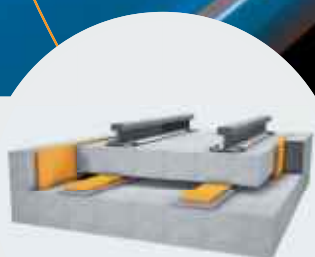
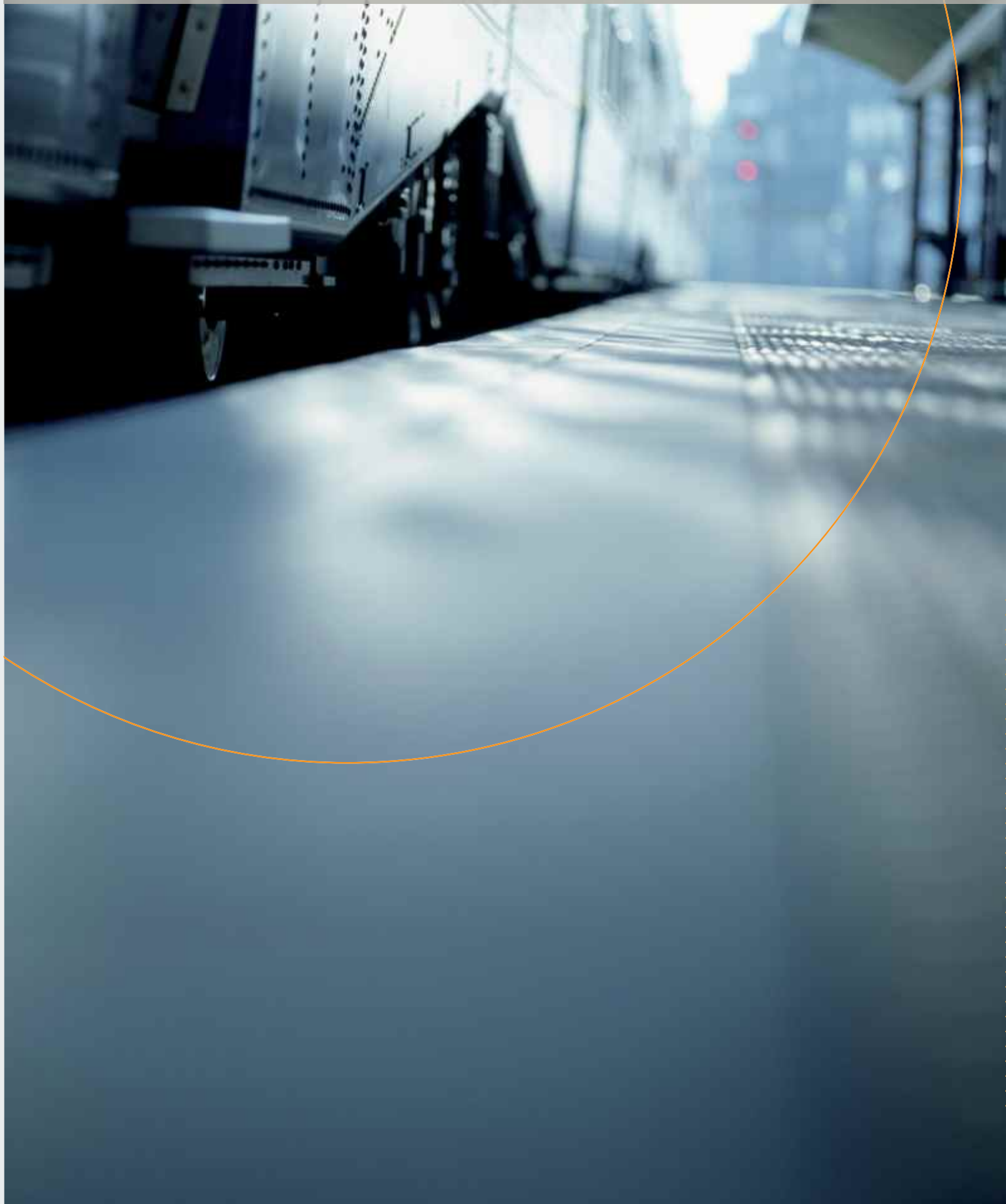


Système masse-ressort



1 | Bruit solide et ses conséquences



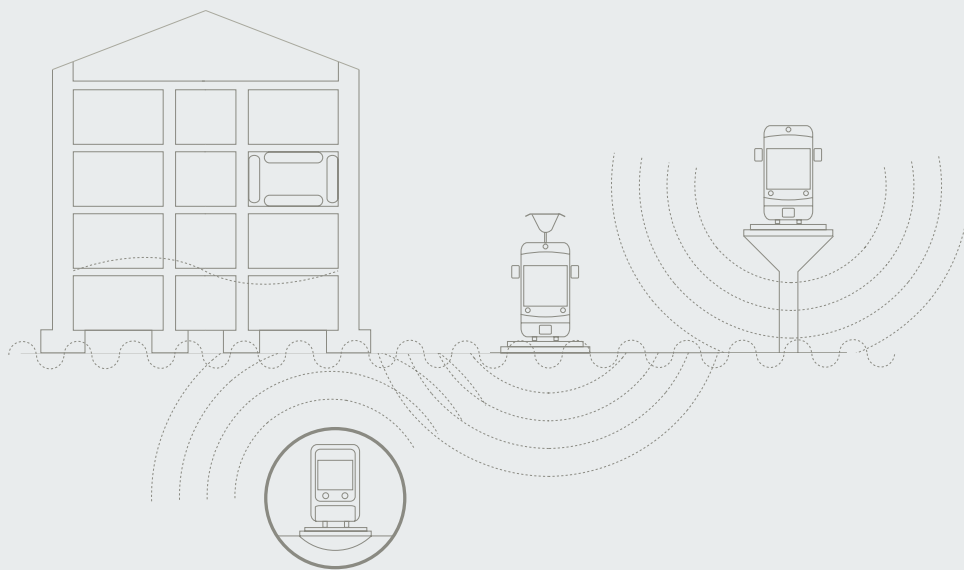


Le calme est de retour

Le trafic routier et les trains produisent un bruit solide en raison de leur poids propre et de leur vitesse. Celui-ci se diffuse dans le sol et engendre des vibrations ressenties sur les bâtiments et sur les instruments de mesure sensibles ou les machines installés à proximité.

