

MultiPhysX Consulting – MPX
Newsletter n°3
Mars 2026



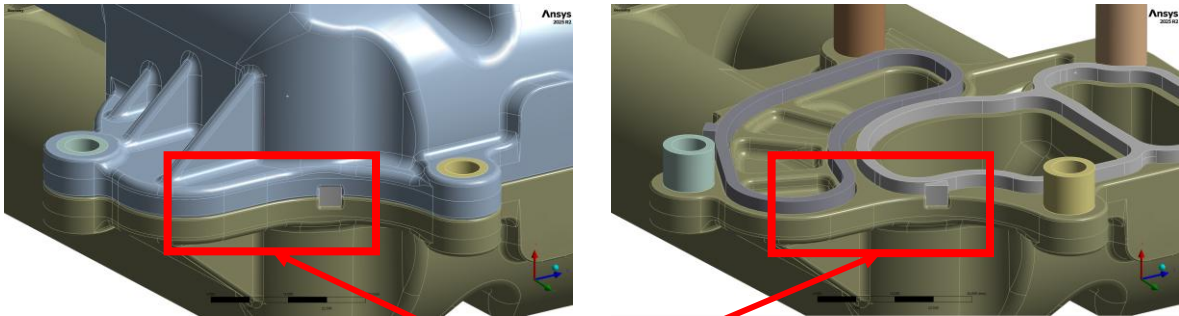
Comment résoudre les problèmes d'étanchéité avec les plastiques techniques renforcés et optimiser et maximiser les performances des plastiques techniques renforcés grâce à la Simulation Multiphysique.

Objectif de la newsletter

Cette newsletter met en lumière la **valeur ajoutée de la simulation multiphysique** dans une application exigeante à **180°C**, impliquant le **remplacement de pièces métalliques par un plastique technique renforcé de fibres de verre**.

Les objectifs sont multiples :

- **Réduire le poids** des composants,
- **Diminuer le coût final** de la pièce,
- **Améliorer l'empreinte environnementale** (réduction des ressources, recyclabilité),
- **Résoudre un problème récurrent d'étanchéité**, marqué par des **fuites d'air en conditions extrêmes**.



Zone de la fuite d'air constatée

Problématique : fuites d'air sous capot moteur à 180°C

Lors des essais en laboratoire, une **fuite d'air** apparaît généralement après **5 à 10 minutes** (selon l'épaisseur, le matériau et l'environnement).

Dans certains cas, une **casse non anticipée par la simulation** est observée, aggravant le problème.

Observation clé : sous **température homogène de 180°C**, la fuite apparaît **après 3 à 5 minutes**, car l'équilibre thermique est atteint plus rapidement.

Hypothèses et solutions proposées

La fuite n'étant pas immédiate, le **fluage** (lié à la pression interne, au joint et au temps) est souvent considéré comme la cause principale.

Les solutions classiques incluent :

- **Augmenter le pourcentage de fibres de verre** (ex. : 35 % → 50 %),
- **Changer de famille de polymère** (plus coûteux mais potentiellement plus performant).

Cependant, ces options **réduisent l'avantage poids, augmentent les coûts**, et ne garantissent pas la réussite.

Deux questions critiques :

- Le **fluage** est-il réellement responsable des fuites ?
- Tous les **phénomènes physiques** ont-ils été intégrés dans la simulation ?

