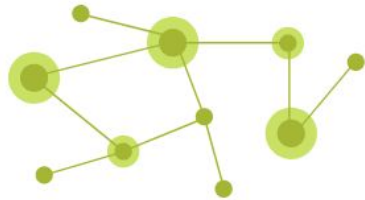


ÉNERGIE ÉLECTRIQUE 4.0



FADMAG Fabrication ADditive de Matériaux MAGnétiques

Alejandro Ospina, Vincente Lanfranchi, Nicolas Buiron

Comité de suivi EE4.0 - axe 1

15 février 2024

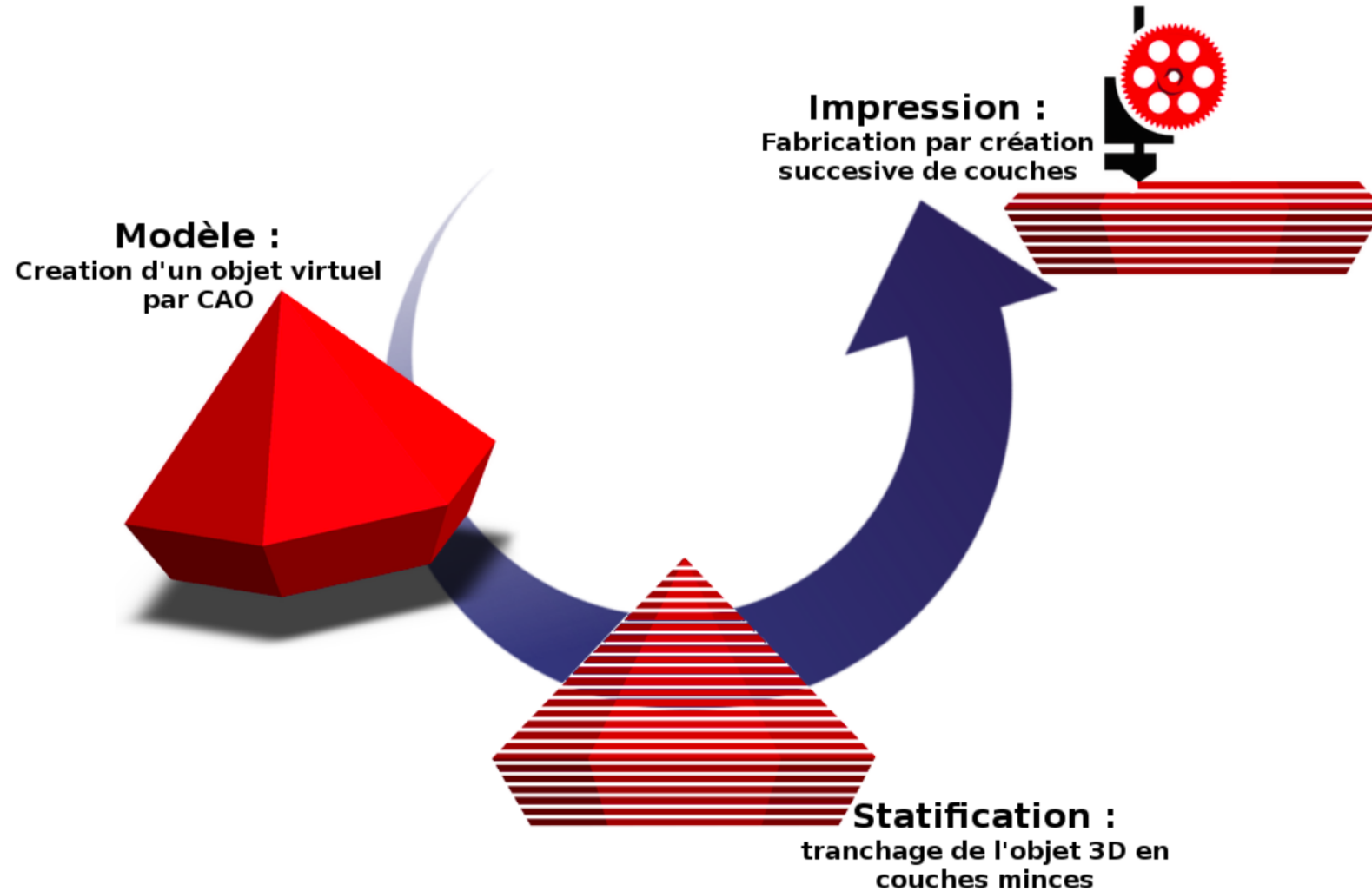


Le projet s'inscrit dans **l'axe 1 matériaux et composants du Génie Electrique**

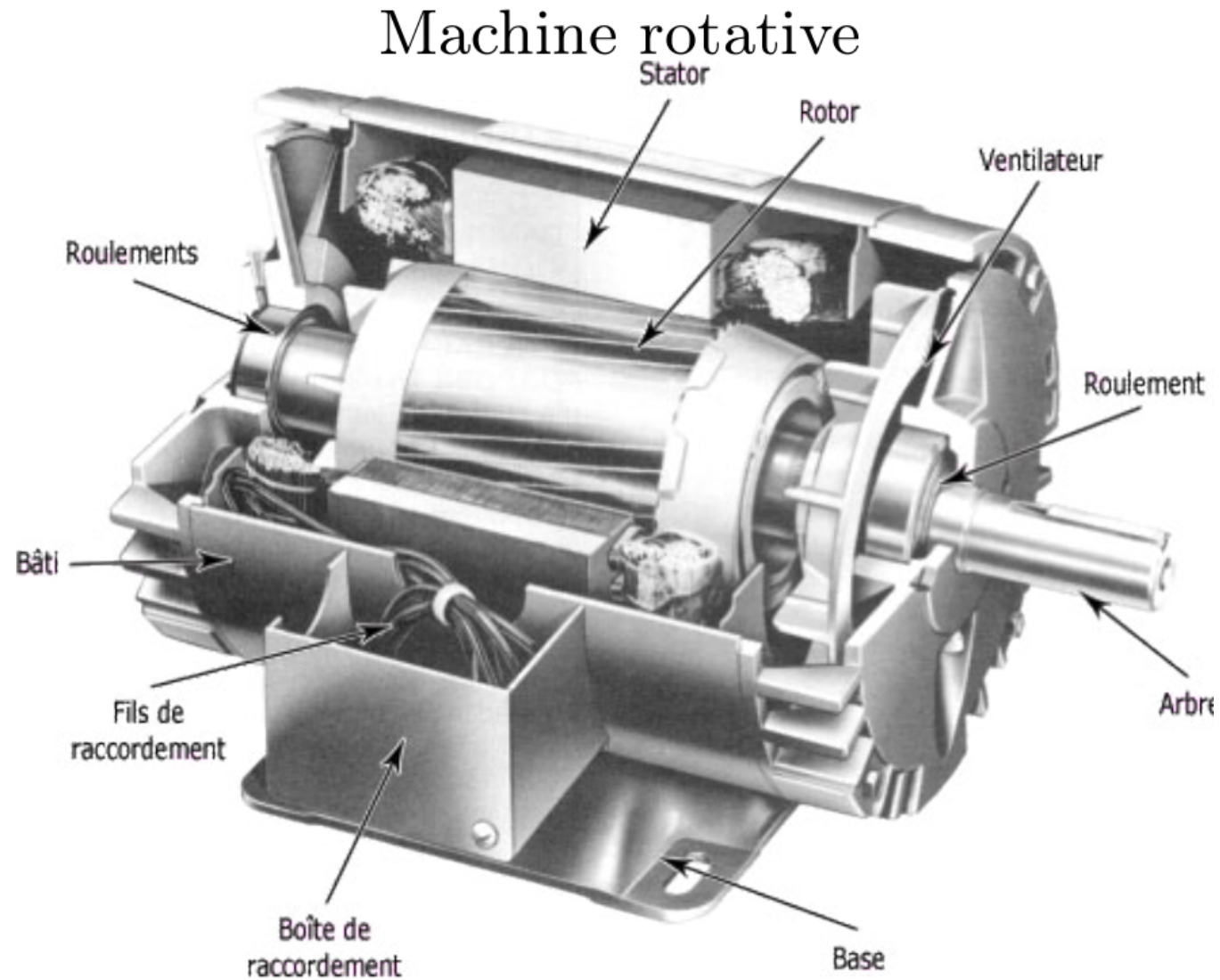
- **Ouverture thématique vers:**

➤ les nouvelles technologies : fabrication additive, industrie 4.0

Une définition de la FA



Dans le contexte du GE, un exemple :



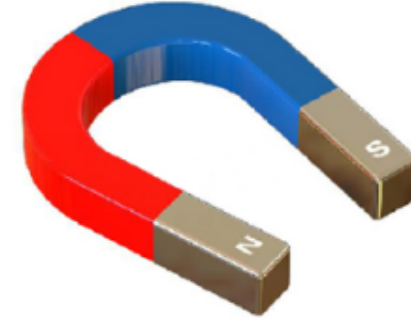
