



DIGITAL INDUSTRIES SOFTWARE

Assurer le confort thermique des passagers

Concevoir des systèmes HVAC économes en énergie afin de trouver un équilibre entre confort des passagers et performances du véhicule

Résumé

Pendant des années, les constructeurs automobiles ont développé des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation (HVAC) pour des véhicules en définissant une unité capable de fournir une température cible pour l'habitacle dans un certain laps de temps. Cette opération était simple à réaliser lorsque les constructeurs utilisaient un gros moteur qui générait un excédent de chaleur. Avec les véhicules électriques d'aujourd'hui, cette chaleur résiduelle est désormais inexistante. Il faut désormais trouver un équilibre entre la consommation d'énergie et l'utilisation du véhicule.

Ce livre blanc aborde la manière dont un flux de travail intégré permet d'éliminer les barrières entre les sous-systèmes d'un véhicule. Il passe en revue les thématiques suivantes : Faut-il consacrer plus d'énergie au refroidissement de la batterie/du moteur ou prolonger l'autonomie du véhicule ? Quelle quantité d'énergie faut-il utiliser pour assurer le confort des passagers ?

Introduction

La simulation numérique existe depuis des années et permet aux ingénieurs de relever des défis importants - réduire les délais de commercialisation et les coûts de développement des produits, concevoir des commandes plus intelligentes et prendre en compte toute la complexité des modèles multi-physiques et des modèles de conception assistée par ordinateur (CAO) en 3D. Pourtant, les entreprises veulent innover plus rapidement sur le plan technologique et concevoir des véhicules plus économies en énergie. Optimiser l'efficacité de la voiture implique une collaboration plus étroite entre les concepteurs de sous-systèmes.

Le confort des passagers est un bon exemple de cas où les commandes sont conçues à l'aide d'outils de systèmes rapides. Pour évaluer le confort thermique des passagers, un modèle 3D détaillé des flux d'air est mis en œuvre. Pour rendre le processus plus efficace, une meilleure communication entre les groupes de conception et les outils de simulation est nécessaire.

Flux de travail intégré pour le processus de conception HVAC

La collaboration entre les différents services doit être mieux définie et améliorée en tenant compte de l'ensemble du processus de conception et de la manière dont les données circulent d'un groupe à l'autre.

La conception des systèmes HVAC comporte trois éléments principaux :

1. Simulation systèmes : pour évaluer la taille des composants et la logique des commandes.
2. Optimisation de l'habitacle grâce à la CAO : concevoir et vérifier virtuellement la conception de l'habitacle.
3. Intégration du véhicule : tester l'interaction du système complet et la conception des commandes.

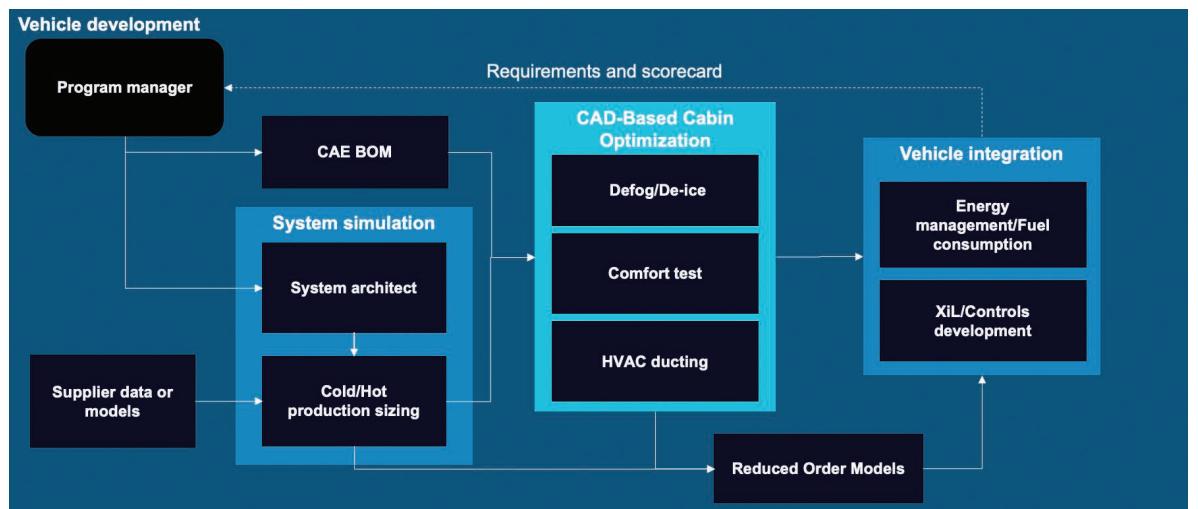


Schéma 1 : Flux de travail intégré pour la conception de systèmes HVAC économes en énergie avec un meilleur confort thermique dans l'habitacle.

