

---

## Opérateur POST\_K\_BETA

---

### 1 But

---

Analyse de nocivité de défaut par la méthode K-bêta pour les défauts de type elliptique ou semi-elliptique situés sous le revêtement des cuves des réacteurs à eau pressurisée.

L'objectif de cette méthode est d'évaluer sur un maillage sain (sans défaut maillé) et en post-traitement d'une étude mécanique (axisymétrique ou 3D) en élasticité linéaire, le facteur d'intensité des contraintes élasto-plastique au niveau de chacune des deux pointes du défaut, c'est-à-dire au niveau de la pointe côté revêtement et au niveau de la pointe côté métal de base. Les grandeurs obtenues en sortie de cette méthode peuvent alors être utilisées pour déterminer par la suite les facteurs de marge vis-à-vis de la rupture par comparaison avec la ténacité critique du mode de rupture envisagé au niveau de la pointe du défaut considérée.

POST\_K\_BETA calcule dans un premier temps le facteur d'intensité de contraintes élastique aux deux pointes du défaut, à l'aide des contraintes aux nœuds issues de la résolution mécanique et des contraintes résiduelles données par l'utilisateur. Puis, dans un second temps, l'opérateur calcule le facteur d'intensité des contraintes corrigé plastiquement à partir de son équivalent élastique via la méthode dite de la « correction  $\beta$  ». Cette méthode est spécifique aux défauts sous revêtement collés à l'interface ou légèrement décalés (côté revêtement ou côté métal de base) par rapport à l'interface et permet de tenir compte de l'influence sur le défaut du phénomène de plastification se produisant au niveau de la pointe côté revêtement et de la pointe côté métal de base [R7.02.10].

Produit un concept de type `table_sdaster`.