Types des matériaux (alliages) :



SOFT MAGNETIC



ELECTRICAL CONDUCTOR



HARD MAGNETIC

STUDIED ALLOY

FeSi	-	58% (12)
FeCo	-	14% (3)
Amorphous	-	14% (3)
Polymer Bound	-	14% (3)

Pure Cu	-	52% (12)
Cu Alloy	-	26% (6)
AlSiMg	-	13% (3)
Polymer Bound	-	9% (2)

NdFeB	-	72% (14)
Ferrite	-	11% (2)
AlNiCo	-	11% (2)
SmCo	-	6% (1)

PUBLISHED

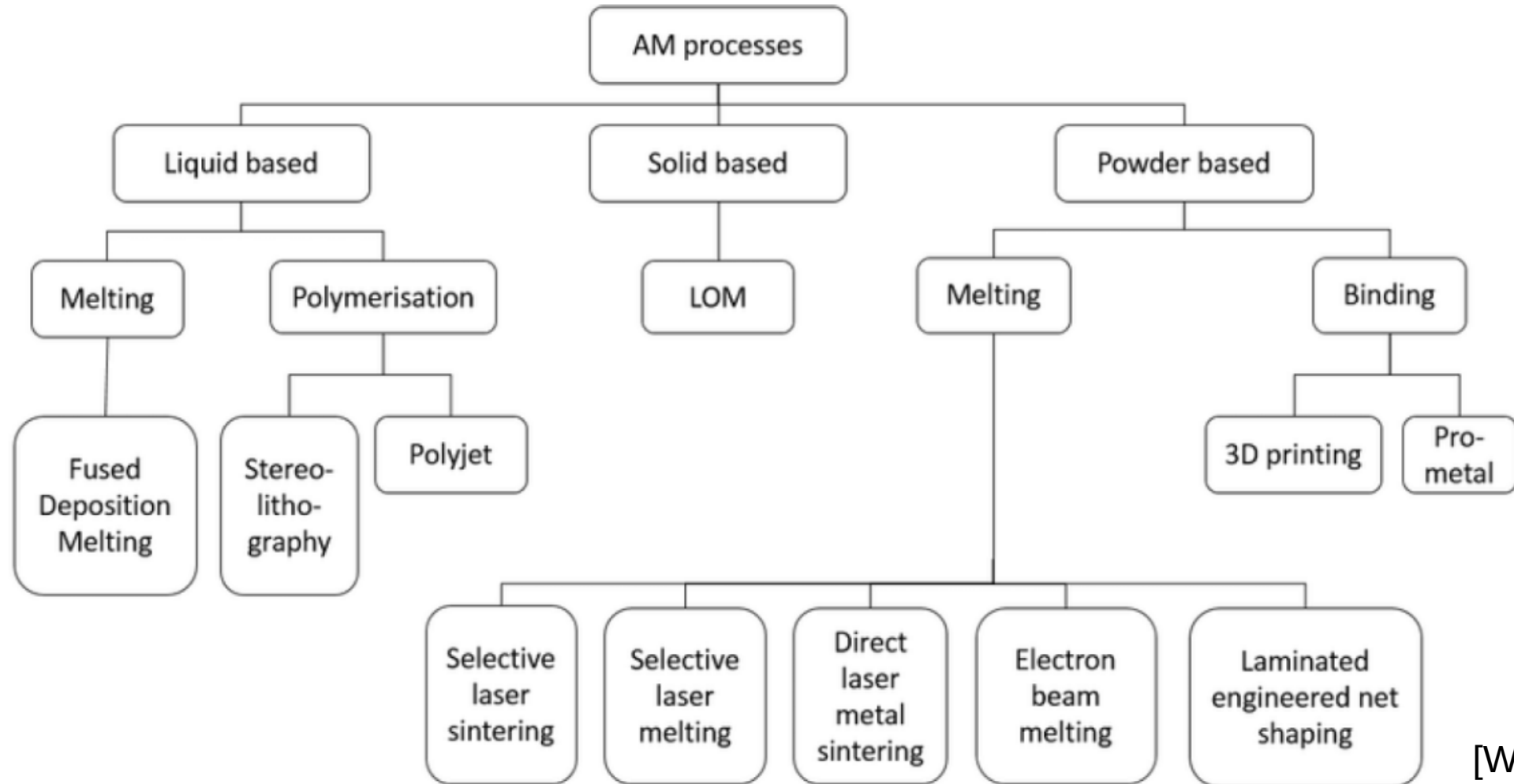
2020 - 2022	-	48% (10)
2018 - 2019	-	38% (8)
Older	-	14% (3)

2020 - 2022	-	30% (7)
2018 - 2019	-	48% (11)
Older	-	22% (5)

2020 - 2022	-	22% (5)
2018 - 2019	-	33% (6)
Older	-	45% (8)

