

Colloque National 2019

Mécat



Equipe organisatrice

Pierre-Olivier Bouchard, Cyril Kazymyrenko, Lionel Marcin, Matthieu Mazière, Quentin Pujol





Principe de l'exposé

- **Fait a priori (avant Aussois)**
- Regarder les attentes des organisateurs
- ~~Réfléchir sur mes propres attentes / questions (avec la complicité de François Hild à qui j'ai proposé le même exercice)~~
- **Fait sur site** Très brève vision très subjective des décennies passées (hors industriel mais on voit bien que)
- **La décennie 2010-2020 et + vue à partir du colloque MECAMAT**
- ~~Thème par thème~~ Réponse aux attentes.

Vision subjective des faits saillants et rapport d'émerveillement ou d'inquiétude

- Au début le monde était simple
- Mécanique de la rupture (1920 -) Structure --->

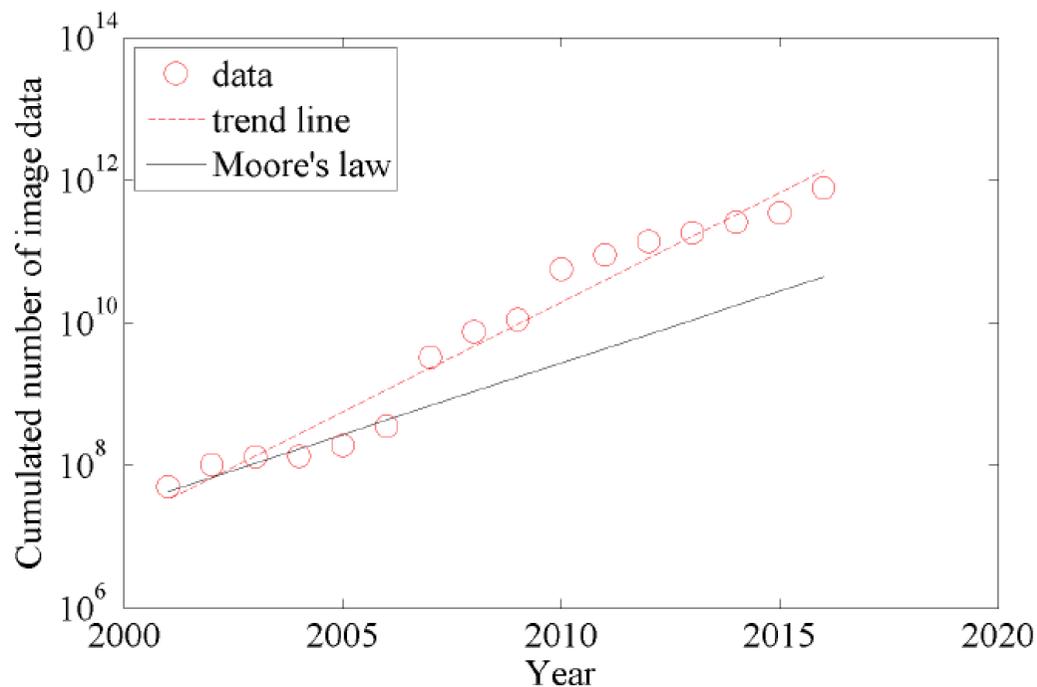
Cours de Marigo

- Mécanisme d'endommagement : observation, compréhension, amélioration des métaux
- Théorie de l'endommagement Kachanov (1960 ..) le début du démon (i.e la rupture vue par le comportement)
---> (comportement et rupture)

- Vers un rapprochement observation - modèles : approche micro-mécanique et homogénéisation
 - Métaux rupture ductile : Thomason Rice et Tracey , Rousselier, Gurson, GTN (Voir cours Besson)
 - La Localisation
 - Composites : Hoenig -Delameter pour les fissures orientées + Shear lag pour le délaminage induit par micro fissuration
 - L'école Lemaître (MECAMAT oblige!)
 - Fin année 80: 1ère Simulation robuste d'endommagement modèle non-locaux (Bazant-Pijaudier)

- **Année 1990 - 2000: Les ordinateurs accessibles**
- ---> **(Le règne de la simulation)**
- L'endommagement non-local dans tout ses états
- Théorie variationnelle de la rupture
- Les premiers retours pour les modèles d'endommagement composites et la simulation des structures des approches micro - mécaniques
- Pourquoi (Expose de Laurin et Desmorat) mécanismes de fissuration très simples - endommagement diffus à une échelle accessible (1/10 mm) - Bien compris on peut avoir des bon modèles de dimensionnement macroscopique (Laurin)

- **Les années 2000-10: le règne de l'observation**
 - **Explosion des moyens d'imagerie**
 - —> Simulation de micro-structures réalistes
 - Amélioration des outils de simulation XFEM & level set..



