

Conception des blocs collecteurs: Optimisez les écoulements avec SmartOptim[®] pour tirer bénéfice de la fabrication additive

Les blocs collecteurs sont des circuits utilisés pour répartir les fluides vers différents composants. Le développement de la Fabrication Additive (FA) permet la construction de blocs innovants dont le poids est réduit mais dont les propriétés mécaniques et les fonctionnalités sont conservées. Pour tirer pleinement parti de cette nouvelle façon de fabriquer ces éléments, les circuits internes fluides peuvent également être optimisés afin d'améliorer leurs performances notamment énergétiques.

CFD-numeric a développé SmartOptim[®], la solution d'optimisation topologique pour les fluides, qui peut être utilisée pour concevoir la forme optimisée des conduits internes en respectant des objectifs liés aux écoulements des fluides. Ces objectifs sont la réduction de la perte de charge et l'uniformité des débits contrôlant directement la performance de l'élément considéré.

Pour illustrer cette méthodologie de conception, nous utilisons le bloc collecteur présenté ci-dessous en Figure 1. Il comprend 3 circuits : les deux premiers possèdent une entrée et une sortie (Circuit-1 et -2) et le troisième, une entrée associée à 5 sorties (Circuit -3).

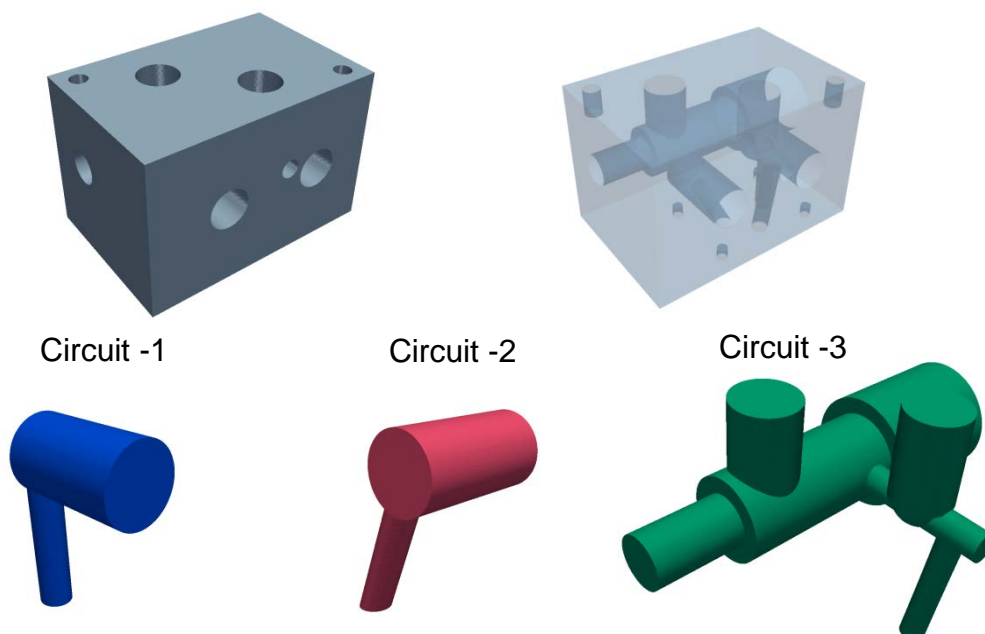


Figure 1: Bloc collecteur - géométrie

La simulation des écoulements au sein de ce collecteur est réalisée en appliquant un débit sur chaque entrée et une pression statique nulle sur chaque sortie. Le fluide est considéré comme incompressible et isotherme. L'écoulement est turbulent représenté par un modèle de type $k-\varepsilon$ couplé à une loi de paroi standard. Le résultat présenté en Figure 2 est obtenu après convergence stationnaire : les lignes de courant dans chacun des circuits illustrent la circulation du fluide.

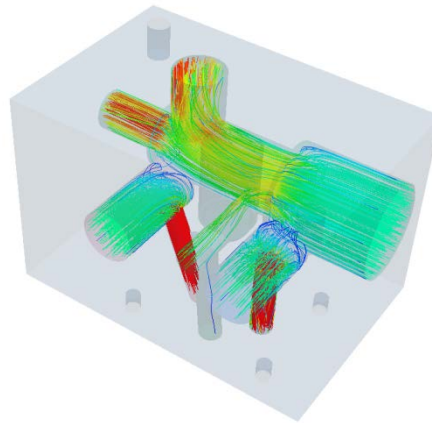


Figure 2: Bloc collecteur- simulation de l'écoulement

Le graphique de la Figure 3 présente la perte de charge pour chaque circuit. Pour le Circuit-3, la perte de charge est estimée en moyennant la pression totale sur les 5 sorties.