Le processus fait appel à des experts ayant une bonne connaissance de l'interaction des systèmes. Pour dimensionner les composants dans leur ensemble, ces équipes évaluent et optimisent les systèmes de gestion de l'énergie.

Pour concevoir l'habitacle d'un véhicule, il est essentiel de prendre en compte des caractéristiques de performance détaillées comme la circulation de l'air et la géométrie 3D. Pour cela, il faut des simulations qui évaluent la multiphysique du transfert thermique du rayonnement solaire au flux d'air afin de déterminer précisément les courants d'air autour des passagers. En procédant ainsi, il est plus facile de comprendre les interactions entre les passagers et l'environnement de l'habitacle.

Penchons-nous sur les différentes étapes de la conception de systèmes HVAC économies en énergie pour le confort des passagers.

Des données correctes disponibles rapidement

Les ingénieurs doivent avoir accès à des données correctes au bon moment. Celles-ci doivent inclure les exigences qui doivent être vérifiées - toutes les données nécessaires à la réalisation de leur travail, y compris les conditions de fonctionnement et la géométrie de la CAO du véhicule. Tout test virtuel nécessite une traçabilité de la révision du modèle en cours d'évaluation.

Les tâches de simulation débutent par une demande de vérification émanant du responsable du programme. Avec la demande de vérification dans le logiciel Teamcenter®, les analystes obtiennent les exigences de test souhaitées ainsi que la géométrie CAO ou les données non géométriques nécessaires à la simulation. S'il existe des modèles et des directives à suivre, ceux-ci sont transmis en même temps que la simulation.

Une fois que l'analyste a terminé sa tâche, les indicateurs clés de performance critiques (CKPI) sont renvoyés au système. Les responsables peuvent ainsi utiliser Teamcenter pour suivre l'état d'avancement du projet et résoudre rapidement tout goulot d'étranglement dans le calendrier.

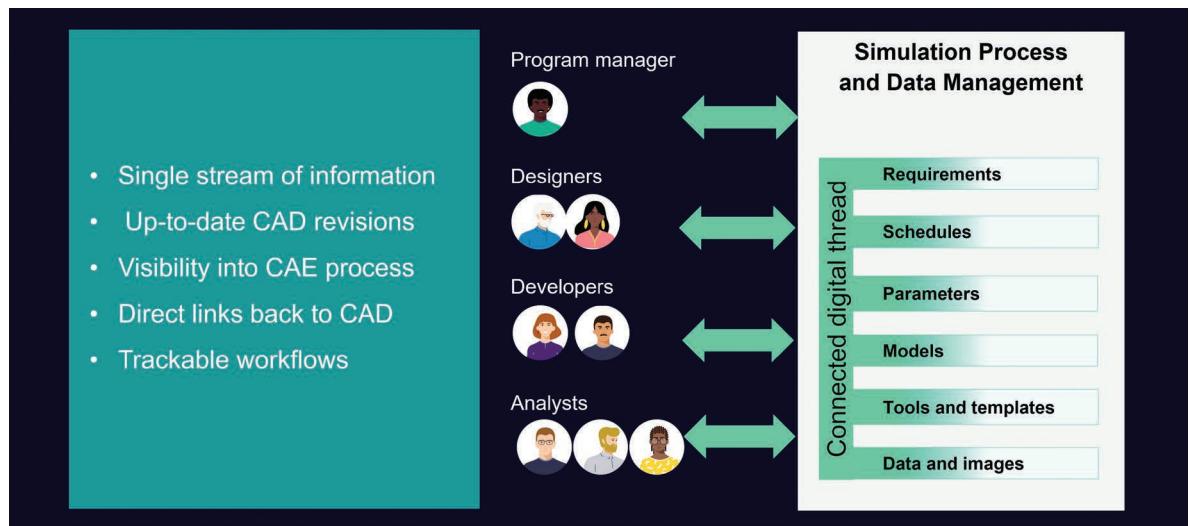


Schéma 2 : Un processus de simulation et une gestion des données intelligents permettent aux ingénieurs de toute l'organisation de réagir rapidement aux modifications de conception afin de s'assurer que les objectifs du programme sont atteints.

