

Relever le défi de la validation de la conduite automatisée avec un centre de test complet

Par Simon Tiedemann, Andreas Mank

Le défi de la validation : où s'arrêter ?

L'aide à la conduite et les fonctions de conduite automatisée modifient déjà la conduite telle que nous la connaissons, et pas simplement en supprimant la nécessité de l'interaction humaine. Elles rendent également la conduite plus agréable – et beaucoup plus sûre. Grâce aux importantes améliorations apportées aux logiciels, au matériel et surtout à l'intelligence artificielle (IA), les voitures seront bientôt en mesure de penser et de prendre elles-mêmes les décisions qui nous sauveront la vie. Cependant, alors que les véhicules automatisés et autonomes deviennent une réalité, de nouveaux défis spécifiques apparaissent. Le but des systèmes d'aide à la conduite et des logiciels de conduite autonome est de réduire le nombre d'accidents et de décès.

Combien d'essais et de validations sont nécessaires pour prouver que les véhicules automatisés sont sûrs et prêts à être produits en série ?

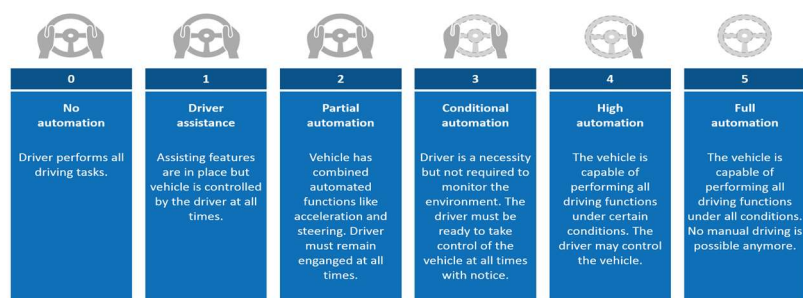


Figure 1 : Niveaux d'automatisation SAE

C'est la question que se posent aujourd'hui les constructeurs et les fournisseurs automobiles du monde entier. Pour que les utilisateurs finals et les autorités acceptent cette nouvelle technologie, nous devons d'abord démontrer, sans l'ombre d'un doute, qu'elle est fiable et sûre. Avant, les équipementiers et les fournisseurs de niveau 1 passaient un nombre d'heures incalculable sur les routes à tester des systèmes avancés d'aide à la conduite (ADAS). La validation des systèmes de conduite automatisée (niveaux SAE 3 à 5) représente un défi encore plus important en raison d'une complexité accrue, de cycles de développement de plus en plus courts et d'une multitude de nouvelles exigences légales et de sécurité (Figure 1). [1]

Les niveaux SAE 3 à 5 de la conduite automatisée nécessitent peu ou pas d'interaction humaine. Les véhicules automatisés doivent donc faire la preuve de leur fiabilité dans pratiquement tous les scénarios de conduite complexes. Pour y parvenir, les systèmes doivent être validés sur une plage beaucoup plus large. Les experts de l'industrie estiment que pour former et valider les fonctions des niveaux 4 et 5, il faut recueillir jusqu'à un milliard de kilomètres de données pour connaître statistiquement les conditions les plus diverses et les cas extrêmes. [2] Plusieurs constructeurs automobiles sont sur la bonne voie et ont collecté des données sur les milliards de kilomètres parcourus par leur parc de véhicules de production. Pour tester les fonctions de la conduite automatisée, de nombreuses années seraient nécessaires ne serait-ce que pour recueillir les données spécifiques requises.

En outre, d'autres questions se posent lorsqu'il s'agit de valider les fonctions de conduite automatisée. Devrions-nous recommencer l'ensemble du processus de validation chaque fois que des changements de paramètres affectent la sécurité globale du système ? Où devons-nous conduire – et combien faut-il d'heures et de kilomètres ? Comment répartir au mieux les essais de conduite sur les différents marchés et évaluer toutes les situations de test nécessaires ? Les fonctions de conduite automatisées présentent des niveaux de complexité sans précédent. En conséquence, des solutions plus conviviales sont nécessaires pour vérifier si les résultats escomptés sont atteints. Il devient déjà impossible de conserver les méthodes actuelles (comme celles utilisées pour valider des systèmes d'aide à la conduite plus élémentaires) car les véhicules d'essai produisent

déjà aujourd'hui jusqu'à dix téraoctets de données par jour [3], ce qui rend difficile l'acquisition et le stockage efficaces de ces données.

