



**HAL**  
open science

## Session logiciel: présentation des nouveaux développements du logiciel LS-DYNA®

Edith Gripon, Vincent Lapoujade

► **To cite this version:**

Edith Gripon, Vincent Lapoujade. Session logiciel: présentation des nouveaux développements du logiciel LS-DYNA®. 12e Colloque national en calcul des structures, CSMA, May 2015, Giens, France. hal-01706207

**HAL Id: hal-01706207**

**<https://hal.science/hal-01706207>**

Submitted on 10 Feb 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Public Domain

## Session logiciel : présentation des nouveaux développements du logiciel LS-DYNA®

E. Gripon<sup>1</sup>, V. Lapoujade<sup>1</sup>

<sup>1</sup> DynaS+, 5 avenue Didier Daurat 31400 Toulouse, {e.gripon,v.lapoujade}@dynasplus.com

---

**Résumé** — Poursuivant l'objectif d'offrir un outil de simulation unifié pour une gamme d'application toujours plus étendue, trois nouveaux solveurs ; EM, CESE et ICFD ; ont été introduit au sein du logiciel LS-DYNA. A cette évolution majeure viens s'ajouter l'implémentation de différentes fonctionnalités toutes aussi innovantes et proposant des alternatives aux éléments finis classiquement utilisés. Dans ce papier un bref descriptif des nouveaux solveurs EM, CESE, ICFD et des nouvelles générations d'éléments disponibles dans LS-DYNA seront présentés.

**Mots clés** — élément discret, élément iso-géométrique, méthode particulière, couplage multi-physique

---

### 1. Instructions générales

Alimentée par les progrès de la technologie des supers calculateurs, la popularité de la simulation numérique comme un moyen d'étude et de compréhension des phénomènes physiques est en constante croissance. Les recherches en mécanique des matériaux et structures, en mécanique des fluides et en multi-physique profitent grandement de ces nouvelles infrastructures informatiques donnant accès à des capacités de mémoire, des volumes et des vitesses de calcul de plus en plus importantes. Pour autant, la représentation numérique de systèmes faisant intervenir des problématiques multi-physiques ou multi-échelles, tels que les interactions fluide-structure, les couplages multi-physiques ou l'endommagement reste rarement simple. Les échanges numériques d'informations entre différents domaines physiques entraînent notamment des problématiques d'approximation, de représentativité et de stabilité que le logiciel LS-DYNA ambitionne de relever.

#### 1.1. Présentation générale du logiciel LS-DYNA et des nouveaux axes de développement

Le logiciel LS-DYNA, distribué en France par la société DynaS+ spécialisée en modélisation numérique [1], propose à ses utilisateurs des solutions numériques adaptées pour soutenir et optimiser le développement de produits et de technologies dans des secteurs très diversifiés (défense, aéronautique, spatial, nucléaire, automobile, ...). Les solutions proposées permettent notamment de réduire le temps de conception produit, le nombre et les coûts des essais réels, grâce à des méthodologies numériques de plus en plus rapides et ciblés (FEM, meshless, multi-physique, explicite et implicite).

LS-DYNA est historiquement un code élément finis basé sur un schéma d'intégration explicite particulièrement adapté aux phénomènes de dynamique rapide fortement non-linéaires tels que les chocs entre structures. La stratégie de développement du logiciel est basée sur une constante évolution et amélioration de ses fonctionnalités et sur l'intégration de nouvelles méthodes numériques en pointe de l'innovation. Ainsi, LS-DYNA propose actuellement un ensemble de solveurs et de méthodes spécifiques permettant de résoudre des problèmes multi-physiques en tirant pleinement partie des possibilités des machines multiprocesseurs. A partir de la version R7 (2013), trois nouveaux solveurs ont été intégrées au logiciel (Tableau 1).

Tableau 1 – Versions du logiciel R7 et supérieures : trois nouveaux solveur ; électromagnétique (EM), fluide compressible (CESE) et fluide incompressible (ICFD).

