



Institut Mines-Télécom



MINES PARIS

PSL



ARMINES



JPB  
SYSTÈME

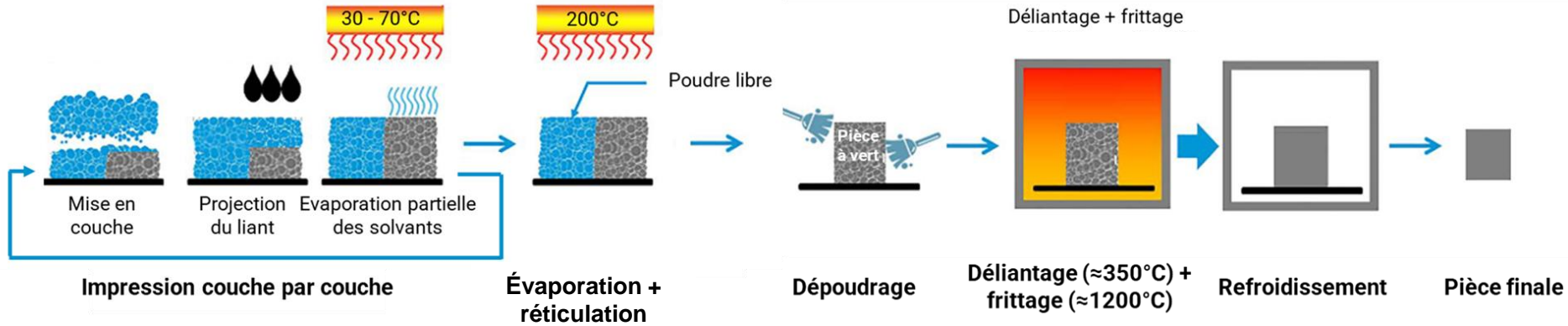
# MOUILLAGE ET ÉTALEMENT D'UNE GOUTTE DE LIANT SUR UN LIT DE POUDRE : VERS LA COMPRÉHENSION DES ÉCARTS DIMENSIONNELS DES PIÈCES FABRIQUÉES PAR MBJ

Agnès Schnell

# CHAPITRE 1 PRÉSENTATION DU PROCÉDÉ ET CONTEXTE DE L'ÉTUDE



## 1.1 Le procédé Metal Binder Jetting



### Avantages par rapport au LPBF :

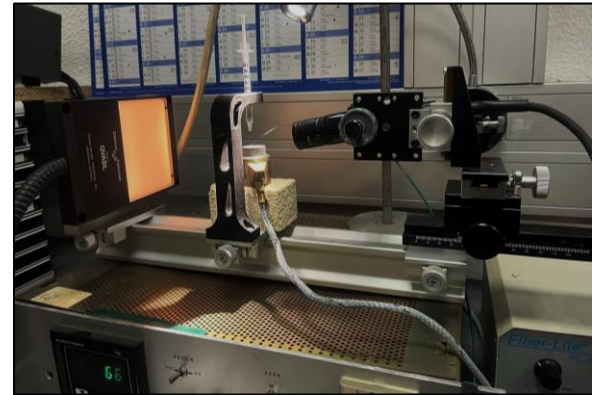
- ▶ Sans fusion
- ▶ Sans support de fabrication
- ▶ Utilisation de tout le volume de l'enceinte de fabrication
- ▶ Recyclabilité de la poudre métallique

### Points durs :

- ▶ Difficultés liées à l'anisotropie de retrait lors du frittage → fabrication d'une pièce aux cotes non encore réalisées
- ▶ Nécessité d'éliminer tout le polymère présent dans le liant lors de l'étape de déliantage