La phase d'essai serait beaucoup trop longue et il serait tout simplement impossible de réellement parcourir le nombre de kilomètres requis. Compte tenu des exigences strictes en matière de sécurité et de performance des véhicules automatisés, il est compréhensible que l'industrie multiplie les discussions à ce sujet. De nombreuses entreprises individuelles mais aussi des consortiums comme le projet Pegasus ont été créés pour répondre à des questions comme : Combien de kilomètres et d'heures d'essais sont nécessaires pour valider correctement ces systèmes ? Pour l'instant, aucun chiffre précis n'a fait l'objet d'un consensus. Comme déjà mentionné, les grands constructeurs automobiles parlent de milliards de kilomètres. Il est donc évident que les essais sur route ne suffisent pas à eux seuls à obtenir une validation suffisante. Pour marquer le début de la nouvelle ère des véhicules automatisés, les essais de conduite simulée peuvent et doivent représenter la majeure partie de l'évaluation de la conduite automatisée à l'avenir. En même temps, les cycles de développement et de mise à jour doivent raccourcir si l'on veut que les véhicules automatisés arrivent sur le marché dans les délais souhaités. La virtualisation permet à la fois de simuler et de relire en parallèle les scénarios des essais de conduite, accélérant et améliorant ainsi l'ensemble du processus de validation.

La chaîne d'outils de validation

La solution pour générer efficacement et mettre à disposition des données de conduite appropriées à des fins d'essai et de validation réside dans une chaîne d'outils complète pour la conduite automatisée qui migre une grande partie des kilomètres d'essai requis dans le monde virtuel. Grâce à une méthode de simulation appropriée, le nombre de véhicules d'essai et d'essais routiers coûteux peut être considérablement réduit. Tout cela est possible tout en respectant les exigences légales de sécurité et en réduisant considérablement les frais de développement.

La figure 2 illustre notre approche visant à fournir une chaîne d'outils complète pour la validation des fonctions et des systèmes

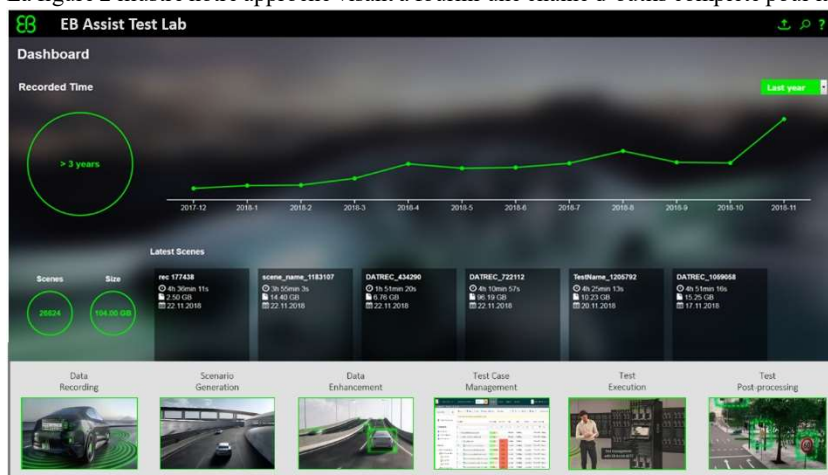


Figure 2 : Chaîne d'outils de validation pour conduite automatisée

de conduite automatisés. Cette chaîne d'outils comprendra l'enregistrement et la génération de données d'essais de conduite, ainsi qu'une plate-forme complète permettant de gérer les données acquises et d'exécuter les tests pour permettre une validation réussie.

En optimisant cette approche avec une plate-forme informatique dans le cloud appropriée, il devient possible de profiter facilement de la puissance de milliers d'ordinateurs hautes performances pour réduire considérablement les délais de développement. Le cloud offre un banc d'essai numérique doté d'une évolutivité globale et d'une flexibilité inégalée pour permettre aux entreprises de tester et d'analyser rapidement les données, et ainsi d'accéder plus rapidement au marché, éliminant ainsi le fardeau de la mise en œuvre et de la maintenance des infrastructures.

