



CODOR n°2 chaire BIGMECA, 08 décembre 2020 ■■

■ Mécanique des matériaux et des procédés de fabrication via l'apprentissage statistique

Henry Proudhon, David Ryckelynck

MINES ParisTech, université PSL, Centre des Matériaux, Evry



SAFRAN

Ordre du jour

- 1 Introduction
- 2 Présentation des études en cours
- 3 Recherche d'autres mécènes / partenaires
- 4 Actions pédagogiques
- 5 Collaborations internationales
- 6 bilan financier de l'année 2020 et proposition de budget pour 2021

Plan

- 1** Introduction
- 2 Présentation des études en cours
- 3 Recherche d'autres mécènes / partenaires
- 4 Actions pédagogiques
- 5 Collaborations internationales
- 6 bilan financier de l'année 2020 et proposition de budget pour 2021



Mécanique des matériaux et des procédés de fabrication via l'apprentissage statistique

Chaire de mécénat sur 5 ans, 2019-2024

Financée par Safran, portée par Henry Proudhon et David Ryckelynck

- 1 thèse
- 1 postdoc
- 10 mastères DMS
- actions pédagogiques auprès des élèves de MINES ParisTech
- collaborations internationales : UC Berkeley, UC Santa Barbara, Lund University

Approche 4D automatisée et apprentissage statistique

Réduction des données et des modèles pour des simulations ultra-rapides

Le site web est en ligne et fonctionnel

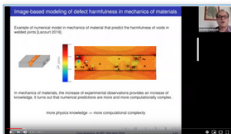


PRÉSENTATION ▾

ACTUALITÉS

ESPACE PRIVÉ

Fast image-based mechanical modeling via machine learning



La semaine dernière, David a inauguré la série de séminaires Data Analytics & IA de l'institut Mines Télécom. Il y présente ses travaux sur la modélisation mécanique à partir d'images et de machine learning comme développé dans la chaire BIGMECA.

[CONTINUE READING ▸](#)

Computer vision and machine learning for the material scientist



La première édition de la semaine CVML (Computer vision and machine learning for the material scientist) a eu lieu au Centre des Matériaux du 10 au 14 février 2020. En tant que cours du module B3, ce cours est un cours doctoral et est donc ouvert aux extérieurs. Cette année...

[CONTINUE READING ▸](#)

[Mon compte](#)

[Me connecter](#)

[Mot de passe oublié ?](#)

[M'inscrire](#)

[BIGMECA sur Twitter](#)



#BIGMECA

hep **Henry Proudhon** 15 Sep

Workshop on Model Order Reduction and Probabilistic Model Learning for Accelerated Simulations of Materials and Structures, Centre des Matériaux, September 17th, more details here: <https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:6709185...> #BIGMECA @MINES_ParisTech

Twitter

Safran Retweeted

MIN **MINES ParisTech** | PSL

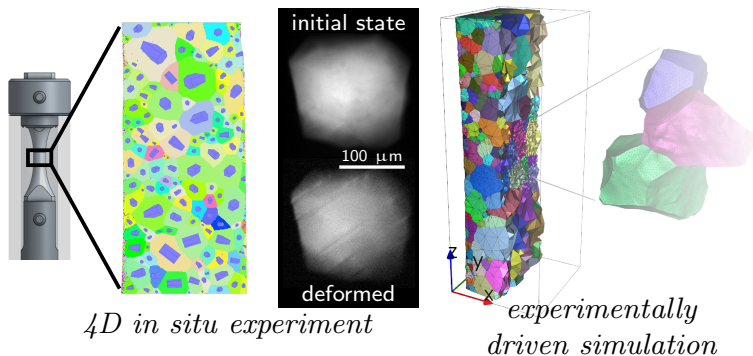
Plan

- 1 Introduction
- 2 Présentation des études en cours**
- 3 Recherche d'autres mécènes / partenaires
- 4 Actions pédagogiques
- 5 Collaborations internationales
- 6 bilan financier de l'année 2020 et proposition de budget pour 2021

Tomographie 4D statistique des matériaux polycristallins

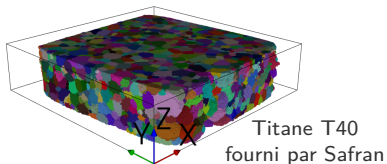
Thèse Clément Ribart 2019-2022

- développement de la **tomographie 4D** sur Psiché (SOLEIL)
- automatisation de la chaîne essai in situ 4D → **simulation** à l'échelle de la microstructure ($10^4 - 10^5$ grains contre 10-100 grains aujourd'hui)
- développement de l'analyse par **apprentissage statistique** des mécanismes d'endommagement et de rupture.