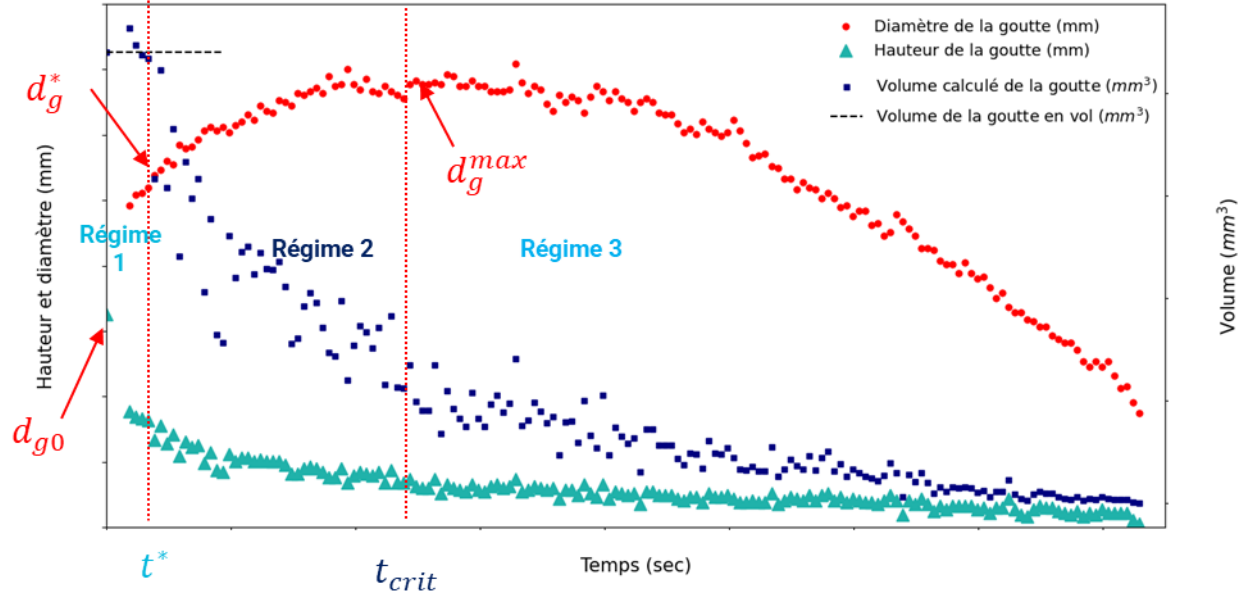
## 1.2 Contexte de l'étude : évolution dimensionnelle d'une pièce lors de sa fabrication

Mise en place d'un banc d'essai de « goutte pendante » pour visualiser les phénomènes de mouillage, d'étalement et d'infiltration d'une goutte de liant à la surface du lit de poudre



- ▶ Étude de l'effet de la **granulométrie** de la poudre et de la **porosité** du lit de poudre sur les différents mécanismes
- ▶ Étude de l'effet de la **température** du lit de poudre sur les différents mécanismes

## 1.3 Mouillage, étalement puis infiltration du liant dans le lit de poudre : cas de la poudre fine



**Remarques :**

- ▶  $d_{g0} \gg d_{g0}^{MBJ}$
- ▶  $v_{impact} \neq$

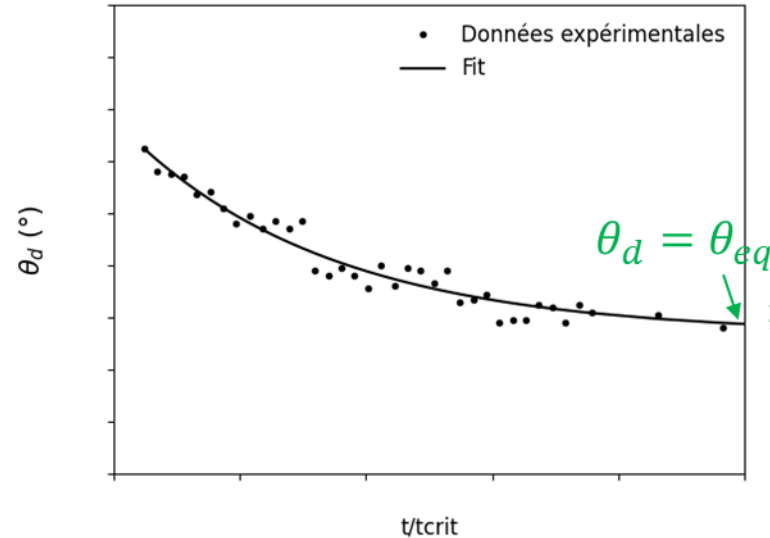
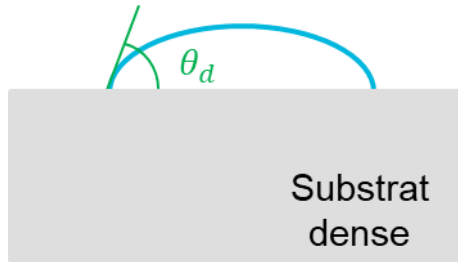
Coefficient d'étalement instantané  $\beta$  :

