

BOLTED

UN MAGAZINE SUR LES TECHNIQUES DE BOULONNAGE

NUMÉRO 1 - 2021



CONCEVOIR POUR
UN MONDE PLUS SÛR

04 LE PONT DE GÈNES

Les rondelles Nord-Lock sécurisent les connexions cruciales du nouveau pont de Gênes.

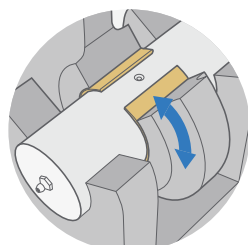


18 SÉCURISÉ PAR

Le système Expandar aide une entreprise familiale à allonger la durée de vie d'une pelleuse.

08 PERSPECTIVES INDUSTRIELLES

Comment l'ingénierie peut rendre les infrastructures plus résilientes dans le monde entier.



20 LES EXPERTS

Quelles sont les conséquences de l'usure des articulations ?

11 SUPERBOLT HYFIT

Aperçu du design des boulons d'accouplement de nouvelle génération

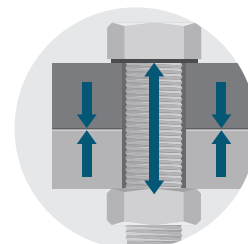


22 LA SÉCURITÉ DANS LES PARCS D'ATTRACTION

S'assurer que rien n'est laissé au hasard.

14 UN MONDE PLUS SÛR

Comment la fiabilité aide les ingénieurs à faire un choix entre des exigences contradictoires.



26 LES EXPERTS

Que se passe-t-il avec les forces de précharge et de serrage lorsque des efforts externes sont appliqués ?

RÉDACTEUR EN CHEF

Alexander Wennberg
alexander.wennberg@nord-lock.com

ASSISTANT RÉDACTEUR EN CHEF

Ariane Osman
Jörgen Lindström

DIRECTION ARTISTIQUE ET CONCEPTION

Gabriel Jacobi

PRODUCTION DE CONTENUS

Nord-Lock Group
Spoon Agency

TRADUCTION

LanguageWire

PHOTO DE COUVERTURE

Layer 1

IMPRESSION

Exakta

Le magazine Bolted est publié par Nord-Lock Group, ayant pour objectif d'améliorer les connaissances sur la sécurisation des boulonnages et sur les solutions d'ingénierie. Bolted est publié deux fois par an en dix langues : chinois, anglais, finnois, français, allemand, italien, japonais, coréen, espagnol et suédois.

Veillez noter que les manuscrits non sollicités ne sont pas acceptés. Les informations contenues dans cette publication ne peuvent être reproduites sans autorisation. Les demandes d'autorisation doivent être soumises au directeur de la rédaction. Le contenu rédactionnel et les opinions exprimées dans Bolted ne reflètent pas nécessairement les visions de Nord-Lock Group ou de l'éditeur. Bolted est publié à des fins informatives. Les informations fournies sont de caractère général et ne doivent pas être considérées comme des conseils ni être prises en compte pour une prise de décision ou pour une utilisation pour débattre d'un thème particulier. Toute utilisation de ces informations est au seul

risque de l'utilisateur et Nord-Lock Group décline toute responsabilité pour tout dommage direct, indirect, fortuit ou consécutif résultant de l'utilisation des informations fournies par Bolted.

Vous avez reçu le magazine Bolted parce que vous êtes client, partenaire ou distributeur et parce que vous avez fourni votre adresse lors de la commande de nos produits, lors d'un salon ou parce que vous êtes abonné à ce magazine.

Si nous n'avons pas collecté ces informations auprès de vous, nous avons reçu vos coordonnées d'un tiers. Nous traitons vos coordonnées pour vous fournir le magazine Bolted sur la base légale de votre intérêt légitime à recevoir des informations à jour sur nos produits et nos services. Si vous souhaitez vous désabonner et ne plus recevoir nos prochains numéros, veuillez nous contacter à l'adresse suivante : unsubscribe@nord-lock.com

N'hésitez pas à nous contacter pour tout commentaire sur info@nord-lock.com



Fredrik Mueller
CEO de Nord-Lock Group

Investir dans une infrastructure sûre, c'est investir dans l'avenir.

La COVID-19 nous met tous à l'épreuve, en tant qu'individu, mais aussi en tant que groupes industriels ou plus petites entreprises. Oui, nous faisons face à des tragédies et à des pertes – mais nous prouvons une fois de plus qu'en tant qu'être humain, nous avançons et réalisons de grandes choses dans lesquelles nous nous engageons et nous mettons notre énergie. Ce sont des perspectives encourageantes pour l'avenir, car nous aurons à faire face à de nombreux autres défis.

Ce numéro du magazine Bolted rapporte nos rencontres avec des experts et traite le thème des catastrophes, tant naturelles qu'induites par l'homme, de plus en plus nombreuses, et mettant à rude épreuve des infrastructures cruciales. Aujourd'hui plus que jamais, des ingénieurs en infrastructure et en mécanique ont besoin de prévoir des événements imprévus.

Notre mission chez Nord-Lock est de protéger les vies humaines et les investissements de nos clients. Depuis plusieurs années, nous nous engageons véritablement à jouer un rôle essentiel dans la création d'un monde plus sûr. Nous sommes pour cette raison particulièrement fiers de participer à des projets d'ingénierie exigeants et cruciaux, tels que le nouveau pont de Gênes en Italie.

Le célèbre pont Morandi de la ville s'est subitement effondré lors d'une tempête en 2018. Cette tragédie vient encore une fois nous rappeler les temps difficiles que nous vivons actuellement, mais elle est aussi un exemple de ce que nous pouvons accomplir lorsque nous agissons ensemble. En effet, un nouveau pont a été conçu et construit en un temps record et il est sécurisé par les rondelles Nord-Lock.

L'obligation de sécurité s'applique aussi à nos divertissements. Ainsi, nous avons visité le parc d'attraction Gröna Lund à Stockholm en Suède pour parler de frissons et de sécurité – attachez vos ceintures et c'est parti pour un tour !

Vous pourrez aussi y lire le récit passionnant du développement d'une nouvelle génération de boulons d'accouplement – conçus pour éviter tout risque d'accidents catastrophiques – et les dialogues instructifs d'experts et bien plus encore.

Je vous souhaite une bonne lecture – portez-vous bien et gardons le contact !

RECONSTRUCTION DU PONT DE GÈNES

Construire un nouveau pont en un temps record pour remplacer celui qui s'est effondré à Gênes en 2018 a été un projet de haute volée. Les sociétés de construction et les fournisseurs ont tous été rigoureusement sélectionnés, car il n'y avait pas de place à l'erreur.

Texte Claudia Flisi Photos Luca Rei/Shutterstock et Nicolò Campo/Getty Images

PONT SAINT GEORGE DE GÈNES (VIADOTTO GENOVA-SAN GIORGIO)

INAUGURATION

3 AOÛT 2020

ARCHITECTE

RENZO PIANO

LONGUEUR TOTALE

1 067 MÈTRES

LARGEUR

30,80 MÈTRES

NOMBRE DE VOIES

4 (PLUS 2 BANDES D'ARRÊT D'URGENCE)

FINCANTIERI INFRASTRUCTURE

LA SOCIÉTÉ

FINCANTIERI INFRASTRUCTURE EST UNE FILIALE DE FINCANTIERI S.P.A., LE QUATRIÈME PLUS GRAND GROUPE DE CONSTRUCTION NAVALE DU MONDE.

SIÈGE SOCIAL

VÉRONE EN ITALIE

LIGNES DE PRODUITS

PONTS SUSPENDUS, VIADUCS, PONTS EN ARC, PONTS HAUBANÉS, PONTS DE CHEMINS DE FER, TOURS, STRUCTURES DE BÂTIMENTS, AÉROPORTS, TRAVAUX MARITIMES, SYSTÈMES DE MODULES FLOTTANTS.



Lorenzo Sartori

DIRECTEUR DU BUREAU TECHNIQUE
DE FINCANTIERI INFRASTRUCTURE

Une tragédie a frappé Gênes, au Nord-Ouest de l'Italie, au matin du 4 août 2018. Sous une pluie torrentielle, le Ponte Morandi (pont Morandi) de la ville s'est effondré si subitement que certains ont pensé qu'il avait été frappé par la foudre. La catastrophe a tué 43 personnes, détruit des habitations et des sociétés et révélé des problèmes d'infrastructure qui existaient depuis des décennies.

Les vidéos prises à l'instant de l'effondrement montrent une flexion du tablier du pont suivie du détachement des câbles, de la rupture d'une traverse, de poutrelles tordues, de tours qui tombent et finalement, la déformation de la section centrale du pont de 210 mètres. Tout cela ponctué par le hurlement des spectateurs comme par les occupants de plus de 30 voitures et de trois camions qui ont été précipités dans le vide vers une mort certaine.

Des signaux d'avertissement négligés

Techniquement, le Ponte Morandi était un viaduc, pas un pont – une structure haubanée de 1 182 mètres de long, surplombant la vallée de Polcevera à Gênes. Il reliait deux quartiers de la ville et faisait partie du réseau routier rattachant l'Italie à la France. Lorsqu'il a été terminé en 1967, son design innovant imaginé par Riccardo Morandi – faisant appel à des câbles d'acier enrobés de béton précontraint – était un objet de fierté nationale.

Mais, en 1967, le trafic était d'environ six millions de véhicules par an. Dès le début des années 2000, il a quadruplé, et le pont a commencé à montrer des signes de faiblesse. Les signaux d'avertissement ont été ignorés en raison d'incompétence technique et de négligence politique.

Au lendemain de la catastrophe, le gouvernement a souhaité détruire ce qu'il restait du Ponte Morandi et le remplacer par un nouveau viaduc sûr et fiable. L'architecte genevois réputé Renzo Piano a offert ses services gratuitement et le contrat de construction de ce qui allait devenir le Viadotto Genova-San Giorgio (le Pont Saint George de Gênes) a été attribué à PERGENOVA, un consortium ad hoc créé pour le projet.

Les constructeurs ont dû faire face à de nombreux défis

Pour gagner du temps, il n'a pas été lancé d'appel d'offres, mais les références de PERGENOVA étaient irréprochables. Les trois intervenants ont été Fincantieri Infrastruttura, une filiale de Fincantieri SpA, le plus grand groupe de construction navale d'Italie, WeBuild SpA, le groupe de bâtiment spécialisé dans la construction et l'ingénierie le plus important d'Italie (appelé à l'époque Salini Impregilo) et Italferr, une entreprise d'ingénierie publique spécialisée dans les infrastructures de transport.