Les bâtiments, appareils et machines sont eux-mêmes des systèmes oscillants. Les excitations issues des trains ou de la circulation s'intensifient encore par la structure des objets touchés. Les vibrations mécaniques et le bruit aérien secondaire qui en résulte, donc la nuisance sonore, constituent une atteinte à la santé de l'homme sur le long terme. Les vibrations influencent également la capacité

fonctionnelle des machines et appareils. Des contraintes extrêmement importantes et des effets négatifs peuvent s'en suivre sur la productivité et la qualité. De plus, une sollicitation dynamique extrême peut engendrer des dommages sur la structure du bâtiment, tels que fissures ou affaiblissements.



2 | Une protection de bruit de structures hautement efficace

Une efficacité
sur des
décennies

Les émissions de bruits solidiens peuvent être réduites à partir du point d'origine par diverses mesures et selon les exigences. Les systèmes masse-ressort sont utilisés partout où d'importantes exigences en matière de protection de bruit de structures sont formulées. Les matériaux Sylomer® et Sylodyn® sont utilisés en tant que

suspensions élastiques spécifiques dans le monde entier. Ils garantissent l'efficacité exigée sur des décennies. Les matériaux éprouvés font tous partie du savoir-faire technique de Getzner d'aujourd'hui et constituent la solution éprouvée en matière de technologie de pointe pour les systèmes masse-ressort.





Les avantages des suspensions élastiques en Sylomer® et Sylodyn®

- Produit fiable, homogène et élasticité constante
- Des surcharges de courte durée et extrêmes sont possibles
- Praticable immédiatement par des véhicules lourds
- Faibles coûts de construction par une installation simple et rapide
- Divers types de construction sont possibles par une variation des densités, de l'épaisseur et de la surface du matériau
- Une rentabilité élevée par une stabilité de longue durée
- Des coûts d'entretien minimes

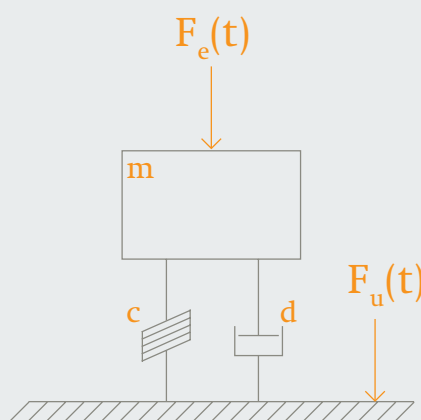
Le Sylomer® et le Sylodyn® constituent les matériaux idéaux pour une utilisation en tant que suspensions hautement élastiques dans un système masse-ressort, quel que soit le type de construction.

3 | La fonction d'un système masse-ressort

Isolation efficace des vibrations

L'objectif de l'isolation des vibrations est de découpler dynamiquement l'infrastructure de son environnement et de réduire ainsi, la transmission des fortes vibrations et bruits solidiens.

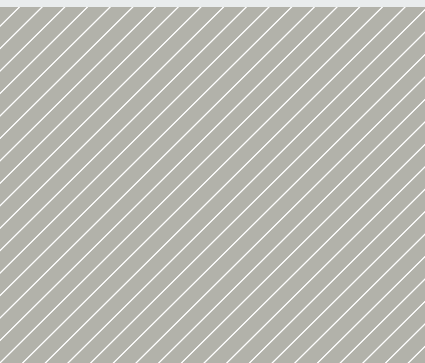
Le découplage est produit par l'élaboration d'un système absorbeur de vibrations. Lorsqu'une couche d'amortissement élastique et permanente en Sylomer® ou Sylodyn® est intégrée, l'isolation est réalisée directement à la source des émissions. On obtient ainsi des forces d'appui à la base $F_u(t)$ plus faibles que les forces excitatrices $F_e(t)$, atténuant l'impact des vibrations sur la base.



La fonction d'une infrastructure équipée de suspensions élastiques peut être décrite de façon très simple à l'aide d'un système à un degré de liberté. De nombreux problèmes de vibrations peuvent être expliqués de manière simplifiée à l'aide de ce modèle physique. Lorsque le montage subit un choc important $F_e(t)$, l'oscillation résultante correspond à la fréquence propre du système masse-ressort suspendu f_0 .

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{c}{m}$$

c = Rigidité dynamique du ressort
 m = Poids de l'infrastructure + poids non suspendu des essieux



La diminution de l'amplitude de cette vibration dépend de l'amortissement exercé par le ressort. En présence de matériaux en Sylomer® et Sylodyn®, l'amortissement est décrit par le facteur de perte mécanique.

Pour évaluer un système masse-ressort, il faut déterminer la relation fréquentielle des amplitudes (valeur du facteur de transmission). Elle décrit le rapport de l'amplitude en fonction de la fréquence ou en fonction du rapport de fréquence entre la force à la base $F_u(t)$ et la force excitatrice $F_e(t)$ lors de l'isolation d'une source. En ce qui

concerne l'isolation des vibrations, il existe deux domaines, à savoir un domaine d'amplification et un domaine d'isolation.

