.9 L'opérateur **COTE**

Il a déjà été évoqué lors du chapitre 9. DEFINITION D'UNE SURFACE page 38. Il permet sur certaine surface (toujours à quatre cotés semblables deux à deux) d'extraire et de nommer l'un des quatre cotés. La surface ne doit pas, en particulier, avoir été construite par l'opérateur SURFace

lc = s1 **COTE** n ;
 s1 MAILLAGE (de surface)
 n ENTIER (0 < n < 5)
 lc MAILLAGE

14.10 L'opérateur **CONTour**

Il permet de nommer le contour d'une surface, c'est à dire l'ensemble des lignes de l'objet (MAILLAGE de surface) qui ne sont parcourues qu'une seule fois.

```
lc = CONT s1 ;  
    s1    MAILLAGE  
    lc    MAILLAGE
```

Cet opérateur peut être utilisé avec profit pour s'assurer que l'objet surface ne contient pas de points multiples indésirables (voir le volume VERIFICATION DES DONNEES).

14.11 L'opérateur COMPris

14.12 L'opérateur FACE

Il a déjà été évoqué lors du chapitre 10. DEFINITION D'UN VOLUME page.49 Il permet sur certain volume (toujours à six faces semblables deux à deux) d'extraire et de nommer l'une des "trois faces" formées de triangles ou de quadrangles. Le volume ne doit pas, en particulier, avoir été construit par l'opérateur VOLUME

La première face est celle qui a permis de créer le volume

La deuxième face est la face opposée

La troisième est l'ensemble du tour

```
sc = vol1 FACE n ;  
    vol1  MAILLAGE (de volume)  
    n     ENTIER (0 < n < 4)  
    sc    MAILLAGE
```

C'est l'équivalent de l'opérateur COTE.

14.13 L'opérateur ENVEloppe

Il permet de nommer l'enveloppe d'un volume, c'est à dire l'ensemble des facettes de l'objet (MAILLAGE de volume) qui ne sont parcourues qu'une seule fois.

```
sc = ENVE vol1 ;  
    vol1  MAILLAGE  
    sc    MAILLAGE
```

Cet opérateur peut être utilisé avec profit pour s'assurer que l'objet volume ne contient pas de points multiples indésirables (voir le volume VERIFICATION DES DONNEES).

14.14 L'opérateur ELEMent

Il comporte neuf options dont la première est particulièrement utile puisqu'elle permet de séparer les différents types d'éléments d'un objet ce qui est en général nécessaire pour les codes autres que CASTEM2000®.

```
toto = titi ELEM type ;  
    titi  MAILLAGE  
    type  MOT - un des types d'élément de SEG2 à CU20 (voir page 16)
```

14.15 L'opérateur INCLus

14.15 L'opérateur ARETe

14.16 La directive FIN

Elle conclut la description de l'ensemble des opérateurs de maillage ou plus largement de CASTEM2000®

15. TYPE D'OBJETS CREES

Ils sont définis par des mots de huit lettres au maximum. Le type d'un objet peut être retrouver par l'opérateur **TYPE**.

motype = **TYPE** objet ;

ENTIER

Créé par :

Utilisé par :

FLOTTANT

Créé par :

Utilisé par :

LISTENTI

Créé par : **LECT**

Utilisé par :

LISTMOTS

Créé par : **MOTS**

Utilisé par :

LISTREEL

Créé par : **PROG**

Utilisé par :

LOGIQUE)

Créé par :

Utilisé par :

MAILLAGE

Créé par : **MANU**

Utilisé par :

MOT

Créé par : **MOT, TYPE, VALE**

Utilisé par :

POINT

Créé par :

Utilisé par :

TABLE

Créé par : **TABL**

Utilisé par :

TEXTE

Créé par :

Utilisé par :

16. ESSAI DE RECENSEMENT DES VALEURS PAR DEFAUT

Pour chacun des opérateurs, on fournit, quand elles existent , les valeurs par défaut prises par CASTEM2000[®].

OPTIon

17. REFERENCES GENERALES

18. ANNEXE THEORIQUE

18.1 METHODE DE

19. REPERES BIOGRAPHIQUES

BIOT Jean-Baptiste

Paris 21-04-1774; Paris 03-02-1862

20. INDEX

-,19, 59

*

*,15, 19, 22, 23

**,19

/

/,19

+

+,10, 19, 59

A

ABS,19

ACQU,15

AFFI,57 voir DEPL

ARET,69

ATG,19

B

BARY,67

C

CACH voir TRAC

CER3,24, 25

CER3

DFIN,25

DINI,25

CERC,24, 26

CERC

DFIN,26

DINI,26

CHAN,16, 57

CHAN

CU20,17

LIGN,57

LINE,17, 57

PR15,17

QUA8,17

QUAD,17, 28, 29, 57

TET4,17

TRI3,17

TRI6,17

COMM,15

COMP,68

CONG,24, 27

CONI voir DALL, INTE, PROJ, SURF.

CONT,67

COOR,22, 56, 65

COS,19, 22

COSH,20

COTE,38, 39, 40, 41, 43, 44, 47, 67

COUL,64 voir TRAC

COUP voir TRAC

COUR,24, 27

COUT,38, 39

CUBP,24, 27

CUBP

DFIN,28

DINI,28

CUBT,24, 28

CUBT

DFIN,29

DINI,29

CYLI voir DALL, INTE, POIN, PROJ, SURF.