**L'angoisse pour les
modélisateurs et les
simulateurs !**

**Qu'est ce qu'on va
faire avec tout ca ?**

Fig. 1 Cumulated number of image data used in publications of LMT from 2001 to 2016. The dashed line corresponds to Moore's law and the solid line to exponential interpolation

- **Les années 2010-20: Vision par Mécamat**

Mardi

	Lundi	Mardi	Mercredi	Judi	Vendredi
8h		Exposé d'introduction			
9h		1. Observation et compréhension	2. Modélisation - Formalisme des Modèles	3. Caractérisation des Modèles - Identification des paramètres	
10h	COURS	Pause	Pause	Pause	Exposé de Synthèse
11h		des mécanismes microstructuraux			
12h	COURS				
13h					
14h	4 x 1h30		26 x 0h40		
15h					
16h	COURS	SESSION POSTERS		4. Simulation de la Rupture des Structures	
17h					
18h	COURS				
19h					
20h		Exposé du soir	AG		
21h					

THEME 1

Observation et Compréhension des mécanismes microstructuraux

1. MEB in-Situ
2. Tomo/laminographie in-situ et corrélation d'images volumique
3. *Optimisation de microstructures (Industriel)*
4. Composites fibres courtes

OBJECTIFS

- Comment observer les mécanismes de ruine in-situ ?
- Comment quantifier l'endommagement ?
- Quelle utilité d'un point de vue industriel ?

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
		Exposé d'introduction	2. Modélisation - Formalisme des Modèles	3. Caractérisation des Modèles - Identification des paramètres	
14h	COURS	1. Observation et compréhension	Pause	Pause	Exposé de Synthèse
15h	COURS	des mécanismes microstructuraux			
16h					
17h	4 x 1h30		26 x 0h40		
18h	COURS	SESSION POSTERS		4. Simulation de la rupture des Structures	
19h	COURS				
20h					
21h		Exposé du soir	AG		

THEME 2

Modélisation – formalisme des modèles

1. Règles de dimensionnement liées à la fissuration dans le secteur de l'énergie
2. Approche micromécanique de la rupture ductile
3. Approche phénoménologique de la rupture ductile
4. Modèles de rupture pour le bois
5. Rupture en mise en forme dans l'industrie automobile
6. Influence de l'effet d'échelle sur la ténacité - céramiques
7. Endommagement dans les composites
8. Mécanique de la rupture des sols

OBJECTIFS

- Comment modéliser les phénomènes observés dans le thème 1 et les étendre à plus grande échelle et pour d'autres chargements ?

Jeudi

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
		Exposé d'introduction	2. Modélisation - Formalisme des Modèles	3. Caractérisation des Modèles - Identification des paramètres	
10h	COURS	1. Observation et compréhension	Pause	Pause	Exposé de Synthèse
11h		Pause	Pause	Pause	
13h	COURS	des mécanismes microstructuraux			
14h					
15h					
16h	4 x 1h30		26 x 0h40		
17h					
18h	COURS	SESSION POSTERS		4. Simulation de la Rupture des Structures	
19h	COURS				
20h					
21h		Exposé du soir	AG		

THEME 3

Caractérisation des modèles – Identification des paramètres

1. Méthodologie d'identification de critères de rupture
2. *Identification des modèles à partir de l'expérimentation dans le domaine de l'énergie*
3. Dialogue essai-calcul pour le pilotage de fissuration contrôlée du béton
4. Calibration de modèles non-locaux pour la prévision de la rupture
5. Suivi de l'endommagement dans les composites par stéréo-corrélation d'image

OBJECTIFS

- Comment identifier les paramètres des modèles du thème 2 ?
- Quel degré de confiance apporter à cette calibration ?

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
8h		Exposé d'introduction			
9h	COURS	1. Observation et compréhension	2. Modélisation - Formalisme des Modèles	3. Caractérisation des Modèles - Identification des paramètres	
10h		Pause	Pause	Pause	Exposé de Synthèse
11h	COURS	des mécanismes microstructuraux			
12h					
13h	4 x 1h30		26 x 0h40		
14h					
15h	COURS	SESSION POSTERS		4. Simulation de la rupture des Structures	
16h	COURS				
17h					
18h					
19h					
20h		Exposé du soir	AG		

THEME 4

Simulation de la rupture des structures

1. Propagation par remaillage
2. *Dimensionnement à la rupture de composants aéronautiques*
3. XFEM
4. *Propagation de fractures hydrauliques*
5. Rupture de microstructures hétérogènes – Approches Level Set et Adaptation de maillage
6. Approche Phase Field

OBJECTIFS

- Présenter les méthodes numériques pour modéliser la rupture
- Transition endommagement - rupture
- Appliquer les modèles à l'échelle des structures

Le mariage DIC / DVC et tomo et les essais in situ

(Merci l'ANR qui a quand même donné une culture de collaboration et on en voit le retour dans plein d'exposés)

On peut commencer à analyser la réponse à la fois en terme de mécanismes et de mécanique (déformation)

Nouveau regard sur la localisation (Morgeneyer)

--> c'est le début d'une révolution (Apple)

Outil de quantification de l'endommagement en terme de mécanisme

Compréhension de mécanismes aussi complexe que ceux des composites à fibres courtes par exemple (Saintier)