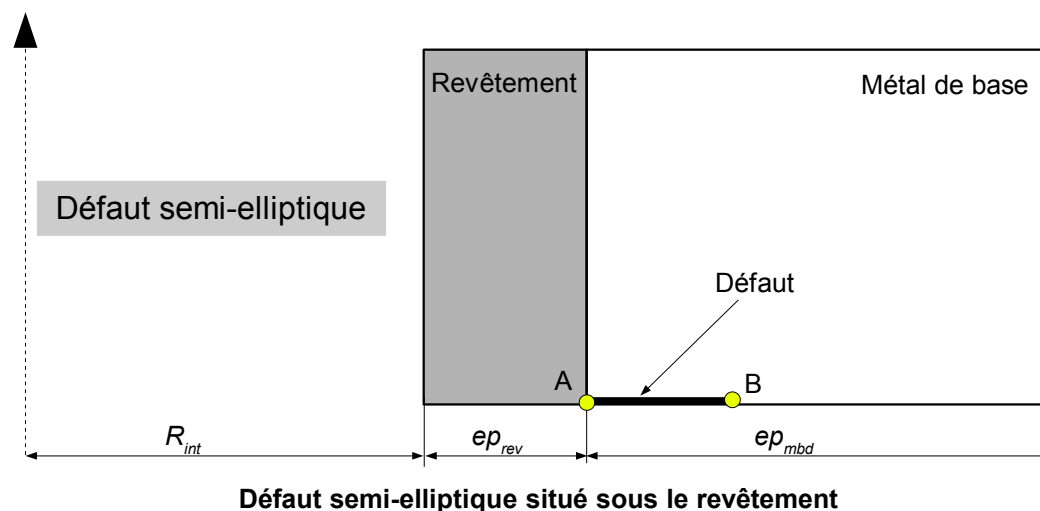
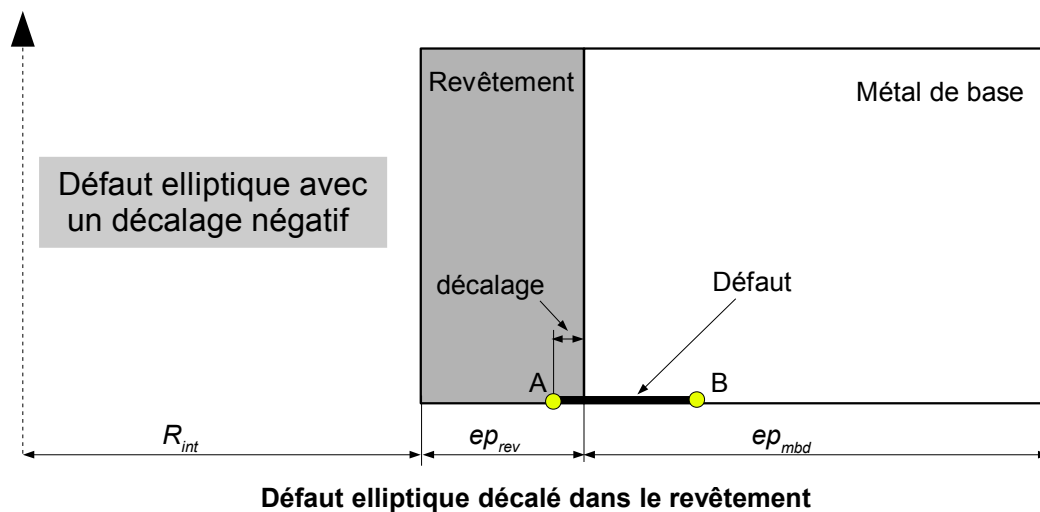
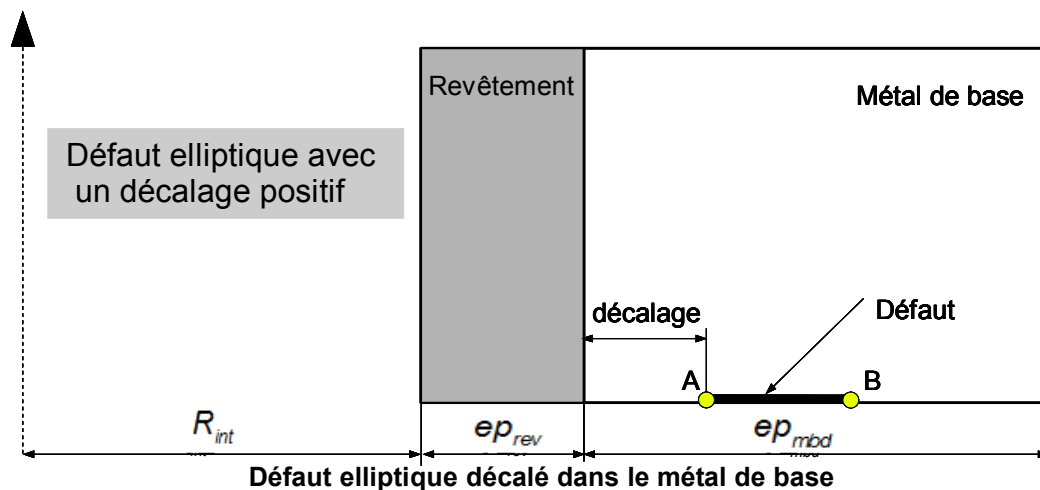
## 2 Syntaxe

```
tk [table_sdaster] = POST_K_BETA (
    ♦ MAILLAGE = ma, [maillage]
    ♦ MATER_REV = mat_rev, [matériau]
    ♦ EPAIS_REV = epais_rev, [R]
    ◊ MATER_MDB = mat_mdb, [matériau]
    ◊ EPAIS_MDB = epais_mdb, [R]
    ♦ FISSURE = _F (
        ♦ FORM_FISS = / ' ELLIPSE ', [DEFAULT]
        / ' SEMI_ELLIPSE ',
        ◊ DECALAGE = / -2.10-4, [DEFAULT]
        /décalage, [R]
        ♦ PROFONDEUR = profondeur, [R]
        ♦ LONGUEUR = longueur, [R]
        ♦ ORIENTATION = / ' CIRC ',
        / ' LONGI ',
    ),
    ♦ K1D = _F (
        ◊ TABL_MECA_REV= table_rev, [table_sdaster]
        ♦ TABL_MECA_MDB= table_mdb, [table_sdaster]
        ♦ TABL_THER = table_ther, [table_sdaster]
        ♦ INTITULE = intitulé, [K]
    ),
    ◊ TITRE = titre, [l_K]
);
```

## 3 Opérandes

L'opérateur POST\_K\_BETA peut-être utilisé dans le cadre de modélisations axisymétriques ou tridimensionnelles.

