

## Guide de lecture de la documentation de référence

### Résumé :

Ce document est un inventaire des documents de référence. Ceux-ci sont regroupés par **fonctionnalités**.

1	Algorithmes et méthodologies.....	4
1.1	Analyse modale.....	4
1.2	Analyse dynamique transitoire.....	4
1.3	Analyse dynamique fréquentielle.....	4
1.4	Analyse spectrale et réponse aléatoire.....	4
1.5	Sous-structuration dynamique.....	4
1.6	Extrapolation de mesures expérimentales.....	4
1.7	Interaction sol-structure.....	4
1.8	Mécanique de la rupture.....	4
1.9	Recalage.....	5
1.10	Méthodes probabilistes.....	5
1.11	Conditions aux limites et de liaisons.....	5
1.12	Mécanique non-linéaire.....	5
1.13	Solveurs algébriques.....	5
1.14	Fatigue.....	5
1.15	Thermo-hydro-mécanique couplée.....	5
1.16	Contact et frottement.....	5
1.17	Grandes déformations et grands déplacements.....	6
1.18	Flambement.....	6
1.19	Thermique.....	6
1.20	Interaction fluide-structure.....	6
1.21	Analyse limite.....	6
1.22	Estimateurs d'erreur.....	6
1.23	Post-traitements.....	6
1.24	Outil-métiers.....	7
2	Lois de comportement.....	8
2.1	Généralités.....	8
2.2	Éléments discrets et de poutres.....	8
2.3	Thermo-élasticité.....	8
2.4	Élastoplasticité incrémentale.....	8
2.5	Élastoviscoplasticité sous irradiation.....	8
2.6	Comportement des métaux polycristallins.....	8
2.7	Géo-matériaux et milieux poreux.....	8
2.8	Comportement des bétons.....	8
2.9	Comportement des armatures dans les structures en béton armé.....	9
2.10	Endommagement.....	9
2.11	Modèles métallurgiques.....	9
2.12	Visco-élasticité.....	9
2.13	Élastoviscoplasticité des métaux.....	9
2.14	Lois cohésives et de joints.....	10

3Éléments finis.....	11
3.1Éléments finis.....	11
3.2Éléments de structure.....	11
3.3Éléments finis incompressibles.....	11
3.4Éléments de joints, d'interface et de discontinuités.....	11

## 1 Algorithmes et méthodologies

---

### 1.1 Analyse modale

- [R5.01.01] Solveurs modaux et résolution du problème généralisé (GEP)
- [R5.01.02] Résolution du problème modal quadratique (QEP)
- [R5.01.03] Paramètres modaux et norme des vecteurs propres
- [R5.01.04] Procédure de dénombrement de valeurs propres
- [R5.07.01] Calcul de modes non-linéaires

### 1.2 Analyse dynamique transitoire

- [R4.05.01] Réponse sismique par analyse transitoire
- [R5.05.01] Résolution d'une équation différentielle du second ordre par la méthode de NIGAM
- [R5.05.02] Algorithmes d'intégration directe de l'opérateur `DYNA_LINE_TRAN`
- [R5.05.04] Modélisation de l'amortissement en dynamique linéaire
- [R5.05.05] Algorithme non linéaire dynamique
- [R5.06.03] Modélisation des chocs et du frottement en analyse transitoire par recombinaison modale
- [R5.06.04] Algorithmes d'intégration temporelle de l'opérateur `DYNA_TRAN_MODAL`

### 1.3 Analyse dynamique fréquentielle

- [R5.05.03] Réponse harmonique

### 1.4 Analyse spectrale et réponse aléatoire

- [R4.05.02] Approche stochastique pour l'analyse sismique
- [R4.05.03] Réponse sismique par méthode spectrale
- [R7.10.01] Dépouillement des réponses aléatoires

### 1.5 Sous-structuration dynamique

- [R4.06.02] Calcul modal par sous-structuration dynamique classique
- [R4.06.03] Sous-structuration dynamique cyclique
- [R5.06.01] Réduction de modèle en dynamique linéaire et non-linéaire : Méthode de RITZ