Fincantieri Infrastruttura est spécialisé dans l'ingénierie complexe, l'approvisionnement et les projets de construction utilisant l'acier, tels que les ponts, les installations portuaires et les stades. Il doit son expertise au long héritage de construction navale de son prédécesseur.

La sécurité a toujours été une préoccupation majeure dans la construction des ponts, mais les circonstances du projet de Gênes soulignent l'absolue priorité de PERGENOVA en matière de sécurité. Les fournisseurs et les sous-traitants ont été choisis sur la base de leurs excellentes références ainsi que de leurs coûts compétitifs et de la vitesse de la mise en œuvre. [➤](#)



Ils ont fait face à des défis tant prévisibles qu'inattendus. Les défis attendus étaient le délai serré et un site de construction limité dans l'espace. La démolition des restes de l'ancien pont s'est poursuivie jusqu'à fin juin 2019, car il fallait tenir compte des résidents vivant à proximité. Une des complications inattendues a été la météorologie avec plus de 100 jours de pluie – le record du siècle – dès fin 2019. Puis, début 2020, ce fut l'épidémie de la Covid19.

De nombreuses solutions innovantes

Lorenzo Sartori, directeur du bureau technique de Fincantieri Infrastruttura remarque :

« Le pont a été conçu pour être conceptuellement simple et sûr, rapide et facile à construire et à assembler. »

Il mesure 1 067 mètres de long et comprend 19 travées en acier-béton soutenues par 18 piles de béton armé. Son design évoque délibérément la coque d'un bateau, un clin d'œil à la ville portuaire de Gênes et à l'importance symbolique du projet. Sartori ajoute que la collaboration du groupe avec Renzo Piano a été « la chance d'une vie de travailler avec un génie de l'architecture ».

Parmi les innovations de ce projet, figurent :

- la suppression de nombreux obstacles bureaucratiques, permettant d'accélérer la réalisation du projet,
- des panneaux photovoltaïques pour produire l'énergie nécessaire à l'éclairage, aux capteurs et autres installations, le jour et la nuit, afin de réduire l'impact environnemental,
- un système de déshumidification spécial permettant d'éviter la concentration saline qui aurait pu affaiblir la structure avec le temps,
- quatre robots qui roulent continuellement des deux côtés de la surface inférieure du pont. Ils inspectent, identifient et signalent toute anomalie et envoient leurs données à un centre de contrôle fonctionnant 24 h sur 24.

La coopération, clé du succès

Le pont Saint George a été inauguré le 3 août 2020, soit 15 mois à peine après le début de la construction. Il est trop tôt pour juger de la performance de la structure à long terme, mais sa beauté, sa fonctionnalité et son importance symbolique sont incontestables. Sartori observe que le projet a été « une expérience personnelle et professionnelle pour un très grand nombre de personnes venant d'horizons différents, qui se sont pleinement engagés et ont montré ce qu'il est possible de faire lorsque tous travaillent vers un objectif commun ».



Les restes de l'ancien pont devaient être détruits avant de commencer la construction du nouveau.

DÉTAILS TECHNIQUES UN AVANTAGE CONCURRENTIEL POUR UN PONT SYMBOLIQUE



Luca Gheddo
GENERAL MANAGER DE
NORD-LOCK ITALIE



Frank Götz
EMEA INDUSTRY MANAGER –
INFRASTRUCTURES ET CONSTRUCTION
DE NORD-LOCK GROUP

Lorsqu'ils se sont rencontrés en août 2019, Luca Gheddo, General Manager de Nord-Lock S.r.l., et Lorenzo Sartori, directeur du bureau technique de Fincantieri Infrastruttura, se sont rendu compte du gigantesque défi qui les attendait.

Le nouveau pont prévu à Gênes avait besoin de boulons qui ne se desserreraient pas sous les tensions, notamment les charges dynamiques et les vibrations dues au trafic.

De plus, ces boulons, une fois installés ne pouvaient plus être inspectés – et encore moins resserrés – continuellement. Ainsi, les rondelles devaient être fiables dans une configuration à grande hauteur avec un accès difficile dans un environnement salin. Ils ont décidé d'opter pour la solution des rondelles à effet de cames Nord-Lock, qui utilisent la tension au lieu de la friction pour sécuriser chaque assemblage boulonné.

Ces rondelles offrent une résistance élevée à la corrosion, confirmant leur durabilité dans les conditions environnementales difficiles de Gênes, le port le plus important d'Italie. Ces résultats sont prouvés par plus de 1 000 heures de test au brouillard salin selon ISO 9227.

Selon Frank Götz, EMEA Industry Manager expert pour le bâtiment et la construction métallique de Nord-Lock Group, certains ingénieurs hésitent à les utiliser de crainte qu'elles ne satisfassent pas exactement aux normes de la Réglementation européenne des produits de construction (EN 1090-2).

En fait, les rondelles Nord-Lock satisfont parfaitement à ces normes, tout en augmentant la sécurité des équipements et en réduisant leur coût de cycle de vie.

Sartori s'est laissé convaincre et les rondelles Nord-Lock ont été choisies sur la base de leurs fonctionnalités spécifiques. Une des séries de rondelles contribue à sécuriser les cadres en rive du pont ainsi que sa rampe et grâce à leur conception à effet de cames, les boulons qu'elles renforcent ne peuvent pas se desserrer d'eux-mêmes, malgré leur exposition aux fortes vibrations et aux intenses charges dynamiques caractéristiques des ponts et des rampes.

D'autre part, Nord-Lock propose une série de rondelles spécialement conçue pour les constructions métalliques et les boulons HV/HR (boulons structurels haute résistance). Ce sont elles qui ont été utilisées sur les plateformes du pont où les robots de contrôle de dynamique des véhicules (VDC) surveillent la surface inférieure du pont à la recherche d'anomalies.

Fincantieri Infrastruttura était satisfait non seulement des spécifications techniques des rondelles, mais aussi de la rapidité avec laquelle Nord-Lock a fourni les certifications nécessaires, de l'assistance technique et de la livraison des produits dans les délais. Les premières commandes ont été livrées en janvier 2020 et Nord-Lock Group est heureux d'avoir joué un rôle crucial dans ce projet important et exigeant.



EST-CE QU'UNE INFRA-STRUCTURE RÉSILIENTE PEUT NOUS SAUVER DES CATASTROPHES ?

Texte Ulf Wiman Photo TerenceLeezy/Getty Images

La Base de données internationales sur les catastrophes (EM-DAT) n'est pas destinée aux âmes sensibles. C'est une litanie interminable de souffrances humaines, de catastrophes écologiques et de désastres économiques. La base de données énumère et décrit l'occurrence et les effets de plus de 22 000 cataclysmes survenus dans le monde entier, de 1900 à ce jour. Y sont citées des catastrophes naturelles, notamment des inondations, des typhons, des glissements de terrain, des sécheresses, des tremblements de terre, des canicules et des incendies.

Y sont aussi rapportées des catastrophes d'origine humaine, comme des naufrages, des accidents aériens, des

incendies, des explosions, ainsi que des effondrements de mines et des accidents ferroviaires. On y trouve même des événements comme une bousculade dans une discothèque.

Le nombre de catastrophes va croissant

Il n'est pas surprenant, qu'étant donné le nombre élevé de catastrophes, la Journée internationale pour la réduction des risques de catastrophes ait été mise en place. Organisée par les Nations Unies, pour « promouvoir la sensibilisation aux risques et la réduction des catastrophes », elle a été célébrée cette année le 13 octobre, comme chaque année depuis 1989.

Un nombre croissant de catastrophes tant naturelles qu'induites par l'homme mettent à rude épreuve des infrastructures cruciales. Les ingénieurs peuvent jouer un rôle essentiel pour rendre ces infrastructures plus résilientes et ce, dans le monde entier.

En lien avec cet événement de 2020, le Bureau des Nations unies pour la Réduction des Risques de Catastrophes (UNDRR) a publié le rapport sur le coût humain des catastrophes : un aperçu des 20 dernières années, de 2000 à 2019. Dans la préface, Mami Mizutori, Représentante spéciale du Secrétariat Général pour la Réduction des Risques de Catastrophes et Directeur du Bureau de l'ONU pour la Réduction des Risques de Catastrophes, ainsi que Debarati Guha-Sapir, Professeur au Centre de Recherches sur l'Epidémiologie des Catastrophes à l'Institut de recherche santé et société de l'Université catholique de Louvain en Belgique, écrivent :



« Vingt ans nous séparent déjà de l'an 2000, et le risque de catastrophes prend de nouvelles formes et de nouvelles dimensions chaque année qui passe. Les catastrophes arrivent au moment où on les attend le moins et les risques sont de plus en plus interconnectés. Les facteurs de risques et leurs conséquences se multiplient et se produisent par effet de domino, se percutant de manière inattendue.

Mmes Mizutori and Guha-Sapir poursuivent ainsi : « Ce rapport est essentiellement consacré à l'augmentation vertigineuse des catastrophes liées au climat ces vingt dernières années, mais il insiste aussi sur la nécessité de renforcer la gouvernance des risques de catastrophes pour une série de dangers naturels et de dangers induits par l'homme, notamment les dangers et les risques environnementaux, technologiques et biologiques. »

Pourquoi il est essentiel de renforcer la résilience aux catastrophes

Les catastrophes liées au climat sont de nature météorologique, climatologique ou hydrologique. Durant les deux premières décennies du 21^e siècle, elles

ont tout simplement doublé. La majorité des 7 348 catastrophes rapportées ont été des inondations suivies de tempêtes. Les experts ont calculé que ces catastrophes ont causé la mort de 1,23 millions de personnes et touché 4,03 millions d'individus. Les pertes économiques mondiales estimées ont été de 2,97 milliards de dollars américains.

Avec l'UNDRR, de nombreuses associations et organisations dans le monde se sont engagées à renverser cette tendance. On peut citer, par exemple, le Cadre d'action de Sendai de l'ONU pour la Réduction des risques de catastrophes de 2015 à 2030.