$$\beta = \frac{\text{diamètre de goutte}}{\text{diamètre de goutte en vol}}$$

# CHAPITRE 2

## ÉTUDE DU MOUILLAGE DE LA GOUTTE DE LIANT SUR LE LIT DE POUDRE

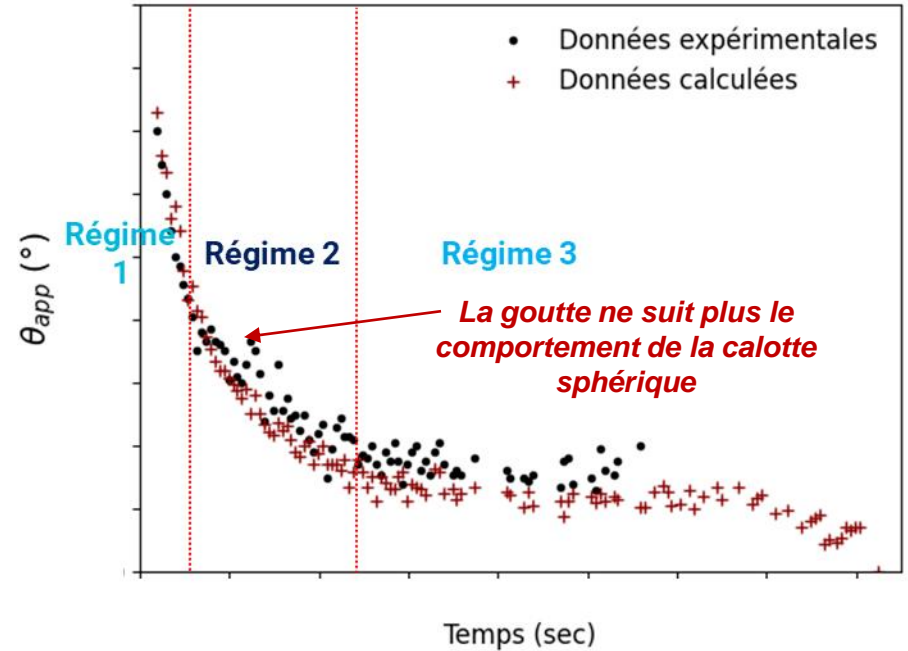
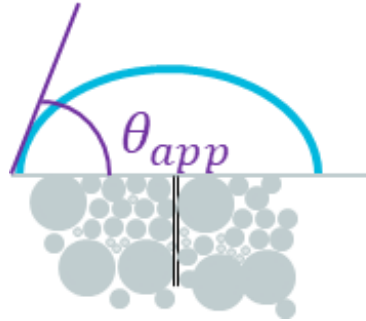
## 2.1 Mouillage d'un substrat dense par la goutte : établissement d'un équilibre



$\theta_{eq}$  : angle de mouillage lorsque la goutte est stabilisée

La goutte mouille immédiatement le substrat et elle se stabilise rapidement.

