



SIEMENS

Ingenuity for life

Siemens Digital Industries Software

Percer les derniers secrets de la perte de charge

Analyse mécanique

Introduction

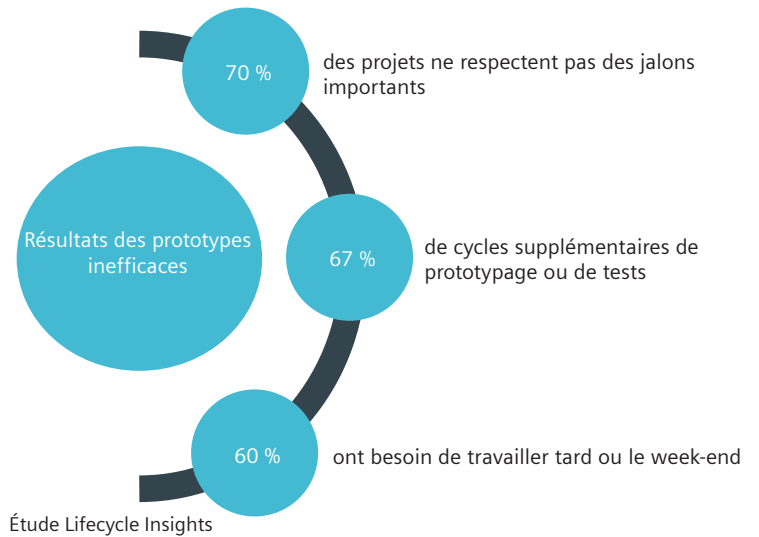
Dans la conception de nombreux produits, la perte de charge est la considération la plus importante. En effet, une perte de charge entraîne une perte d'énergie qui devra ensuite être compensée par une consommation plus élevée. Autrement dit, pour faire des économies énergie, une conception doit être optimisée.

Il existe de nombreux types de pression : statique, dynamique, totale et potentielle. Par ailleurs, vous devez vous demander comment le fluide réel se comporte : Est-il incompressible ? Est-il soumis à des frictions ? Quelle est la densité de ce fluide ?

S'il est facile de consulter les différentes formules qui peuvent nous aider à comprendre ces différents aspects, il n'est pas toujours facile de les appliquer dans la conception d'un produit complexe pour lequel vous devez calculer les pertes de charges. C'est là que la mécanique des fluides numérique (CFD) entre en jeu. La CFD est sans doute l'un des outils de conception les plus importants de l'ingénieur concepteur : elle peut vous aider à comprendre certaines tendances de vos conceptions et identifier les modèles qui ont le plus de potentiel.

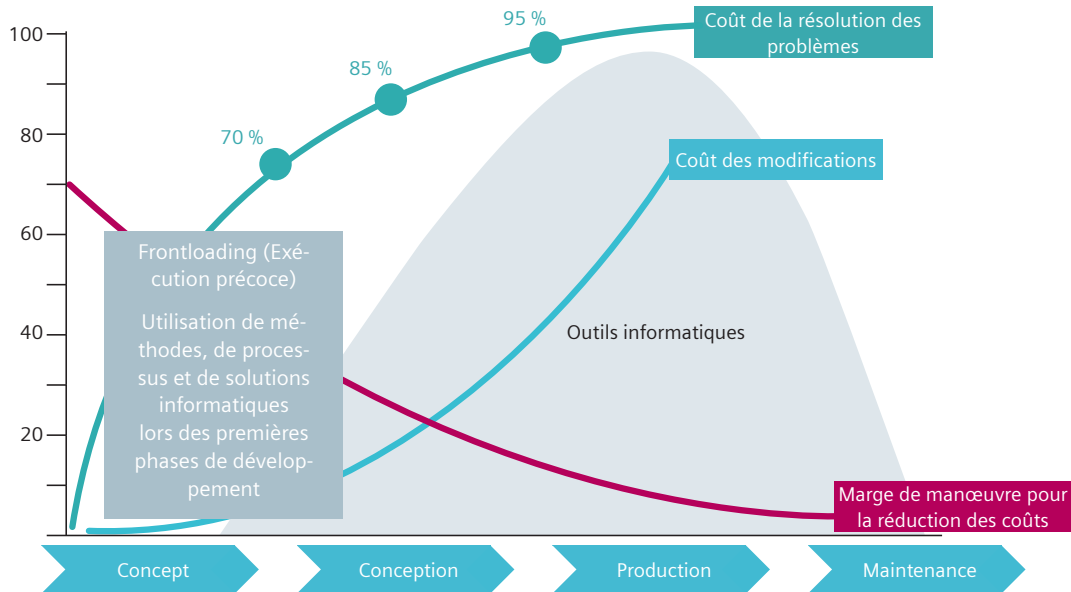
Prévoir l'analyse dès les premières phases du processus de conception

Malheureusement, la CFD n'est pas toujours enseignée en détail dans les écoles d'ingénieurs. Et même quand c'est le cas, elle est seulement appliquée à quelques problèmes très simples. Jusqu'à récemment, les logiciels disponibles pour la CFD étaient généralement destinés aux spécialistes, ce qui limitait leur utilisation généralisée. Outre leur coût excessif, ces outils sont toujours caractérisés par leur lourdeur, leur prise en main difficile ou leur utilisation chronophage. En conséquence, l'analyse technique pour des applications telles que les pertes de charges était généralement effectuée par des spécialistes dans des services d'analyse distincts des services de conception et de développement. Pour tester ou vérifier leurs conceptions, les ingénieurs en mécanique devaient donc s'appuyer sur la création de prototypes physiques et les tester sur un banc d'essai ou sur une veine d'essai.



Toutefois, attendre le stade du prototype pour tester une conception est une approche coûteuse. En effet, selon un rapport de Lifecycle Insights [1], à ce stade, les conceptions non retenues entraînent le non-respect de certains jalons du projet et exigent des séries de tests supplémentaires, entraînant de longues heures de travail.

