

Safer development of modern assistance systems using innovative driving simulators

Introducing DiM™ - Driver-in-Motion™, the revolutionary, award-winning driving simulation technology from VI-grade

“We see considerable benefit from conducting on the driving simulator active-safety tests that are too dangerous to perform live. For instance, we can now simulate a collision or a puncture at high speed to see how the driver will respond, developing systems to help him or her stop the car safely.”

– Leading European Automotive OEM

Advanced driver assistance systems are becoming increasingly powerful and are more and more present in the functionality of the vehicles. The latest generation influences the overall vehicle performance in virtually all travel ranges, significantly modifying the dynamic properties.

In addition to the classic test-based development work, it is possible to design and optimize driver assistance systems in the context of virtual experiments. This is usually represented by a variety of standardized tests, defined as classic «offline simulations» aimed to cover the requirements of different target markets. Moreover, the so called «online simulations» exist, in which the ECU of the assistance system interacts directly with the virtual vehicle model and the real driver.

The subjective feeling of the passengers plays a minor role in these virtual test scenarios and, if taken into account, often is represented by simplified empirical values. In turn, drivers will accept automated driving devices only if they feel safe and confident in the technology. Therefore, the question arises whether the assistance system devices meet the individual expectations of the driver and of any of the passengers, making them feel pleasant and comfortable.

Today, new dynamic driving simulators, such as the innovative DiM™ – Driver-in-Motion concept by VI-grade, allow the involvement of the sub-

jective perception of the occupants in the evaluation of more efficient driving assistance at an early stage of the development chain. To reproduce vehicle movements and accelerations for the driver to “feel” the dynamics of a car, VI-grade patented a revolutionary design that has nine actuators, going beyond the basic six actuators design of a simple hexapod or similar to provide a larger workspace whilst maintaining high stiffness, in order for the system to be more relevant for low as well for high frequencies which characterize automotive chassis design. This design, designed by VI-grade and engineered and manufactured by Saginomiya, makes it possible to study both low frequency vehicle dynamics and high frequency ride on the same motion platform.

The VI-grade DiM simulator is a very powerful machine that uses electrically driven actuators to deliver high performance and high quality motion to the driver, but while power is important, control is needed to give the driver the right feedback. To make sure that driving experience is as close as possible to reality, VI-grade develops its own Motion Cueing algorithm, which is based on a completely new approach focused on maximizing perception by utilizing the full DiM motion envelope. The DiM tripod moves on a flat surface sliding on airpads: this solution makes this driving simulator very reliable, silent and extremely stiff at the same time. Furthermore, airpads allowed to avoid the use of multiple rails which add cost, complexity, friction, latency, noise and penalize performance.

Changing vehicle parameters and testing hundreds of different set-ups like physically done on the proving ground is what a driving simulator is all about: for this purpose, VI-grade has developed VI-CarRealTime, a real-time, accurate dynamic model of the vehicle in which key parameters such as springs, dampers, tires, bump stops, suspension curves as well as active control parameters can be easily changed, allowing the test driver to back up on the track to try new configurations on the same part of the track. However, if required by the customer, it is also possible to integrate a third-party vehicle model within the DiM environment.

Each automotive company has its own preferred test tracks to set up and calibrate their prototypes, but very often those tracks are not close to the R&D centers, much less close to each other. Substantial time and money is spent to test prototypes and environmental conditions can compromise the investment in physical testing. The DiM simulator enables to test vehicles on all test tracks with laboratory-like consistency: customer-specific tracks as well as a library of predefined tracks can be accessed on DiM.

A unique feature of the system is the possibility of simulating press maneuvers in order to detect the maximum velocity value for an ISO lane change. The same maneuver, simulated with the help of the VI-CarRealTime environment, can be realistically reproduced on the DiM platform thanks to the range of allowed lateral displacements with respect to a classic driving simulator.