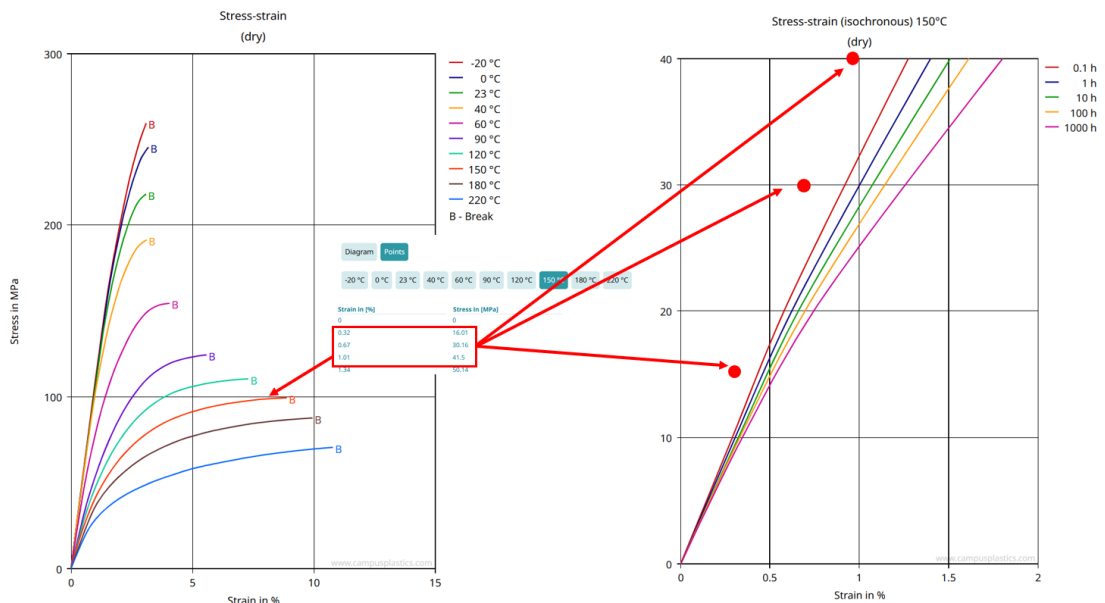
Comportement en fluage d'un thermoplastique polyamide PA66 avec 35% de fibres de verre à 150°C :

Le fluage dépend **de la température, du niveau de contrainte, du temps et de l'environnement (exposition chimique)**.

Les données montrent qu'au bout de 6 minutes (~0,1 h), la **courbe contrainte-déformation évolue**, signifiant une **baisse progressive du module**, donc un **déplacement croissant de la pièce**.

Je recommande de :

- **Ne pas commencer directement par des simulations de fluage**,
- Identifier les **paramètres dominants** (température, contrainte, orientation de la fibre, ..),
- Réduire le niveau de contrainte dans les zones critiques via **des modifications design simples (contrainte réduite = réduction de l'impact du fluage)**