### 1.6 Extrapolation de mesures expérimentales

- [R7.20.02] Extrapolation de mesures sur un modèle numérique en dynamique

### 1.7 Interaction sol-structure

- [R4.05.04] Interaction sol-structure avec variabilité spatiale (opérateur `DYNA_ISS_VARI`)
- [R4.05.05] Génération de signaux sismiques
- [R4.05.06] Méthode linéaire équivalent pour la propagation des ondes en 1D
- [R 5 .05.0 9 ] Calcul de signaux reconstitués et de la matrice fonction de transferts

### 1.8 Mécanique de la rupture

- [R7.02.01] Taux de restitution de l'énergie en thermo-élasticité linéaire
- [R7.02.03] Taux de restitution de l'énergie en thermo-élasticité non-linéaire
- [R7.02.05] Calcul des coefficients d'intensité de contraintes en thermoélasticité linéaire plane
- [R7.02.06] Modèles de Weibull et de Rice et Tracey
- [R7.02.07] Taux de restitution d'énergie en thermo-élasto-plasticité - approche GTP
- [R7.02.08] Calcul des facteurs d'intensité des contraintes par extrapolation du champ de déplacements

- [R7.02.09] Identification du modèle de Weibull
- [R7.02.10] Analyse simplifiée de nocivité de défaut par la méthode K-bêta
- [R7.02.13] Algorithmes de propagation de fissures avec X-FEM
- [R7.02.16] Méthode Gp : une approche énergétique de la prédiction du clivage
- [R7.02.17] Fissure équivalente à partir d'un champ d'endommagement
- [R7.02.18] Élément hydro-mécanique couplé avec XFEM
- [R7.02.19] Éléments cohésifs avec X-FEM

## 1.9 Recalage

- [R4.03.06] Algorithme de recalage

## 1.10 Méthodes probabilistes

- [R4.03.05] Modèles probabilistes paramétriques et non-paramétriques en dynamique

## 1.11 Conditions aux limites et de liaisons

- [R3.03.01] Dualisation des conditions aux limites
- [R3.03.02] Conditions de liaison de corps solide
- [R3.03.03] Raccord 2D-poutre et 3D-poutre
- [R3.03.05] Élimination des conditions aux limites dualisées
- [R3.03.06] Liaison coque-poutre
- [R3.03.08] Relations cinématiques linéaires de type RBE3
- [R3.03.0 9 ] Raccord Arlequin 3D – Poutre

## 1.12 Mécanique non-linéaire

- [R5.03.01] Algorithme non linéaire quasi-statique (opérateur `STAT_NON_LINE`)
- [R5.03.03] Prise en compte de l'hypothèse des contraintes planes dans les comportements non linéaires
- [R5.03.14] Intégration implicite et explicite des relations de comportement non linéaire
- [R5.03.80] Méthodes de pilotage du chargement
- [R5.03.81] Méthode IMPLEX
- [R7.01.02] Modélisation des câbles de précontrainte

## 1.13 Solveurs algébriques

- [R6.01.02] Généralités sur le gradient conjugué : GCPC Aster et utilisation de PETSc
- [R6.02.01] A propos des méthodes de décomposition de type GAUSS
- [R6.02.02] Solveur linéaire par la méthode multifrontale `MULT_FRONT`
- [R6.02.03] Généralités sur les solveurs linéaires directs et utilisation de MUMPS
- [R6.03.01] Résolution de systèmes non réguliers par une méthode de décomposition en valeurs singulières

## 1.14 Fatigue

- [R7.04.01] Estimation de la durée de vie en fatigue à grand nombre de cycles et en fatigue oligocyclique
- [R7.04.02] Estimation de la fatigue sous sollicitation aléatoire
- [R7.04.04] Critères multiaxiaux d'amorçage en fatigue

## 1.15 Thermo-hydro-mécanique couplée

- [R7.01.10] Modélisations THHM : Généralités et algorithmes
- [R7.01.34] Schémas volumes finis SUSHI pour la modélisation des écoulements insaturés miscibles

## 1.16 Contact et frottement

- [R5.03.50] Formulation discrète du contact-frottement

- [R5.03.52] Éléments de contact dérivés d'une formulation hybride continue
- [R5.03.53] Contact en grands glissements avec X-FEM
- [R5.03.54] Contact en petits glissements avec X-FEM