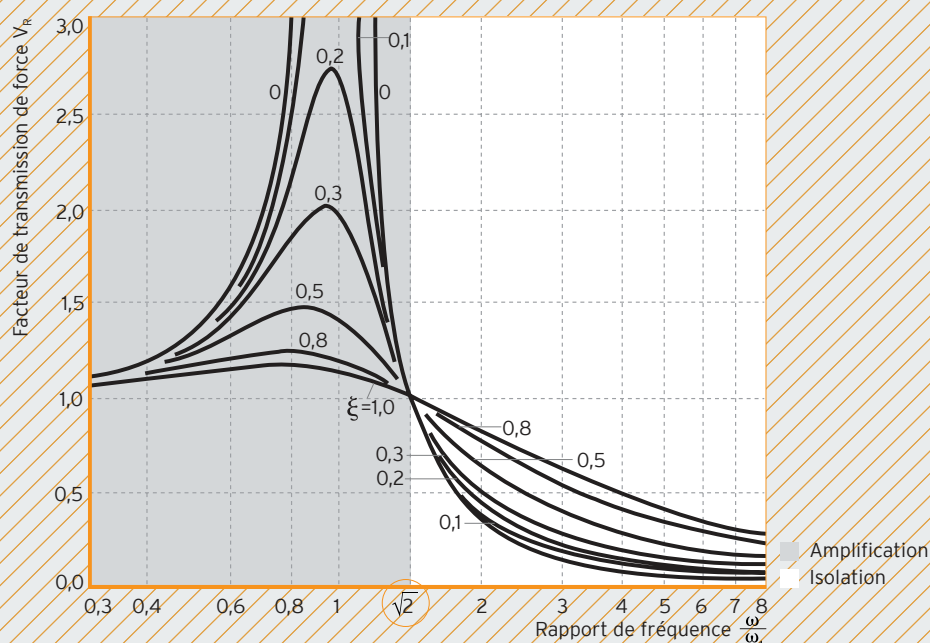
L'amplification ne se forme qu'en présence d'une fréquence excitatrice correspondant à la fréquence propre de la suspension élastique, ou bien en présence d'une excitation à fréquence variable.

Le domaine d'isolation commence à partir d'une fréquence excitatrice correspondant à $\sqrt{2} \cdot f_0$. On peut voir dans la relation fréquentielle des

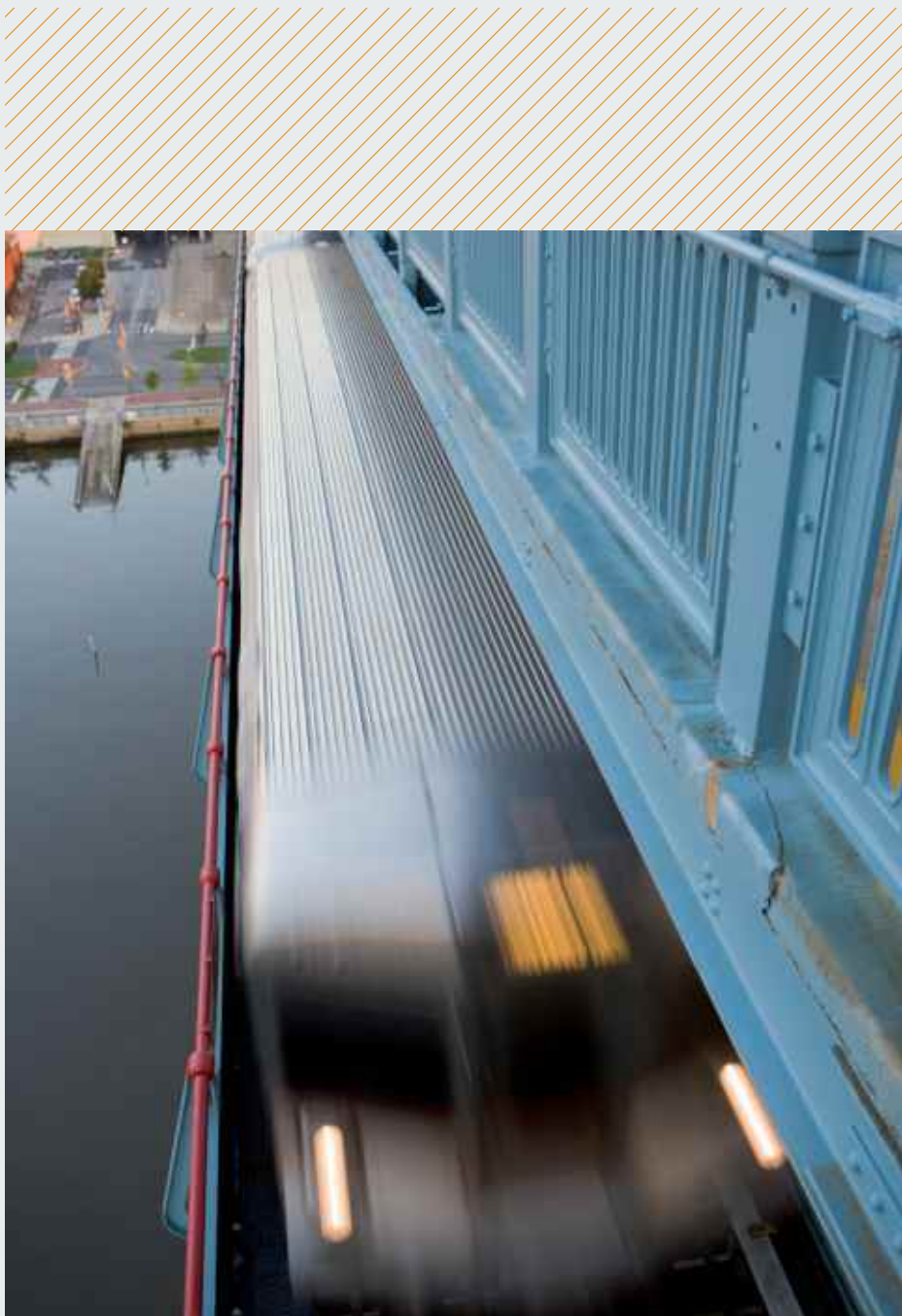
amplitudes que l'amplification diminue à la fréquence de résonance f_0 lorsque le degré d'amortissement augmente, alors que le degré d'isolation s'affaiblit avec un amortissement croissant.