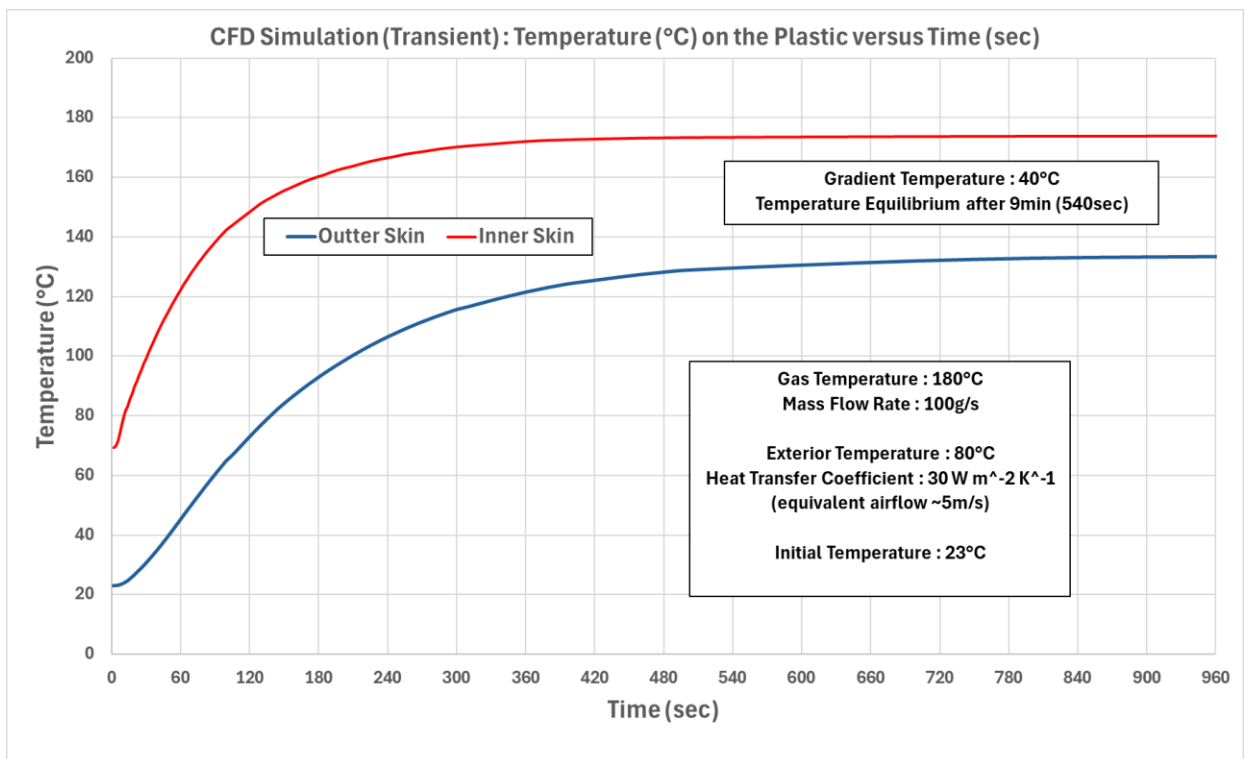


Comportement thermique des plastiques techniques vs métaux

Les plastiques techniques présentent une **conductivité thermique très faible** par rapport aux métaux, ce qui entraîne :

- Malgré une **montée en température rapide** (de 23°C à 180°C), l'**équilibre thermique sur la pièce plastique se fait en 5 à 10 minutes** (contre quelques secondes pour les métaux).
- Un **gradient thermique marqué** dans l'épaisseur (de 30 à 50°C entre la peau intérieure et extérieure), contre seulement un gradient de 3 à 5°C pour une pièce métallique.

→ Appliquer une **température uniforme** dans une simulation avec un plastique technique est une **simplification excessive** pouvant mener à des conclusions erronées ou un surdimensionnement non nécessaire.



Apport de la simulation multiphysique

Elle permet de :

- **Décomposer les mécanismes,**
- Identifier **le phénomène dominant,**
- Mettre en place des solutions **simples, rapides et économiques.**

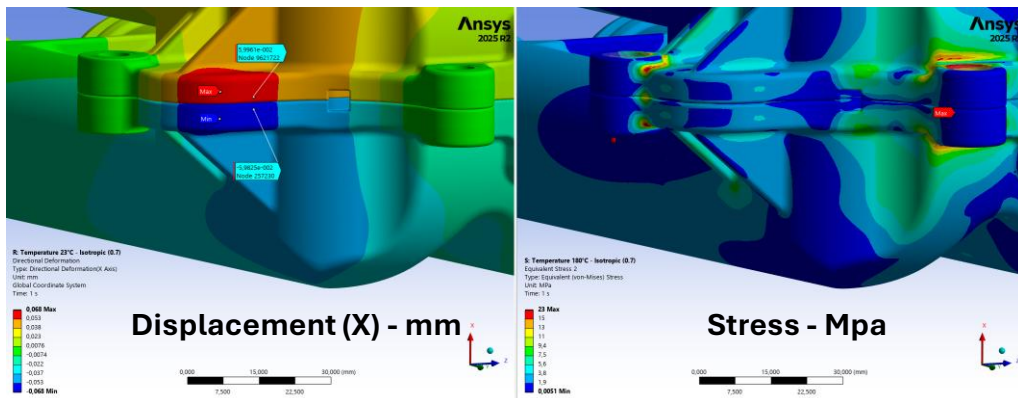
L'idéal est d'intervenir **en amont**, avant la production.