Sur les figures ci-dessous nous présentons une schématisation d'une tranche de cuve avec la présence d'un défaut elliptique (décalage négatif et positif) ou d'un défaut semi-elliptique.



## 3.1 Opérande MAILLAGE

Concept de type `maillage`.

## 3.2 Opérande MATER\_REV

Nom du concept de type `materiau` définissant le matériau constituant le revêtement. Nécessaire pour récupérer :

- Le module d'Young, pour le calcul des coefficients d'influence (défaut semi-elliptique),
- Les limites élastiques, pour la correction plastique des facteurs d'intensité de contraintes.

## 3.3 Opérande EPAIS\_REV

Épaisseur du revêtement. Nécessaire pour :

- Le calcul des facteurs d'intensité de contrainte dans le cas de la méthode des coefficients d'influence (défaut semi-elliptique)
- La correction des facteurs d'intensité de contraintes par les facteurs de bords et pour la correction plastique.

## 3.4 Opérande MATER\_MDB

Nom du concept de type `materiau` définissant le matériau constituant le métal de base. Nécessaire pour récupérer le module d'Young, pour le calcul des coefficients d'influence (défaut semi-elliptique).

## 3.5 Opérande EPAIS\_MDB

Épaisseur du métal de base, nécessaire pour la correction des facteurs d'intensité de contraintes par la méthode des coefficients d'influence (défaut semi-elliptique).

## 3.6 Mot clé FISSURE

Mot-clé facteur pour la caractérisation géométrique du défaut. Il ne peut être utilisé qu'une seule fois.

### 3.6.1 Opérande FORM\_FISS

Forme du défaut :            `'ELLIPSE'`            pour un défaut elliptique,  
                                 `'SEMI_ELLIPSE'`        pour un défaut semi-elliptique,

### 3.6.2 Opérande DECALAGE

Cette opérande est utilisée uniquement dans le cas d'un défaut de forme `'ELLIPSE'`. A partir de l'interface revêtement/métal de base, elle permet de décaler la fissure dans le :

- Revêtement :    `DECALAGE` négatif,
- Métal de base : `DECALAGE` positif ou nul .

### 3.6.3 Opérande PROFONDEUR

Dimension radiale du défaut.

### 3.6.4 Opérande LONGUEUR

Deuxième dimension du défaut (axiale ou orthoradiale suivant l'orientation du défaut).

### 3.6.5 Opérande ORIENTATION

Caractérisation de l'orientation du défaut : 'CIRC' pour un défaut circonférentiel,  
'LONGI' pour un défaut longitudinal.

## 3.7 Mot clé K1D

Mot-clé facteur pour la caractérisation du transitoire thermomécanique. La répétition de ce mot-clé est possible.

### 3.7.1 Opérandes TABL\_MECA\_REV et TABL\_MECA\_MDB

**Défaut de forme 'ELLIPSE' avec décalage négatif :**

Pour ce type de défaut, les deux tables TABL\_MECA\_REV et TABL\_MECA\_MDB sont obligatoires, elles fournissent le transitoire des contraintes subies par la cuve au cours de l'histoire du chargement, respectivement côté revêtement (de la pointe A du défaut à l'interface) et côté métal de base (de l'interface à la pointe B du défaut).

**Défaut de forme 'ELLIPSE' avec décalage positif :**

Pour ce type de défaut, la table TABL\_MECA\_MDB est obligatoire, elle fournit le transitoire des contraintes subies par la cuve au cours de l'histoire du chargement, respectivement côté revêtement (de la pointe A du défaut) et côté métal de base (à la pointe B du défaut).

**Défaut de forme 'SEMI\_ELLIPSE' :**

Pour ce type de défaut, la table TABL\_MECA\_MDB est obligatoire, elle fournit le transitoire des contraintes subies par la cuve au cours de l'histoire du chargement, respectivement côté revêtement (de la pointe A du défaut : interface entre le revêtement et le métal de base) et côté métal de base (à la pointe B du défaut).

Les paramètres communs nécessaires à ces tables sont :

- 'INST' [R],
- 'SIXX' [R] (en 3D avec 'LONGI'),
- 'SIYY' [R] (en 3D avec 'LONGI' ou en 2D avec 'CIRC'),
- 'SIXY' [R] (en 3D avec 'LONGI'),
- 'SIZZ' [R] (en 2D avec 'LONGI' ou en 3D avec 'CIRC').

