

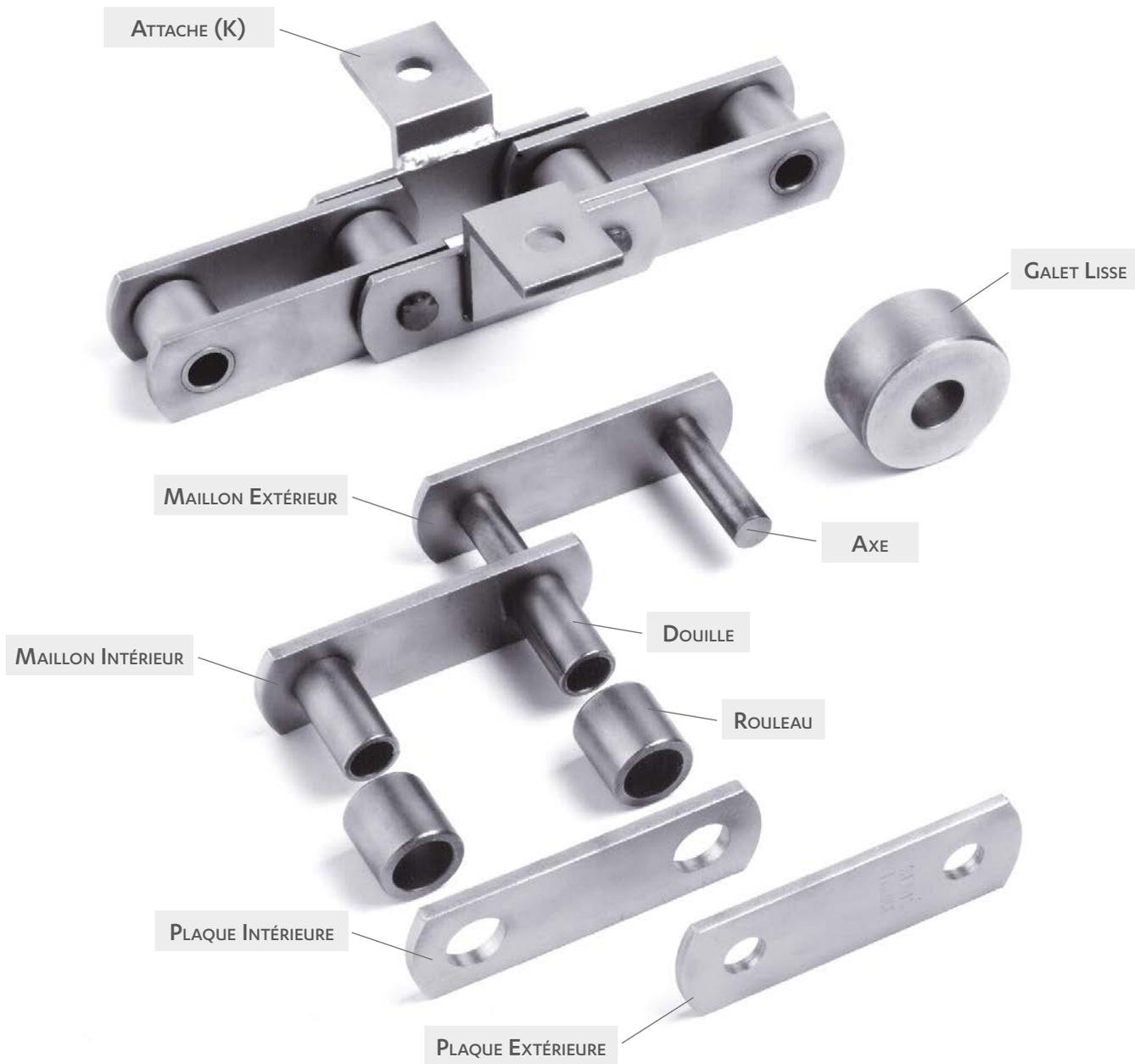
LIVRE BLANC

Manutention

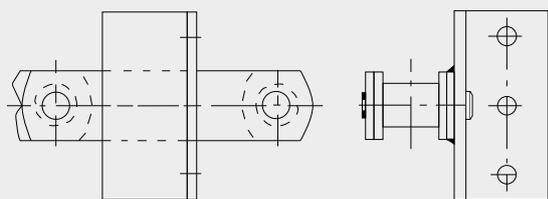
SEDIS
FRANCE

- COMPOSITION D'UNE CHAÎNE DE MANUTENTION
- TECHNIQUE DE LA CHAÎNE DE MANUTENTION
- MODE DE TRAVAIL DES CHAÎNES DE MANUTENTION
- SÉLECTION D'UNE CHAÎNE DE MANUTENTION
- LUBRIFICATION
- SYMBOLES, UNITÉS ET PRINCIPALES FORMULES
- SOLUTIONS TECHNIQUES SEDIS

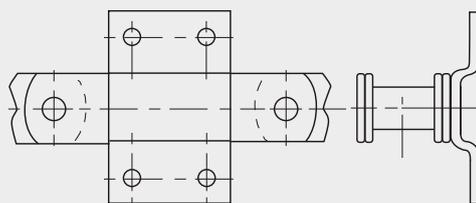
COMPOSITION D'UNE CHAÎNE DE MANUTENTION



AUTRES ATTACHES



Type F



Type G
(plaques droites ou cambrées)

1 - TECHNIQUE DE LA CHAÎNE DE MANUTENTION

Comme toutes les chaînes, les chaînes de manutention se composent d'articulations formées d'axes et de douilles reliées par des plaques. Elles se distinguent essentiellement par leur possibilité de recevoir divers moyens de fixation d'accessoires adaptés au mode de manutention utilisé et à la nature de la charge à déplacer. Leur pas, généralement important, n'est pas une caractéristique univoque mais peut être choisi dans une large gamme.

1.1- CHAÎNES DE MANUTENTION DE NORME ISO

• CHAÎNES DE BASE

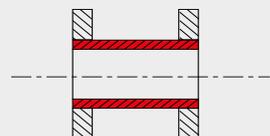
Les chaînes SEDIS sont conformes à la norme ISO 1977. Cette gamme est basée sur la résistance minimale à la traction, le pas, le type d'axe et de rouleur et les particularités des plaques. Ces diverses caractéristiques entrent dans leur désignation.

- La résistance minimale à la traction s'échelonne, selon une série basée sur les nombres normaux, de 20 à 900 kN.
- Les axes de ces chaînes sont généralement pleins, mais ils peuvent être creux destinés à la fixation d'accessoires ou d'entretoises reliant deux chaînes travaillant en parallèle.
- Le pas est à choisir selon les conditions d'utilisation, le genre de produit à transporter, la fréquence des accessoires, la place disponible, etc. Toutes les valeurs de pas établies également selon une série normale, ne sont pas réalisables. Des pas à des valeurs intermédiaires ou des pas en pouces peuvent être réalisés.

Ces chaînes de base peuvent être :

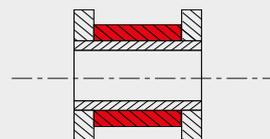
▶ à douilles

pour des vitesses lentes (transporteurs, alimentateurs, racleurs) et dans certains cas précis où les accessoires de la chaîne sont porteurs, la chaîne devenant essentiellement un organe de traction.