## 1.17 Grandes déformations et grands déplacements

- [R3.03.04] Efforts extérieurs de pression en grands déplacements
- [R3.03.07] Pression suivieuse pour les éléments de coques volumiques
- [R5.03.21] Modélisation élasto(visco)plastique avec écrouissage isotrope en grandes déformations
- [R5.03.22] Loi de comportement en grandes rotations et petites déformations
- [R5.03.24] Modèles de grandes déformations `GDEF_LOG` et `GDEF_HYPO_ELAS`
- [R5.03.40] Modélisation statique et dynamique des poutres en grandes rotations

## 1.18 Flambement

- [R7.05.01] Critères de stabilité structurale

## 1.19 Thermique

- [R3.06.07] Diagonalisation de la matrice de masse thermique
- [R5.02.01] Algorithme de thermique linéaire transitoire
- [R5.02.02] Thermique non linéaire
- [R5.02.04] Thermique non linéaire en repère mobile

## 1.20 Interaction fluide-structure

- [R4.07.02] Modélisation des excitations turbulentes
- [R4.07.03] Calcul de matrice de masse ajoutée sur base modale
- [R4.07.04] Couplage fluide-structure pour les structures tubulaires et les coques coaxiales
- [R4.07.05] Homogénéisation d'un réseau de poutres baignant dans un fluide
- [R4.07.07] Identification d'efforts fluides

## 1.21 Analyse limite

- [R7.07.01] Calcul de charge limite par la méthode de Norton-Hoff-Friaâ, comportement `NORTON_HOFF`

## 1.22 Estimateurs d'erreur

- [R4.10.01] Estimateur d'erreur de ZHU-ZIENKIEWICZ
- [R4.10.02] Estimateur d'erreur en résidu
- [R4.10.03] Indicateur d'erreur spatiale en résidu pour la thermique transitoire
- [R4.10.04] Détection des singularités et calcul d'une carte de taille d'éléments
- [R4.10.05] Indicateur d'erreur en résidu pour les modélisations HM
- [R4.10.06] Estimateurs d'erreur en quantités d'intérêt
- [R4.10.07] Calcul de l'erreur en relation de comportement en dynamique sous une formulation fréquentielle

## 1.23 Post-traitements

- [R3.06.03] Calcul des contraintes aux nœuds par lissage local
- [R4.09.01] Bilan d'énergie en thermo-mécanique
- [R4.20.01] Indicateurs de décharge et de perte de proportionnalité du chargement en élastoplasticité
- [R7.04.03] Post-traitement selon le RCC-M
- [R7.04.05] Algorithme de calcul des densités de ferrailage
- [R7.04.10] Opérateur de calcul de l'usure
- [R7.10.02] Post-traitement des calculs modaux avec choc
- [R7.10.03] Post-traitement de calculs de lignes d'arbres : diagramme de Campbell
- [R7.20.01] Projection d'un champ sur un maillage

## 1.24 Outil-métiers

[R 7.06.01] Modélisation de la déformation des assemblages combustibles avec l'outil `MAC3COEUR`

## 2 Lois de comportement

---

### 2.1 Généralités

[R5.03.27] Comportements mécaniques pour les simulations numériques

### 2.2 Éléments discrets et de poutres

[R5.03.09] Relations de comportement non linéaires 1D  
[R5.03.17] Relations de comportement des éléments discrets

### 2.3 Thermo-élasticité

[R4.01.02] Élasticité anisotrope  
[R4.08.01] Calcul de la déformation thermique  
[R5.03.19] Loi de comportement hyperélastique : matériau presque incompressible  
[R5.03.20] Relation de comportement élastique non linéaire en grands déplacements

### 2.4 Élastoplasticité incrémentale

[R5.03.16] Comportement élastoplastique à écrouissage mixte isotrope et cinématique linéaire

### 2.5 Élastoviscoplasticité sous irradiation

[R5.03.23] Comportement élastoplastique sous irradiation des métaux : application aux internes de cuve