Les paramètres nécessaires spécifiques à :

- TABL\_MECA\_REV sont :
  - 'COOR\_X' [R],
  - 'COOR\_Y' [R]
- TABL\_MECA\_MDB sont :
  - 'ABSC\_CURV' [R]

Le lecteur est invité à consulter la documentation des commandes POST\_RELEVE\_T [U4.81.21] et MACR\_LIGN\_COUPE [U4.81,13] pour davantage d'informations sur le sens des paramètres.

Dans le cas d'un défaut de forme 'SEMI\_ELLIPSE' la macro-commande `MACR_LIGN_COUPE` doit être utilisée avec les mots clés `TYPE='SEGMENT'` et `NB_POINTS=5`. La méthode des coefficients d'influence nécessite l'évaluation d'un polynôme de degré 5 représentant l'évolution de la contrainte normale au segment représentant la fissure [R7.02.10]. La macro-commande `MACR_LIGN_COUPE` permet à l'utilisateur de définir les lieux où la contrainte est relevée et ceci indépendamment du maillage utilisé lors de l'étude thermo-mécanique.

### 3.7.2 Opérande `TABL_THER`

Table fournissant le transitoire thermique dans la cuve au cours de l'histoire du chargement de la pointe A à la pointe B.

Les paramètres nécessaires de cette table sont :

- 'INST' [R],
- 'ABSC\_CURV' [R],
- 'TEMP' [R].

Le lecteur est invité à consulter la documentation des commandes `POST_RELEVE_T` [U4.81.21] et `MACR_LIGN_COUPE` [U4.81.13] pour davantage d'informations sur le sens des paramètres.

### 3.7.3 Opérande `INTITULE`

Intitulé pour préciser le groupe de nœuds considéré.

## 3.8 Opérande `TITRE`

Titre attaché au concept produit par cet opérande [U4.03.01].

## 4 Table produite

La table produite est fonction de la forme du défaut. Les paramètres de la table produite sont décrits dans le tableau suivant :

| Forme du défaut : <code>FORM_FISS = 'ELLIPSE'</code> |          |                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PARAMETRE                                            | TYP<br>E | DESCRIPTION                                                                                                        |
| <code>GROUP_NO</code>                                | K32      | intitulé pour préciser le nom du groupe de nœuds considéré,                                                        |
| <code>INST</code>                                    | R        | instant                                                                                                            |
| <code>K1_REV</code>                                  | R        | facteur d'intensité des contraintes élastiques à la pointe de fissure côté revêtement (pointe A)                   |
| <code>KCP_REV</code>                                 | R        | facteur d'intensité des contraintes avec correction plastique à la pointe de fissure côté revêtement (pointe A)    |
| <code>TEMPPF_REV</code>                              | R        | température à la pointe de fissure côté revêtement (pointe A)                                                      |
| <code>K1_MDB</code>                                  | R        | facteur d'intensité des contraintes élastiques à la pointe de fissure côté métal de base (pointe B)                |
| <code>KCP_MDB</code>                                 | R        | facteur d'intensité des contraintes avec correction plastique à la pointe de fissure côté métal de base (pointe B) |
| <code>TEMPPF_MDB</code>                              | R        | température à la pointe de fissure côté métal de base (pointe B)                                                   |

| Forme du défaut : FORM_FISS = 'SEMI_ELLIPSE' |          |                                                                                                                    |
|----------------------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PARAMETRE                                    | TYP<br>E | DESCRIPTION                                                                                                        |
| GROUP_NO                                     | K32      | intitulé pour préciser le nom du groupe de nœuds considéré,                                                        |
| INST                                         | R        | instant                                                                                                            |
| K1_REV                                       | R        | facteur d'intensité des contraintes élastiques à la pointe de fissure côté revêtement (pointe A)                   |
| KCP_REV                                      | R        | facteur d'intensité des contraintes avec correction plastique à la pointe de fissure côté revêtement (pointe A)    |
| TEMPPF_REV                                   | R        | température à la pointe de fissure côté revêtement (pointe A)                                                      |
| K1_MDB                                       | R        | facteur d'intensité des contraintes élastiques à la pointe de fissure côté métal de base (pointe B)                |
| KCP_MDB                                      | R        | facteur d'intensité des contraintes avec correction plastique à la pointe de fissure côté métal de base (pointe B) |
| TEMPPF_MDB                                   | R        | température à la pointe de fissure côté métal de base (pointe B)                                                   |
| K1C_REV                                      | R        | facteur d'intensité des contraintes à la pointe de fissure côté revêtement (pointe C)                              |
| KCPC_REV                                     | R        | facteur d'intensité des contraintes avec correction plastique à la pointe de fissure côté revêtement (pointe C)    |
| TEMPPC_REV                                   | R        | température à la pointe de fissure côté revêtement (pointe C)                                                      |

