

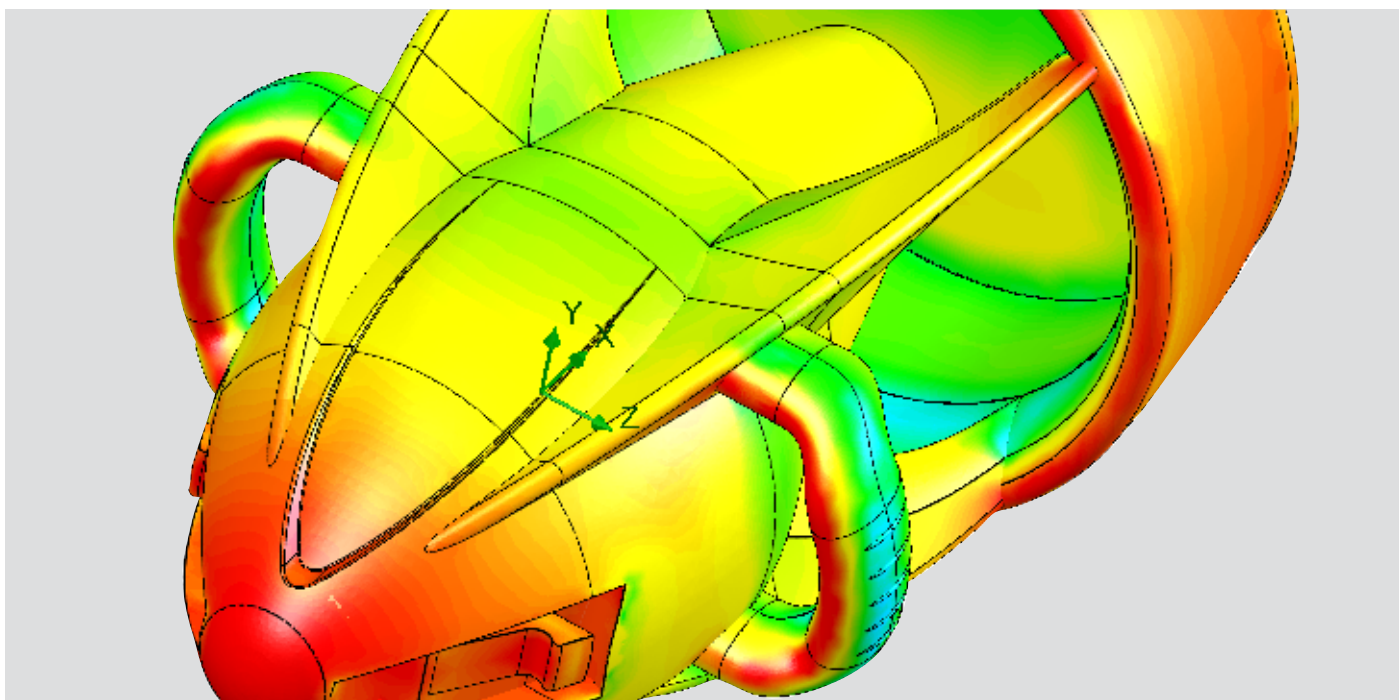
---

# LE RÔLE DE L'ANALYSE D'ÉCOULEMENT FLUIDIQUE DANS DES PROJETS DE CONCEPTION RÉELS

---

## Résumé

À travers les exemples de deux dissipateurs thermiques, d'un aspirateur médical, d'un four ménager et d'une vanne de régulation industrielle, cette présentation technique illustre comment SolidWorks® Flow Simulation peut aider les concepteurs confrontés aux problèmes de transfert de chaleur et d'écoulement des fluides à concevoir les meilleurs produits possibles. SolidWorks Flow Simulation est un programme de dynamique des fluides (CFD) intelligent et convivial facilitant le travail des concepteurs qui utilisent SolidWorks pour la création de conceptions.



## L'approche SolidWorks Flow Simulation

Pour les concepteurs travaillant sur des produits électroniques particulièrement sensibles à la surchauffe, les problèmes de transfert de chaleur sont inévitables. Les dissipateurs thermiques apportent une solution au problème de surchauffe, mais encore faut-il déterminer le type de conception et l'emplacement les mieux adaptés à un appareil électronique donné. Par ailleurs, comment un concepteur peut-il choisir le dissipateur thermique le plus rentable et le mieux adapté à ses besoins sans construire et altérer une pléthore de prototypes coûteux ?