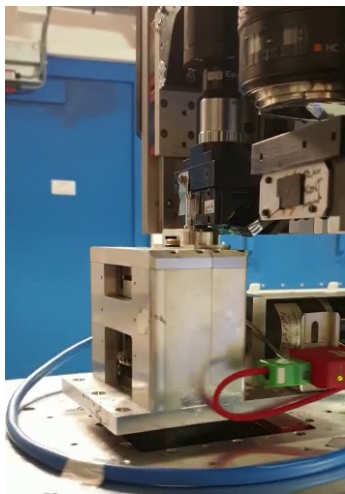
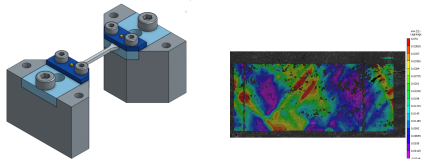


Faits marquants (travaux Clément Ribart)

- DCT *in situ* disponible sur Psyché **pour la première fois**
- Machine de reconstruction (~ 10 k€) installée sur la ligne
- Campagne d'essais 4D en mars 2020 (2 To de données)



- Nouvel essais *in situ* au MEB

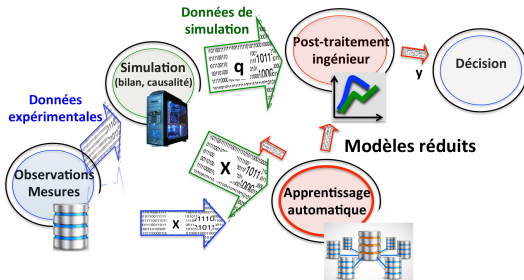


Machine d'essai *in situ* Bulky
installée à Soleil
[Pelerin et al., 2019]

Une chaîne de traitement de données massives

Post-doc d'Aldo Marano 2020-2022

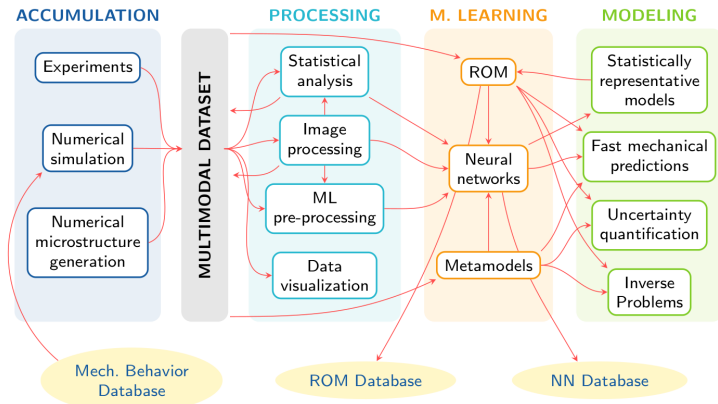
Les méthodes numériques génériques se traduiront en une chaîne logiciel de traitement de données massives.



Domaines d'application

propagation d'incertitudes, modélisation à base d'images, diagnostique sur la santé matière, suivi de procédés de fabrication, jumeaux numériques pour la maintenance prédictive ...