La réduction du coût des modifications et l'augmentation du potentiel de réduction de coût sont les facteurs de retour sur investissement les plus significatifs (Schéma 1) [2]. Le professeur Martin Eigner a proposé le terme général "frontloading" (exécution précoce) pour désigner la pratique consistant à utiliser toute une série d'outils logiciels de simulation, dont la CFD, plus tôt dans le processus de conception [2].



Source : Prof. Dr. Martin Eigner VPE TU Kaiserslautern

Schéma 1 : L'exécution précoce (« frontloading ») de la simulation permet de réduire les coûts

De nombreuses enquêtes, menées par divers analystes du secteur et fournisseurs de solutions d'IAO, suggèrent que les entreprises les plus innovantes sont capables d'évaluer les performances de leurs conceptions à un stade précoce du processus de développement, mais aussi d'encourager activement la collaboration et le partage des connaissances entre les experts en analyse et les ingénieurs-concepteurs.

Comment l'exécution précoce de la CFD modifie le processus de conception

Il y a environ 20 ans, l'analyse par éléments finis a été introduite dès les premières étapes de la conception. Elle est ensuite rapidement devenue une étape à part entière du processus de développement. Aujourd'hui, les principaux outils logiciels de CAO fournissent une simulation par éléments finis au niveau de la conception. Mais cela ne signifie pas que les fabricants abandonnent totalement les opérations de simulation pendant la phase de validation : la simulation est simplement devenue une méthode permettant d'examiner les tendances et d'écarter plus tôt les idées de conception moins favorables.

Par contraste avec ce qui se passe pendant la phase de vérification, la vitesse est essentielle pendant la phase de conception. Les ingénieurs doivent exécuter la simulation non seulement tôt, mais aussi plus souvent, afin de rester en phase avec la vitesse des modifications en conception. En procédant à des itérations rapides et nombreuses, les ingénieurs peuvent innover davantage. Dès qu'une conception a été explorée et identifiée comme viable, elle peut passer à l'étape de vérification.

Cette pratique s'est étendue à d'autres domaines, dont l'analyse CFD. Aujourd'hui, nous disposons d'outils CFD ergonomiques pour les concepteurs, qui sont liés commodément et intégralement avec les outils de CAO. En utilisant ces outils combinés, il est très simple de créer un prototype de jumeau numérique (représentation virtuelle du produit physique).

Principaux avantages du frontloading de la CFD intégrée à la CAO :

- Réduction des coûts de développement des produits
- Commercialisation plus rapide
- Produits plus innovants et plus performants
- Processus plus direct et sans goulot d'étranglement
- Réduction des risques opérationnels par conformité avec des réglementations de plus en plus strictes

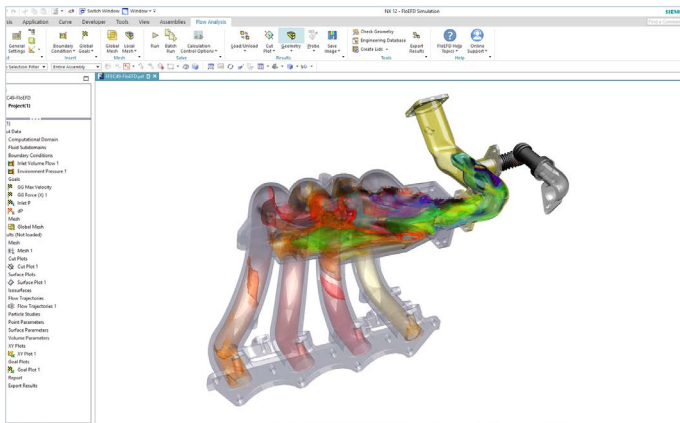
Pourquoi intégrer la simulation à la CAO

Les logiciels de CFD traditionnels sont généralement dotés d'une interface graphique qui n'est pas intégrée à la CAO ; dans le meilleur des cas, ils proposent des convertisseurs de données pour convertir les modèles de l'application de CAO pour le logiciel de CFD. Par conséquent, à chaque analyse de modèle, les données doivent être préparées et exportées de la CAO, puis importées dans l'outil CFD ; d'où enfin, le modèle peut être "nettoyé" pour son utilisation.

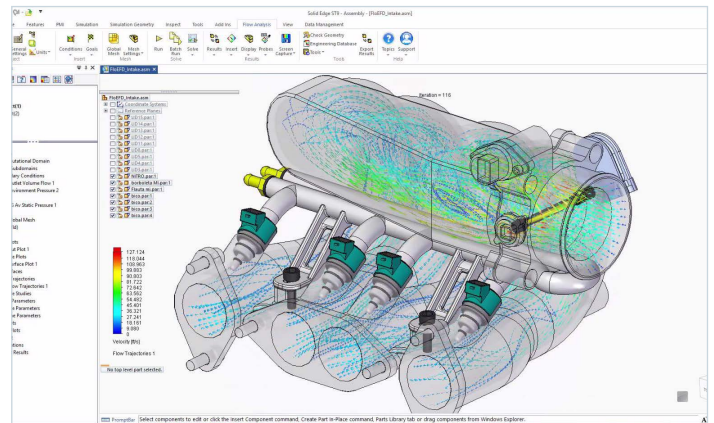
De plus, les logiciels de CFD reposent sur des technologies qui nécessitent des connaissances et une formation pointues : c'est pourquoi ces tâches sont généralement affectées à des analystes spécialisés. Par exemple, la plupart des outils de CFD traditionnels supportent de nombreux types de maillage. L'utilisateur doit avoir les compétences nécessaires pour identifier le maillage le mieux adapté à l'application en service, la physique et le type de turbulences. En outre, il devra généralement intervenir sur le maillage, jusqu'à ce que celui-ci présente les caractéristiques optimales du modèle et de l'application. En bref, l'utilisation des outils CFD traditionnels peut être extrêmement chronophage et plus lente que prévu lors de la phase de conception. En raison de cette spécialisation, l'étude des pertes de charge n'est pas réalisée par les services Conception et Développement.