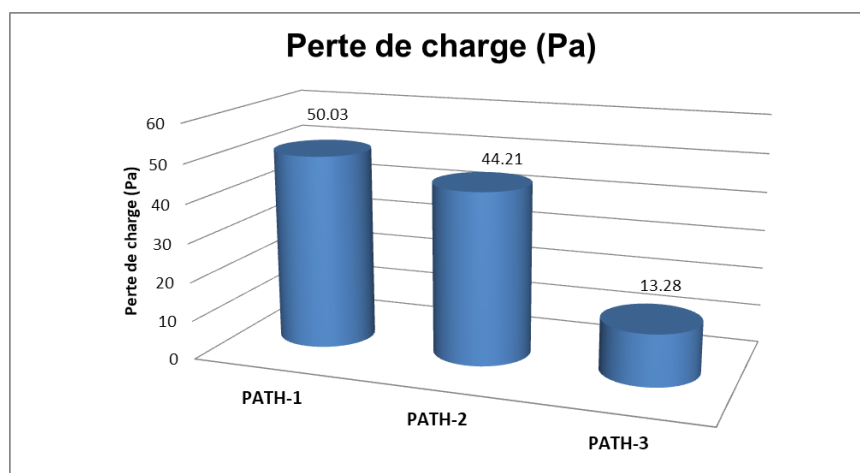


Figure 3: Bloc collecteur - perte de charge

Si on s'intéresse plus spécialement au Circuit-3 (Figure 4), on peut constater que les sorties 3 et 5 ne sont pas alimentées correctement.

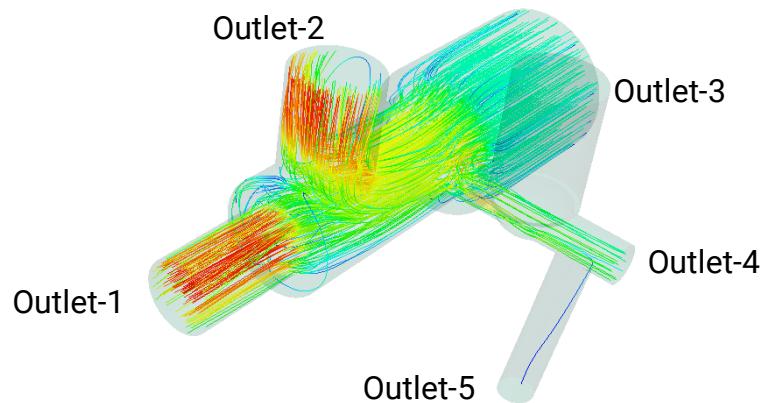


Figure 4: Bloc collecteur - analyse de l'écoulement dans le Circuit-3

Le graphique ci-dessous (Figure 5) détaille l'écart de débit par rapport au débit cible pour chaque sortie (en pourcentage). Un fluide parfaitement distribué en fonction des sections conduirait à un écart nul pour chaque sortie.

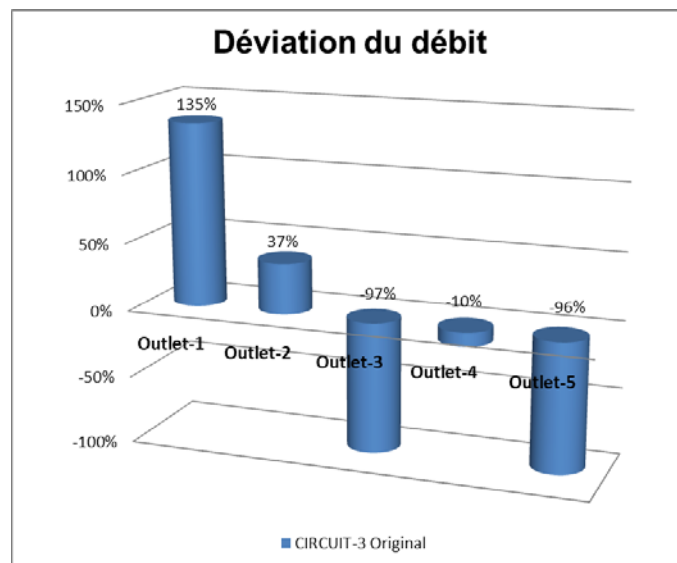


Figure 5: Bloc collecteur - déviation (%) du débit dans le Circuit-3

L'Outlet-1 présente un débit supérieur de 135% par rapport à la valeur cible alors que l'Outlet-3 et l'Outlet-5 ont une valeur de débit inférieure de 97% par rapport à la valeur cible.