If the first-generation driving assistance systems were limited to low speed maneuvering (parking assistance, etc.), today's engineers face new challenges related to partly or fully automated driving, scenarios in which the ability of capturing the dynamics of the vehicle represents an essential factor. The development platform represented by the DIM Driving Simulator precisely depicts the movement of the vehicle up to 50 Hz, frequency range that can be achieved thanks to the innovative 9-DOF design of the DiM driving simulator. To develop and test these systems, engineers need to replicate and simulate different traffic conditions and unexpected events that might happen while driving. To support this, the DiM solution allows the triggering of ADAS actions with the minimal latency that such systems require. Moreover, VI-grade has developed interfaces with the

most popular traffic simulation software's, enabling to use the DiM simulator and related vehicle models to drive ADAS development earlier and faster, creating city, rural, and highway scenarios, defining sensors, and developing control strategies.

Thanks to a newly formed partnership with Bruel & Kjaer, leading provider of sound and vibration technologies, the DiM platform can now be equipped with advanced sound as well as high fidelity cockpits in which the driver can be exposed also to high frequency vibrations. This is made possible by specially designed actuators that allow the driver to feel high frequencies otherwise impossible to be perceived on a driving simulator. This new feature makes it virtually possible to use one single driving simulator for an innovative approach to meeting cross-functional targets with the ultimate purpose of designing better cars.

In the end, as it is in a real car, the ultimate success of any driving simulator depends on the satisfaction of the driver - regardless if he/she is a pro driver or an every-day driver. The way the driver interacts with the simulator and the emotions he/she feels can easily be monitored in a controlled environment like VI-SimCenter, VI-grade's technical center for driving simulator technology. Monitored using VI-grade's biotelemetry system, the driver's psycho-physiological parameters of the driver can be monitored in real-time and synchronized with vehicle telemetry.

The DiM driving simulation technology from VI-grade today comes in three different variants: DIM@ 150, an award winning driving simulator for integrated active / passive vehicle dynamics and ride development, as well as for ADAS and NVH applications, already successfully installed at leading automotive OEMs, motorsport teams and engineering service providers; DIM 250, with the same architecture and performance as DIM@ 150 but featuring extended linear actuators for increased travel of the tripod, and therefore for applications which require longer time exposure to steady state accelerations; and DIM@ 700, the perfect solution for those companies that want to have the longest sustained acceleration on a DiM driving simulator, able to simulate steady state events as well as highly dynamic maneuvers.



DiM – Driver-in-Motion installed at VI-grade Italy



DiM – Driver-in-Motion installed at Danisi Engineering



DiM – Driver-in-Motion installed at Porsche Motorsport

Développement sécurisé des systèmes d'assistance à la conduite grâce à l'utilisation des simulateurs de conduite.

Présentation de DiM™ - Driver-in-Motion™, la technologie révolutionnaire ayant reçu le titre de solution innovante 2015 pour la simulation de conduite conçu par VI-grade.

« **Nous voyons un avantage considérable à réaliser des tests de sécurité active sur simulateur de conduite trop risqués pour être effectués en configurations réelles. Par exemple nous pouvons à présent simuler des collisions ou une crevaison à grande vitesse pour tester les réactions du conducteur, et développer des systèmes qui l'aideront à arrêter le véhicule en toute sécurité** ».

- Un constructeur européen majeur.

Les systèmes avancés d'aide à la conduite deviennent de plus en plus performants, et interviennent de plus en plus dans le fonctionnement des véhicules. Les dernières générations de ces systèmes modifient l'ensemble des performances du véhicule dans quasiment toutes les configurations de déplacement, en adaptant sensiblement toutes ses caractéristiques dynamiques.

En complément du travail de développement classique exploitant des essais physiques, il est possible de concevoir et d'optimiser les systèmes d'aide à la conduite en réalisant des essais virtuels. Cette activité comporte un ensemble d'essais standards, réalisés dans le cadre de « simulations offline » traditionnelles ayant pour objectif de répondre aux exigences des différents marchés.

En complément de ces activités, les « simulations en ligne » peuvent être réalisées avec les ECU des systèmes d'assistance qui interagissent alors directement avec le modèle virtuel de véhicule et le pilote humain.

Le ressenti subjectif des passagers joue un rôle mineur dans les scénarios de test virtuels et, si elles sont prises en compte, sont souvent représentées par des valeurs empiriques simplifiées. Par ailleurs, les conducteurs accepteront les systèmes de conduite automatiques uniquement s'ils se sentent en sécurité et en confiance avec cette technologie.