Résultats des simulations itératives et comparatives

Pour comprendre et analyser le comportement de la pièce et décomposer les phénomènes, voilà les scénarios de simulation qui ont été réalisés, chacun intégrant des hypothèses et des conditions différentes :

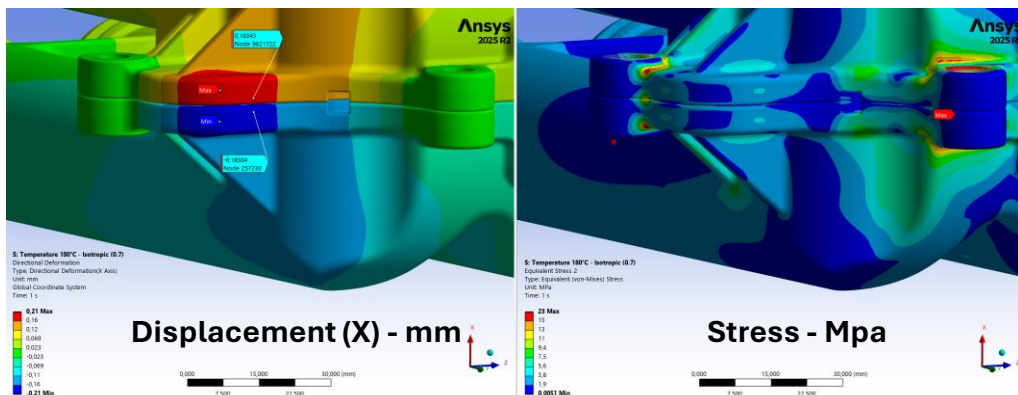
1. Simulation à 23°C avec matière isotropique simplifiée – **écartement de 0,12mm**

- Température uniforme de **23°C** avec une pression interne et remplacement du joint par une pression.
- Matériau considéré comme **isotrope**, avec un **coefficient de 0,7** appliqué sur la courbe contrainte-déformation à 23°C. C'est une simplification car la pièce plastique réelle n'aura pas la même orientation que l'éprouvette utilisée pour générer les données mécaniques.



2. Simulation précédente mais avec une matière à 180°C – **écartement de 0,37mm**

- Température uniforme de **180°C**.
- Même approche que la simulation précédente pour la modélisation du matériau.

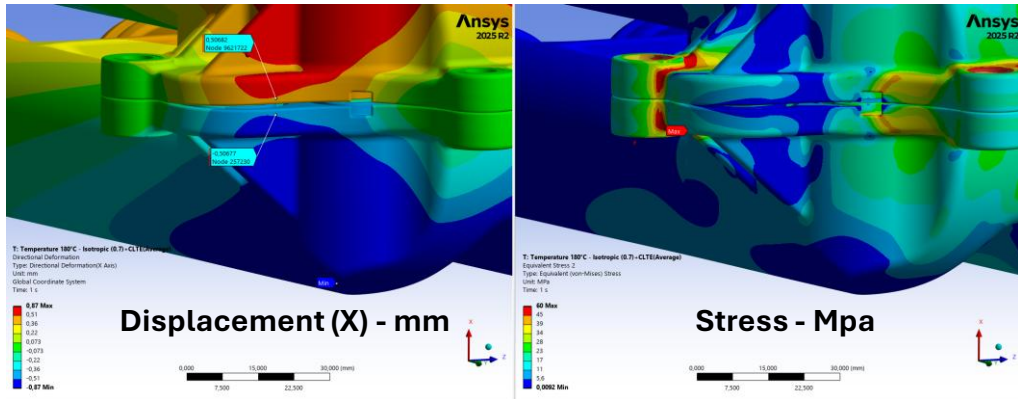


Ces simulations illustrent uniquement **l'impact de la température**. Elles restent **loin de la réalité** et donnent une **vision trop optimiste** de la pièce.

3. Simulation avec la même méthode mais avec une matière à 180°C et en intégrant la dilatation thermique – **écartement de 1,1mm**

- Température uniforme de **180°C**.
- Même approche que la simulation précédente pour la modélisation du matériau.
- Prise en compte de la dilatation thermique de la matière plastique, avec une moyenne des coefficients dans les sens parallèle et perpendiculaire.