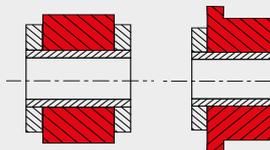
▶ à rouleaux

dans les élévateurs où la vitesse de la chaîne est plus élevée et provoque des chocs à l'engrènement. Les rouleaux, en acier cémenté trempé ou autre traitement, protègent les douilles et évitent l'usure de la denture.



▶ à galets (rouleaux ayant un diamètre supérieur à la hauteur des plaques).

Ils permettent à la chaîne de rouler sur une surface plane. Les galets peuvent être droits ou épaulés pour assurer un guidage latéral. Les galets droits ou épaulés sont fabriqués en acier traité.



• VARIANTES POUR APPUI ET ATTACHE DES CHARGES

En plus des axes creux il existe diverses variantes pour assurer, directement ou à l'aide d'accessoires, l'appui ou l'accrochage des charges transportées :

- **Plaques percées** avec un, deux ou trois trous pour recevoir des attaches ou des barres entretoises. Si celles-ci traversent la chaîne, il est nécessaire de pratiquer des dégagements sur la denture des roues.
- **Plaques déportées** dissymétriques permettant de poser directement les charges sur la chaîne roulant sur galets droits. Ces chaînes sont généralement utilisées en parallèle pour former un tapis et répartir les charges.

- **Plaques avec des attaches** réalisées soit par pliage ou sous forme d'équerres rapportées par soudure ou par rivetage :

► **attaches G** avec ou sans trous qui forment un plan de fixation parallèle aux plaques.

► **attaches F** qui forment un plan de fixation perpendiculaire aux plaques.

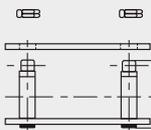
► **attaches K** à un ou plusieurs trous qui forment un plan de fixation perpendiculaire aux plaques avec choix de trois valeurs d'entraxe de trous (K2 à entraxe court, moyen et long), la largeur des attaches variant en conséquence. Ces attaches sont réalisables sur les maillons intérieurs, extérieurs, d'un côté ou des deux, selon une fréquence et une disposition à préciser à la commande.

► **attaches spéciales** peuvent être réalisées sur demande pour des quantités suffisantes.

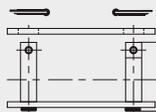
• MAILLONS DE JONCTION

Il existe trois types de maillons de jonction :

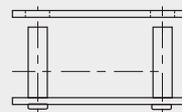
► **à écrous auto-freïnés** : les deux axes sont rivés sur une plaque à une de leurs extrémités, l'autre extrémité recevant une plaque de jonction immobilisée par des écrous auto-freïnés.



► **à axes goupillés** où la plaque de jonction est immobilisée par des goupilles afin de faciliter leur démontage. Pour certaines applications, nous pouvons livrer des chaînes avec des maillons extérieurs goupillés d'un côté.



► **à axes rivés** où la plaque de jonction est immobilisée par un rivetage des axes après montage de la plaque.



• DÉSIGNATION

Les chaînes de manutention ISO à axes pleins sont désignées par la lettre M. Les chaînes à axes creux sont désignées par les lettres MC, celles à plaques déportées par les lettres MD, suivies des indications suivantes :

► leur **résistance minimale à la traction exprimée en kN**

► une **lettre** indiquant le **type de chaîne** :

- **B** pour les chaînes à douilles
- **P** pour les chaînes à galets droits traités

- **S** pour les chaînes à rouleaux
- **F** pour les chaînes à galets épaulés traités

► un nombre correspondant à **leur pas (en mm)**

Exemple : La chaîne **M160F200** est une chaîne de manutention normalisée à axes pleins, ayant une résistance minimale à la traction de 160 kN, des galets épaulés traités et un pas de 200mm.

Les plaques à trous sont à définir en clair sur la commande : intérieures, extérieures, nombre de trous, disposition et fréquence de ces plaques sur la chaîne.

1.2- CHAÎNES DE MANUTENTION DE NORME BS

Ces chaînes ont été conçues selon la **norme Anglaise** (BS 4116) en terme de **résistance à la traction et de dimensions**.

Leur désignation est similaire à la gamme de manutention ISO. Chaque chaîne dispose des attaches suivantes :

Plaques percées, plaques déportées, attaches K, racloirs et axes creux.

- Chaînes BS - **norme Usine** : les dimensions et les pas sont métriques
- Chaînes BS - **norme Anglaise** : les dimensions et les pas sont impériaux.

1.3- CHAÎNES DE MANUTENTION SÉRIE FRANÇAISE

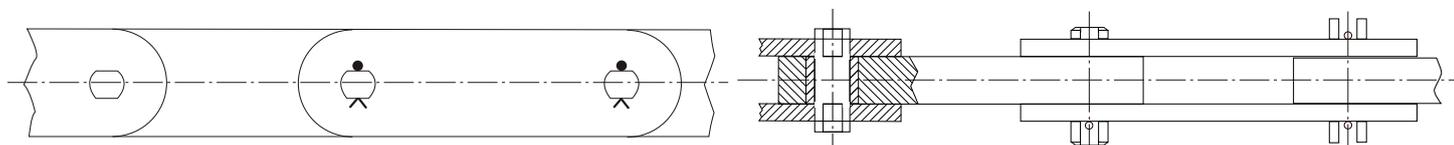
La particularité des chaînes série française repose sur leur **articulation (axe/douille) qui permet aux chaînes de supporter les à-coups et les chocs** parfois inévitables. Il existe trois séries de chaînes : légère, normale et haute résistance).

Les chaînes **haute résistance** (plaques traitées) sont utilisées pour des applications difficiles (efforts élevés, transport de produits abrasifs...).

Les **accessoires** des chaînes manutention série française sont : **attaches K, G et F**.

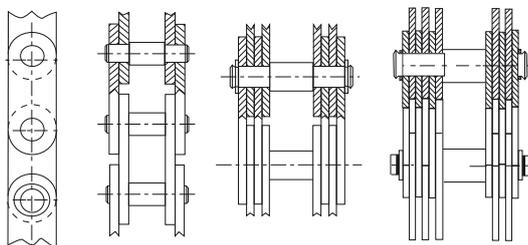
1.4- CHAÎNES À BLOCS

Les chaînes à blocs présentent une **résistance à la traction élevée sous un faible encombrement**. Elles sont utilisées pour la **manutention de corps lourds, abrasifs ou lorsque des chocs violents** sont prévus (banc d'étirage par exemple). Afin d'augmenter la durée de vie de la chaîne (meilleure résistance à l'usure), les blocs sont parfois bagués.



1.5- CHAÎNES GALLE

Les chaînes Galle sont composées de **maillles (ou de plaques) droites ou évidées et d'axes épaulés**. Les épaulements des axes maintiennent l'écartement entre les plaques et permettent l'engrènement sur le pignon. Les chaînes sont dites à simples, doubles ou triples mailles suivant la résistance à la traction souhaitée.



Les chaînes Galle peuvent transmettre des efforts variant de quelques centaines de Newtons à plus de mille kilo Newtons, la **vitesse quant à elle, ne doit pas excéder 20 m/min**.

Les chaînes Galle sont utilisées pour des transmissions à **faibles vitesses** (banc d'étirage) ou pour assurer des **mouvements de va et vient** (monte-charge, vannes de barrages...).

1.6- ROUES ET PIGNONS

Les roues utilisées avec les chaînes de manutention sont en acier mécano-soudé ou en fonte.