## 2.2 Mouillage du lit de poudre par la goutte



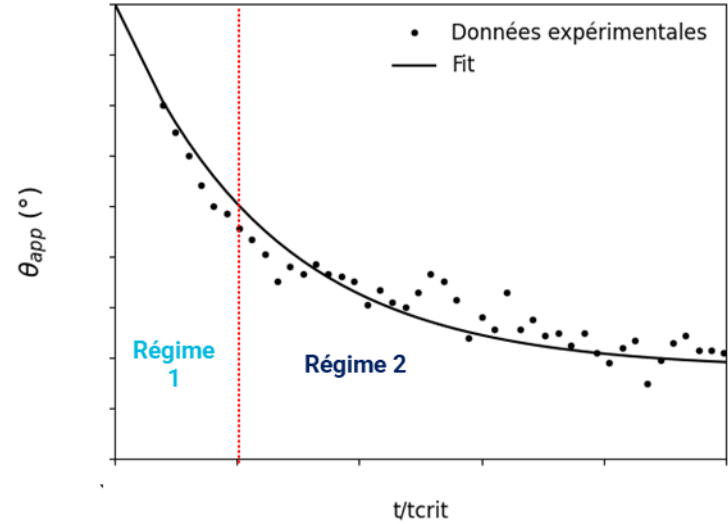
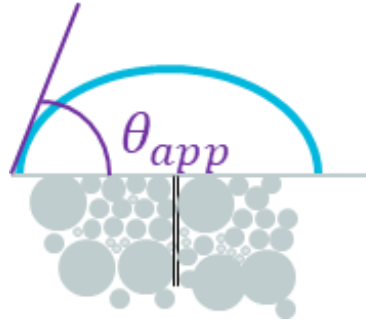
Données calculées à partir du modèle de la calotte sphérique :

$$\theta_{calotte\ sphérique} = \arctan\left(\frac{2 * h * \left(\frac{d_g}{2}\right)}{\left(\frac{d_g}{2}\right)^2 - h^2}\right)$$

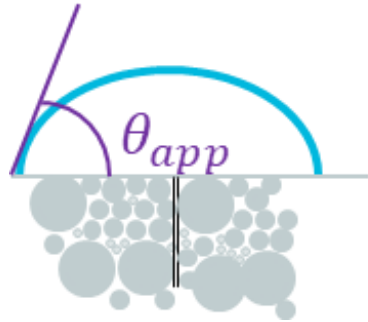
avec h et d les hauteurs et diamètres mesurés de la goutte à chaque temps avec ImageJ



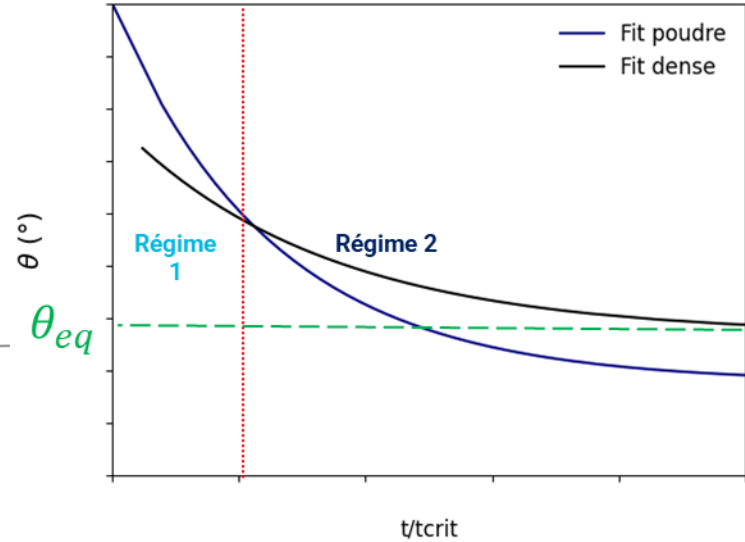
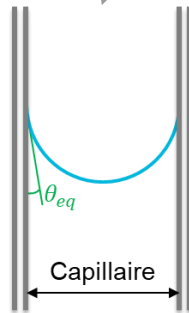
## 2.3 Modèle décrivant le mouillage du lit de poudre par la goutte