L'impact de la dilatation est **majeur** : le passage de 0,37 mm à 1,1 mm montre que ne pas l'intégrer fausse fortement les résultats.

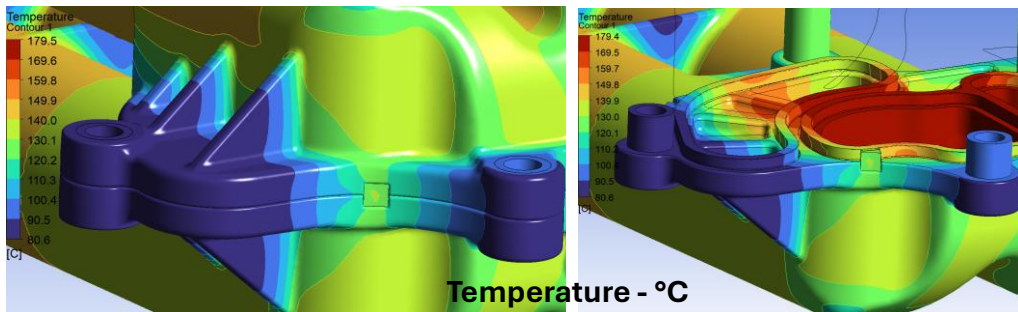


Réalisme du calcul ?

- **Pessimiste** si on applique une température uniforme (jamais le cas en réalité).
- **Optimiste** si on ne considère pas les défauts de planéité liés au process.
- **Pessimiste** si le point d'injection est mal placé (orientation défavorable).
- **Optimiste** si le fluage n'est pas pris en compte.

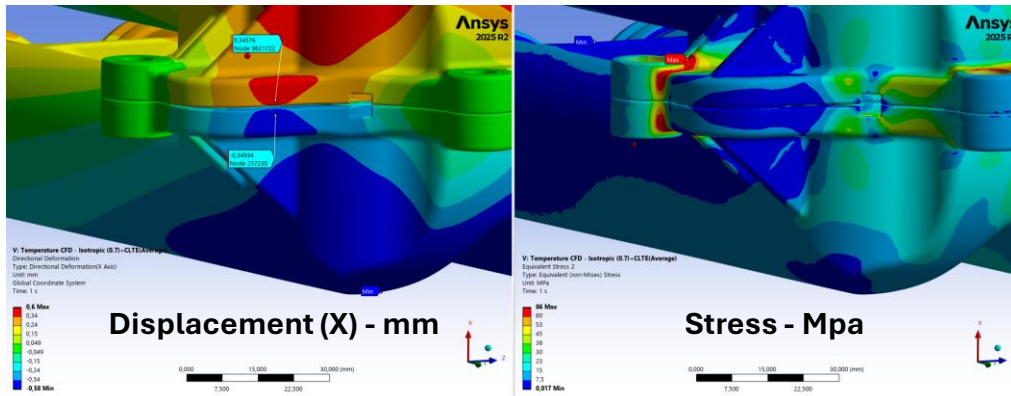
Une simulation CFD du PA66 GF35 (photo ci-dessous) montre bien un **gradient de 40 à 50°C** et que **la température n'est pas uniforme**.

Tester les pièces avec une température uniforme à 180°C est **extrêmement pessimiste**, peut générer des défaillances artificielles et ne reflète pas les conditions réelles de fonctionnement.



4. Simulation précédente mais plus réaliste avec les températures issues d'une simulation CFD – **écartement de 0,69mm**

- Dans la réalité, la température de la pièce **n'est jamais uniforme**.
- Cette simulation utilise donc les **températures issues d'une CFD**, ce qui permet de représenter beaucoup plus fidèlement les conditions réelles.
- Le matériau reste modélisé en **isotrope simplifié**, comme dans les simulations précédentes.