Le rapport entre la rigidité statique et dynamique est moins marqué pour une suspension avec peu d'amortissement ce qui permet d'abaisser la fréquence propre f_0 .

Le dimensionnement d'un système masse-ressort est une tâche d'optimisation pour les ingénieurs. Cette tâche exige un savoir-faire solide et spécialisé, un savoir-faire que propose Getzner depuis des années à ses partenaires. Le mode d'action d'un système masse-ressort peut également être fortement influencé par de l'eau stagnante. Lors de l'élaboration d'un système masse-ressort, il faut absolument s'assurer qu'un système de drainage suffisant et durable soit mis en place.



4 | Variantes d'exécution



Une grande diversité de systèmes masse-ressort a été développée par les chemins de fer européens au cours des dernières décennies. Il existe ainsi plusieurs types de construction en béton coulé sur site ou préfabriqué, ou une combinaison des deux, avec ou sans lit de ballast.

Lors de la conception des suspensions élastiques pour les systèmes masse-ressort, la méthode de construction sélectionnée est également décisive pour la fonctionnalité et l'aspect économique du système global.

Qu'il s'agisse d'une conception de type surfacique, par bande ou par points, Getzner garantit grâce à son savoir-faire des solutions techniques parfaites, efficaces durablement et opérationnelles.



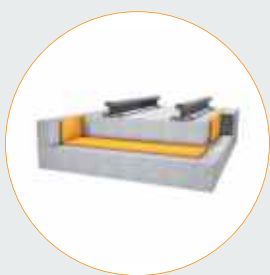
Suspension surfacique



Suspension par bandes



Suspension ponctuelle

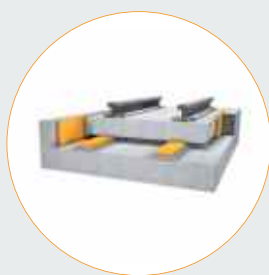


Suspension surfacique

En utilisant une suspension élastique surfacique et selon le cas d'application, les fréquences propres du système suspendu sont réalisées entre 14 et 25 Hz. Ceci correspond à une isolation du bruit solidien pouvant atteindre jusqu'à 30 dB dans la plage des fréquences hypercritiques.

Les avantages de construction d'une suspension surfacique de Getzner sont :

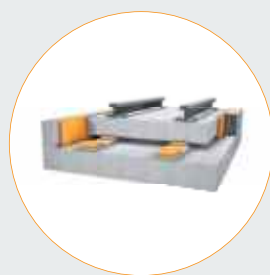
- Une conception simple, rapide et avantageuse
- Un risque réduit de défauts de construction
- Une répartition de charge optimisée
- Un amortissement des vibrations de la structure des éléments porteurs des rails
- Un nombre réduit des jointures de pose
- Une stabilité horizontale élevée du système global
- Un système global économique



Suspension par bande

Les suspensions par bandes sont utilisées de préférence pour des systèmes masse-ressort combinant des éléments de béton préfabriqués ou coulés sur site. Les forces horizontales générées par le passage du train, aussi bien dans le sens de la marche (forces de freinage et d'accélération) que transversalement à l'axe des voies (forces centrifuges et latérales dues aux défauts de géométrie de la voie) sont parfaitement maîtrisées grâce aux surfaces d'appui relativement importantes.

Comparé aux suspensions surfaciques, les suspensions par bandes permettent d'atteindre des fréquences propres de la superstructure plus basses (8–15 Hz) moyennant un investissement raisonnable.



Suspension ponctuelle

Le type de construction sélectionné pour les dalles de support de voie ou auges détermine la forme des appuis ponctuels. La plupart du temps, les dalles en béton sont coulées sur place. Elles sont surélevées après prise du béton et les suspensions élastiques sont insérées dans les ouvertures prévues à cet effet.

Etant donné les forces horizontales générées par le passage du train, il faut prendre en considération l'action de ces forces lors du dimensionnement des appuis à surfaces réduites. Afin de limiter la déflexion horizontale selon les spécifications, on utilise dans la pratique le rapport optimal entre le module de cisaillement, l'épaisseur et la surface de l'appui.

Les suspensions ponctuelles permettent d'obtenir les fréquences propres les plus basses (5–12 Hz), ce qui permet d'assurer une isolation extrêmement élevée contre les bruits solidiens. Avec ce type de système, il est possible d'atteindre une isolation de 30 à dB ou plus.