Des problèmes de toute autre nature se posent lorsqu'il s'agit de concevoir un aspirateur médical pour une application nécessitant le plus haut débit possible pour une diminution de pression donnée (aspiration), avec le moins de recirculation possible à l'intérieur de l'appareil et le profil de vitesse le plus uniforme qui soit au niveau de la tête d'aspiration. Là encore, la question est de savoir comment choisir la meilleure conception de la manière la plus efficace en termes de coût et de temps.

Les mêmes principes s'appliquent tant aux produits de consommation tels que les fours ménagers qu'à l'équipement industriel comme les vannes de régulation.

Les exemples précités font référence à des problèmes susceptibles de se poser aux concepteurs dans leur travail de tous les jours et sont très représentatifs des problèmes quotidiens rencontrés par les concepteurs de produits très divers.

Le calcul de dynamique des fluides (CFD) est un outil de simulation qui peut être d'une grande utilité dans la résolution de tels problèmes. Or, les programmes de CFD sont très souvent extrêmement complexes et difficiles à utiliser, en particulier pour les concepteurs qui n'ont pas une formation poussée en physique de l'écoulement des fluides. SolidWorks Flow Simulation offre un outil CFD intelligent et convivial aux concepteurs qui utilisent SolidWorks pour leurs réalisations.

### Projet de conception 1 : Dissipateur thermique pour appareil électronique externe

Le premier dissipateur thermique est destiné à un appareil électronique, disons une caméra de surveillance, qui sera installé à l'extérieur d'immeubles. Afin qu'il soit protégé des éléments, l'appareil doit être parfaitement hermétique ; mais sans ventilation, le transfert de chaleur se fera principalement par un seul côté du boîtier. Dans ce cas, le dissipateur thermique doit aider à évacuer la chaleur. Le fabricant de l'appareil a opté pour un dissipateur standard d'emploi courant, dont la conception n'est pas modifiable.

Face à ces contraintes, comment le concepteur peut-il trouver des solutions rentables pour accroître le refroidissement ?

En partant d'un modèle SolidWorks de dissipateur thermique commercial (Figure 1), le concepteur peut observer que, à mesure que la force gravitationnelle s'exerce vers le bas, la chaleur émanant du boîtier est dissipée vers les ailettes du dissipateur thermique et évacuée par l'air ascendant, plus léger, c'est-à-dire par convection naturelle. Pour tester une conception avec « bouclier », le concepteur place un couvercle sur le dissipateur thermique et doit déterminer si cela produit un effet de cheminée, ce qui favorise la circulation de l'air et refroidit donc plus efficacement l'appareil.

---

Les programmes de CFD sont très souvent extrêmement complexes et difficiles à utiliser, en particulier pour les concepteurs qui n'ont pas une formation poussée en physique de l'écoulement des fluides. SolidWorks Flow Simulation offre un outil CFD intelligent et convivial aux concepteurs qui utilisent SolidWorks pour leurs réalisations.

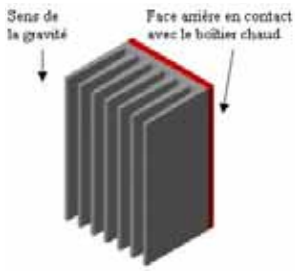


Figure 1 : Dissipateur thermique autorisé.

Avec SolidWorks Flow Simulation, le concepteur utilise l'Assistant de projet du programme pour configurer l'analyse de l'écoulement. Cet Assistant permet au concepteur : de définir le système d'unités à utiliser, le fluide analysé (l'air) et le type d'analyse réalisé (problème de transfert de chaleur conjugué) ; d'appliquer la gravité qui entraîne la circulation d'air pour la convection naturelle ; de saisir les conditions de pression et de température ambiante ; et de sélectionner le niveau de résolution à la fois du maillage et du solveur, le tout depuis une seule interface conviviale.

Avec SolidWorks Flow Simulation, le concepteur utilise l'Assistant de projet du programme pour configurer l'analyse de l'écoulement.

À l'étape suivante, l'ingénieur est amené vers l'arbre d'analyse SolidWorks Flow Simulation, où il peut appliquer le chargement de puissance thermique sur le dissipateur thermique au moyen d'un simple clic avec le bouton droit de la souris sur une option de menu ; il y est également guidé pour définir l'emplacement du chargement et saisir la puissance d'entrée.