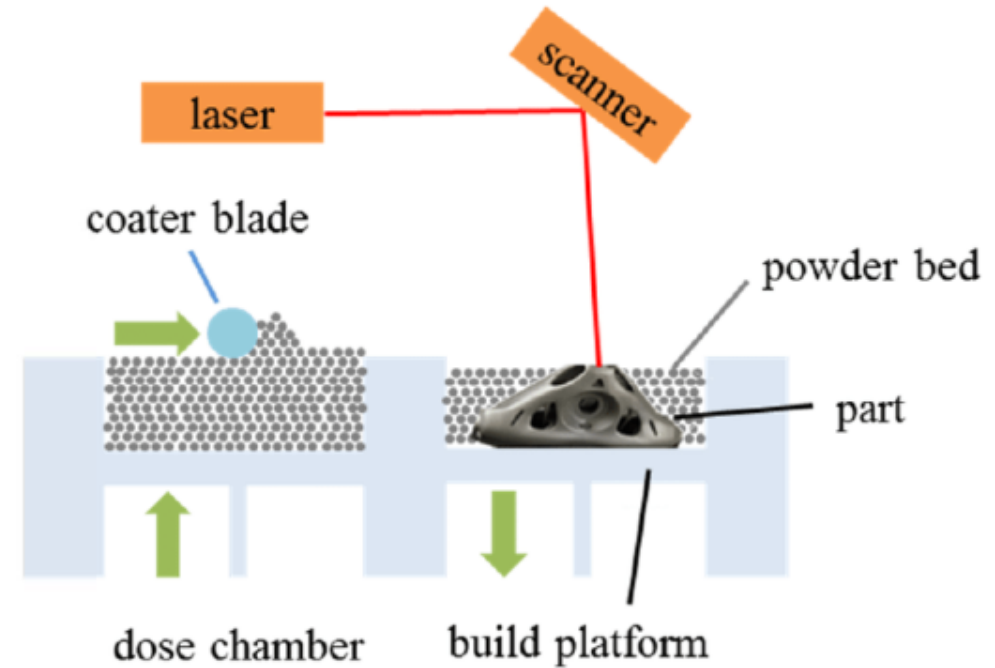
Étude bibliographique sur les types des alliages [Tiismus 2022]

Les familles de procédés FA

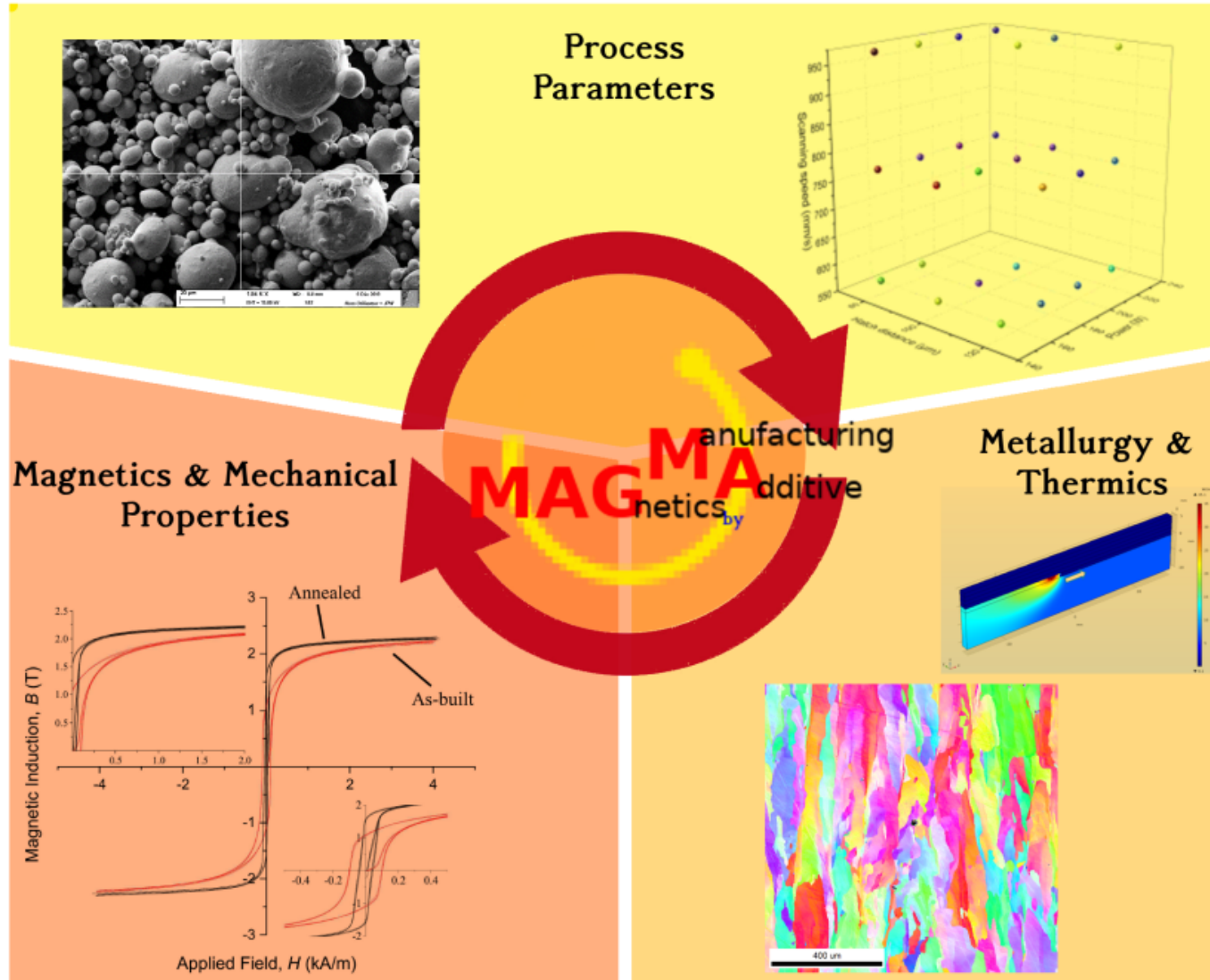


[Wong 2012]