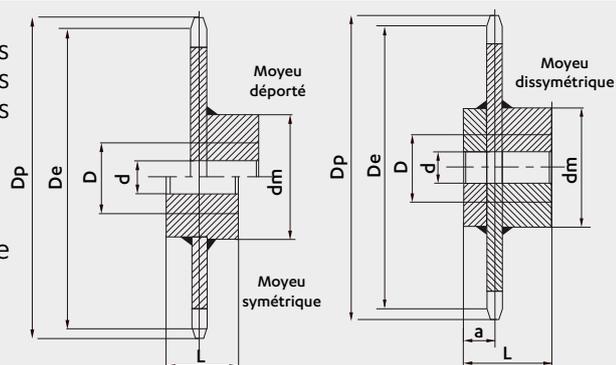
Les dentures sont normalement brutes de fonderie ou d'oxycoupage mais, sur demande, elles peuvent être livrées avec une denture taillée, ce qui est impératif lorsqu'on utilise des chaînes à douilles.

Les moyeux sont déportés par rapport au plan de denture sauf spécification particulière précisant un moyeu symétrique. Les roues peuvent être fournies alésées et rainurées. Dans le cas de clavette à pente sur moyeu déporté, l'entrée de la clavette est prévue côté denture sauf indication contraire.

• NOMBRE DE DENTS ET DIMENSIONS

Les tableaux de données dimensionnelles précisent les nombres de dents réalisés couramment. Mais, sur demande, nous pouvons fournir des roues ayant un nombre de dents différent. Ces tableaux donnent également les principales dimensions des roues pour les pas les plus courants :

- **diamètre primitif D_p** et **diamètre extérieur D_e**
- **diamètre de moyeu D_m** et sa **largeur L**
- **côte a : position** du plan de la denture des roues à moyeu dissymétrique
- **largeur de denture** normale et pour galet épaulé
- **diamètre mini d** et maxi D **d'alésage**
- **poids** approximatif



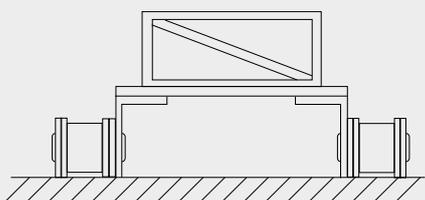
2 - MODE DE TRAVAIL DES CHÂÎNES DE MANUTENTION

Une installation de manutention comprend une roue motrice, comme dans le cas de la transmission de puissance. L'effort sur la chaîne provient de la masse et des divers frottements de la charge à transporter et de la chaîne elle-même.

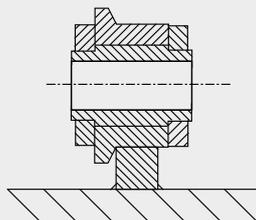
2.1- APPUI DE LA CHÂÎNE

La chaîne peut être soutenue entre les roues de diverses façons :

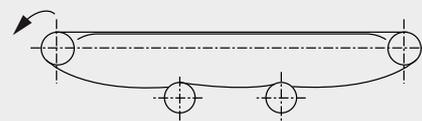
- la chaîne glisse sur un guide **en appui sur le chant de ses plaques**



- la chaîne roule sur un guide **en appui sur ses rouleaux** ou plus généralement **sur ses galets** droits ou épaulés



- la chaîne est **soutenue par une ou plusieurs roues folles** soit lisses soit dentées **en appui sur le chant des plaques ou sur les galets**. Configuration utilisée pour le brin mou uniquement. L'appui de la chaîne au niveau du brin tendu et du brin mou ne sont pas forcément identiques.



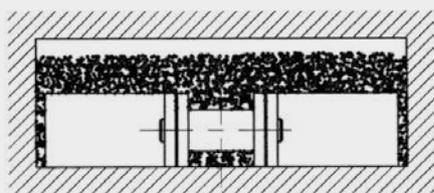
Dans le cas d'une installation verticale, on peut éventuellement se passer de tout dispositif de soutien et de guidage de la chaîne qui est alors suspendue sur la roue supérieure généralement motrice.

2.2- NATURE DE LA CHARGE

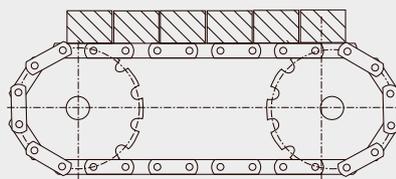
Les charges transportées sont de nature très variée ce qui conduit à une grande diversité des installations de manutention :

- **La charge est continue sur toute la longueur** du transporteur, cette charge étant :

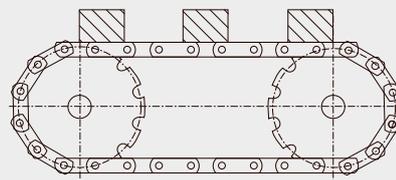
- **du vrac** (charbon, grains, etc...)



- **des objets distincts mais jointifs** (cartons, caisses, etc...)



- **La charge est discontinue**. Ce sont des objets répartis plus ou moins régulièrement le long du transporteur



2.3- SUPPORT DE CHARGE

Indépendamment de la nature de la charge, celle-ci peut être supportée pendant son transport de différentes façons :

- **La charge n'est pas supportée par la chaîne** qui n'a alors qu'un rôle de traction. La charge repose sur une surface de guidage sur laquelle elle glisse ou roule. Ce cas se rencontre le plus souvent dans le cas de transport en goulotte de vrac dans lequel la chaîne est noyée.

- **La charge est supportée par la chaîne :**

- soit **directement**, généralement grâce aux plaques déportées,
- soit **à l'aide de divers accessoires** accrochés par l'un des moyens décrits au paragraphe précédent (axes creux, plaques à trous, attaches K, etc).

2.4- PARCOURS

L'origine et la valeur des efforts s'exerçant sur la chaîne dépendent non seulement des modes d'appui de la chaîne et du support de la charge, mais aussi de la nature du parcours de celle-ci :

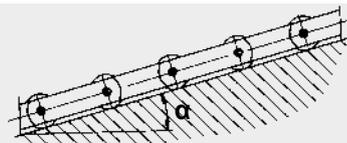
► **Parcours rectiligne horizontal** : En principe les efforts de traction sur la chaîne ne proviennent que du frottement :

- **glissement et/ou roulement** des deux brins de la chaîne sur ses guides,
- **frottement** éventuel de la charge sur ses appuis,

De plus, la chaîne est chargée perpendiculairement à sa direction par les masses (chaîne et charge), effort qui peut s'exercer sur les galets.

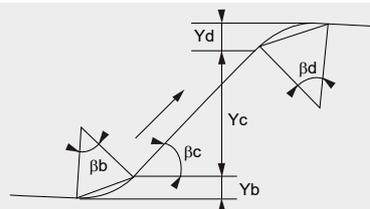
► **Parcours rectiligne incliné** : Les efforts indiqués précédemment sont à pondérer :

- aux frottements s'ajoute l'**élévation de la masse**,
- la masse ne s'exerce que par sa composante normale



► **Parcours courbe** : Les lois de la mécanique permettent de calculer l'effet de la courbure du guide sur le frottement de la chaîne. Celui-ci n'est à prendre en considération que pour de faibles rayons de courbure et de fortes déviations.

► **Parcours mixte** : Bien entendu, une même installation peut comporter des secteurs de parcours combinant les configurations décrites.



2.5- AUTRES CONDITIONS DE TRAVAIL

Différentes conditions de travail peuvent venir s'ajouter aux conditions de base décrites ci-dessus. Il faut en tenir compte lors de la description des conditions d'utilisation de la chaîne (paragraphe suivant). Il s'agit essentiellement de paramètres mécaniques mais aussi de la nature de l'environnement.