Enfin, le concepteur définit l'ensemble des objectifs de conception de l'analyse, ainsi que les objectifs visés en termes de température maximale du dissipateur thermique et de vitesse maximale de l'air. Il peut ainsi surveiller ces valeurs pendant la phase de calcul et dresser un tableau des valeurs calculées une fois l'analyse terminée.



Figure 2 : Dissipateur thermique sans bouclier.      Dissipateur thermique avec bouclier.

Pour déterminer si le dissipateur thermique fonctionne mieux avec ou sans bouclier, le concepteur exécute une analyse CFD SolidWorks Flow Simulation.

Paramètre		Sans bouclier	Avec bouclier
Température	(°C)	62,0	55,9

Tableau 1 : Température moyenne calculée pour chaque modèle.

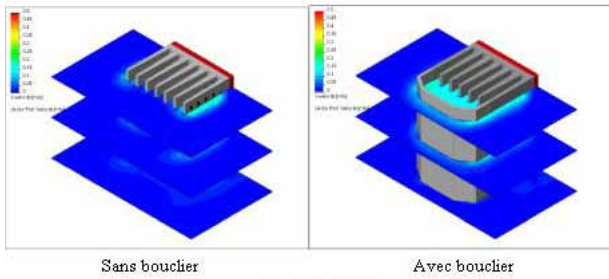


Figure 3 : Résultats de l'analyse, montrant les coupes de vitesse. Plus la couleur est chaude, plus la vitesse verticale est élevée. Le modèle de dissipateur avec bouclier présente une vitesse supérieure autour des ailettes.

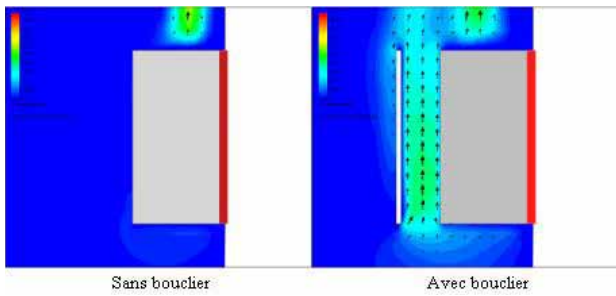


Figure 4 : Coupes de vitesse à travers une section verticale. Les résultats montrent que le modèle de dissipateur avec bouclier présente une vitesse bien plus élevée.

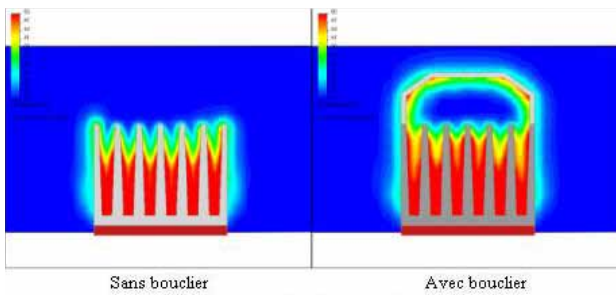


Figure 5 : Coupes de température à travers une section transversale. Ce résultat prouve que le modèle avec bouclier transfère plus de chaleur à l'air.

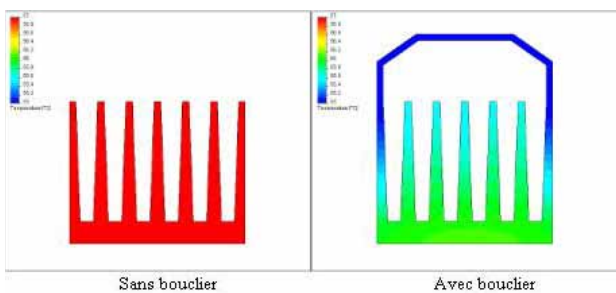


Figure 6 : Coupes de température solide à travers une section transversale. Ces résultats montrent que le modèle de dissipateur avec bouclier est nettement plus froid, avec une plage de températures comprise entre 55 °C et 57 °C. Le dissipateur thermique sans bouclier présente des températures bien au-dessus de cette plage.

Les études réalisées avec SolidWorks Flow Simulation montrent que le fait de placer un bouclier sur un dissipateur thermique à montage vertical accroît nettement le refroidissement ; on observe une baisse de la température moyenne de 10,9 % lorsqu'on compare les deux conceptions.

## Projet de conception 2 : Dissipateur thermique destiné au circuit intégré principal dans un boîtier électronique

Le deuxième dissipateur thermique doit protéger le circuit intégré principal installé avec d'autres composants électroniques dans un boîtier électronique. Dans ce cas, le concepteur doit identifier et sélectionner la forme de dissipateur thermique la mieux adaptée à cette fin.