Rapport et premiers développements de la plateforme de données BIGMECA (travaux Aldo Marano)

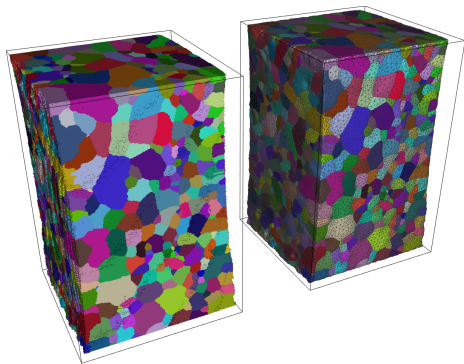


- Rapport disponible sur le site de la chaire et distribué aux partenaires en octobre 2020
- Premier release de la plateforme en novembre 2020
- En cours : incorporation de Basic Tools pour les maillages

Projet sur le supercalculateur Jean-Zay (CNRS)

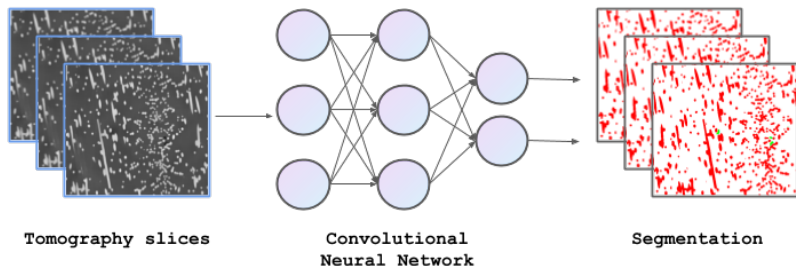
Projet GENCI sur *Propagation massive d'incertitudes en plasticité cristalline pour l'analyse d'essais mécaniques 4D*

- 500 000 heures de calcul, 400 Go de stockage
- calcul FFT haute fidélité sur microstructure expérimentale + zoom structuraux (1000 calculs) par éléments finis



Sgmentation automatique de tomographies par CNN

Travaux de stage de Joao Bertoldo, collaboration E. Decenière CMM



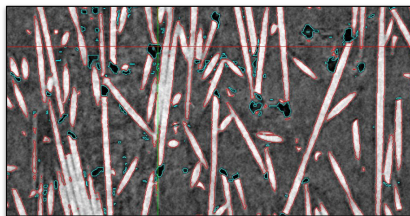
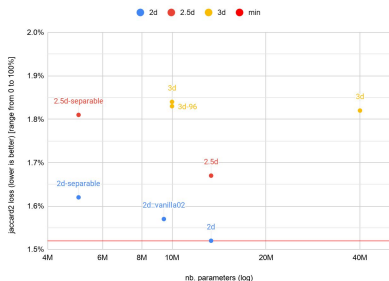
Task Automated semantic segmentation of X-ray tomography datasets.

Why Manual or semi-automated process is tedious and time-consuming (thus costly).

How Using a convolutional neural network model (based on 2D or 3D U-net) : a statistical approach that learn patterns from given examples.

Segmentation automatique de tomographies par CNN

validation loss vs. nb. parameters



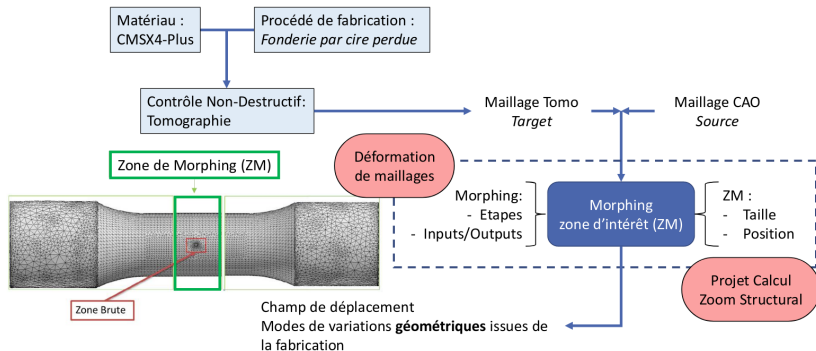
red: fiber blue: porosity

- U-net-based architecture
- Different convolution types tested
- 2D convolutions yield lower losses on unseen data
- Image \rightarrow segmentation mapping overall well learned in general
- Model convergence \sim 5 hours
- Using separable convolutions reduces 60% of parameters at a low performance cost
- Results are comparable to human segmentation precision

Projet DMS de Daria Mesbah

Suivi expérimental et numérique d'essais de fluage sur éprouvettes en superalliage monocristallin

Décrire l'influence des variations morphologiques de pièces de fonderie à partir d'images de tomographie