Utiliser la simulation système pour identifier la meilleure configuration

Avec la nouvelle demande de conception, l'équipe doit d'abord concevoir le système de gestion thermique afin de déterminer la configuration qui répondra le mieux à ces exigences. Les solutions de simulation système comme le logiciel Simcenter™ Amesim™ permettent aux ingénieurs de réaliser des études 1D rapides lorsqu'aucune modélisation CAO 3D n'est nécessaire. Ces simulations sont généralement effectuées en quelques minutes, voire en quelques secondes, en fonction des modifications de conception envisagées.

Teamcenter et Simcenter font partie de la plateforme Siemens Xcelerator, qui comprend des logiciels, du matériel et des services.

L'un des défis des conceptions initiales des systèmes HVAC est de comprendre comment les composants peuvent influencer la circulation de l'air autour des passagers. Le positionnement et les débits du système HVAC et des radiateurs doivent tenir compte du volume de la cabine afin d'améliorer l'estimation du confort des passagers. Simcenter Amesim offre une approche hybride appelée dynamique des fluides numérique embarquée (eCFD), qui combine la simulation

de systèmes et la CFD 3D. Cette approche consiste à utiliser le logiciel Simcenter STAR-CCM+™ pour résoudre le champ de fluides 3D à l'intérieur de la cabine et à transmettre les résultats à Simcenter Amesim. Ce processus est automatisé, les ingénieurs système n'ont pas besoin d'accéder au logiciel Simcenter STAR-CCM+. Un habitacle paramétré peut être utilisé dès le début de la conception, ou bien le client peut choisir d'utiliser la CAO disponible dans le cadre du post-programme ou de passer à la conception anticipée dès qu'elle est disponible.

Une fois l'architecture HVAC choisie, les composants peuvent être correctement dimensionnés. Pour cela, les ingénieurs peuvent utiliser les modèles de données des fournisseurs à partir des données du compresseur, des données de la pompe à chaleur, des courbes de performance de l'échangeur de chaleur ou des courbes de performance du ventilateur. Les pompes à chaleur peuvent être utilisées pour capturer le fluide multiphasique afin de s'assurer que la chaleur est transférée de manière efficace dans l'habitacle. Simcenter Amesim est utilisé pour fournir des modèles multiphasiques rapides et efficaces afin de capturer le changement de phase à l'intérieur des échangeurs de chaleur.