## 5 Exemples

### 5.1 Défaut elliptique avec un décalage négatif

Des exemples d'utilisation de la commande `POST_K_BETA` sont fournis dans le cas test `EPICU01`.

Avant l'utilisation de la commande `POST_K_BETA`, il est nécessaire de relever les contraintes et les températures le long du défaut.

Relevé des contraintes sur la partie du défaut située dans le revêtement.

```
S1_G=MACR_LIGN_COUPE (RESULTAT=SIG,  
                      LIST_INST = LINST_ME, NOM_CHAM='SIGM_ELNO',  
                      VIS_A_VIS=_F (GROUP_MA_1='R',),  
                      LIGN_COUPE=(  
                        _F (TYPE='SEGMENT', NB_POINTS=2, INTITULE='GLOBAL1',  
                           COOR_ORIG=(2.0013, 0.0),  
                           COOR_EXTR=(2.0015, 0.0),  
                        )  
                      ))
```

Relevé des contraintes sur la partie du défaut située dans le métal de base.

```
S2_G=MACR_LIGN_COUPE (RESULTAT=SIG,  
                      LIST_INST = LINST_ME, NOM_CHAM='SIGM_ELNO',  
                      VIS_A_VIS=_F (GROUP_MA_1='M',),  
                      LIGN_COUPE=(  
                        _F (TYPE='SEGMENT', NB_POINTS=2, INTITULE='GLOBAL2',  
                           COOR_ORIG=(2.0015, 0.0),  
                           COOR_EXTR=(2.0073, 0.0),  
                        )  
                      ))
```

Relevé des températures le long du défaut.

```
TEMP_G=MACR_LIGN_COUPE (RESULTAT=TEMP,  
                        LIST_INST = LINST_TH, NOM_CHAM='TEMP',  
                        LIGN_COUPE=(  
                            _F (TYPE='SEGMENT', NB_POINTS=10, INTITULE='GLOBAL3',  
                                COOR_ORIG=(2.0013, 0.0, ),  
                                COOR_EXTR=(2.0073, 0.0, ),))
```

Après avoir effectué ces différents relevés, le calcul du facteur d'intensité de contrainte peut se faire effectivement à l'aide de la commande POST\_K\_BETA.

```
TB_KBETA = POST_K_BETA (  MAILLAGE = MAIL,  
                        MATER_REV = MAME_RE2,  
                        EPAIS_REV = EPREV,  
                        FISSURE = _F ( FORM_FISS = 'ELLIPSE',  
                                       PROFONDEUR = 6.,  
                                       LONGUEUR = 60.,  
                                       DECALAGE = -1.E-05,  
                                       ORIENTATION= 'CIRC' ),  
                        K1D      = ( _F ( TABL_MECA_REV = S1_G,  
                                       TABL_MECA_MDB = S2_G,  
                                       TABL_THER    = TEMP_G,  
                                       INTITULE     = 'NOEINF',),),),  
                        TITRE    = 'FIC PAR METHODE K-BETA'  
                        )
```

## 5.2 Défaut elliptique avec un décalage positif

Des exemples d'utilisation de la commande POST\_K\_BETA sont fournis dans le cas test EPICU02.

Avant l'utilisation de la commande POST\_K\_BETA, il est nécessaire de relever les contraintes et les températures le long du défaut.