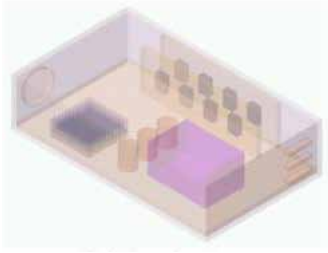


Figure 7 : Modèle de boîtier électronique.

La figure 7 représente un modèle d'assemblage SolidWorks du boîtier électronique, avec le dissipateur thermique principal. Un ventilateur souffle de l'air vers l'intérieur du boîtier, à travers le dissipateur thermique, et vers l'extérieur, à travers les fentes d'aération, afin de refroidir les composants électroniques chauds par convection forcée. Laquelle des deux formes de dissipateur thermique disponibles sur le marché permet-elle de maintenir le circuit intégré principal à la température la plus basse ?

SolidWorks Flow Simulation permet au concepteur de déterminer ceci d'une manière très simple. Comme dans l'analyse précédente, le concepteur utilise l'Assistant de projet pour configurer le problème de transfert de chaleur conjugué interne. Pour définir le ventilateur utilisé dans cette analyse d'écoulement forcé, le concepteur peut choisir parmi une liste de profils disponible dans la base de données technique intégrée dans SolidWorks Flow Simulation.

Le concepteur utilise ensuite des sources de chaleur volumiques pour représenter les composants chauffés en service et fixe les objectifs de températures maximales et moyennes pour le circuit intégré principal et le dissipateur thermique. Au terme de cette analyse, il obtient les températures résultantes sous forme de tracés surfaciques sur les composants électriques et sous forme de tracés de section à travers le fluide et les solides. Le concepteur peut également créer des vecteurs de vitesse qui facilitent la visualisation des schémas de flux à travers lesquels le ventilateur souffle de l'air sur le dissipateur thermique et tout autour du boîtier.

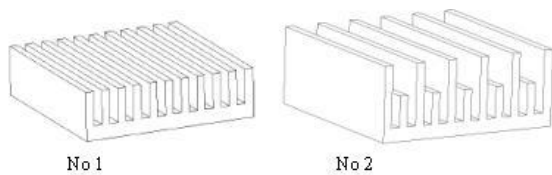


Figure 8 : Deux formes différentes de dissipateur thermique SolidWorks aident les ingénieurs à calculer la température du boîtier électronique.

Paramètre		Dissipateur thermique no 1	Dissipateur thermique no 2
Circuit intégré principal	$t_{\max}$ °C	34,7	27,1
	$t_{\text{mov}}$ °C	34,5	27
Dissipateur thermique	$t_{\max}$ °C	34,7	27,1
	$t_{\text{mov}}$ °C	34,5	26,8

Tableau 2 : Températures maximales et moyennes calculées pour le circuit intégré principal avec chacun des deux dissipateurs thermiques.

Pour définir le ventilateur utilisé dans cette analyse d'écoulement forcé, le concepteur peut choisir parmi une liste de profils disponible dans la base de données technique intégrée dans SolidWorks Flow Simulation.

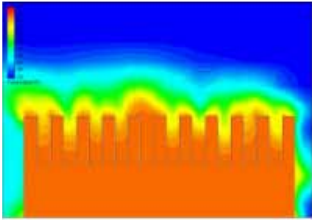


Figure 9 : Résultats de l'analyse sous forme de tracé de section des températures montrant la vue de face, tels qu'obtenus avec le dissipateur thermique no 1. La palette de 30 couleurs affiche une plage de températures comprise entre 10 et 37,7 degrés C.

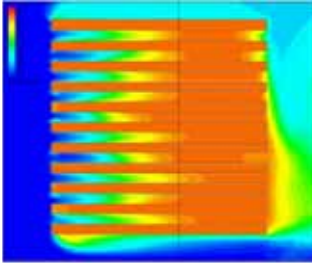


Figure 10 : Tracé de section des températures, montrant la vue de dessus, obtenu avec le dissipateur thermique no 1.

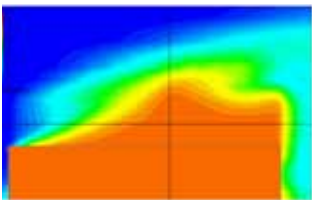


Figure 11 : Tracé de section des températures, montrant la vue de côté, obtenu avec le dissipateur thermique no 1.