### 2.6 Comportement des métaux polycristallins

[R5.03.11] Comportements élastoviscoplastiques mono et polycristallins

### 2.7 Géo-matériaux et milieux poreux

[R7.01.11] Modèles de comportement THHM  
[R7.01.13] Loi CJS en géomécanique  
[R7.01.14] Loi de comportement CAM\_CLAY  
[R7.01.15] Loi de comportement de LAIGLE  
[R7.01.16] Intégration des comportements de Drucker-Prager DRUCK\_PRAGER et DRUCK\_PRAG\_N\_A et post-traitements  
[R7.01.17] Loi de comportement des milieux poreux : modèle de BARCELONE  
[R7.01.18] Loi de comportement de HOEK\_BROWN modifiée  
[R7.01.22] Loi de comportement viscoplastique VISC\_DRUC\_PRAG  
[R7.01.23] Loi de comportement cyclique de Hujeux pour les sols  
[R7.01.24] Loi de comportement viscoplastique LETK  
[R7.01.28] Loi de Mohr-Coulomb  
[R7.01.38] Loi d'Iwan pour le comportement cyclique de matériaux granulaires  
[R7.01.40] Modèle de comportement LKR

### 2.8 Comportement des bétons

[R7.01.01] Relation de comportement BETON\_RANGER pour le fluage propre du béton  
[R7.01.03] Loi de comportement BETON\_DOUBLE\_DP à double critère Drucker Prager pour la fissuration et la compression du béton  
[R7.01.04] Loi de comportement ENDO\_ISOT\_BETON  
[R7.01.06] Relation de comportement BETON\_UMLV pour le fluage propre du béton  
[R7.01.08] Modèle d'endommagement de MAZARS  
[R7.01.09] Loi de comportement ENDO\_ORTH\_BETON



[R7.01.12] Modélisation de la thermo-hydratation, du séchage et du retrait du béton  
[R7.01.19] Modélisation du couplage fluage/plasticité pour le béton  
[R7.01.26] Loi de comportement `BETON_RAG`  
[R7.01.27] Loi de comportement `BETON_REGLE_PR`  
[R7.01.31] Loi de comportement de plaques en béton armé `GLRC_DAMAGE`  
[R7.01.32] Loi de comportement `GLRC_DM`  
[R7.01.35] Relation de comportement `BETON_BURGER` pour le fluage propre du béton  
[R7.01.3 6 ] Relation de comportement `KIT_RGI`  
[R7.01.3 7 ] Dissipative Homogenised Reinforced Concrete (DHRC) constitutive model devoted to reinforced concrete plates

## 2.9 Comportement des armatures dans les structures en béton armé

[R3.08.10] Élément `CABLE_GAINE`  
[R7.01.20] Comportement de l'acier soumis à la corrosion  
[R7.01.21] Loi de comportement (en 2D) pour la liaison acier/béton : `JOINT_BA`

## 2.10 Endommagement

[R5.03.18] Loi d'endommagement d'un matériau élastique fragile  
[R5.03.25] Loi d'endommagement régularisée `ENDO_SCALAIRE`  
[R5.03.26] Loi d'endommagement régularisée quadratique `ENDO_CARRE`  
[R5.03.28] Loi d'endommagement à gradient `ENDO_FISS_EXP`  
[R5.04.01] Modélisation non locale à gradient de variables internes  
[R5.04.02] Modélisation non locale à gradient de déformation  
[R5.04.03] Modélisations second gradient  
[R5.04.04] Modélisation non locale à gradients d'endommagement nodal `GVNO`  
[R7.01.29] Loi de comportement `ENDO_HETEROGENE`  
[R7.01.33] Couplage élasto-plasticité-endommagement

## 2.11 Modèles métallurgiques

[R4.04.01] Modèles de comportement métallurgique des aciers  
[R4.04.02] Modélisation élasto(visco)plastique avec transformations métallurgiques  
[R4.04.03] Loi de comportement élasto(visco)plastique en grandes déformations avec transformations métallurgiques  
[R4.04.04] Modèles de comportement métallurgique du zircaloy  
[R4.04.05] Modèle de comportement élastovisqueux `META_LEMA_ANI` avec prise en compte de la métallurgie pour les tubes de gaine du crayon combustible

## 2.12 Visco-élasticité

[R5.03.08] Intégration des relations de comportement viscoélastiques  
[R5.0 5.10 ] Dynamic analysis of structures with viscoelastic materials having frequency dependent properties