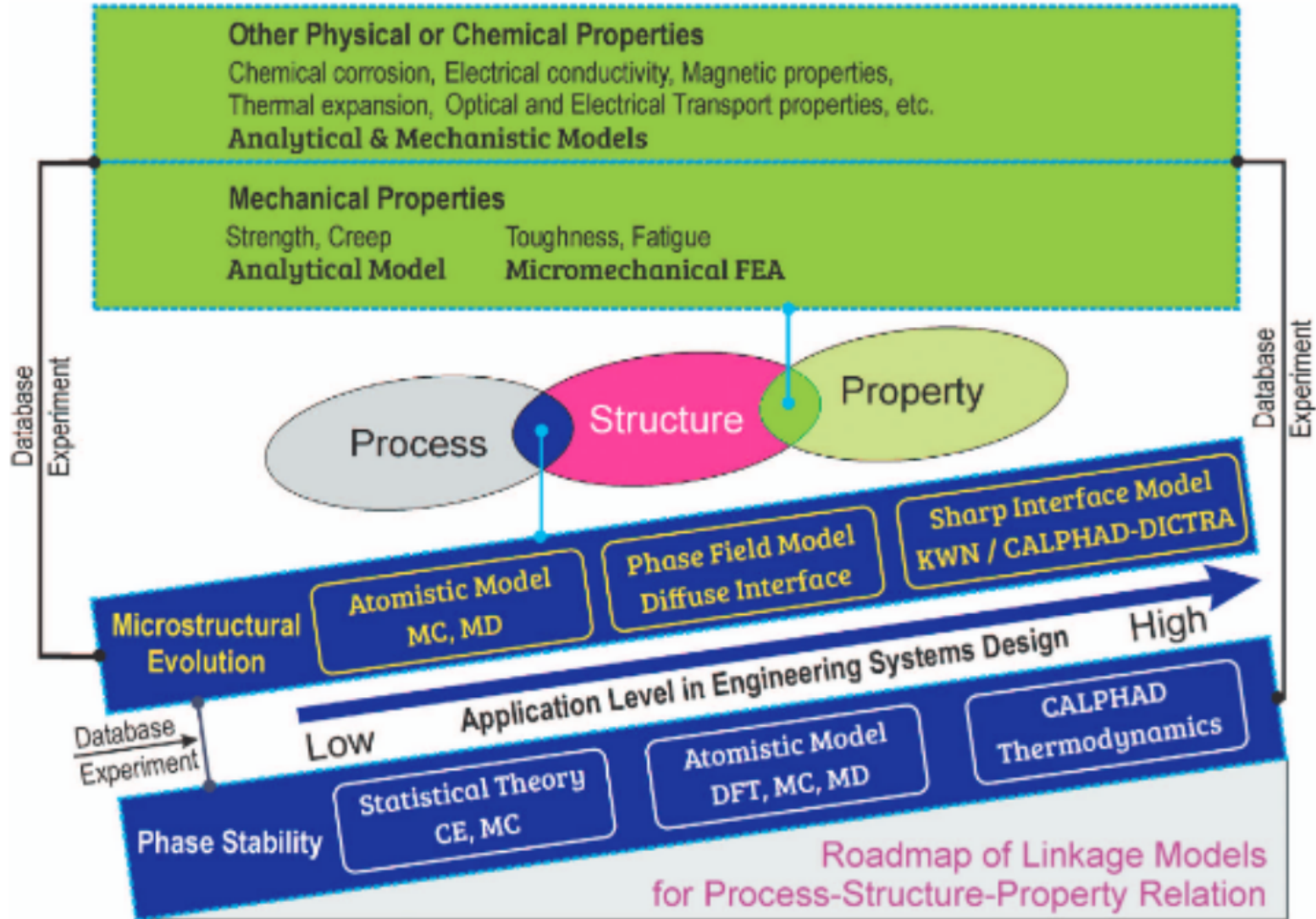
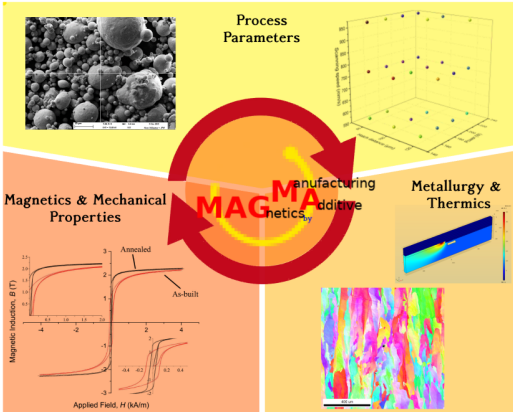
Les familles de procédés FA



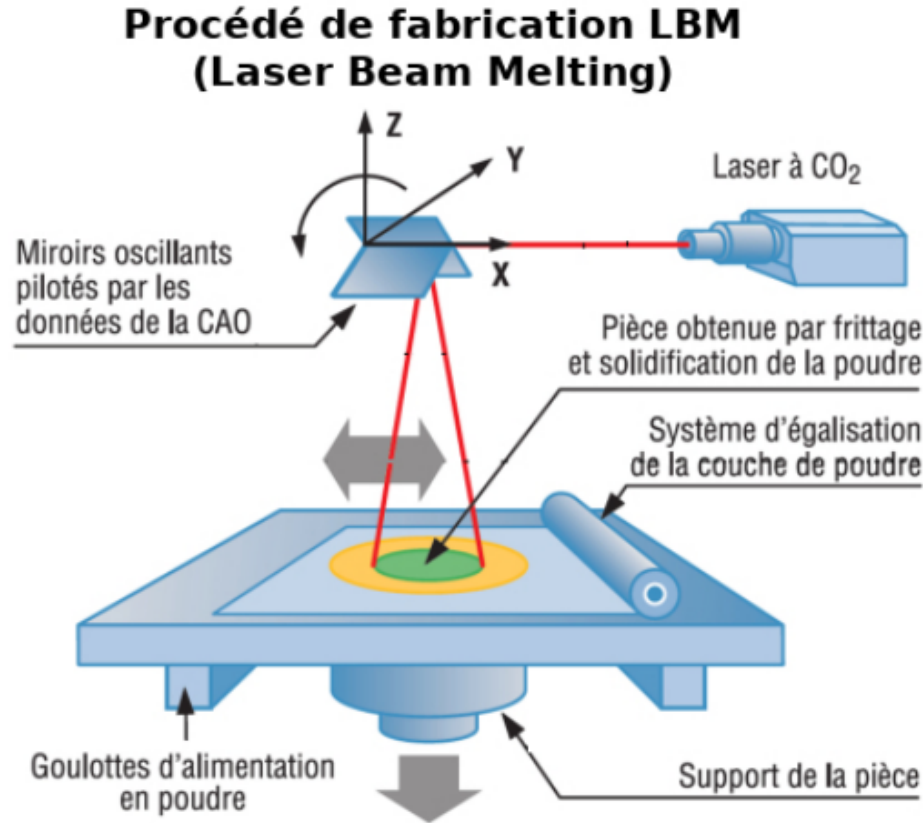
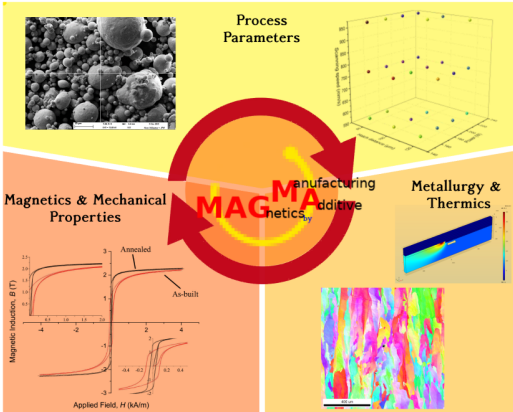
Le projet MAGMA (Thèse ZAIED Meher 2018–2022). Labellisé par MEDEE



