



**Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques de l'Ingénieur**

## AVIS DE SOUTENANCE

## THESE DE DOCTORAT

Présentée par

**Mr : ANASS BENAYAD**

Discipline : Génie Mécanique

Spécialité : Génie Mécanique

**Sujet de la thèse :** Etude numérique et expérimentale de la cinétique de cristallisation des polymères dans le procédé de micro-moulage par injection.

**Formation Doctorale :** Sciences de l'ingénieur, Sciences Physiques, Mathématiques et Informatique.

**Thèse présentée et soutenue le samedi 13 février 2021 à 10h au Centre de conférences devant le jury composé de :**

Nom Prénom	Titre	Etablissement	
Ahmed EL KHALFI	PES	Faculté des Sciences et Techniques Fès	Président
Mohamed EL MAJDOUBI	PES	Faculté des Sciences et Techniques Fès	Rapporteur
Anas EL MALIKI	PES	Ecole Nationale Supérieure d'Electricité et Mécanique de Casablanca	Rapporteur
Ghassane AYAD	PH	Ecole Nationale de l'Industrie Minérale de Rabat	Rapporteur
M'hamed BOUTAOUS	HDR	Institut National des Sciences Appliquées de Lyon	Examineur
Abdelhamid TOUACHE	PH	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Examineur
Abdelhadi EL HAKIMI	PH	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Directeurs de
Rabie EL OTMANI	PH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées El Jadida	thèse

Laboratoire d'accueil : Génie Mécanique.

Etablissement : Faculté des Sciences et Techniques de Fès





**Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques de l'Ingénieur**

morphologiques (microscope optique et à balayage électronique), thermiques (calorimétrie différentielle DSC), mécaniques (analyseur dynamique DMA), et dimensionnelles (micromètre). De point de vue morphologique, les micrographies ont présenté une structure cristalline à trois couches distinctes (peau, cisaillement, et cœur). La nature des microstructures et le taux de contribution de chaque couche, dépendent fermement des paramètres de la machine (vitesse d'injection et température du moule), à la section d'écoulement, et à la configuration d'écoulement de la pièce. Le même effet est à signaler au niveau de la stabilité dimensionnelle et les températures de fusion mesurées. Quant au comportement mécanique des échantillons, les pièces micro-injectées résistent davantage aux essais de traction lorsque la vitesse d'injection et la température du moule sont tous les deux élevées. Dans ces conditions, le mécanisme d'orientation des chaînes du polymère dans le sens de l'écoulement est favorisé, ainsi le taux de cristallinité est élevé.

Nous proposons des corrélations étroites entre les résultats du modèle développé par simulation et les résultats de caractérisations expérimentales. Par ailleurs, la distribution typique des taux de cisaillement (vitesse de déformation) coïncide parfaitement avec les taux de contribution des structures orientées. D'autre part, elle apporte des clarifications supplémentaires au comportement thermique (DSC) des échantillons. Les micrographies montrent que les sphérolites gagnent en diamètre avec l'élargissement de l'épaisseur des pièces. D'une manière captivante, l'histoire thermomécanique est parfaitement reproduite par les calculs, les sphérolites sont de plus en plus volumineuses en augmentant l'épaisseur de la pièce, en particulier pour une température élevée du moule.

**Mots clés** : Micro-moulage, polymère semi-cristallin, modélisation numérique, cinétique de cristallisation, couplage multiphysique, morphologie, caractérisations mécaniques.