5 | Aménagement de transitions avec appuis élastiques

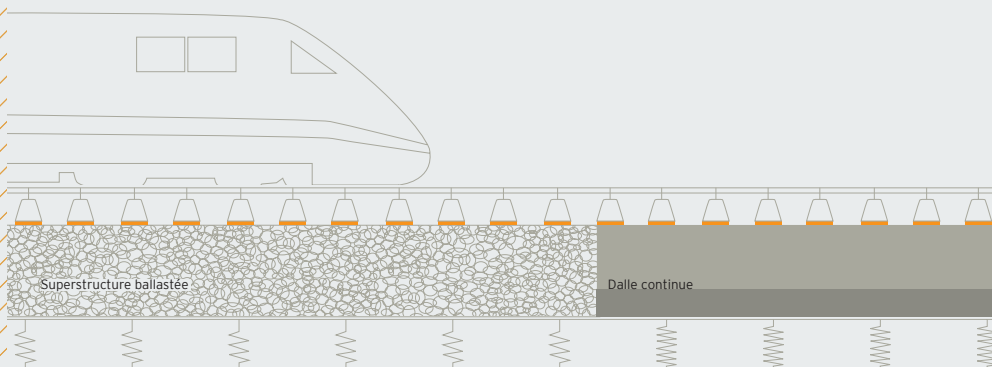
Pour un passage sans difficulté

Les zones de transition entre les infrastructures avoisinantes (superstructure ballastée, dalle continue) doivent être élaborées de façon très précise afin qu'aucun défaut persistant n'apparaisse sur la voie. Dans les systèmes masse-ressort, les imperfections apparaissent toujours dans les zones de transition étant donné qu'elles s'accompagnent de déflexions importantes, contrairement aux infrastructures normales. Les variations de température et la détérioration du béton engendrent en plus, des sollicitations particulières dans les

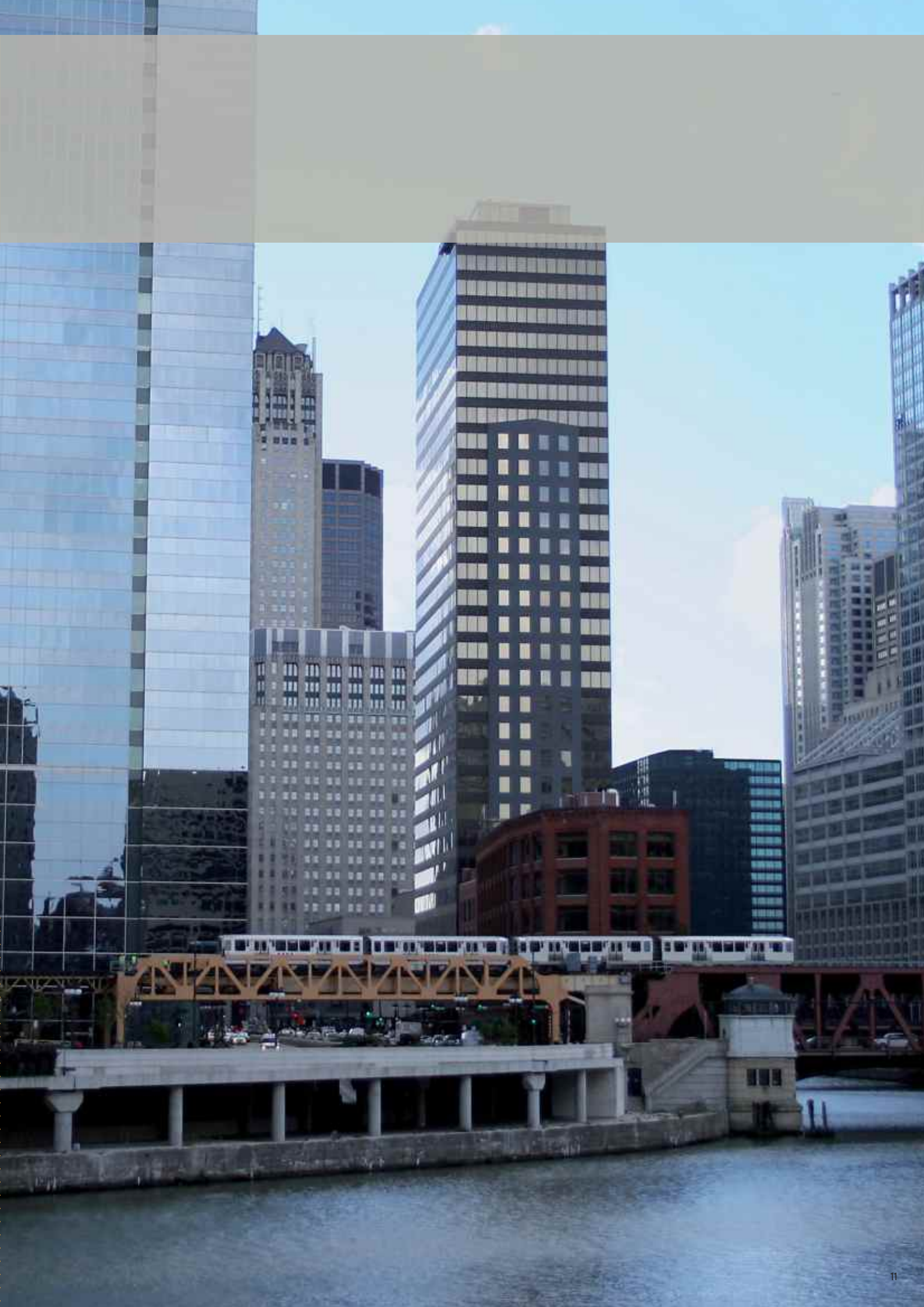
zones de transition. Ici également, Getzner propose des solutions compétentes. La rigidité du système nécessaire dans la construction des transitions peut être atteinte par exemple par :

- Une disposition des appuis plus dense
- Une variation de la raideur du matériau d'appui
- La pose de fixations spéciales rails
- La pose de semelles sous traverse

Lors de la mise en œuvre, il faut savoir que des charges d'appui trop élevées peuvent engendrer une sursollicitation des attaches de rail. En utilisant la méthode par éléments finis, Getzner calcule et simule tous les facteurs pour une implantation optimale dans les zones de transition.