À titre d'exemple, notre partenaire Microsoft est l'une des sociétés qui dispose d'un réseau dans le cloud suffisamment rapide pour répondre aux exigences uniques de la conduite automatisée. Avec des centres de données dans plus de 50 régions à travers le monde, la plate-forme Azure fournit exactement ce dont nous avons besoin pour cette chaîne d'outils de validation : un réseau dans le cloud robuste, intelligent et rapide.

La plate-forme d'essais de conduite automatisée EB comprend plusieurs fonctions clés qui facilitent différents aspects du processus de validation – elles sont décrites ci-après.

Enregistrement des essais de conduite

Les constructeurs automobiles, les fournisseurs de niveau 1 et les fournisseurs de technologie amassent déjà des millions de kilomètres d'essai de conduite pour constituer leurs bibliothèques de données. En capturant et en enregistrant les données des essais de conduite, il est possible de tester des algorithmes, d'entraîner des systèmes d'IA, de valider des véhicules et des composants et de créer des environnements de simulation haute fidélité. EB fournit une suite d'outils permettant à nos partenaires de développement de planifier, d'organiser et de suivre plus efficacement les enregistrements des essais de conduite. Pour que ces derniers soient vraiment productifs, il faut pouvoir saisir facilement et de manière fiable une vaste gamme de données de conduite et de capteurs. Ayant compris ce défi, EB fournit des logiciels avancés d'enregistrement de données, du matériel de qualité automobile (qui prend en charge tous les types de bus et largeurs de bande courants) ainsi qu'une suite d'outils nécessaires à l'annotation directe, au déclenchement et à l'enregistrement de la rétroaction. Avec EB Assist CAR Box (Figure 3), nous proposons un système informatique automobile fiable et performant pour l'enregistrement efficace des données, la relecture et la simulation des essais de conduite.

Grâce à cet appareil embarqué, les développeurs peuvent facilement capturer toutes les données pertinentes des capteurs du



Figure 3 : EB Assist CAR Box

véhicule – et les stocker prêtes pour un traitement ultérieur. EB Assist CAR Box est une solution embarquée robuste permettant de capturer les données des capteurs, quelles que soient les conditions routières et météorologiques. Facilement intégrable dans les véhicules d'essai existants, il dispose d'une configuration entrée/sortie flexible, d'un horodatage très précis avec une résolution de 25 ns et d'un enregistrement précis des données des capteurs pour accélérer et améliorer le processus de développement. Mais comment toutes ces données sont-elles ensuite transférées dans l'environnement de développement ? La réponse réside dans des solutions d'ingestion de données telles que Microsoft Azure Data Box, des solutions sur disque qui permettent le transfert fiable et peu coûteux de téraoctets de données vers le cloud.

Intégré à la chaîne d'outils globale, EB Assist ADTF (Automotive Data and Time-Triggered Framework), l'outil d'EB pour le développement de la conduite automatisée, combine un environnement de développement avec un environnement de travail interactif. Les développeurs peuvent utiliser l'interface utilisateur graphique et les modules existants pour créer de nouvelles configurations sans écrire une seule ligne de code. Ils peuvent utiliser le glisser-déposer pour définir le flux de données entre les composants logiciels et exécuter des tests immédiatement pour voir les effets. Le développement plus rapide de modules logiciels de conduite automatisée est facilité par les bibliothèques et les boîtes à outils destinées aux différentes fonctionnalités, qui peuvent être facilement intégrées au cadre logiciel. Ces interfaces fonctionnelles et formats de données sont ouverts aux développeurs, et le cadre logiciel est compatible avec les systèmes d'exploitation Microsoft Windows et Linux.

EB Assist ADTF simplifie le processus de transfert des données d'essais de conduite capturées dans l'environnement de développement et permet la validation de chaque capteur individuel. Les données peuvent être archivées dans le cloud avec des attributs locaux tels que les conditions météorologiques, routières et de conduite. Les algorithmes d'IA peuvent être entraînés en fonction des données traitées et des mesures peuvent être effectuées sur l'ensemble du parc de véhicules d'essai. Dirigé par un forum de constructeurs automobiles de premier plan et de fournisseurs de niveau 1, EB Assist ADTF est l'un des environnements de développement et de test ADAS les plus largement utilisés dans le monde.