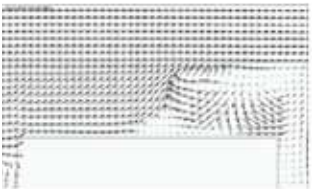


Figure 12 : Les vecteurs de vitesse, montrant une vue de profil, obtenus avec le dissipateur thermique no 1.

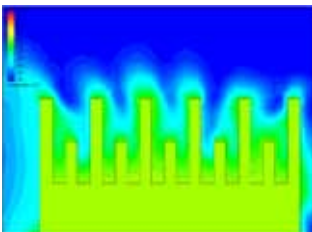


Figure 13 : Résultats de l'analyse sous forme de tracé de section des températures, montrant la vue de face, obtenus avec le dissipateur thermique no 2.

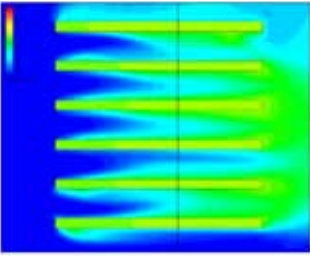


Figure 14 : Tracé de section des températures, montrant la vue de dessus, obtenu avec le dissipateur thermique no 2.

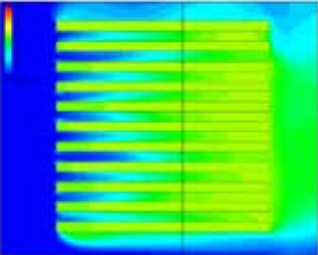


Figure 15 : Tracé de section des températures, montrant la vue de profil, obtenu avec le dissipateur thermique no 2.

Comme le but de l'analyse SolidWorks Flow Simulation Etait d'aider le concepteur à sélectionner la forme de dissipateur thermique la mieux adaptée pour un circuit intégré principal installé avec d'autres composants électronique dans un boîtier électronique, et que les résultats montrent une diminution de 17,5 pour cent des températures solides dans le dissipateur thermique no 2, cette forme s'est donc avérée la mieux adaptée.

### Projet de conception 3 : Grille d'aspirateur médical

Pour ce projet, le concepteur doit déterminer la forme de grille la mieux adaptée pour un aspirateur médical, de façon à obtenir le plus haut débit possible pour une aspiration donnée, à limiter la recirculation à l'intérieur de l'appareil, mais aussi à produire le profil de vitesse le plus uniforme possible au niveau de la tête d'aspiration.

La figure 16 représente le modèle d'assemblage SolidWorks de l'appareil, muni d'une grille à trous triangulaires. Le flux entre dans l'appareil par une tête conique, passe à travers la grille, puis descend dans le tube. Le concepteur configure le flux interne à l'aide de l'Assistant de projet et définit les conditions de pression d'aspiration et de refoulement. Le but de l'analyse SolidWorks Flow Simulation est de déterminer le débit à une chute de pression donnée pour chaque modèle de grille (l'une avec des trous triangulaires comme illustré dans le modèle, l'autre avec des trous circulaires) une fois placée dans l'aspirateur. Ici, outre le débit volumique calculé, l'ingénieur utilise les trajectoires de flux pour montrer le cheminement des molécules d'air représentatives à travers l'appareil. Il peut également créer une animation des trajectoires de flux afin d'obtenir une meilleure visualisation des schémas de flux et des zones de recirculation.

Le but de l'analyse SolidWorks Flow Simulation est de déterminer le débit à une chute de pression donnée pour chacun des deux modèles de grille.

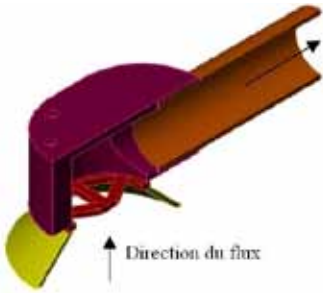


Figure 16



Figure 17 : Les deux formes de grille à l'étude.

Paramètre		Trous triangulaires	Trous circulaires
Flux volumique	cm <sup>3</sup> / min	574,5	619,8

Tableau 3 : Débit volumique calculé avec chaque forme de grille.

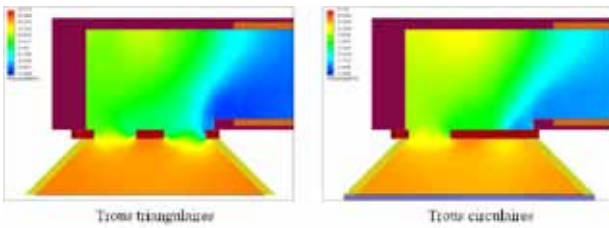


Figure 18 : Tracés de section de la pression pour chaque modèle. Les deux modèles présentent des profils de pression similaires.