L'objectif est de « Prévenir les nouveaux risques de catastrophes et réduire les risques existants par la mise en œuvre de mesures économiques, structurelles, légales, sociales, de santé, culturelles, éducatives, environnementales, technologiques, politiques et institutionnelles, intégrées et inclusives pour prévenir et réduire l'exposition aux risques et la vulnérabilité face aux catastrophes, augmenter la préparation aux réponses et à la reconstruction et ainsi renforcer la résilience. »

Quatre priorités d'action ont été soulignées :

1. Comprendre le risque de catastrophe,
2. Renforcer la gouvernance des risques de catastrophes pour gérer le risque,
3. Investir dans la réduction des risques pour renforcer la résilience,
4. Renforcer la préparation à la catastrophe pour une réponse efficace et « Reconstruire en mieux » lors du redressement, de la réhabilitation et de la reconstruction après la catastrophe.

La priorité essentielle est de préserver les vies humaines, les moyens de subsistance et la santé, mais réduire les dégâts liés à la catastrophe subis par les infrastructures et les services cruciaux est aussi extrêmement important.

Les infrastructures essentielles maintiennent la cohésion sociale

Les infrastructures essentielles représentent le ciment de la société moderne, qui maintient les hommes ensemble et les fait travailler. Il est facile d'imaginer

4:1

Il est estimé que chaque dollar US investi dans l'adaptation des infrastructures aurait un rendement de quatre dollars.

470 millions

C'est le nombre de personnes vivant dans 45 villes dont on estime qu'elles se trouveront confrontées à une forte montée des eaux d'ici à 2030, par rapport à 255 millions de personnes aujourd'hui.

Résilience

Capacité d'un système, d'une communauté ou d'une société exposé à des risques de résister, d'absorber, de s'habituer, de s'adapter, de se transformer ou de se rétablir des effets d'un danger dans un délai raisonnable et efficacement, y compris par la préservation et la reconstruction de ses structures et fonctions de base essentielles par la gestion du risque.



94 milliards de dollars

Le déficit des infrastructures au plan international est tel qu'il faudrait sécuriser les infrastructures d'ici à 2040 pour un chiffre estimé à 94 milliards de dollars.



650 milliards

Les catastrophes liées au climat ont coûté au monde entier plus de 650 milliards de dollars ces trois dernières années.

Résilience des infrastructures

Capacité à résister, à s'adapter à des conditions changeantes et à se rétablir positivement de chocs et de situations difficiles.

Source : resilienceshift.org et undrr.org

le véritable chaos qui résulterait de l'absence de routes, de voies ferrées, de ponts, de tunnels, de gestion de l'eau et des eaux usées ou des réseaux d'électricité. Imaginez un monde qui n'aurait pas accès à internet ni aux télécommunications. Et que dire des perturbations potentiels que cela pourrait avoir ?

Le projet « Resilience Shift » – une initiative créée par la Fondation Lloyd's Register et la société de services professionnels Arup – affirme que « Jamais auparavant un si grand nombre de personnes n'ont été aussi dépendants des services essentiels fournis par les systèmes d'infrastructures en raison de la croissance de la population mondiale et de sa transition d'un monde rural vers un monde urbain. Si un de ces systèmes s'effondre, les conséquences peuvent être catastrophiques pour la sécurité publique et le bien-être, l'environnement et l'économie ».

On estime que d'ici à 2050, près de 70 pour cent de la population mondiale vivra dans les villes. Nous faisons donc face à un défi croissant.

Le projet Résilience Shift souligne que le changement climatique et les cyber-attaques représentent aussi de véritables menaces dont l'impact et la pression sur les infrastructures essentielles seront difficiles à prévoir et à éviter. « Il est essentiel que les infrastructures soient préparées aux menaces que nous pouvons anticiper et qu'elles soient capables de répondre à l'imprévu pour continuer à fournir les services essentiels dont les sociétés dépendent. »

L'ingénierie joue un rôle crucial

La création d'une infrastructure résiliente revêt de multiples facettes, par exemple, la planification, le financement, la conception, l'exploitation et la maintenance.

Diverses sous-disciplines de l'ingénierie – telles que l'ingénierie structurelle et mécanique – peuvent jouer un rôle vital à la fois dans la création et dans la remise à jour de solutions sûres, durables et résilientes.

Lorsqu'il s'agit de planifier et de concevoir des infrastructures essentielles, l'ingénierie doit prendre en compte une perspective plus large, en partant des dangers potentiels jusqu'au redressement après l'événement, en passant par la réponse et à l'adaptation lorsque la catastrophe frappe.

Le Résilience Shift prône un changement de pensée allant « des infrastructures en termes de ce qu'elles sont, vers ce qu'elles font ». Ensuite, « Au lieu de créer des systèmes sans faille à certains seuils de leur conceptions, nous devons mettre au point et exploiter des systèmes qui tombent en panne avec des conséquences limitées et qui se rétablissent rapidement ».

Un fondement pour les générations futures

À mesure que nous avançons, les ingénieurs joueront un rôle de plus en plus important dans la conception, la production et le maintien d'infrastructures essentielles durables, sûres et résilientes. Ce faisant, ils contribueront à créer et à sauvegarder la fondation d'une société performante et efficace pour les générations à venir. Ils contribueront également à un développement durable dans le monde entier.

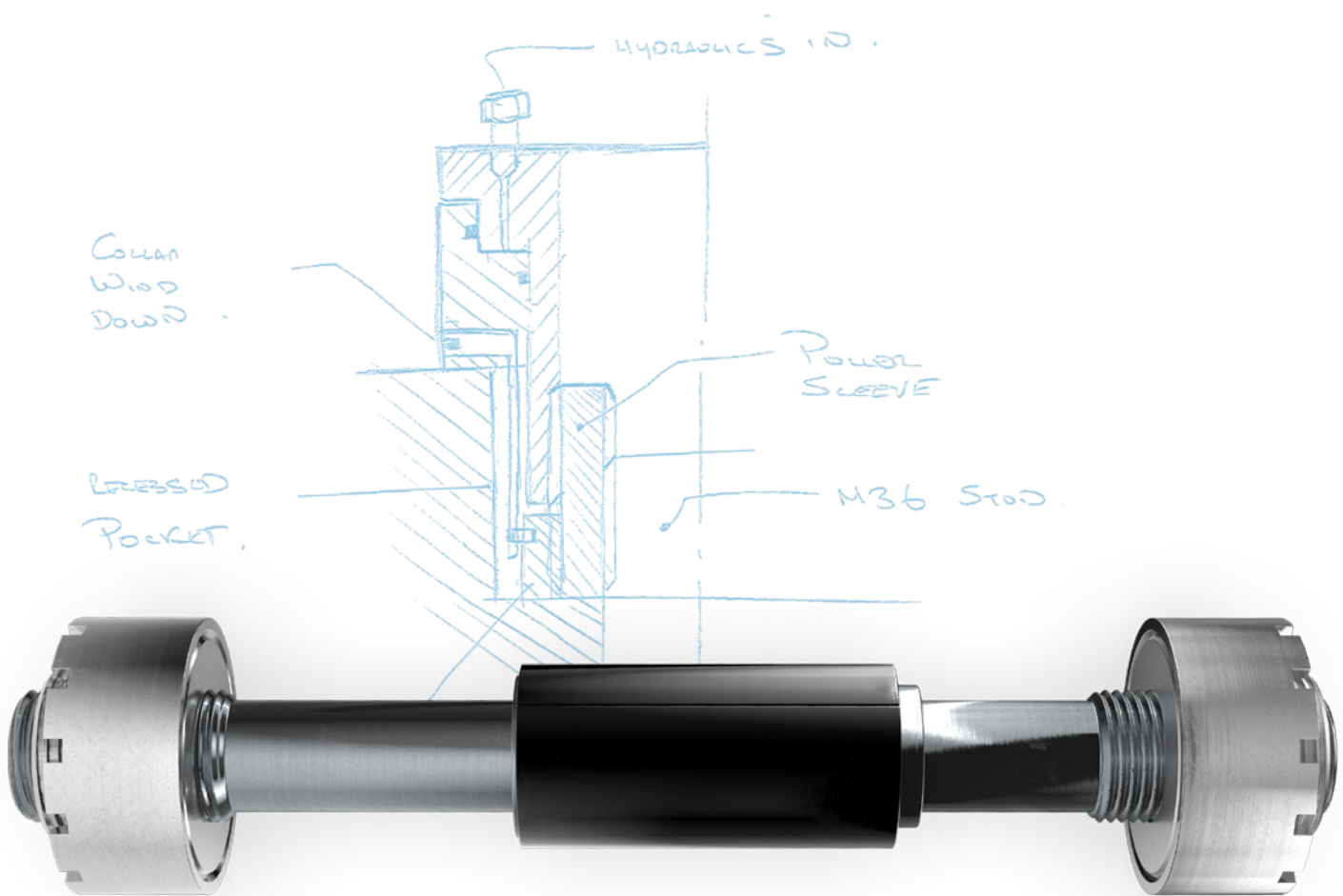
Pour en savoir plus sur la conception pour la fiabilité et la résilience, veuillez vous reporter à l'article page 14.



DE LA FEUILLE BLANCHE À UN BOULON D'ACCOUPLLEMENT DE NOUVELLE GÉNÉRATION

Steve Brown a commencé sa carrière en travaillant sur les boulons d'accouplement pour une société de sa ville natale près de Manchester en Angleterre.

30 ans plus tard, la boucle est bouclée avec la conception d'une nouvelle génération de boulons d'accouplement qui ont résolu de nombreux problèmes de sécurité. >



« Comment l'auriez-vous fait si vous ne saviez pas comment on l'a fait aujourd'hui ? »
Voilà la question que s'est posée un groupe d'ingénieurs expérimentés lorsqu'il a eu l'idée de concevoir une nouvelle génération de boulons d'accouplement à actionnement hydraulique.

Le résultat ? Superbolt HyFit.

Texte et photos Jörgen Lindström

Il nous est venu de très nombreuses idées dès le départ, puis nous nous sommes dit : Non, nous n'allons pas nous y prendre ainsi. Cela a déjà été fait auparavant. Commençons par une page blanche, » dit Steve Brown, Global Product Manager, Expansion Bolts, de Nord-Lock Group.

L'objectif de départ a été de concevoir un boulon d'accouplement à actionnement hydraulique qui rende la procédure non seulement plus simple, mais aussi beaucoup plus sûre pour l'utilisateur.

« Lorsque vous voyez un boulon d'accouplement grippé et l'énergie qu'il faut pour le retirer, vous réalisez quels casse-têtes et quels problèmes cela représente pour les personnes impliquées. Nous voulions vraiment trouver une solution qui résolve ce problème », affirme Steve Brown.