Alors, la question consiste à savoir si les systèmes d'aide à la conduite répondent aux attentes individuelles du conducteur et des passagers, en leur procurant une impression agréable et confortable.

Aujourd'hui, les nouveaux simulateurs de conduite, tels que le concept de simulateur Driver in Motion simulateur (DiM™) de VI-grade, permet la prise en compte de la perception subjective des occupants pour l'évaluation de système d'assistance plus performants dès les premières étapes du cycle de développement.

Afin de reproduire les mouvements du véhicule (déplacements et accélérations) et de permettre au conducteur de percevoir la dynamique de la voiture, VI-grade a breveté une conception révolutionnaire utilisant neuf actionneurs, améliorant ainsi la conception de base classique à 6 actionneurs proposée pour un hexapod ou un système équivalent, et offrant un espace de travail plus important tout en maintenant une grande rigidité. Cette solution permet ainsi au système d'être plus réaliste pour les basses et les hautes fréquences qui caractérisent la conception des châssis automobiles. Cette architecture, conçue par VI-grade et réalisée par Saginomiya, rend possible l'analyse d'essais de roulage à basse et haute fréquence sur la même plateforme.

Le simulateur de conduite DIM de VI-grade est une machine très puissante qui utilise des actionneurs électriques pour fournir au conducteur un comportement, et une agilité de haut niveau, mais si la puissance est importante, le contrôle est nécessaire pour donner au conducteur les bonnes sensations. Pour faire en sorte que les sensations de conduites soient les plus réalistes, VI-grade a développé son propre algorithme de repérage de mouvement (motion cueing), qui repose sur une toute nouvelle approche cherchant à maximiser le ressenti en tirant profit de la totalité de l'amplitude des mouvements du DIM.

Le trépied DIM se déplace sur une surface parfaitement horizontale grâce à un système de coussin d'air : cette solution rend ce simulateur de conduite à la fois très fiable, silencieux, et très rigide. De plus la technologie du coussin d'air évite l'utilisation des plusieurs rails qui pénaliseraient les performances du système (délais de réponse, bruit, frottement), et augmenteraient son coût (durée de mise en œuvre, complexité et maintenance).

Modifier les réglages du véhicule en testant des centaines de configurations différentes de la même façon qu'on le ferait sur un prototype physique, est l'objectif principal d'un simulateur de conduite : Dans ce but, VI-grade a

développé VI-CarRealTime, un modèle de véhicule temps réel, et précis dans lequel les courbes caractéristiques des paramètres clés tels que les ressorts, les amortisseurs, les butées, les suspensions et les paramètres des systèmes de contrôle actif peuvent être facilement modifiés, permettant ainsi au pilote d'essai de tester de nouvelles configurations. Lors des essais virtuels, le pilote peut rejouer un passage sur la section de son choix en modifiant les paramètres sans avoir à refaire le parcours dès le début.

Par ailleurs, si cela est souhaité par le client, il est aussi possible d'utiliser un modèle de véhicule tiers (construit en dehors de VI-CarRealTime) sur l'environnement DIM.

Chaque constructeur dispose de sa propre piste d'essai pour le réglage de ses prototypes, mais la plupart du temps ces pistes sont éloignées des centres de R&D, et bien plus encore entre elles. Les essais sur pistes des prototypes physiques représentent un investissement financier, et de temps significatifs, et certaines contraintes (disponibilité, météo) peuvent compromettre les campagnes d'essais physiques. Le simulateur DIM permet de tester les véhicules sur toutes les pistes d'essais avec la même rigueur qu'en laboratoire: les pistes de chaque client, et une librairie de pistes pré-définies, sont disponibles sur DIM.

Une fonction remarquable du système consiste à simuler des manœuvres standards réalisées par les essayeurs (par la presse notamment), ayant pour but d'estimer la vitesse maximale de passage lors d'un changement de file ISO. La même manœuvre simulée dans l'environnement VI-CarRealTime, peut être reproduite fidèlement sur la plateforme DIM grâce à l'amplitude proposée en déplacement latéral par rapport à celle usuellement disponible sur un simulateur de conduite traditionnel. Si le modèle de véhicule temps réel a été construit sur VI-CarRealTime, les ingénieurs pourront utiliser le même modèle sur la plateforme DIM. Ces manœuvres sont très utiles pour valider les conceptions et les performances des liaisons au sol incluant la suspension et le pneumatique.