	Depuis 1989 (R1 à R6)	Depuis 2013 (R7 & R8)
Explicite/Implicite	✓	✓
Thermique	✓	✓
ALE & Méthode « Meshfree » (EFG, SPH, Airbag Particle,...)	✓	✓
Discrete Element Method (DEM)	✓	✓
Interfaces utilisateurs (éléments, matériaux, EOS, chargement,...)	✓	✓
Acoustique, Réponse Fréquentielle, Méthode Modales	✓	✓
(ICFD) Incompressible CFD / (CESE) Compressible CFD		✓ / ✓
(EM) Electromagnétisme		✓

Poursuivant l'objectif d'offrir un outil de simulation unifié pour une gamme toujours plus large d'applications, les trois nouveaux solveurs ; EM, CESE et ICFD ; sont automatiquement inclus et disponibles pour tous les utilisateurs du logiciel LS-DYNA. A cette évolution majeure viens s'ajouter l'implémentation de différentes fonctionnalités toutes aussi innovantes et proposant des alternatives aux éléments finis classiquement utilisés. Dans ce papier un bref descriptif des nouveaux solveurs EM, CESE, ICFD et des nouvelles générations d'élément disponibles dans LS-DYNA, seront présentés.

## 2. Alternatives aux éléments finis

### 2.1. Nouvelle génération d'élément : les éléments iso-géométriques

L'analyse par éléments iso-géométriques est une approche de calcul développée récemment pour intégrer l'Analyse par Eléments Finis (FEA) aux outils de conception assistée par ordinateur (CAO). L'idée principale est d'utiliser les mêmes fonctions mathématiques pour décrire la géométrie que celle utilisées dans les systèmes de conception technique [2]. Ses éléments à base de Non-Uniform Rational B-Splines (NURBS) conduisent à des résultats qualitativement plus précis et plus stable par rapport aux éléments finis standard basées sur les Polynômes de Lagrange (Figure 1).

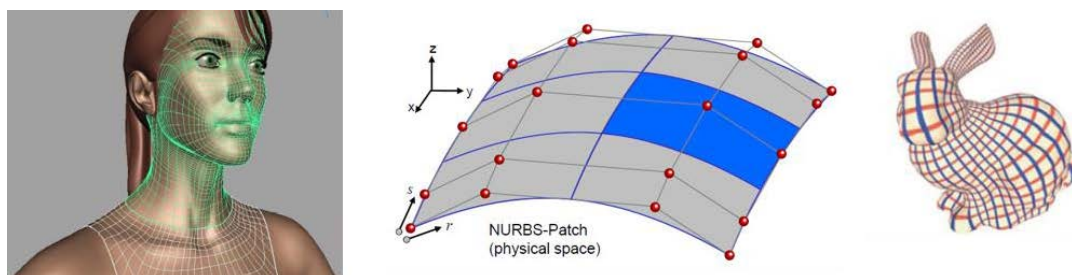


Figure 1 – illustration d'utilisation d'éléments iso-géométriques « Non-Uniform Rational B-Splines » (NURBS)

### 2.2. Méthodes particulières et éléments discret

Les méthodes sans-maillage, meshless ou meshfree methods, apparues depuis quelques dizaines d'année, sont des méthodes construites sur un système d'équations relativement simple à résoudre et sans avoir recours à un maillage prédéfini. Ces nouvelles méthodes sont notamment apparues pour pallier les limitations de la méthode éléments finis - FEM, par exemple, liées à la distorsion extrême des mailles en cas de grands déplacements.

On distingue (Figure 2) la méthode *Smoothed Particles Hydrodynamics* – SPH autorisant le modélisation de très grand déplacement ; la méthode de *Particle Gas* (*Corpuscular Particle Method* – CPM et *Particle Blast*) qui est particulièrement efficace pour représenter un déploiement d’airbag ; alors que la *Discrete Element Method* – DEM (*Discrete Element Sphere* et *Discrete Element Method with Bond*) est recommandée pour représenter des matériaux de type granulaire et autorise une approche mutiéchelle (matériau hétérogène /propagation d’endommagement discret).