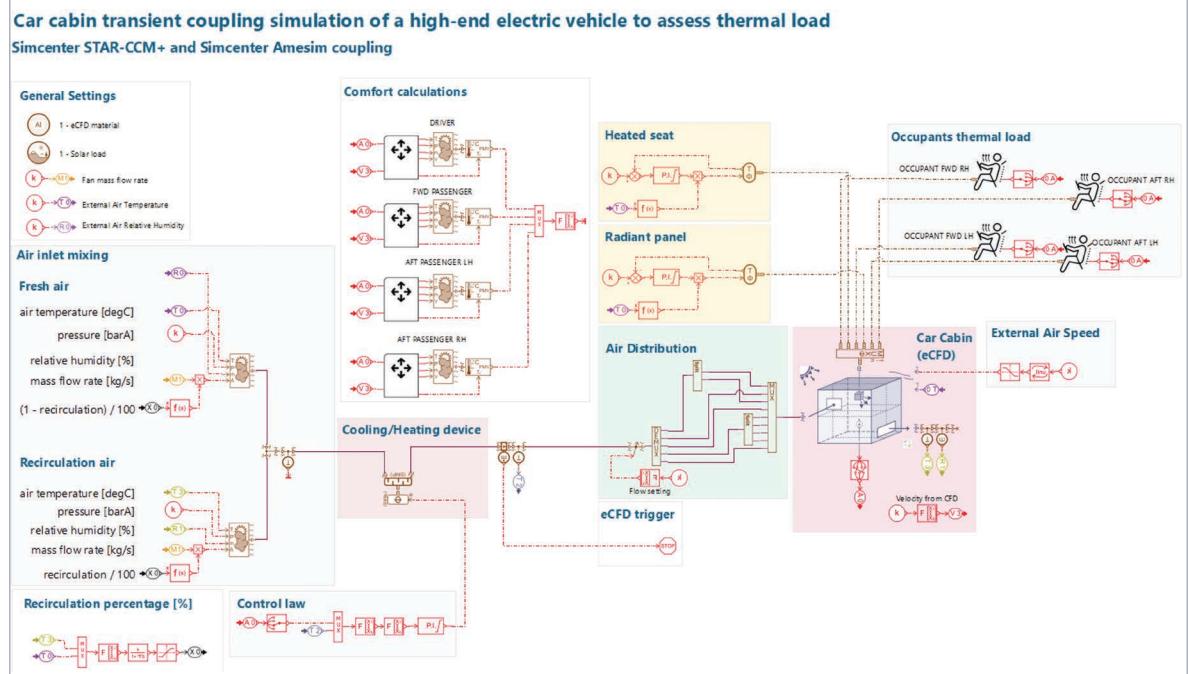


Schéma 3 : Le modèle de simulation du système montre en bas à droite comment la CFD embarquée inclut une discrétisation spatiale de l'habitacle dès les premières étapes de la conception. En bas, on voit également comment les règles de commande sont utilisées pour imposer des exigences comme les températures maximale et minimale d'entrée, la capacité maximale de chauffage/refroidissement du système et la température initiale de l'habitacle.

Préparer une nomenclature IAO

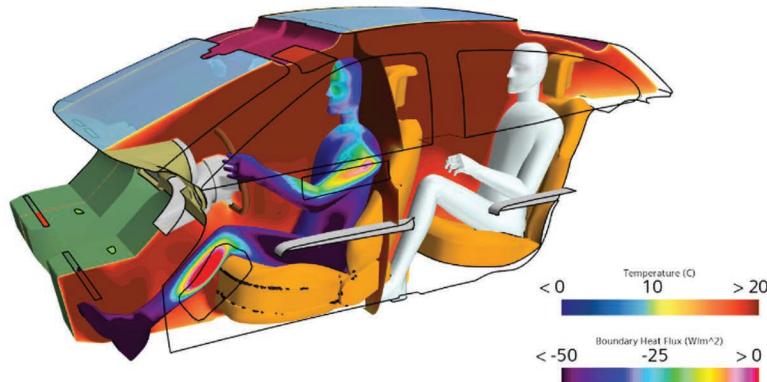
Une fois que la conception est aboutie et que les modèles CAO sont disponibles, le plan de structure Teamcenter est utilisé pour transférer les données CAO, qui sont filtrées avec les matériaux nécessaires à la simulation de l'habitacle. Certaines données peuvent être fournies par les fournisseurs, et d'autres peuvent encore avoir besoin que les propriétés des matériaux soient correctement saisies dans la CAO. Lors du transfert des données de la CAO vers la simulation, le système de reconnaissance des pièces par intelligence artificielle (AI), qui a été construit sur la base des simulations précédentes, permet de détecter les noms ou les propriétés des matériaux incorrects et de réduire ainsi le travail manuel qui était nécessaire auparavant.

Teamcenter permet également de recourir à un modèle défini par l'utilisateur et déjà utilisé pour faciliter la demande de vérification. Ce dernier utilise des filtres et des requêtes dynamiques afin d'automatiser la configuration pour l'ingénieur, ce qui réduit encore une fois le temps et les efforts nécessaires au développement du modèle de l'habitacle. Cette méthode permet de réduire le nombre d'erreurs commises par les ingénieurs, qu'ils soient novices ou expérimentés.

Utiliser l'optimisation de l'habitacle basée sur la CAO pour trouver un équilibre entre confort thermique et performances

L'analyste doit prendre en compte le transfert thermique du véhicule lors de la conception du chauffage, de la ventilation et de la climatisation de l'habitacle pour assurer le confort des passagers. Il doit notamment prendre en compte l'effet du rayonnement solaire, les véhicules en mouvement/stationnaires, le transfert de chaleur à travers les parois du véhicule, les sièges chauffants, les volants chauffants, les chauffages par rayonnement et la production de chaleur par les passagers. Tous ces éléments doivent être évalués en tenant compte de l'interaction des flux d'air du système HVAC.

Simcenter STAR-CCM+ permet d'évaluer tous les modes de transfert de chaleur à l'intérieur de l'habitacle. Les analystes peuvent se servir d'un modèle existant qui intègre les meilleures pratiques et réduit le temps nécessaire à la réalisation d'une nouvelle étude. Ils peuvent donc capturer toutes les données physiques nécessaires à l'aide d'un seul et même outil.