► **Dragage** : Un effort supplémentaire s'exerce sur la chaîne lorsque la charge du transporteur s'effectue par dragage comme cela se trouve fréquemment dans les élévateurs à godets.



► **A-coups** : Indépendamment des à-coups pouvant survenir au démarrage, l'arrivée des charges sur le transporteur en marche peut également provoquer des sursurcharges dont il faut tenir compte.

► **Torsion** : Les efforts exercés sur la chaîne ne doivent pas avoir de composante de torsion. Il n'est pas toujours possible de l'éviter complètement. Il faudra alors en tenir compte.

► **Effet polygonal** : Lorsque le nombre de dents des roues est petit, ce qui est souvent le cas en manutention, leur forme polygonale provoque des oscillations transversales et des variations de vitesse qui peuvent occasionner des sursurcharges et être prohibitives dans certaines conditions.

► **Vitesse** : Les masses en mouvement étant généralement élevées, la valeur moyenne et les variations de la vitesse de la chaîne sont des paramètres importants. Le tableau ci-contre indique les valeurs de vitesse couramment utilisées dans les principales utilisations des chaînes de manutention.

Utilisation de la chaîne	Vitesse
Transporteur à palettes bois ou métal	0,10 à 0,50 m/s
Élévateur vertical à godets espacés	0,60 à 1,75 m/s
Élévateur incliné à godets espacés	0,60 à 0,95 m/s
Élévateur vertical à godets continu	0,30 à 0,70 m/s
Élévateur incliné à godets continu	0,15 à 0,40 m/s
Transporteurs à barrettes	0,10 à 0,60 m/s
Élévateur à balancelles	0,10 à 0,30 m/s
Transporteur à racloirs	0,20 à 0,50 m/s

► **Environnement** : Il n'est pas rare que les chaînes de manutention travaillent dans un environnement difficile. Il s'agit généralement d'agression chimique (humidité, vapeurs acides, etc) et de conditions de température (haute ou basse).

3 - SÉLECTION D'UNE CHAÎNE DE MANUTENTION

3.1- PROCESSUS DE SÉLECTION

- ▶ **Rassembler le maximum de données** en particulier :
 - le **mode de travail** de la chaîne doit être parfaitement défini en se référant aux diverses possibilités exposées précédemment.
 - **masses en jeu** (y compris celle de la chaîne qui sera estimée en premier lieu), frottements de la chaîne et de la charge transportée, longueurs, angles, éléments d'une éventuelle courbure, etc...
- ▶ **Calculer les efforts** s'exerçant sur la chaîne :
 - les **efforts de traction** dus aux masses et aux frottements (ainsi qu'à une éventuelle courbure) provoquent des contraintes de traction dans les plaques et de cisaillement dans les axes ainsi qu'une pression de contact entre axes et douilles).
 - les **efforts normaux** (dus aux masses et à une éventuelle courbure) qui provoquent une pression de contact entre les rouleaux (ou les galets) et les douilles d'une part, la surface d'appui d'autre part.
- ▶ Effectuer le **choix de la chaîne** en fonction de son **mode de travail et du résultat des calculs** selon l'un ou plusieurs des critères suivants :
 - **résistance à la traction** de la chaîne,
 - **résistance à l'usure** de ses **articulations** et de ses **galets**.
- ▶ **Reprendre les calculs** en **introduisant la masse de la chaîne sélectionnée** si cette masse est sensiblement différente de la masse estimée lors des premiers calculs.
- ▶ **Arrêter les détails techniques de réalisation de l'installation** en se référant aux préconisations exposées au paragraphe 3.8. et en s'assurant que toutes les conditions de travail prévues initialement n'ont pas évolué au point de remettre en cause les calculs.

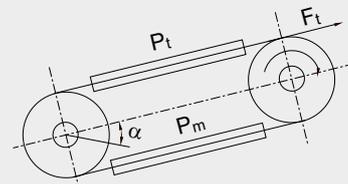
3.2- CALCULS DES EFFORTS

FORMULES GÉNÉRALES

Tous les symboles et unités dans les formules suivantes sont rappelés dans le chapitre "symboles, unités et principales formules"

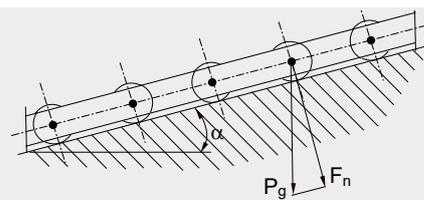
- ▶ **Effort de traction maximal** en Newton (à l'entrée de la roue motrice) :

$$F_t = (P_t - P_m) \sin \alpha + (P_t \cdot f + P_m \cdot f') \cos \alpha + F_p$$



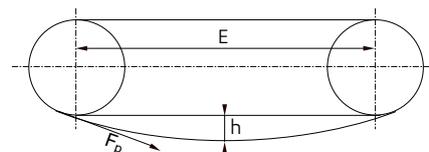
- ▶ **Effort normal maximal** en Newton (appui sur la surface de guidage) :

$$F_n = P_g \cdot \cos \alpha$$



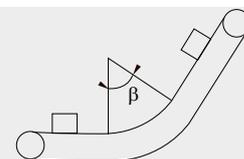
- Avec :**
- P_t et P_m : les poids totaux (en N) supportés respectivement par le brin tendu et le brin mou (voir chapitre 3.6)
 - f et f' : les coefficients de frottement rencontrés sur le brin tendu et sur le brin mou (voir chapitre 3.7)
 - α : l'angle (en degré) de la direction moyenne de la chaîne avec l'horizontale (valeur positive pour la montée)
 - P_g : le poids maximal (en N) s'exerçant sur le galet
 - F_p : l'effort caténaire (en N) sur le brin mou s'il n'est pas soutenu, donné par la relation ci-dessous (pour un entraxe E et une flèche h) :

$$F_p = P_m \left(\frac{E}{8h} + \frac{h}{E} \right)$$



- ▶ **Influence d'une courbure**

En première approximation généralement suffisante, lorsque la direction de la chaîne est infléchi d'un angle β (en radian) sur une rampe avec un coefficient de frottement f , il suffit d'apporter une correction aux efforts calculés avec les formules ci-dessous.



- Corrections :
- multiplier F_t par $e^{\beta f}$
 - multiplier F_n par : $(1 + e^{2\beta f} - 2e^{\beta f} \cos \beta)^{0.5}$

3.3- SÉLECTION POUR UNE TENUE À LA TRACTION

Il s'agit d'une vérification, car dans les installations de manutention, ce ne sont que dans les cas exceptionnels où les chaînes sont soumises à d'importants efforts continus ou par à-coups que l'on peut craindre leur défaillance par rupture avant qu'intervienne leur usure.

On calcule l'effort maximal F_t sur la chaîne avec les relations données au chapitre précédent. Cet effort doit être corrigé pour tenir compte des conditions de fonctionnement. On a pour le **coefficient k**, les valeurs suivantes :

- à coups modérés $k = 1,2$
- à coups violents $k = 1,4$
- dragage $k = 1,4$

On vérifie alors que la résistance à la traction R_r soit supérieure à 5 fois l'effort corrigé F_{tc} . On appelle K_g le coefficient de sécurité (ici il est au moins égal à 5).

3.4- SÉLECTION POUR TENUE À L'USURE DES ARTICULATIONS

Pour les durées de vie généralement recherchées dans les applications industrielles (50 000 heures) et/ou lorsque l'environnement est agressif (poussière abrasive, par exemple), les risques de défaillance des chaînes ont leur origine dans l'usure des pièces en frottement, en particulier les axes sur les douilles.