Par contraste avec ces solutions CFD complexes, les solutions CFD accessibles aux concepteurs non spécialisés doivent présenter les caractéristiques suivantes :

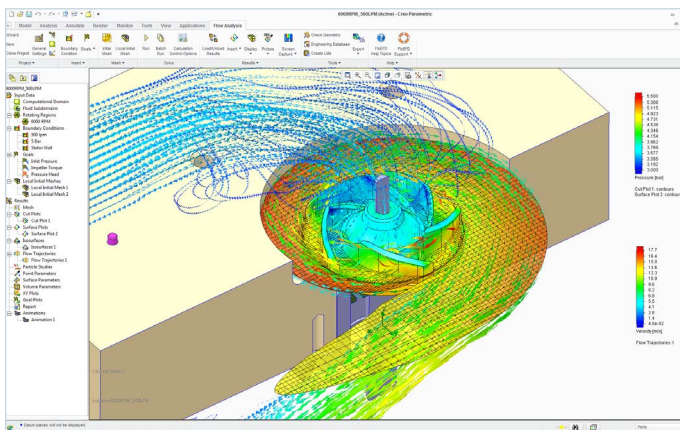
- Être entièrement intégrées dans la CAO : Ces outils sont facilement accessibles dans la CAO, ils utilisent la même géométrie native pour l'analyse. Il n'est plus nécessaire d'exporter les données en vue de leur analyse. Par ailleurs, le logiciel de CFD s'intègre très simplement dans le système de CAO, l'utilisateur n'a pas besoin de découvrir et de maîtriser une interface entièrement nouvelle. Ainsi, l'analyse CFD devient simplement une des fonctionnalités proposées par le logiciel de CAO.
- Proposer une automatisation intelligente : Les programmes CFD intégrés dans un logiciel de CAO doivent disposer d'une automatisation intelligente incorporée, afin d'assurer une analyse plus facile, plus rapide et plus précise. Par exemple, dans un environnement fluide, le concepteur doit parfois comprendre ce qui se passe dans le volume vide qui contient le fluide. Par exemple, dans un environnement fluide, le concepteur doit parfois créer son volume fluide. Par contraste, les solutions de CFD intégrées à la CAO sont suffisamment intelligentes pour reconnaître immédiatement le domaine fluide. Il n'est donc pas nécessaire de perdre du temps à créer une géométrie supplémentaire pour s'adapter au logiciel. Autre point : avant de commencer l'analyse, le modèle doit être maillé. Avec la CFD traditionnelle, l'ingénieur-concepteur doit déterminer la méthode de maillage qui décrit le mieux le phénomène de turbulences. Par contraste, la CFD intégrée à la CAO utilise un maillage entièrement automatisé. Il génère automatiquement le meilleur maillage possible pour le problème posé.
- Combiner vitesse et précision : Les solutions CFD intégrées dans la CAO, utilisées plus tôt dans le processus de conception, peuvent réduire considérablement le temps de simulation global : certaines entreprises font état d'une réduction de temps allant jusqu'à 75 % et d'une amélioration jusqu'à 40% de la productivité !



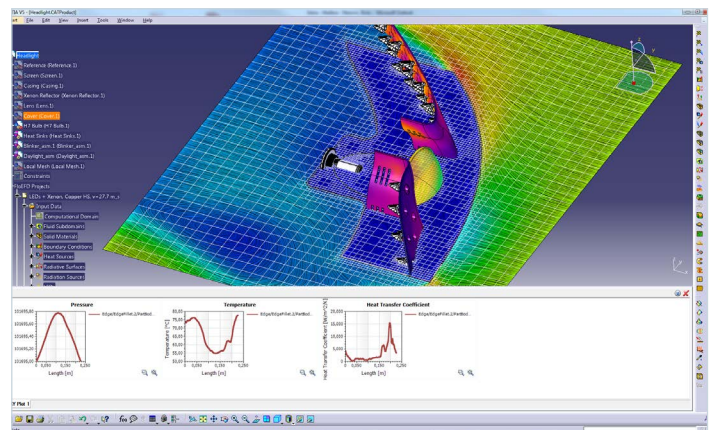
Simcenter FLOEFD pour NX



Simcenter FLOEFD pour Solid Edge



Simcenter FLOEFD pour PTC Creo



Simcenter FLOEFD pour CATIA V5

Schéma 2 : Simcenter FLOEFD est intégré aux logiciels de CAO les plus répandus.

La solution la plus efficace pour le frontloading de la CFD

Le logiciel Simcenter FLOEFD™ est intégré dans les suites d'outils MCAD, telles que CATIA® V5, Creo™ Elements/Pro™, NX™ et Solid Edge®. Avec Simcenter FLOEFD, les concepteurs peuvent se concentrer sur l'étude de la distribution de la pression dans le fluide, ainsi que l'impact de cette pression sur les parties mécaniques de leurs produits. Des scénarios de simulation (what-if) peuvent être appliqués pour analyser des relations physiques complexes, par exemple entre la perte de charge et le débit.

Simcenter FLOEFD rassemble les différentes étapes de l'analyse des pertes de charge en un seul package logiciel : modélisation 3D, définition du problème, exécution, visualisation des résultats, validation et rapport. Parmi les applications sensibles aux variations de pression, nous pouvons citer les collecteurs, les échangeurs de chaleur, les systèmes de filtration, les boîtiers de composants électroniques et les conduites. En fait, tout système

dont l'objectif est de réduire la quantité d'énergie nécessaire pour déplacer le flux liquide ou gazeux.

Avec Simcenter FLOEFD, les concepteurs peuvent se concentrer sur l'analyse détaillée des raisons pour lesquelles le flux liquide ou gazeux est soumis à une pression supérieure ou inférieure à la valeur autorisée dans la spécification technique : il leur faut savoir manipuler la CAO et connaître la physique du produit à concevoir. Lorsque Simcenter FLOEFD est installé, les menus et les commandes nécessaires à des analyses CFD s'ajoutent au système de menus du logiciel CAO utilisé habituellement. Cette interaction étroite entre les deux systèmes de contrôles facilite considérablement l'utilisation de Simcenter FLOEFD ; la plupart des concepteurs peuvent utiliser Simcenter FLOEFD facilement après quelques heures de formation.