D

DALL,38, 39

DALL

CONI,40

CYLI,40

PLAN,40

POLY,40

QUEL,41

SPHE,41

TORI,41

DEDO,30

DENS,8, 18

DEPL

AFFI,57

HOMO,57, 58

MOIN,57, 59

PLUS,57, 59

PROJ,57, 59

SYME,57, 60

TOUR,57, 61

DFIN voir CER3, CERC, CUBP, CUBT, DROI , INTE ,
LIGN, PARA, PARC; REGL , TRANS , VOLU

DIGI,23

DIME voir OPTI

DINI voir CER3, CERC, CUBP, CUBT, DROI , INTE ,
LIGN, PARA, PARC, REGL , TRANS , VOLU

DONN voir OPTI

DROI,24, 30 voir PROJ, SYME.

DROI

DFIN,30

DINI,30

E

ECHO voir OPTI

ECLA voir TRAC

ELEM,68 voir TRAC voir OPTI

ELEM

APPU,68

CONT,68

LECT,68

ELIM,25, 39, 44, 52, 58

ELLI,24

ENTI,20

ENVE,68

ERF,20

ET,58

EXP,20

F

FACE,51, 68 voir TRAC
FIN,69
FLOT,20

G

GENE,38, 41, 52
GENJ,42, 49

H

HOMO,57, 58 voir DEPL

I

INCL,68
INFO,8, 15
INTE,24, 30, 31
INTE
 CONI,31
 CYLI,31
 DFIN,31
 DINI,31
 PLAN,31
 SPHE,31
 TORI,31
INVE,24

L

LIAL,49
LIGN,24, 32
LIGN
 DFIN,33, 34
 DINI,33, 34
 ROTA,32, 33
 TRAN,33, 34
LIRE,17, 62
LIST,62
LOG,20

M

MANU,34, 42, 49
MANU
 CU20,49
 CUB8,49
 PR15,49
 PRI6,49
 PY13,49
 PYR5,49
 QUA4,42
 QUA8,42
 SEG2,34
 SEG3,34
 TE10,49
 TET4,49
 TRI3,42
 TRI6,42
MODE voir OPTI
MODI,58
MOIN,19, 57, 59 voir DEPL
MOT,8, 10

N

NBEL,56
NBNO,56
NOEU,67 voir TRAC
NORM,65
NORMAL,38, 42

O

OPTI,15, 71
OPTI
 ACQU,15
 DIME,15, 22, 23, 25, 26, 28, 29, 30, 32, 34, 35, 36,
 38, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 56
 DONN,16
 ECHO,16
 ELEM,16, 38, 40, 41, 43, 44, 47
 IMPR,17
 LECT,17
 MODE,17
 NIVE,17
 REST,17
 SAUV,17
 SORT,18
 TRAC,18
ORIE,38

P

PARA,24, 34
PARA
 DFIN,35
 DINI,35
PARC,24, 35
PARC
 DFIN,36
 DINI,36
PATIN,24, 36
PAVE,50
PAVE,49
PLAN voir DALL, INTE, POIN, PROJ, SURF, SYME.
PLUS,19, 57, 59 voir DEPL
PMIX,65
POIN,66
POIN
 CONE,66
 CYLI,66
 DROI,66
 FINA,24, 66
 INIT,24, 66
 PLAN,66
 PROC,66
 SPHE,66
 TORE,66
POINTCYL,22
POINTSPH,22
POLY voir DALL, SURF.
PROJ,57, 59 voir DEPL
PROJ
 CERC,59
 CONI,59
 CYLI,59
 DROI,59
 PLAN,59

SPHE,59
TORI,59
PSCA,65
PVEC,67

Q

QUEL,24, 36 voir DALL.
QUEL
SEG2,36
SEG3,36

R

RACC,42
RAFT,42
REGE,44, 52
REGL,38, 43
REGL
DFIN,43
DINI,43
REST,17, 62
REST
FORM,62
ROTA,38, 44, 53, 61 voir LIGN, VOLU.
ROTA
DFIN,45
DINI,45

S

SAUV,18, 62
SAUV
FORM,62
SECT voir TRAC
SIGN,20
SIGN
FLOT,20
SIN,20, 22
SINH,21
SORT,18, 63
SORT
NOOP,63
SPHE voir DALL, INTE, POIN, PROJ, SURF.
SURF,38, 45, 67
SURF
CONI,46
CYLI,46
PLAN,46

POLY,46
SPHE,46
TORI,46
SYME,57, 60 voir DEPL
SYME
DROI,60
PLAN,60
POIN,60

T

TANH,21
TASS,64
TITR,15
TORI voir DALL, INTE, PROJ, SURF.
TOUR,57, 61 voir DEPL
TRAC,64 voir OPTI
TRAC
CACH,64
COUL,64
COUP,64
ECLA,64
ELEM,64
FACE,64
NOEU,64
QUAL,64
SECT,64
TRAN,38, 47, 54, 59 voir LIGN, VOLU.
TRAN
DFIN,48
DINI,48
TYPE,70

V

VALE,17, 18
VOLU,50, 68
VOLU,49
DFIN,51, 53, 54
DINI,51, 53, 54
GENE,49, 51
ROTA,49, 52
TRAN,49
TRAN,53

Z

ZIGZAG,36