Les circuits internes de ce bloc ne sont pas optimisés : la répartition des débits n'est pas satisfaisante et la perte de charge peut être réduite.

SmartOptim[®] est alors utilisé afin de définir des formes optimisées des circuits internes (en considérant des positions figées pour les entrées et sorties du domaine) visant à améliorer les performances énergétiques de l'installation.

La donnée d'entrée principale de SmartOptim[®] concerne le volume utile c'est-à-dire les frontières définies par l'utilisateur au-delà desquelles le circuit fluide ne peut

s'étendre. Il s'agit d'une donnée dépendante de chaque procédé qui doit être définie par l'utilisateur afin de respecter des contraintes mécaniques ou de fonctionnement par exemple. Ces volumes sont définis comme illustré en Figure 6 pour le bloc considéré.

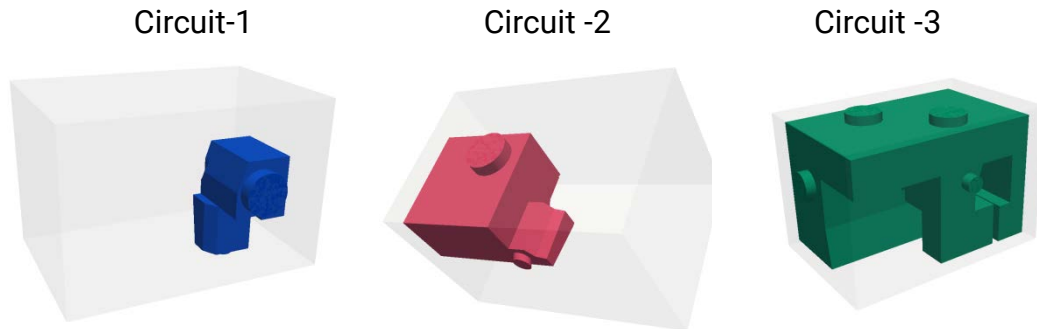


Figure 6: Bloc collecteur - « volume utile » pour chaque circuit

Il est important de noter qu'aucun travail de paramétrisation de CAO n'est nécessaire : il faut simplement définir préalablement les volumes utiles.

SmartOptim[®] est ensuite utilisé avec les objectifs suivants :

- 1) Réduction de la perte de charge pour chaque circuit;
- 2) Amélioration de la répartition des débits entre chaque sortie pour le Circuit-3.

Sur la base de la résolution des équations adjointes, SmartOptim[®] permet de définir une forme optimisée permettant d'atteindre les objectifs visés. Les formes obtenues sont présentées en Figure 7 avec des lignes de courant représentant le cheminement du fluide.

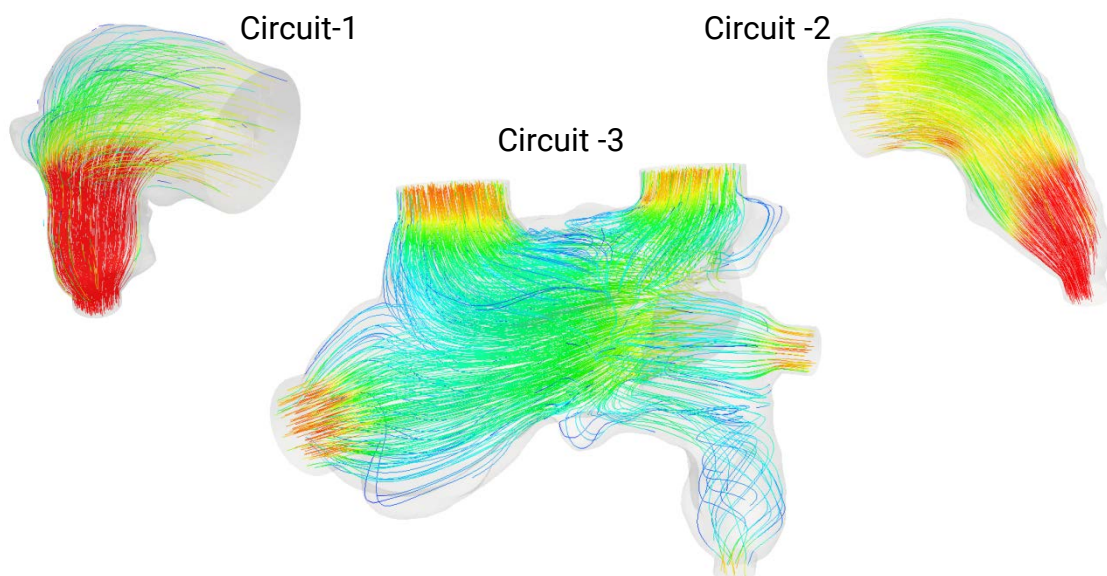


Figure 7: Bloc collecteur - lignes de courant dans chaque circuit optimisé

L'analyse des grandeurs globales présentées dans le graphique de la Figure 8 démontre une réduction drastique de la perte de charge du système contribuant ainsi à un dispositif plus efficace d'un point de vue énergétique.