Transition entre le système masse-ressort et la dalle continue avec semelles sous traverses.



6 | Défaut de réalisation

Notre expérience vous apporte la sécurité

Selon les cas, les défauts de conception, de construction ou encore de finitions non conformes ont une influence sur les propriétés effectives des systèmes masse-ressort.

En voici des exemples :

- Un drainage insuffisant ou absent engendre un «effet tampon» dans le système
- Pour les systèmes surfaciques : des tapis latéraux manquants, inadaptés ou trop rigides
- Une mauvaise isolation des gaines de câble, des installations de drainage et d'autres raccordements
- Un matériau isolant inadapté ou des épaisseurs d'appui inférieures aux minimales requises
- Une quantité élevée de joints de pose
- Une installation négligée et non professionnelle du matériau d'appui
- Une conception des structures telle que la longueur des dalles de voie ou une conception de l'armature, répartition de charges insuffisante sur l'élastomère



Une malfaçon dans la réalisation du système masse-ressort ne peut généralement être résolue qu'après d'importants et coûteux travaux. En fonction de la gravité de la malfaçon, il arrive dans certains cas, qu'une reconstruction complète soit nécessaire.

7 | Exigences concernant les suspensions élastomère



Variées et éprouvées

Depuis plus de quatre décennies, les matériaux Sylomer® et Sylodyn® se sont avérés être une protection efficace contre les fortes vibrations et les bruits solidiens dans les infrastructures ferroviaires.

Les matériaux Getzner-Werkstoffe contribuent à la protection d'ouvrages d'art, améliorent la stabilité des voies, réduisent la sollicitation dynamique du ballast et par conséquent, réduisent les travaux d'entretien. Il est prouvé que les applications ferroviaires en Sylomer® et Sylodyn® restent efficaces après 30 ans ou plus d'utilisation : lors du contrôle d'échantillons déposés, les élastomères ne présentent eux-mêmes aucun signe de fatigue après de nombreuses années d'exploitation.

Il est particulièrement important pour les isolations d'appui partiel de définir les exigences du matériau d'appui ainsi que la surveillance de la qualité spécifique au projet.

La norme DIN 45673-7, «Vibrations mécaniques - Eléments élastiques des voies ferrées - Partie 7 : Les procédures d'essais en laboratoire pour les éléments élastiques des systèmes masse-ressort» donne des indications supplémentaires sur l'aptitude à l'emploi des produits et sur le contrôle des rigidités statiques et dynamiques.

Conditions pour des systèmes masse-ressort opérationnels de longue durée :

- Afin de déterminer les propriétés spécifiques requises des suspensions, les rigidités statiques et dynamiques doivent être spécifiées.
- Avec un essai de fatigue aux charges d'exploitation avec au moins trois millions de cycles, on contrôle le changement des propriétés spécifiques des suspensions.
- Le changement des propriétés des suspensions lié aux influences de l'environnement (par ex. : ozone, eau, huiles, substances chimiques) doit également être contrôlé.
- On contrôlera également dans quelle mesure la géométrie de la suspension se modifie par le fluage, la charge d'exploitation et les influences environnementales.
- La qualité des suspensions élastiques est scrupuleusement surveillée avant même la pose.

8 | Calcul par éléments finis





Un calcul par éléments finis donne les résultats suivants :

- Capacité de portance de la dalle
- Déformation statique due au poids propre
- Formes propres
- Fréquences propres du système suspendu
- Données de résistance
- Sollicitations dynamiques et mouvements vibratoires
- Comportement du système en présence d'une excitation définie (simulation)
- Prévission du comportement dynamique d'un système en présence de divers paramètres de système
- Modifications nécessaires pour un comportement dynamique recherché

Savoir ce à quoi vous devrez faire face

Pour analyser un système, il faut habituellement établir un modèle physique d'équivalence qui tient compte de la répartition des masses, des rigidités et coefficients d'amortissement. L'analyse de système la plus connue est le calcul par éléments finis.

Lors de l'isolation des vibrations, on part généralement du principe que l'objet isolé des vibrations (dalle-support de la voie) et le sous-sol sont respectivement des corps rigides. L'objectif de cette hypothèse est de prouver par le calcul, l'effet de l'isolation des vibrations. Cependant, si l'on souhaite réaliser un sondage des limites et comprendre le comportement général du système, d'autres degrés de liberté importants sont admis pour le système réel puis analysés à l'aide d'un calcul des éléments finis.

Les exigences lors des constructions sont constamment en croissance. Getzner propose, en tant que partenaire compétent, de nombreuses prestations aux planificateurs et sociétés d'ingénierie en présence de ces évaluations complexes.

9 | Informations sur la pose





Isolation d'un système masse-ressort d'une canalisation

Mesures préparatoires

Lors de la pose, il est important de s'assurer que les suspensions élastiques en Sylomer® ou Sylodyn® puissent découpler par la suite, la totalité de la dalle-support de l'environnement. Des ponts acoustiques empêchent l'isolation opérationnelle des vibrations. Parallèlement, on doit également assurer le drainage du système.

La surface de pose doit donc être plate et libre de tout objet pointu ou d'arêtes vives. Si cela n'est possible que sous conditions, il est envisageable, par exemple, de poser un géotextile entre le sol et le tapis pour assurer la protection des appuis. Une couche de propreté en béton a également fait ses preuves. Les appuis ponctuels doivent être positionnés très précisément et de façon stable. Une possibilité efficace est un socle approprié avec un cadre en acier.