Ses collègues ingénieurs et lui étaient pleinement conscients des énormes défis que posaient les boulons d'accouplement à actionnement hydraulique. Le premier de ces problèmes est que le filet ne dépasse pas de l'écrou sur les applications à haute vitesse.

« Une turbine à vapeur ou à gaz tourne à 3 000 ou à 3 600 tr/min, ce qui fait qu'il y aurait d'énormes turbulences si la vapeur ou le gaz sortirait de l'accouplement lorsque la machine tourne », poursuit Steve Brown.

Les méthodes traditionnelles consistent à utiliser un extracteur, un boulon supplémentaire qui est vissé temporairement dans le boulon lui-même pour compenser l'absence de filetage à engager dans le tendeur hydraulique. Bien sûr, ce composant à visser est de diamètre plus petit que le boulon principal et doit donc être fortement chargé par rapport à sa taille.

« Nous voulions éviter cet extracteur traditionnel à filet interne en raison du risque qu'il s'échappe du boulon, provoquant de terribles accidents. »

La solution était de concevoir un écrou avec un filet externe, que l'on pourrait attacher au tendeur hydraulique non pas à l'intérieur mais à l'extérieur de l'écrou.

« Comme le Superbolt Hyfit a un assez grand diamètre, il est possible de réduire la longueur de l'engagement des filets car la zone de contact transversale reste la même. L'engagement du filet est beaucoup plus long que nécessaire, de sorte que nous pouvons appliquer une pleine charge sur l'écrou sachant qu'il n'y aura pas de problème de sécurité », explique Steve Brown.

Il était satisfait de cette solution, mais pensait qu'il pouvait trouver une procédure encore plus sûre. Les méthodes traditionnelles utilisent deux pressions de fonctionnement différentes – une pression pour l'expansion de la douille et une autre pour le tensionnement axial. La même tête de tendeur est utilisée pour les deux procédures.

« Nous voulions trouver une solution pour éviter que quiconque n'applique la mauvaise pression au mauvais moment. Puis une idée m'est soudainement venue à l'esprit : Si nous avons deux têtes de serrage séparées de dimensions différentes, il sera possible d'utiliser une seule pression de fonctionnement.

L'idée était d'utiliser un écrou hydraulique Boltight pour étendre la douille dans le trou et un tendeur hydraulique Boltight pour charger le boulon axialement.

Comme le tensionneur a une plage de pression hydraulique supérieure à celle de l'écrou hydraulique, la même pression pouvait être utilisée pour les deux opérations.

En d'autres termes, une seule pression et deux têtes de conceptions différentes pour rendre leur position évidente.

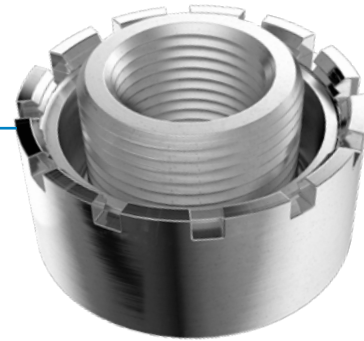
« Cela semblait si simple maintenant, mais je suppose que personne n'y avait pensé avant. Je suis heureux que nous ayons eu cette idée de conception, car elle procure une sécurité absolue à la procédure. Il n'y a pas de risque que les choses soient mélangées », continue Steve Brown.


Par ailleurs, il n'est pas nécessaire d'utiliser un extracteur interne ou même d'injecter de l'huile pour retirer le boulon d'accouplement. Cela représente une autre amélioration significative d'un point de vue de la sécurité, par rapport aux méthodes traditionnelles. Des ingénieurs de Nord-Lock Group, de St. Gallenkappel en Suisse, de Walsall en Angleterre et de Pittsburgh aux États-Unis ont été impliqués dans le projet.

« Nous avons organisé de nombreuses réunions en Suisse et en Angleterre et il y a eu de nombreuses versions du Superbolt Hyfit. Bien sûr, la pandémie de la Covid19 a mis un terme à tout cela. Alors pour terminer l'étape de conception de ce produit, nous avons passé des heures à discuter, à calculer et à analyser le problème durant des réunions en ligne », dit Steve Brown.

Steve Brown est un Anglais basé en Australie qui a accumulé 31 ans d'expérience en expertise de boulonnage. Il a commencé sa carrière en travaillant sur les boulons d'accouplement pour une société de sa ville natale, non loin de Manchester en Angleterre.

« Aujourd'hui, j'ai l'impression que j'ai bouclé la boucle. J'ai commencé avec le boulon d'accouplement hydraulique – et maintenant, j'ai l'honneur d'être impliqué dans la conception d'une génération entièrement nouvelle de boulons d'accouplement. J'ai la sensation d'un bel accomplissement. »





CONCEVOIR POUR
**UN MONDE
PLUS SÛR**

Comment la fiabilité peut aider les ingénieurs à faire leur choix entre des exigences contradictoires

Les catastrophes naturelles seront certainement considérées comme une des caractéristiques définissant le 21^e siècle. Des vagues de chaleur en Australie aux incendies dans l'ouest des États-Unis, jusqu'aux ouragans dans les Caraïbes et les inondations dans le Sud-Est asiatique, l'impact sur les êtres humains est terrible. Leurs conséquences seront d'autant plus graves que les bâtiments, les installations et les infrastructures seront peu fiables.

Les ingénieurs structure et mécanique ont besoin de planifier ce type d'événements imprévus et en même temps, ils font face à des demandes de produits moins chers, plus légers et plus silencieux. Pouvons-nous vraiment attendre des ingénieurs qu'ils trouvent un espace pour la fiabilité au milieu de ces pressions ?

Il est important de prendre du recul et de comprendre que les ingénieurs ont en fait toujours été confrontés à des exigences contradictoires. Les exigences semblent plus importantes que jamais, mais on ne constate aucun changement vraiment profond.

Mieux, plus vite, moins cher

Fred Schenkelberg est ingénieur et consultant en fiabilité et a passé plus de 20 ans à travailler et à enseigner dans le domaine de la fiabilité. Comme il l'explique, cette situation n'est pas une rupture radicale. « Je veux que cela soit mieux, plus rapide et meilleur ! Et cela n'a jamais changé. Mais on pourrait faire remarquer que tout a accéléré. »

« Mais cela fait partie de l'art de l'ingénieur : faire des concessions et arbitrer entre des besoins concurrents. »

« Une équipe de design a en général un objectif de coût, une date à laquelle elle veut lancer le produit et des objectifs de fonctionnalité. Elle prend de nombreuses mesures et désigne des priorités durant le processus de conception. En tant que professionnel spécialiste de la fiabilité, je veux m'assurer que l'objectif de performance de fiabilité est aussi visible à toutes les étapes de la conception.

Une des manières d'encourager cette visibilité est la « Conception pour la fiabilité » qui rassemble de nombreux outils et de nombreuses méthodologies développés dans l'ingénierie de la fiabilité.

La fiabilité tout au long du cycle de vie

La conception pour la fiabilité (Design For Reliability), est un processus en plusieurs étapes permettant de favoriser la fiabilité tout au long du cycle de vie d'un produit, de sa conception à son obsolescence. Ce qui signifie que la DFR n'est pas l'exclusivité des professionnels de la fiabilité. Imaginée et appliquée à un niveau organisationnel, elle guide la conception, la fabrication et la maintenance d'un produit, de sorte qu'elle peut inclure potentiellement tous les services d'une société.

S'il existe un principe fondamental qui soutient la DFR, c'est que la fiabilité se met en place au moment de la décision. Dans ce contexte, la fiabilité doit être prise en considération bien avant la production proprement dite. ☞

Les activités clés de la Conception pour la Fiabilité (DFR)



Pour faire cela, il faut bien comprendre les tenants et aboutissants de la fiabilité. En ingénierie mécanique, la fiabilité est la probabilité pour un article d'effectuer la fonction attendue, à une période précise et dans des conditions précises.

Cette conception générale de la fiabilité une fois acquise, il est alors possible d'identifier et de définir les besoins liés à la fiabilité de votre produit – et il y a des chances qu'ils soient les mêmes que ceux du client. Ce n'est que lorsque ces exigences sont claires que vous pourrez commencer à concevoir un produit qui peut les satisfaire.

La DFR n'est pas une taille unique qui convient à tous

Il n'existe pas de modèle universellement accepté de la DFR, mais tout schéma comporte les étapes de base suivantes illustrées dans le schéma ci-contre.

Néanmoins, ce n'est pas un processus à sens unique. Il est prévu que la conception, l'analyse et les étapes de vérification soient répétées de nombreuses fois avant que le produit ne soit prêt pour une mise sur le marché. Durant ces différentes étapes, certains outils, tests et processus permettent de détecter les vulnérabilités, les tolérances et la robustesse du produit. M. Schenkelberg suggère de résumer ainsi la DFR :

« Il s'agit d'un ensemble de règles, de directives et d'activités qui permettent aux personnes – les techniciens, les ingénieurs et les dirigeants – prenant des décisions de comprendre pleinement les implications de la fiabilité. »

« Mais ce n'est pas un ensemble déterminé d'outils et d'activités. Chaque situation, chaque produit et chaque application sont différents. »

Un retour en arrière pour ajouter de la valeur

Ces différences sont cruciales car traiter la DFR comme un exercice de cases à cocher risque d'entraîner des problèmes.

« Un des pièges consisterait à dire, 'Notre dernier produit était excellent. Il satisfaisait aux exigences de fiabilité et aux attentes de nos clients, faisons donc le même produit que la dernière fois.' C'est risqué car le prochain produit pourrait avoir d'autres applications, avoir un objectif différent et pourrait être destiné à un client différent », explique M. Schenkelberg.

« Il s'ensuivrait un état d'esprit « liste de contrôle » : 'Nous allons réaliser ces deux tests, nous allons faire subir une vibration pendant 2 heures à notre produit et le tour est joué.



Fred Schenkelberg
INGÉNIEUR ET CONSULTANT
EN FIABILITÉ

Mais en faisant cela, avons-nous ajouté de la valeur à notre produit ? Il convient de faire un pas en arrière et de réfléchir aux tests qui vont permettre de révéler les problèmes qui pourraient survenir à l'avenir. » Et pour découvrir les problèmes futurs, il faudra peut-être faire quelque chose que les concepteurs évitent souvent de faire – accepter ses échecs.