## 2.4 Détermination de l'angle $\theta$ intervenant dans la loi de Jurin



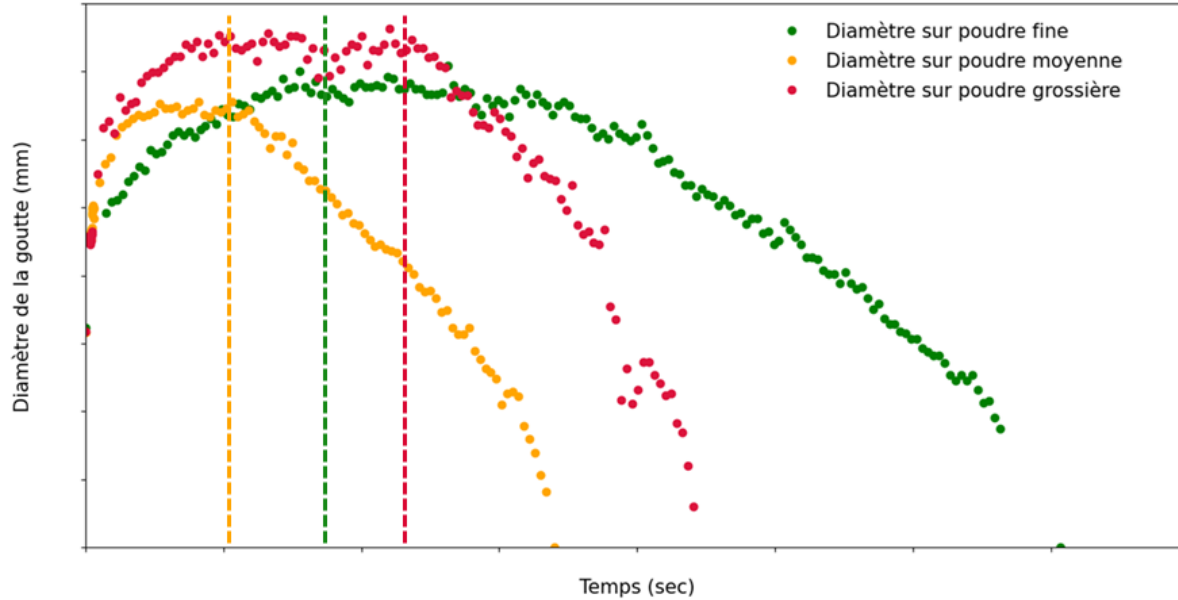
Loi de Jurin :



# CHAPITRE 3

## ÉTUDE DE L'ÉTALEMENT DE LA GOUTTE DE LIANT

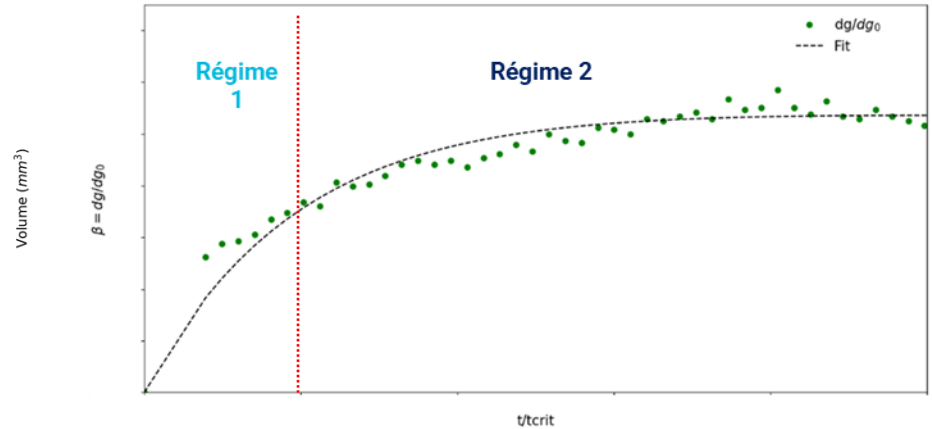
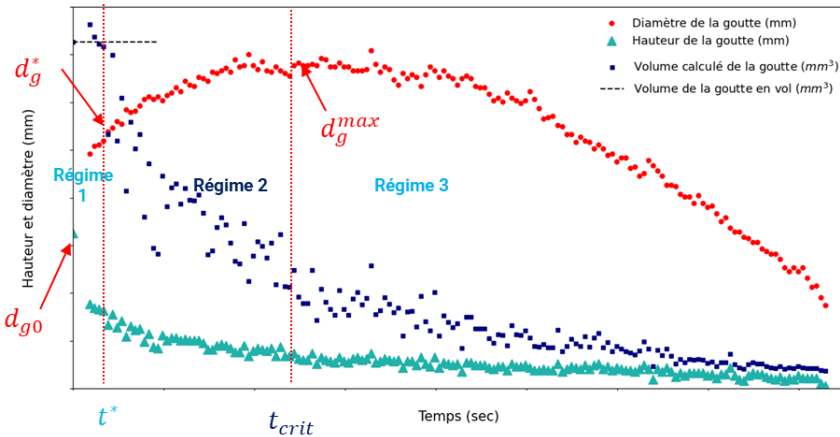
## 3.1 Étude menée sur trois poudres d'Inconel 718