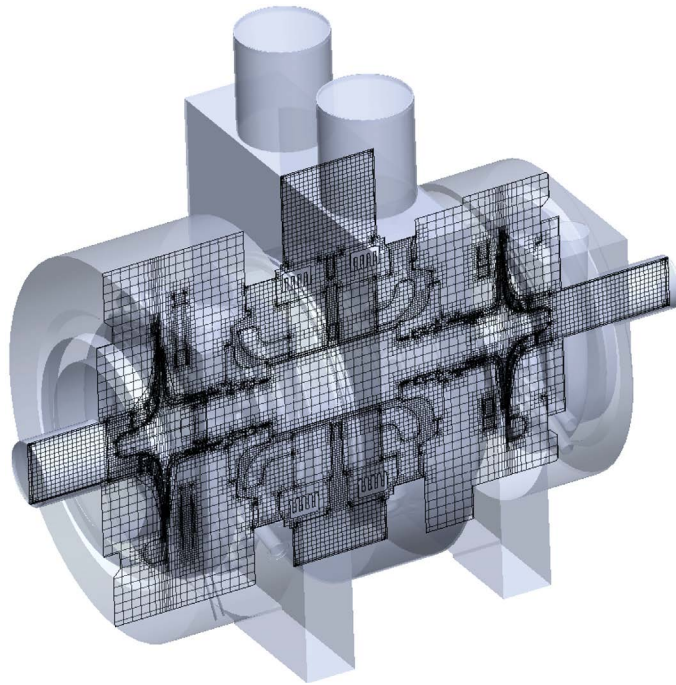


Schéma 3 : La technologie SmartCells permet d'utiliser un maillage plus grossier, pour une analyse rapide et précis.

La tâche d'ingénierie la plus courante pour les applications fluidiques d'un point A à un point B consiste à réduire les pertes de charge dans un système. La solution d'ingénierie élémentaire est un choix entre maximiser le débit pour une perte de charge donnée ou minimiser la perte de charge pour un débit donné. Si le débit est assuré par une pompe ou un ventilateur, l'analyse de pertes de charge doit permettre au concepteur d'optimiser la taille ou la puissance de la pompe ou du ventilateur.

Pour toute analyse de débit, la première étape consiste à décrire clairement la géométrie du système mécanique. Avec Simcenter FLOEFD, le concepteur exploite les modèles de CAO existants pour son analyse sans avoir à exporter ou importer des données supplémentaires, permettant ainsi d'économiser beaucoup de temps et d'efforts. Les outils de Simcenter FLOEFD peuvent utiliser des géométries CAO 3D existantes ou créées expressément, ainsi que des informations fiables relatives au modèle, afin de simuler des conceptions dans des conditions concrètes. Simcenter FLOEFD reconnaît la région concernée par le fluide en fonction des espaces internes vides du modèle volumique dans lesquels le concepteur a déclaré des conditions limites.

Simcenter FLOEFD peut analyser de très nombreux fluides : les gaz (du régime subsonique aux flux transsoniques,

supersoniques et hypersoniques), les liquides et les fluides non newtoniens, tels que les fluides plastiques et les fluides alimentaires. La vapeur peut également être simulée. Simcenter FLOEFD est aussi capable de simuler la cavitation diphasique, les mélanges combustibles, ou les surfaces libres.

Lorsqu'un modèle est créé, il doit faire l'objet d'un maillage. Le développement d'un maillage est l'une des compétences qui distinguaient autrefois les spécialistes de la CFD des ingénieurs en mécanique. Avec Simcenter FLOEFD, le maillage de base est créé automatiquement en quelques minutes, au lieu d'exiger des heures d'adaptation fastidieuse des proportions des régions et des cellules. Simcenter FLOEFD crée des maillages automatiquement en quelques minutes. La CFD intégrée à la CAO crée un maillage adaptatif qui diminue la taille des cellules lorsque nécessaire, afin d'améliorer l'analyse. Cela permet d'assurer des résultats de simulation plus précis dans les zones complexes du modèle (Schéma 3). Pour des informations supplémentaires sur cette technologie de maillage, appelée « SmartCells », merci de lire : SmartCells – Enabling Fast and Accurate CFD – www.mentor.com/products/mechanical/resources/overview/smartcells-enabling-fast-accurate-cfd

