

AUTEURS

Clément Goubel
Responsable équipe Simulation numérique*
Transpolis

Jean Bloch
Directeur opérationnel
Transpolis

Christophe Chevalier
Vice-président technique
Specbea (Spécialistes de la chaussée
et des aménagements en béton)



Glissières de type DBA (glissière double en béton adhérent) et GBA (glissière en béton adhérent), chantier Port 2000, au Havre.

* Jusqu'à juillet 2015

La simulation numérique des dispositifs de retenue au service de la sécurité routière



L'usage de la simulation numérique pour le développement et l'évaluation des équipements de la route est relativement récent : les premiers travaux européens dans ce domaine ont été entrepris au début des années 2000, notamment dans le cadre d'un projet de recherche européen du 6^e Programme-cadre pour la recherche et le développement technologique (PCRD), le projet ROBUST (Road Barrier Upgrade of Standards, GRD-2002-700021). Ce projet visait à : confronter les critères d'évaluation inscrits dans la norme européenne d'évaluation des dispositifs de retenue (NF EN 1317) [1] à la réalité de leur usage sur les routes ; et à considérer l'introduction des outils de simulation numérique dans cette même norme. Aujourd'hui, les dispositifs de retenue sont soumis à cette norme européenne et à l'arrêté RNER (Réglementation nationale des équipements de la route) du 2 mars 2009 [2], qui requièrent des essais de choc grandeur nature.

Il est rare désormais d'assister à des essais de choc sur des produits qui n'auraient pas fait l'objet d'une étude préalable s'appuyant sur la simulation numérique. De plus, l'usage des outils numériques s'est développé à chaque étape des projets de développement d'un dispositif de retenue routier.

Au fur et à mesure de leur avancée, la simulation offre de plus en plus de possibilités pour explorer des concepts nouveaux et optimiser les performances des dispositifs.

Définition et objectifs de la simulation

La simulation numérique reconstitue, au moyen d'outils informatiques (matériels et logiciels), des phénomènes physiques qui peuvent être complexes.

A titre d'exemple, la simulation d'un accident sur un dispositif routier de sécurité met en œuvre des sollicitations dynamiques rapides (par opposition à un chargement statique) et des grandes déformations, sur le dispositif lui-même et sur le véhicule.

Avant de simuler un phénomène physique, il y a lieu de modéliser les objets à mettre en mouvement ou à évaluer.

Pour ce qui concerne les dispositifs de retenue, les experts doivent modéliser, d'une part, les véhicules pris en compte dans la norme NF EN 1317 (voitures, bus, poids lourds) et, d'autre part, les dispositifs à évaluer. Les modèles numériques doivent non seulement reconstituer les géométries de ces objets, mais aussi prendre en compte les caractéristiques des matériaux et des contacts entre les divers éléments qui les constituent.

Les chocs sont ensuite simulés en utilisant ces modèles numériques afin d'obtenir les mesures physiques résultant des calculs et des animations en 3D.

Si des essais physiques réels ont déjà été réalisés, les simulations numériques peuvent leur être comparées, ce qui permet de les reproduire fidèlement. Grâce à cette corrélation entre les essais réels et les simulations, les modèles peuvent dès lors être validés en toute confiance.

La **figure 1** résume les divers apports possibles de la simulation numérique sur toute la vie d'un dispositif routier de sécurité, de sa conception jusqu'à son usage. La simulation numérique aide à la conception et à l'optimisation des performances. Elle peut également être utilisée pour analyser son usage réel, dans des configurations non standardisées ou lors d'accidents.



Figure 1
Possibilités offertes par la simulation numérique.

Transpolis

Les différents usages de la simulation

Au stade du projet

A ce stade, la simulation numérique doit être considérée comme un outil d'aide à la décision pour choisir, entre plusieurs concepts, celui qui offrira la meilleure garantie de succès lors des essais de choc nécessaires à la certification du dispositif de retenue.