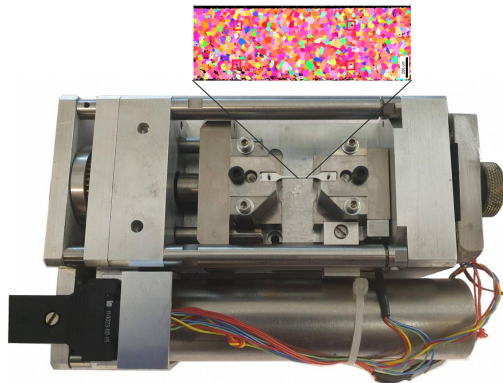


Encadrement

D. Ryckelynck & A. Aublet (CDM), C. Remacha & R. Cariou (Safran)

Projet DMS de Kenza Zougagh

Identification de lois de comportement en plasticité cristalline à l'aide de méthodes de caractérisation locales avancées



Traction in situ sous MEB au
Centre des Matériaux



Nano-indentation
instrumentée à SafranTech

Encadrement

H. Proudhon & C. Ribart (CDM), S. Gourdin & F. Coudon (Safran)

Plan

- 1 Introduction
- 2 Présentation des études en cours
- 3 Recherche d'autres mécènes / partenaires**
- 4 Actions pédagogiques
- 5 Collaborations internationales
- 6 bilan financier de l'année 2020 et proposition de budget pour 2021

Recherche d'autres mécènes / partenaires

La crise sanitaire a mis un frein à de nombreuses discussions en cours.

- Transvalor
- CEA
- Naval group
- Air France
- Hutchinson

En accord avec Safran, la participation de Siemens a été abandonnée.

Plan

- 1 Introduction
- 2 Présentation des études en cours
- 3 Recherche d'autres mécènes / partenaires
- 4 Actions pédagogiques**
- 5 Collaborations internationales
- 6 bilan financier de l'année 2020 et proposition de budget pour 2021

Actions pédagogiques

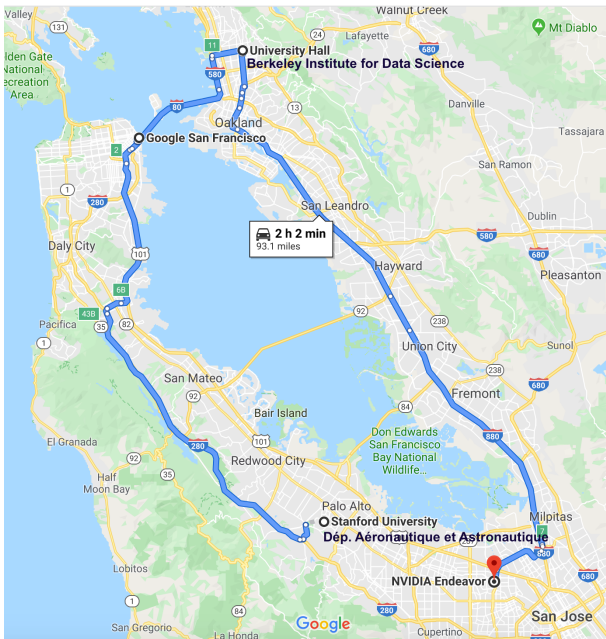
Un des enjeux de la chaire est d'**attirer nos étudiants de l'école vers les sujets d'ingénierie et de machine learning** (stages ou sujets de recherche). C'est l'essence de l'option IDSC.

- 2020 : tour de la silicon valley par les élèves de IDSC chez les grands acteurs de la transformation digitale, participation de BIGMECA.

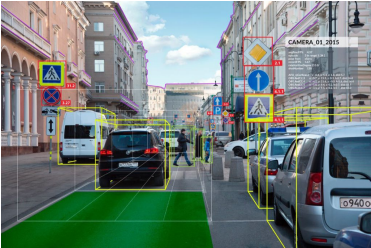


- 2020-2021 : **18 élèves dans l'option** qui confirme sa dynamique
- DMS : nouvelle semaine Computer Vision and Machine Learning dans le module B3 (Henry), 13 élèves en 2020 (2 industriels dont 1 Safran), 20 places pour 2021.