## 3.2 Modèle phénoménologique décrivant les deux premiers régimes : cas de la poudre fine

Modèle phénoménologique décrivant l'étalement de la goutte du liant dans les deux premiers régimes :

$$\frac{d_g(t)}{d_{g0}} = f(d_{50}, Span, (1 - Pt), t_{crit})$$



Constantes phénoménologiques  $\epsilon$ , A et  $\chi$

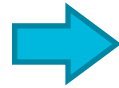
$$\epsilon = f(d_{50}) [\mu\text{m}]$$

$$A = f(Span)$$

$$\chi = f((1 - Pt)d_{50}) [\mu\text{m}]$$



## 3.3 Influence de la granulométrie sur les paramètres $\varepsilon$ , A et $\chi$

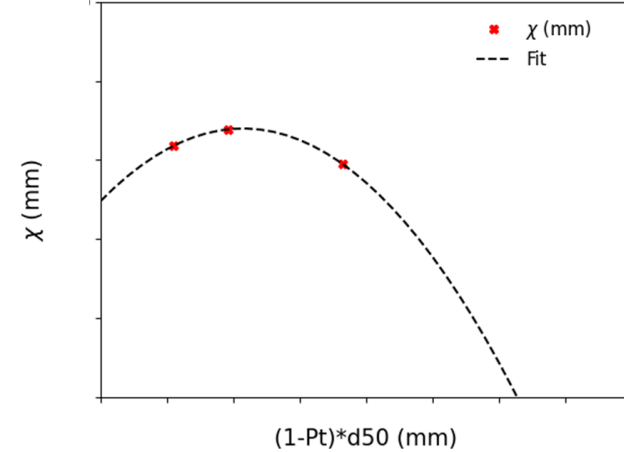
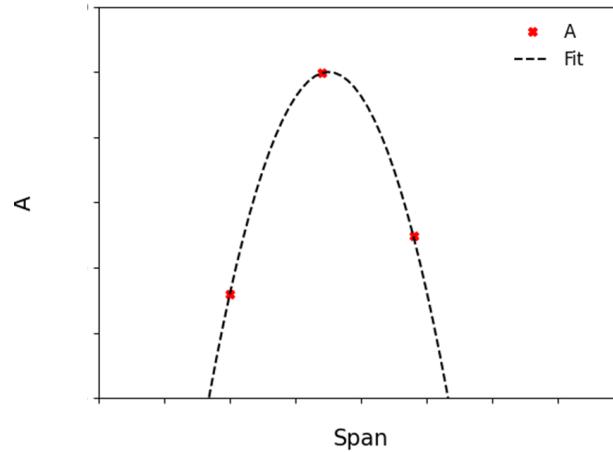
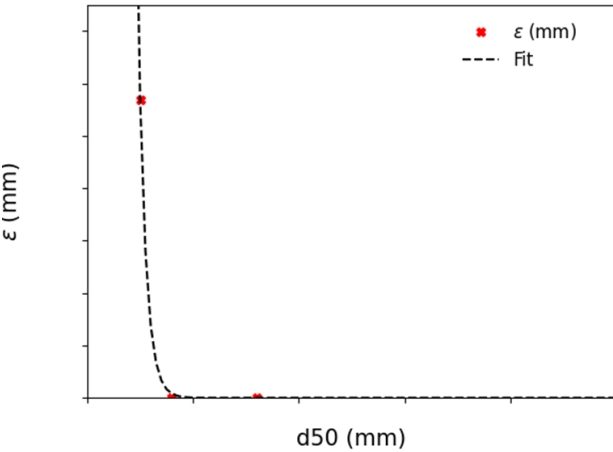