L'équipe d'ingénieurs en simulation numérique de Transpolis dispose notamment d'outils grâce auxquels elle peut réaliser simplement des études paramétriques afin d'évaluer la robustesse des résultats et la pertinence du design vis-à-vis des objectifs de ses clients. Ces études doivent prendre en compte la variabilité de nombreux paramètres liés tant au dispositif lui-même (tolérances sur les dimensions ou la qualité des matériaux) qu'aux conditions d'essais (vitesse, caractéristiques du sol, ...) (figure 2).

Après les essais de choc

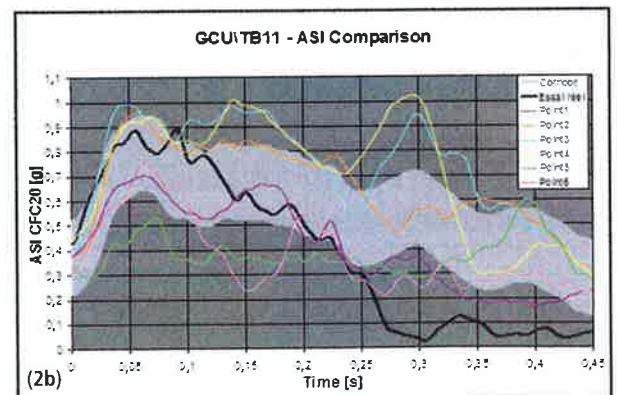
Malgré l'essor des méthodes numériques, les essais de choc réels restent indispensables à la certification des dispositifs de retenue.

Les résultats obtenus lors de ces essais sont nécessairement un peu différents de ceux prédits par la simulation. En effet, certains paramètres ne sont pas connus a priori (angle et vitesse exacts du véhicule par exemple) ou nécessitent un essai destructif (comme la caractérisation mécanique de matériaux), alors même qu'ils ont un effet important sur les résultats.

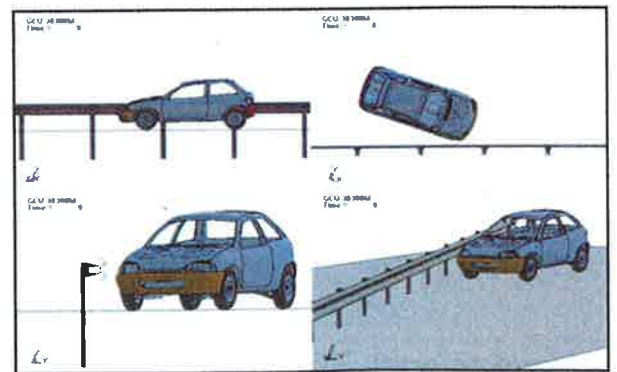
Une reprise du modèle numérique permet, suite à une phase de corrélation avec l'essai réel, d'ajuster ces variables pour que le modèle représente fidèlement le comportement observé lors de l'essai de choc.



(2a)



(2b)



(2c)

Figure 2
Exemples d'outils d'analyse par simulation du comportement d'un dispositif de retenue. A l'aide de simulations numériques, il est possible de visualiser de manière réaliste les essais de choc, mais surtout d'analyser en détail les mesures physiques (courbes) comme les répartitions de contraintes dans les éléments constituant le dispositif.

Transpolis

La simulation numérique appliquée aux barrières en béton coulées en place

Le SPECBEA a entrepris, dès 2012, une étude visant à mieux appréhender les performances des barrières en béton coulées en place dans la perspective d'une éventuelle optimisation.

En effet, ces dispositifs (DBA (glissière double en béton adhérent), GBA (glissière en béton adhérent), MVL (muret véhicule léger) et LBA (large béton adhérent)) ont fait l'objet de nombreux essais de choc dans les années 1970-1980, selon des protocoles différents de la norme européenne en vigueur [1]. Puis, les barrières DBA et murets MVL ont été soumis aux essais de choc prévus par la norme, ce qui a permis de qualifier leurs performances. En effet, les dispositifs coulés en place dont les profils sont génériques ne sont pas soumis au marquage CE, mais doivent répondre aux exigences performantielles de la norme européenne [3], comme le précise l'arrêté RNER [2].