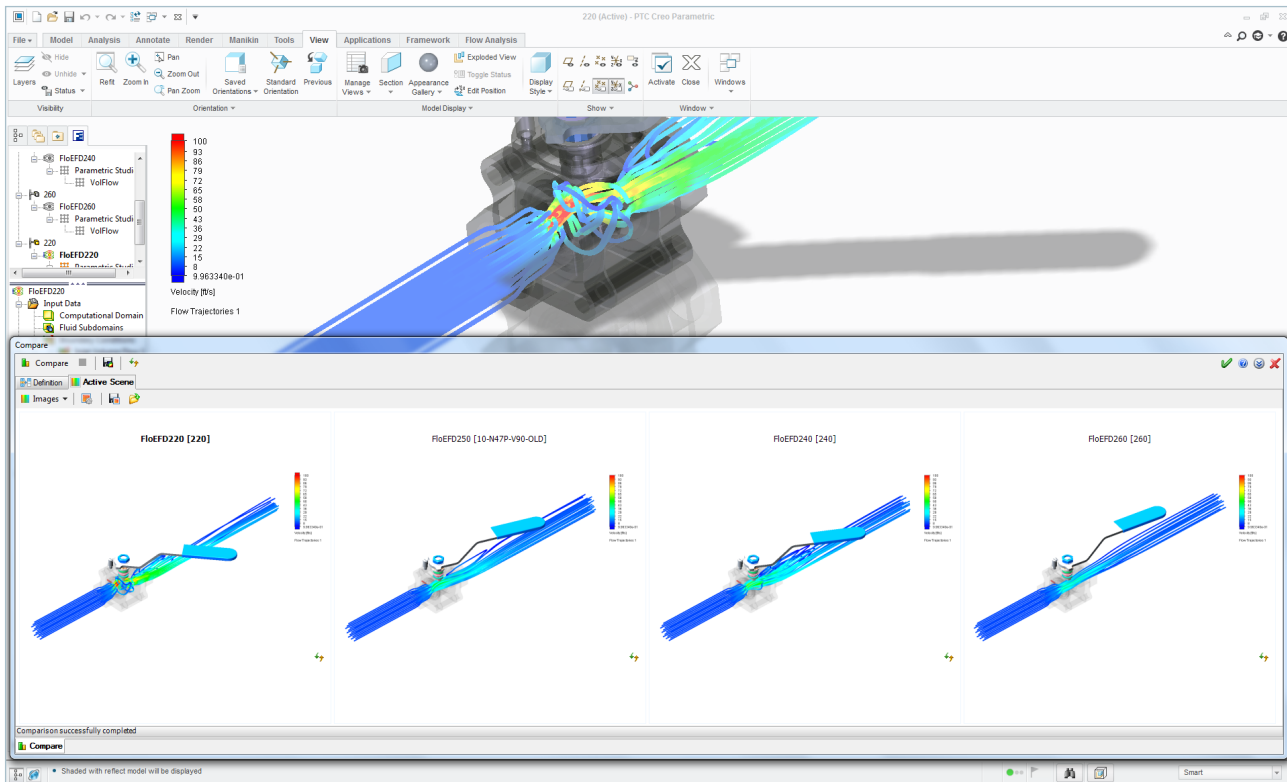


Schéma 4 : Les capacités de comparaison de configurations et d'étude paramétrique de Simcenter FLOEFD permettent aux ingénieurs de mieux comprendre l'impact des modifications de géométrie ou des conditions aux limites sur les résultats.

Résoudre les problèmes complexes des pertes de charges

Simcenter FLOEFD permet d'avoir une visualisation complète du comportement d'un fluide dans une conception, afin que l'ingénieur puisse prendre les bonnes décisions. Ces fonctionnalités permettent aux utilisateurs d'interroger la conception de manière approfondie et de visualiser le fluide dans son environnement de CAO natif.

Par exemple, lorsqu'un concepteur analyse une perte de charge, il constate souvent la présence de nombreux passages de flux dont l'échelle est beaucoup plus petite que celle de la majorité du dispositif étudié. Une conception de valve pourrait par exemple inclure un insert perforé de petits trous que le flux doit traverser. Avec un outil de CFD traditionnel, capturer cette géométrie complexe et adapter son maillage entre les itérations de conception successives serait une tâche fastidieuse et exigeant des connaissances approfondies en matière de maillage. Par contraste, le concepteur peut spécifier la taille des trous pour guider le maillage automatique de Simcenter FLOEFD afin qu'il crée la taille adaptée des canaux du flux. Un maillage de qualité, qui donnera des réponses précises, est généré

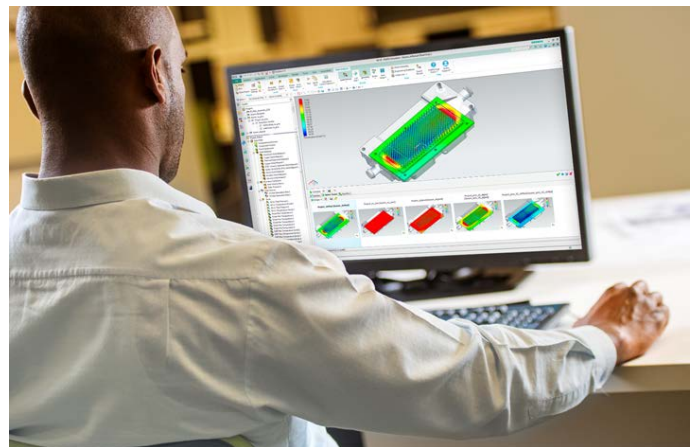


Schéma 5 : Les fonctionnalités de comparaison de configurations et d'étude paramétrique de Simcenter FLOEFD aident les ingénieurs à optimiser les conceptions plus rapidement.

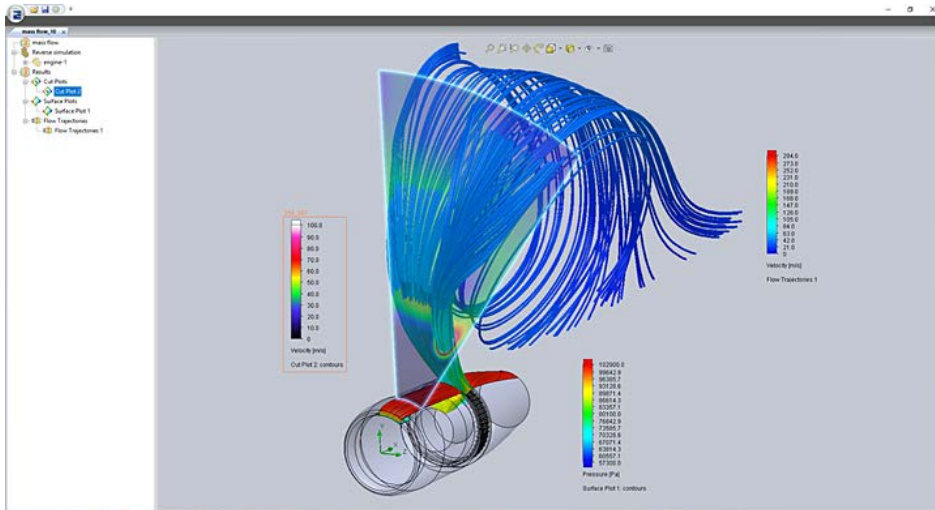


Schéma 6 : L'afficheur Simcenter FLOEFD Viewer est un afficheur autonome gratuit, qui permet de partager des tracés de résultats avec les clients dans un environnement interactif en 3D, plutôt que par une image 2D.

automatiquement, permettant au concepteur d'évaluer efficacement l'impact de sa conception sur les performances globales du système.