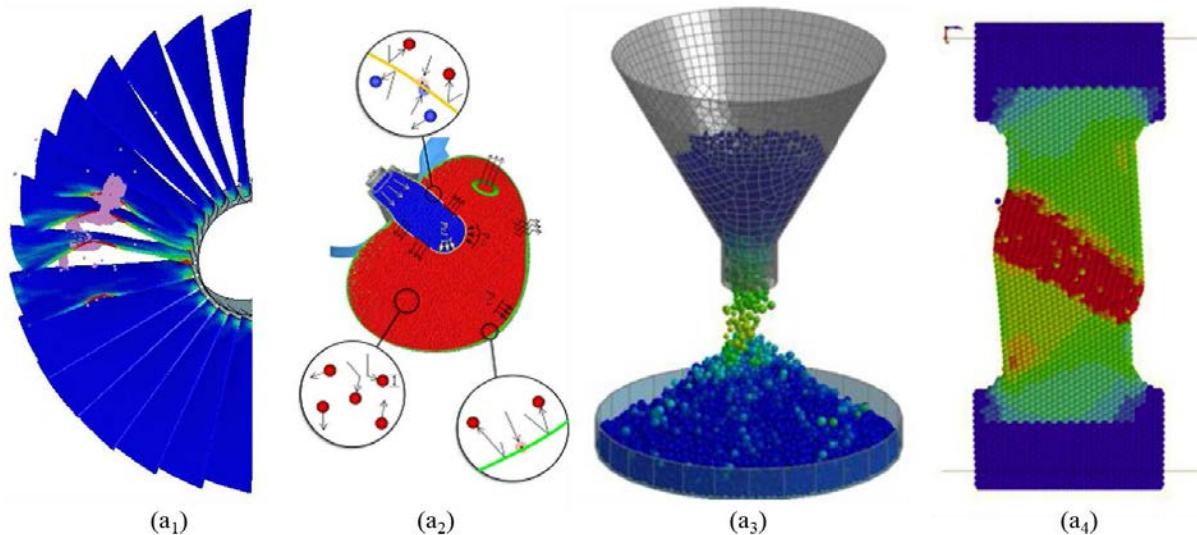


Figure 2 – méthode particulaire et élément discret : (a<sub>1</sub>) impact d’oiseau en SPH, (a<sub>2</sub>) gonflement d’un airbag en CPM, (a<sub>3</sub>) écoulement de sable humide en DEM et (a<sub>4</sub>) rupture en compression en DEM-BOND

### 3. Solveurs multi-physiques et couplage

L’objectif des solveurs multi-physique de LS-DYNA n’est pas seulement de résoudre des problématiques dans leur domaine particulier, mais bien de tirer pleinement partie des capacités de couplage multi-physique du logiciel (Figure 3).

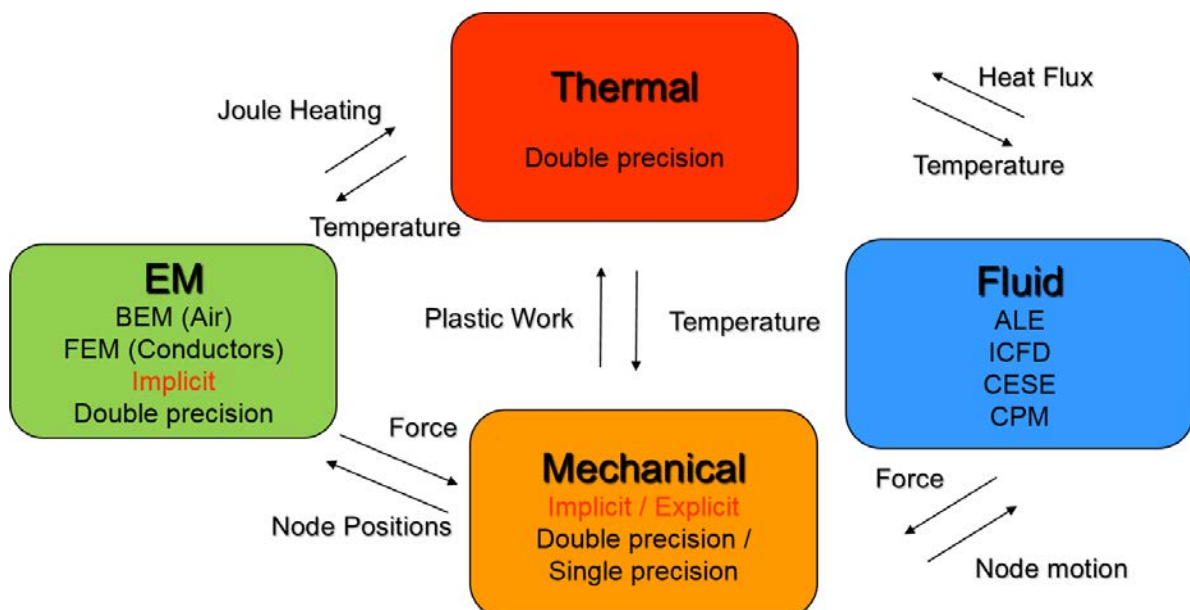


Figure 3 – relation de couplage entre les différents solveurs du logiciel LS-DYNA

### 3.1. Solveurs fluides : compressible CESE et incompressible ICFD

Avant la sortie officielle de ces deux solveurs fluides ICFD et CESE et depuis le début de leur développement, de nombreux tests de vérification et validation ont été menés au LSTC mais également en externe, notamment par DynaS+. L'idée est de qualifier à la fois la partie fluide de ces solveurs mais également les couplages forts et hautement parallélisés entre le fluide et la structure et/ou la thermique. Ces solveurs massivement parallèles permettent ainsi un large panel d'études en des temps de calcul optimisés et compétitifs (Figure 4).