Si les premières générations de système d'assistance à la conduite étaient destinées à des manœuvres à basse vitesse (aide au stationnement par exemple), les ingénieurs sont aujourd'hui confrontés à de nouvelles difficultés liées à la conduite autonome intégrale ou partielle, qui sont des cas de figures pour lesquels la capacité de représenter les caractéristiques dynamiques du véhicule devient un élément crucial. La plateforme de développement proposée par le simulateur de conduite DIM décrit précisément le mouvement du véhicule jusqu'à 50 Hz, cette gamme de fréquence peut être obtenue grâce à la conception du simulateur de conduite intégrant 9 degrés de liberté.

Pour développer et tester ces systèmes, les ingénieurs ont besoin de représenter différentes conditions de circulation, et des événements inattendus pouvant se produire au cours du trajet.

Pour permettre cela, la solution DIM est en mesure de déclencher les actions pilotées par les ADAS avec le temps de réponse minimum qu'exigent

ces équipements. De plus, VI-grade a développé des interfaces avec les logiciels de simulation de circulation les plus courants, permettant ainsi d'utiliser le simulateur DIM et les modèles de véhicule adéquates. Il est alors possible d'avancer et accélérer le développement des ADAS, en réalisant des scénarios en cycles urbains, ruraux, sur autoroutes ou voies rapides, en définissant les caractéristiques des capteurs et les stratégies de commande associées.

Grâce au partenariat récent conclu avec Brüel & Kjær, fournisseur reconnu de technologies acoustiques et vibratoires, la plateforme DIM peut à présent être équipée d'une sonorisation avancée, et d'un cockpit haute fidélité dans lequel le pilote ressentira également les hautes fréquences. Cela est rendu possible par des actionneurs spécifiques dédiés qui permettent au conducteur de percevoir les hautes fréquences qu'il serait impossible de ressentir autrement sur un simulateur de conduite. Cette nouvelle fonctionnalité rends possible, par la seule utilisation d'un simulateur de conduite, la mise en œuvre d'une approche virtuelle innovante pour atteindre des objectifs multifonctionnels dans le but ultime de concevoir de meilleurs véhicules.

A la fin, de la même façon que pour un vrai véhicule, le succès final de n'importe quel simulateur de conduite dépend du niveau de satisfaction du conducteur - indépendamment du fait qu'il ou elle soit un conducteur professionnel ou non. La manière dont le conducteur interagit avec le simulateur de conduite, et les sensations qu'il ou elle ressent peut facilement être mesurée dans l'environnement de contrôle tel que le VI-SimCenter, le centre technique de VI-grade pour la technologie de simulateur de conduite. Supervisés par les systèmes de mesure bio-téléométriques de VI-grade, les paramètres psycho-physiologiques du conducteur peuvent être suivis en temps réel et synchronisés avec les mesures effectuées sur le véhicule.

La technologie de simulateur de conduite DIM de VI-grade est disponible aujourd'hui sous trois variantes différentes :

- **DIM® 150**, un simulateur primé pour le développement des systèmes de contrôle dynamiques actifs ou passifs intégrés et des performances routières, comme pour le développement des applications ADAS et du confort vibro-acoustique. Cette variante est déjà implémentée avec succès chez des constructeurs automobiles, des écuries de compétition, et des prestataires de service;
- **DIM® 250** qui conserve la même architecture, et les mêmes performances que celles du DIM® 150, mais en proposant des actionneurs linéaires rallongés pour obtenir une course plus importante du trépied. Il est destiné à des applications exigeant une exposition prolongée à des accélérations constantes ;
- **DIM® 700**, la solution idéale pour les sociétés qui souhaitent disposer de l'accélération continue la plus longue sur un simulateur de conduite DIM, capable de représenter des événements stationnaires prolongés, tout comme des manœuvres hautement dynamiques.



DIM - Driver-in-Motion installé chez VI-grade Italie



DiM - Driver-in-Motion installé chez Danisi Engineering



Installation DiM (Driver-in-Motion) chez Porsche Motorsport