Pour examiner le champ du flux en 2D dans Simcenter FLOEFD, une solution consiste à utiliser un plan de coupe qui représente le flux sur un plan à travers le modèle. Un plan de coupe peut être affiché pour tout paramètre de résultat. Cette représentation peut être créée sous forme de contour, de lignes ISO ou de vecteurs. Elle peut également être créée avec une combinaison quelconque, par exemple amplitude de vitesse et vecteurs de vitesse. En complément des tracés de coupe, un tracé de surface 3D peut être affiché pour une face donnée, aussi bien que pour l'ensemble du domaine fluide.

Simcenter FLOEFD propose aussi une façon puissante d'examiner un autre aspect intéressant dans l'analyse de variations de pression : dans les flux visqueux réels, des pertes de charge totale se produisent lorsque le fluide traverse les contours de la conception. Autrement dit, les zones à gradients de pression totale indiquent les endroits où des pertes visqueuses d'énergie se produisent et ne peuvent pas être récupérées.

La résolution de ces problèmes exige un processus itératif. Après avoir examiné les résultats de l'analyse initiale, la plupart des concepteurs vont modifier leurs modèles pour explorer différents scénarios visant à optimiser le flux. Avec Simcenter FLOEFD, ces scénarios de simulation (what-if) sont très faciles à réaliser. Le concepteur peut explorer des alternatives de

conception, détecter les défauts de conception et optimiser les performances des produits, et ce, avant de créer des conceptions détaillées ou des prototypes physiques.

Cette souplesse permet à l'ingénieur d'identifier facilement les conceptions les plus prometteuses et aussi celles qui ont peu de chances d'être retenues.

Pour examiner des alternatives de conception, il suffit de créer plusieurs clones du modèle volumique dans Simcenter FLOEFD : ces clones conservent automatiquement toutes les définitions du projet, y compris les objectifs et les propriétés de matériau. Lorsque l'ingénieur modifie un modèle volumique, il peut l'analyser immédiatement.

Simcenter FLOEFD facilite également l'optimisation paramétrique ; par exemple, exécuter automatiquement une conception expérimentale avec divers paramètres pour déterminer une épaisseur optimale. Grâce à toutes ces méthodes, Simcenter FLOEFD accélère le processus de conception itératif et permet aux ingénieurs d'incorporer, facilement et rapidement, les connaissances acquises lors de leurs analyses, dans une conception améliorée.

Simcenter FLOEFD propose également des capacités de vérification performantes pour la validation des conceptions. Avant de diffuser une nouvelle version de Simcenter FLOEFD, les ingénieurs de Mentor la valident à l'aide d'une série de 300 tests. Basés sur cette vérification rigoureuse, Simcenter FLOEFD

propose 20 didacticiels et 32 exemples de validation, avec leur documentation, prêts à être utilisés immédiatement. Un concepteur produit pourra utiliser ces exemples pour vérifier un écoulement dans des canaux 2D dont la section s'agrandit bilatéralement ou unilatéralement ou ne s'agrandit pas. De plus, il pourra vérifier la perte de charge dans un coude à 90°, un canal 3D ou une vanne à pointeau.

De plus, les capacités de comparaison de configurations et d'étude paramétrique de Simcenter FLOEFD permettent aux utilisateurs de mieux comprendre l'impact des modifications de géométrie ou des conditions aux limites sur les résultats. Les utilisateurs peuvent mettre à jour les limites de conception en évaluant les résultats par des valeurs numériques, des graphiques, des images ou des animations ; ils peuvent ainsi comparer une large variété de permutations de projet. Au final, Simcenter FLOEFD accélère le processus de conception itératif, permettant d'intégrer facilement et rapidement la connaissance acquise avec chaque simulation, en vue d'améliorer le produit.

Le partage des résultats et des conclusions est très simple. Une fois installé, Simcenter FLOEFD est parfaitement intégré avec Microsoft® Word® et Microsoft® Excel®. Les ingénieurs peuvent donc créer des documents pour leurs rapports et collecter des données importantes à partir d'un projet quelconque et les présenter sous forme graphique. En outre, le logiciel crée automatiquement des feuilles Excel résumant les résultats d'une analyse, facilitant ainsi la dernière étape de toute analyse : la génération de rapports.

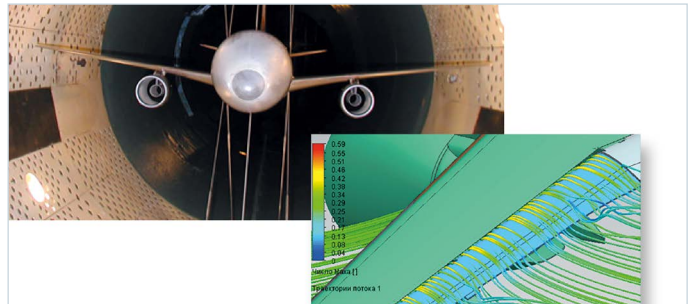
Avec Simcenter FLOEFD, les concepteurs peuvent facilement identifier les sections intéressantes et concentrer leurs efforts sur l'amélioration de ces aspects, afin d'optimiser le flux global de la conception. Ils peuvent ensuite partager les résultats avec leur manager et avec leurs clients en utilisant l'outil de visualisation Simcenter FLOEFD gratuit. Cet outil autonome gratuit permet aux utilisateurs de partager des tracés de résultats avec des utilisateurs qui n'ont pas installé Simcenter FLOEFD. Ce partage de résultats s'effectue dans un environnement interactif en 3D, plutôt que par une image ou même une animation 2D.

Simcenter FLOEFD est la solution idéale pour les concepteurs qui souhaitent résoudre des problèmes liés à la pression et aux pertes de charge, sur la plateforme de CAO de leur choix.