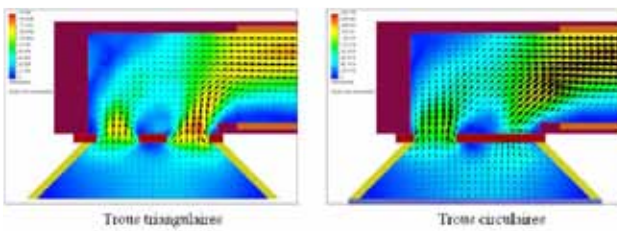


Figure 19 : Tracés de section de la vitesse avec vecteurs de vitesse pour chaque modèle. Les deux modèles présentent des profils de vitesse similaires au niveau de la tête d'aspiration.

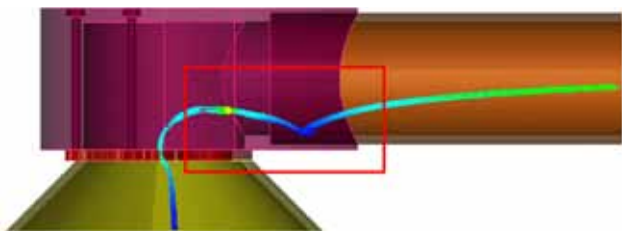


Figure 20 : Tracés de trajectoire montrant la zone de recirculation.

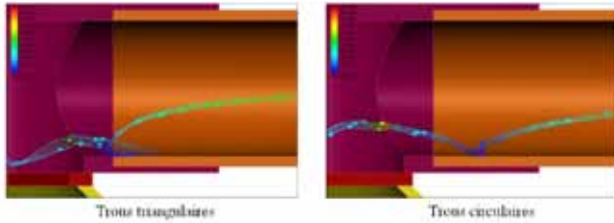


Figure 21 : Tracés de trajectoire dans une zone de recirculation pour chaque modèle. On observe une recirculation dans les deux cas, mais le modèle triangulaire présente une plus grande zone de recirculation.

Comme indiqué précédemment, le but de cette analyse était de sélectionner la forme de grille la plus performante pour un aspirateur médical. Les résultats indiquent un débit supérieur de 7,8 pour cent avec la grille à trous circulaires et les deux modèles présentent des profils de vitesse plus ou moins identiques au niveau de la tête d'aspiration. Le modèle de grille à trous circulaires a toutefois une zone de recirculation plus petite, ce qui suggère clairement qu'il sera le plus performant, selon les critères de conception d'origine.

### Projet de conception 4 : Four ménager

Pour ce projet de conception d'un four ménager, le concepteur peut utiliser SolidWorks Flow Simulation pour étudier le schéma de circulation d'air et la distribution de température et optimiser ainsi la conception en vue d'obtenir la circulation d'air chaud uniforme nécessaire pour une cuisson uniforme. Le programme de CFD permet d'étudier le transfert de chaleur par conduction, convection et radiation à l'intérieur du four.

L'objectif de l'analyse SolidWorks Flow Simulation est de déterminer quel modèle de grille permettra la circulation optimale de l'air chaud en observant la convection naturelle qui se produit à l'intérieur du four.

La figure 20 représente le modèle SolidWorks du four avec trois grilles et un gâteau sur chacune. L'objectif de l'analyse SolidWorks Flow Simulation est d'optimiser la circulation d'air chaud en étudiant la convection naturelle qui se produit à l'intérieur du four et en vérifiant la température surfacique finale de l'objet mis au four. Pour ce faire, le concepteur introduit dans la chambre de cuisson de l'air chaud d'une température de 120° Celsius, ce qui élève la température initiale de 20° Celsius.

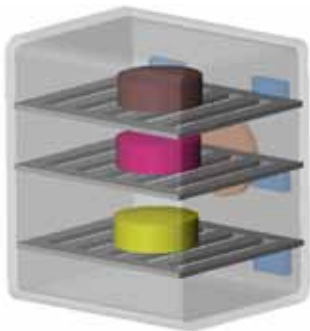


Figure 22 : Modèle SolidWorks d'un four équipé de trois grilles avec un gâteau sur chacune.