En application d'une solution pleine surface, le cas échéant un renforcement de la base est utile. Dans ce cas, une répartition des charges satisfaisante doit être assurée à la base des tapis Sylomer® ou Sylodyn®. Le support de base adéquat (plaques en bois ou en matière plastique) empêche des pressions spécifiques et des déflexions localisées trop importantes.

Livraison

Getzner livre les matériaux directement sur le chantier : tapis pour les remontées latérales, appuis ponctuels et par bandes sur les palettes, tapis de sol sous forme de rouleaux d'une largeur standard de 1,50 m. Selon la géométrie et les conditions de pose, Getzner confectionne les tapis en usine et permet ainsi une pose rapide et économique.

Les tapis de sol peuvent être disposés à la fois parallèlement et perpendiculairement à l'axe de la voie. Dès lors, il est important de créer le moins de joints de pose possible. Les joints de pose sont étanchés par du ruban adhésif pour éviter que du lait de ciment ne s'introduise et que des ponts acoustiques ne se créent.

Pose

Lors de la confection des rouleaux, Getzner veille constamment sur le poids total des tapis. Ceux-ci peuvent être posés à tout moment et sans problème, par deux personnes. Ainsi, on obtient des prestations de pose de plus de 500 m² par personne et par jour. De même, les appuis ponctuels et par bandes peuvent être installés par une seule personne. Le poseur ajuste la longueur du tapis ou des angles en saillie en toute simplicité avec un couteau à lame jetable.

Sur demande, Getzner établit des plans de pose et met à disposition une supervision de travaux professionnels afin de garantir la conformité de la pose.

10 | Références internationales

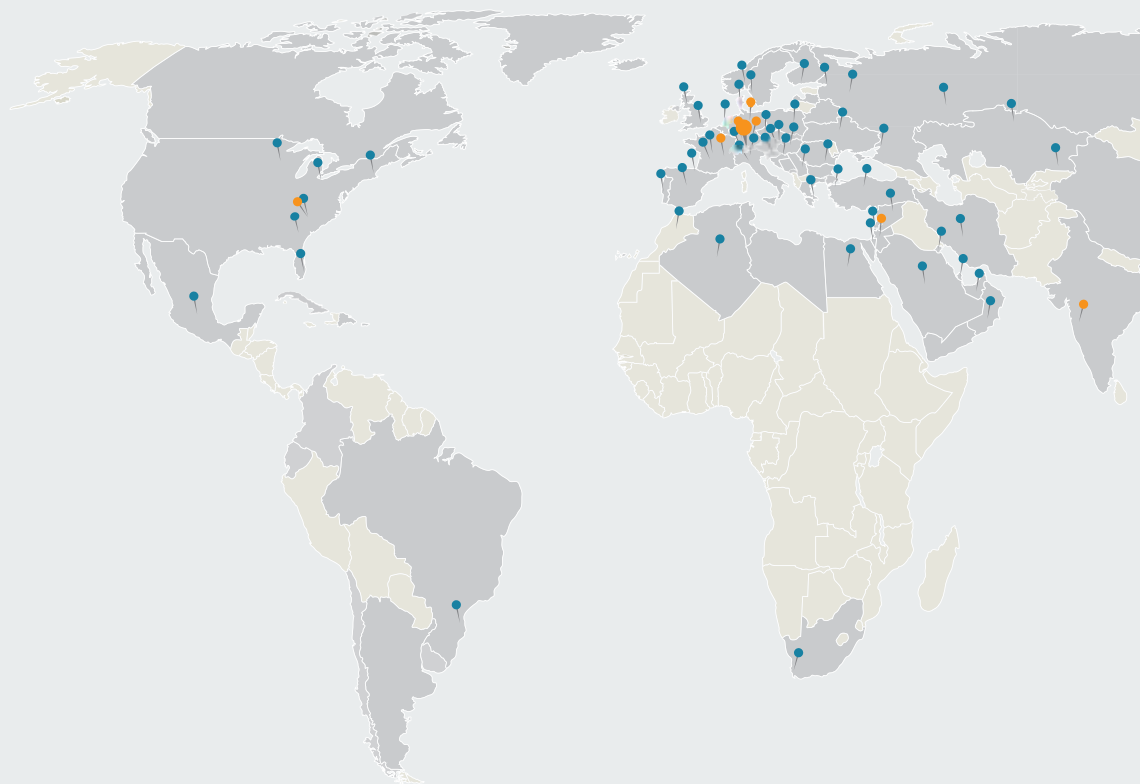


Les solutions Getzner sont en action dans le monde entier – tout comme les experts Getzner. Au travers de 10 filiales, nous sommes présents sur site dans les sept importantes régions géographiques. Nous desservons la quasi-totalité des marchés les plus importants au monde par le biais de nos nombreux associés commerciaux.

Des filiales à :

- Bürs, Autriche
- Berlin, Allemagne
- Munich, Allemagne
- Stuttgart, Allemagne
- Lyon, France
- Amman, Jordanie
- Tokyo, Japon
- Pune, Inde
- Beijing, Chine
- Charlotte, US