Le projet MAGMA



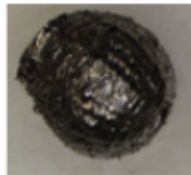
Le projet MAGMA



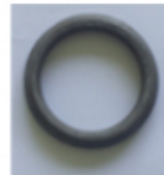
Pièces produites



Cubes



Spheres



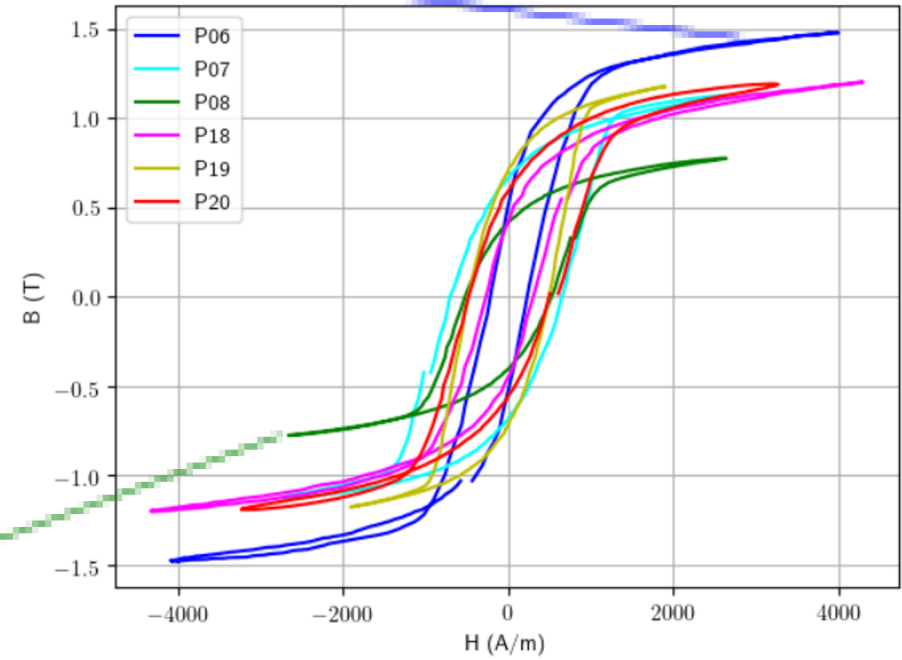
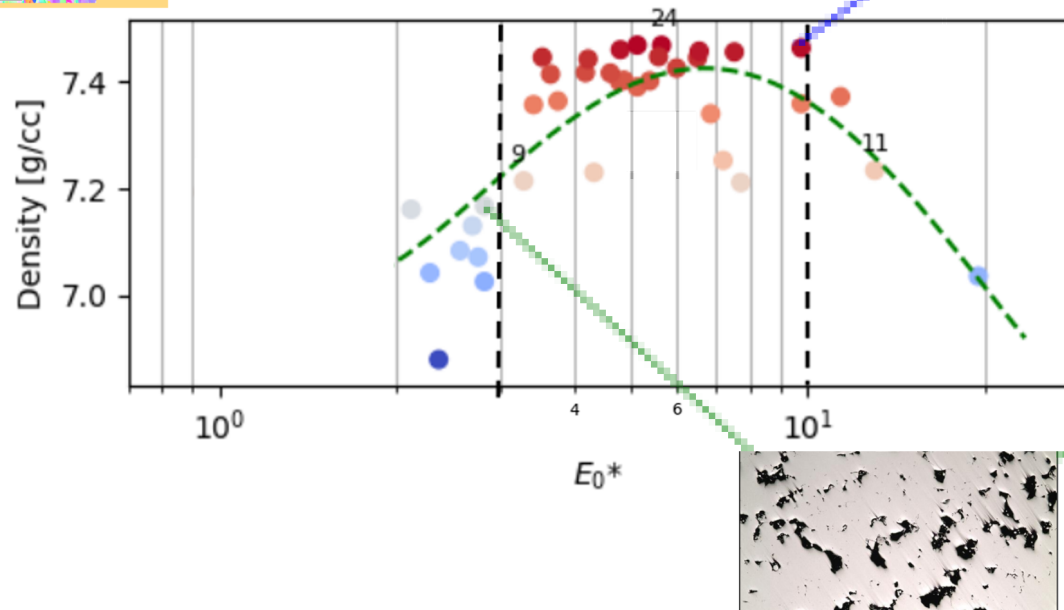
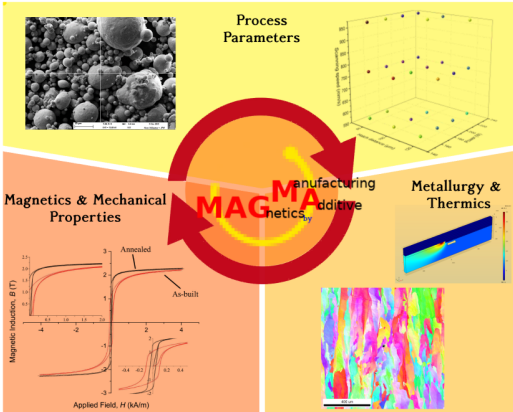
Tores

Densité d'énergie normalisée

$$E_0^* = \left(\frac{q}{2v_l h} \right) \left(\frac{A}{\rho c_p \Delta T} \right)$$

Paramètres procédé	Paramètres thermophysiques
Puissance laser q	Densité volumique ρ
Rayon - faisceau laser r_b	Chaleur spécifique (C_p)
Vitesse de balayage v	Conductivité thermique λ
Épaisseur - couche de poudre e	Ecart vecteurs (hatch distance)
Stratégie de balayage	Absorptivité A
	Température de fusion (T_m)

Le projet MAGMA



Matériaux fortement anisotropes

Projet FADMAG

Mise en service d'un banc de mesure des propriétés électromagnétiques adaptés aux caractéristiques des matériaux issus de fabrication additive.