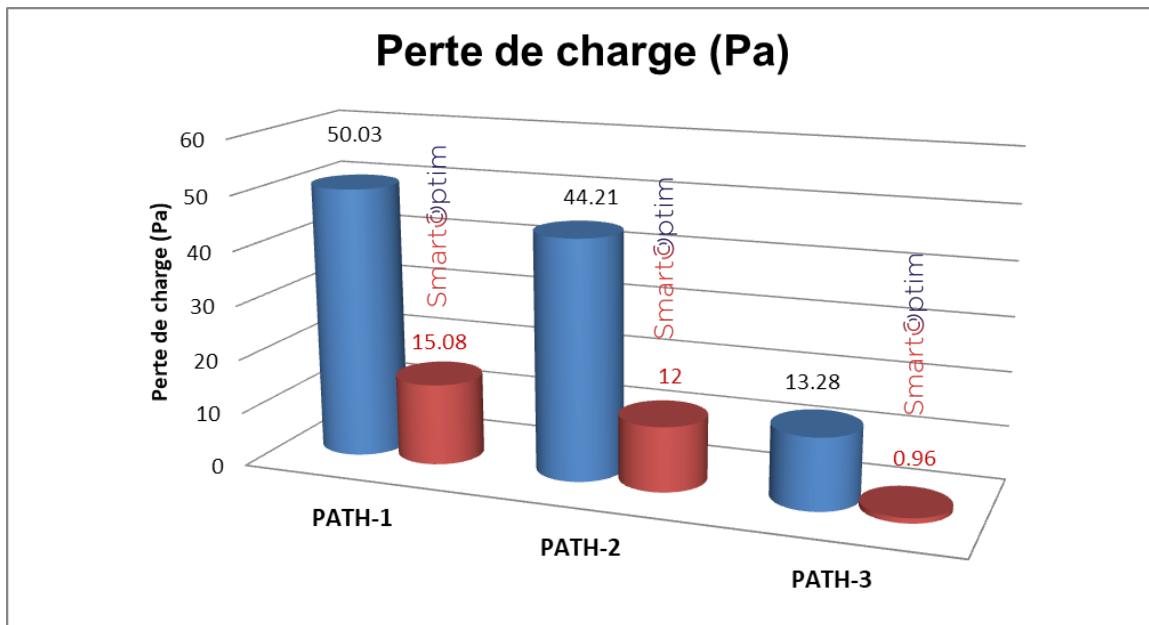


Figure 8: Bloc collecteur – comparaison des pertes de charges

La répartition des débits est, elle aussi, largement améliorée : l'écart maximal entre la cible et le résultat pour chaque sortie est de 15% comme illustré en Figure 9. La forme du Circuit-3 proposée par SmartOptim® permet d'améliorer de manière significative la performance du circuit.

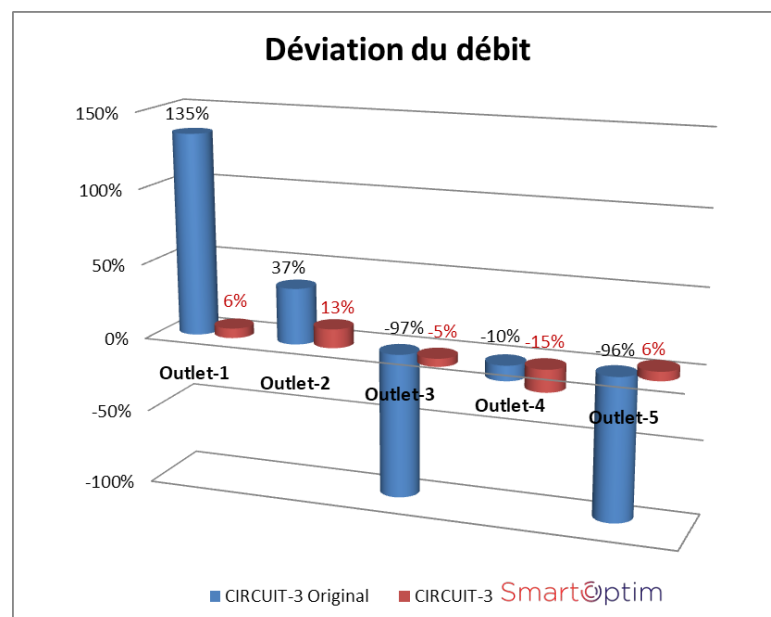


Figure 9: Bloc collecteur – répartition des débits pour le Circuit-3 avec la surface optimisée