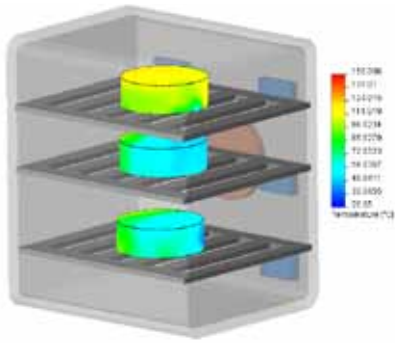


Figure 23 : Température à la surface des gâteaux avec le modèle 1.

La figure 21 montre les résultats de température surfacique qui mettent en évidence le réchauffement inégal de l'objet placé sur les différentes grilles du four. L'air chaud étant plus léger que l'air froid, il remonte vers le haut du four et la température baisse aux niveaux inférieurs.

L'air chaud étant plus léger que l'air froid, il remonte vers le haut du four et la température baisse aux niveaux inférieurs.

Le concepteur utilise l'Assistant pour configurer une simulation du flux interne en entrant la température initiale du four. Il définit la vitesse de l'air chaud, ainsi que sa température aux six admissions et la condition de pression à la sortie. Pour visualiser les résultats, l'ingénieur peut réaliser un tracé montrant la distribution de la température autour de l'objet de cuisson ; il peut aussi, pour mieux visualiser la distribution de l'air, effectuer un tracé des trajectoires de flux et des contours de vitesse dans plusieurs sections.

SolidWorks Flow Simulation peut aussi déterminer si la performance du four s'améliore lorsque le concepteur ajoute des déflecteurs d'air. En outre, pour optimiser sa conception, l'ingénieur peut étudier l'emplacement et le nombre idéaux d'admissions d'air chaud dans le four.

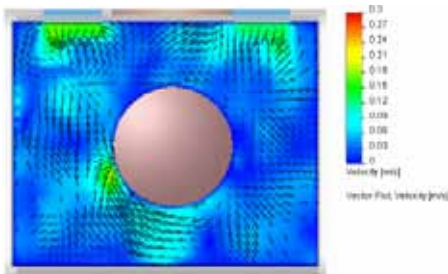


Figure 24 : Vitesse et distribution de l'air autour du gâteau sur la grille du haut dans le modèle 2.

SolidWorks Flow Simulation peut aussi déterminer si la performance du four s'améliore lorsque le concepteur ajoute des déflecteurs d'air.

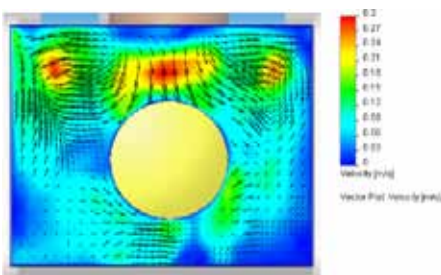


Figure 25 : Vitesse et distribution de l'air autour du gâteau sur la grille du bas dans le modèle 2.

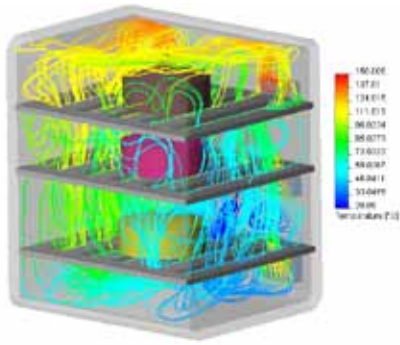


Figure 26 : Trajectoires de flux dans le four avec une grille à cinq ouvertures, avec températures.

## Projet de conception 5 : Vanne de régulation

Pour ce projet de conception, l'ingénieur doit optimiser la conception d'une vanne de régulation afin d'obtenir une perte de pression minimale. Il doit aussi prédire les problèmes de cavitation potentiels.

L'ingénieur utilise le calcul de dynamique des fluides pour réaliser une simulation de flux d'air interne à travers la vanne. Les résultats de l'analyse CFD donnent à l'ingénieur une description détaillée du schéma du flux dans une telle vanne en montrant la vitesse, la pression et les trajectoires des particules du flux. SolidWorks Flow Simulation permet de calculer facilement les pressions au niveau des ouvertures et à travers tout le modèle, un degré d'information difficile à obtenir au moyen de tests physiques en raison de la difficulté de positionnement des instruments de mesure qui fourniraient suffisamment d'informations sur ce qui se produit à l'intérieur de la vanne.

La figure 27 représente le modèle SolidWorks 3D de la vanne. Le concepteur configure la simulation à l'aide de l'Assistant SolidWorks Flow Simulation. Il définit la vitesse d'admission de l'air dans la vanne et applique une pression statique équivalente à l'atmosphère mesurée à la sortie.