Le solveur ICFD porte sur des écoulements incompressibles, il possède des capacités de remaillage automatique de la partie fluide, de modèles de couche limite et de turbulence évolués et de gestion d'interface [3]. Le solveur CESE porte sur des écoulements compressibles, il permet notamment de représenter les phénomènes post-chocs grâce à un schéma de résolution innovant CE/SE [4].

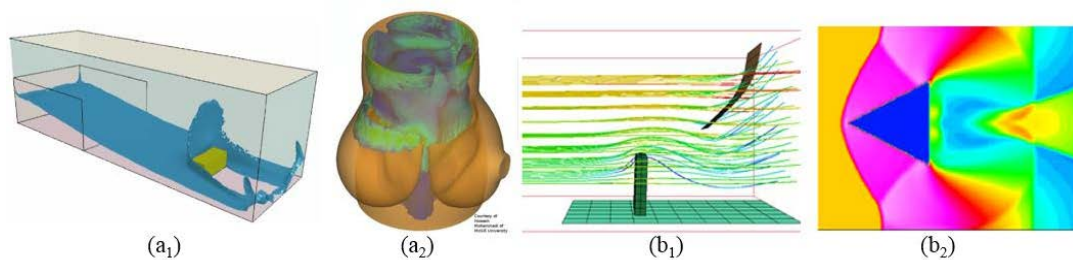


Figure 4 – illustrations de calculs réalisés : pour le solveur ICFD : (a1) rupture de barrage, (a2) valve de cœur ; pour le solveur CESE : (b1) structure souple dans un fluide subsonique, (b2) visualisation d'ondes de choc

### 3.2. Solveur électromagnétique EM

Le module EM résout les équations de Maxwell par l'approximation du courant de Foucault (induction-diffusion). Celle-ci est appropriée dans les cas où la propagation des ondes électromagnétiques, dans l'air ou sous vide, peut être considérée comme instantanée. Les champs électromagnétiques sont résolus en utilisant une méthode des éléments finis (FEM) pour les conducteurs et une méthode d'élément frontière (BEM) pour l'air/isolant environnants (le maillage de l'air n'est pas nécessaire) [5].

Le solveur électromagnétique est couplé au solveur mécanique (les forces de Laplace sont ajoutées aux équations de mouvement), et avec le solveur thermique (le chauffage ohmique est ajouté au solveur thermique comme une source supplémentaire de chaleur), permettant, par exemple, la simulation des bobines mobiles et le chauffage ou la mise en forme magnétique de pièces (Figure 5).

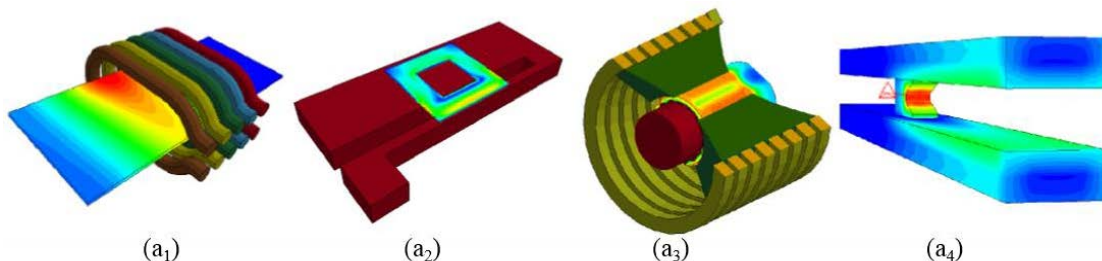


Figure 5 – illustrations de calculs réalisés avec le solveur électromagnétique : (a1) chauffage d'une plaque en acier par effet joule, (a2) magnétoformage plan, (a3) magnétoformage d'anneau et (a4) canon électromagnétique

### Références

- [1] <http://www.dynasplus.com>
- [2] S. Hartmann and *al.*, About isogeometric analysis and the new NURBS-based finite elements in LS-DYNA,