- Filiales Getzner
- Des associés commerciaux
- Pays de référence





Tramway de Milan

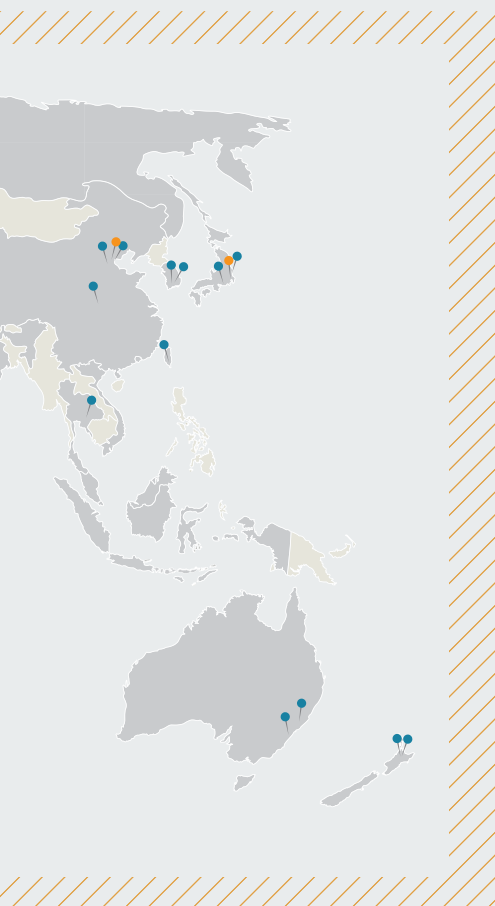


Tramway de Nottingham



Métro de Munich

Les projets réalisés par Getzner parlent par eux-mêmes. Voici un extrait de nos références dans le secteur ferroviaire :



Le train à grande vitesse

Sélection des projets :

- Brenner accès Nord,
Tunnel du Römerberg,
Tunnel de Zammer,
Tunnel de l'Arlberg,
Nouveau tunnel de Lainz,
Tunnel du Sittenberg
(ÖBB, ch. de fer féd. autrichiens)
- Tunnel de la ville de Leipzig,
Ancien tunnel de Mayence,
Nouveau tunnel de Mayence,
Tunnel du zoo
Berlin Nord - Sud,
Gare de Lehr,
Pont de l'Amper,
Liaison de l'aéroport Cologne/Bonn,
Tunnel de Siegauen,
Tunnel d'Audi à Ingolstadt
(DB AG, ch. de fer féd. allemands)
- NLFA : Tunnel «Zürichberg tunnel»
de Zurich,
Tunnel du Zimmerberg (CFF)
- Rome - Fiumicino,
Udine - Tarvis,
Milan - Saronno,
Catania (FS)
- Channel Tunnel Rail Link
(NetworkRail)
- Bruxelles (SNCB)

Les tramways

- | | |
|---------------|---------------------|
| - Augsburg | - Montpellier |
| - Barcelone | - Munich |
| - Berlin | - Nantes |
| - Berne | - Nice |
| - Bordeaux | - Nottingham |
| - Brest | - Orléans |
| - Constantine | - Paris - St. Denis |
| - Essen | - Paris - T1 |
| - Florence | - Prague |
| - Genève | - Rome |
| - Göteborg | - Rouen |
| - Graz | - Saint Domingue |
| - Grenoble | - Séville |
| - Isfahan | - Shiraz |
| - Le Mans | - Strasbourg |
| - Linz | - Stuttgart |
| - Lyon | - Ténériffe |
| - Madrid | - Valence |
| - Milan | (Espagne) |
| - Marseille | - Vienne |
| - Mashad | |

Les métros / R.E.R.

- | | |
|----------------|-------------|
| - Athènes | - Cracovie |
| - Augsburg | - Milan |
| - Berlin | - Munich |
| - Bochum | - New-York |
| - Buenos Aires | - Nuremberg |
| - Dortmund | - Sao Paulo |
| - Dusseldorf | - Vienne |
| - Hong-Kong | - Zurich |
| - Inchéon | |

Getzner Werkstoffe GmbH

Herrenau 5
6706 Bürs
Austria
T +43-5552-201-0
F +43-5552-201-1899
info.buers@getzner.com

Getzner Werkstoffe GmbH

Am Borsigturm 11
13507 Berlin
Germany
T +49-30-405034-00
F +49-30-405034-35
info.berlin@getzner.com

Getzner Werkstoffe GmbH

Nördliche Münchner Str. 27a
82031 Grünwald
Germany
T +49-89-693500-0
F +49-89-693500-11
info.munich@getzner.com

Getzner Spring Solutions GmbH

Gottlob-Grotz-Str. 1
74321 Bietigheim-Bissingen
Germany
T +49-7142-91753-0
F +49-7142-91753-50
info.stuttgart@getzner.com

Getzner France S.A.S.

Bâtiment Quadrille
19 Rue Jacqueline Auriol
69008 Lyon
France
T +33-4 72 62 00 16
info.lyon@getzner.com

Getzner Werkstoffe GmbH

Middle East Regional Office
Abdul - Hameed Sharaf Str. 114
Rimawi Center - Shmeisani
P. O. Box 961 303
Amman 11196, Jordan
T +9626-560-7341
F +9626-569-7352
info.amman@getzner.com

Getzner India Pvt. Ltd.

1st Floor, Kaivalya
24 Tejas Society, Kothrud
Pune 411038, India
T +91-20-25385195
F +91-20-25385199
info.pune@getzner.com

Nihon Getzner K.K.

6-8 Nihonbashi Odenma-cho
Chuo-ku, Tokyo
103-0011, Japan
T +81-3-6842-7072
F +81-3-6842-7062
info.tokyo@getzner.com

Getzner Materials (Beijing) Co., Ltd.

No. 905, Tower D, the Vantone Center
No. Jia 6, Chaowai Street, Chaoyang District
10020, Beijing, the P.R.C.
T +86-10-5907-1618
F +86-10-5907-1628
info.beijing@getzner.com

Getzner USA, Inc.

8720 Red Oak Boulevard, Suite 528
Charlotte, NC 28217, USA
T +1-704-966-2132
info.charlotte@getzner.com

www.getzner.com