Equivalent temperature (C)

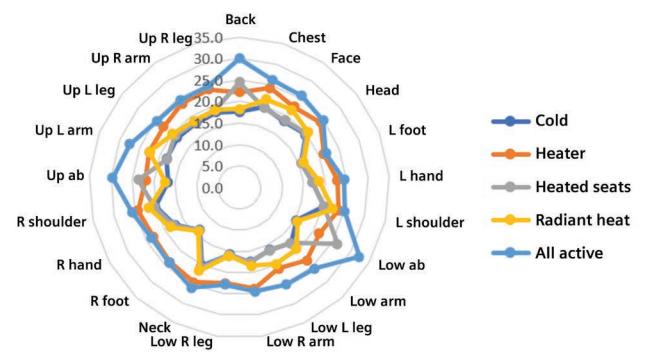


Schéma 4 : Exemple de conception du flux d'air de la cabine provenant du système HVAC dans Simcenter STAR-CCM+ pour assurer le confort des passagers.

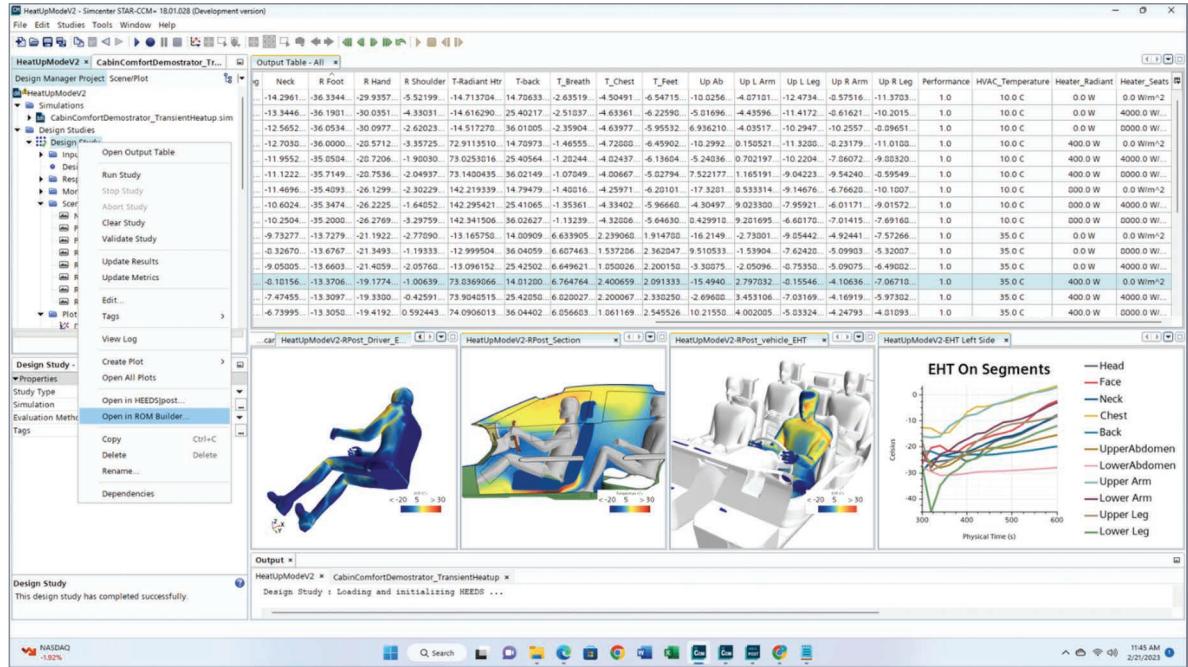


Schéma 5 : Les informations obtenues à partir d'études de conception antérieures peuvent aider à former les systèmes d'IA à reconnaître les composants critiques pour les nouvelles simulations.

Une fois l'habitacle configuré, le responsable de la conception donne à l'ingénieur CFD la possibilité de mener des études de conception rapides pour réduire les pertes de pression dans les conduits ou optimiser le positionnement des aérations à partir des conduits HVAC.

Les concepteurs peuvent également créer des balayages de conception qui les aideront à entraîner l'IA/apprentissage machine (ML) aux performances de l'habitacle. Ces balayages de conception permettent d'alimenter Simcenter Reduced Order Modeling et d'étudier les modifications interactives des commandes HVAC, ou ils peuvent être réinjectés dans le modèle du système avec des résultats CFD haute-fidélité qui servent à effectuer des simulations rapides et précises du système afin d'aider à affiner le développement des commandes HVAC.

Exploiter le potentiel des données et des modèles existants

Les modèles CFD haute-fidélité sont très prédictifs, mais extrêmement calculatoires et ne sont pas la solution idéale pour développer des commandes. Pour cela il faut des réponses en temps quasi réel afin de pouvoir étudier les cycles d'entraînement prolongés nécessaires à la gestion de l'énergie.