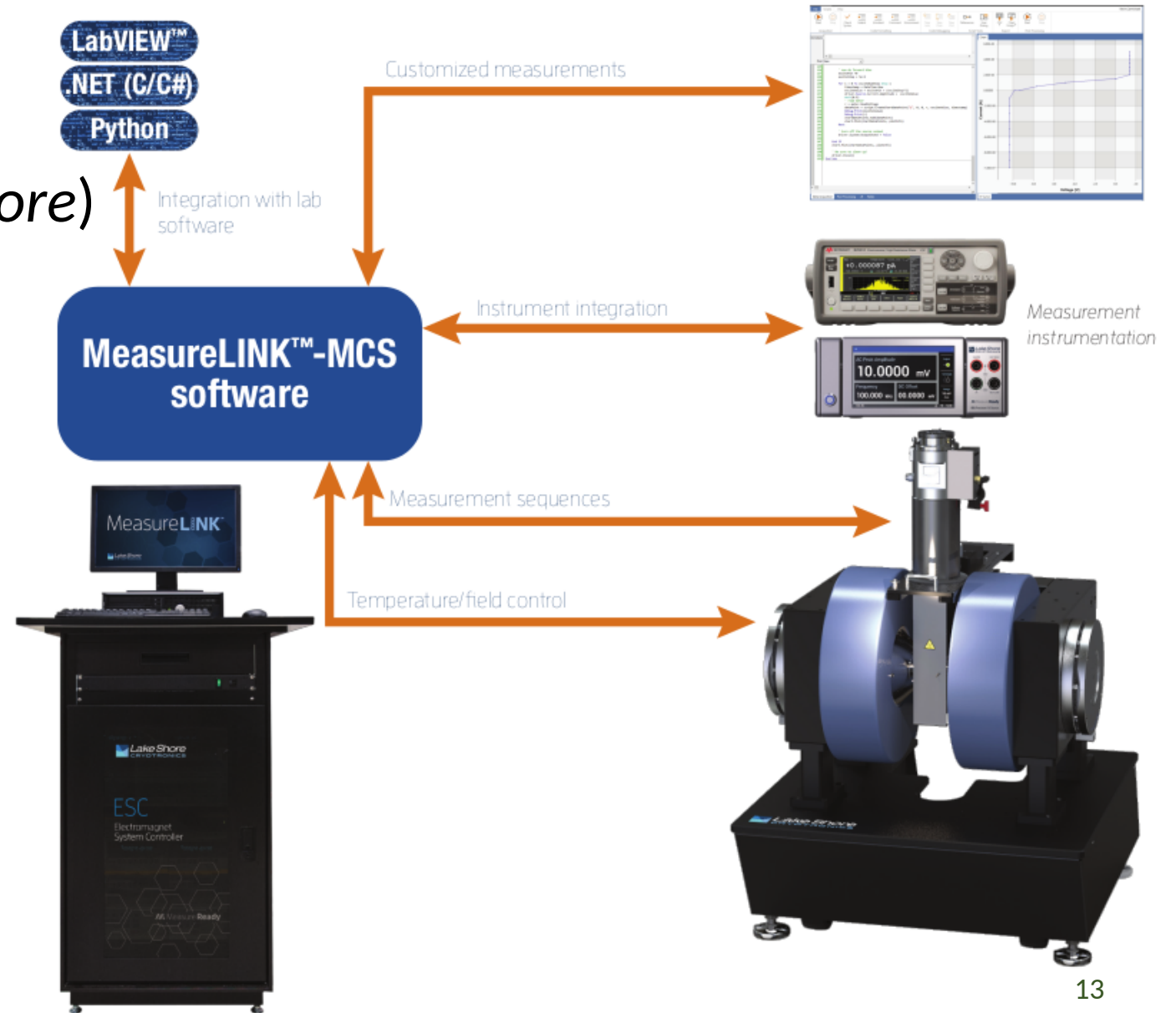
Analyse de l'hétérogénéité et définition de l'élément de volume pour ces matériaux, nécessaire à la bonne représentativité des essais effectués.

Méthodes de caractérisation magnétique dans un contexte multi-physique (dans un premier temps, variation de la température - étude du recuit sous champ magnétique).

Projet FADMAG Acquisition d'une plateforme de mesures (MCS-EMP -- LakeShore)

Operationelle : Juin 2024
 Fonds CPER : 150K
 Fonds ANR : 35K
 Fonds UTC :
 Conditionnement d'une salle à l'UTC

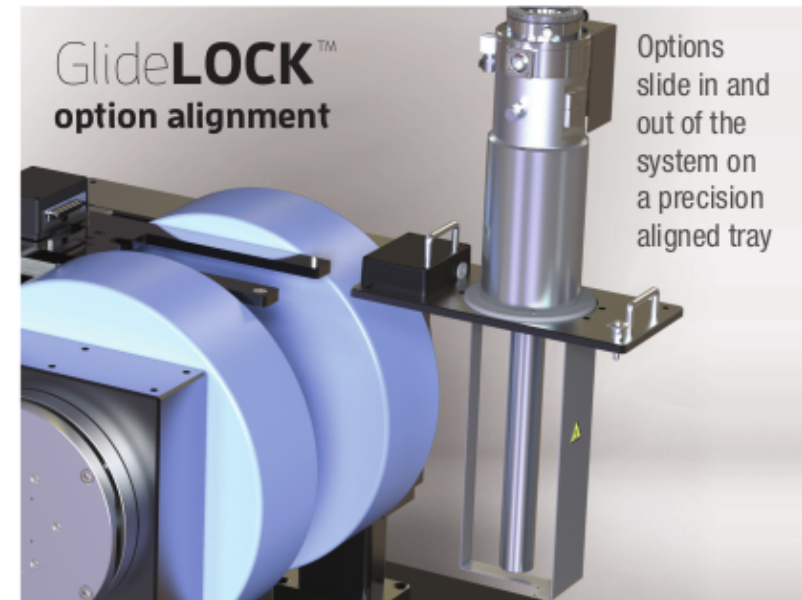
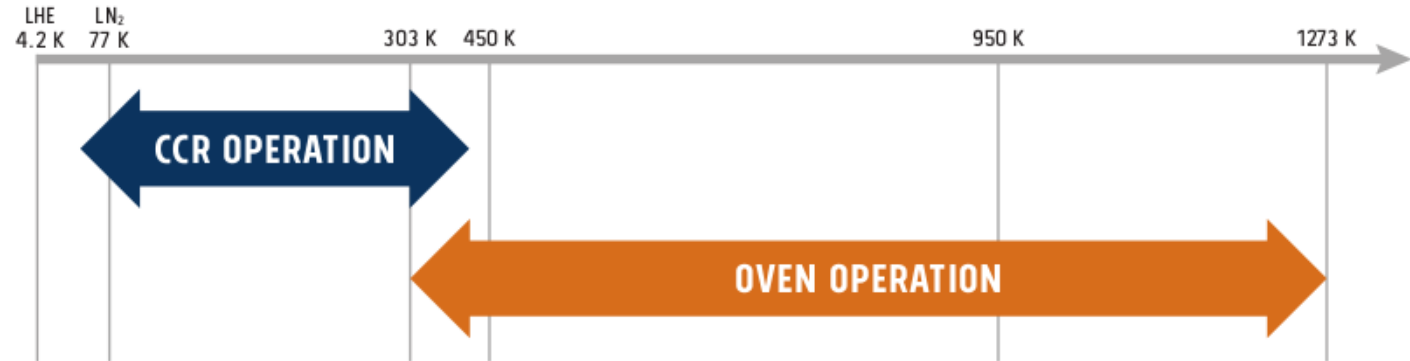
- Mesures :
- Susceptibilité magnétique
 - Résistivité électrique



Projet FADMAG

Acquisition d'une plateforme
de mesures (*EMP -- LakeShore*)