Génération de scénario

Pour obtenir la grande quantité de données nécessaires aux essais et à la validation, il est tout simplement impossible de n'enregistrer les données qu'à l'aide d'un parc de véhicules d'essai. Ainsi, nous permettons à l'industrie de se tourner vers les essais de véhicules virtuels et simulés. Non seulement cela augmente considérablement la portée et l'étendue de la couverture des tests, mais cela réduit également les coûts et les délais de l'ensemble du processus de validation. De plus, les tests virtuels sont déjà compatibles avec les capteurs de véhicules existants. Grâce à la simulation sur ordinateur, les données provenant de différentes sources peuvent être stockées dans une base de données maîtresse. Il peut s'agir de données sur les accidents des véhicules, d'essais opérationnels sur le terrain, d'études de simulation de conduite, de simulations de circulation ainsi que de

connaissances générales de l'industrie. Cette vaste gamme de données peut être saisie, enregistrée, catégorisée, puis extraite dans les environnements de test les plus pertinents.

Pour réussir les simulations d'essais de conduite, les constructeurs doivent d'abord être en mesure de générer des scénarios de conduite précis. Avec des informations précises sur les essais de conduite capturées via EB Assist CAR Box, il est possible de simuler des scénarios de conduite existants, ainsi que des scénarios entièrement nouveaux. Notre écosystème de partenaires fournit les outils de simulation nécessaires pour générer des environnements de conduite réalistes en peuplant des ressources individuelles dans de grandes cartes HD ou des mises en page générées par procédures. La capture de données d'essai de conduite précises permet de modéliser correctement le comportement de la voiture et d'autres objets, ainsi que de simuler de façon réaliste les capteurs du véhicule.

Ingestion et stockage des données

Grâce à leurs divers capteurs, caméras et systèmes LIDAR embarqués, les véhicules d'essai ont la capacité de générer des dizaines, voire des centaines de téraoctets de données par jour, à des fins de validation et de développement. Cependant, ces énormes quantités de données doivent être ingérées et stockées dans un environnement de développement approprié avant de pouvoir être traitées. À ce gros problème de données s'ajoute le fait que les véhicules d'essai sont souvent nomades. Ils ne retournent pas dans le même garage tous les soirs – puisque les essais de la journée suivante peuvent être effectués à un endroit différent – ce qui ajoute au défi de l'ingestion et du stockage. Comme l'emplacement des parcs de véhicules d'essai continue de changer et d'augmenter en nombre, il peut être extrêmement difficile d'ingérer des données en temps opportun, et le suivi et la traçabilité constituent également un défi. La construction d'infrastructures à la périphérie est une approche inefficace et coûteuse, et la gestion de la logistique de mise en réseau sur plusieurs sites est également un défi. Les défis sont la raison pour laquelle les solutions basées dans le cloud sont devenues une composante essentielle de l'ingestion et du stockage des données à des fins de développement. Les appareils de stockage de données sont conçus pour permettre des importations en masse de plusieurs téraoctets de données de n'importe quel endroit vers le cloud pour un traitement plus rapide.

Amélioration des données

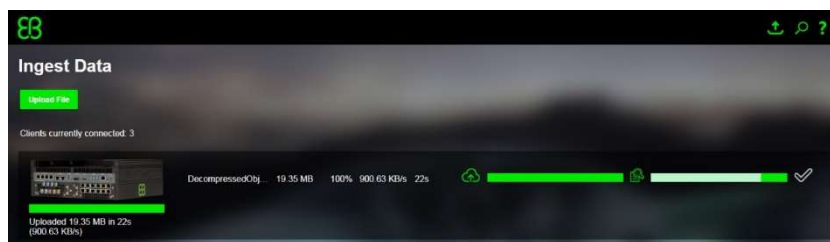


Figure 4 : Ingestion de données à partir d'EB Assist CAR Box

Pour gérer des quantités croissantes de données d'essais de conduite de manière rentable, le logiciel d'EB inclut des niveaux élevés d'automatisation des données. La possibilité de transmettre des données vers le cloud est prise en charge, par exemple, par une logistique basée sur disques et systèmes de téléchargement. Les métadonnées de base peuvent être générées automatiquement au fur et à mesure du téléchargement des nouveaux enregistrements des véhicules. Les services basés sur l'IA utilisés dans la génération de métadonnées (comme le contexte de conduite) sont donc supportés. De plus, EB offre un SDK complet qui permet aux clients d'ajouter facilement de nouveaux modules d'analyse pour étendre les fonctionnalités existantes.