Les bénéfices des échecs

Tester un produit dans l'objectif de connaître les raisons d'un échec peut être un outil utile dans la recherche de fiabilité. Mais, c'est une approche qui peut heurter les principes classiques de la conception.

« Les designers et les ingénieurs conçoivent souvent leur produit sans tenir compte des échecs passés – c'est leur état d'esprit lors du processus de création d'un produit », affirme M. Schenkelberg qui continue ainsi :

« Ce que les ingénieurs fiabilité peuvent faire c'est rendre les échecs plus visibles. »

« Il est important d'avoir la faculté d'apprendre de ses échecs. Trop d'ingénieurs veulent faire un test pour montrer qu'un produit fonctionne. Ils effectuent des tests dans les conditions dont ils vont espérer une réussite, mais si vous essayez de trouver quelque chose que vous ne connaissez pas déjà, il faut vraiment tester un produit dans l'idée d'éviter les échecs passés. »

« De cette manière, on trouve la nature de l'échec, comment il s'est manifesté et quelles contraintes se sont combinées pour aboutir à l'échec. Il existe différentes manières de le faire, mais il faut avoir la volonté de regarder ses échecs en face. »

Une méthode permettant d'éviter des échecs potentiels est de réaliser un test de durée de vie très accélérée (Highly Accelerated Life Test). Vous pouvez l'utiliser à l'étape de la vérification et de la validation de la DFR.

Comprendre la vraie fiabilité

« À mon avis, il faut considérer le test HALT comme un processus de découverte »,

affirme M. Schenkelberg. « Utilisez une plage de contraintes différentes qui soit significative pour votre application et appliquez ces contraintes jusqu'à ce qu'une d'elle provoque une panne. Observez si le produit échoue au niveau de la contrainte que vous escomptez et prenez une décision basée sur cette constatation en appliquant des marges. Autre point tout aussi important, vous apprenez ainsi la nature de la panne, comment elle est survenue. »

Des chercheurs et des professionnels ont dressé des listes de contraintes potentielles subies par les bâtiments, les installations et les infrastructures suite au changement climatique et autres événements catastrophiques. Bien que ces événements exigent de nouveaux efforts de la part des ingénieurs, ce qui change, c'est l'ampleur et la combinaison des contraintes auxquelles ils font face.

La méthode de recherche de pannes suggérée par M. Schenkelberg permet de comprendre ce que sont véritablement la fiabilité et la robustesse d'un produit et permet de saisir pleinement sa capacité à résister aux événements imprévus.

Texte Brian Cloughley Photos NTAenk/Shutterstock

CONCEVOIR DES ASSEMBLAGES BOULONNÉS AVEC NORD-LOCK GROUP

Découvrir les sources potentielles de panne fait partie des nombreuses procédures de test de Nord-Lock, explique Cyril Cadoux, Directeur Technique pour l'Europe.

« Pour ce qui est des assemblages boulonnés, nous procédons rarement à des tests recherchant les pannes, car nous avons les connaissances suffisantes pour déterminer les causes profondes de l'endommagement des pièces. Observer simplement les premiers milliers de cycles nous donne la bonne indication de la tendance. Cette procédure nous donne suffisamment de connaissances et de confiance dans la fiabilité de nos produits pour offrir une garantie à vie », dit-il.



Cyril Cadoux
EMEA TECHNICAL MANAGER
NORD-LOCK GROUP

« Mais il ne nous suffit pas d'analyser nos produits individuellement pour confirmer qu'ils sont robustes et fiables. Nous testons nos boulons et nos rondelles dans l'environnement dans lequel ils sont utilisés. »

« Nous nous entretenons avec nos clients, trouvons les applications et effectuons une analyse plus profonde sur la base de ces éléments. Nous obtenons le plus de données possibles à partir de ces éléments et reproduisons des scénarios. Quelquefois, nous n'avons pas toutes les informations nécessaires à partir des schémas et plans 3D, alors nous nous rendons sur leurs lieux de travail.

« Ce qui signifie que nous ne testons pas seulement les produits Nord-Lock, mais qu'en fait nous testons leurs assemblages boulonnés. Nous pouvons apporter nos analyses et nos simulations, nos outils internes pour conseiller correctement nos clients », conclut M. Cadoux.

Vous voulez en savoir plus? Lisez notre livre blanc sur les principes de conception de nos assemblages boulonnés sûrs, disponible en anglais sur www.nord-lock.com/safe-bolts

Nous voulons tous avoir des chaussées lisses, des trottoirs sans ornières, de l'eau courante, de l'électricité, du gaz et des télécommunications dans nos maisons, et pourtant peu d'entre nous font attention (mis à part pour le bruit qu'ils engendrent) aux pelleteuses qui font nos routes et ces réseaux souterrains si essentiels.

LE SYSTÈME EXPANDER ASSURE AUX PELLETEUSES UNE LONGUE DURÉE DE VIE

Texte Christina Mackenzie Photos Thomas Desmerger

Montchanin, une ville au tiers du chemin entre Paris et Genève, située dans la région française de Bourgogne est le siège d'une PME familiale prospère de 250 employés : Pascal Guinot TP (Travaux Publics). La société, fondée en 1993, non seulement creuse des tranchées, mais y pose aussi des réseaux secs (électricité, chauffage, télécommunications) et des réseaux humides (eau et égouts), puis les comble et répare les routes. Elle réalise aussi des travaux de terrassement, des constructions de chaussées et de trottoirs, construit des aires de stationnement extérieurs et effectue des travaux pour des clients privés lorsqu'ils veulent construire une cour, par exemple.

Des réparations chères et longues

« Nos clients sont des municipalités, des PME, des groupes industriels et parfois des clients privés », déclare Thomas Desmerger, responsable de l'atelier d'entretien de la société.

Pascal Guinot TP possède environ 800 machines différentes pour réaliser ce travail. Parmi elles se trouvent 70 pelleteuses et mini-pelles « qui sont en service 45 semaines par an », confirme M. Desmerger. « Nous sommes propriétaires de la moitié de ces pelleteuses de différentes marques, telles que New Holland, Liebherr, Caterpillar, JCB et Mecacalac, explique-t-il, et les autres sont louées avec option d'achat avec un contrat de maintenance. » Avant que nous n'en soyons propriétaires, ces véhicules sont

à la moitié de leur durée de vie moyenne de 10 ans et ne sont plus couverts par le contrat de maintenance. Et cela correspond au moment où nous devons commencer à entretenir nous-mêmes ces machines. Et comme elles ont 5 ans d'âge, elles commencent à nécessiter des réparations importantes ! »

La flèche, le bras et le godet sont les pièces qui souffrent le plus de l'usure sur ces pelleteuses, mais l'axe d'articulation du bras est le problème principal. « Lorsque la bras commence à être légèrement branlant, l'opérateur a du mal à contrôler la machine et il manque de précision pour creuser et ramasser », explique M. Desmerger. Ce problème commence lorsque l'axe d'articulation est usagé et n'est plus parfaitement ajusté et serré aux oreilles de fixation. « Autrefois, nous devions démonter la pièce, exécuter des soudures, faire faire des alésages en ligne, puis remonter l'ensemble ... ce qui signifiait que la machine était hors service durant au moins un mois. Et lorsqu'une machine est immobilisée, cela nous coûte de l'argent », ajoute-t-il. « La partie la plus chère de cette opération était l'usinage, car nous ne pouvions le faire nous-même et cela nous coûtait une petite fortune, parfois 2 000 dollars pour un seul axe d'articulation », remarque-t-il.

Réduire les immobilisations

Avant que M. Desmerger ne rejoigne Guinot TP, il était déjà familier du système Expanders de Nord-Lock Group. « J'ai travaillé dans ce domaine pendant plus

de 20 ans, alors je connaissais les produits Nord-Lock », dit-il en souriant. Alors, il a suggéré à sa société de choisir la solution des axes d'articulations du système Expanders pour réduire les temps d'immobilisation de ces pelleteuses. « J'ai contacté le groupe Nord-Lock, j'ai discuté du problème avec eux et nous avons trouvé une solution. »

Son atelier fait beaucoup de maintenance préventive et durant les deux périodes où il y a peu de travail (janvier et février à cause du mauvais temps et août lorsqu'un grand nombre d'employés sont en vacances), les pelleteuses peuvent être rapidement réparées. « Par conséquent, lorsque l'opérateur s'aperçoit que l'axe d'articulation commence à branler un peu, nous prenons toutes les mesures nécessaires, nous les communiquons à Nord-Lock Group et il nous propose une solution. Nous utilisons le système Expanders depuis trois ou quatre ans et nous obtenons toujours une solution et un suivi de Nord-Lock Group. Ils sont très professionnels », ajoute-t-il.

« Notre objectif était de prolonger la durée de vie de nos machines et d'en réduire les coûts », dit-il.

« Aujourd'hui, grâce au système Expanders, la durée d'immobilisation de nos machines a été réduite de près de 70 % depuis 10 ans ; nos dépenses ont donc été bien rentabilisées », souligne M. Desmerger.

DÉTAILS TECHNIQUES

Les raccords de la flèche, du bras du godet, du godet et du vérin hydraulique d'une pelleuse sont extrêmement sujets à l'usure. Les méthodes traditionnelles de réparation sont coûteuses, longues et doivent être répétées de nombreuses fois tout au long de la durée de vie d'une machine. Le système Expandar est une solution permanente à ce problème.

Le système Expandar comprend un axe d'articulation conique à chaque extrémité, deux douilles expansibles, deux rondelles d'appui et deux fixations. Lors du serrage des fixations, la rondelle presse la douille expansible fendue le long des extrémités coniques de l'axe. Les douilles se dilatent, se conforment aux articulations et bloquent le système en place. Une fois resserré, le système se bloque des deux côtés et la stabilité s'en trouve considérablement augmentée. L'axe conique est très simple à retirer et à réinstaller par rapport aux axes droits classiques.

Une large gamme de produits pour satisfaire aux besoins de chaque machine

Comme la flotte de pelleuses de Pascal Guinot TP provient de plusieurs fournisseurs, les axes ne sont pas tous les mêmes. Lorsqu'un axe doit être remplacé, tout ce que le directeur d'atelier fait est de remplir une fiche de prise de cotes, disponible auprès de l'atelier d'Expandar, avec les données de son axe. Ensuite, un ingénieur de Nord-Lock Group le contacte pour lui proposer une solution. En 2019, Guinot a passé huit commandes pour plus de 30 axes et pièces détachées.



