

# Rijkswaterstaat

## Systeme intelligent d'aide à la décision pour la gestion des barrages de protection contre les inondations

L'histoire des Pays-Bas est ponctuée d'obstacles posés par la proximité de la mer. Après une inondation dévastatrice survenue en 1953, le gouvernement des Pays-Bas a lancé le plan Delta, une série de projets d'envergure visant à construire des digues et des barrages afin de protéger les terres des inondations provoquées par les ondes de tempête. Le barrage de Maeslant, une des plus grandes structures mobiles au monde, constitue un volet du plan Delta. CGI a été choisie par Rijkswaterstaat pour le développement et la gestion du système d'aide à la décision qui commande le barrage de Maeslant et le barrage Hartel.

### LE DÉFI

Le canal Nieuwe Waterweg, d'une largeur de 360 mètres, est un bras du delta du Rhin ainsi qu'une importante voie navigable pour Rotterdam, deuxième ville en importance aux Pays-Bas. Puisque ce canal présente un risque élevé d'inondation, on y a construit le barrage de Maeslant afin de protéger la région des ondes de tempête.

Le port de Rotterdam est très achalandé. Lors de la réalisation de ce projet, il était essentiel de s'assurer que les fermetures du barrage de Maeslant n'auraient lieu qu'en cas de nécessité absolue et qu'elles seraient aussi brèves que possible, puisque la fermeture du barrage restreint la circulation maritime et entraîne des coûts s'élevant à plusieurs millions d'euros. Le barrage devait également être extrêmement fiable; le taux d'erreur fixé ne tolérerait qu'une inondation tous les 10 000 ans. Pour atteindre un tel degré de fiabilité, le fait de malencontreusement décider de laisser le barrage ouvert lors d'une tempête ne pouvait, sans mettre la ville à risque, survenir plus d'une fois sur 100 000.

### Une merveille d'ingéniosité

Le barrage de Maeslant offre un exemple unique d'ingéniosité technique. Il constitue l'une des plus grandes structures mobiles au monde et est composé de deux murs creux flottants appelés vantaux (d'une largeur de 240 mètres et d'une hauteur de 22 mètres chacun), qui sont reliés par des poutres en acier à deux points d'articulation situés sur les rives. Chaque poutre est aussi grande que la tour Eiffel. Le barrage comprend également des joints sphériques de dix mètres de diamètre et de 600 tonnes. Lors de conditions météorologiques normales, les deux vantaux sont entreposés dans des bassins prévus à cet effet. Le barrage n'est fermé que lorsqu'une tempête présente un risque d'inondation.

### Aucune marge d'erreur

Grâce à une analyse approfondie, les responsables du projet ont déterminé que la commande manuelle du barrage limiterait sa fiabilité. Il a d'ailleurs été scientifiquement prouvé qu'un être humain se trompe une fois sur mille lorsqu'il prend une décision. Le ministère des Infrastructures et de l'Environnement a donc décidé qu'il était plus sûr de confier la prise de décision à un ordinateur pour la fermeture des barrages de Maeslant et Hartel.

### ÉTUDE DE CAS

TRANSPORT MARITIME ET  
GOUVERNEMENTS

#### Rijkswaterstaat

Rijkswaterstaat relève du ministère néerlandais des Infrastructures et de l'Environnement. Cette organisation est responsable de la gestion des travaux publics et de l'eau, y compris la construction et l'entretien des voies maritimes et des routes ainsi que la protection contre les inondations et leur prévention.



## LA SOLUTION

CGI a accepté le défi de concevoir un système de commande des barrages selon une entente à prix et à échéance fixes. Nos experts ont développé et mis en œuvre le système BOS (l'acronyme de son nom néerlandais, Beslis & Ondersteunend Systeem). Ce système d'aide à la décision détermine s'il est nécessaire de fermer les barrages lors d'une tempête en analysant les données recueillies aux stations et aux bouées météorologiques à proximité.

Le système BOS utilise ces données pour établir, toutes les dix minutes, une prévision de l'élévation du niveau d'eau pour les villes de Rotterdam et de Dordrecht. Lorsqu'il détecte un risque d'inondation, il met en œuvre une série de mesures de précaution et, si nécessaire, démarre de façon autonome le processus de fermeture des barrages de protection contre les ondes de tempête.

### Exigence essentielle de fiabilité

Le taux d'erreur extrêmement bas qu'exige le système BOS est très difficile à atteindre. Par exemple, les logiciels pour ordinateurs personnels commettent une erreur presque tous les jours. Le système BOS devait être 36 fois plus fiable que ces logiciels, mais ce degré de fiabilité ne pouvait pas être éprouvé par des mises à l'essai. Celles-ci auraient nécessité au moins 2 000 années de travail.

Les exigences rigoureuses en matière de fiabilité du système BOS sont comparables à celles des centrales nucléaires et des navettes spatiales.

## LES RÉSULTATS

Les méthodes classiques de développement ne convenaient pas à la conception d'un tel système puisqu'il était nécessaire, dès le début du projet, d'intégrer la gestion du risque en tant qu'élément central du processus de développement. On a donc employé un processus de développement bien structuré, fondé sur la gestion du risque et soutenu par des méthodes et des techniques sophistiquées.

Lors de ce projet, plus de 2 500 pages d'exigences techniques de conception ont été rédigées et plus de 400 000 lignes de code ont été écrites afin de soutenir les deux ordinateurs insensibles aux défaillances sur lesquels repose le système.

Un système qualité très rigoureux a été conçu selon les paramètres propres au projet afin de respecter les contraintes relatives aux risques et aux coûts. Par conséquent, le développement du système BOS est le seul projet aux Pays-Bas ayant obtenu la certification ISO 9001.

Afin de garantir la fiabilité du système, nous avons également utilisé certaines techniques telles que l'analyse par arbre de défaillances, des mises à l'essai structurées, un environnement d'essai automatique exécutant des tests de régression périodiques, des vérifications de la conception et du code, des travaux d'ingénierie de la fiabilité du logiciel ainsi que des vérifications de l'insensibilité aux défaillances.

Le système issu de ce projet connaît un temps d'arrêt de moins de dix minutes par année. La fiabilité de l'exploitation des barrages est supérieure à 99,995 %.

Entièrement autonome et insensible à la plupart des conditions, le barrage de Maeslant est parfois décrit comme le plus grand robot au monde. Le système BOS a atteint le niveau de sécurité (Safety Integrity Level) le plus élevé selon la norme internationale de sécurité IEC 61508.

Pour en savoir davantage, écrivez-nous à [info@cgi.com](mailto:info@cgi.com) ou visitez [www.cgi.com](http://www.cgi.com).

## PRINCIPAUX AVANTAGES

- Système essentiel conçu selon des exigences de fiabilité très rigoureuses
- Temps d'arrêt de moins de dix minutes par année (taux de disponibilité de 99,998 %)
- Fiabilité de l'exploitation des barrages supérieure à 99,995 %
- Niveau de sécurité (Safety Integrity Level) le plus élevé selon la norme internationale de sécurité IEC 61508