Les outils EB (basés sur l'IA) permettent également l'étiquetage semi-automatique et efficace des enregistrements des essais de conduite. Ceci augmente considérablement la vitesse d'étiquetage et réduit les coûts comme solution de rechange aux entreprises de service d'étiquetage manuel. Compte tenu des pétaoctets de données ingérées, le traitement et l'analyse des données en temps réel sont essentiels à cette étape. Différents services analytiques seront disponibles pour gérer entièrement les clusters de mise à l'échelle afin d'obtenir l'échelle et la vitesse d'analyse souhaitées.

Gestion des cas types

La chaîne d'outils décrite permet également de générer et d'administrer des cas types et des ensembles d'essai. Les utilisateurs peuvent facilement définir les conditions préalables telles que la version du logiciel et l'état de l'algorithme. Les données d'entrée peuvent être répertoriées et gérées – comme les enregistrements et les scénarios de simulation (y compris les variations). Le logiciel peut fournir les résultats attendus tels que les réalités de terrain et les KPI. La chaîne d'outils permet

également la génération automatique de cas types – ainsi que l'historique détaillé et la couverture des cas types précédents. EB Assist ADTF prend en charge des cas d'utilisation multiples et de nombreuses applications, du pré-développement aux projets en série, et permet en outre un échange de données facile. De plus, les nombreux modules et interfaces disponibles pour différents cas d'utilisation (par ex. horizon électronique) et d'autres outils et normes bien établis (par ex. MATLAB Simulink, AUTOSAR) permettent un développement accéléré et flexible et l'exécution des essais.

Exécution des essais et post-traitement

EB permet l'exécution de scénarios d'essai abstraits pour couvrir n'importe quel type de scénario d'essai, à la fois hardware-in-the-loop (HIL) et software-in-the-loop (SIL) d'une manière transparente et efficace. Grâce à l'intégration d'une plate-forme dans le cloud adaptée, EB Assist ADTF prend en charge une évolutivité quasi infinie et l'exécution d'essais parallèles. Plusieurs fonctions permettent aux développeurs d'exécuter leurs tâches de manière pratique et efficace :

- Amélioration de l'efficacité du matériel existant grâce à l'équilibrage intelligent de la charge
- Diminution des temps d'arrêt grâce à la détection et au traitement automatiques des erreurs d'exécution
- Post-traitement efficace des essais et des séries d'essais
- Création automatique de rapports d'essai significatifs
- Administration et archivage des résultats d'essai
- Comparaison entre les résultats d'essai

Par exemple, dans cette chaîne d'outils, chaque ensemble de données est automatiquement scanné et enrichi de métadonnées – comme les informations météorologiques et l'état des routes. Grâce à cette méthode, les développeurs économisent le temps et l'argent associés à la recherche de scènes de conduite appropriées, car les données sont déjà correctement étiquetées. Dans un exemple pratique (Figure 5), nous avons validé un composant logiciel de fusion de grille. Grâce à une simulation basée sur grille de l'environnement du véhicule, le système a fourni des informations concises sur les obstacles et les zones exemptes d'obstacles. Le centre de test a ensuite comparé les résultats de l'algorithme de fusion de grille à un ensemble de données de référence. Les KPI pour les zones occupées, non occupées et inconnues ont été comparés. Les données d'essai ont ensuite été chargées dans le cloud, exécutées simultanément et traitées.