CLIENT
PASCAL GUINOT TP

LIEU
MONTCHANIN EN FRANCE

ACTIVITÉ
TRAVAUX PUBLICS ET INGÉNIERIE

APPLICATION
BRAS DE PELLEUSE

SOLUTION
SYSTÈME EXPANDER
DE NORD-LOCK

RÉSULTATS
PROLONGER LA DURÉE DE VIE DES
MACHINES, RÉDUIRE LES COÛTS ET RÉDUIRE
CONSIDÉRABLEMENT LES IMMOBILISATIONS



Thomas Desmerger
DIRECTEUR D'ATELIER
CHEZ PASCAL GUINOT TP

Qu'est-ce qui influe sur l'usure des pivots ?

Envoyez vos questions sur les techniques de boulonnage par mail à experts@nord-lock.com



Mathias Olofsson

**PRODUCT MANAGER
À LA DIVISION EXPANDER
DE NORD-LOCK GROUP**

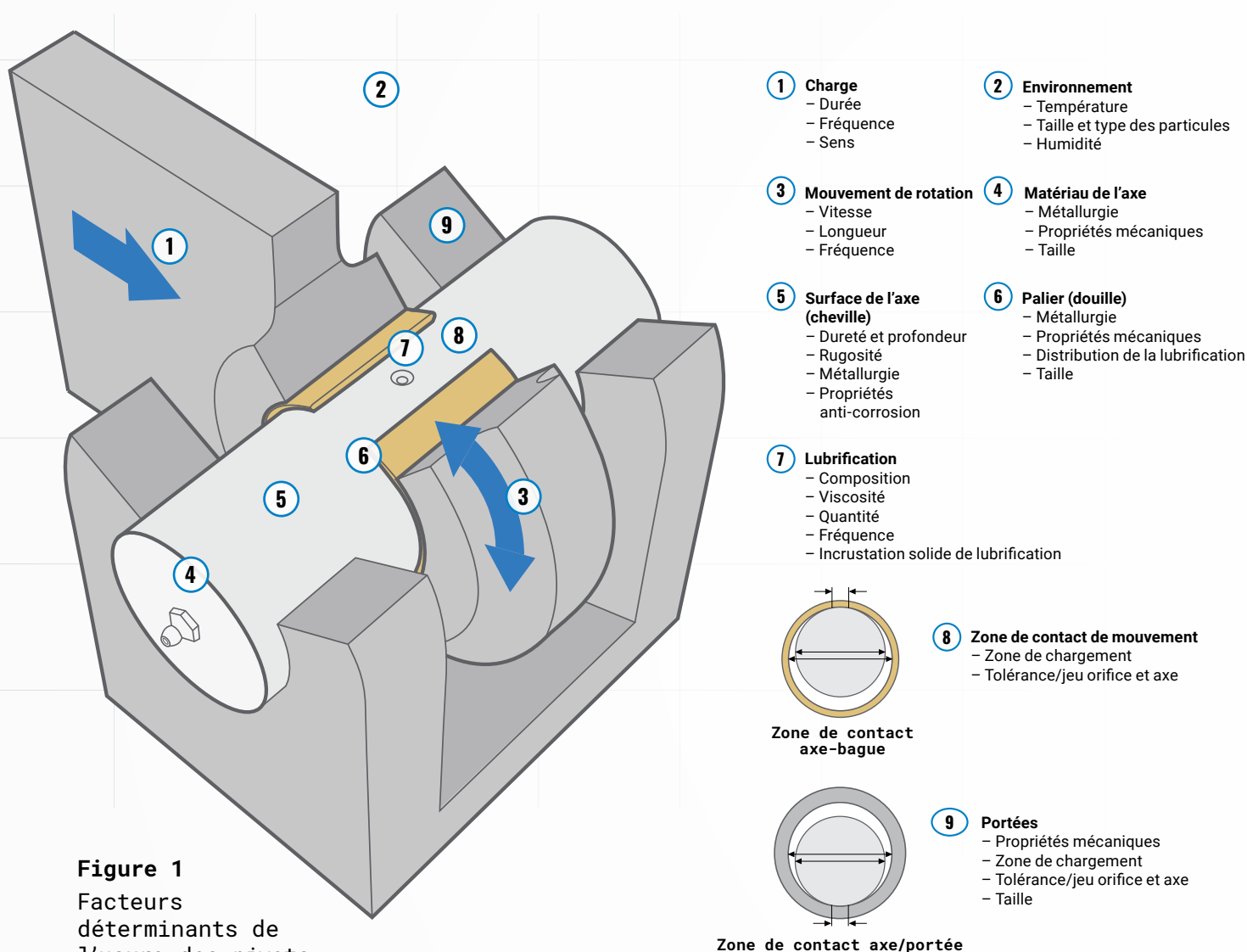


Figure 1
Facteurs déterminants de l'usure des pivots

Pour un fabricant de machines, il existe plusieurs facteurs à prendre en compte pour minimiser l'usure des pivots avec le temps.

L'usure des pivots, influencée par plusieurs facteurs, est la somme des usures de la bague, de l'axe et de la portée. Tandis que les fabricants de machines ont de multiples options de conception pour minimiser l'usure, l'utilisateur final en a beaucoup moins et voudrait optimiser la disponibilité et les coûts d'entretien de sa flotte de manière simple et peu coûteuse. À ce stade, il devient difficile de faire quoi que ce soit sur la charge, la taille de l'axe, la vitesse et la fréquence du mouvement ou l'environnement dans lequel les machines fonctionnent. Mais il est possible de changer les éléments suivants :

- Si et comment la lubrification est appliquée,
- Le type de matériau, la dureté et la finition de surface de l'axe et de la bague,
- La fixation de l'axe dans les portées.

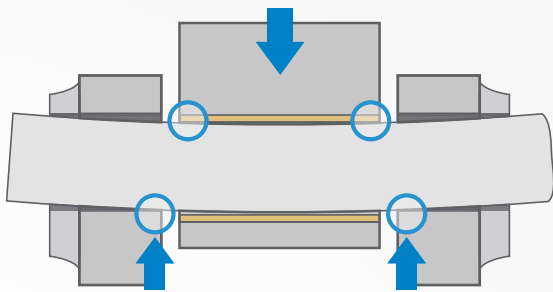


Figure 2 Axe droit traditionnel

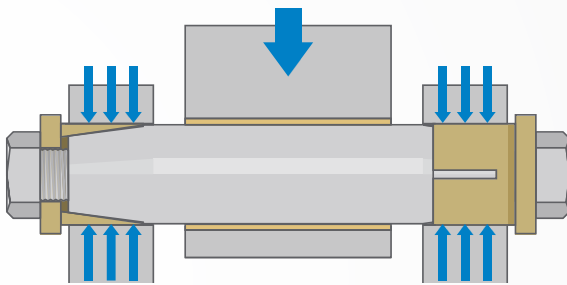


Figure 3 Système Expander

Le moins de flexion possible

Le facteur qui conditionne le plus l'usure des pivots est la zone de charge par rapport à la charge/la force, la pression de la surface. Si la pression est très forte, aucune lubrification, aucun matériau ou aucune dureté au monde ne pourra prévenir les dommages permanents des bagues, des axes ou des portées. Si la charge reste la même et que la zone sur laquelle elle agit est conçue plus petite, la pression augmente. Lorsqu'une charge s'exerce sur un pivot, l'axe se courbe, certes légèrement, mais suffisamment pour modifier la zone de contact entre l'axe/le palier et l'axe/la portée. Lorsqu'une faible charge s'exerce sur le pivot, la charge est distribuée sur toute la longueur du palier et des portées. Lorsque l'axe se courbe à mesure que la charge augmente, les zones changent et la pression augmente (figure 2).

L'ampleur de la modification de la pression dépend non seulement de la charge, de la longueur et du diamètre de la cheville, mais aussi des propriétés mécaniques de la douille. Une douille plus élastique contribuera à distribuer la charge dans une certaine mesure après quoi cela deviendra une déformation plastique (permanente) et/ou une redistribution de la force.

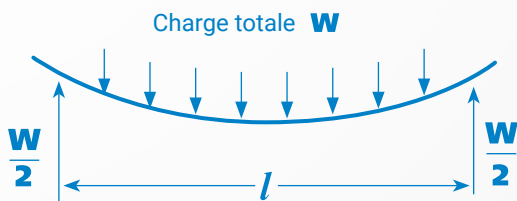
Avantages de la fixation des axes

L'importance de la courbure de l'axe dépend aussi du fait qu'il est fixe ou lâche aux extrémités. Une articulation droite traditionnelle qui n'est supportée que par le bas des portées est lâche et se courbera comme une poutre sur appuis simples. Le système Expander (figure 3) est fixé dans les portées et se courbera comme une poutre encastree.

En fonction du cas de charge, un axe à support fixe se courbera 5 fois moins qu'un axe à supports simples sous la même charge (figure 4).

Axe droit classique
Cas de charge :
Appuis simples

Les extrémités des axes ne sont soutenues que par le bas, du fait du jeu nécessaire à l'installation.

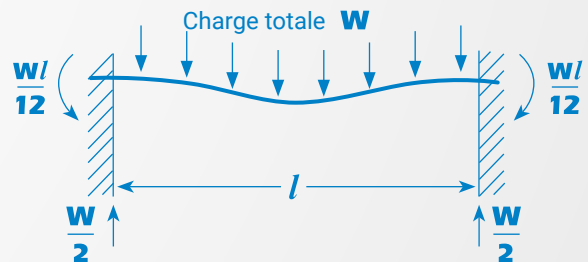


Flèche maximale à $l/2$

$$\delta_{\max} = \frac{5 W l^3}{384 E I}$$

Système Expander
Cas de charge :
Encastrement

Les extrémités des axes sont fixées dans les portées à l'aide des douilles expansibles.



Flèche maximale à $l/2$

$$\delta_{\max} = \frac{W l^3}{384 E I}$$

Figure 4 Exemples de cas de charge initiaux

La fixation des extrémités des axes limitera aussi le mouvement radial libre de l'axe au seul espace entre la douille et l'axe. Cela contribuera à limiter l'accélération du poids et des forces d'impact élevées sur la bague et l'axe. Le système Expander élimine l'usure des portées et réduit l'usure bague/axe.