Simcenter Reduced Order Modeling vous permet de connecter directement les deux systèmes et Simcenter STAR-CCM+ pour capturer les résultats et générer un modèle d'ordre réduit (ROM). Par ailleurs, cette solution permet au concepteur d'examiner de manière interactive

les modifications apportées aux différents paramètres HVAC et d'obtenir une réponse immédiate sur la manière dont ces modifications influent sur le confort thermique des passagers.

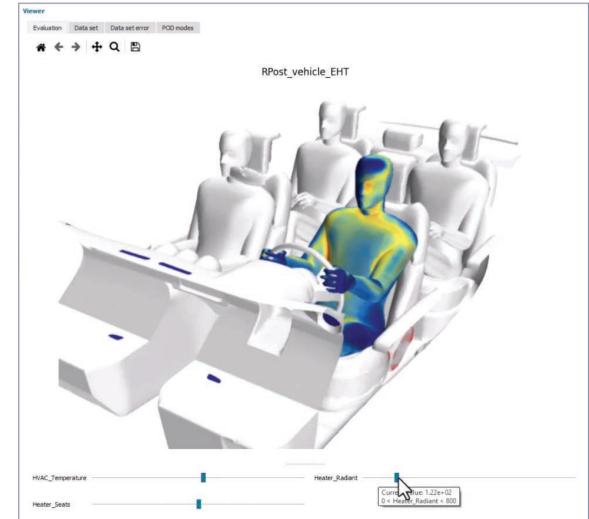


Schéma 6 : Exemple de la façon dont Simcenter Reduced Order Modeling analyse de manière interactive les modifications apportées aux différents paramètres du système HVAC et obtient une réponse immédiate sur la façon dont elles influencent le confort thermique des passagers.

Le modèle d'ordre réduit peut actualiser le modèle du système, qui fonctionne cinq fois plus vite qu'en temps réel. Les concepteurs peuvent ainsi évaluer la pertinence de la conception des commandes du système HVAC qui sont intégrées au véhicule.

Pendant la conception du modèle d'ordre réduit, l'étude conceptuelle prend en compte différentes modifications des données d'entrée : par exemple, des modifications du

débit du système HVAC, de la température, de l'alimentation des sièges chauffants et de l'alimentation des chauffages rayonnants. Ce ne sont que quelques exemples des possibilités offertes selon les exigences de conception du véhicule. Le résultat de l'analyse permet aux concepteurs d'obtenir des indices de température et de confort sur différentes parties du corps. Ils peuvent donc améliorer la conception des commandes en fonction du degré d'inconfort ressenti : par exemple, le bras du conducteur, qui est trop chaud.

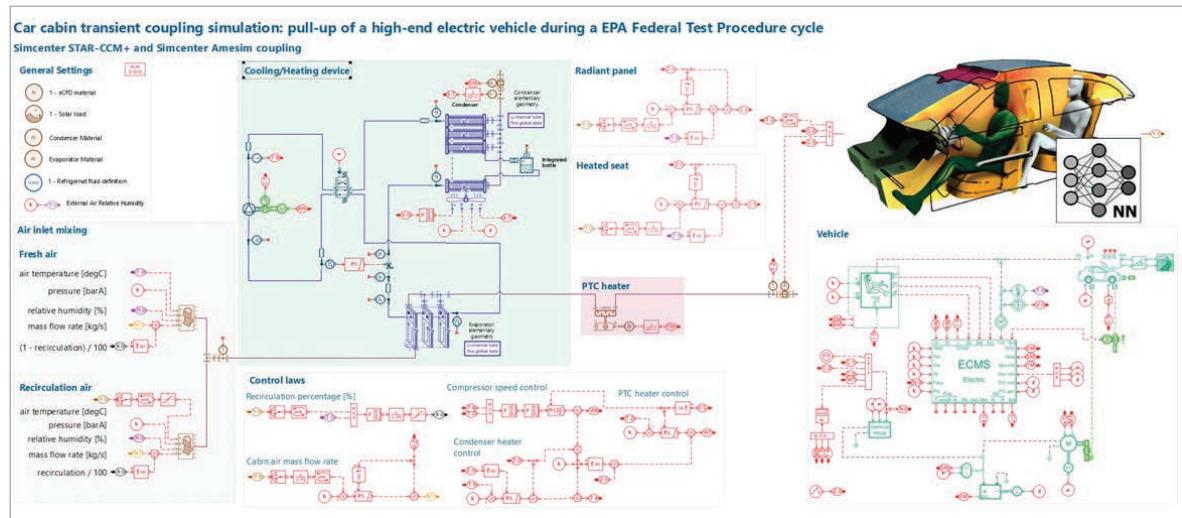


Schéma 7 : Un ROM remplace le modèle CFD embarqué pour une évaluation plus rapide des cycles d'entraînement. Dans cet exemple, l'exploration de la conception et les simulations du système se sont déroulées sept fois plus vite qu'en temps réel.