## 2.13 Élastoviscoplasticité des métaux

[R5.03.02] Intégration des relations de comportement élasto-plastique de Von Mises  
[R5.03.04] Relations de comportement élasto-visco-plastique de Chaboche  
[R5.03.05] Relation de comportement viscoplastique `TAHERI`  
[R5.03.06] Modèle de Rousselier en grandes déformations  
[R5.03.07] Modèle de Rousselier pour la rupture Ductile  
[R5.03.12] Comportement viscoplastique avec effet de mémoire et restauration de Chaboche  
[R5.03.13] Comportement viscoplastique avec endommagement de HAYHURST  
[R5.03.15] Comportement viscoplastique avec endommagement de Chaboche  
[R5.03.32] Loi de comportement de l'assemblage `ASSE_CORN`

## 2.14 Lois cohésives et de joints

- [R3.06.09] Éléments finis de joint mécaniques et éléments finis de joint couplés hydromécaniques
- [R7.01.25] Lois de comportement des joints de barrages : JOINT\_MECA\_RUPT et JOINT\_MECA\_FROT
- [R7.02.11] Lois de comportement cohésive CZM et pilotage du chargement

## 3 Éléments finis

---

### 3.1 Éléments finis

- [R3.01.00] La méthode des éléments finis isoparamétriques
- [R3.01.01] Fonctions de forme et points d'intégration des éléments finis
- [R3.06.02] Modélisation linéaire des éléments de milieu continu en thermique
- [R3.06.04] Éléments de Fourier pour les structures axisymétriques
- [R3.06.10] Éléments quadrangulaires à un point d'intégration, stabilisés par la méthode « assumed strain »
- [R3.06.11] Éléments hexaédriques à un point d'intégration, stabilisés par la méthode « Assumed Strain »
- [R4.02.01] Éléments finis en acoustique
- [R4.02.02] Éléments vibro-acoustiques
- [R4.02.04] Couplage Fluide - Structure avec surface libre
- [R4.02.05] Éléments de frontière absorbante

### 3.2 Éléments de structure

- [R3.07.02] Modélisation numérique des structures minces : coques thermoélasto-plastiques axisymétriques et 1D
- [R3.07.03] Éléments de plaque : modélisations DKT, DST, DKTG et Q4g
- [R3.07.04] Éléments finis de coques volumiques
- [R3.07.05] Éléments de coques volumiques en non linéaire
- [R3.07.06] Traitement de l'excentrement pour les éléments de plaque
- [R3.07.07] Éléments de coque volumique SHB à 8 nœuds
- [R3.07.08] Éléments de coque volumique SHB à 6, 15 et 20 nœuds
- [R3.07.09] Éléments de plaque : Modélisation Q4GG
- [R3.08.01] Éléments "exacts" de poutres (droites et courbes)
- [R3.08.02] Modélisation des câbles
- [R3.08.03] Calcul des caractéristiques d'une poutre de section transversale quelconque
- [R3.08.04] Éléments de poutre à 7 degrés de liberté pour la prise en compte du gauchissement
- [R3.08.05] Un élément fini de câble-poulie
- [R3.08.06] Éléments finis de tuyau droit et courbe
- [R3.08.07] Éléments MEMBRANE et GRILLE\_MEMBRANE
- [R3.08.08] Éléments de poutre multifibre (droite)
- [R3.08.09] Poutres multi-fibres en grands déplacements
- [R3.11.01] Formulation d'un modèle de thermique pour les coques minces
- [R4.01.01] Pré et Post-traitement pour les coques minces "composites"
- [R4.02.03] Poutre élasto-acoustique
- [R5.05.07] Matrice gyroscopique des poutres droites et des disques
- [R5.05.08] Modélisation des rotors fissurés par raideur équivalente fonction de l'angle de rotation

### 3.3 Éléments finis incompressibles

- [R3.06.08] Éléments finis traitant la quasi-incompressibilité

### 3.4 Éléments de joints, d'interface et de discontinuités

- [R3.06.09] Éléments finis de joint mécaniques et éléments finis de joint couplés hydromécaniques
- [R3.06.13] Éléments finis d'interface mixte pour des modèles de zone cohésive (xxx\_INTERFACE et xxx\_INTERFACE\_S)
- [R7.02.12] eXtended Finite Element Method
- [R7.02.14] Éléments à discontinuité interne
- [R7.02.15] Modélisation des fissures avec couplage hydro-mécanique en milieu poreux saturé