LA SÉCURITÉ DES PARCS D'ATTRACTION : NE RIEN LAISSER AU HASARD



Lorsqu'il s'agit des parcs d'attraction, la sécurité est absolument cruciale. Néanmoins, la maintenance peut être à la fois coûteuse et longue. Mais il existe une solution pour les axes et les paliers usés qui peut résoudre ce problème.

De manière permanente.

Certaines personnes aiment cela et n'en ont jamais assez. D'autres, beaucoup moins. Lorsqu'il s'agit d'émotions fortes — ou de grandes frayeurs — les parcs d'attractions satisfont toutes les envies.

Que vous vouliez faire une chute libre de 80 mètres de haut, filer à vive allure de haut en bas d'une courbe en épingle à cheveu, ou vous exposer à des forces G insensées, vous êtes là où il faut. Mais regardons les choses en face. Tout cela serait impossible si vous ne pouviez pas être sûr d'être parfaitement en sécurité.

La plupart des attractions déplacent des poids à des vitesses élevées et d'énormes forces sont en jeu. Ces forces sollicitent très fortement les structures (principalement) en acier et les chariots. La sécurité et la fiabilité sont essentielles pour éviter les incidents et les accidents.

Des exigences strictes à travers toute la chaîne de valeur

Bien que le nombre d'accidents reste relativement faible en Europe, le Comité Européen de Normalisation, CEN, a mis en place, en mai 2019, la nouvelle norme européenne EN 13814 « La sécurité des manèges et des dispositifs de divertissement ». Elle couvre tout ce qui va de la conception d'une attraction à son fonctionnement et à sa maintenance en passant par la surveillance et les inspections.

La norme pose de fortes exigences aux fabricants et aux sociétés qui exploitent les parcs d'attractions. Peter Andersson affirme :

« La sécurité est un élément fondamental de notre métier et concerne les visiteurs comme notre personnel. Nous ne faisons jamais de compromis là-dessus. »

Peter est Directeur de la maintenance des manèges au parc d'attractions de Gröna Lund au centre de Stockholm et à Parks and Resorts Scandinavia, le groupe qui gère et exploite Gröna Lund, ainsi que certains des parcs à thèmes parmi les plus populaires de Suède.

Les départements de maintenance locale de Parks and Resorts contrôlent quotidiennement les rails et les chariots, recherchant les usures et les dégâts. Chaque année, les chariots sont démontés et toutes leurs pièces sont passées aux rayons X. Conformément aux règles de l'autorité d'octroi de licence, des contrôles approfondis sont effectués et les attractions entièrement démontées tous les cinq ans.

Suffisamment souvent pour changer les rondelles

Comme dans tous les systèmes d'ingénierie, le desserrage des assemblages boulonnés est un risque pour la sécurité. Par exemple, l'attraction Eclipse de Gröna Lund est faite de 910 tonnes d'acier et de béton et comprend 80 000 boulons. Cela représente de très nombreux problèmes potentiels.


« Lorsque nous détectons des desserrages de boulons, nous effectuons souvent une analyse des causes profondes. En général, c'est le moment où nous passons aux rondelles Nord-Lock », dit M. Andersson qui a entendu parler des rondelles à effet de cames Nord-Lock pour la première fois en 1998, car elles ont été utilisées pour sécuriser les rails d'une attraction après une inspection visuelle.

« Lorsque j'ai vu l'excellent résultat de cette solution, j'ai compris que l'on ne pouvait plus revenir en arrière », affirme-t-il.

« Depuis, lorsque nous découvrons des boulons qui se desserrent, nous commandons immédiatement des rondelles Nord-Lock. » De nombreux fabricants d'attractions posent leurs exigences dès le stade de la conception. Ils sont généralement utilisés sur de grands assemblages boulonnés, dans des applications telles que les rails et les structures en acier, mais aussi sur les pièces en mouvement des freins de wagons.

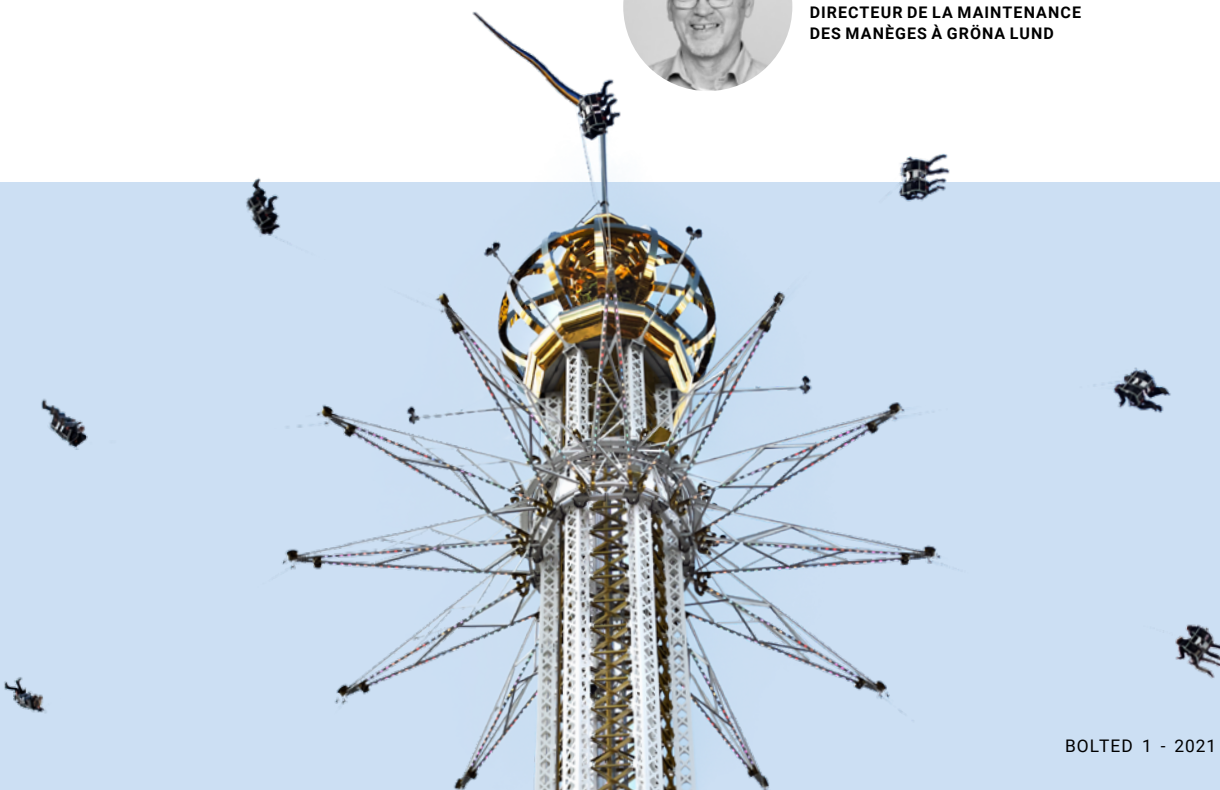
Une solution qui fait gagner du temps et de l'argent

Mis à part les rondelles Nord-Lock, Parks and Resorts utilise aussi le système Expandar pour contrer l'usure des portées. Il permet de gagner beaucoup d'argent et de minimiser les temps d'immobilisation par rapport aux réparations traditionnelles, comme l'alésage, par exemple. Mais aussi de prolonger considérablement la durée de vie des attractions, ce qui se traduit par des économies substantielles, car une nouvelle attraction de grande taille peut coûter plus de 900 000 euros.

Andersson a aussi entendu parler du système Expandar dès la fin des années 90 : « Nous avons essayé plusieurs solutions de réparation, mais nous avions toujours le sentiment qu'il devait exister quelque chose de mieux. Puis nous avons trouvé le système Expandar. » 



Peter Andersson
DIRECTEUR DE LA MAINTENANCE
DES MANÈGES À GRÖNA LUND



CLIENT
PARKS AND RESORTS
SCANDINAVIA AB

NOMBRE DE VISITEURS
ENVIRON 3 MILLIONS
PAR AN

APPLICATIONS
NOMBREUSES, P. EX. SÉCURISATION DE RAILS,
DE FREINS ET DE STRUCTURES MÉTALLIQUES

ACTIVITÉ
POSSÈDE ET EXPLOITE QUATRE DES PARCS À
THÈMES LES PLUS POPULAIRES DE SUÈDE, SKARA
SOMMARLAND, GRÖNA LUND, KOLMÅRDEN ET FURUVIK

SOLUTION
SYSTÈME EXPANDER ET RONDELLES
À EFFET DE CAMES NORD-LOCK

Depuis, nous l'avons utilisé sur de nombreuses attractions à Gröna Lund, en particulier sur Octopussy. En 2009, le système Expandar a été installé sur tous les bras de l'attraction qui depuis a fonctionné sans aucun problème. Une autre attraction passionnante est le Flying Carpet – la plus ancienne de Gröna Lund.

« C'est une machine surannée et il est difficile de la remplacer », constate M. Andersson. « Il y a environ huit ans, nous avons constaté une usure à un endroit critique. Auparavant, se pencher sur ce problème nous aurait demandé de nouveaux calculs et finalement une inspection complète qui aurait peut-être entraîné une mise au rebut de l'attraction. » Le système Expandar a remplacé les axes et boulons usés et le Flying Carpet est toujours utilisé en toute sécurité.

L'utilisation du système Expandar se répand

L'utilisation du système Expandar s'est répandue dans tous les sites de Parks and Resorts. Lorsque le département de la maintenance du Parc zoologique et de loisirs de Kolmården a contacté M. Andersson pour lui parler de l'opportunité d'installer le système Expandar sur ses attractions, il était heureux de le leur recommander.

Les suspensions des bogies sur les wagons des attractions sont généralement un point faible de l'attraction car elles supportent les contraintes les plus élevées. Du fait de l'usure des axes, les tolérances des orifices du châssis s'étaient élargies, parfois simplement en l'espace de deux ans.

Fredrik Johansson, mécanicien à Kolmården, affirme : « Quand on a travaillé 30 ans sur ce sujet comme moi, on sait que si quelque chose se desserre, alors c'est un réel problème. Et étant donné les normes de sécurité élevées auxquelles nous sommes soumis, nous ne nous contentons pas de solutions improvisées. Si cela coûte un peu plus cher, nous l'acceptons. »

Économiser de l'argent sur le long terme

Au premier abord, le système Expandar peut sembler onéreux, mais sur la totalité d'un cycle de vie, c'est de l'argent économisé, explique M. Johansson. « Si l'on compare le prix d'achat du système Expandar avec le démontage d'une attraction entière et l'envoi des pièces pour alésage en ligne, cette dernière solution est bien plus chère et bien plus longue. »

En tant que mécanicien, M. Johansson apprécie la facilité d'installation du système Expandar. Comme cette solution n'implique ni alésage en ligne ni soudage, vous pouvez effectuer le travail sur site, directement sur les montages usagés.