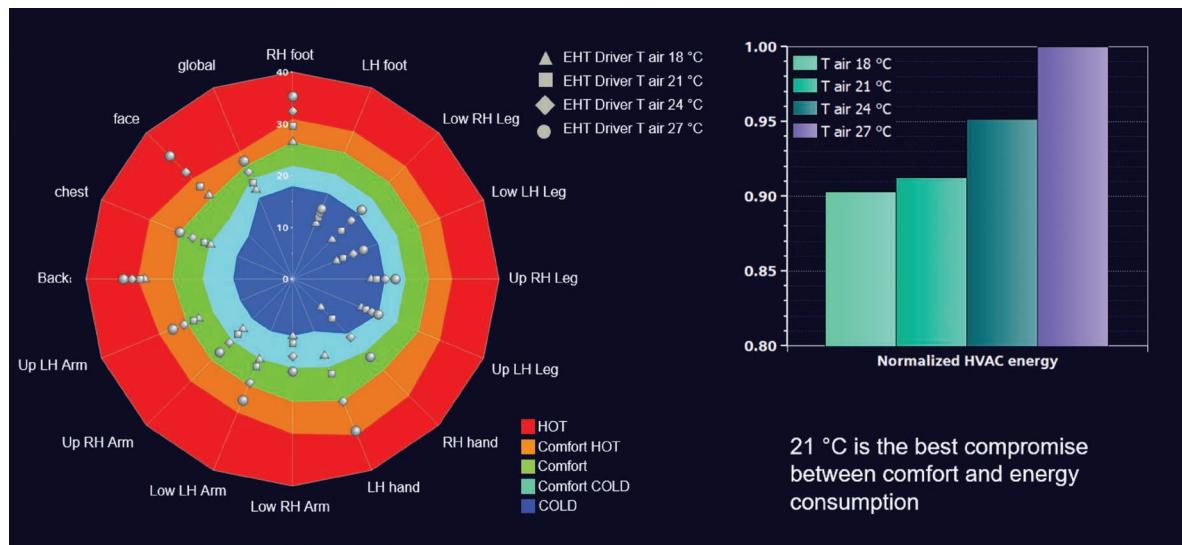


Schéma 8 : Simcenter Reduced Order Modeling remplace le modèle CFD embarqué pour accélérer l'évaluation des cycles de conduite. Pendant que le logiciel s'exécute, l'utilisateur peut obtenir un retour d'information sur le confort de certaines parties du corps.

Intégrer les systèmes pour atteindre des performances optimales

Comme les systèmes HVAC influent sur les principaux aspects des performances fonctionnelles, comme le confort, l'autonomie et le rendement énergétique, il est essentiel d'assembler virtuellement chaque modèle de système. La simulation systèmes aide les ingénieurs à tester virtuellement l'ensemble du système et de ses composants, ainsi que les systèmes intégrés dans le véhicule. Selon la disponibilité des données, cette méthode peut être appliquée de manière évolutive tout au long du cycle de conception. Elle permet d'évaluer différentes conceptions et de retenir la meilleure architecture.

L'objectif est de définir le système en tenant compte de la gestion énergétique à l'intérieur du véhicule. Les modèles d'habitacle sont détaillés et perfectionnés pour concilier le confort des passagers avec l'autonomie et la consommation énergétique, ainsi que pour étudier l'effet des modifications

de l'architecture et de la conception. Cela permet d'optimiser l'intégration du système en tenant compte des limites fixées par d'autres aspects fonctionnels.

Le système est donc optimisé, avec notamment la mise en œuvre des commandes. Cette étape comprend des modèles virtuels qui comportent des données relatives au véhicule, simulent les interactions entre les systèmes et permettent d'obtenir des comportements réalistes. Les experts améliorent et vérifient la stratégie de contrôle HVAC en utilisant le model-in-the-loop (MiL) ou le software-in-the-loop (SiL) afin de fournir le meilleur confort thermique possible.

Par exemple, l'intégration virtuelle du système permet d'évaluer l'impact des stratégies de contrôle et de la position des panneaux radiants sur le confort thermique et la consommation d'énergie.