Constantes phénoménologiques  $\varepsilon$ , A et  $\chi$

$$\varepsilon = f(d_{50}) \text{ } [\mu\text{m}]$$

$$A = f(\text{Span})$$

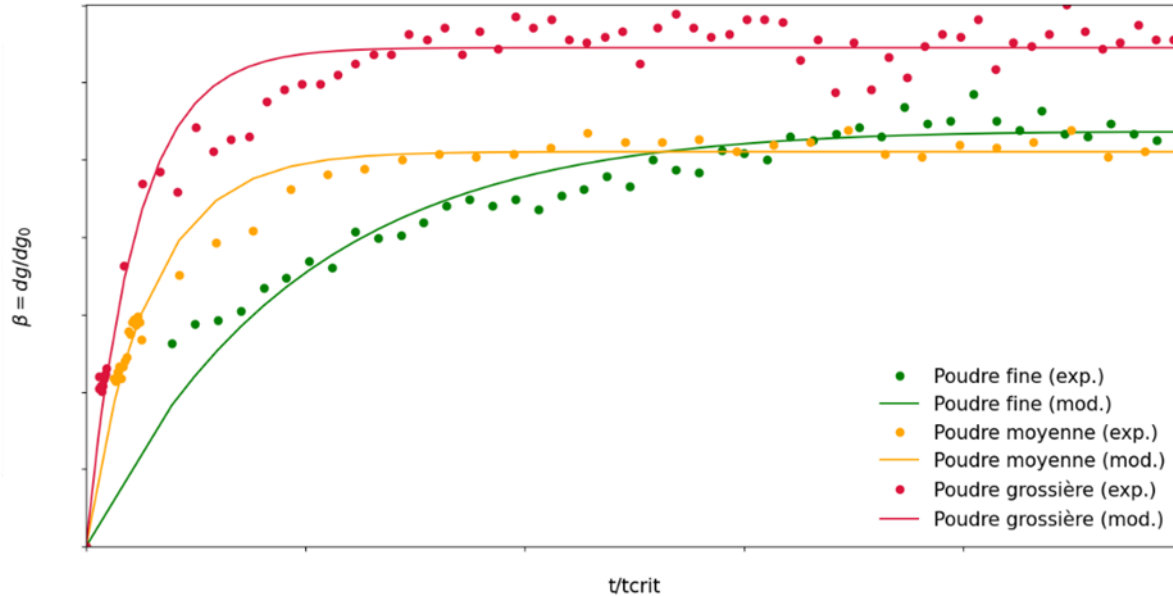
$$\chi = f((1 - Pt)d_{50}) \text{ } [\mu\text{m}]$$



# CONCLUSIONS



- ▶ Mise en évidence de différents régimes décrivant le comportement de la goutte à la surface du lit de poudre
- ▶ Impact de la granulométrie et de la porosité du lit de poudre sur les différents mécanismes étudiés
- ▶ Etablissement de modèles phénoménologiques faisant intervenir les caractéristiques des différents lits de poudre



**Simulation :**  
 Mécanismes de mouillage,  
 Infiltration  
 du volume de liant infiltré dans le

**Industriels:**  
 Méthode adaptée au procédé MBJ

**Effet de...**

- La température du lit de poudre
- La composition chimique de la poudre
- Le vieillissement de la poudre
- La composition du liant



**MERCI POUR VOTRE ATTENTION !**

*agnes.schnell@minesparis.psl.eu*