Pour éviter l'usure des articulations (avec allongement anormal de la chaîne perturbant son fonctionnement) et pour éviter leur grippage provoquant un accroissement de la puissance nécessaire, il faut **limiter la pression de contact dans les articulations**.

► **Pression dans les articulations** : $P_a = \frac{F_t}{S_a}$ N/mm² ou MPa

► **Surface d'articulation** (avec un axe de diamètre d_a et une douille de longueur l_d) : $S_a = d_a \cdot l_d$ mm²

► **Pression admissible pour des conditions normales de durée de fonctionnement et d'entretien** (lubrification) : $P_a < 35$ MPa

ON CHOISIT UNE CHAÎNE AYANT UNE SURFACE D'ARTICULATION AU MOINS ÉGALE À LA VALEUR DONNÉE PAR LA RELATION : $S_a > \frac{F_t}{35}$

Nous consulter pour des conditions de fonctionnement plus sévères.

3.5- SÉLECTION POUR TENUE À L'USURE DES GALETS

Lorsque les charges supportées par les galets de la chaîne (directement ou non) sont importantes, c'est leur usure qui risque de limiter la durée de vie de la chaîne.

Les galets supportent la composante normale F_n qui se calcule par la relation donnée au chapitre 3.2 éventuellement corrigée par les effets d'une courbure.

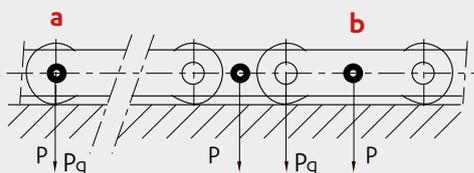
Pour la détermination de la valeur moyenne de P_g on utilise le calcul des poids indiqué au chapitre 3.6 en rapportant ces poids au pas p de la chaîne.

$$P_g = P_t \cdot \frac{P}{E} = \left[P_c + \frac{P_{ac} + P_u}{n_c} \right] \times \frac{P}{E}$$

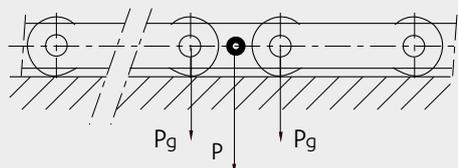
n_c = nombre de chaînes en parallèle sur le convoyeur. Mais localement P_g peut être nettement supérieur à la valeur moyenne. Au poids de la chaîne et des accessoires, il faut ajouter le **poids de la charge utile P**.

► **Charge utile appliquée directement sur l'articulation** (axe creux ou dépassant comme figure **a** ci-dessous) **ou appliquée sur les plaques** (plaques à trous ou à équerres) :

• **Sur maillons consécutifs (b)** : $P_g = \frac{P}{nc}$

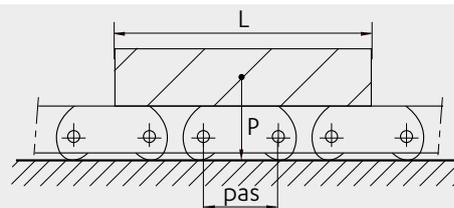


• **Sur un maillon isolé** : $P_g = \frac{P}{2nc}$



► **Charge utile P de longueur L sur une chaîne de pas p :**

$$P_g = \frac{P \cdot p}{L \cdot nc}$$



► **Pression de contact douilles/galets** : $P_g = \frac{Fn}{Sg}$ MPa

► **Surface de contact en mm² d'une douille de diamètre extérieur dd et d'un galet de longueur lg** : $S_g = dd \cdot lg$ mm²

La pression admissible pour des conditions normales de fonctionnement (longueur de la chaîne et sa vitesse) et d'entretien (lubrification) :

- Pour un galet en acier non traité : $P_g < 2$ MPa
- Pour un galet en plastique (POM) : $P_g < 2,2$ MPa
- Pour un galet en acier traité : $P_g < 2,5$ MPa
- Pour un galet en acier cémenté : $P_g < 3$ MPa

3.6- POIDS INTERVENANT DANS LES FORMULES

► **Le poids Pc de la chaîne (en N)** qui se déduit de sa masse linéique Mc (en kg/m) donnée dans le catalogue, de l'accélération de la pesanteur g (environ 9,81 m/s) et de la longueur du brin qu'on peut considérer égale à l'entraxe E (en mm) des roues :

$$P_c = M_c \cdot g \cdot E$$

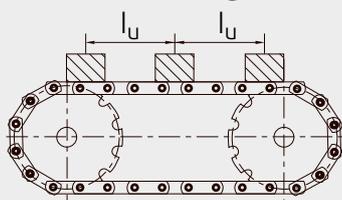
► **Le poids Pac des accessoires (en N)** non inclus dans celui de la chaîne qui se déduit de leur poids unitaire Pac (en N), de leur distance lac (en m) et de la longueur E du brin :

$$P_{ac} = P_{uac} \cdot \frac{E}{l_{ac}}$$

► **Le poids Pu de la charge transportée.** Différents cas possibles :

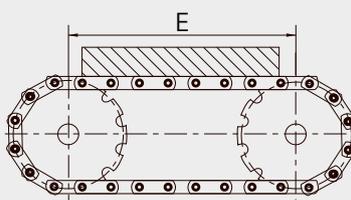
• **Charges distinctes de poids unitaire** Pu (en N) distantes de lu (en m) :

$$P_u = P_{u1} \cdot \frac{E}{l_{u1}} + P_{u2} \cdot \frac{E}{l_{u2}} + \dots$$



• **Charges continue** (vrac ou objets) de masse linéique Mu (en kg/m) :

$$P_u = M_u \cdot g \cdot E$$



• **Charges distinctes ou continues dont on connaît le débit pondéral Q** (en N/min) ou le nombre No d'objets de poids Pu à transporter par minute à la vitesse v (en m/mn) :

$$P_u = Q \cdot \frac{E}{v}$$

ou

$$P_u = N_o \cdot p_u \cdot \frac{E}{v}$$

S'il y a nc chaînes travaillant en parallèle :

• **Brin tendu** : $P_t = P_c + \frac{(P_{ac} + P_u)}{nc}$

• **Brin mou** : $P_m = P_c + \frac{P_{ac}}{nc}$

3.7- FROTTEMENTS

Les coefficients de frottement f et f' correspondant respectivement au frottement du brin tendu et celui du brin mou (cf chapitre 3.2) sont :

- à choisir directement dans le **tableau 1** dans le cas du **glissement de la chaîne sur ses plaques** :

$$f \text{ ou } f' = f_1$$

- à établir en fonction des coefficients donnés dans le **tableau 2** et des diamètres des pièces en contact, dans le cas du **roulement de la chaîne sur ses galets** de diamètre extérieur D_{ext} et d'alésage D_{int} :

$$f \text{ ou } f' = \frac{f_2 \cdot D_{int} + f_3 \cdot \sqrt{D_{ext}}}{D_{ext}}$$

Dans le cas du transport en vrac, c'est le frottement du produit transporté dans la goulotte qui intervient, celui de la chaîne étant généralement négligeable. Le tableau 2 donne la densité et le coefficient de frottement de quelques matériaux généralement manutentionnés en vrac.