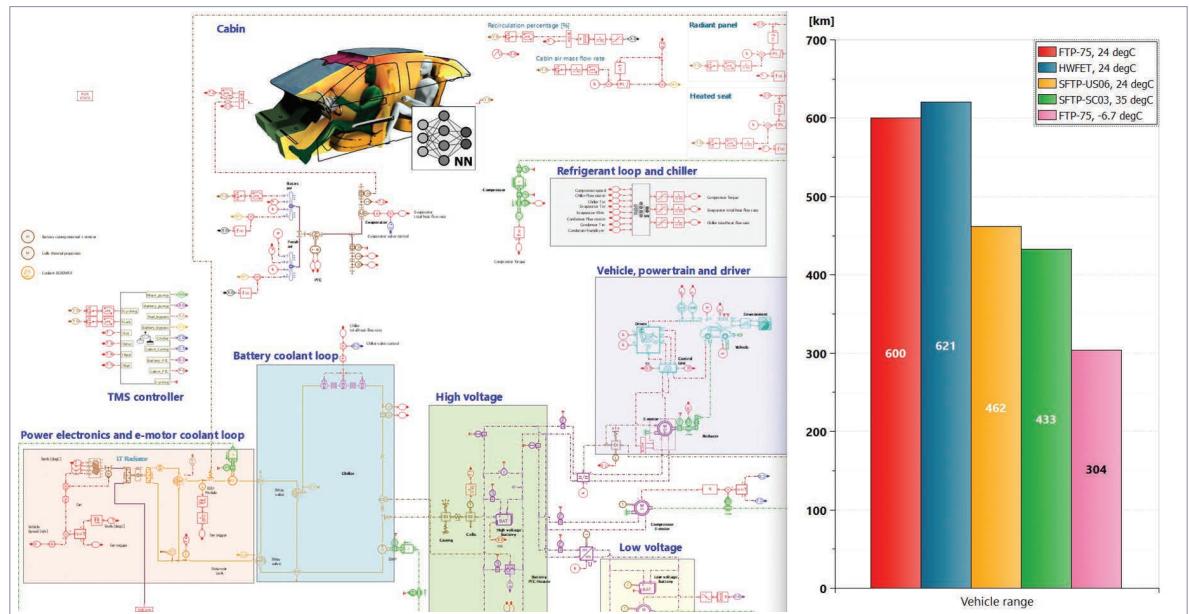


Schéma 9 : Ce modèle Simcenter Amesim d'un véhicule électrique comprend un modèle d'ordre réduit de l'habitacle, un modèle d'ordre réduit de la boucle HVAC et un modèle de contrôle du système de gestion thermique.

Conclusion

Les véhicules électriques ne génèrent pas de grandes quantités de chaleur résiduelle, par conséquent il devient de plus en plus difficile de concevoir des systèmes HVAC efficaces sur le plan énergétique. Utiliser un flux de travail intégré tout au long du cycle de développement permet d'éliminer les barrières entre les sous-systèmes du véhicule. Cette approche permet de concevoir des véhicules plus efficaces et de réduire leur consommation d'énergie ainsi que les délais temps de développement. Les constructeurs automobiles pourront ainsi réduire les coûts liés à la commercialisation de nouveaux concepts innovants.

Pour en savoir plus sur les solutions de confort thermique de Siemens Digital Industries Software, rendez-vous sur la [page de la solution logicielle Simcenter](#).

Siemens Digital Industries Software

Amériques : 1 800 498 5351

Europe, Moyen-Orient, Afrique : 00 800 70 002 222

Asie-Pacifique : 001 800 03061910

D'autres numéros de téléphone sont disponibles [ici](#).

Siemens Digital Industries Software aide les organisations de toutes tailles dans leur transformation numérique en leur fournissant les logiciels, le matériel et les services de la plateforme Siemens Xcelerator. Les solutions de Siemens et le jumeau numérique complet permettent aux entreprises d'optimiser leurs processus de conception, d'ingénierie et de fabrication, afin de transformer les idées d'aujourd'hui en produits durables de demain. Des puces aux systèmes complets, des produits aux processus, dans tous les secteurs, **Siemens Digital Industries Software** – Accelerating transformation.

[siemens.com/software](#)

© 2023 Siemens. Pour consulter la liste des marques déposées de Siemens, cliquez sur [ce lien](#). Les autres marques déposées sont la propriété de leurs titulaires respectifs.

85597-D3-FR 1/24 LOC