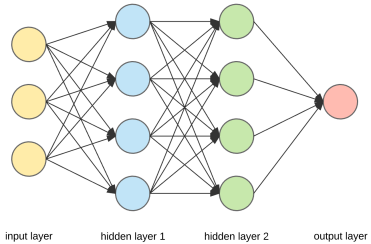
Voyage d'option IDSC 2020



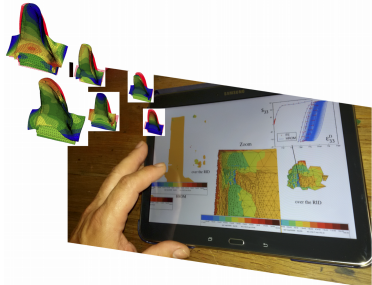
Computer vision and machine learning for the material scientist



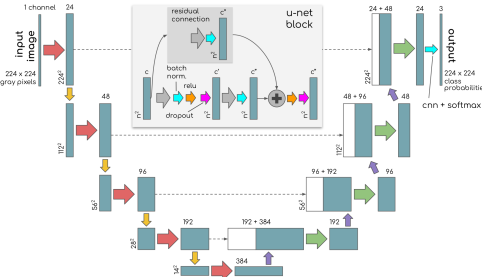
machine vision



neural network



meta model



semantic segmentation

CVML : February 2021 schedule

Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Computer vision (HP), industrial intro (EDF)	Machine learning 2 (HP)	Meta model 2 (PK)	Deep learning (HP)	Yolo : real time object detection (BF)
Tutorial classification k-NN (HP, AM)	Tutorial machine learning 2 (HP, AM)	Tutorial meta model 2 (PK, AM)	Tutorial deep learning (HP, AM)	Tutorial Yolo (BF)
Machine learning 1 (HP)	Meta Model 1 (PK)	Introduction to neural networks (HP)	Convolutional neural nets (HP)	CNN for Semantic segmentation (JCB)
Tutorial machine learning 1 (HP, AM)	Tutorial meta model 1 (PK, AM)	Tutorial neural networks (HP, AM)	Tutorial CNN (HP, AM)	Written exam

Equipe pédagogique 2021 Henry Proudhon, Aldo Marano, Pierre Kerfriden, Bruno Figliuzzi, Joao Casagrande Bertoldo.

Travaux pratiques avec Python sous jupyter ou Google collab.

Plan

- 1 Introduction
- 2 Présentation des études en cours
- 3 Recherche d'autres mécènes / partenaires
- 4 Actions pédagogiques
- 5 Collaborations internationales**
- 6 bilan financier de l'année 2020 et proposition de budget pour 2021

Collaborations internationales

- Samantha Daly (UCSB), visite de H. Proudhon en février 2020. Interêts convergents, séminaire interne en janvier 2021, échange de techniques expérimentales en cours (**nano-speckle**)
- Stefan van der Walt (BIDS), visite de D. Ryckelynck en février 2020 → proposition d'envoyer A. Marano 3 mois à Berkeley
- Stephen Hall (Univ Lund) → séjour de Clément Ribart pour des expériences de tomographie (Novembre 2020 retardé à cause de la crise sanitaire).
- Matti Lindroos (VTT) → expériences au synchrotron en mars 2020 sur matériau HEA fourni par VTT

Collaborations internationales

- Samantha Daly (UCSB), visite de H. Proudhon en février 2020. Interêts convergents, séminaire interne en janvier 2021, échange de techniques expérimentales en cours (**nano-speckle**)
- Stefan van der Walt (BIDS), visite de D. Ryckelynck en février 2020 → proposition d'envoyer A. Marano 3 mois à Berkeley
- Stephen Hall (Univ Lund) → séjour de Clément Ribart pour des expériences de tomographie (Novembre 2020 retardé à cause de la crise sanitaire).
- Matti Lindroos (VTT) → expériences au synchrotron en mars 2020 sur matériau HEA fourni par VTT

Colloque international sur la mécanique du polycrystal

Faire le point sur les dernières avancées expérimentales, en simulation et analyse par machine learning. *6-8 juillet 2020 Mines ParisTech* → **REPORTÉ en 2021** suite à un sondage des orateurs invités