Tableau 1

Paramètres de frottement		Minimum: surfaces lisses et lubrifiées	Maximum: surfaces rugueuses et sèches
Glissement des plaques	sur un guide acier	$f_1 = 0,08$	$f_1 = 0,40$
	sur un guide plastique	$f_1 = 0,10$	$f_1 = 0,40$
Glissement entre douille et rouleau ou galet		$f_2 = 0,10$	$f_2 = 0,20$
Roulement d'un rouleau ou d'un galet	sur un guide acier	$f_3 = 0,05$	$f_3 = 0,10$
	sur un guide plastique	$f_3 = 0,07$	$f_3 = 0,15$

Tableau 2

Matériaux glissant dans une goulotte en acier	Densité apparente	Coefficient de frottement de la matière f	Matériaux glissant dans une goulotte en acier	Densité apparente	Coefficient de frottement de la matière f
Argile	0.77	0.63	Carbonate de calcium	0.88	0.49
Amiante	0.19	0.58	Chlorure d'ammonium	0.67	0.79
Calcaire	1.00	0.47	Charbon de bois	0.44	0.41
Ciment	0.94	0.54	Charbon	0.30	0.53
Chaux	1.53	0.46	Bois de pin	0.70	0.41
Minerais d'aluminium	0.83	0.55	Copeaux de bois	0.36	0.74
Minerais de fer	2.99	0.47	Orge	0.39	0.71
Minerais de nickel	0.92	0.45	Riz - blé	0.77	0.40
Minerais de plomb	3.026	0.77	Sucre	0.68	0.47
Minerais de zinc	1.93	0.79	Polyéthylène	0.34	0.52
Ferrailles - Riblons	0.54	0.73	Poudre de caoutchouc	0.39	0.53
Scories	0.90	0.48	Poudre de chrome	1.14	0.51

3.8- PRÉCONISATIONS POUR LA CONCEPTION DE L'INSTALLATION

► Nombre de dents des roues :

Les chaînes de manutention ayant généralement un pas assez grand pour permettre aux plaques de recevoir des accessoires, le concepteur voudra réduire le nombre de dents des roues pour limiter leur encombrement. Or l'effet polygonal devient sensible en deçà de 12 dents et même au delà pour une vitesse de rotation importante.

D'autre part, **pour une roue ayant un nombre de dents peu élevé et un pas important, se conformer aux indications du catalogue en ce qui concerne le diamètre maximal du moyeu afin d'éviter son interférence avec les plaques.**

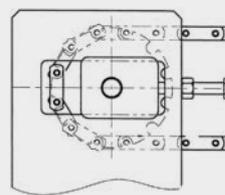
► Réglage de l'entraxe :

L'entraxe doit être réglable pour différentes raisons:

- faciliter le montage de la chaîne,
- assurer son entretien et compenser son allongement dans le temps.

Un **système de rattrapage de jeu** doit être prévu, soit à :

- vis (figure ci-contre)
- ressorts
- contrepoids
- vérins

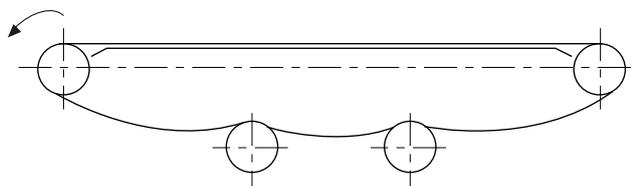
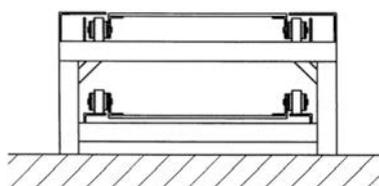


ATTENTION : Par principe, la chaîne fonctionne sans tension dans le brin mou car l'entraînement par les roues est positif. Cependant, dans certains cas particuliers, une tension est nécessaire. **La valeur de l'effort de tension ne doit pas dépasser 10% de l'effort utile dans la chaîne ou 1% de la Résistance à la traction.**

► Soutien et guidage des brins

• **Le brin tendu** qui généralement porte la charge est soutenu en glissant ou en roulant sur une surface de guidage. Ne pas oublier d'utiliser des galets épaulés pour les grands entraxes et en cas d'effort transversal.

• **Le brin mou** peut être soutenu par glissement puisqu'il est moins chargé, mais on peut également utiliser le roulement sur galet (s'ils existent) ou aussi un soutien par une série de roues folles. L'absence de soutien ne s'emploie que pour de faibles entraxes car l'effort caténaire devient prohibitif pour les entraxes importants. En tout état de cause, la flèche ne doit pas dépasser 0,4 % de l'entraxe. Cette condition peut nécessiter un effort de tension trop important si le brin n'est pas soutenu.



Sur les deux brins l'engagement de la chaîne sur les roues doit être réalisé avec soin : **le guidage doit être parfaitement aligné avec la denture.** Prévoir un **arrondi sur l'extrémité du guide** pour faciliter l'entrée de la chaîne.

► Défaut d'alignement des roues :

(avec b_1 : largeur intérieure du maillon intérieur de la chaîne)
 $b_1 \div 2$: pour des longueurs inférieures à 10m b_1 : pour des longueurs supérieures à 10m

► Défaut de parallélisme des plans de denture :

Les pignons doivent être parallèles (< 40')

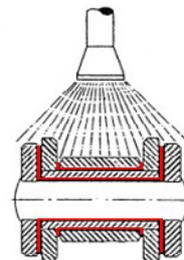
► Tolérance sur la longueur des chaînes de manutention :

Entre 0 et + 0,25 %
 Cette tolérance doit être réduite si deux chaînes travaillent en parallèle et sont réunies par des traverses ou autres accessoires (le préciser à la commande)

4 - LUBRIFICATION

4.1- BUTS

- **Interposer un fluide entre les surfaces frottantes** (figure ci-contre) :
axe/douille, axe/plaque, douille/rouleau, plaque/plaque ou rouleau, etc...
Dans le but de **diminuer leur usure et éviter le grippage**.
- **Protéger la chaîne contre la corrosion**
- **Atténuer le bruit** en s'interposant entre les surfaces soumises aux chocs
- **Evacuer les calories** provenant de l'énergie dissipée en frottement.



4.2- MODE D'APPLICATION

Le mode d'application est en fonction de l'utilisation. Les différentes applications peuvent être regroupées en 2 types :

LUBRIFICATION MANUELLE (pinceau, burette, etc...)



LUBRIFICATION AU GOUTTE À GOUTTE



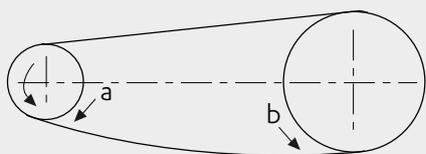
On utilise souvent ces deux modes mais également des dispositifs automatiques par balais lécheurs, pulvérisation ou projection.

4.3- FRÉQUENCE DES APPLICATIONS

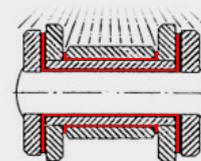
La fréquence et le débit des applications sont à établir avec les fournisseurs de lubrifiants ou de systèmes de lubrification.

4.4- OÙ LUBRIFIER ?

► **Longitudinalement**: dans une zone où les articulations sont sous faible charge afin de faciliter la pénétration du lubrifiant (a & b: zones recommandées)



► **Transversalement**: entre les plaques pour alimenter en lubrifiant les articulations et entre les plaques intérieures et les rouleaux et galets.



4.5- QUEL LUBRIFIANT UTILISER ?