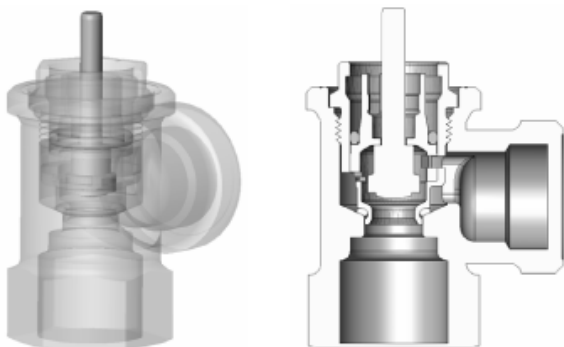


Figure 27 : Modèle SolidWorks de vanne 3D.

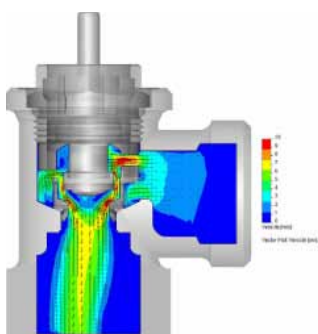


Figure 28 : Distribution de la vitesse avec indication des vecteurs de gradient dans l'ensemble du modèle.

SolidWorks Flow Simulation permet de calculer facilement les pressions au niveau des ouvertures et à travers tout le modèle, un degré d'information difficile à obtenir au moyen de tests physiques.

En plus des tracés, SolidWorks Flow Simulation peut aussi générer un tableau montrant les valeurs de flux en tout point, surface ou volume du modèle.

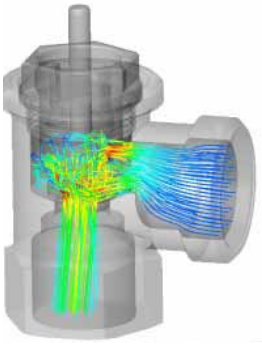


Figure 29 : Les trajectoires de vitesse aident à étudier le schéma de flux.

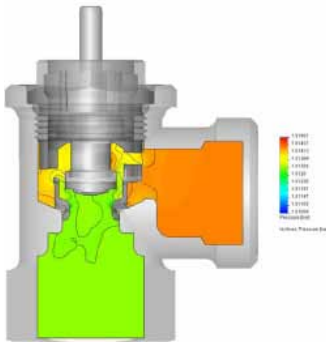


Figure 30 : Le tracé de distribution de la pression avec isobares montre les risques de cavitation, ce qui s'avère ne pas poser problème dans le cas de cette vanne de régulation.

Le tracé des résultats de pression indique une perte de pression minimale avec ce modèle de vanne. La pression dans la zone présentant des risques de cavitation est devenue négative, ce qui indique qu'aucune cavitation ne se produirait avec cette vanne. En plus des tracés, SolidWorks Flow Simulation peut aussi générer un tableau montrant les valeurs de flux en tout surface ou volume du modèle.

## Conclusion

Qu'il s'agisse de conception de dissipateurs thermiques pour produits électroniques, d'aspirateurs médicaux, de produits de consommation ou de vannes de régulation industrielles, les concepteurs doivent savoir quel est le meilleur modèle, tout en évitant les coûts et le temps additionnels exigés par la construction d'un nombre excessif de prototypes pour atteindre leurs objectifs. Les outils logiciels de simulation de la dynamique des fluides peuvent aider à relever ces défis. SolidWorks Flow Simulation est un programme de dynamique des fluides (CFD) intelligent et convivial qui vous permet de tester un grand nombre de conceptions et scénarios pour étudier les problèmes de transfert de chaleur et d'écoulement des fluides et, de ce fait, d'optimiser votre modèle sans consacrer trop de temps et d'argent pendant ces processus.

Maison mère  
Dassault Systèmes  
SolidWorks Corp.  
300 Baker Avenue  
Concord, MA 01742, EU  
Téléphone : +1-978-371-5011  
Email : [info@solidworks.com](mailto:info@solidworks.com)

Siège européen  
Téléphone : +33-(0)4-13-10-80-20  
Email : [infoeurope@solidworks.com](mailto:infoeurope@solidworks.com)

Bureau français  
Téléphone : +33 (0)1-61-62-73-61  
Email : [infofrance@solidworks.com](mailto:infofrance@solidworks.com)