Figure 3
Simulation d'un véhicule lourd de type car sur une DBA.

Au vu de ces essais, il a semblé intéressant de se pencher sur les moyens de diminuer, pour les barrières en béton de type DBA, les conséquences d'un choc normalisé (comme l'ASI) sur les véhicules légers en jouant sur le profil des dispositifs. Grâce à cette étude, actuellement en cours dans le laboratoire de simulation de Transpolis, l'influence de la hauteur du talon et des pentes latérales données à ces barrières peut être mieux appréhendée.

Par ailleurs, le SPECBEA s'est intéressé à l'évaluation des performances des LBA par simulation numérique, puisque les essais conformes à la norme européenne n'ont pas encore été menés. Les résultats de cette étude permettront de définir le niveau de performances auquel ce dispositif pourra être testé, en grandeur réelle afin de satisfaire aux exigences de l'arrêté RNER.

Évaluation de dispositifs modifiés

Avec la version actuelle de la norme EN 1317 [1], les performances de certaines modifications modérées peuvent être évaluées par simulation numérique sur la base d'un modèle corrélié.

La norme permet également, dans le cadre d'une famille de produits (par exemple une barrière se déclinant en différentes distances entre supports), de déterminer par essais de choc les dispositifs d'entraxes extrêmes et d'évaluer les performances des entraxes intermédiaires par simulation numérique, ce qui allège sensiblement les coûts de certification.

Analyse des matériaux

Pour qu'un dispositif de retenue puisse obtenir le marquage CE, la norme EN 1317 requiert l'analyse mécanique de ses composants.

Certains essais de choc, réalisés suivant des versions antérieures de la norme, ne permettent pas l'obtention d'un marquage CE, les analyses de leurs compo-

sants n'ayant pas été effectuées. Une étude par simulation peut se substituer à ces analyses, mais une corrélation entre une simulation numérique et un essai réel ne peut se faire de manière satisfaisante que si les caractéristiques mécaniques prises en compte dans le modèle correspondent aux caractéristiques réelles.

Évaluation de dispositifs de retenue anciens

Sur les réseaux routiers, il existe des dispositifs anciens, testés suivant des standards ne correspondant pas aux normes en cours. La modification des conditions initiales d'une simulation numérique étant très facile, il est possible d'établir la corrélation entre la simulation et les essais conduits selon les anciennes conditions de certification du produit et d'évaluer les performances dans les conditions normatives actuelles. L'exploitant pourra ainsi décider s'il convient de maintenir le dispositif en place ou de prévoir son remplacement par un autre répondant

pleinement aux nouvelles exigences normatives.

Conditions hors normes

De nombreuses questions peuvent se poser quant à l'utilisation *in situ* de dispositifs qui sont parfois implantés dans des conditions différentes de celles prévues par les essais de choc normalisés : sol, longrine, courbe, longueur d'implantation, ...

Avec la simulation numérique, toutes les conditions d'implantation peuvent être modifiées afin d'évaluer le comportement des dispositifs en situation réelle.

Reconstitution d'accidents

L'usage ultime de la simulation numérique est la reconstitution d'accidents. Elle permet alors d'évaluer les causes objectives et les effets d'un accident. Ainsi, grâce à la reproduction des conditions d'impact, un dysfonctionnement des dispositifs de sécurité peut être repéré et des mesures correctives peuvent ensuite être proposées.

Instrumentation des modèles numériques

L'instrumentation des modèles numériques constitue un autre usage intéressant de la simulation. S'il est impossible d'ajouter des mesures à un essai déjà réalisé, on peut aisément le faire sur un modèle numérique avant de relancer des calculs. En outre, certaines mesures peuvent être compliquées à mettre en œuvre sur un essai de choc, mais beaucoup plus simples à réaliser sur un modèle numérique.

Par exemple, l'enregistrement des efforts transmis à un ouvrage d'art lors de l'impact d'un véhicule nécessite la mise en place de nombreux capteurs dans des zones difficiles, voire impossibles d'accès.