Le lubrifiant doit être adapté aux conditions de fonctionnement. Dans la majorité des cas, on utilise une huile minérale de viscosité choisie en fonction de la température de fonctionnement :

Viscosité en fonction de la température de fonctionnement

Température de fonctionnement (°C)	Grades de viscosité recommandés (ISO -VG)
-15 à 0 °C	15 à 32
0 à 50°C	46 à 150
50 à 80°C	220 à 320

L'utilisateur doit trouver un compromis entre une trop faible viscosité qui favorise l'évacuation du lubrifiant par gravité ou force centrifuge et une viscosité trop forte qui empêche le lubrifiant de cheminer jusqu'aux surfaces en frottement. Il pourra orienter son choix en consultant le guide de la lubrification des chaînes mécaniques édité par le CETIM.

Pour les cas spéciaux, en particulier lorsque toute lubrification est prohibée, consultez-nous.

SAUF RECOMMANDATION DE NOTRE PART, LA GRAISSE EST ABSOLUMENT PROHIBÉE.

SYMBOLES, UNITÉS ET PRINCIPALES FORMULES

SYMBOLES & UNITÉS

Description	Symbole	Unité	Description	Symbole	Unité
Angle avec l'horizontale	α	radian	Accélération de la pesanteur (= environ 9,81)	g	m/s
Angle d'inflexion de la chaîne	β	radian	Masse linéique de la chaîne	M_c	kg/m
Coefficient de frottement global : brin tendu	f	-	Masse linéique de la charge continue	M_u	kg/m
Coefficient de frottement global : brin mou	f'	-	Nombre de chaînes en parallèle sur le convoyeur	n_c	-
Diamètre d'axe	d_a	mm	Pas de la chaîne	p	mm
Diamètre extérieur de la douille	d_d	mm	Poids de la chaîne	P_c	N
Diamètre primitif de roue dentée	D_p	mm	Poids des accessoires	P_{ac}	N
Distance entre accessoires	l_{ac}	m	Poids unitaire des accessoires	P_{uac}	N
Effort de traction	F_t	N	Poids supporté par un galet	P_g	N
Effort normal	F_n	N	Poids de la charge transportée	P_u	N
Effort centrifuge	F_p	N	Poids total supporté par le brin tendu	P_t	N
Entraxe	E	m	Poids total supporté par le brin mou	P_m	N
Flèche du brin mou	h	mm	Pression dans les articulations	p_a	MPa
Longueur de douille	l_d	mm	Surface d'articulation	S_a	mm ²
Longueur du galet	l_g	mm	Surface douille/galet	S_g	mm ²

FORMULES PRINCIPALES

► Effort maximal de traction : $F_t = (P_t - P_m) \sin \alpha + (P_t \cdot f + P_m \cdot f') \cos \alpha + F_p$

► Poids d'un brin de chaîne (tendu ou mou) : $P_c = M_c \cdot g \cdot E$

► Poids des accessoires : $P_{ac} = P_{uac} \cdot \frac{E}{l_{ac}}$

► Poids du brin tendu : $P_m = P_c + \frac{P_{ac} + P_u}{n_c}$

► Poids du brin mou : $P_m = P_c + \frac{P_{ac}}{n_c}$

► Pression dans les articulations : $p_a = \frac{F_t}{S_a}$

EXEMPLES D'APPLICATIONS

LA CHAÎNE ET LA MATIÈRE GLISSENT DANS LA GOULOTTE :

► Effort maximal de traction : $F_t = P_t \cdot f + P_m \cdot f_1$ ou $F_t = (P_c \cdot P_u) \cdot f + P_c \cdot f_1$

Avec f : coefficient de la matière transportée dans la goulotte & f₁ : coefficient de glissement des plaques de la chaîne dans la goulotte.

LES CHAÎNES ROULENT, LA CHARGE EST PORTÉE :

► Effort maximal de traction : $F_t = P_c + \left[\frac{P_u + P_{ac}}{n_c} \right] \cdot f + \left(\frac{P_c + P_{ac}}{n_c} \right) \cdot f'$

Avec f et f' : les coefficients de roulement qui sont en fonction de l'alésage et du diamètre extérieur du galet.

L'effort normal du galet est : $P_g = \frac{P \cdot P_u}{L \cdot n_c}$ (avec L : longueur de la charge)

SOLUTIONS TECHNIQUES SEDIS

SOLUTIONS CONTRE L'USURE EN MANUTENTION

CONDITIONS STANDARDS D'UTILISATION

► Cémentation - trempe :

La cémentation est un traitement thermo-chimique d'enrichissement superficiel en carbone. Cette cémentation est suivie d'une trempe pour obtenir un **durcissement superficiel** de la couche cémentée et permettre **l'amélioration de la résistance à l'usure**.

Toutes nos chaînes standards ont des axes et des douilles cémentés trempés, des plaques en acier au carbone soudable et des rouleaux et galets trempés pouvant être cémentés trempés sur demande pour plus de résistance à l'usure.

CONDITIONS DIFFICILES (PROBLÈMES DE FROTTEMENTS ET GRIPPAGE)

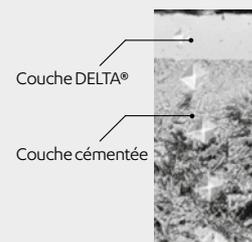
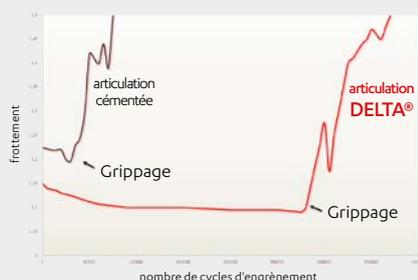
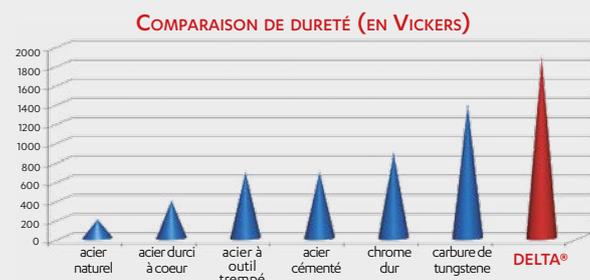
► Mos2 :

Les axes sont traités au Mos2 pour favoriser le rodage et diminuer l'usure. Ce traitement **limite les frottements dans l'articulation et réduit le grippage**. Nous consulter.

APPLICATIONS SÉVÈRES (ABRASION, DÉCHETS...)

► **AXES DELTA®** : Quand une **résistance supérieure à l'usure et à l'abrasion des articulations** est souhaitée, pour une durée de vie accrue de la chaîne.

Les axes DELTA® sont traités thermo-chimiquement pour atteindre une **dureté en surface de 2 à 3 fois supérieure** à celle d'une cémentation trempe, pour une **résistance inégalée à l'abrasion et à l'usure**. (1800 Vickers comparée à 700 Vickers pour une cémentation classique).



- Réduction considérable du frottement dans les articulations pour **repousser au plus loin le grippage**.
- Protection supplémentaire à la corrosion des axes grâce à son inertie chimique, garantissant ainsi une **meilleure tenue à l'usure dans le temps**.

En plus des axes, il est possible de **traiter les douilles** pour apporter une résistance supplémentaire à l'usure de la chaîne : nous consulter.

**LES SERVICES TECHNIQUES SEDIS PEUVENT VOUS PRÉCONISER
LA CHAÎNE ET LES TRAITEMENTS LES PLUS ADAPTÉS
À VOTRE APPLICATION.**

N'HÉSITEZ PAS À NOUS CONSULTER ET NOUS ENVOYER VOTRE CAHIER DES CHARGES !