Les moyens d'observation pour la métallurgie et l'amélioration des matériaux (Perlade)

Une surprise

- **La micro mécanique numérique en lien avec les observations et les mesures** -
> le fossé semble se combler bluffant (exposés de J Yvonnet & D. Pino Munoz)
- **L'expérimental étendu et les simulations associés**
A priori cela devrait donner des résultats incroyables dans la **prochaine décennie**
 - —> Métallurgie assistée par le numérique
 - —-> Material design pas seulement pour les matériaux exotiques
- **Un pari : les outils de réduction de modèle KPCA et le deep learning ... vont rentrer dans le paysage expérimental pour aider à l'exploitation des images**

Remarque

Material design pour les composites (bio inspiré : Deville Nacre —> les composites Sic/Sic interfaces auto-cicratisation , les blindages) l'optimisation des architectures tissés et 3D (Laurin)

Inquiétudes à mi-parcours

- **Par rapport aux industriels du dimensionnement** : Ce qui se passe est une révolution pour la recherche !
Risque d'un fossé que toutes ces techniques hyper-sophistiquées entre le monde de la recherche et les pratiques des industriels (hors industriel des matériaux)
- **Inquiétude pour la culture de modélisation** les métaux c'est tellement compliqué — — - **le micro théorique balayé par le micro numérique ?**

???? **essayer de rapprocher la micro-mécanique « théorique » de la mécanique de la rupture**

Exposés de Rousselier - Mohr : on doit pouvoir utiliser tout le savoir théorique micro ainsi que celui sur la localisation pour avoir de meilleur critère de rupture - de propagation ... adapté aux matériaux, revisiter également les théories des grandes defs associées par homogénéisation comme cela a été fait pour la mise en forme des fluides chargés

- **ou Physique aux petites échelles + machine learning intelligent à l'échelle macro ?**

Les industriels du dimensionnement peuvent quand même y trouver leur compte

- **Développement de formulations et d'outils numériques modernes associés à la « Mécanique de la rupture »**
Très difficile mais des progrès significatifs !
 - Traitement robuste des interfaces par Lagrangien augmenté (Lorentz, Massin)
 - Modèle non locaux et leur identification (Grégoire) et leur performance (Moës)
 - Outils de calcul méca-rupture (Mouttou-Pitti & Dubois)
 - Définition des fissures dans le cas général (Feld-Payet)
 - Intérêt de l'introduction des discontinuités (Moes) et TLS ou remaillage et zone cohésive (D. Pino Munoz)
 - Fissuration multiple et XFEM avec intégration de zone cohésive avec comportement complexe (Massin)

Stupeur et tremblement

- **Peut-être que ce sont les essais qui vont permettre de garder le lien avec les industriels du dimensionnement !**

Décidément tout est cyclique : la prochaine décennie celle des essais mécaniques ?

- Exposé de Mohr —> **Les essais automatisés avec base données DIC et observation en très grand nombre** et le traitement machine learning!
- Exposé de Pardoën : **Laboratoire d'essai sur Chips !**
- Exposé de Poncelet **les essais sur structure pilotés par l'image** et la mesure ! (on pourrait imaginer le développement d'outils d'expertise de défaillance)
- et bien sur mais c'est déjà bien engagé **le mariage intime pour les essais de l'ingénieur de la DIC et des EF** (exposé de Périé)

Qui aurait imaginé il y a quinze ans un telle modernité dans les essais mécaniques !

Lien avec le monde industriel du dimensionnement

- Les cas de charges
Peut être que l'automatisation des essais pourrait aider
- Ce sont beaucoup aussi des problèmes de numériques

Il y a aussi des réponses décoiffantes du côté de la communauté numérique: réduction de modèle et abaques virtuelles

Toute une communauté rassemblée dans un GDR (Amore) piloté par Chinesta, Maday (math appli) et Ladevèze

Un grand merci aux organisateurs !

- Un colloque époustouflant
- Une super ambiance
- Un mélange industriel académique rare où les industriels ont parlé de leurs pratiques, passionnant !
- Des « jeunes » je crois que les (r)évolutions ne peuvent se faire que par eux à un moment donné on devient trop formaté
(je l'ai fait par ce que je savais pas que c'était impossible !)



CFRAC 2019

Braunschweig, Germany, 12 - 14 June 2019

**Welcome to Braunschweig for the
VI International Conference on Computational Modeling of Fracture and Failure of Materials and Structures I**

[Home](#)

[Presentation](#)

[Organizers](#)

[Supporting Organizations](#)

[Conference Topics](#)

[Plenary Lectures](#)

[Sandia Fracture Challenge](#)

[\(SFC\) Special Session](#)

[Invited Minisymposia](#)

[Fracture Benchmark](#)

[Instructions for Authors](#)

[Conference Venue](#)

[Registration](#)

[Registration Fees](#)

[Accommodation](#)

[Important Dates](#)

[Secretariat](#)

[DOWNLOAD POSTER](#)

[DOWNLOAD LEAFLET](#)