*« C'est une excellente solution », affirme-t-il.
« Nous l'avons utilisé durant une saison et cela marche vraiment bien. Problème résolu. »*

Texte Ulf Wiman
Photos Justin Garvanovic/Parks and Resorts
Gröna Lund/Parks and Resorts
Magnus Glans/Parks and Resorts



SUPERBOLT TOOL

MEILLEURE CONCEPTION PRODUIT DE 2020



Pendant des années, on estimait qu'il était trop difficile de concevoir un dispositif qui pouvait serrer simultanément plusieurs vis de pression à la bonne charge. Mais un groupe d'ingénieurs de Nord-Lock Group a fait l'impossible.

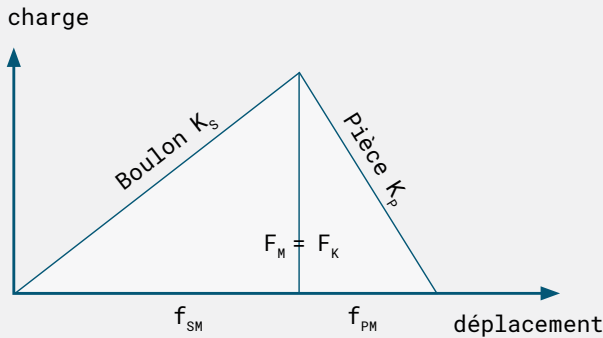
Leur innovation, le Superbolt Tool, a fait une telle impression qu'elle a reçu une des distinctions les plus prestigieuses du monde en matière de conception : **La distinction Red Dot Award**. Le Superbolt Tool a été distingué par le prix de la **Conception du meilleur produit 2020** dans la catégorie **Innovation**.



reddot winner 2020

Que se produit-il avec les forces de précharge et de serrage lorsque des charges externes sont appliquées ?

Envoyez vos questions sur les techniques de boulonnage par mail à experts@nord-lock.com



- K_S : Rigidité du boulon ($F_M / f_{SM} = 1/\delta_S$)
- K_P : Rigidité des pièces ($F_K / f_{PM} = 1/\delta_P$)
- F_M : Précharge
- F_K : Charge de serrage
- f_{SM} : Déplacement du boulon par élongation (+)
- f_{PM} : Déplacement de la pièce par compression (-)

D'une manière générale, un couple est appliqué au boulon ou à l'écrou via une clé pour générer la charge de serrage requise. Cette charge de serrage est appelée précharge. On définit la précharge comme la tension créée dans une fixation lorsqu'elle est serrée. Sa fonction est de prévenir le glissement et l'ouverture de la pièce de construction. La force de serrage, en réponse à la précharge, est la force qui agit sur les pièces.

Par conséquent, le calcul d'un seul assemblage boulonné se base sur le comportement élastique de l'assemblage dans l'axe du boulon. Cette zone a un effet considérable sur la déformation et la charge du boulon.

Lorsque des forces externes agissent sur des assemblages, chaque élément transmettant une force doit être analysé. Il est possible de prévoir le comportement des assemblages en observant leur réaction aux forces externes.

Durant le montage de l'assemblage une précharge F_M se produit, créant une charge de serrage F_K à l'interface. C'est le facteur de rigidité qu'il convient de définir en premier lieu. C'est la quantité de charge requise pour allonger 1 mm du matériau.

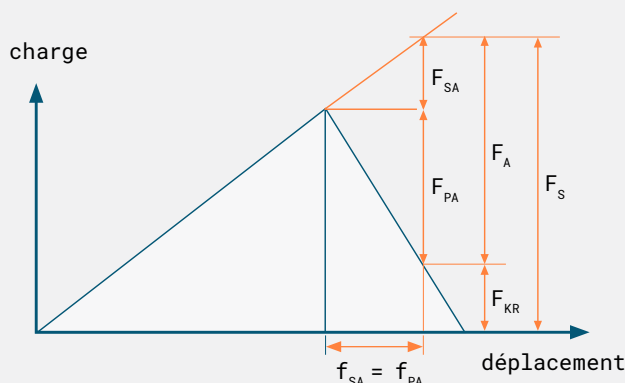
$K = \Delta F / \Delta L$, opposé de la flexibilité (résilience $\delta = 1/K$)

Se référer au diagramme de l'assemblage (diagramme de Röttscher).

Ainsi, la charge de service axiale F_A , appliquée via les pièces serrées et agissant sur le boulon, est transmise par l'espace serré et le boulon. La proportion de la charge de service qui s'applique au boulon en plus de la précharge est désignée comme la charge du boulon F_{SA} et F_{PA} est la réduction de la précharge due à la charge de service externe. Cette proportion dépend du comportement élastique de l'assemblage.

- F_S : Max. Charge du boulon
($F_S = F_A + F_{KR} = F_{SA} + F_{PA} + F_{KR}$)
- F_A : Charge axiale externe
- F_{SA} : Charge axiale supplémentaire du boulon
= $n \times \{\delta_p / (\delta_s + \delta_p)\} \times F_A$
= $\lambda \times F_A$ en utilisant λ ,
facteur de charge $\lambda = n \times \{\delta_p / (\delta_s + \delta_p)\}$
(n : facteur d'introduction de la charge permettant de décrire l'effet du point d'introduction de F_A)

Le diagramme ci-dessous illustre les forces et les déplacements qui se produisent dans l'assemblage boulonné. Par conséquent, le diagramme précédent sera modifié comme suit :



- F_{PA} : Réduction de la précharge
= $(1 - \lambda) \times F_A$
- F_{KR} : Charge de serrage résiduelle
- f_{SA} : Allongement du boulon dû à F_{SA}
- f_{PA} : Déformation élastique linéaire des pièces serrées due à F_{PA}



Luke Jun
FIELD APPLICATION
ENGINEER DE NORD-LOCK
GROUP EN CORÉE

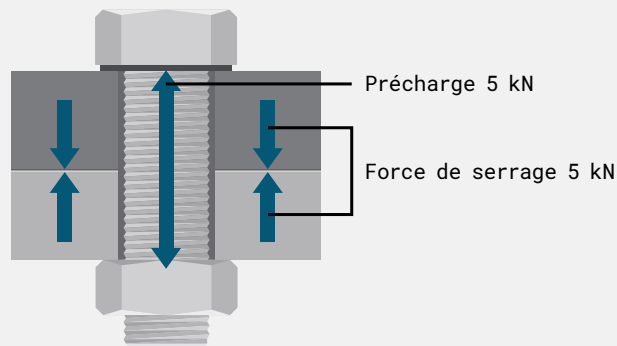


Masato Takenaka
ENGINEERING DIRECTOR DE NORD-LOCK
GROUP ASIE-PACIFIQUE

La formule précédente peut être vérifiée par l'exemple suivant

Étape 1

L'assemblage boulonné est serré à 5 kN.
Aucune charge externe n'est appliquée.



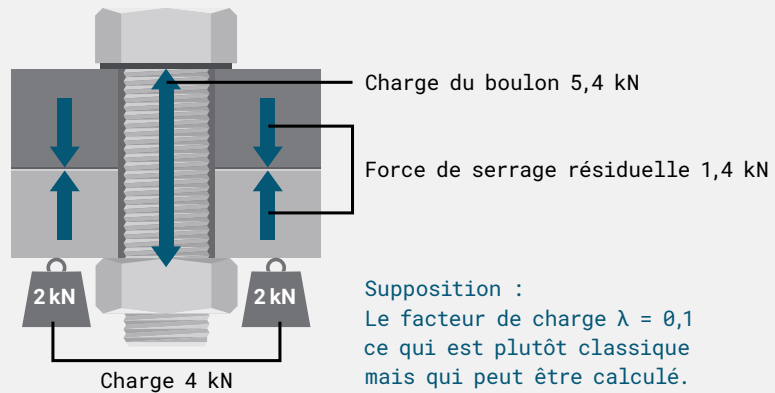
Étape 2

Les charges statiques externes (4 kN) sont appliquées mais à une valeur inférieure à celles de la précharge. La précharge initiale devient désormais la précharge résiduelle. La charge du boulon est estimée à 5,4 kN mais la force de serrage est réduite à 1,4 kN.

$$F_A = 4 \text{ kN}, F_{SA} = \lambda \times F_A = 0.4 \text{ kN}$$

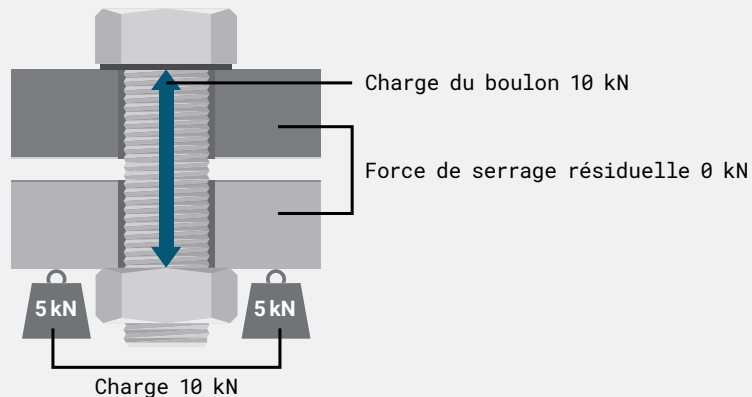
$$F_S = 5.4 \text{ kN} = F_A + F_{KR}$$

$$F_{KR} = 1.4 \text{ kN}$$



Étape 3

Des charges externes supplémentaires sont appliquées à une valeur supérieure à celle de la précharge initiale. Comme la charge externe est très supérieure à la précharge, les pièces s'écartent et la charge du boulon augmente à 10 kN. (100 % des charges externes)



En conclusion, le comportement élastique de chaque composant a été réexaminé lorsque les forces axiales étaient générées dans l'assemblage. En outre, il convient de prendre en compte d'autres facteurs externes, tels que les forces de cisaillement, la température, les vibrations et les charges dynamiques, pour prévoir précisément la précharge requise. Pour plus d'informations, veuillez contacter votre bureau Nord-Lock le plus proche.