SOLUTIONS CONTRE LA CORROSION EN MANUTENTION

APPLICATIONS NÉCESSITANT UNE PROTECTION ANTICORROSION

► **Zingage :**

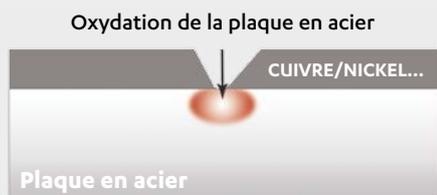
Traitement électrolytique qui permet l'amélioration de la résistance à la corrosion grâce au dépôt en surface d'une couche de zinc : pour des applications nécessitant une protection anticorrosion minimale
D'autres types de zingages sont possibles sur demande (galvanisation à chaud...). Nous consulter.

ATTENTION : Ne pas utiliser des roues en acier inoxydable avec les chaînes zinguées pour éviter toute corrosion par effet de pile.

APPLICATIONS SÉVÈRES NÉCESSITANT UNE PROTECTION ANTICORROSION RENFORCÉE

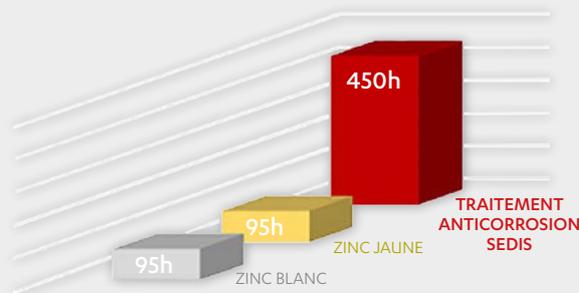
► **TRAITEMENT ANTICORROSION SEDIS :** Pour toute application sévère où une résistance supérieure à la corrosion est nécessaire, et qui ne permet pas l'utilisation d'une chaîne standard ou zinguée.

Les pièces métalliques de la chaîne (hors axes) sont protégées contre la corrosion par un **revêtement minéral à base de zinc et d'aluminium lamellaire**. C'est le Zinc qui s'oxyde préférentiellement à la place de l'acier :



La **résistance à la corrosion** de ce traitement SEDIS est nettement supérieure aux autres traitements classiques comme le zingage. Ses meilleures performances sont dues à sa caractéristique de protection cathodique.

TENUE DU TRAITEMENT ANTICORROSION EN BROUILLARD SALIN SUIVANT ASTM B117



ATTENTION :

Ne pas utiliser des roues en acier inoxydable avec les chaînes traitées anticorrosion pour éviter toute corrosion par effet de pile.

Ce traitement anticorrosion des pièces peut être associé aux axes Delta® pour allier protection anticorrosion et résistance à l'usure pour une durée de vie supérieure.

► **Acier inoxydable:**

C'est la présence de chrome dans l'acier qui lui confère une résistance accrue à la corrosion. Nous pouvons proposer tous types d'aciers inoxydables selon la problématique de votre application (corrosion, usure...) Consultez-nous.

**LES SERVICES TECHNIQUES SEDIS PEUVENT VOUS PRÉCONISER
LA CHAÎNE ET LES TRAITEMENTS LES PLUS ADAPTÉS
À VOTRE APPLICATION.**

N'HÉSITEZ PAS À NOUS CONSULTER ET NOUS ENVOYER VOTRE CAHIER DES CHARGES !

SOLUTIONS SANS MAINTENANCE EN MANUTENTION

Dans de nombreuses applications la lubrification de la chaîne est difficile voire impossible. Exemples :

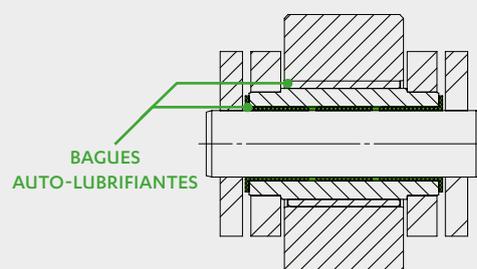
- **Risque de projection d'huile** avec endommagement des produits transportés
- **Risque d'incendie** si l'huile de lubrification peut venir au contact d'une flamme ou de produits à haute température
- **Fonctionnement en milieu fluide** (eau en particulier),
- **Risque de pollution par l'huile** de lubrification

APPLICATIONS OÙ LA LUBRIFICATION EST DIFFICILE OU IMPOSSIBLE

► CHAÎNE VERTE® Autolubrifiante

Une chaîne standard aura une durée de vie limitée si elle n'est pas lubrifiée correctement.

La solution est donc la **chaîne VERTE® qui fonctionne sans lubrification**, grâce à ses **bagues composites auto-lubrifiantes** placées entre les axes et les douilles et/ou entre les douilles et galets/rouleaux.



TOUTE SÉLECTION DE CHAÎNE VERTE® ADAPTÉE À L'UTILISATION SERA EFFECTUÉE PAR LE SERVICE TECHNIQUE SEDIS SELON LE CAHIER DES CHARGES DE L'APPLICATION, CONFORMÉMENT AUX CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT ET AUX BESOINS À REMPLIR.

Les douilles composites de la chaîne VERTE peuvent être associées avec les axes Delta® et le traitement anti-corrosion SEDIS pour plus de performance et de résistance.

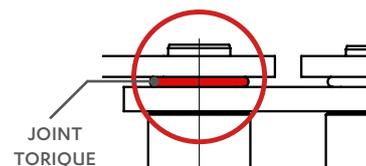
Dans ce cas : les roues destinées à ces chaînes sont soit en **acier zingué, ou zingué bichromaté** avec une légère **lubrification** des dentures pour éviter leur usure prématurée. On peut également utiliser des **roues avec dents rapportées en plastique** si aucune lubrification des pignons n'est permise.

ATTENTION : Ne pas utiliser des roues en acier inoxydable avec les chaînes VERTE® traitées anticorrosion.

► Dans des **applications encore plus sévères chimiquement** (fromageries, nucléaire, ...) il est possible de réaliser des **chaînes VERTE® en acier inoxydable (austénitiques, martensitiques, ferritiques)**. Les roues dans ce cas sont soit en acier inoxydable de même nature ou en plastique. Nous consulter.

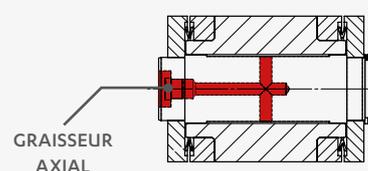
APPLICATIONS SANS MAINTENANCE NE PERMETTANT PAS L'UTILISATION DE LA CHAÎNE VERTE®

► **Chaînes à joints** : Lorsque l'application ne permet pas l'utilisation d'une chaîne VERTE® (à cause de la pression ou de la vitesse par exemple), l'utilisation de **joints** (toriques, V-ring, O-ring...) entre les plaques intérieures et extérieures permet **d'étanchéifier l'articulation** vis-à-vis de l'environnement extérieur pour y **maintenir le lubrifiant**. La maintenance est donc évitée.



► **Graissage axial** : Des graisseurs peuvent être intégrés dans les axes de la chaîne afin de distribuer la lubrification dans les articulations. Ce procédé permet une lubrification de la chaîne par l'intérieur vers l'extérieur.

Cette solution peut être associée aux joints pour plus d'étanchéité vis-à-vis de l'environnement.



SEDIS
FRANCE