Les tables TABL\_MECA\_MDB et TABL\_THER sont obtenues directement en utilisant la macro-commande MACR\_LIGN\_COUPE sur le segment support du défaut allant de la pointe A du défaut côté revêtement jusqu'à la pointe B coté métal de base.

```
S1G = MACR_LIGN_COUPE (RESULTAT=SIG,  
                      NOM_CHAM='SIGM_ELNO',  
                      LIGN_COUPE=_F (TYPE='SEGMENT',  
                                       NB_POINTS=5,  
                                       COOR_ORIG=(Pointe_A,0.,0.),  
                                       COOR_EXTR=(Pointe_B,0.,0.))
```

```
TEMPG = MACR_LIGN_COUPE (RESULTAT=TEMP,  
                        NOM_CHAM='TEMP',  
                        LIGN_COUPE=_F (TYPE='SEGMENT',  
                                       NB_POINTS=5,  
                                       COOR_ORIG=(Pointe_A,0.,0.),  
                                       COOR_EXTR=(Pointe_B,0.,0.))
```

Après avoir effectué ces différents relevés, le calcul du facteur d'intensité de contrainte peut se faire effectivement à l'aide de la commande POST\_K\_BETA.



```
KBETA = POST_K_BETA (MAILLAGE = MAIL,
                     MATER_REV = MAME_RE2,
                     EPAIS_REV = EPREV,
                     FISSURE =_F ( FORM_FISS = 'ELLIPSE',
                                   PROFONDEUR = 0.006,
                                   DECALAGE = 0.01,
                                   LONGUEUR = 0.06,
                                   ORIENTATION = 'LONGI' ),
                     K1D =(_F (TABL_MECA_MDB = S1G,
                                TABL_THER = TEMPG,
                                INTITULE = 'noeud inferieur NOEINF')),
                     TITRE = 'FIC PAR METHODE K-BETA')
```

## 5.3 Défaut semi-elliptique

Des exemples d'utilisation de la commande `POST_K_BETA` sont fournis dans le cas test `EPICU03`.

Avant l'utilisation de la commande `POST_K_BETA`, il est nécessaire de relever les contraintes et les températures le long du défaut.

Les tables `TABL_MECA_MDB` et `TABL_THER` sont obtenues directement en utilisant la macro-commande `MACR_LIGN_COUPE` sur le segment support du défaut allant de la pointe A du défaut côté revêtement jusqu'à la pointe B coté métal de base.

```
S1G = MACR_LIGN_COUPE (RESULTAT=SIG,
                      VIS_A_VIS=_F (GROUP_MA_1='M'),
                      NOM_CHAM='SIGM_ELNO',
                      LIGN_COUPE=_F (TYPE='SEGMENT',
                                      NB_POINTS=5,
                                      COOR_ORIG=(Pointe_A,0.,0.),
                                      COOR_EXTR=(Pointe_B,0.,0.)))
```

```
TEMPG = MACR_LIGN_COUPE (RESULTAT=TEMP,
                         NOM_CHAM='TEMP',
                         LIST_INST=LINST_TH,
                         LIGN_COUPE=_F (TYPE='SEGMENT',
                                         NB_POINTS=5,
                                         COOR_ORIG=(Pointe_A,0.,0.),
                                         COOR_EXTR=(Pointe_B,0.,0.)))
```

Après avoir effectué ces différents relevés, le calcul du facteur d'intensité de contrainte peut se faire effectivement à l'aide de la commande `POST_K_BETA`.

```
KBETA = POST_K_BETA (MAILLAGE = MAIL,
                     MATER_REV = MAME_RE2,
                     MATER_MDB = MAME_MET,
                     EPAIS_REV = EPREV,
                     EPAIS_MDB = EPMDB,
                     FISSURE =_F ( FORM_FISS = 'SEMI_ELLIPSE',
                                   PROFONDEUR = 0.005,
                                   LONGUEUR = 0.025,
                                   ORIENTATION = 'LONGI' ),
                     K1D =(_F (TABL_MECA_MDB = S1G,
                                TABL_THER = TEMPG,
                                INTITULE = 'noeud inferieur NOEINF')),
                     TITRE = 'FIC PAR METHODE K-BETA')
```

En effet, contrairement à la méthodologie de détermination du facteur d'intensité des contraintes élastique pour le défaut elliptique, la méthode des coefficients d'influence utilisée ici pour la détermination du facteur d'intensité des contraintes élastique du défaut semi-elliptique requiert de renseigner en plus les mots clés `MATER_MDB` et `EPAIS_MDB` (cf. paragraphes 3.4 et 3.5).