Colloque international sur la mécanique du polycrystal

2 jours, 18 orateurs invités de classe internationale, 4 thèmes

- Tresa Pollock (UCSB)
- Fion Dunne (Imperial College)
- Albrecht Bertram (TU Berlin)
- Matti Lindroos (VTT)
- Stéphane Berbenni (Univ Lorraine)
- Fabrice Barbe (INSA Rouen)
- Jonathan Cormier (ENSMA)
- Lionel Gelebart (CEA)
- Romain Quey (EMSE)
- Thomas Antretter (Univ Leoben)
- Wolfgang Ludwig (ESRF)
- Hugh Simons (Denmark TU)
- David Ryckelynck (MINES ParisTech)
- Ludovic Thilly (Institut P')
- Arjen Roos (Safran)
- Cecile Miller (EDF)
- Samantha Daly (UCSB)
- Henry Proudhon (MINES ParisTech)

Plan

- 1 Introduction
- 2 Présentation des études en cours
- 3 Recherche d'autres mécènes / partenaires
- 4 Actions pédagogiques
- 5 Collaborations internationales
- 6 bilan financier de l'année 2020 et proposition de budget pour 2021**

Validation de l'activité contractuelle confiée au CDM

- L'exécution des mastères DMS 2019-2020 et 2020-2021 (en cours) ont été confiées à ARMINES.
- Le montant est 20 keuros TTC / mastère DMS soit 80 keuros au total
- Vote du CODOR pour valider les actions/travaux confiés à ARMINES via le Centre des Matériaux

Éléments budgétaires 2020

réalisé en 2020 : total 242.3 keuros

Montant (keuro)	Nature
8	frais de gestion fondation
0.5	communication : site web + logo
1.5	actions pédagogiques (option IDSC)
3	3 mois stage J. Casagrande
6	missions et conférences
40	2 mastères DMS 2019-2020
100	12 mois post-doc Aldo Marano
83.3	12 mois thèse C. Ribart

Prévisions budgétaires 2021

prévu en 2021 : total prévisionnel 263.3 keuros

Montant (keuro)	Nature
8	frais de gestion fondation
5	actions pédagogiques (option IDSC, dont stage)
2	2 mois stage J. Casagrande
10	missions et conférences
15	échanges internationaux (dont colloque)
40	2 mastères DMS 2021-2022
100	12 mois post-doc Aldo Marano
83.3	12 mois thèse C. Ribart

+ élèves de l'école qui travailleront dans le cadre du trimestre recherche DIMA (coût nul pour la chaire).

Bilan financier (keuros)

	2019 réel	2020 prévu	2020 réel	2021	2022	2023	Total
Salaire thèse	10	42	42	42	31	-	125
Envir. thèse	10	42	42	42	31	-	125
Salaire postdoc	-	50	50	50	-	-	100
Envir. postdoc	-	50	50	50	-	-	100
Mastères DMS	40	40	40	40	40	40	200
Enseignement	2.5	3	5	7	7	7	45
International	-	5	-	15	15	10	25
Missions	5	5	6	10	10	9	40
Frais fondation	3	8	8	8	8	13	40
Total	72	245	243	264	142	79	800

Rappel : éléments budgétaires 2019

réalisé en 2019 : total 71677

- 3200 frais de gestion fondation
- 2480 actions pédagogiques (option IDSC)
- 5164 missions et conférences
- 40000 2 mastères DMS 2019-2020
- 20000 3 mois thèse C. Ribart

prévu en 2020 : total prévisionnel 244300

- 8000 frais de gestion
- 1500 communication : site web option + chaire
- 1500 actions pédagogiques (option IDSC)
- 10000 missions et conférences (dont colloque international)
- 40000 2 mastères DMS 2020-2021
- 83300 12 mois thèse C. Ribart
- 100000 12 mois post-doc A. Marano



Pelerin, M., Lailarinandrasana, L., King, A., and Proudhon, H. (2019).

Development of a versatile mechanical testing device for in situ synchrotron tomography and diffraction experiments.

Integrating Materials and Manufacturing Innovation, 8(3) :378–387.