Module de recuit (four) sous champ magnétique

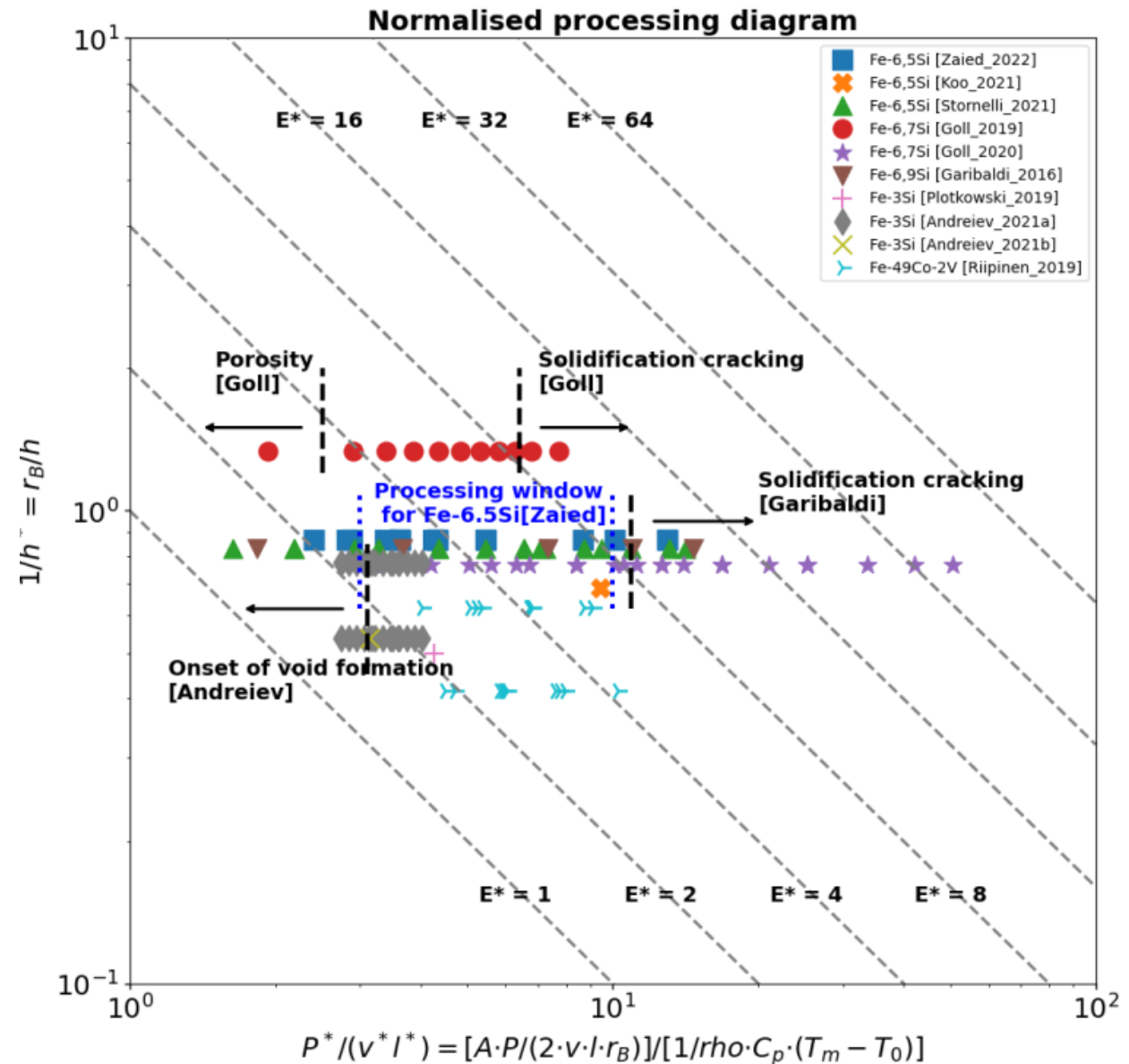


Projet FADMAG

Stage : Y. Li (UTC)