Les nouvelles formes proposées par SmartOptim[®] ne sont pas intuitives (Figure 10) mais elles peuvent être directement utilisées dans un procédé de fabrication additive ou exploitées par les ingénieurs pour concevoir de nouvelles formes plus performantes.

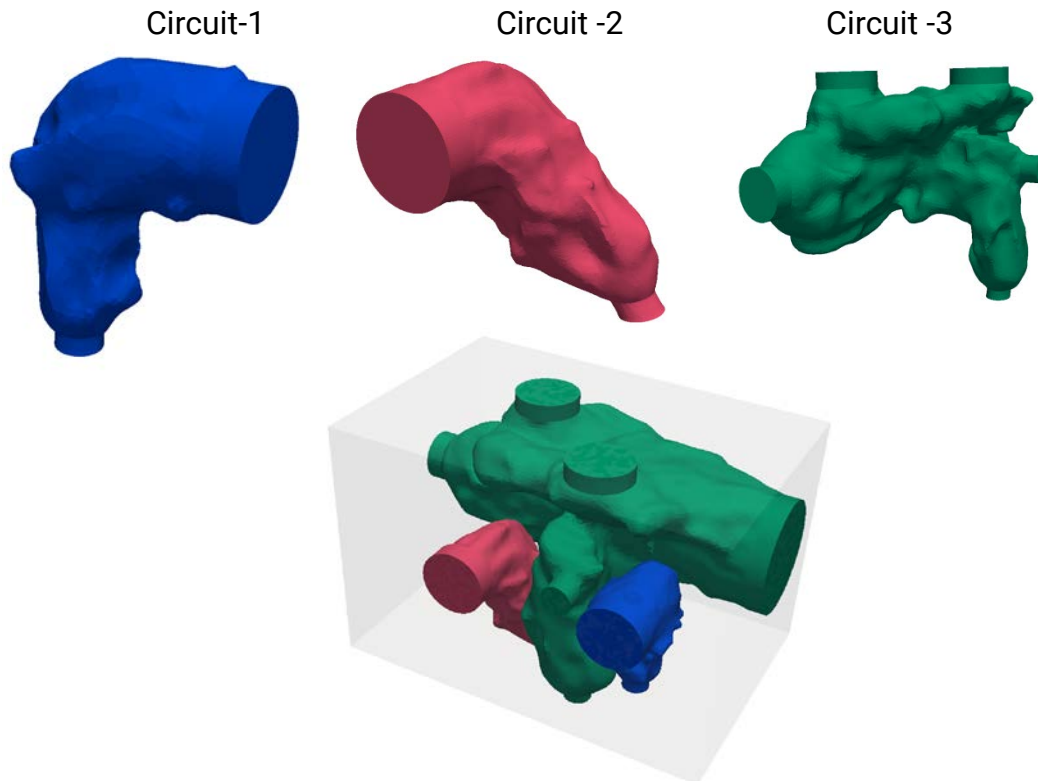


Figure 10: Bloc collecteur – surface finales optimisées

Les surfaces obtenues sont lissées et fournies au format STL ou STEP sur demande. Elles peuvent être utilisées par les ingénieurs et designers pour concevoir de meilleurs collecteurs en introduisant des contraintes de fonctionnement et de fabrications.

SmartOptim[®] est une solution robuste qui peut s'intégrer facilement dans un procédé classique de conception. Pour l'exemple du bloc collecteur utilisé ici, les circuits ont été créés et validés en moins de 5 jours. Le nouveau design proposé peut devenir la donnée d'entrée pour une conception innovante.

A propos de CFD-Numerics

CFD-Numerics est un bureau d'ingénierie spécialisé en simulation numérique en mécanique des fluides, transferts thermiques et combustion.

La société propose des solutions d'expertise pour analyser, améliorer et optimiser des produits et procédés ainsi que le service innovant d'aide à la conception SmartOptim[®] pour l'optimisation topologique appliquée aux fluides.

www.cfd-numerics.com