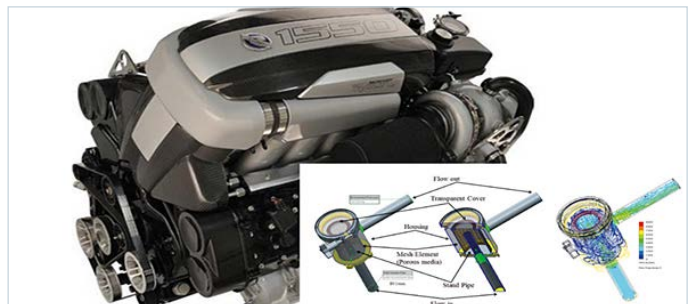
Découvrez comment certaines entreprises utilisent déjà Simcenter FLOEFD pour résoudre des problèmes d'ingénierie du monde réel, respecter des délais serrés, et obtenir des résultats :



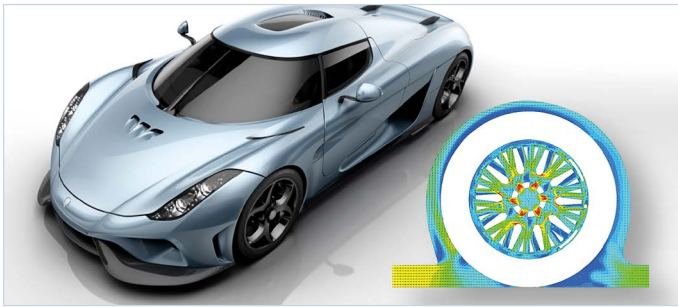
Mitsubishi Materials Corporation utilise Simcenter FLOEFD pour concevoir les buses à refroidissement liquide de ses outils de coupe, Japon



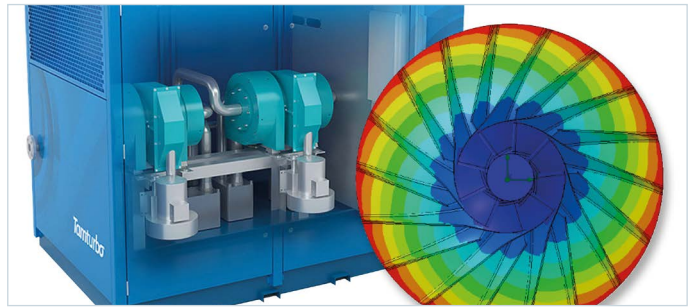
Simcenter FLOEFD fournit des données rapides et précises sur le facteur de charge des dispositifs hypersustentateurs pour ailes d'avions chez JSC Irkut Corporation, Russie



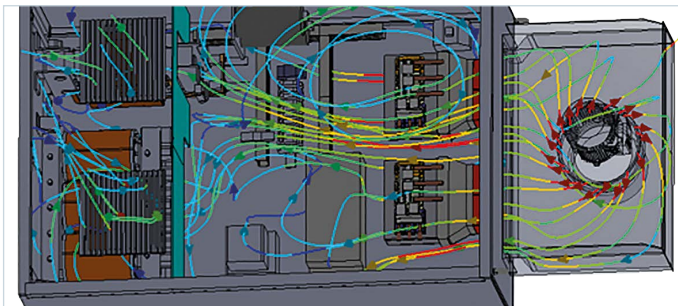
Mercury Racing® utilise Simcenter FLOEFD pour la conception de son dernier modèle de filtre de refroidisseur, États-Unis



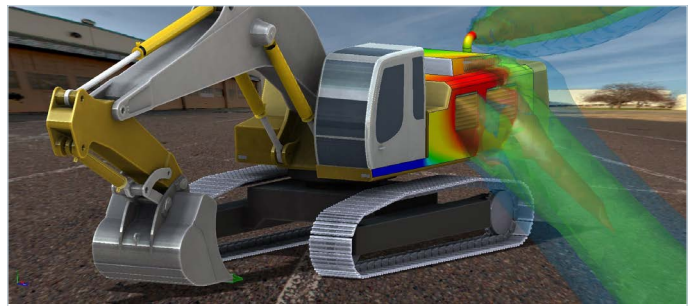
Simulation du refroidissement des freins d'une voiture de sport par CFD intégrée dans un système de CAO, Suède



Simulation de la dynamique de l'air dans le turbocompresseur à air sans huile Tamturbo, Finlande



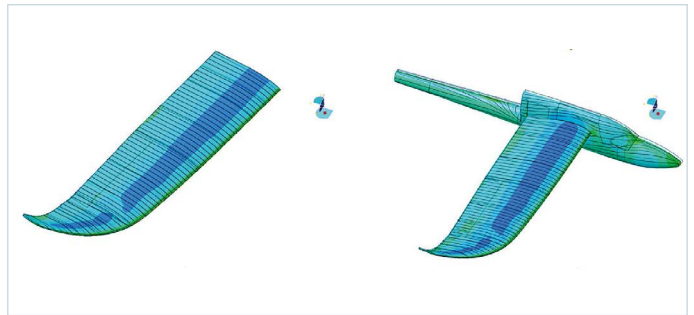
Refroidissement de composants électroniques de puissance au niveau du boîtier, Allemagne



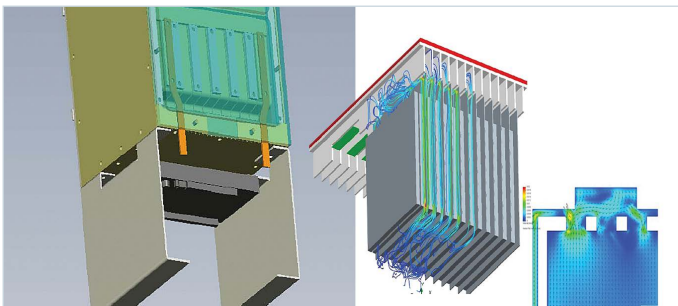
Liebherr-Werk Nenzing GmbH utilise Simcenter FLOEFD pour la conception de ses grues portuaires mobiles, Allemagne