Postdoc : A.A. Velasquez

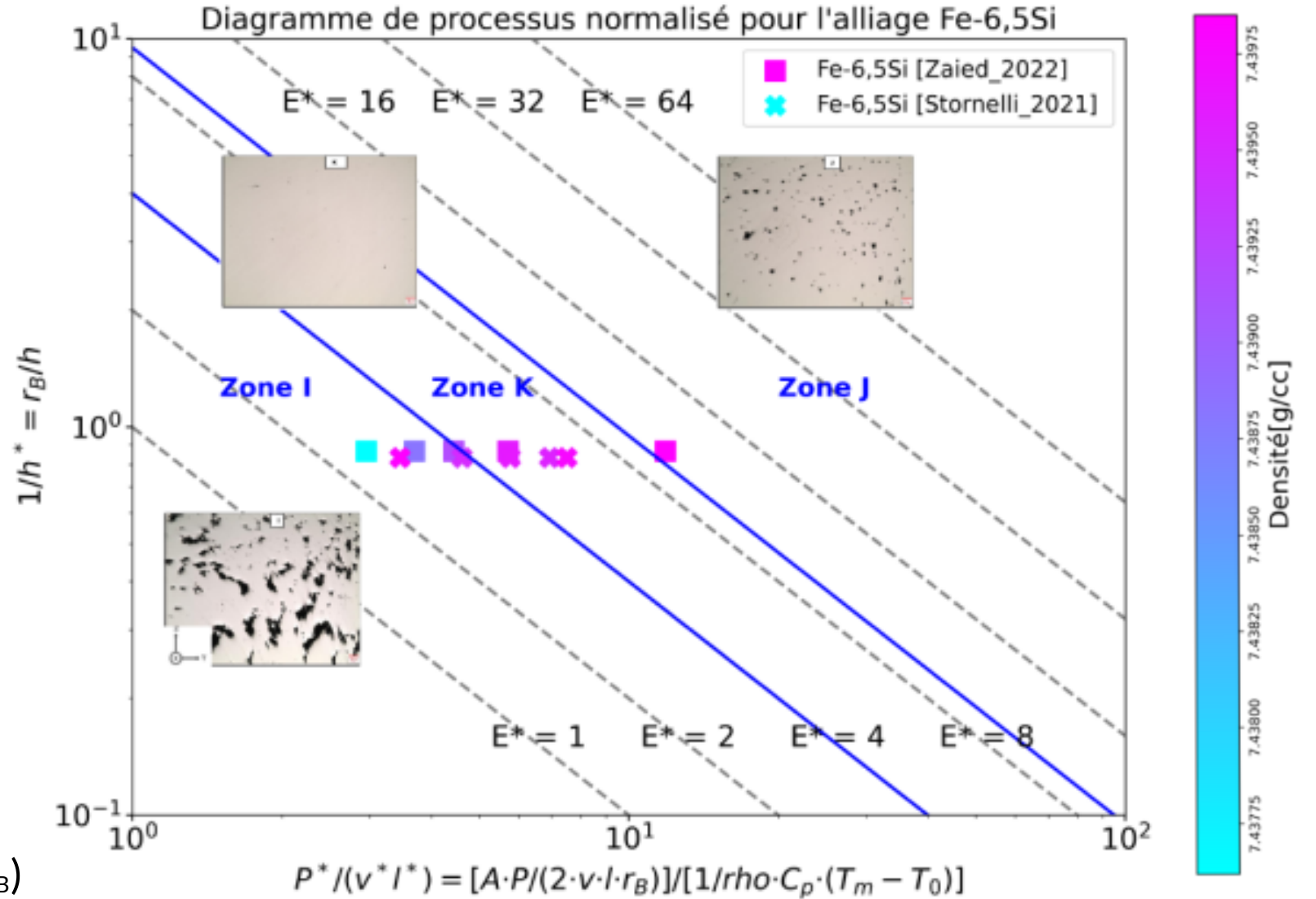
Optimisation de la densité



Projet FADMAG

Postdoc A.A. Velasquez

Optimisation de la densité



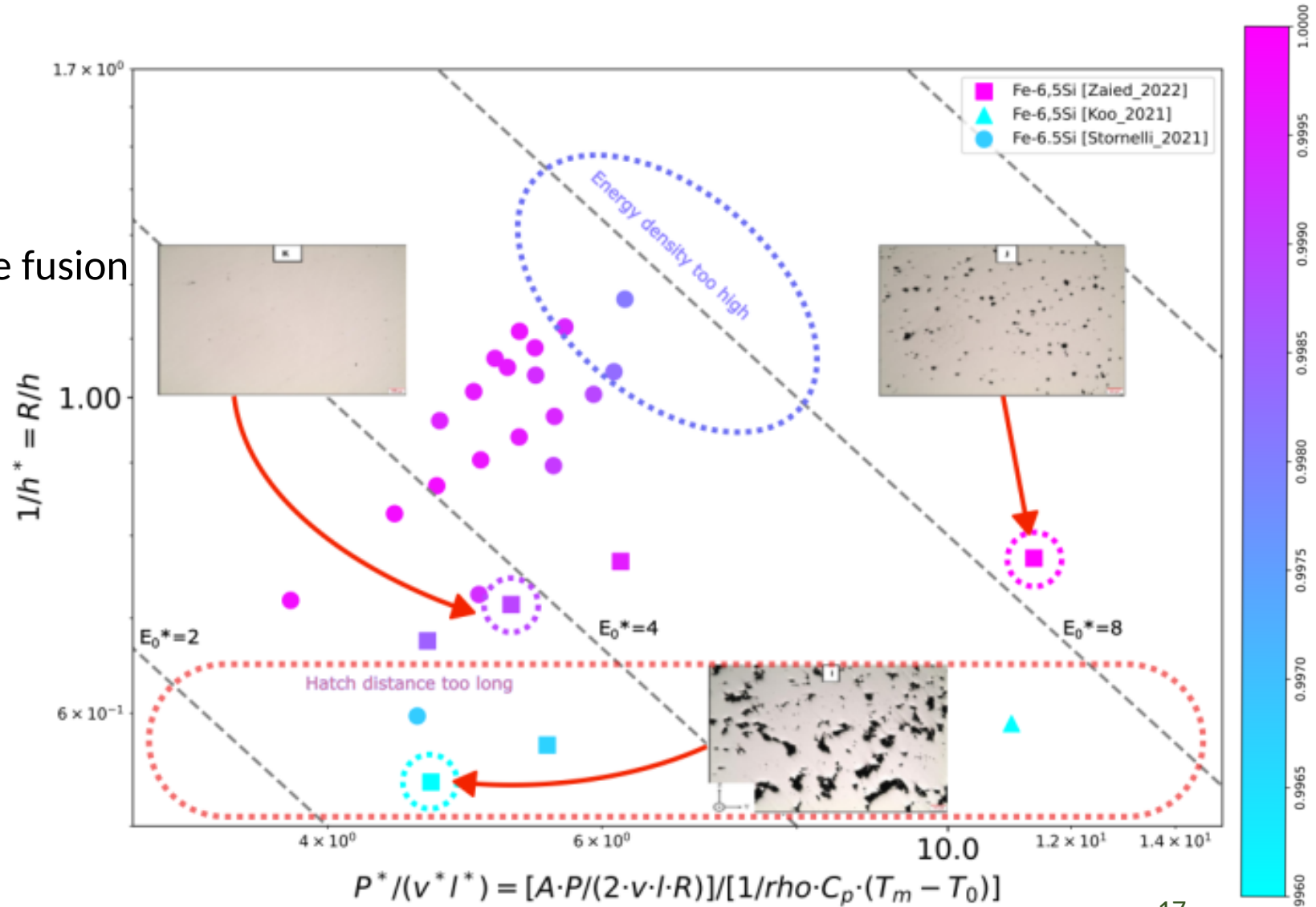
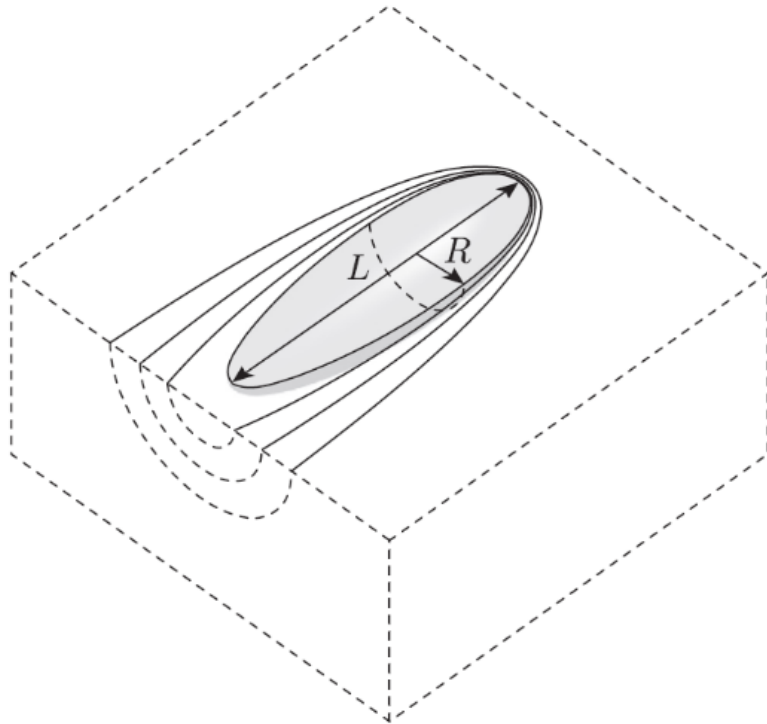
Limitations : param. géométriques (r_B)

Projet FADMAG

Postdoc A.A. Velasquez

Optimisation de la densité

Prise en compte de la géom du bain de fusion



Merci !

QUESTIONS
?