Avec la simulation numérique, on peut connaître les efforts qui transitent en tous points du modèle.

Complément des essais de choc

S'il est illusoire de remplacer un jour les essais de choc par des simulations numériques, il est judicieux de considérer la complémentarité de ces deux méthodes d'évaluation. En effet, il est impossible de tout tester et un nombre d'essais de choc trop important pourrait être économiquement prohibitif pour le développement des dispositifs routiers de sécurité. En revanche, ajouter à un essai de choc de référence une évaluation numérique de configurations complémentaires permet d'explorer diverses options et donc d'accroître la sécurité offerte par les dispositifs.

Ainsi, pour l'évaluation des raccordements entre deux dispositifs, l'arrêté RNER du 28 août 2014 [2] précise les conditions d'appréciation de ces zones sensibles en proposant une grille d'évaluation des performances qui limite le nombre d'essais de choc et intègre des simulations numériques, notamment pour mesurer les effets du positionnement du point d'impact.

Conclusion

La simulation numérique offre de nombreuses possibilités à chaque étape du développement d'un dispositif de retenue et est devenue un outil incontournable dans le domaine des équipements de la route.

L'usage élargi et systématique de méthodes d'évaluation combinant essai et simulation permettrait de dynamiser le secteur et d'accroître le niveau de sécurité des réseaux routiers. ■

RÉFÉRENCES

[1] Série de normes EN 1317 :

- NF EN 1317-1 « Dispositifs de retenue routiers - Partie 1 : terminologie et dispositions générales pour les méthodes d'essai », septembre 2010
- NF EN 1317-2 « Dispositifs de retenue routiers - Partie 2 : classes de performance, critères d'acceptation des essais de choc et méthodes d'essai pour les barrières de sécurité incluant les barrières de bord d'ouvrage », septembre 2010
- NF EN 1317-3, septembre 2010 « Dispositifs de retenue routiers - Partie 3 : classes de performance, critères d'acceptation des essais de choc et méthodes d'essai pour les atténuateurs de choc », septembre 2010
- PR NF EN 1317 « Dispositifs de retenue routiers - Partie 4 : classes de performance, critères d'acceptation des essais de choc et méthodes d'essai pour les raccordements et les sections de barrière amovibles », 4 septembre 2012
- NF EN 1317-5+A2 « Dispositifs de retenue routiers - Partie 5 : exigences relatives aux produits et évaluation de la conformité des dispositifs de retenue pour véhicules », juin 2012, version amendée

[2] Arrêté RNER (Réglementation nationale des équipements de la route) du 2 mars 2009, modifié le 28 août 2014 et le 3 décembre 2014, relatif aux performances et aux règles de mise en service des dispositifs de retenue routiers soumis à l'obligation de marquage CE

[3] « Dispositifs routiers de retenue (DRR) – Evolution de la normalisation et de la réglementation ; incidences sur les barrières en béton coulé en place », C. Chevalier, F. Pero, RGRA n° 898, novembre-décembre 2011



Computer simulation of restraint systems in the service of road safety

The use of computer simulation for the development and evaluation of road safety systems is relatively recent. The first European work in this area was undertaken in the 2000s, in particular in connection with the European research project of the 6th Framework Programme for Research and Technical Development, the ROBUST project (Road Barrier Upgrade of Standards, GRD-2002-700021). This project sought to compare the evaluation criteria set forth in the European standard for the evaluation of road restraint systems (NF EN 1317) with the reality of their use on roads and to consider the introduction of computer simulation tools in this standard. Today, road restraint systems are subject to this European standard and to the decree RNER (Réglementation nationale des équipements de la route - National regulation for road equipment) of 2 March 2009, which calls for full-scale impact tests.

Revue générale des routes

et de l'aménagement

N° 931
NOVEMBRE 2015



Dossier Bétons : des solutions adaptables et adaptées aux aménagements |
Amiante Processus travaux et mesures d'empoussièrement |
Sécurité routière Signalisation des interventions d'urgence |
Matériel Partenariat Cerema - Ifsttar - Vectra |