Maintenant que le modèle est plus réaliste avec les températures, il est temps de passer à l'étape suivante qui est le calcul en tenant compte de l'orientation des fibres de verre

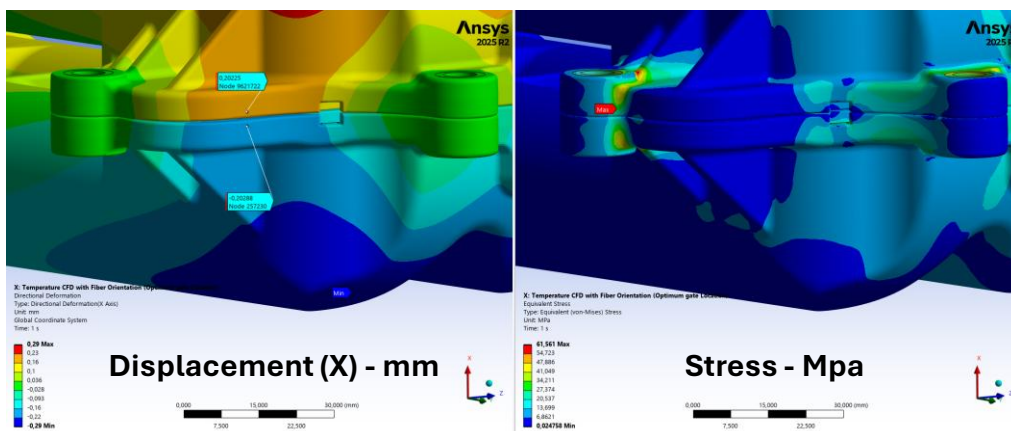
5. Simulation Multiphysique – **écartement de 0,40mm**

- les **températures issues de la simulation CFD**,
- la **dilatation thermique**,
- l'**orientation des fibres de verre** issue des études rhéologiques.

Pourquoi l'étude rhéologique est essentielle ?

Elle permet :

- **Orienter les fibres** pour limiter les déplacements liés à la dilatation,
- **Éviter de placer le point d'injection** dans une zone critique, et limiter les lignes de recollement dans les zones fortement sollicitées,
- **Réduire les défauts de planéité** dans les zones de joint, et donc de **minimiser le risque de fuite**.



Résumé :

	Simulation	Dilatation thermique	Réalisme thermique	Orientation fibres	Fluage	Écartement	Score
1	23°C simplifiée	×	×	×	×	0,12 mm	★
2	180°C simplifiée	×	×	×	×	0,37 mm	★★
3	180°C + dilatation thermique	☑	×	×	×	1,1 mm	★★
4	T°C (CFD) (réaliste) + dilatation thermique	☑	☑	×	×	0,69 mm	★★★
5	Simulation Multiphysique *	☑	☑	☑	×	0,40 mm	★★★★

* Solution technique optimale sans changer le design et la matière

Dans la prochaine newsletter, je montrerai plus de détails sur l'injection, l'orientation des fibres ainsi que les simulations avec le fluage

Pourquoi ces simulations sont-elles cruciales ?

Ces approches permettent de :

- **Comparer l'impact des hypothèses simplificatrices** (isotropie, température uniforme) avec des conditions réelles.
- **Mettre en évidence les phénomènes dominants** (fluage, gradient thermique, dilatation, etc.).
- **Valider des solutions correctives** avant la production, réduisant ainsi les risques de défaillance et les coûts associés.

Besoin d'accompagnement ou d'expertise ?

Vous avez un projet, des questions, ou souhaitez bénéficier de l'expertise d'un spécialiste en Simulation Multiphysique ? **Contactez-moi.**

Et si, comme moi, vous êtes passionné(e) par la **Simulation Multiphysique**, abonnez-vous à **MultiPhysX Consulting – MPX** pour ne rien manquer de nos actualités et innovations.

Frederic BONNIN

MultiPhysX Consulting - MPX

78000 Versailles

www.multiphysx.com

Mobile : +33 6 81 53 45 80

Email : Frederic.Bonnin@multiphysx.com