Dans l'ensemble, cette approche unique basée sur le cloud permet aux utilisateurs de gérer un nombre croissant de données d'essai de conduite tout en maintenant les coûts à un niveau bas – grâce à l'étiquetage automatisé et à l'amélioration des

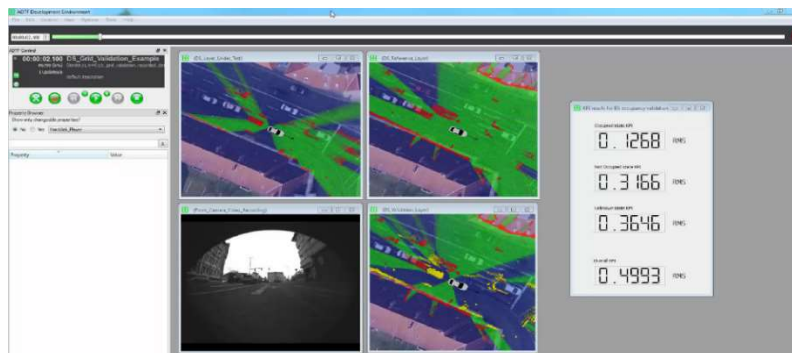


Figure 5 : Exemple de validation de grille

données. De plus, elle accélère considérablement la gestion, l'exécution et le post-traitement des essais parallèles, validant ainsi rapidement et efficacement les fonctions de conduite automatisée. Enfin, l'optimisation du cloud permet des essais flexibles et évolutifs, pour répondre plus facilement aux demandes de pointe critiques.

Une conception ouverte pour convenir à tous les développeurs

Les interfaces dans la chaîne d'outils de validation de conduite automatisée décrite sont spécialement conçues dans un format ouvert et accessible. Grâce à cette approche, nos partenaires de développement peuvent ajouter ou personnaliser leurs propres services – en utilisant l'ensemble de la chaîne d'outils ou uniquement des éléments sélectionnés. Cela inclut la génération automatique de méta-informations, l'activation de l'étiquetage de réalité de terrain et la réalisation d'essais sur de puissants systèmes « in-the-loop » pour des tâches de validation spécifiques. Des solutions supplémentaires peuvent également être mises

en place en combinant les EB et d'autres outils existants avec des partenaires supplémentaires – tels que des experts en simulation, des pistes d'essai ou des spécialistes des plug-ins de données. En outre, il est possible d'aller au-delà de l'approche actuellement présentée. Par exemple, les essais de conduite peuvent être encore améliorés en créant des métadonnées basées sur la reconnaissance vocale, ou les kilomètres d'essai globaux nécessaires au développement, aux essais et à la validation peuvent être réduits en utilisant un processus intelligent pour sélectionner les données. Dans l'ensemble, nous travaillons continuellement à combler l'écart entre les données enregistrées et les données simulées.

Conclusion

Il est essentiel d'anticiper dès maintenant les défis liés aux données afin d'éviter des problèmes potentiels dans le cadre du développement de la conduite autonome et automatisée à l'avenir. Les constructeurs automobiles et les entreprises de niveau 1 doivent veiller à choisir la bonne voie à suivre lorsqu'ils décident de la meilleure façon de recueillir, d'ingérer et de traiter leurs données. EB fournit une suite de matériels et de logiciels éprouvés pour capturer et gérer des données d'essais de conduite correspondant à des millions de kilomètres, permettant ainsi aux développeurs d'affiner et d'améliorer efficacement leurs systèmes de conduite automatisée. Les solutions sur le cloud comme Microsoft Azure fournissent une plate-forme puissante aux développeurs du monde entier pour gérer efficacement les informations des essais de conduite correspondant à des millions (et bientôt des milliards) de kilomètres ainsi que des pétaoctets de données de simulation. Actuellement en collaboration avec les plus grands constructeurs automobiles du monde, notre chaîne d'outils rendra la conduite plus fiable et plus agréable pour tous les usagers de la route.

Bibliographie

- [1]National Highway Traffic Safety Administration (2018) : Automated Vehicles for Safety. Society of Automotive Engineers (SAE) Automation Levels, <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety>, consulté le 18/12/2018.
- [2]Ohnsman, Alan (2016) : Toyota's Robot-Car Line In The Sand : 8.8 Billion Test Miles To Ensure Safety, <https://www.forbes.com/sites/alanohnsman/2016/10/03/toyotas-robot-car-line-in-the-sand-8-8-billion-test-miles-to-ensure-safety>, consulté le 18/12/2018.
- [3]Accenture (2018) : Autonomous Vehicles : The Race Is On, disponible sur : <https://www.accenture.com/us-en/insights/communications-media/autonomous-vehicles-data-challenges>.