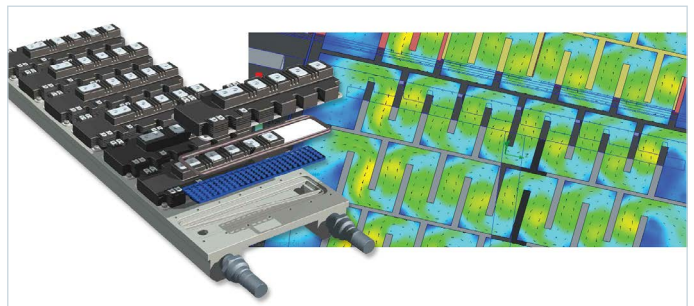
Optimisation d'une voiture de course du championnat NASCAR, États-Unis



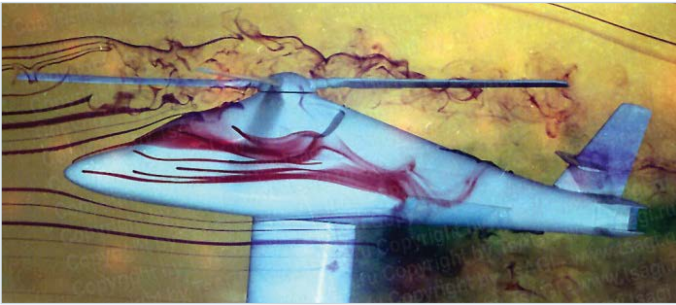
À tire d'aile - Utilisation d'outils CFD pour développer un modèle de vol en temps réel, États-Unis



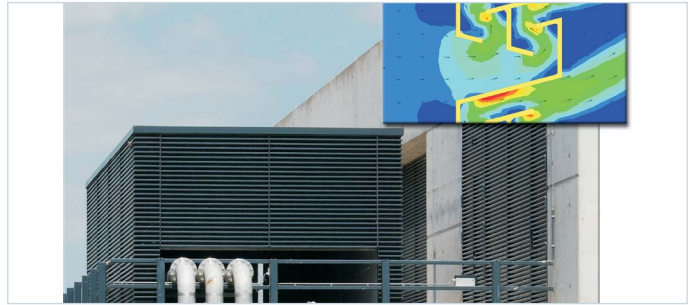
Encourager la Flandre à innover dans le domaine des groupes motopropulseurs électriques, Belgique



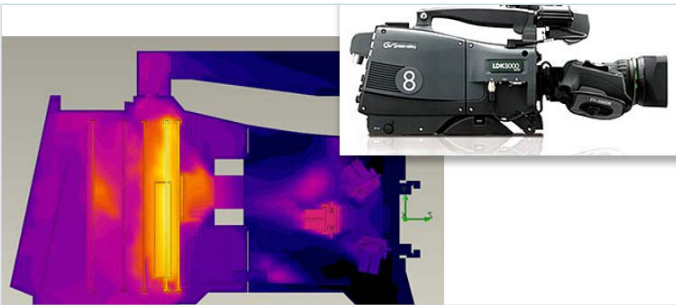
Simcenter FLOEFD refroidit efficacement les modules d'alimentation des transistors bipolaires à grille isolée (IGBT), Allemagne



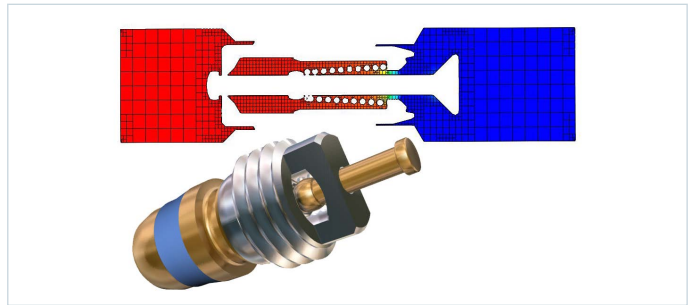
Techniques d'ingénierie pour la simulation d'un rotor d'hélicoptère, Russie



Jazo Zevenaer, Pays-Bas, gagne trois semaines dans la conception de boîtiers de protection



Chez Grass Valley, Pays-Bas, Simcenter FLOEFD fait partie intégrante du processus de développement de produits



Ventrex, Autriche, gagne quatre mois dans la conception d'une valve automobile

Références :

1. 2013. Driving Design Decisions with Simulation (Prise de décisions de conception selon les résultats de simulation) Étude Lifecycle Insights.
2. 2010. Eigner, M. Future PLM – Trends aus Forschung und Praxis (Tendances issues de la recherche et de la pratique) Blog de l'université de Kaiserslautern (Allemagne)

Siemens Digital Industries Software

Siège social

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 972 987 3000

Amériques

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 314 264 8499

Europe

Stephenson House
Sir William Siemens Square
Frimley, Camberley
Surrey, GU16 8QD, Royaume-Uni
+44 (0) 1276 413200

Asie-Pacifique

Suites 4301-4302, 43/F
AIA Kowloon Tower,
Landmark East
100 How Ming Street
Kwun Tong, Kowloon
Hong Kong
+852 2230 3333

À propos de Siemens Digital Industries Software

Siemens Digital Industries Software est la force motrice qui libère le potentiel des entreprises numériques tournées vers l'ingénierie, la production et la conception électronique de demain. Nos solutions aident les entreprises de toutes tailles à créer et à exploiter des jumeaux numériques, lesquels donnent accès à une nouvelle connaissance, de nouvelles opportunités commerciales et des niveaux d'automatisation sans précédent, afin de stimuler l'innovation. Pour d'autres informations sur les produits et services de Siemens Digital Industries Software, visitez : [siemens.com/software](https://www.siemens.com/software) ou suivez-nous sur [LinkedIn](#), [Twitter](#), [Facebook](#) et [Instagram](#). Siemens Digital Industries Software - Where today meets tomorrow

[siemens.com/software](https://www.siemens.com/software)

© 2018 Siemens. Pour consulter la liste des marques déposées de Siemens, cliquez sur [ce lien](#).
Les autres marques déposées appartiennent à leurs propriétaires respectifs.

75930-82356-C8-FR 9/20 LOC